

# KLIMASCHUTZ ALS INDUSTRIEPOLITISCHE CHANCE

## **I. Motivation**

## **II. Klimapolitische Initiativen und ihre Chancen**

1. Die Umsetzung globaler Klimaziele eröffnet neue Märkte
2. Neue Initiativen auf mehreren Ebenen

## **III. Die marktorientierten Mechanismen stärken**

1. Wirkung der anvisierten CO<sub>2</sub>-Preispfade
2. Verzerrende Abgaben und Umlagen hinterfragen
3. Effekte einer Energiepreisreform
4. Green Finance
5. Grenzausgleich

## **IV. Komplementäre Maßnahmen**

1. Strukturen für Forschung und Fachkräfte
2. Sektorspezifische Maßnahmen am Beispiel des Verkehrssektors
3. Zur Umsetzung der Wasserstoffstrategie

## **V. Fazit**

## **Anhang**

## **Literatur**

## WICHTIGSTE BOTSCHAFTEN

- Die weltweiten Verpflichtungen zur Reduktion der Treibhausgasemissionen machen einen Strukturwandel unausweichlich. Daraus entstehen nennenswerte industriepolitische Chancen.
- Der Abbau verzerrender Anreize durch eine Energiepreisreform bei gleichzeitiger Stärkung der CO<sub>2</sub>-Bepreisung kann die Koordinationsfunktion des Marktes stärken.
- Komplementäre Maßnahmen können Hindernisse adressieren, welche die Etablierung emissionsärmerer Technologien verzögern. Sie stärken die lenkende Wirkung der CO<sub>2</sub>-Bepreisung.

## DAS WICHTIGSTE IN KÜRZE

Die weltweit und innerhalb der Europäischen Union (EU) eingegangenen Verpflichtungen zur Reduktion der Treibhausgasemissionen machen einen **Strukturwandel** hin zu einer klimaneutralen Wirtschaft in Deutschland unausweichlich. In den vergangenen Jahren wurden daher zahlreiche politische Initiativen vorgelegt, die darauf abzielen, die Transformation zu beschleunigen. Mit dem Ziel der Klimaneutralität im Jahr 2050 ist dabei der enge Zusammenhang zwischen der Klimapolitik und der Wettbewerbsposition der deutschen Industrie besonders in den Fokus gerückt. Die erforderliche umfangreiche Sektorkopplung und die Vielfalt der beteiligten Sektoren verändern die Wertschöpfungsketten erheblich. Die deutsche Industrie verfügt in vielen relevanten Technologiefeldern über große Expertise, um in diesen Bereichen eine Position als führender Anbieter von klimaneutralen Anwendungen und Produkten im In- und Ausland einzunehmen. Etablierte Unternehmen stehen durch die bevorstehende Transformation aber zugleich vor großen Herausforderungen.

Damit der Strukturwandel gemeistert und das Potenzial für die Wettbewerbsfähigkeit gehoben werden kann, brauchen Unternehmen **marktorientierte Anreize**, um Investitionen zu tätigen, Innovationen voranzutreiben und neue Märkte zu erschließen. Der im Jahr 2021 beginnende **nationale Emissionshandel** sollte daher konsequent umgesetzt und baldmöglichst in den europäischen Emissionshandel integriert werden. Darüber hinaus sollte die Lenkungswirkung durch die möglichst weitgehende Abschaffung staatlich induzierter verzerrender Abgaben und Umlagen noch weiter gestärkt werden. Dies erhöht insbesondere die Attraktivität der Sektorkopplung. Um international den CO<sub>2</sub>-Fußabdruck von Produkten nachvollziehbar zu machen, sollten die Möglichkeiten der Produktzertifizierung verbessert werden. Zudem kann die Kennzeichnung wirtschaftlicher Aktivitäten hinsichtlich ihrer Nachhaltigkeit asymmetrische Information auf den Kapitalmärkten reduzieren und dadurch privates Kapital in Zukunft mobilisieren.

Neben einer Energiepreisreform, der Einführung eines Emissionshandels und der Schaffung von Voraussetzungen für Investitionen und grüne Finanzprodukte durch Zertifizierungen werden aktuell viele weitere Maßnahmen diskutiert. Im Bereich der Forschungsförderung, des Fachkräfteaufbaus und des Aufbaus von Infrastruktur kann der Einsatz staatlicher Fördermittel die Technologieetablierung beschleunigen und „Henne-Ei-Probleme“ überwinden. Die Förderung von Elektrofahrzeugen und der Produktion von grünem Wasserstoff über Prämien oder Differenzkontrakte sollte maßvoll erfolgen und die Notwendigkeit eines Übergangs in die Wirtschaftlichkeit berücksichtigen.

Die Bewältigung des Klimawandels ist ein globales Problem. Nationale und europäische Bemühungen müssen daher immer in einem **globalen Kontext** bewertet werden. Europa und Deutschland können von einer klugen Energie- und Klimapolitik profitieren, mit Hilfe derer sie ihre eigenen Klimaziele möglichst kostengünstig erreichen. Dafür sollten Schlüsselindustrien bei der Erschließung neuer Geschäftsfelder unterstützt und vorausschauend Partnerschaften initiiert oder vorangetrieben werden, die das Erreichen der globalen Klimaziele wahrscheinlicher machen.

## I. MOTIVATION

352. Die weltweit und innerhalb der Europäischen Union (EU) eingegangenen Verpflichtungen zur Reduktion der Treibhausgasemissionen machen einen **Strukturwandel** in der deutschen Industrie unausweichlich. Nationale, europäische und globale Klimaziele erfordern den Umstieg auf eine nachhaltige Energieversorgung, Produktionsverfahren und Produkte. In den vergangenen Jahren wurden daher zahlreiche politische Initiativen ergriffen, die darauf abzielen, die Transformation zu beschleunigen und **industriepolitische Chancen** zu eröffnen. Die Handlungsfelder umfassen etwa die Entwicklung klimaneutraler Lösungen im Bereich von Wasserstoff oder stofflichen Energieträgern, die Nutzung von Strom zur Dekarbonisierung der Sektoren Wärme, Mobilität sowie der Industrie (Sektorkopplung) oder die Digitalisierung von Energiesystemen. Deutsche Unternehmen verfügen in den voraussichtlich zentralen Technologiefeldern über große Expertise und können neue Märkte erschließen. ↘ ZIFFERN 358 FF. Etablierte Unternehmen stehen durch die bevorstehende Transformation aber zugleich vor großen Herausforderungen.
353. Um die **Chancen zu nutzen**, ist eine umfangreiche Veränderung bestehender sowie der Aufbau neuer Wertschöpfungsketten notwendig. Dabei entstehen Koordinationsprobleme, die einer Marktetablierung von Technologien und Produkten im Wege stehen können. Beispielsweise sind Wasserstofftechnologien mit komplexen Wertschöpfungsketten verbunden. Es gilt, die Marktbedingungen derart auszugestalten, dass die bei der Transformation entstehenden Koordinationsprobleme gelöst werden können. Dies kann durch **marktorientierte Anreize** geschehen, indem die Lenkungswirkung der relativen Preise für Güter und Dienstleistungen gestärkt wird. Netzwerkeffekte und weitere Marktunvollkommenheiten können den Technologieumstieg verzögern und sollten mit Bedacht adressiert werden.
354. Die im Rahmen der Transformation entstehenden Koordinationsprobleme beim Aufbau neuer Wertschöpfungsketten stärken die Argumente für einen **sektorübergreifenden Emissionshandel** als **Leitinstrument der Klimapolitik** (Stiglitz et al., 2017; Edenhofer und Schmidt, 2018), wie ihn der Sachverständigenrat in seinem Sondergutachten „Aufbruch zu einer neuen Klimapolitik“ diskutiert hat (SG 2019). Eine konsequente **Abschaffung** staatlich induzierter **verzerrender Abgaben und Umlagen** kann die Koordinationsfunktion des Marktes zusätzlich und zeitnah befördern (acatech et al., 2017). Werden Energieträger sektor- und länderübergreifend proportional zu ihrem CO<sub>2</sub>-Fußabdruck belastet, so werden Unternehmen Investitionen tätigen, Innovationen vorantreiben und neue Märkte erschließen. Ein verlässliches Marktumfeld kann die Notwendigkeit kleinteiliger Fördermaßnahmen stark reduzieren und die Transformation beschleunigen. Haushalte profitieren von diesen Innovationen, die ihnen die Emissionsreduktionen erleichtern. Der Sachverständigenrat beleuchtet für den Stromsektor die Effekte einer solchen Energiepreisreform auf Haushalte und Unternehmen im Detail. ↘ ZIFFERN 391 FF.

355. Die umfassende Transformation in der Energiewirtschaft und der Industrie erfordert umfangreiche **privatwirtschaftliche Investitionen**. Trotz positiver Renditeaussichten könnte jedoch asymmetrische Information über die klimarelevanten Eigenschaften von wirtschaftlichen Aktivitäten der Mobilisierung privaten Kapitals und realwirtschaftlichen Investitionen im Wege stehen. Daher sollten die Möglichkeiten der **Zertifizierung von Produkten und Prozessen** verbessert werden. An den Finanzmärkten stellt die EU-Taxonomie als Klassifikationssystem für nachhaltige Investitionen entscheidende Weichen, um Klimarisiken besser berücksichtigen zu können. [↘ ZIFFERN 419 FF.](#)
356. Für die Zukunft sieht das Klimaschutzprogramm 2030 neben der Einführung der CO<sub>2</sub>-Bepreisung viele **kleinteilige Einzelmaßnahmen** vor (BMU, 2019a). [↘ ZIFFERN 362 FF.](#) Eine konsequente CO<sub>2</sub>-basierte Energiepreisreform würde viele dieser ordnungsrechtlichen Maßnahmen überflüssig machen, die andernfalls die gesamtwirtschaftlichen Transformationskosten erhöhen würden. **Komplementäre Maßnahmen** können jedoch bei der Existenz von Marktunvollkommenheiten wie Wissensexternalitäten, Informationsasymmetrien oder Netzwerkeffekten angezeigt sein. Sie können die Märkte flankieren, um deren Funktionalität zu unterstützen und **ungewollte Verteilungseffekte** zu **mindern** (SG 2019 Ziffern 245 ff.). Am Beispiel der Mobilität und der Wasserstoffstrategie werden exemplarisch einige Maßnahmen beleuchtet. [↘ ZIFFERN 433 FF.](#)



Ein CO<sub>2</sub>-Preis führt dazu, dass wirtschaftliche Akteure die sozialen Kosten ihrer Treibhausgasemissionen in ihren Entscheidungen internalisieren. Unabhängig vom Ort, der Technologie und dem Sektor werden mit Hilfe eines CO<sub>2</sub>-Preises Emissionen dort reduziert, wo dies am kostengünstigsten ist (SG 2019 Ziffern 107 ff.). Im Bericht der High-Level Commission on Carbon Pricing werden jedoch Hindernisse aufgezeigt, welche die Funktionalität des CO<sub>2</sub>-Preises einschränken oder den politischen Rückhalt des Instruments gefährden. Dadurch könnten die Transformationskosten steigen (Stiglitz et al., 2017). Demnach sollten zum Beispiel Verteilungseffekte sowie Koordinationsprobleme und Pfadabhängigkeiten, welche die Diffusion neuer, emissionsärmerer Technologien verzögern, mit geeigneten Maßnahmen adressiert werden (Edenhofer et al., 2019a). Die Einsparung von CO<sub>2</sub> kann dadurch erleichtert werden und die Attraktivität neuer Märkte steigen (SG 2019 Ziffern 245 ff.).

357. Die Bewältigung des Klimawandels sowie die industrielle Transformation sind **globale Herausforderungen**. Nationale und europäische Bemühungen müssen daher immer in einem globalen Kontext eingebettet werden. Europa und Deutschland können von einer klugen Energie- und Klimapolitik profitieren, mit Hilfe derer sie ihre eigenen Klimaziele möglichst kostengünstig erreichen, Schlüsselindustrien bei der Erschließung neuer Geschäftsfelder unterstützen und vorausschauend Partnerschaften initiieren oder vorantreiben, die global die Erreichung der Klimaziele wahrscheinlicher machen (SG 2019 Ziffer 6).

Eine besondere Herausforderung entsteht hier bei der **Koordinierung** verschiedener politischer Ebenen. Die EU, der Bund und die Länder sollten ihre Initiativen verschränken, um Synergieeffekte zu heben und ineffiziente Doppelstrukturen zu vermeiden.

## II. KLIMAPOLITISCHE INITIATIVEN UND IHRE CHANCEN

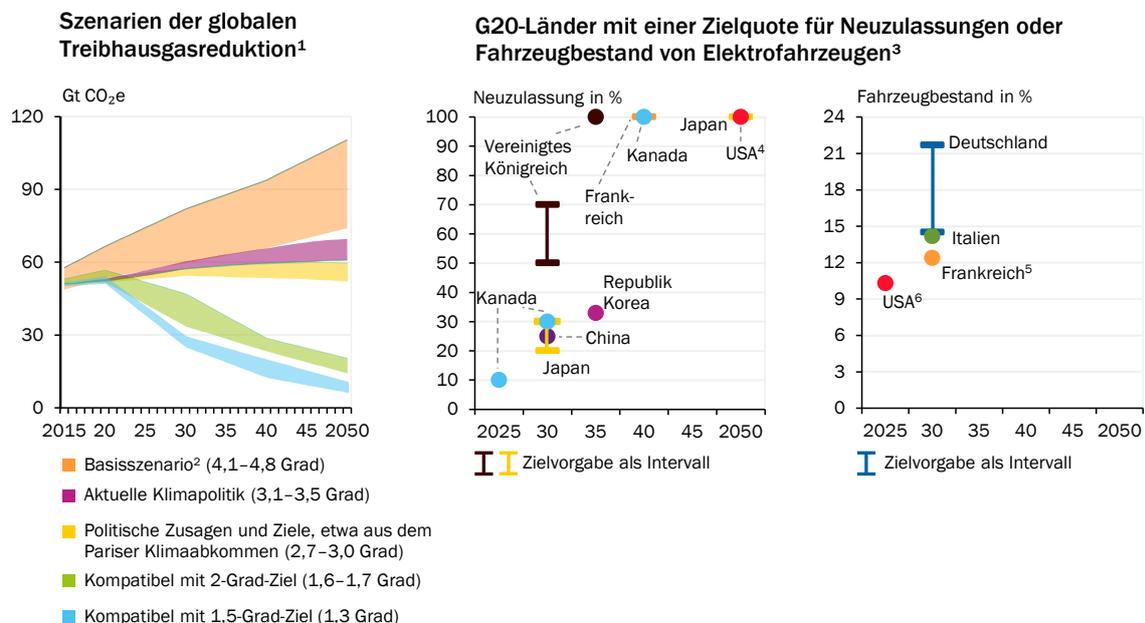
### 1. Die Umsetzung globaler Klimaziele eröffnet neue Märkte

358. Der **Bedarf an emissionsarmen Technologien** wird nicht nur in der EU stetig zunehmen. Werden die Zusagen des Pariser Klimaabkommens umgesetzt und durch entsprechende politische Initiativen adressiert, so dürfte die Nachfrage nach technischen Lösungsmöglichkeiten zur CO<sub>2</sub>-Reduktion weltweit steigen. [ABBILDUNG 58 LINKS](#) Etablierten und neuen Unternehmen eröffnen sich dadurch vielfältige **Chancen**.

Klimaziele und Marktchancen beeinflussen sich **wechselseitig**: Je ambitionierter die globalen Klimaziele, desto umfangreicher und schneller werden Anpassungen von Geschäftsmodellen und Unternehmen nötig, was mit hohen Kosten und Herausforderungen für die Wettbewerbsfähigkeit verbunden sein kann. Gleichzeitig steigen die Anreize für Unternehmen, emissionsarme Produktionsverfahren und Produkte zu entwickeln. Mit der zunehmenden Verfügbarkeit von neuen Technologien sinken wiederum die Kosten zur Emissionsreduktion. Politisch dürfte dies **ambitioniertere globale Emissionsreduktionsziele**, wie sie zur

ABBILDUNG 58

#### Industriepolitische Chancen durch globale Emissionsreduktionsziele und nationale Initiativen



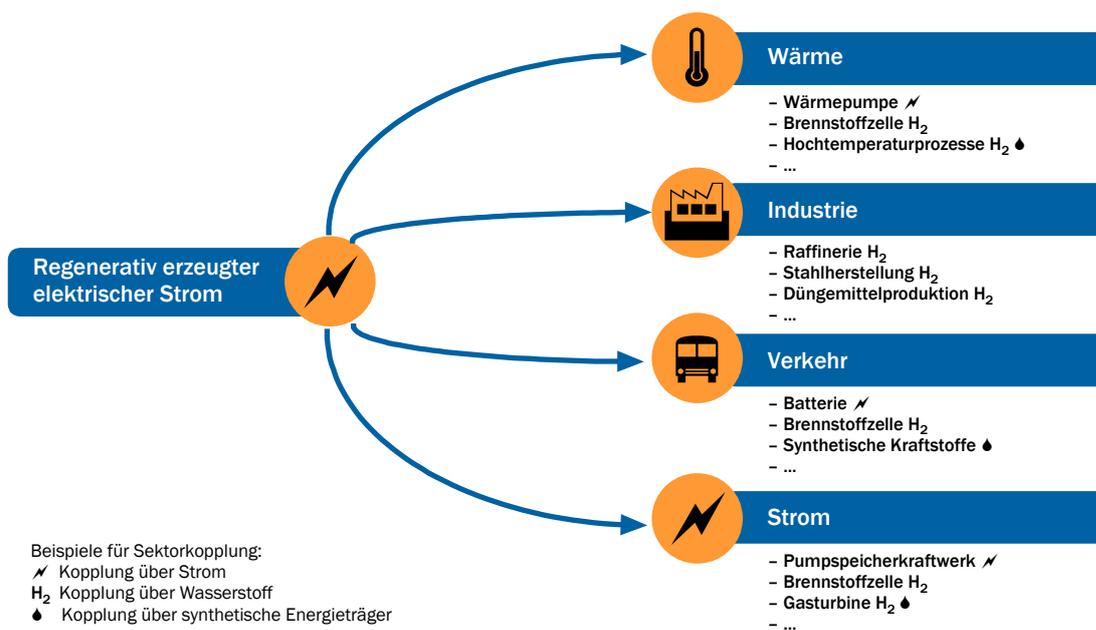
1 – Die Abbildung zeigt jährliche Emissionsreduktionsmengen basierend auf den Erwärmungsszenarien des Climate Action Tracker (CAT). Betrachtet werden CO<sub>2</sub>-äquivalente Treibhausgasemissionen in Gigatonnen (Gt CO<sub>2</sub>e). 2 – Das Basisszenario geht davon aus, dass keinerlei klimapolitische Initiativen ergriffen werden. 3 – In ausgewählten Ländern werden Zielvorgaben für die kumulierte Anzahl an zugelassenen Elektrofahrzeugen gemacht. Die absoluten Zielvorgaben für Elektrofahrzeuge werden in Relation zum Fahrzeugbestand des Jahres 2015 gesetzt. Die nicht aufgeführten G20-Länder haben keine Zielvorgaben gemacht. 4 – Für 11 Staaten. 5 – Wert für 2028. 6 – Für 10 Staaten. Zielvorgabe in Relation zum Fahrzeugbestand des Jahres 2019.

Quellen: CAT, IEA (2020), OICA, U.S. Department of Public Transportation

Erreichung des 1,5-Grad- oder 2,0-Grad-Ziels nötig wären, überhaupt erst ermöglichen. [ABBILDUNG 58 LINKS](#) Gelingt es deutschen Unternehmen, die technischen Lösungen bereitzustellen, kann dies Wertschöpfung, Beschäftigung und Wohlstand im Inland erhöhen und zugleich einen maßgeblichen Beitrag zum Klimaschutz leisten.

359. Insbesondere Lösungsansätze zur **Sektorkopplung** spannen ein weites Feld an neuen Geschäftsmodellen auf. [ABBILDUNG 59](#) Technologien, welche die Nutzung erneuerbar erzeugten Stroms in allen Sektoren ermöglichen, sind nach heutigem Kenntnisstand eine Voraussetzung zur Erreichung der Klimaneutralität (Umweltbundesamt, 2014; acatech et al., 2017; Ram et al., 2018; Runkel, 2018; Agora Energiewende und Wuppertal Institut, 2019; IRENA, 2020; Sterchele et al., 2020). Neben der direkten Elektrifizierung wird die Umwandlung von Strom in Wasserstoff und synthetische Energieträger eine bedeutende Rolle spielen. So könnten beispielsweise **Wasserstoffanwendungen** dazu genutzt werden, erneuerbare Energien ohne Stromnetz transportfähig und lagerbar zu machen. Sonnen- oder windreiche Staaten können dadurch zu Energieexporteuren werden (Pfennig et al., 2017; Heuser et al., 2019; Timmerberg und Kaltschmitt, 2019; Grimm, 2020; Runge et al., 2020).
360. Gleichwohl stellen die Klimaziele bestehende Unternehmen vor große Herausforderungen. Beispielsweise dürfte – nicht zuletzt wegen politischer Zielsetzungen für die Neuzulassungen [ABBILDUNG 58 RECHTS](#) – die Elektrifizierung des Verkehrs in den kommenden Jahren zunehmen (IEA, 2020). In diesen Markt drängen **neue Anbieterfirmen** wie Tesla, BYD oder BAIC. Gleichzeitig verändert sich die **Wertschöpfung** bei der Herstellung eines Fahrzeugs. Elektromotoren sind weniger komplex als der Verbrennungsantrieb und die Batterieproduktion wird ei-

[ABBILDUNG 59](#)  
**Sektorkopplung**



Quelle: H2.B (2020), eigene Darstellung

nen signifikanten Teil der Wertschöpfung einnehmen. Arbeitsplätze in der Fertigung des Verbrennungsantriebsstrangs könnten in Deutschland wegfallen (Falck et al., 2017; Bauer et al., 2018; Mönning et al., 2018). Im Bereich der Wasserstoffmobilität steht die Marktetablierung noch bevor. Deutsche Unternehmen haben in den relevanten Technologiefeldern große Expertise. Automobilhersteller und Zulieferer müssen sich in den kommenden Jahren entsprechend anpassen, um ihre Wettbewerbsfähigkeit sicherzustellen.

361. Ob und wann Unternehmen in neue Märkte eintreten, hängt von den **Vor- und Nachteilen einer frühen Technologieentscheidung** ab (Hoppe, 2002). Auf der einen Seite sinkt über die Zeit das Investitionsrisiko (**wait and see**): Die technischen Rahmenbedingungen könnten sich mit der Zeit festigen und die zu erwartende Kostendegression sowie Skalen- und Lerneffekte dürften die Investitionskosten senken (Dixit und Pindyck, 1994). Auf der anderen Seite könnte für Unternehmen aber die Möglichkeit verloren gehen, als **First-Mover** frühzeitig Kompetenzen zu entwickeln und durch die Mitwirkung an internationalen Standardisierungsprozessen eine bessere Marktposition zu etablieren. Durch einen Verzicht auf den frühen Markteintritt können höhere Margen und Reichweiten verloren gehen.

Vor diesem Kalkül stehen potenzielle Neugründungen sowie etablierte Unternehmen, die darüber entscheiden müssen, neue Marktsegmente zu betreten. Insbesondere im Bereich der Wasserstofftechnologien können bestehende Unternehmen auf ihrer Technologiekompetenz, zum Beispiel in der Materialforschung, dem Anlagenbau oder der Logistik von Gasen, aufbauen und dadurch in neuen Märkten profitieren. Die Komplexität der entstehenden Wertschöpfungsketten zur Erzeugung, Verteilung und Nutzung von Wasserstoff bietet zahlreichen Unternehmen attraktive Geschäftsmodelle und lässt eine Abwanderung einzelner Produktionsschritte weniger wahrscheinlich erscheinen als im Fall der Fertigung von Solarzellen oder Batterien. Auf die unternehmerische Entscheidung, Märkte zu verlassen oder zu betreten, hat die **öffentliche Hand maßgeblichen Einfluss**. Schon heute werden mit den klimapolitischen Initiativen die Weichen für die Zukunft gestellt.

## 2. Neue Initiativen auf mehreren Ebenen

### Europäische Initiativen

362. Im Dezember 2019 wurde von der Europäischen Kommission der **European Green Deal** vorgestellt, der als zentrales Ziel die Klimaneutralität der EU bis zum Jahr 2050 definiert. Damit geht voraussichtlich eine Änderung der Klimaziele der EU für das Jahr 2030 einher. Im Oktober 2020 stimmte das Europäische Parlament (EP) mehrheitlich für die Ausweitung der Emissionsreduktionsziele. Bis zum Jahr 2030 sollen die Emissionen im Vergleich zum Jahr 1990 um 60 % sinken. Zuvor lag das Ziel bei 40 %. Der Green Deal umfasst Vorschläge für Maßnahmen zur Emissionsreduktion in verschiedenen Bereichen, so zum Beispiel in der Landwirtschaft, der Mobilität, der Gebäudesanierung, der nachhaltigen Finanzierung, der Energiesysteme oder im Bereich Forschung und Entwicklung

(Europäische Kommission, 2019a). Im Rahmen eines Aktionsplans ist die Erarbeitung entsprechender Strategien und Gesetzesvorschläge bis zum Jahr 2021 angelegt.

Zu den zentralen im Vorschlag enthaltenen Instrumenten zählen unter anderem eine sektorübergreifende **CO<sub>2</sub>-Bepreisung**, ein **CO<sub>2</sub>-Grenzausgleichssystem** für verschiedene Sektoren, eine **Forschungsförderung** für klimafreundliche Technologien oder eine Überarbeitung der CO<sub>2</sub>-Emissionsnormen für Personenkraftwagen.

363. Zusätzlich hat die EU im Sommer 2020 zwei weitere klimapolitisch relevante Strategien vorgestellt. Auf Basis der **Wasserstoffstrategie der EU** soll die Nutzung von wasserstoffbasierten Technologien gestärkt werden (Europäische Kommission, 2020a). Die EU-Kommission sieht in Wasserstoffanwendungen große Wertschöpfungspotenziale für die Industrie. Die Strategie zielt darauf ab, die notwendigen Rahmenbedingungen zu setzen, globale Energiepartnerschaften zu initiieren und Anreize zur Produktion von Wasserstoff zu schaffen.

Parallel hat die EU-Kommission eine **Strategie für ein integriertes Energiesystem** vorgestellt, die vor allem auf die Sektorkopplung abzielt. Im Rahmen der anvisierten Maßnahmen werden Mitgliedstaaten unter anderem aufgefordert, eine hohe Besteuerung von Strom im Vergleich zu anderen Energieträgern und Subventionen für fossile Energieträger abzuschaffen. Darüber hinaus kündigte die Kommission bis zum Jahr 2021 einen Vorschlag für die **Erweiterung des Europäischen Emissionshandelssystems (EU-ETS)** auf bisher nicht einbezogene Sektoren an (Europäische Kommission, 2020b).

364. Die EU-Kommission hat im März 2018 einen **Aktionsplan für ein nachhaltiges Finanzsystem** veröffentlicht. [↘ ZIFFERN 419 FF.](#) Im Kern sieht der EU-Aktionsplan den Entwurf eines verpflichtenden Rahmenwerks (EU-Taxonomie) vor, der einheitliche Kriterien für nachhaltige Investitionen definiert (Europäische Kommission, 2018; EU TEG, 2020). Darüber hinaus sind verschiedene Offenlegungspflichten für die Finanzmarktteilnahme im Zusammenhang mit nachhaltigen Anlagen und Nachhaltigkeitsrisiken vorgesehen. Im Juli 2020 trat die Taxonomie-Verordnung in Kraft.

## Nationale Initiativen

365. Der politische Prozess in Deutschland mündete im Herbst 2019 in das **Klimaschutzprogramm 2030**. Dieser Maßnahmenkatalog bündelt die Eckpunkte, welche die Erreichung des Klimaschutzplans 2050 sicherstellen sollen (BMU, 2019a). Darin enthalten sind Investitionsmittel des Bundes bis zum Jahr 2023 in Höhe von 54 Mrd Euro (BMF, 2019). Die Umsetzung des Programms soll schrittweise durch Gesetze und Förderprogramme erfolgen. Ein Eckpfeiler stellt dabei das **Bundes-Klimaschutzgesetz (KSG)** dar, das die Emissionsreduktionsziele definiert. Es sieht vor, dass Deutschland seine Treibhausgasemissionen bis zum Jahr 2030 um mindestens 55 % im Vergleich zum Jahr 1990 verringert (§ 3 Abs. 1 KSG). Langfristig verfolgt die Bundesregierung auf nationaler Ebene das Ziel der

Treibhausgasneutralität bis zum Jahr 2050 (§ 1 KSG). Das KSG legt zudem **sektorspezifische Ziele** für das Jahr 2030 fest und setzt auf eine kontinuierliche Überprüfung der Klimaziele mit klaren Verantwortlichkeiten für die einzelnen Sektoren und verpflichtenden Anpassungsmaßnahmen, falls vom Zielpfad abgewichen wird.

366. Mit dem **Brennstoffemissionshandelsgesetz** (BEHG) soll ein nationales Emissionshandelssystem in den Nicht-EU-ETS Sektoren Wärme und Verkehr ab dem Jahr 2021 eingerichtet werden. Im Rahmen des **nationalen Emissionshandelssystems (nEHS)** werden Emissionszertifikate zunächst ohne Mengengrenzung zu einem jährlich ansteigenden Festpreis ausgegeben. Bund und Länder einigten sich im Vermittlungsausschuss darauf, den CO<sub>2</sub>-Preis ab Januar 2021 auf zunächst 25 Euro je Tonne CO<sub>2</sub> festzulegen. Danach steigt der Preis schrittweise auf 55 Euro im Jahr 2025 an. Im Jahr 2026 soll das **Festpreissystem** in ein **Marktsystem mit einem Mindest- und Höchstpreis** von 55 Euro beziehungsweise 65 Euro überführt werden. Eine Evaluation des Gesetzes ist für das Jahr 2025 vorgesehen. Dann soll darüber entschieden werden, ob Höchst- und Mindestpreise für die Zeit ab dem Jahr 2027 weiterhin als sinnvoll und erforderlich angesehen werden. Ab dem Jahr 2027 soll eine jährliche Mengenbeschränkung der verfügbaren Zertifikate festgelegt werden.
367. Teile der Einnahmen aus dem nationalen Emissionshandelssystem sollen gemäß Klimaschutzprogramm 2030 als **sozialer Ausgleich** eine schrittweise **Absenkung der EEG-Umlage** gegenfinanzieren. Abhängig von den tatsächlichen Einnahmen des BEHG dürfte diese Rückverteilung in jedem Jahr unterschiedlich hoch ausfallen (BMU, 2019a).

Im Jahr 2020 betrug die EEG-Umlage rund 6,76 Cent je kWh. Trotz des Einsatzes der BEHG-Einnahmen zur Reduktion der EEG-Umlage hätte der wirtschaftliche Einbruch durch die **Corona-Pandemie** zu einem starken Anstieg der EEG-Umlage im Jahr 2021 geführt: Konjunkturbedingt sank in Deutschland die Stromnachfrage [↘ ZIFFER 32](#) und dadurch der Börsenstrompreis. Dies führt mechanisch zu steigenden Zahlungsverpflichtungen bei der Einspeisevergütung und somit zu einer höheren EEG-Umlage im nächsten Jahr (Wagner et al., 2020). Um die zusätzliche Belastung für Haushalte und Unternehmen zu begrenzen und Planungssicherheit für die kommenden Jahre zu schaffen, wurde im Rahmen des Konjunkturpakets vom Juni 2020 die **Höhe der EEG-Umlage** für das Jahr 2021 auf 6,5 Cent je kWh und für das Jahr 2022 auf 6,0 Cent je kWh festgelegt (BMW<sub>i</sub>, 2020a; Koalitionsausschuss, 2020). [↘ ZIFFER 161](#) Der dafür notwendige Bundeszuschuss, der im Jahr 2021 insgesamt 10,8 Mrd Euro betragen soll, wird teilweise durch die Einnahmen aus dem BEHG gedeckt, die ohnehin für die Absenkung der EEG-Umlage verwendet werden sollten.

368. Zusätzlich zum nationalen Emissionshandel sieht das Klimaschutzprogramm weitere **sektorspezifische Maßnahmen** vor. Teilweise wurden diese bereits umgesetzt (Anhebung der Luftverkehrsteuer, Steuerförderung für die Gebäudesanierung, Absenkung der Mehrwertsteuer auf Bahntickets im Fernverkehr). Beschlossen ist ebenfalls ein Zuschlag zum Wohngeld ab dem Jahr 2021, der die Be-

lastung durch den nationalen Emissionshandel abfedern soll, und der **Masterplan Ladeinfrastruktur**, der auf die zügigere Elektrifizierung des Verkehrssektors abzielt (Bundesregierung, 2020). Neben einer direkten finanziellen Förderung öffentlicher und privater Ladesäulen für Elektrofahrzeuge sowie Tankstellen für Fahrzeuge mit Brennstoffzellen sieht das Konzept verschiedene Gesetzesinitiativen vor, die den Ausbau der Ladeinfrastruktur beschleunigen sollen.

369. Mit der **nationalen Wasserstoffstrategie**, die im Sommer 2020 vorgestellt wurde, verstärkt die Bundesregierung ihre Ambitionen, die Erzeugung, den Import, den Transport sowie die Anwendung von klimaneutralem Wasserstoff und darauf basierenden synthetischen Energieträgern in Deutschland zu stärken. Dadurch soll auf der einen Seite die Defossilisierung der Industrie sowie des Verkehrs- und des Wärmesektors vollständig möglich werden. Auf der anderen Seite will das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi, 2020b) deutschen Unternehmen neue Marktperspektiven eröffnen. Die Strategie beinhaltet verschiedene Instrumente, welche die **Marktetablierung von Wasserstoff beschleunigen** sollen. ↘ ZIFFERN 461 FF. Die Wasserstoffstrategie wurde als Bestandteil des Zukunftspakets in das **Konjunkturpaket zur Abfederung der Corona-Folgen** integriert. Der Finanzbedarf wird dort auf rund 9 Mrd Euro beziffert (Koalitionsausschuss, 2020).
370. Das im Sommer 2020 beschlossene **Konjunkturprogramm** sieht weitere klimapolitisch relevante Maßnahmen vor. So beinhaltet das Zukunftspaket des Konjunkturprogramms die Erhöhung der Kaufprämie für **Elektrofahrzeuge** von 3 000 Euro auf 6 000 Euro. Gemeinsam mit einer vergünstigten Besteuerung der privaten Dienstwagennutzung von Elektrofahrzeugen sollen 2,2 Mrd Euro Fördermittel verausgabt werden. Zusätzlich sollen **Flottenaustauschprogramme** gestartet und Investitionen in der Automobilindustrie angeregt werden. Ebenso sollen emissionsärmere Technologien in der Schiff- und Luftfahrt bezuschusst, das Gebäudesanierungsprogramm vergrößert und der Ausbau der erneuerbaren Energien erleichtert werden (Koalitionsausschuss, 2020).

### III. DIE MARKTORIENTIERTEN MECHANISMEN STÄRKEN

371. Das Erreichen der europäischen Klimaziele erfordert **erhebliche Investitionen**. Die EU-Kommission rechnet für den Zeitraum zwischen den Jahren 2021 bis 2030 mit einem zusätzlichen privaten und öffentlichen Investitionsbedarf von rund 2,6 Billionen Euro, was rund 184 % der Investitionsausgaben zwischen den Jahren 2010 und 2019 entsprechen würde (Europäische Kommission, 2019a, 2020c).
372. Die sektorübergreifende **Bepreisung von CO<sub>2</sub> als Leitinstrument der Energie- und Klimapolitik** ist von zentraler Bedeutung für eine effektive Ko-

ordination der Transformation und die Mobilisierung privatwirtschaftlichen Kapitals auf dem Weg zu einer emissionsärmeren Wirtschaft. Auf nationaler Ebene wird zur Erreichung der Klimaziele im Jahr 2030 ein steiler Preispfad im nationalen Emissionshandelssystem nötig werden. ↘ ZIFFERN 376 FF. Allerdings erschweren derzeit verzerrende Abgaben und Umlagen auf Strom den Technologiewechsel von fossilen Energieträgern auf strombasierte Technologien im Verkehrs- und Wärmebereich sowie in der Industrie. ↘ ZIFFERN 382 FF. Erst die **Gestaltung von sektorübergreifenden Rahmenbedingungen** wird es ermöglichen, die Vorteile marktlicher Koordination gänzlich zu nutzen. Dazu gehört etwa, neben der Bepreisung von CO<sub>2</sub>, der konsequente Abbau bestehender verzerrender Abgaben und Umlagen auf Energiepreise. Eine Energiepreisreform, welche die verzerrenden Elemente der Strombepreisung senkt, könnte auf der einen Seite die Zielerreichung im Jahr 2030 erleichtern und auf der anderen Seite die Anreize für Unternehmen stärken, früher auf innovative Geschäftsmodelle im Bereich der Sektorkopplung zu setzen. ↘ ZIFFERN 391 FF. Über den Energiesektor hinaus sind Regelungen zu hinterfragen, die direkt oder indirekt fossile Energieträger subventionieren und dadurch die Kosten des Klimaschutzes erhöhen, wie etwa die Entfernungspauschale oder das Dienstwagenprivileg (JG 2011 Ziffern 358, 360; JG 2012 Ziffer 365; SG 2019 Ziffer 105). ↘ ZIFFER 405

373. Eine **Stärkung marktorientierter Instrumente** und die **Abschaffung direkter und indirekter Subventionen** fossiler Energieträger gewährleistet verlässliche politische Leitplanken und senkt Risiken für Investoren. Dadurch reduziert sich der Bedarf an kleinteiligen klimapolitischen Fördermaßnahmen. Nicht zuletzt können aus geeigneten Rahmenbedingungen Anreize für inländische Unternehmen resultieren, sich vorausschauend in Standardisierungsprozessen zu engagieren und dadurch ihre internationale Wettbewerbsfähigkeit zu sichern und auszubauen. Ein entsprechender Umbau der Rahmenbedingungen geht mit Minder- und Mehreinnahmen sowie Minderausgaben des Staates einher. Werden alle Möglichkeiten konsequent genutzt, um die Mindereinnahmen aus entfallenden Abgaben zu kompensieren, so sind wichtige Reformschritte ohne negative Auswirkungen auf den Staatshaushalt möglich. ↘ ZIFFERN 396 FF.
374. Mittelfristig muss die **deutsche Klimapolitik** zunehmend in den **europäischen Kontext** eingebettet werden (SG 2019 Ziffern 117 ff.), um die Koordinationsfunktion von Märkten weiter zu stärken. Begleitend können durch die europaweit einheitliche Kennzeichnung wirtschaftlicher Aktivitäten hinsichtlich ihrer Nachhaltigkeit asymmetrische Informationen auf den Kapitalmärkten reduziert werden, die grünen Investitionen im Wege stehen können. ↘ ZIFFERN 419 FF. Zudem können Maßnahmen diskutiert werden, die bei steigenden CO<sub>2</sub>-Preisen geeignet wären, die Wettbewerbsfähigkeit europäischer Unternehmen in Zukunft zu sichern. ↘ ZIFFERN 424 FF.
375. Für die Attraktivität neuer Technologien wird in Zukunft der produktspezifische CO<sub>2</sub>-Fußabdruck eine zentrale Rolle einnehmen. Sind die **klimarelevanten Eigenschaften von Waren und Dienstleistungen** transparent, nachvollziehbar und rechtssicher erfasst, könnten Unternehmen die klimarelevanten Vorteile ihrer Produktionsverfahren kenntlich machen. Während bereits Lösungen auf Unternehmensebene durch das Greenhouse Gas Protocol oder die Industrienorm

DIN EN ISO 14064 angeboten werden, existieren in der EU **Zertifizierungssysteme** auf Produktebene bisher nur für ausgewählte Güter wie Holz oder Kraftstoffe (Dobson, 2018). Im Bereich der Industrie, wo die Sektorkopplung zu einer umfangreichen Umstellung verschiedener Produktionsverfahren führen wird, [↘ ZIFFER 359](#) fehlt eine entsprechende Zertifizierung. Antworten werden europaweit gesucht (Europäische Kommission, 2020d) und sollten global anwendbar sein.

## 1. Wirkung der anvisierten CO<sub>2</sub>-Preispfade

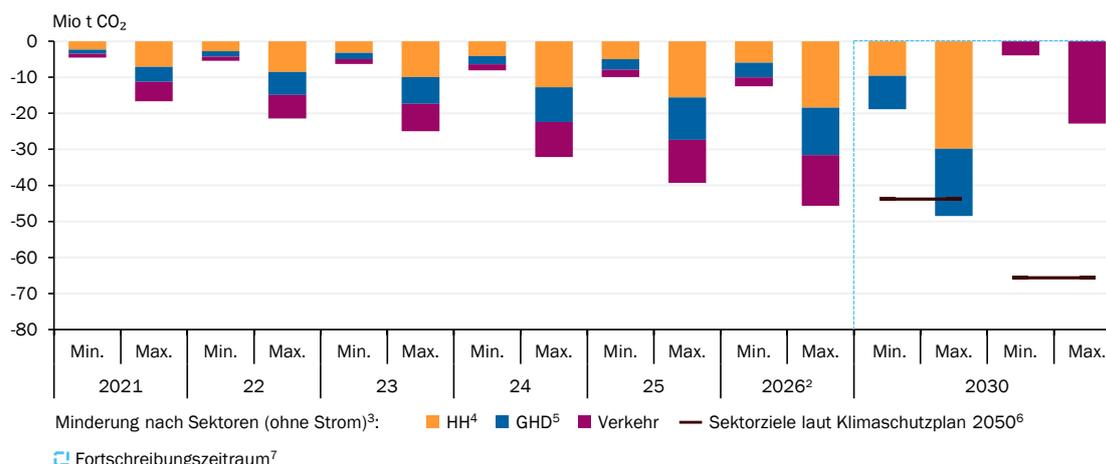
376. Der im nationalen Emissionshandelssystem festgelegte Preispfad setzt ein glaubwürdiges und verbindliches Signal und bietet für Investoren und Haushalte Planungssicherheit. Der vorhersehbare Anstieg des CO<sub>2</sub>-Preises ermöglicht es Haushalten und Unternehmen, sich an steigende Kosten anzupassen. Mit der Überführung in ein **Marktsystem mit Preiskorridor** wird das Risiko eines starken Preisanstiegs und einer zunehmenden Belastung von Unternehmen und Haushalten durch einen Höchstpreis begrenzt. Ein Mindestpreis stellt wiederum sicher, dass Haushalte bei langen Investitionszyklen schon jetzt ihre Investitionen in emissionsärmere Technologien planen können (Edenhofer et al., 2019b; Wissenschaftlicher Beirat beim BMWi, 2019a; SG 2019 Ziffern 141 ff.).

Die Planungssicherheit, die aus einem festgelegten Preispfad oder einem engen Preiskorridor resultiert, existiert im EU-ETS nicht. Zertifikatpflichtige Unternehmen können aber über **Terminmarktkontrakte** ihre voraussichtlich benötigten Energiemengen frühzeitig preislich absichern. Dies ermöglicht den Akteuren, die Unsicherheit über den Preispfad zu reduzieren und ihre Investitionen entsprechend zu planen.

377. Wie stark die Nachfrage nach Energieträgern und die damit verbundenen CO<sub>2</sub>-Emissionen auf die durch das nationale Emissionshandelssystem induzierten Preisveränderungen reagiert, hängt von den **Preiselastizitäten im Wärme- und Verkehrssektor** ab. Auf dieser Grundlage lässt sich in Anlehnung an Bach et al. (2019a) berechnen, wie sich der **Preispfad im nationalen Emissionshandelssystem auf die Emissionen im Verkehrs- und Wärmesektor** auswirken könnte. Dabei wird die Annahme getroffen, dass Unternehmen die Kosten des CO<sub>2</sub>-Preises vollständig auf die Haushalte überwälzen können. Allerdings können Substitutions- und Ausweichreaktionen zwischen verschiedenen Energieträgern nicht berücksichtigt werden. Die quantitativen Aussagen sind daher mit Unsicherheit behaftet.
378. Verschiedene Studien unterscheiden zwischen **kurz- und langfristigen Eigenpreiselastizitäten** für Haushalte sowie für Gewerbe, Handel und Dienstleister (GHD). [↘ TABELLE 17 ANHANG](#) Die Abgrenzungen sind jedoch nicht trennscharf. Während sich kurzfristige Preiselastizitäten auf unmittelbar umsetzbare Nachfragerreaktionen beziehen, können langfristige Preiselastizitäten Investitionen in langlebige Güter widerspiegeln, wie zum Beispiel den Erwerb von Fahrzeugen, Heizungssystemen oder, im Fall von Unternehmen, Produktionsverfahren. Kurzfristig sind tendenziell geringere Nachfragerreaktionen zu erwarten als in der langen

▾ **ABBILDUNG 60**

**Emissionsminderungen durch nationale CO<sub>2</sub>-Bepreisung gegenüber dem Jahr 2018<sup>1</sup>**



1 – Die Minimalwerte der Emissionsminderungen basieren auf kurzfristigen Preiselastizitäten, die Maximalwerte auf langfristigen Preiselastizitäten.  
 2 – Es wird unterstellt, dass sich im Jahr 2026 der vorgesehene Höchstpreis von 65 Euro je Tonne CO<sub>2</sub> einstellt. 3 – Gesamtmineralisierung im Wärme-  
 sektor entspricht der Summe der Mineralisierung durch private Haushalte und GHD. Im Klimaschutzprogramm wird der Begriff Gebäudesektor verwendet.  
 4 – Private Haushalte. 5 – Gewerbe, Handel, Dienstleistungen. 6 – Die hier abgetragenen Ziele gehen vom Emissionsniveau des Jahres 2018 aus  
 und zeigen die Emissionsminderungen, die bis 2030 noch erzielt werden müssen, um die definierten Zielwerte des Klimaschutzplans 2050 zu errei-  
 chen. 7 – Fortschreibung unter Annahme eines CO<sub>2</sub>-Preises von 65 Euro je Tonne ab dem Jahr 2027.

Quellen: AG Energiebilanzen, Bach et al. (2019b), Eurostat, Statistisches Bundesamt, Umweltbundesamt, eigene Berechnungen

Frist. Dadurch ergibt sich eine Bandbreite der möglichen Emissionseinsparungen. ▾ **ABBILDUNG 60** Während im Haushaltssektor bereits große Teile der Einsparungen ohne eine veränderte Ausstattung möglich sein könnten, führen im Verkehrssektor erst die langfristigen Elastizitäten, die mit einer Veränderung der Ausstattung einhergehen, zu signifikanten Emissionseinsparungen.

- 379. Durch die Einführung eines CO<sub>2</sub>-Preises von 25 Euro je Tonne im Jahr 2021 dürften sich **kurzfristig etwa 4,6 Mio Tonnen CO<sub>2</sub> gegenüber dem Emissionsniveau des Jahres 2018 einsparen lassen**. ▾ **ABBILDUNG 60** Davon entfallen etwa 2,2 Mio Tonnen auf Haushalte. Durch die GHD-Unternehmen sowie im Verkehrssektor dürften jeweils etwa 1,2 Mio Tonnen CO<sub>2</sub> eingespart werden. Höhere Preise entlang des Preispfads bis zum Jahr 2026 führen zu entsprechend höheren Einsparungen. Im Jahr 2026 könnten mit einem Höchstpreis von 65 Euro je Tonne dann bis zu 77 Mio Tonnen CO<sub>2</sub> gegenüber dem Emissionsniveau von 2018 eingespart werden.
- 380. Der Klimaschutzplan 2050 sieht vor, dass in den Sektoren Wärme und Verkehr die Emissionen bis 2030 um 66 % bis 67 % beziehungsweise 40 % bis 42 % gegenüber dem Emissionsniveau von 1990 reduziert werden sollen (BMU, 2019b). Dafür dürften im Jahr 2030 noch maximal Emissionen von 72 beziehungsweise 98 Mio Tonnen CO<sub>2</sub> ausgestoßen werden. **Um diese Ziele zu erreichen**, dürfte der **notwendige CO<sub>2</sub>-Preis** ohne begleitende Maßnahmen **deutlich höher liegen**, als es der Preiskorridor im nationalen Emissionshandelssystem vorsieht. Im Wärmesektor (Verkehrssektor) müssten bis zum Jahr 2030 noch etwa 44 (66) Mio Tonnen CO<sub>2</sub> gegenüber dem Emissionsniveau vom Jahr 2018 eingespart werden.

Unter Fortschreibung des Höchstpreises von 65 Euro je Tonne CO<sub>2</sub> ab dem Jahr 2026 dürften sich diese Ziele insbesondere im Verkehrssektor mit dem CO<sub>2</sub>-Preis alleine nicht erreichen lassen. Ein Preis von 65 Euro je Tonne CO<sub>2</sub> dürfte im Verkehrssektor bis zum Jahr 2030 zu einer Einsparung von maximal 20 Mio Tonnen CO<sub>2</sub> führen. Im Wärmesektor könnten Veränderungen durch entsprechende Investitionen, beispielsweise der Austausch der Heizungsanlage, die in den langfristigen Preiselastizitäten abgebildet sind, zu einer Einsparung von etwa 50 Mio Tonnen CO<sub>2</sub> führen. Unter dieser Voraussetzung würde sich das Ziel im Wärmesektor erreichen lassen. Um die Emissionsziele in den Sektoren mit einem einheitlichen Preis zu erreichen, wäre unter gegebenem Preispfad und historisch im Mittel beobachteten Verhaltensanpassungen bis zum Jahr 2026 ein **Preis von 110 Euro je Tonne CO<sub>2</sub> ab dem Jahr 2027 notwendig**. Berechnungen von Edenhofer et al. (2019b) zufolge liegt der im Jahr 2030 notwendige Preis zur Erreichung der nationalen Klimaziele im Jahr 2030 zwischen 70 Euro je Tonne CO<sub>2</sub> im günstigsten Szenario und 350 Euro je Tonne CO<sub>2</sub> im ungünstigsten Szenario. Im mittleren Szenario beträgt der im Jahr 2030 notwendige Preis 130 Euro je Tonne CO<sub>2</sub> (Edenhofer et al., 2020).

381. Ohne entsprechende begleitende Maßnahmen zur Rückverteilung wirkt ein CO<sub>2</sub>-Preis regressiv (Preuss et al., 2019). Ein CO<sub>2</sub>-Preis, der die Zielerreichung im Jahr 2030 sicherstellen würde, hat daher verteilungspolitische Relevanz (SG 2019 Ziffern 220 ff.). Selbst wenn dies durch entsprechende Rückverteilung adressiert würde, könnten zum Beispiel Risiko- und Verlustaversion dazu führen, dass Individuen einer CO<sub>2</sub>-Bepreisung skeptisch gegenüberstehen (Stiglitz, 2019). Für Unternehmen ergibt sich möglicherweise die Sorge um den Erhalt der **internationalen Wettbewerbsfähigkeit** (SG 2019 Ziffern 181 ff.). Diesen Schwierigkeiten muss man sich stellen. [↪ ZIFFERN 446 FF.](#)

## 2. Verzerrende Abgaben und Umlagen hinterfragen

382. Für die Profitabilität von Geschäftsmodellen im Bereich der Sektorkopplung ist die **Entwicklung des Preises für Strom im Verhältnis zum Preis der fossilen Energieträger** entscheidend. Dieses Verhältnis wird aktuell durch zahlreiche energiebezogene Steuern, Abgaben und Umlagen verzerrt. Insbesondere werden fossile **Energieträger** wie Heizöl, Erdgas, Benzin oder Diesel mit Blick auf ihren CO<sub>2</sub>-Fußabdruck **unsystematisch besteuert** (SG 2019 Ziffer 98). Der Stromsektor ist bereits Teil des EU-ETS. Der Strompreis schließt somit bereits einen Teil der Folgekosten ein, die durch den CO<sub>2</sub>-Ausstoß entstehen, wird aber darüber hinaus mit nationalen Abgaben und Umlagen zusätzlich belastet.

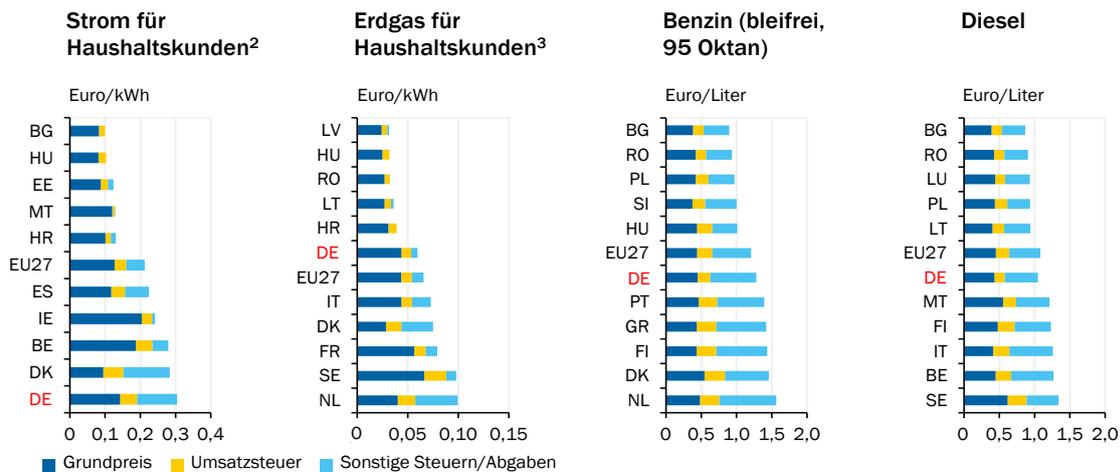
### Steuerliche Belastung von Energieträgern

383. Durch die **stark unterschiedliche Belastung je nach Energieträger** entstehen Anreize, stärker in Technologien zu investieren, die auf den weniger stark belasteten Energieträgern basieren. Der Einsatz neuer Technologien, die bereits heute auf der Nutzung von Strom aus erneuerbaren Energien zur Defossilisierung der übrigen Sektoren basieren, wird so unattraktiver.

▸ **ABBILDUNG 61**

**Grundpreise und Abgabenbelastung verschiedener Energieträger im Jahr 2020<sup>1</sup>**

Die fünf günstigsten und die fünf teuersten Mitgliedstaaten im Vergleich zum EU-Durchschnitt und Deutschland



1 – Datenstand: 25.10.2020. BE-Belgien, BG-Bulgarien, DE-Deutschland, DK-Dänemark, EE-Estland, ES-Spanien, EU27-Europäische Union, FI-Finnland, FR-Frankreich, GR-Griechenland, HR-Kroatien, HU-Ungarn, IE-Irland, IT-Italien, LT-Litauen, LU-Luxemburg, LV-Lettland, MT-Malta, NL-Niederlande, PL-Polen, PT-Portugal, RO-Rumänien, SE-Schweden, SI-Slowenien. 2 – Verbrauch von mehr als 2 500 kWh und weniger als 5 000 kWh. 3 – Verbrauch von mehr als 20 GJ und weniger als 200 GJ.

Quellen: Europäische Kommission, Eurostat, eigene Berechnungen

Der Strompreis für Endkunden unterscheidet sich europaweit deutlich. Deutschland verzeichnet aktuell den höchsten Strompreis innerhalb der EU. Die Unterschiede sind insbesondere auf die **heterogene Abgabenbelastung innerhalb der Mitgliedstaaten** zurückzuführen. Die Abgabenlast für Strom ist in Deutschland im europäischen Vergleich sehr hoch. ▸ **ABBILDUNG 61** Bei der Abgabenbelastung für fossile Kraftstoffe liegt Deutschland hingegen auf dem Niveau des EU-Durchschnitts.

**384.** Zusammen mit den sektoral festgelegten Emissionszielen beeinträchtigt die **unterschiedliche Besteuerung und Regulierung** der einzelnen Energieträger **eine integrierte sektorübergreifende Entwicklung des Energiesystems**. Dadurch besteht die Gefahr, dass die Emissionsvermeidung künftig nicht dort stattfindet, wo sie besonders kosteneffizient möglich wäre. Die Besteuerung des Energieverbrauchs ist dabei nicht die einzige Steuer, die einer effizienten Emissionsreduktion im Wege steht. Eine konsequente Neuausrichtung der Klimapolitik erfordert perspektivisch eine **Reform von Steuern und Abgaben für Strom** und für andere Energieträger (SG 2019 Ziffer 126). Darüber hinaus enthält das gesamte Steuersystem Elemente, die der Erreichung der Klimaziele entgegenwirken. ▸ **ZIFFER 405** Wünschenswert wäre ein insgesamt konsistenter regulatorischer Rahmen für fossile und erneuerbare Energien sowie für den Strom-, den Wärme- und den Verkehrssektor, der Preisverzerrungen zwischen allen Energieträgern und Technologien abbaut.

**385.** Ist ein Sektor, wie beispielsweise der Stromsektor, bereits in ein Emissionshandelssystem mit Mengenbeschränkung integriert, werden durch eine Steuer- und Abgabensenkung die Gesamtemissionen nicht erhöht. Ist aber noch kein **Handel mit festen Zertifikatemengen** etabliert, wie beispielsweise in den Sektoren Wärme und Verkehr, so kann sich durch eine Mengenreaktion auf eine Steuer-

und Abgabensenkung der CO<sub>2</sub>-Ausstoß insgesamt erhöhen. Werden somit bestehende Verzerrungen im Strompreis adressiert, wo ohnehin die relative Abgabenbelastung vergleichsweise hoch ist [↘ ABBILDUNG 61](#), lässt sich eine große Hebelwirkung entfalten, die aufgrund der Mengenbeschränkung im EU-ETS nicht von einem entsprechenden Effekt auf die Gesamtemissionen begleitet sein dürfte. Darüber hinaus kann die Entlastung der Haushalte von Abgaben und Umlagen beim Strom negative Verteilungswirkungen einer CO<sub>2</sub>-Bepreisung für die unteren Einkommenszehntel mehr als kompensieren. [↘ ZIFFER 413](#)

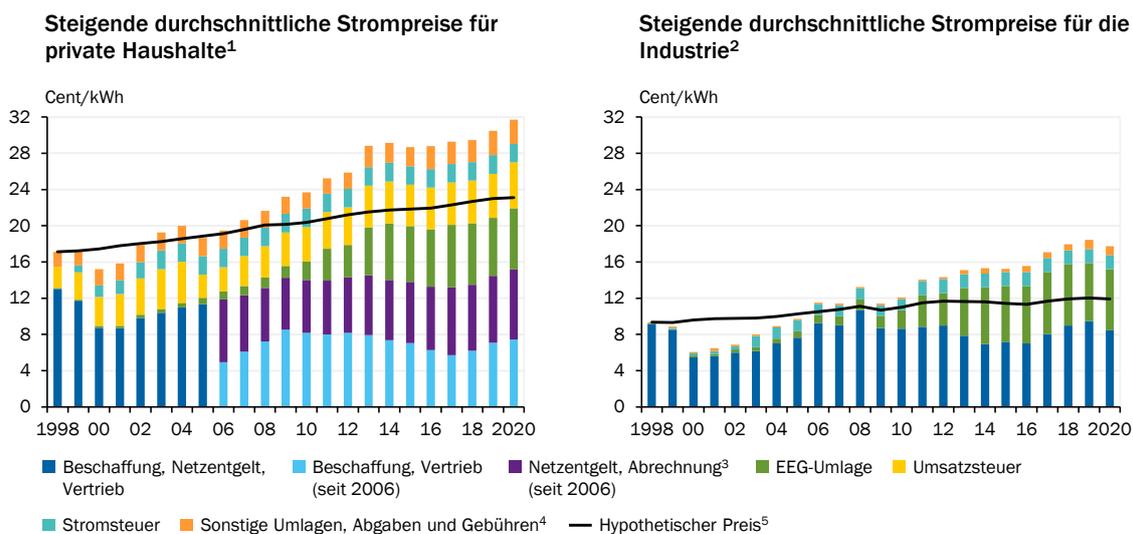
386. Die Besteuerung von Kraftstoffen wurde teilweise mit der **Finanzierung der Verkehrsinfrastruktur** begründet. Diese Zweckbindung ist steuerrechtlich zwar nicht bindend, konsequenterweise müssten aber in einem zukünftigen Verkehrssystem, das weitgehend auf Strom basiert, alternative Finanzierungsquellen erschlossen werden. Beispielsweise könnte erwogen werden, die Finanzierung der Straßeninfrastruktur künftig unabhängig vom Energieträger aber abhängig von der Nutzung über eine (entfernungsabhängige) Maut zu organisieren (SRU, 2017; Cramton et al., 2018, 2019; Wissenschaftlicher Beirat beim BMWi, 2019b). Lokale Externalitäten wie Staus würden so zielgenauer mit lokalen Abgaben wie etwa einer Städte-Maut einbezogen (Löschel et al., 2019; SG 2019 Ziffer 127).

### Strompreise und deren Bestandteile für Haushalte und Industrie

387. In den **Strompreis für Haushaltskunden** fließen drei wesentliche Bestandteile ein: Der Preis für die Beschaffung beziehungsweise den Vertrieb des Stroms, die Entgelte für die Netznutzung sowie Steuern und Abgaben. [↘ ABBILDUNG 62 LINKS](#) Im Jahr 2020 betrug der durchschnittliche Strompreis für Haushalte 31,71 Cent je kWh (BDEW, 2020). Je kWh entfielen 2,05 Cent im Jahr 2020 auf die Stromsteuer und rund 6,76 Cent auf die EEG-Umlage. Hinzu kommen die Konzessionsabgabe, die KWKG-Umlage, die § 19 Strom-NEV-Umlage, die Offshore-Netzumlage sowie die Umlage für abschaltbare Lasten. Gemeinsam erhöhten sie den Strompreis im Jahr 2020 um 2,67 Cent je kWh. Zusätzlich wird der reguläre Umsatzsteuersatz erhoben, der im zweiten Halbjahr 2020 abgesenkt wurde. Insgesamt entfielen durchschnittlich etwa 53 % der Ausgaben privater Haushalte für Strom auf Steuern, Abgaben und Umlagen.
388. **Unternehmen** zahlten im Jahr 2020 einen durchschnittlichen Strompreis von 17,75 Cent je kWh. [↘ ABBILDUNG 62 RECHTS](#) Davon entfielen durchschnittlich etwa 50 % auf Steuern, Abgaben und Umlagen (BDEW, 2020). Für Unternehmen sind die **Belastungen für Strom sehr heterogen**. Für das Verarbeitende Gewerbe sowie die Land- und Forstwirtschaft gilt ein reduzierter Steuersatz von rund 1,54 Cent je kWh. Weiterhin werden über den Spitzenausgleich und eine Steuerbefreiung des Stromverbrauchs für bestimmte energieintensive Prozesse und Verfahren weitere Vergünstigungen gewährt. Dementsprechend machen Steuern und Abgaben einen deutlich geringeren Anteil an den Endverbraucherpreisen im Verarbeitenden Gewerbe aus. Die GHD-Unternehmen tragen hingegen die vollen Steuern und Abgaben. Darüber hinaus entfielen im Verarbeitenden Gewerbe im vergangenen Jahr 2,33 Cent je kWh auf Netzentgelte, die damit deutlich unter den auf Haushalts- oder Gewerbekunden entfallenden Netzentgelten von 7,22 Cent je kWh beziehungsweise 6,31 Cent je kWh lagen (Deutscher Bundestag, 2020a).

▾ **ABBILDUNG 62**

**Strompreise und deren Bestandteile für Privathaushalte und Industriekunden**



1 – Stand: 07/2020. Für einen Jahresverbrauch von 3 500 kWh. Mit dem bis 31.12.2020 befristet reduzierten Umsatzsteuersatz von 16 % ergibt sich für 2020 ein Bruttopreis von 30,91 Cent je kWh. 2 – Stand: 07/2020. Mittelspannungsseitige Versorgung; Für den Jahresverbrauch von 160 000 kWh bis 20 Mio kWh. 3 – Einschließlich Messung und Messstellenbetrieb. 4 – Konzessionsabgabe, KWKG-Umlage, §19 Strom-NEV-Umlage, Offshore-Netzumlage (bis 2018 Offshore-Haftungsumlage) und Umlage für abschaltbare Lasten. 5 – Für Privathaushalte: Strompreis des Jahres 1998 fortgeschrieben mit der Entwicklung des Verbraucherpreisindex (Stand 10/2020). Für Industrie: Strompreis des Jahres 1998 fortgeschrieben mit der Entwicklung der Erzeugerpreise gewerblicher Produkte ohne elektrischen Strom, Gas und Fernwärme (Stand 09/2020).

Quellen: BDEW, Statistisches Bundesamt, eigene Berechnungen

© Sachverständigenrat | 20-291

- 389.** Der **Anteil der Steuern, Abgaben und Umlagen am Strompreis** ist für private Haushalte und die Industrie seit dem Jahr 1998 **kontinuierlich gestiegen**. ▾ **ABBILDUNG 62** Den größten Anstieg verzeichnet die EEG-Umlage, die bis zum Jahr 2017 absolut gestiegen und seitdem leicht gesunken ist. Dies steht im Zusammenhang mit dem Wechsel hin zum Ausschreibungsverfahren im Erneuerbare-Energien-Gesetz 2017 (EEG 2017; JG 2016 Ziffern 891 ff.), das festlegt, dass die Förderhöhe für Anlagenbetreiber im Rahmen eines Auktionsverfahrens durch die Bundesnetzagentur bestimmt wird, anstelle des vormals gesetzlich festgelegten Anspruchs auf Förderung.
- 390.** Die Kosten des Stromnetzes werden aktuell auf die Stromkunden im Netzgebiet des jeweiligen Betreibers umgelegt. Das heutige System der **Entgelte für die Nutzung der Stromnetze** gerät durch die Energiewende zunehmend unter Druck (RAP, 2014; dena, 2018a). Seit dem Jahr 2011 steigen die durchschnittlichen Netzentgelte für alle Verbrauchergruppen tendenziell an. ▾ **ABBILDUNG 62** Der Anstieg vollzieht sich jedoch nicht gleichmäßig. Vielmehr gehen systemimmanente Vorteile einzelner Nutzergruppen immer stärker zulasten anderer Nutzergruppen. Dadurch ergeben sich zunehmend heterogene Belastungen für einzelne Haushalte sowie Wettbewerbsnachteile für einzelne Industriestandorte (RAP, 2014). Obgleich im Koalitionsvertrag eine Reform der Netzentgelte vereinbart wurde, steht eine Umsetzung noch aus (Deutscher Bundestag, 2020b)

### 3. Effekte einer Energiepreisreform

391. Ein entscheidender Schritt zur Stärkung einer marktorientierten Steuerung von Entscheidungen in Energiemärkten kann eine umfangreiche Energiepreisreform sein, welche die Belastung der Verbraucher mit mengenbasierten Abgaben und Umlagen auf Strom reduziert. Um eine maximale Hebelwirkung zu erreichen, könnte im Rahmen einer solchen **Energiepreisreform** die **EEG-Umlage abgeschafft** werden. Zusätzlich könnte die **Stromsteuer auf den europäischen Mindeststeuersatz** von 0,01 Cent je kWh für Haushalte beziehungsweise 0,05 Cent für Unternehmen gesenkt werden.
392. Die konsequente Reduktion von Umlagen und Abgaben mit dem Ziel, Strom als zentralen Energieträger zu etablieren, reduziert das regulatorische Risiko und schafft **Planungssicherheit** für die Marktteilnehmerinnen und Marktteilnehmer. Dadurch würden für Unternehmen **Anreize** gesetzt, bereits jetzt vermehrt in Technologien zu investieren, die Strom aus einem zunehmenden Anteil erneuerbarer Energien zur Defossilisierung der Sektoren Wärme und Verkehr sowie der Industrie nutzen. Ebenso würden Haushalte dazu angeregt, ihren Mobilitäts- und Wärmebedarf durch strombasierte Technologien und Produkte zu decken. Durch die Senkung von klimapolitisch verzerrenden Steuern entfällt somit dort, wo klimaneutrale Geschäftsmodelle dann von selbst wettbewerbsfähig sind, die Notwendigkeit der Förderung spezifischer Technologien. Eine Senkung der Strompreise bildet zudem insbesondere für einkommensschwache Haushalte ein **Gegengewicht zur regressiv wirkenden CO<sub>2</sub>-Bepreisung**.
393. Aus politischer und gesellschaftlicher Sicht dürfen die durch die Klimapolitik induzierten Verteilungswirkungen nicht ausgeblendet werden. Die aus einer Bepreisung von CO<sub>2</sub> resultierenden Einnahmen können dafür eingesetzt werden, eine soziale Ausgewogenheit sicherzustellen. Für eine Rückverteilung sind verschiedene Ausgestaltungen denkbar (Preuss et al., 2019; SG 2019 Ziffern 220 ff.).

Das **Klimaschutzprogramm 2030** sieht bereits eine Reduktion der EEG-Umlage durch Einnahmen aus dem nationalen Emissionshandelssystem vor. [↘ ZIF-FER 367](#) Die **Einnahmen aus dem nationalen Emissionshandel** sollen nach aktuellen Planungen jedoch nicht vollständig für die **Absenkung der EEG-Umlage** verwendet werden (Pittel und Schmitt, 2020). Im Jahr 2021 wird die EEG-Umlage durch die Regelungen im Konjunkturpaket bei 6,5 Cent je kWh liegen. Dies entspricht einer Absenkung der EEG-Umlage um 0,25 Cent je kWh im Vergleich zum Vorjahr. Da aufgrund der Corona-Krise andernfalls wohl mit einem deutlichen Anstieg der EEG-Umlage zu rechnen gewesen wäre (Wagner et al., 2020), fließen sowohl die Einnahmen aus dem nationalen Emissionshandel als auch ein Bundeszuschuss im kommenden Jahr in die Stabilisierung der Strompreise auf dem Vorkrisenniveau.

394. Sollte die Rückverteilung, wie im Klimaschutzprogramm 2030 geplant, künftig in jedem Jahr abhängig von den BEHG-Einnahmen unterschiedlich stark ausfallen, sind die staatlichen Bestandteile zukünftiger Strompreise für die Marktteilnehmer weiterhin unzureichend antizipierbar. Daher besteht weiterhin **wenig Pla-**

**nungssicherheit für Investoren und Haushalte.** Dies kann die Technologieadoption von Investoren und Haushalten deutlich verzögern. Eine umfassendere Senkung der Umlagen dürfte mit einer entsprechend **stärkeren Lenkungswirkung hinsichtlich des Umstiegs auf strombasierte Technologien** einhergehen. Die vollständige Abschaffung von preisverzerrenden Merkmalen beim Strompreis kann dabei im Vergleich zu einer weniger ambitionierten Umsetzung einen notwendigen und marktneutralen Beitrag zur **Sicherstellung von Wirtschaftlichkeit und Wettbewerbsfähigkeit** für einzelne Sektor- kopplungstechnologien leisten (Winkler et al., 2020). Die Effizienzvorteile, die mit einer Abschaffung preisverzerrender Merkmale verbunden sind, dürften sich zusätzlich positiv auswirken. Durch eine **Absenkung der EEG-Umlage auf null** kann zudem **Bürokratie abgebaut** und die Komplexität etwa für Übertragungs- und Verteilnetzbetreiber, Stromlieferanten, Eigenversorger und stromintensive Unternehmen reduziert werden (dena, 2020).

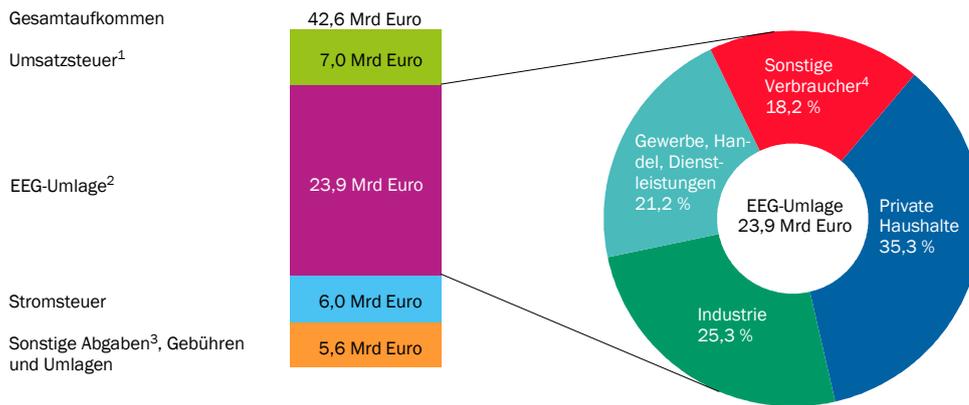
395. Eine Senkung der EEG-Umlage durch öffentliche Haushaltsmittel hat **beihilfe-rechtliche Relevanz**. Verfahrensrechtlich wäre ein solches Vorgehen aufgrund des Beihilfecharakters der EEG-Umlage zu notifizieren und auf diesem Wege mit der Europäischen Kommission abzustimmen. Aufgrund der damit verfolgten Zielsetzung des Klimaschutzes könnte die Kommission diese Veränderung jedoch genehmigen (Büdenbender, 2019; Kahles und Müller, 2020). Perspektivisch wären die Wirkungen der Umstellung von einer Umlage auf eine Haushaltsfinanzierung hingegen ungleich weitreichender. In formaler Hinsicht und mit Blick auf die gesetzgeberischen Abläufe müsste jede wesentliche Änderung des EEG dann zukünftig im Vorfeld ihres Inkrafttretens bei der EU-Kommission notifiziert und von dieser genehmigt werden. Die beihilferechtliche Prüfung erfolgt anhand der Leitlinien für staatliche Umweltschutz- und Energiebeihilfen, die jedoch noch dieses Jahr durch neue Leitlinien abgelöst werden sollen. In inhaltlicher Hinsicht sind die zukünftigen Maßstäbe für eine solche Genehmigung daher derzeit noch abzuwarten (dena, 2020).

### Finanzierung einer Energiepreisreform

396. Um die **Auswirkungen** der diskutierten Energiepreisreform **auf die öffentlichen Haushalte** für die kommenden Jahre abzuschätzen, muss die **Entwicklung der EEG-Umlage und der Stromsteuer** simuliert werden. Solche Prognosen hängen von verschiedenen Faktoren, etwa dem Börsenstrompreis, dem Stromverbrauch und den Ausnahmeregelungen für Industrie und Eigenverbraucher ab und sind daher mit entsprechender Unsicherheit behaftet.
397. Haushalte und Unternehmen werden durch die EEG-Umlage im Jahr 2020 im Umfang von 23,9 Mrd Euro belastet (BDEW, 2020). Unter Berücksichtigung der Beschlüsse aus Klimaschutz- und Konjunkturpaket dürften die direkten Beträge zur **Finanzierung der Anteile für erneuerbare Energien ab dem Jahr 2021 sinken** (Agora Energiewende, 2020; dena, 2020). ↘ ZIFFER 367 Im Jahr 2026 dürften die von den Verbrauchern zu tragenden Kosten noch etwa 18,5 Mrd Euro betragen.

▸ **ABBILDUNG 63**

**Erwartete Einnahmen aus Steuern und Umlagen im Jahr 2020**



1 – Unter Vernachlässigung der temporären Senkung der Umsatzsteuer im Rahmen des Konjunkturpakets. 2 – Von den Verbrauchern zu tragende Kosten (Umlagebetrag 2020 zuzüglich Einnahmen aus privilegiertem Letztverbrauch) für das EEG 2020. Basierend auf der Prognose der EEG-Umlage 2020 durch den BDEW vom 15.10.2019 sowie der Mittelfristprognose zur deutschlandweiten Stromabgabe an Letztverbraucher vom 07.10.2019. 3 – KWKG-Umlage, Konzessionsabgabe, §19 Strom-NEV-Umlage, Offshore-Netzzulage, Umlage für abschaltbare Lasten. 4 – Landwirtschaft, öffentliche Einrichtungen, Verkehr.

Quellen: BDEW, eigene Berechnungen

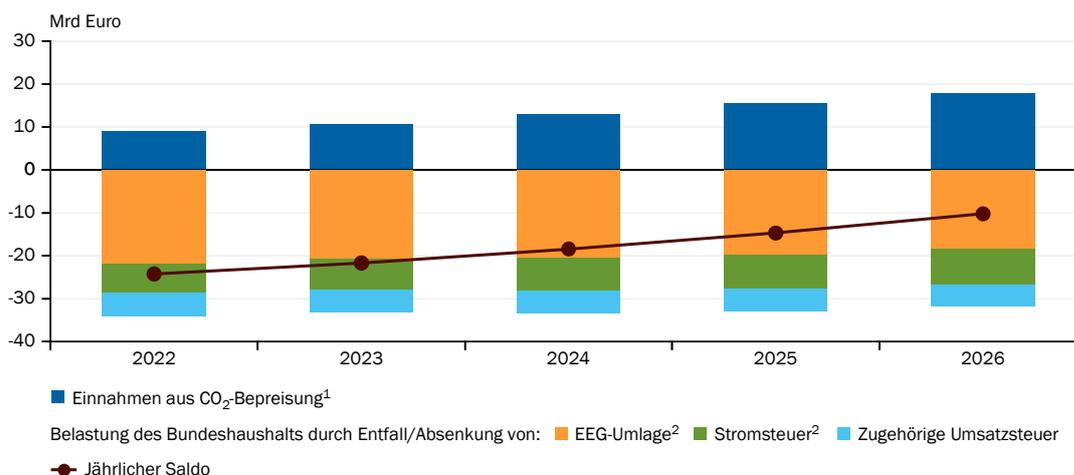
© Sachverständigenrat | 20-294

Durch die Stromsteuer fließen dem deutschen Staat im Jahr 2020 Einnahmen in Höhe von 6 Mrd Euro zu. Um die zukünftige **Entwicklung der Stromsteuereinnahmen** abzuschätzen, muss ein prognostizierter Stromverbrauch für die kommenden Jahre zugrunde gelegt werden. Hier wird, einer Prognose der Deutschen Energie-Agentur (dena, 2018b) folgend, die bereits Entwicklungen in den Bereichen Elektromobilität sowie Wärmepumpen berücksichtigt, eine Entwicklung der Bruttostromnachfrage unterstellt, die zu linear steigenden Einnahmen aus der Stromsteuer bis zum Jahr 2030 führen würde. Im Jahr 2026 dürften die Einnahmen etwa 8 Mrd Euro betragen. ▸ **ABBILDUNG 63**

- 398.** Eine Energiepreisreform, die für Haushalte und Unternehmen die EEG-Umlage auf null und die Stromsteuer auf das europäische Minimum reduziert, hätte – basierend auf dem prognostizierten Verlauf beider Größen – damit einen **Finanzaufwand von rund 29 Mrd Euro im Jahr 2022** zur Folge. Bis zum Jahr 2026 würde dieser auf etwa 27 Mrd Euro sinken. ▸ **ABBILDUNG 64** Zusätzlich würden jährlich Umsatzsteuereinnahmen im Umfang von 5 bis 6 Mrd Euro wegfallen. Reformüberlegungen, die nicht alle Abgaben vollständig senken, führen zu einem linear sinkenden Aufwand.
- 399.** Zentrales Finanzierungsinstrument für die Energiewende und den Klimaschutz in Deutschland ist der **Energie- und Klimafonds (EKF)**. ▸ **TABELLE 16** Mit dem Klimaschutzprogramm 2030 wurden dem EKF 38,9 Mrd Euro zur Verfügung gestellt. Mit dem im Juli 2020 beschlossenen Konjunkturpaket wurden weitere 26 Mrd Euro bewilligt (BMF, 2020). Haupteinnahmequelle des EKF sind bislang die Einnahmen aus dem EU-ETS. Ergänzend steht in den kommenden Jahren ein Bundeszuschuss in etwa gleicher Höhe zur Verfügung. Ab dem Jahr 2021 werden zusätzlich die Einnahmen aus dem nationalen Emissionshandelssystem, der Reform der Kfz-Steuer, der CO<sub>2</sub>-Differenzierung der LKW-Maut sowie der Erhöhung der Luftverkehrsteuer vollständig in den EKF fließen. Diese Einnahmen sol-

▸ ABBILDUNG 64

Fiskalische Gesamtwirkung von nationaler CO<sub>2</sub>-Bepreisung und Energiepreisreform



1 – Gemäß Regierungsentwurf des Finanzplans des Bundes für die Jahre 2022 bis 2024. Für die Jahre 2025 und 2026 berechnet unter der Annahme, dass die Einnahmen mit der Rate weiterwachsen, mit der sie in den Jahren 2023 und 2024 gewachsen sind. Es wird unterstellt, dass sich im Jahr 2026 der vorgesehene Höchstpreis von 65 Euro je Tonne CO<sub>2</sub> einstellt. 2 – Basierend auf einer Simulation über die zukünftige Entwicklung der EEG-Umlage und der Stromsteuer durch die Deutsche Energie-Agentur.

Quellen: BMF, dena (2020), eigene Berechnungen

© Sachverständigenrat | 20-540

len in den kommenden Jahren zur Finanzierung verschiedener Programmmaßnahmen, beispielsweise der Förderung von Elektromobilität, der energetischen Gebäudesanierung, der Absenkung der Mehrwertsteuer auf Bahnfahrkarten sowie der Unterstützung des öffentlichen Personennahverkehrs eingesetzt werden. Insgesamt sind im Jahr 2021 Programmausgaben in Höhe von 26,8 Mrd Euro geplant. Etwa 30 Mrd Euro sind bis zum Jahr 2024 für die Strompreisentlastung vorgesehen (Bundesrat, 2020).

400. Inwieweit sich die diskutierte **Energiepreisreform**, die eine gänzliche Abschaffung der EEG-Umlage und eine Absenkung der Stromsteuer auf den Mindestsatz vorsehen würde, **durch die Einnahmen des nationalen Emissionshandelssystems refinanzieren** ließe, hängt maßgeblich von der Höhe des CO<sub>2</sub>-Preises ab. Da dieser in den kommenden Jahren jährlich ansteigt, dürften in den ersten Jahren stetig steigende Einnahmen generiert werden. Das Bundesministerium der Finanzen (BMF, 2020) erwartet im kommenden Jahr Einnahmen aus der nationalen CO<sub>2</sub>-Bepreisung in Höhe von 7,4 Mrd Euro und einen Anstieg auf 12,9 Mrd Euro bis zum Jahr 2024. ▸ TABELLE 16 Steigen die Einnahmen aus der CO<sub>2</sub>-Bepreisung auch in den darauffolgenden Jahren mit einer vergleichbaren Rate, dürften sich im Jahr 2025 etwa 15,4 Mrd Euro und im Jahr 2026, unter Annahme eines Höchstpreises von 65 Euro je Tonne CO<sub>2</sub>, etwa Einnahmen von 17,8 Mrd Euro erzielen lassen. Insgesamt dürften die erzielten Einnahmen insbesondere mittel- bis langfristig jedoch stark davon abhängen, wie sich die Gesamtemissionen bis dahin entwickeln.
401. Um die Energiepreisreform teilweise zu refinanzieren, könnten die **Einnahmen des nationalen Emissionshandelssystems** verwendet werden. Dies könnte sogar einen positiven Signaleffekt haben: Die Mittelverwendung würde zeigen, dass die CO<sub>2</sub>-Bepreisung nicht der Aufkommensgenerierung dient, sondern direkt zurückverteilt wird (SG 2019 Ziffer 219). Dabei sind verschiedene Aspekte zu

bedenken. So sind die Einnahmen der nationalen CO<sub>2</sub>-Bepreisung bereits im EKF teilweise für andere Maßnahmen verplant. Die derzeit geplante Strompreisentlastung im EEG würde hingegen direkt zur Finanzierung der Energiepreisreform beitragen. [↘ TABELLE 16](#)

In den kommenden Jahren können die aus der nationalen CO<sub>2</sub>-Bepreisung resultierenden Einnahmen die diskutierte Energiepreisreform aber nur zum Teil gegenfinanzieren. Selbst wenn sämtliche Einnahmen der nationalen CO<sub>2</sub>-Bepreisung zur Finanzierung der Reform herangezogen würden, ergäbe sich bei einem CO<sub>2</sub>-Preis von 30 Euro je Tonne CO<sub>2</sub> im Jahr 2022 immer noch ein Fehlbetrag von etwa 24 Mrd Euro. Dieser ergibt sich aus der **Differenz zwischen den Einnahmen aus der CO<sub>2</sub>-Bepreisung** und dem durch die **Energiepreisreform** entfallenden Aufkommen der Stromsteuer und der EEG-Umlage sowie dem Aufkommen der Umsatzsteuer, das mit der Abschaffung der Stromabgaben und -umlagen entfallen würde. Zwar würde sich dieser Fehlbetrag aufgrund des anvisierten CO<sub>2</sub>-Preispfads und einer wahrscheinlich mit der Zeit sinkenden EEG-

[↘ TABELLE 16](#)

**Sondervermögen „Energie- und Klimafonds“<sup>1</sup>**

Mio Euro

	Soll 2020 <sup>2</sup>	RegE 2021	Finanzplan		
			2022	2023	2024
<b>Einnahmen insgesamt</b>	<b>35 024</b>	<b>42 669</b>	<b>30 878</b>	<b>22 058</b>	<b>20 854</b>
davon					
Erlöse aus dem EU-ETS	2 264	2 745	2 692	2 788	3 824
Erlöse aus der nationalen CO <sub>2</sub> -Bepreisung	-	7 413	8 971	10 540	12 938
Bundeszuweisungen	26 523	2 454	3 306	3 012	2 639
Entnahme aus Rücklage	6 237	30 057	15 910	5 718	1 453
<b>Ausgaben insgesamt</b>	<b>35 024</b>	<b>42 669</b>	<b>30 878</b>	<b>22 058</b>	<b>20 854</b>
davon					
Sektor Gebäude	3 549	6 007	5 611	5 210	4 659
Sektor Verkehr	1 856	5 544	6 426	5 756	5 253
Sektor Industrie	804	1 172	1 559	1 604	1 404
Sektor Energie	696	1 251	1 274	956	788
Sektor Landwirtschaft/Wald	70	180	192	216	215
Sektor Forschung und Innovation	156	196	236	241	241
Nationale Klimaschutzinitiative und andere Maßnahmen zum nationalen Klimaschutz	375	431	396	396	396
Querschnittsaufgabe Energieeffizienz	281	272	370	425	347
Strompreiskompensation (Industrie)	567	878	957	972	988
Strompreisentlastung (EEG)	-	10 800	8 070	4 770	6 523
Sonstiges	30	30	70	60	40
Zuführung an Rücklage	26 643	15 910	5 718	1 453	-

1 – Regierungsentwurf (RegE) des Finanzplans des Bundes für die Jahre 2020 bis 2024. Rundungsbedingte Abweichungen in den Summen.

2 – Angaben für 2020 einschließlich Nachtragshaushalte.

Quelle: Bundesrat (2020)

© Sachverständigenrat | 20-539

Umlage im Verlauf der kommenden Jahre reduzieren, dennoch wäre in den kommenden Jahren stets ein Fehlbetrag zu verzeichnen, der über andere Quellen gedeckt oder in Kauf genommen werden müsste. [↘ ABBILDUNG 64](#) Wollte man den durch die entfallenden Abgaben und Umlagen resultierenden Fehlbetrag vollständig über Einnahmen aus der nationalen CO<sub>2</sub>-Bepreisung decken, so dürfte im nationalen Emissionshandelssystem ein CO<sub>2</sub>-Preis von 90 Euro je Tonne CO<sub>2</sub> nötig sein. Ein solches Preisniveau wäre nach aktuellem Planungsstand frühestens ab dem Jahr 2027 möglich.

402. Als eine Option, zur Finanzierung beizutragen, könnte ein **nationaler CO<sub>2</sub>-Mindestpreis im EU-ETS** erwogen werden. Nach dem Vorbild des Vereinigten Königreichs könnte ein Mindestpreis für mehrere Jahre festgelegt und die Differenz zwischen dem Zertifikatspreis und dem Mindestpreisniveau als Klimawandelabgabe (Climate Change Levy) erhoben werden (Hirst und Keep, 2018; SG 2019 Ziffer 146). Vorausgesetzt rechtliche Bedenken können ausgeräumt werden (Büdenbender, 2019), könnte ein Mindestpreis die CO<sub>2</sub>-Preise zwischen EU-ETS und nationalem Emissionshandel ausgleichen. Zwar dürfte ein Mindestpreis im EU-ETS den Strompreis erhöhen und somit dem Effekt der diskutierten Energiepreisreform auf die Attraktivität der Sektorkopplung entgegenwirken. Allerdings könnten frühzeitig die verzerrenden Elemente von zwei parallelen Marktsystemen reduziert werden und dadurch die Etablierung einer sektorübergreifenden CO<sub>2</sub>-Bepreisung zu einem späteren Zeitpunkt erleichtern. Obwohl der Mindestpreis aufgrund eines möglichen **Wasserbetteffekts** (Edenhofer et al., 2019a) keine Wirkung auf die Gesamtemissionen der EU haben dürfte, könnte die Effizienz der deutschen Klimapolitik steigen.
403. Prinzipiell wäre es im nationalen Emissionshandelssystem möglich, von dem beschlossenen Preispfad abzuweichen, um früher ein CO<sub>2</sub>-Preisniveau zu erreichen, das die weitergehende **Gegenfinanzierung einer umfassenden Energiepreisreform** erlaubt. Dies würde Haushalte und Unternehmen im Bereich Verkehr und Wärme stärker als bisher geplant belasten. [↘ ZIFFERN 408 FF. UND 415 FF.](#) Zudem würde der steilere Preispfad die Akteure vor die Herausforderung stellen, schneller auf strombasierte Technologien umzusteigen, um die Preisanstiege fossiler Energieträger zu meiden und von den niedrigen Strompreisen zu profitieren. Trotz der Entlastung durch die Energiepreisreform könnte die Belastung als sozial unausgewogen wahrgenommen werden. Allerdings ist zu erwarten, dass stärkere Anreize an den Märkten dazu führen, dass klimafreundliche Handlungsoptionen den Haushalten und Unternehmen früher zur Verfügung stehen, da entsprechende Geschäftsmodelle schneller attraktiv werden.

Politisch stellt eine **Erhöhung des CO<sub>2</sub>-Preispfads** also eine **Herausforderung** dar, bei der die verschiedenen Konsequenzen und Chancen gegeneinander abgewogen werden müssen. Es lohnt sich daher, auch andere Optionen für die Finanzierung einer Energiepreisreform in den Blick zu nehmen.

404. Als weitere Möglichkeit, zur Finanzierung der Energiepreisreform beizutragen, könnten die Ausgaben des EKF an verschiedenen Stellen reduziert werden. Durch die Energiepreisreform könnten **kleinteilige Einzelmaßnahmen** in verschiedenen Sektoren **überflüssig** werden. Beispielsweise dürfte durch die Reform die

Attraktivität von Elektrofahrzeugen steigen. Andere Fördermaßnahmen, die darauf abzielen, Elektrofahrzeuge günstiger zu machen, könnten entsprechend reduziert werden, ohne die Elektrifizierung des Verkehrs zu verlangsamen. ↘ ZIFFER 451 Dies würde die Chance bieten, kleinteilige nationale Maßnahmen der Klimapolitik durch marktorientierte Mechanismen zu ersetzen, wo diese erfolgversprechender erscheinen. Die Kosten zur Erreichung der Klimaziele könnten so insgesamt gesenkt werden.

405. Zur teilweisen Gegenfinanzierung der diskutierten Energiepreisreform wäre außerdem die **Abschaffung** klimapolitisch problematischer Regelungen denkbar. Köder und Burger (2017) fassen in ihrem Bericht für das Umweltbundesamt Subventionen im Jahr 2012 in Höhe von rund 57 Mrd Euro zusammen, die sie als umweltschädlich einstufen. Es könnte über die Reduktion dieser Subventionen nachgedacht werden. Beispielsweise setzt die **Entfernungspauschale** einen fragwürdigen Anreiz, die Distanz zwischen Arbeits- und Wohnort auszuweiten (JG 2011 Ziffer 360; JG 2012 Ziffer 365; SG 2019 Ziffer 105). Gleichzeitig reduzierte sie das Aufkommen der Einkommensteuer im Jahr 2012 um rund 5,1 Mrd Euro (Köder und Burger, 2017). Das Klimaschutzprogramm 2030 weitet die Pauschale sogar noch aus, um Pendlerinnen und Pendler für steigende Kraftstoffpreise zu kompensieren. Nach wie vor werden zudem **privat genutzte Dienstwagen** gegenüber Privatwagen steuerlich begünstigt (JG 2011 Ziffer 358). Köder und Burger (2017) beziffern die kumulierte Entlastung durch dieses Dienstwagenprivileg auf mindestens 3,1 Mrd Euro im Jahr 2012.
406. Zu einem kleinen Teil könnte sich die Energiepreisreform selbst finanzieren. Der Ausgangspunkt dafür ist die **zunehmende Stromnachfrage**, die durch die Reform ausgelöst werden würde. ↘ ZIFFERN 476 FF. ANHANG Auf der einen Seite dürfte dies dazu führen, dass die Nachfrage nach Zertifikaten des EU-ETS steigt. Der daraus resultierende Preiseffekt bei den Zertifikaten dürfte **höhere öffentliche Einnahmen** erwarten lassen, die dem EKF zufließen würden. Auf der anderen Seite dürfte die zunehmende Stromnachfrage zu steigenden Börsenstrompreisen führen. Dies dürfte wiederum die Zahlungsverpflichtungen bei der Einspeisevergütung und dadurch die EEG-Umlage senken. Es ist jedoch offen, wie groß die beiden Effekte in der kurzen Frist sein können. Zudem kann die steigende Stromnachfrage einen gegenläufigen Effekt auf die Refinanzierung haben: Je mehr fossile Energieträger im Bereich Verkehr und Wärme durch Strom ersetzt werden, desto kleiner fallen die Einnahmen des nationalen Emissionshandels aus, die potenziell zur Refinanzierung genutzt werden können.
407. Sofern die genannten Möglichkeiten zur Refinanzierung bestmöglich ausgenutzt werden, aber eine vollständige Finanzierung dennoch nicht möglich ist, könnte die **Energiepreisreform zeitlich gestaffelt** umgesetzt werden, um den Refinanzierungsbedarf zu senken. Zu beachten ist dabei, dass mit der Reduktion der EEG-Umlage auf Null der Wegfall eines substanziellen Verwaltungsaufwands einhergeht, weshalb zunächst die EEG-Umlage in den Fokus gerückt werden sollte. Dazu könnten jedes Jahr die zur Verfügung stehenden Mittel als **Bundeszuschuss zum EEG-Konto** gewährt werden, um die EEG-Umlage für die Verbraucher schrittweise zu senken. Um die Planungssicherheit für Unternehmen

und Haushalte zu stärken und möglichst starke Anreize zu setzen, sollte zudem möglichst frühzeitig ein verlässlicher Pfad aufgezeigt werden.

### Effekte für Haushalte

408. Zur **Abschätzung der Auswirkungen eines CO<sub>2</sub>-Preises** auf die privaten Haushalte werden die Konsumdaten der Einkommens- und Verbrauchsstichprobe (EVS) 2018 sowie CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktoren für fossile Brennstoffe des Jahres 2018 des Umweltbundesamtes herangezogen. Ausgangspunkt ist die Annahme, dass die Ausgaben der Haushalte für Kraftstoffe und Heizenergie gemäß ihrem CO<sub>2</sub>-Ausstoß um den jeweils geltenden CO<sub>2</sub>-Preis verteuert werden. Datenbedingt sind die ermittelten Belastungen aber mit Unsicherheit behaftet (SG 2019 Kasten 3).

Das **nationale Emissionshandelssystem** dürfte mit unmittelbaren **Effekten für die Verbraucherpreise** im Bereich Heizenergie und Kraftstoffen einhergehen (Nöh et al., 2020). Die nachfolgenden Berechnungen vernachlässigen jedoch indirekte Effekte der CO<sub>2</sub>-Bepreisung auf Konsumgüter, die aufgrund von Vorleistungsbeziehungen resultieren können. Die Belastung privater Haushalte durch die CO<sub>2</sub>-Bepreisung dürfte deshalb unterschätzt werden.

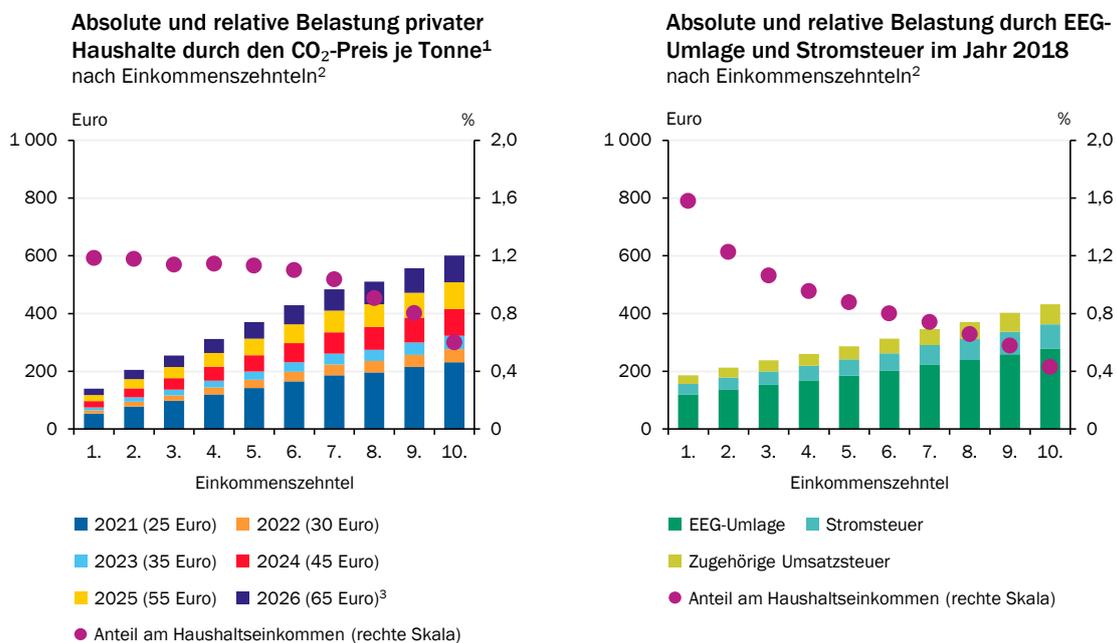
409. Für das Jahr 2021 ist unter **Annahme** eines Preises von 25 Euro je Tonne CO<sub>2</sub> und **vollständiger Kostenüberwälzung** mit Preisauflägen beispielsweise von knapp 6 Cent je Liter für Benzin und 7 Cent je Liter für Heizöl im Vergleich zum Jahr 2018 zu rechnen. Bei einem Preis von 65 Euro je Tonne CO<sub>2</sub>, was dem festgelegten Höchstpreis im Jahr 2026 entspricht, kann es im Vergleich zum Jahr 2018 zu Preiseffekten von bis zu 15,5 Cent je Liter (17 Cent je Liter) für Benzin (Heizöl) kommen.
410. Die Einführung eines CO<sub>2</sub>-Preises für die Sektoren Verkehr und Wärme dürfte insbesondere die Haushalte belasten, die bisher überdurchschnittlich stark fossile Energieträger verwenden. [↘ ABBILDUNG 65 LINKS](#) Indem sie ihr Verhalten entsprechend anpassen, haben Haushalte die Möglichkeit, ihre **individuelle Belastung** zu verringern. Dies gilt insbesondere dann, wenn der Preispfad für die Haushalte transparent und so mittelfristige Planungssicherheit gegeben ist. Dies könnte Entscheidungen für **Investitionen in langlebige Güter**, die statt fossiler Energieträger Strom als Energiequelle nutzen, stark beeinflussen.
411. Bei der Abschätzung der Entlastung der Haushalte durch den Wegfall der EEG-Umlage und die Reduktion der Stromsteuer auf den zulässigen Mindestsatz berücksichtigen die nachfolgenden Berechnungen die **direkte Entlastung der Haushalte** über den niedrigeren Strompreis. Die Berechnungen vernachlässigen hingegen die **indirekte Entlastung** der Haushalte über niedrigere Preise von Konsumgütern, die aus niedrigeren Strompreisen der Unternehmen resultieren. Die Entlastung privater Haushalte durch die Energiepreisreform dürfte deshalb unterschätzt werden.

Die **Abgabenbelastung** für private Haushalte ist **heterogen** (SG 2019 Ziffern 222 ff.). Haushalte höherer Einkommensgruppen haben einen größeren Stromverbrauch, ihre absolute Belastung ist dadurch höher. Relativ zum äquivalenzgewichteten Haushaltseinkommen sinkt jedoch die Belastung von Haushalten in höheren Einkommenszehnteln, da der Anteil anderer Konsumkategorien am Warenkorb zunimmt. Energiesteuern wirken also **regressiv**. [↪ ABBILDUNG 65 RECHTS](#)

412. Die Verteilungswirkungen von klimapolitischen Maßnahmen sind meist nur unter großer Unsicherheit zu quantifizieren. Um die Energiepreisreform und ihre Verteilungswirkung auf Haushalte vollständig zu bewerten, müssten der Reform die **Verteilungseffekte der Maßnahmen zur Gegenfinanzierung** gegenübergestellt werden. Allerdings erlaubt die Vielzahl der Einzelmaßnahmen keine umfassende Verteilungsrechnung. Daher wird im Folgenden die Gegenfinanzierung exemplarisch vollständig durch die nationale CO<sub>2</sub>-Bepreisung modelliert. Zudem wird aufgrund einer unzureichenden Datenbasis von den Be- und Entlastungen des Unternehmenssektors abstrahiert. [↪ ZIFFERN 415 F](#). Dadurch werden die indirekten Effekte aus der Überwälzung der Be- und Entlastung der Unternehmen auf die Haushalte nicht berücksichtigt. Unter diesen Annahmen lassen sich die Be- und Entlastungen der Haushalte für verschiedene Einkommenszehntel zumindest grob abschätzen.

↪ ABBILDUNG 65

**Be- und Entlastung durch das nationale Emissionshandelssystem und die Energiepreisreform für Haushalte**



1 – Grundlage der Berechnung sind die Ausgaben der privaten Haushalte für Kraftstoffe und Heizenergie in der Einkommens- und Verbrauchsstichprobe (EVS) 2018. Die Angaben für das Jahr 2021 zeigen den Preiseffekt im Vergleich zu diesem Basisjahr. Die Angaben für die Jahre ab 2022 zeigen jeweils die zusätzliche Belastung im Vergleich zum Vorjahr. 2 – Die EVS stellt ausschließlich die absoluten Ausgaben für Strom zur Verfügung. Es wird angenommen, dass alle Haushalte unabhängig von ihrer jährlichen Abnahmemenge 29,47 Cent je kWh im Jahr 2018 bezahlt haben. Gemäß Bundesnetzagentur entspricht dies dem durchschnittlichen Strompreis bei einer Abnahmemenge zwischen 2 500 und 5 000 kWh im Jahr zum Stichtag 1. April. Die EEG-Umlage betrug im Jahr 2018 6,79 Cent je kWh. 3 – Es wird unterstellt, dass sich im Jahr 2026 der vorgesehene Höchstpreis von 65 Euro je Tonne CO<sub>2</sub> einstellt. Es handelt sich hierbei somit um eine Obergrenze der Belastung.

Quellen: FDZ der Statistischen Ämter des Bundes und der Länder, Einkommens- und Verbrauchsstichprobe 2018 Grundfile 5 (HB), eigene Berechnungen

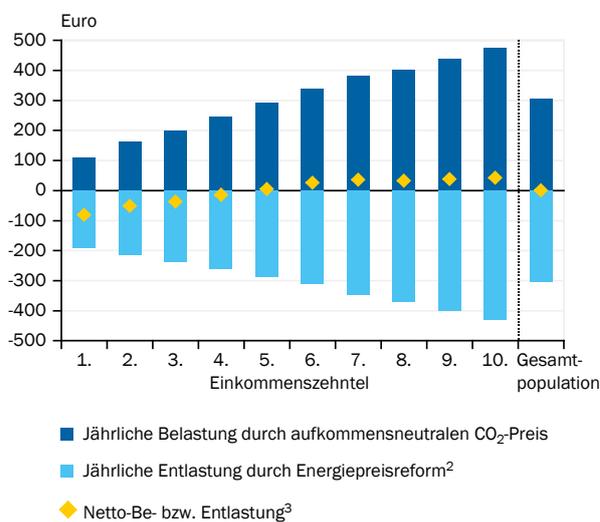
413. Betrachtet wird in einer Beispielrechnung [↘ ABBILDUNG 66 LINKS](#) auf der einen Seite die Entlastung der Haushalte durch Änderungen in ihren Strompreisen in Folge des **Wegfalls der EEG-Umlage und der Stromsteuersenkung**. Auf der anderen Seite steht die **Belastung der Haushalte durch die CO<sub>2</sub>-Bepreisung**. Dabei wird angenommen, dass die Ausgaben der Haushalte für Kraftstoffe und Heizenergie gemäß ihrem CO<sub>2</sub>-Ausstoß um den jeweils geltenden CO<sub>2</sub>-Preis verteuert werden. Vernachlässigt werden dagegen mögliche indirekte Effekte der sich ändernden Produktionskosten der Unternehmen auf andere Güter- und Dienstleistungspreise. [↘ ZIFFERN 415 F](#). Unter diesen Annahmen würde ein CO<sub>2</sub>-Preis von 51 Euro je Tonne CO<sub>2</sub> zu einer aggregierten Belastung der Haushalte von jährlich etwa 12 Mrd Euro führen. Dies entspricht den fiskalischen Kosten, die entstehen würden, wenn die Stromsteuer und die EEG-Umlage sowie die darauf anfallende Umsatzsteuer ausschließlich für Haushalte entfallen. Die Gesamteinnahmen aus dem nationalen Emissionshandel bei einem Preis von 51 Euro je Tonne CO<sub>2</sub> dürften deutlich höher liegen, da bei den Unternehmen weitere Emissionen dem CO<sub>2</sub>-Preis unterlägen.

Durch einen CO<sub>2</sub>-Preis von 51 Euro je Tonne CO<sub>2</sub> dürfte ein privater Haushalt im Durchschnitt mit etwa 300 Euro Mehrausgaben jährlich belastet werden. Die

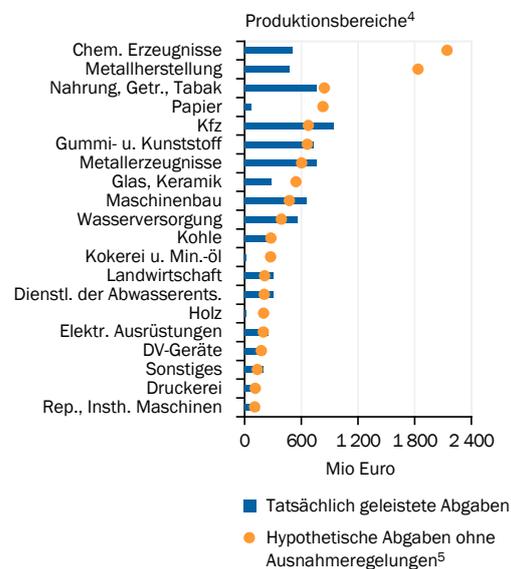
↘ ABBILDUNG 66

**Nettobelastung und -entlastung durch Energiepreisreform bei einem Preis von 51 Euro je Tonne CO<sub>2</sub>**

**Nettoentlastung für private Haushalte in den unteren Einkommenszehnteln<sup>1</sup>**



**Zusätzliche Entlastung vorwiegend in Sektoren, die bisher keine Vergünstigungen hatten im Jahr 2015**



1 – Aufkommensneutralität für Haushalte ist bei einem Preis von 51 Euro je Tonne CO<sub>2</sub> erreicht. 2 – Basierend auf den Ausgaben für Strom in der Einkommens- und Verbrauchsstichprobe (EVS) im Jahr 2018 sowie einer EEG-Umlage in demselben Jahr von 6,79 Cent je kWh. 3 – Gezeigt wird die Differenz zwischen der absoluten Entlastung durch eine Energiepreisreform, die die EEG-Umlage abschafft und die Stromsteuer auf den Mindestsatz senkt, und der absoluten Belastung durch einen Preis von 51 Euro je Tonne CO<sub>2</sub>. 4 – Gemäß der Güterklassifikation in Verbindung mit den Wirtschaftszweigen, Ausgabe 2008 (CPA 2008). 5 – Die EEG-Kosten werden im hypothetischen Szenario auf den gesamten Stromverbrauch, inklusive Eigenherzeugung und dem aktuell durch die besondere Ausgleichsregelung befreiten Verbrauch, umgelegt. Der resultierende hypothetische EEG-Umlagesatz beträgt dann 4,37 Cent je kWh. Die hypothetischen Kosten eines Produktionsbereichs ergeben sich aus dem Produkt des hypothetischen EEG-Umlagesatzes und des gesamten Stromverbrauchs des Produktionsbereichs.

Quellen: BMWi, FDZ der Statistischen Ämter des Bundes und der Länder, Einkommens- und Verbrauchsstichprobe 2018 Grundfile 5 (HB), Statistisches Bundesamt, UBA, eigene Berechnungen

durchschnittliche Entlastung dürfte ähnlich hoch ausfallen. Über die Einkommensverteilung hinweg wirkt die betrachtete **Energiepreisreform aber der regressiven Verteilungswirkung der CO<sub>2</sub>-Bepreisung entgegen**. So würden Haushalte der untersten vier Einkommenszehntel insgesamt entlastet, während Haushalte mit höheren äquivalenzgewichteten Einkommen eine Nettolast tragen würden. [↪ ABBILDUNG 66 LINKS](#) Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass eine Energiepreisreform, die durch die nationale CO<sub>2</sub>-Bepreisung im Haushaltssektor aufkommensneutral finanziert wird, sozial ausgewogen umgesetzt werden kann. Sollten darüber hinaus besonders belastete Haushalte zusätzliche Unterstützung benötigen, wären begleitende Maßnahmen angezeigt (SG 2019 Ziffern 245 ff.).

414. Die Energiepreisreform würde zudem Unternehmen entlasten. [↪ ZIFFER 416](#) Dieser Entlastung stünden Einnahmen aus dem nationalen Emissionshandel gegenüber, die aus der Bepreisung von weiteren Emissionen bei den Unternehmen resultieren. [↪ ZIFFER 415](#) Diese zusätzlichen Einnahmen wären jedoch nicht ausreichend, um die **Entlastung der Unternehmen** vollumfänglich zu finanzieren. Sollten die Gesamtkosten der Energiepreisreform allein über die CO<sub>2</sub>-Bepreisung refinanziert werden, so dürfte im nationalen Emissionshandelssystem ein CO<sub>2</sub>-Preis von 90 Euro je Tonne CO<sub>2</sub> nötig sein. [↪ ZIFFER 401](#)

Die steigende Abgabenlast durch CO<sub>2</sub>-Preise dürfte sich preisstärkend auswirken. Vor diesem Hintergrund könnte es vorteilhaft sein, die Energiepreisreform nicht ausschließlich über die Einnahmen aus der CO<sub>2</sub>-Bepreisung zu finanzieren, sondern alternative Finanzierungswege anzustreben, wie etwa die **Abschaffung** klimapolitisch problematischer Regelungen. [↪ ZIFFER 405](#) Bei der Erschließung solcher Finanzierungsquellen ist darauf zu achten, dass diese keine unerwünschten Verteilungseffekte auslösen.

### Effekte auf Unternehmen

415. Die **Bepreisung von CO<sub>2</sub> durch das BEHG** schließt prinzipiell alle Brennstoffe ein, die in den Verkehr gebracht werden. Da der Zweck des BEHG die Bepreisung der nicht im EU-ETS erfassten Emissionen ist, sollen Doppelerfassungen durch das BEHG und das EU-ETS gemäß § 7 BEHG vermieden werden. Demnach fällt für die dem EU-ETS unterliegenden Anlagen keine zusätzliche Belastung an. Da von den 184 Mio Tonnen CO<sub>2</sub>-Emissionen der Industrie im Jahr 2018 etwa 124 Mio Tonnen vom EU-ETS abgedeckt wurden, würden bei einer Bepreisung der CO<sub>2</sub>-Emissionen in Höhe von 25 Euro je Tonne CO<sub>2</sub> für die Industrie Zusatzkosten von rund 1,5 Mrd Euro entstehen. Für den GHD-Bereich, der im Jahr 2018 CO<sub>2</sub>-Emissionen von rund 120 Mio Tonnen verursachte, würden Zusatzkosten von knapp 3,0 Mrd Euro entstehen. Die aus diesen Bereichen zu erwartenden Einnahmen würden also bei konstanter Emissionsmenge im Jahr 2021 rund 4,5 Mrd Euro betragen, im Jahr 2026 bei einem Preis in Höhe von 65 Euro je Tonne CO<sub>2</sub> rund 11,6 Mrd Euro.
416. Durch eine Absenkung der **EEG-Umlage** sowie der **Stromsteuer** sinken die Kosten für Unternehmen in erheblichem Umfang. Rund 25 % (knapp 6 Mrd Euro) der EEG-Umlage wurden im Jahr 2020 von der Industrie und etwa 21 % (rund

5 Mrd Euro) vom GHD-Sektor gezahlt (BDEW, 2020). [↘ ABBILDUNG 63](#) Damit ergeben sich für Unternehmen durch die EEG-Umlage Kosten von rund 11 Mrd Euro. Zudem trugen die Unternehmen im Jahr 2018 rund 4,3 Mrd Euro zu den Stromsteuereinnahmen von 6,9 Mrd Euro bei. Eine Energiepreisreform, die für Unternehmen die Stromsteuer auf das europäische Minimum von 0,05 Cent je kWh reduziert und die Abgaben abschafft, würde die Kosten der Unternehmen also im Umfang von etwa 15 Mrd Euro pro Jahr senken.

- 417.** Für **stromkostenintensive Großverbraucher aus der Industrie** sowie **Eigenerzeuger** existieren **umfangreiche Ausnahmen** von der EEG-Umlage (§§ 60a ff. EEG 2017). Im Rahmen der besonderen Ausgleichsregelung zahlen Großverbraucher mit einem Jahresverbrauch von mehr als einer Gigawattstunde und einem Stromkostenanteil von mehr als 14 % der Bruttowertschöpfung eine reduzierte EEG-Umlage. Des Weiteren ist selbst verbrauchter Strom aus Eigenerzeugung für viele Anlagen von der EEG-Umlage ausgenommen. Durch diese Ausnahmen werden stromkostenintensive Industrien im Verhältnis zu ihrem Stromverbrauch gering belastet. Dies zeigt eine Gegenüberstellung der tatsächlichen Belastung der einzelnen Industrien mit einer hypothetischen Belastung bei Wegfall aller **Ausnahmeregelungen**. [↘ ABBILDUNG 66 RECHTS](#) In diesem Szenario würden die Belastungen durch das EEG auf alle Stromverbraucher – Unternehmen und Haushalte – gleichermaßen umgelegt, sodass die Umlage je kWh um etwa 29 % sinken würde. Die bislang nicht privilegierten Verbraucher würden entlastet. Allerdings müssen die Ausnahmen für energieintensive Unternehmen im Zusammenhang mit deren internationaler **Wettbewerbsfähigkeit** gesehen und beurteilt werden. [↘ ZIFFER 424](#)
- 418.** Im Rahmen der **Stromsteuer** gibt es ebenfalls **umfangreiche Ausnahmeregelungen** für Unternehmen des Produzierenden Gewerbes und der Land- und Forstwirtschaft (§§ 9 ff. StromStG). Im Vergleich zur EEG-Umlage ist der Kreis der begünstigten stromintensiven Unternehmen weiter gefasst. Ab einem Stromverbrauch von etwa 50 MWh wird die Stromsteuer um 25 % reduziert. Des Weiteren sind bestimmte stromintensive Prozesse von der Stromsteuer befreit. Unternehmen mit hohem Stromverbrauch werden zudem durch den Spitzenausgleich entlastet (§ 10 StromStG). Insgesamt beliefen sich diese Vergünstigungen laut Subventionsbericht der Bundesregierung im Jahr 2017 auf rund 3,3 Mrd Euro.

## 4. Green Finance

- 419.** Für die Transformation hin zu einer emissionsärmeren Wirtschaft werden signifikante private und öffentliche Investitionen notwendig sein. Dem Finanzsektor wird bei der **Finanzierung der globalen Investitionsbedarfe** im Rahmen der internationalen Klimapolitik und der **Lenkung von Kapitalflüssen hin zu nachhaltigen Investitionen** eine bedeutende Rolle zukommen. Der entscheidende Anreiz für private Investitionen geht von den Renditeaussichten aus. Diese werden auf unterschiedliche Weise von den Auswirkungen des Klimawandels und klimapolitischen Entscheidungen wie etwa der Einführung einer CO<sub>2</sub>-Bepreisung beeinflusst. Hinzu können Informationsasymmetrien kommen, die als Hürde für

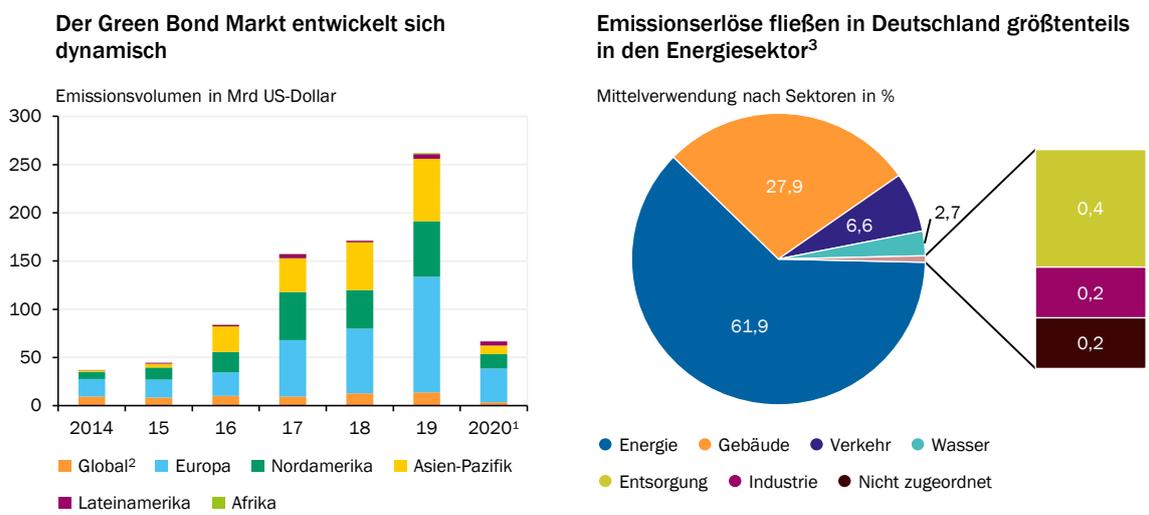
die ausreichende Mobilisierung von Kapital in nachhaltige Projekte wirken, da sie der korrekten Bepreisung von Risiken entgegenstehen können (Batten et al., 2016; Addoum et al., 2019; Hong et al., 2019; Liebich et al., 2020).

420. Das Angebot und die Nachfrage nach nachhaltigen Finanzanlagen haben in den vergangenen Jahren deutlich zugenommen. In Deutschland hat der **Markt für nachhaltige Finanzinstrumente** ein Volumen von 269,3 Mrd Euro (FNG, 2020), das sind rund 5,4 % des Gesamtfondsmarkts. Green Bonds sind Anleihen, deren Erlöse zweckgebunden für die Umsetzung von Umwelt- und Klimaschutzprojekten eingesetzt werden. Sie können durch Staaten oder durch Unternehmen platziert werden. Insbesondere bei Staaten ist jedoch unklar, wie die Zweckbindung sichergestellt werden kann (Liebich et al., 2020). Obwohl sie im Vergleich zu konventionellen Anlageformen nicht zwangsläufig eine Überrendite erzielen (Ibikunle und Steffen, 2017; Silva und Cortez, 2016), sind die **Neuemissionen oft mehrfach überzeichnet**. Im Jahr 2019 stieg das weltweite Emissionsvolumen auf 90 Mrd US-Dollar. Dies entspricht einem Anstieg von 53 % gegenüber dem Jahr 2018. [↪ ABBILDUNG 67 LINKS](#) Nichtsdestotrotz sind Green Bonds auf dem globalen Anleihenmarkt bislang ein Nischenprodukt. Der größte Anteil der Neuemissionen kam im Jahr 2019 aus Europa.

Deutschlands größter Emittent für Green Bonds ist die KfW Bankengruppe. Im September 2020 hat Deutschland erstmals eine grüne Bundesanleihe mit einem Gesamtvolumen von 6,5 Mrd Euro platziert (Deutsche Finanzagentur, 2020). Bei der **Mittelverwendung aus Green Bonds dominiert in Deutschland der Energiesektor** mit einem Anteil von 62 % (Liebich et al., 2020). [↪ ABBILDUNG 67 RECHTS](#) Etwa 28 % der Mittel fließen in den Gebäudesektor. Nur ein kleiner Teil der Mittel wird in Deutschland in den Transportsektor investiert (6,6 %).

↪ ABBILDUNG 67

**Emissionen von Green Bonds<sup>1</sup>**



1 – Stand: Mai 2020. 2 – Supranationale Organisationen. 3 – Zeitraum: Januar 2013 bis Mai 2020.

Quellen: Climate Bonds Initiative, eigene Berechnungen

421. Im Juli 2020 trat die EU-Taxonomie als Klassifikationssystem für nachhaltige Investitionen in Kraft. ↘ ZIFFER 364 Der **Aktionsplan der Europäischen Kommission für ein nachhaltiges Finanzsystem** sieht vor, dass zukünftig Standards und Labels für grüne Finanzprodukte auf der Taxonomie aufbauen. Dadurch sollen die Integrität des nachhaltigen Finanzmarkts geschützt und Informationsasymmetrien abgebaut werden, wodurch Anlegern der Zugang zu diesen Produkten erleichtert werden soll. Die EU-Taxonomie-Verordnung teilt Wirtschaftsaktivitäten in drei Kategorien ein und wird in Zukunft **europaweit einheitlich definieren, welche wirtschaftlichen Aktivitäten Anforderungen an Nachhaltigkeit erfüllen**. Emittenten sollen grundsätzlich bei allen Finanzprodukten offenlegen, inwiefern diese die Anforderungen der Taxonomie erfüllen. Dadurch müssen Emittenten künftig auch bei Produkten, die sie nicht als nachhaltig deklariert haben, darauf hinweisen, ob diese im Sinne der Taxonomie nachhaltig sind oder nicht.

Wirtschaftliche Aktivität, die als nachhaltig im Sinne der Taxonomie definiert wird, soll wesentlich zu mindestens einem der sechs in der Taxonomie definierten Umweltziele beitragen und gleichzeitig keines der Ziele erheblich beeinträchtigen. Für die **eindeutige Zertifizierung** von wirtschaftlicher Aktivität, die der Erreichung des zentralen klimapolitischen Ziels der EU und ihrer Mitgliedstaaten, der **Reduktion von CO<sub>2</sub>-Emissionen**, unmittelbar zuträglich sind, ist die Taxonomie in ihrer Ausgestaltung damit **nur bedingt geeignet**.

422. Auf Basis der Taxonomie könnten die Refinanzierungskosten für Unternehmen, deren wirtschaftliche Aktivitäten im Sinne des Klassifikationssystems nicht nachhaltig sind, potenziell steigen, wenn aufgrund einer Erwartung etwa strengerer Klimaschutzauflagen die Nachfrage nach grünen Investitionen höher ist. Dies könnte wiederum Anreize für die Unternehmen stärken, ihre Prozesse oder ihr Geschäftsmodell nachhaltiger auszugestalten. Deutsche Unternehmen sind nach Einschätzung von García et al. (2020) aktuell noch nicht ausreichend auf die Taxonomie vorbereitet. Detaillierte Beschlüsse zur Umsetzung der EU-Taxonomie werden erst sukzessive verabschiedet, sodass das Rahmenwerk voraussichtlich **erst im Jahr 2022 voll funktionsfähig** sein wird (EU TEG, 2020).
423. Darüber hinaus sind im Aktionsplan für ein nachhaltiges Finanzsystem verschiedene **Offenlegungspflichten** für Finanzmarktteilnehmerinnen und -teilnehmer im Zusammenhang mit nachhaltigen Anlagen und Nachhaltigkeitsrisiken vorgesehen. Die entsprechenden Informationen sind für die korrekte Bepreisung von Klimarisiken, insbesondere durch Ratingagenturen, als wesentlich zu erachten (Liebich et al., 2020).

## 5. Grenzausgleich

424. Im Rahmen des EU-ETS werden bei der Produktion in europäischen Industrieanlagen anfallende CO<sub>2</sub>-Emissionen bepreist. So müssen etwa Kraftwerksbetreiber und Chemieunternehmen für die CO<sub>2</sub>-Emissionen, die in ihren Anlagen gemessen werden, Zertifikate erwerben. Durch diesen **produktionsseitigen Ansatz**

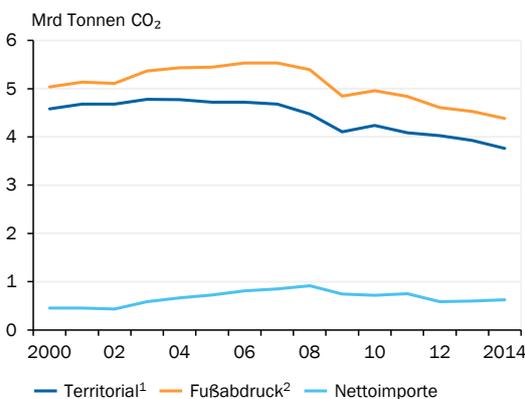
**in der CO<sub>2</sub>-Bepreisung** steigen die Kosten europäischer Industrieunternehmen relativ zu ausländischen, nicht vom EU-ETS betroffenen Unternehmen. Insbesondere in emissionsintensiven Industrien, deren Produkte global gehandelt werden, könnte dieser **Verlust der Wettbewerbsfähigkeit** zu einer Verlagerung der Produktion und somit der Emissionen außerhalb des EU-ETS Geltungsbereichs (**Carbon Leakage**) führen (SG 2019 Ziffern 183 ff.).

- 425. Auf aggregierter Ebene kann Carbon Leakage durch die unterschiedliche Entwicklung der territorialen CO<sub>2</sub>-Emissionen und des CO<sub>2</sub>-Fußabdrucks abgeschätzt werden. [↘ ABBILDUNG 68 LINKS](#) Der **CO<sub>2</sub>-Fußabdruck** des EU-ETS beinhaltet dabei die CO<sub>2</sub>-Emissionen, die bei der Produktion von im Geltungsbereich des EU-ETS verbrauchten Gütern entlang der gesamten Wertschöpfungskette anfallen. Die **territorialen Emissionen** beinhalten das bei Produktionsprozessen auf dem Gebiet der Staaten des EU-ETS emittierte CO<sub>2</sub>. Die Differenz zwischen beiden Maßen wird als CO<sub>2</sub>-Nettoimport bezeichnet. Insgesamt weisen die Staaten des EU-ETS seit jeher positive CO<sub>2</sub>-Nettoimporte auf.
- 426. Während die im Geltungsbereich des EU-ETS anfallenden Emissionen seit dessen Einführung im Jahr 2005 stetig gesunken sind, sind die **CO<sub>2</sub>-Nettoimporte nicht gefallen**. Dies könnte als ein Indiz für Carbon Leakage herangezogen werden. Allerdings ist in demselben Zeitraum die CO<sub>2</sub>-Intensität der Importe analog zur CO<sub>2</sub>-Intensität der Industrie im EU-ETS gesunken. [↘ ABBILDUNG 68 RECHTS](#) Die konstanten CO<sub>2</sub>-Nettoimporte sind also vornehmlich auf **gestiegene Handelsvolumina** zurückzuführen. Der Anstieg der Handelsvolumina dürfte unabhängig von der Einführung des EU-ETS mit handelspolitischen Veränderungen wie etwa dem WTO-Beitritt Chinas im Jahr 2002 zusammenhängen. Anhand einer ökonometrischen Analyse auf Industriebene zeigen Garnadt et al. (2020), dass die CO<sub>2</sub>-Importe aus Ländern ohne Emissionshandelssystem in Länder mit Emissionshandelssystem um 3 % höher sind als zwischen Ländern mit gleichen Systemen. Die analoge Analyse für Wertschöpfungsimporte zeigt, dass diese um

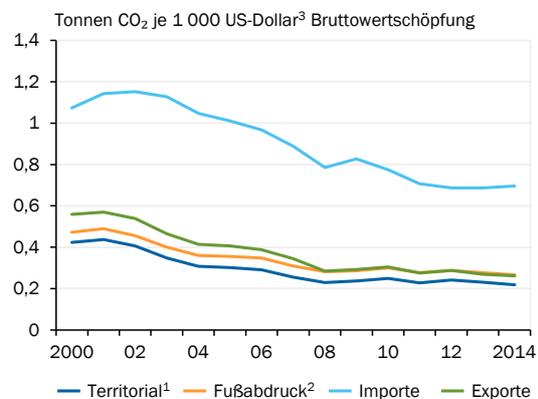
↘ ABBILDUNG 68

**EU-ETS – Territoriale CO<sub>2</sub>-Emissionen und CO<sub>2</sub>-Fußabdruck**

**CO<sub>2</sub>-Nettoimporte bleiben annähernd konstant**



**CO<sub>2</sub>-Intensität sinkt im Zeitverlauf**



1 – CO<sub>2</sub>-Emissionen, die bei der Produktion von Gütern in Staaten des EU-ETS anfallen, sowie direkte Emissionen der Haushalte. 2 – CO<sub>2</sub>-Emissionen, die bei der Produktion von Gütern anfallen, die in Staaten des EU-ETS in die Letztverwendung gelangen, sowie direkte Emissionen der Haushalte. 3 – In Preisen und Wechselkursen von 2015.

Quellen: EU Kommission, World Input Output Database, eigene Berechnungen

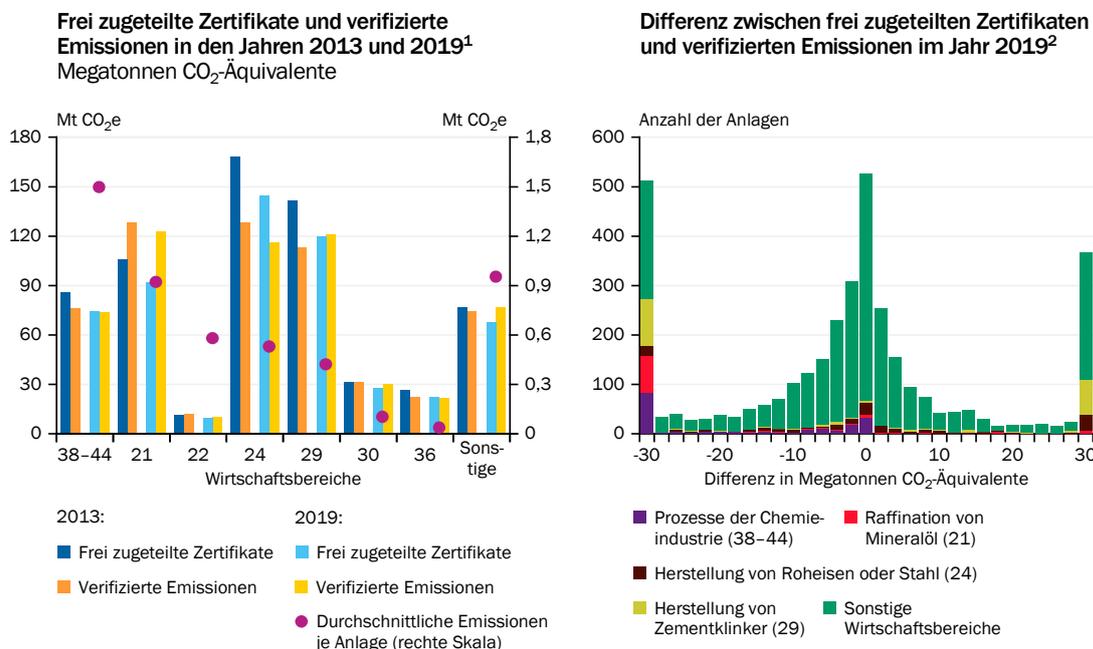
6 % sinken. Die niedrigeren Wertschöpfungsimporte könnten ein Indiz dafür sein, dass der **aktuell im EU-ETS implementierte Carbon Leakage-Schutz** durch freie Zuteilung von Zertifikaten an emissionsintensive und im internationalen Wettbewerb stehende Unternehmen **bislang funktioniert** hat.

427. Aktuell werden an Anlagen in bestimmten Industrien **Zertifikate frei zugeteilt** (Directive 2003/87/EC; SG 2019 Ziffern 185 ff.). Ein großer Teil dieser Zertifikate geht an den Luftverkehr und an die Verbrennung von Brennstoffen. Im Verarbeitenden Gewerbe geht ein Großteil in die Bereiche Erzeugung von Roheisen und Stahl, Kokerei und Mineralölverarbeitung sowie Herstellung von Zement, die in Deutschland zusammen 2,4 % der Bruttowertschöpfung zu Faktorkosten und 1,5 % der Beschäftigung im Verarbeitenden Gewerbe ausmachen. Daneben bezieht die chemische Industrie, die 7,4 % zur Bruttowertschöpfung zu Faktorkosten und 5,1 % zur Beschäftigung im Verarbeitenden Gewerbe beisteuert, einen substantziellen Anteil der frei zugeteilten Zertifikate. [ABBILDUNG 69 LINKS](#)

Die Anzahl der frei zugeteilten Zertifikate orientiert sich an einem Benchmarking-System, sodass einige Installationen mehr Zertifikate frei zugeteilt erhalten, als sie in dem Jahr benötigen. [ABBILDUNG 69 RECHTS](#) Das gilt im Aggregat insbesondere für den Stahl-Sektor. Zudem gibt es die Möglichkeit, dass Mitgliedstaaten stromintensive Unternehmen für steigende Strompreise teilweise kompensieren (SG 2019 Ziffer 189). Es bestehen jedoch Befürchtungen, dass der aktuelle **Carbon**

ABBILDUNG 69

Frei zugeteilte Zertifikate und verifizierte Emissionen im Verarbeitenden Gewerbe im EU-ETS



1 - Es werden nur Wirtschaftsbereiche berücksichtigt, die frei zugeteilte Zertifikate bekommen haben und gemäß der Kodierung der Aktivitäten, die ab 2013 gilt, dem Verarbeitenden Gewerbe angehören. 38-44-Herstellung von Salpetersäure, Adipinsäure, Glyoxal und Glyoxalsäure, Ammoniak, Massenchemikalien, Wasserstoff und Synthesegas, Soda und Natriumcarbonat, 21-Raffination von Mineralöl, 22-Herstellung von Koks, 24-Herstellung von Roheisen oder Stahl, 29-Herstellung von Zementklinker, 30- Herstellung von Kalk oder Kalzinierung von Dolomit/Magnesit, 36-Herstellung von Papier und Karton, Sonstige-Herstellung von Glas, Keramik, Primäraluminium, Zellstoff, Mineralwolle, Industrieruß, Gips oder Gipskarton, Sekundäraluminium, Herstellung und Verarbeitung von Eisenmetallen und Nicht-Eisenmetallen; Rösten oder Sintern von Metallerzen; Andere Aktivität, die unter Art. 24 Directive 2003/87/EC fällt. 2 - Anlagen, die im Datensatz nach der alten Klassifizierung vor 2013 den dargestellten Kategorien zugeordnet wurden, wurden wie von der Europäischen Umweltagentur für Emissionen aus dem Jahr 2017 dargestellten Kategorien zugeordnet.

Quellen: Europäische Kommission, Europäische Umweltagentur, eigene Berechnungen

**Leakage-Schutz** mit sinkender Zertifikatmenge und zu erwartenden steigenden Zertifikatspreisen nicht mehr ausreichen könnte. Zudem wurde der Anteil der frei zugeteilten Zertifikate und der Industrien auf der Carbon Leakage Liste für die vierte Handelsperiode des EU-ETS im Zeitraum von 2021 bis 2030 reduziert (SG 2019 Ziffer 186). Gleichzeitig besteht die Möglichkeit, durch komplementäre Maßnahmen die CO<sub>2</sub>-Emissionen der Industrie schneller zu reduzieren. [↘ ZIFFER 433](#)

428. Um Carbon Leakage zu verhindern, wurde auf Initiative der deutschen und französischen Regierungen im Sommer 2020 der politische Prozess zur Ausarbeitung eines **CO<sub>2</sub>-Grenzausgleichs** angestoßen. Zudem wird er in der Einigung des Europäischen Rates vom Juli 2020 als mögliche zukünftige Einnahmequelle für den EU-Haushalt aufgeführt. Bei einem Grenzausgleich müssten Importeure eine dem **CO<sub>2</sub>-Fußabdruck** der **Importgüter** entsprechende Menge an Zertifikaten erwerben. Exporteure würden eine dem CO<sub>2</sub>-Fußabdruck der **Exportgüter** entsprechende Menge erhalten. Wenn der CO<sub>2</sub>-Fußabdruck aller Güter genau gemessen werden könnte, würde dieser Mechanismus einen Übergang von produktionsseitiger Bepreisung zu verbrauchsseitiger Bepreisung des CO<sub>2</sub>-Fußabdrucks der im Geltungsbereich des EU-ETS verbrauchten Güter darstellen. Analog zur Mehrwertsteuer würden durch einen solchen Mechanismus Wettbewerbsverzerrungen zwischen Produzenten im EU-ETS und solchen außerhalb des EU-ETS vermieden. Ein Übergang zu verbrauchsseitiger Bepreisung könnte ebenfalls durch eine **Besteuerung des CO<sub>2</sub>-Fußabdrucks** aller Güter bei gleichzeitiger Ausweitung der freien Zuteilung von Zertifikaten erreicht werden. Wenn Steuersätze und Zuteilungsmengen richtig gewählt werden, stellt dies eine theoretisch äquivalente Alternative zum CO<sub>2</sub>-Grenzausgleich dar (Böhringer et al., 2017).
429. Der Übergang zu einer **verbrauchsseitigen Bepreisung** ist im Fall des CO<sub>2</sub>-Grenzausgleichs sowie im Fall der Besteuerung des CO<sub>2</sub>-Fußabdrucks mit gleichzeitiger Subventionierung inländischer Produzenten **jedoch mit Problemen behaftet**. Für beide Maßnahmen stellt sich die **Messung des CO<sub>2</sub>-Fußabdrucks** einzelner Güter als große Herausforderung dar, da die gesamten in der Wertschöpfungskette des Gutes anfallenden CO<sub>2</sub>-Emissionen berücksichtigt werden müssen. Die Verwendung von Benchmarks ist ebenfalls problematisch (Droege und Fischer, 2020). So kann etwa für die meisten Produkte nicht auf die für den aktuellen produktionsseitigen Ausgleichsmechanismus der freien Zuteilung genutzten Benchmarks zurückgegriffen werden. Diese messen nämlich nur die direkten, in der Produktion anfallenden CO<sub>2</sub>-Emissionen, die sich stark vom CO<sub>2</sub>-Fußabdruck der Produkte unterscheiden können. Darüber hinaus ist ein vollständiger Grenzausgleich mit einem umfangreichen bürokratischen Aufwand verbunden. Vor diesem Hintergrund wäre für den Fall, dass ein Grenzausgleich in Zukunft erwogen würde, die Beschränkung auf emissions- und handelsintensive Industrien vorzuziehen.
430. Darüber hinaus bestünden **weitere maßnahmenspezifische Herausforderungen**. Die Besteuerung des CO<sub>2</sub>-Fußabdrucks würde die Einführung einer EU-weiten oder einer europäisch harmonisierten Steuer erfordern. Zudem müsste die Steuer regelmäßig angepasst werden, um mit der Reduktion der Zertifikatmenge

in Einklang zu stehen. Für die Einführung und jede Anpassung einer solchen Steuer wäre ein einstimmiger Beschluss aller Mitgliedstaaten notwendig.

431. Ein CO<sub>2</sub>-Grenzausgleich, der nach Ländern und Gütern unterschiedliche, an den CO<sub>2</sub>-Gehalt je Euro gekoppelte ad valorem Abgaben implementiert, könnte außerdem handelsrechtlich problematisch sein, da diese dem Meistbegünstigungsprinzip entgegenstehen könnten. Eine Kompensation von durch eine CO<sub>2</sub>-Bepreisung entstehenden Wettbewerbsnachteilen durch einen Grenzausgleich dürfte nicht WTO-konform sein, während die Motivation des Klimaschutzes Möglichkeiten zur Bepreisung von Emissionen eröffnen könnte (Dröge et al., 2018). Selbst wenn keine Verletzung des Meistbegünstigungsprinzips vorliegt, könnte ein unilateral eingeführter **Grenzausgleich von Handelspartnern als protektionistische Maßnahme gewertet** werden und zu Gegenmaßnahmen führen. Als in den USA im Jahr 2017 über die Einführung eines generellen Grenzausgleichs im Zusammenhang mit der Destination Based Cash Flow Tax diskutiert wurde, hatten die EU und andere Handelspartner nach Medienberichten bereits eine Klage vor der WTO vorbereitet (Donnan et al., 2017). Für Deutschland als exportorientiertes Land kann ein Handelskonflikt insbesondere mit den USA als wichtigem Exportland mit einem signifikanten Verlust an Wertschöpfung einhergehen. Der Schaden aus einem unilateral eingeführten Grenzausgleich kann daher dessen Nutzen übersteigen. Vor diesem Hintergrund ist das Risiko eines Verlusts von Wertschöpfung aufgrund von Handelsbarrieren gegen das Risiko des Verlusts von Wertschöpfung durch Carbon Leakage abzuwägen.
432. Die Gefahr von Handelskonflikten hängt maßgeblich von der Ausgestaltung der Mechanismen und von globalen politischen Entwicklungen ab. Während das Risiko von handelspolitischen Gegenmaßnahmen bei einem unilateralen Vorgehen seitens der EU hoch sein dürfte, so ließe sich dies durch ein **abgestimmtes multilaterales Vorgehen in Kooperation mit wichtigen Handelspartnern** deutlich verringern. Viele Staaten weltweit, darunter China, Japan, Kanada, Mexiko und die Republik Korea, sowie einige US-Bundesstaaten haben schon heute einen CO<sub>2</sub>-Preis etabliert oder dessen Implementierung auf den Weg gebracht, wenngleich teils auf niedrigerem Niveau als das EU-ETS (Weltbank, 2020). Unter der Voraussetzung, dass die wichtigsten Handelspartner einem gemeinsamen Vorgehen zustimmen und gegenseitig im Herkunftsland bereits gezahlte Emissionspreise angerechnet werden, könnte mithilfe von **aufeinander abgestimmten Grenzausgleichssystemen** die Idee eines **Klimaklubs realisiert werden** (Nordhaus, 2015; SG 2019 Ziffer 43), der Fortschritte in Richtung einer weltweiten Emissionsbepreisung ermöglicht. Die erzielten Einnahmen des CO<sub>2</sub>-Grenzausgleichs müssten nicht zwingend den Mitgliedstaaten zufließen, sondern könnten als Transferleistungen für Schwellenländer verwendet werden, um ihnen auf der einen Seite den Beitritt zum Klimaklub attraktiver zu machen und ihnen auf der anderen Seite die Transformation zur Klimaneutralität zu erleichtern.

## IV. KOMPLEMENTÄRE MASSNAHMEN

433. Ein **einheitlicher CO<sub>2</sub>-Preis** ist einem kleinteiligen Vorgehen, das versucht, mit **Einzelmaßnahmen** Erfolge zu erzielen, grundsätzlich **überlegen**. Es dürfte jedoch aus unterschiedlichen Gründen nicht möglich sein, den CO<sub>2</sub>-Preis rasch auf das Niveau anzuheben, das für die Erreichung der Emissionsziele notwendig wäre. Selbst in einem optimalen CO<sub>2</sub>-Bepreisungssystem kann der unbekannte Preispfad ein Investitionshemmnis darstellen. In der kurzen Frist können Mindestpreise im CO<sub>2</sub>-Handel die Unsicherheit adressieren. Für den langen Zeithorizont, der für die strategische Ausrichtung von Unternehmen entscheidend ist, werden durch den Mindestpreis aber nur bedingt Signale gesetzt. Nicht zuletzt dürften Marktunvollkommenheiten dazu führen, dass die Wirkung des CO<sub>2</sub>-Preises bei der Koordination und somit bei der Emissionsreduktion eingeschränkt wird. Begleitende Maßnahmen zur effizienten Erreichung der CO<sub>2</sub>-Neutralität können daher notwendig werden (Stiglitz et al., 2017; Edenhofer et al., 2019a; Stiglitz, 2019; SG 2019 Ziffern 245 ff.).
434. **Komplementäre Maßnahmen** können Forschungsanreize stärken oder die Diffusion neuer Technologien erleichtern. Dadurch können die **Substitutionsmöglichkeiten** von CO<sub>2</sub>-intensiven zu CO<sub>2</sub>-armen Gütern erhöht werden. Ein Anstieg des CO<sub>2</sub>-Preises würde dann in einer stärkeren Anpassungsreaktion münden (Mattauch et al., 2015). Öffentliche Investitionen, beispielsweise bei Transportinfrastrukturen, können eine Technologieentscheidung herbeiführen. Dies vermeidet ineffiziente Doppelstrukturen und kann für Haushalte, Unternehmen oder Investoren die Unsicherheit über den Technologiepfad reduzieren. Gleichzeitig besteht die Gefahr, dass die Politik eine inferiore Technologie begünstigt.
435. Die Ausgestaltung begleitender Maßnahmen ist von zentraler Bedeutung für deren Wirksamkeit. Diese sollten stets hinsichtlich ihrer Effektivität und Effizienz bewertet werden. Nur dann kann sichergestellt werden, dass die gesamtwirtschaftlichen Kosten zur Erreichung der Klimaziele so niedrig wie möglich ausfallen. Obwohl die europäischen Emissionsreduktionsziele der Maßstab der Klimapolitik sein müssen (SG 2019 Ziffer 54), können sektorspezifische Ziele im Übergang zu einer sektorübergreifenden CO<sub>2</sub>-Bepreisung der Operationalisierung der Klimapolitik dienen. ↘ ZIFFER 365 Derartige Ziele sollten jedoch nicht als Begründung herangezogen werden, besonders aufwendige oder kostspielige Maßnahmen durchzuführen.

### 1. Strukturen für Forschung und Fachkräfte

436. Obwohl der CO<sub>2</sub>-Preis privatwirtschaftliche Anreize setzt, in Forschung und Entwicklung CO<sub>2</sub>-ärmerer Technologien zu investieren, dürfte das Forschungsniveau aufgrund positiver Wissensexternalitäten ohne staatliche Förderung ineffizient niedrig ausfallen. ↘ ZIFFERN 491 FF.

Die Förderung der Grundlagenforschung in Europa und Deutschland ist bereits sehr umfassend (JG 2019 Ziffern 291 ff.). Die besondere Bedeutung der Erreichung der Treibhausgasneutralität könnte im Sinne einer missionsorientierten Industriepolitik eine **stärkere Gewichtung** der Forschungsförderung auf den Bereich nachhaltiger Technologien begründen (JG 2019 Ziffern 298 ff.). Da im Rahmen der Sektorkopplung die Erzeugung von Energie aus erneuerbaren Quellen und deren effiziente Nutzung in vielfältigen Anwendungsfeldern eine zentrale Rolle bei der Erreichung der Treibhausgasneutralität einnehmen dürften, kann ein besonderer Fokus auf die Forschung zu Technologien zur Erreichung der Klimaneutralität gelegt werden. Um diese effizient zu gestalten, sollten innerhalb dieses Forschungsspektrums technologieneutrale und regelmäßig evaluierte Forschungsstrukturen sichergestellt werden (JG 2019 Ziffer 251).

### Forschungsstrukturen

437. Derzeit gibt es eine **Vielzahl an Förderstrukturen** auf deutscher und europäischer Ebene. Die deutsche Förderung für Energieforschung wird maßgeblich über das Energieforschungsprogramm der Bundesregierung koordiniert. Die Förderung im **7. Energieforschungsprogramm** der Bundesregierung für die Jahre 2018 bis 2022 beträgt knapp 1,3 Mrd Euro je Jahr und wird als direkte Projektförderung sowie als institutionelle Förderung der Helmholtz-Gemeinschaft vergeben. Die direkte Projektförderung wird für die Grundlagenforschung durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) und für die angewandte Forschung durch das BMWi sowie das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) vergeben. Förderanträge werden je nach Forschungsbereich von unterschiedlichen Projektträgern geprüft und administriert, die eigentliche Vergabeentscheidung liegt jedoch bei den Bundesressorts.
438. Ein neues Element des 7. Energieforschungsprogramms sind **Reallabore**, die in der Reallaborstrategie des BMWi aus dem Jahr 2018 als **zeitlich befristete und räumlich abgegrenzte Experimentierräume** angelegt sind (BMWi, 2018, 2019; JG 2019 Ziffer 358). Im Rahmen der Energieforschung sollen Reallabore insbesondere dazu genutzt werden, das Zusammenspiel verschiedener neuer Technologien aufseiten der Energieerzeuger und -verbraucher unter realitätsnahen Bedingungen zu testen. Des Weiteren sollen neue Regulierungsoptionen erprobt und Erfahrungen gesammelt werden, aber gleichzeitig durch räumliche Eingrenzung des Experimentierraums das Risiko für die Gesellschaft begrenzt bleiben. Reallabore sind allerdings nur dann erfolgversprechend, wenn die Rahmenbedingungen nach Ablauf der Experimentierklauseln eine rentable Weiterführung der Projekte ermöglichen. Reallabore werden teilweise als Instrument der Regionalpolitik genutzt. So wurde in jeder Braunkohleregion mindestens ein Reallabor der Energiewende bewilligt.
439. Aufgrund des Querschnittscharakters von Energietechnologien sind **Forschungscluster**, die **Akteure entlang der gesamten Wertschöpfungskette** miteinander vernetzen, eine Möglichkeit der anwendungsnahen Forschungsförderung (JG 2019 Ziffern 345 ff.). Die Förderung von Clustern zielt auf die Schaffung von Agglomerationsexternalitäten ab und soll helfen, innovative

Unternehmen und hochqualifizierte Arbeitskräfte zu attrahieren. Staatliche Clusterförderung kann insbesondere in der Anfangsphase des Markthochlaufs von Technologiefeldern, etwa bei der Koordination von Akteuren, einen Impuls geben (EFI, 2015). Nach dieser anfänglichen Förderung sollten erfolgreiche Cluster jedoch ohne weitere staatliche Unterstützung auskommen. Evaluationen staatlicher Clusterinitiativen in Deutschland haben temporär geringe positive Effekte auf die Innovationsaktivität verbundener Unternehmen nachweisen können. Langfristige positive Effekte über den Zeitraum der **Clusterförderung** hinaus konnten dagegen bislang nicht nachgewiesen werden (Brenner et al., 2013; Engel et al., 2013). Wie bei anderen industriepolitischen Maßnahmen ist bei der Clusterförderung ein technologieoffener, wettbewerblicher Prozess in der Clusterwahl sowie eine regelmäßige Evaluierung der Förderung für eine effektive Förderpolitik wichtig. Zudem sollten Cluster auf bestehenden Stärken und Transformationschancen aufbauen.

440. Auf **europäischer Ebene** hat die Energieforschung im Rahmen der Forschungsstrategien „Horizont 2020“ und „Horizont Europa“ sowie des European Green Deal einen hohen Stellenwert. So werden 35 % der über „Horizont Europa“ vergebenen Mittel für Projekte verwendet, die zur Erreichung der Klimaziele beitragen sollen. Ein wichtiges Förderinstrument sind **Important Projects of Common European Interest (IPCEI)** als beihilferechtliche Regelung, um Vorhaben, die einen wichtigen Beitrag zu den Zielen der EU leisten, staatlich fördern zu können (Europäische Kommission, 2014). Damit können insbesondere anwendungsnahe Vorhaben gefördert werden, die einen Beitrag zur Europäischen Strategie für Schlüsseltechnologien, der Europäischen Energiestrategie oder der Digitalen Agenda für Europa leisten.

Bisher wurden zwei IPCEI bewilligt. Weitere, beispielsweise für Wasserstoff, befinden sich in der Planung. In die bestehenden IPCEI sind KMU und Großunternehmen eingebunden. Allerdings ist der Anteil von Unternehmen, die in den vergangenen zehn Jahren gegründet wurden, relativ klein. Insbesondere im Hinblick auf das Ziel der Innovationsförderung wäre eine stärkere Beteiligung von jungen Unternehmen wünschenswert.

441. Ein Hindernis für junge Unternehmen bei der Antragstellung von Fördermitteln scheint die **Bonitätsprüfung** zu sein, die bei Forschungsförderanträgen durch den Projektträger vorgenommen wird. Grundsätzlich ist es zielführend, die asymmetrische Information zwischen den Unternehmen und den Projektträgern durch eine solche Überprüfung zu reduzieren. Werden durch die Prüfung jedoch **zu große Hürden** aufgebaut, können Potenziale verloren gehen. Bei den Antragsverfahren ist größtmögliche Transparenz geboten. Eine Vereinheitlichung der Verfahren innerhalb Deutschlands könnte zudem den Aufwand bei Projektträgern und Unternehmen reduzieren.

### Der Bedarf an Fachkräften verändert sich

442. Mit neuen Technologien ändern sich die **Anforderungen an Qualifikationen** und Kompetenzen von Arbeitskräften. Um den **Fachkräftebedarf in nachhaltigen Technologiefeldern** langfristig decken zu können, ist es daher zentral,

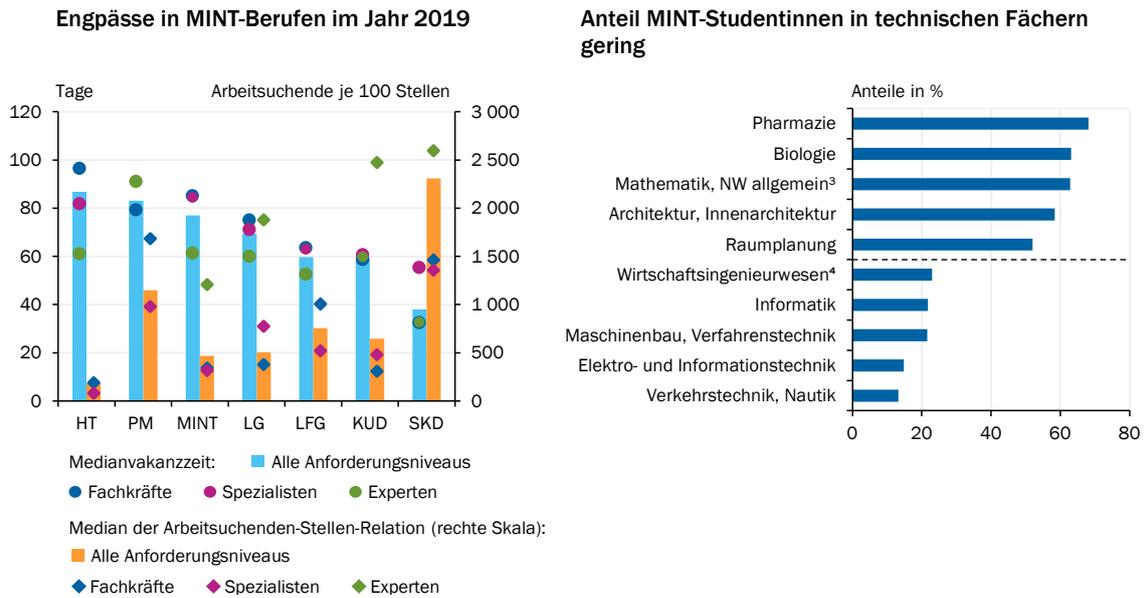
die Ausbildung zu fördern und frühzeitig entsprechende Forschungsstrukturen aufzubauen. Um neue Studiengänge zu etablieren, bedarf es einer langen Vorlaufzeit. Forschende müssen berufen und Studiengänge aufgebaut werden. Ebenso sind eine **Modernisierung der Ausbildungsberufe** und eine Neugestaltung der Lehrpläne wichtig, um die notwendigen Qualifikationen vermitteln zu können.

**Weiterbildung** kann überdies Fachkräften die Möglichkeit bieten, ihre Kenntnisse um neue Technologiefelder zu erweitern. Dies kann zur Beschleunigung des Ausbaus von nachhaltigen Technologien beitragen. Informations- und Beratungsangebote in Ausbildungsgängen können dazu genutzt werden, um über neue Technologien und Anwendungen zu informieren und damit Berufsbereiche für die zukünftige Rolle von Innovationen in ihrem Anwendungsfeld zu sensibilisieren. [↘ ZIFFER 214](#)

443. Bereits im vergangenen Jahr konnte in den MINT-Berufen ein Fachkräftengpass konstatiert werden. Laut der Bundesagentur für Arbeit (BA) betrug der Median der Arbeitslosen-Stellen-Relation in den MINT-Berufen im Jahr 2019 rund 467 Arbeitslose auf 100 gemeldete sozialversicherungspflichtige Stellen, was im Vergleich zu anderen Berufsgruppen ein niedriger Wert ist. [↘ ABBILDUNG 70 LINKS](#) Dieser Engpassindikator deutet zudem darauf hin, dass insbesondere bei Experten **Engpässe in MINT-Berufen** bestehen. Im Vergleich zu Spezialisten und Experten wiesen Fachkräfte in MINT-Berufen zudem mit rund 85 Tagen die höchste Medianvakanzzzeit, also der Zeitspanne zwischen dem gewünschten Besetzungstermin und der Abmeldung der Stelle, auf. Relativ zu anderen Berufsfeldern wie beispielsweise dem Hoch- und Tiefbau besteht überdies ein höherer Bedarf an Spezialistinnen und Spezialisten in den MINT-Berufen. [↘ ABBILDUNG 70 LINKS](#) Bei Spezialistinnen und Spezialisten entfallen von 47 identifizierten Engpassberufen 41 auf den MINT-Bereich. Bei den Expertinnen und Experten sind 22 von 40 Engpassberufen aus dem MINT-Bereich.
444. Um den Fachkräftebedarf in Zukunft zu decken, könnten gezielte Maßnahmen zur Förderung von **Frauen in MINT-Fächern** bereits in der schulischen Bildung beitragen. Insbesondere in der Informatik und im Maschinenbau sowie der Verfahrenstechnik fiel der Anteil von Studentinnen im Wintersemester 2019/20 mit rund 22 % gering aus. [↘ ABBILDUNG 70 RECHTS](#) Empirische Studien zur **Studienfächerwahl** zeigen, dass Geschlechterstereotypen in Schulen langfristige Auswirkungen auf die Berufswahl und Einschreibung von **Frauen in MINT-Kursen** an Hochschulen haben können (Lavy, 2008; Alan et al., 2018; Lavy und Sand, 2018; Carlana, 2019). Der Abbau von Zugangshürden für Mädchen und Frauen in MINT-Fächern sollte schon in der Schulphase ansetzen, um **Chancengleichheit im Bildungssystem zu fördern** und etwaige Stereotypen in diesen Fächern zu reduzieren. Hier sollte bereits während der Lehramtsausbildung angesetzt werden, um über die Auswirkungen von geschlechterstereotypen Zuschreibungen zu informieren. Darauf aufbauend sollten Fähigkeiten vermittelt werden, die dieses Verhalten hinterfragen, damit neue gendersensible Methoden sowie Lehrkonzepte angewandt werden können.

↳ **ABBILDUNG 70**

**Engpassindikatoren nach Berufsgruppen<sup>1</sup> und Studentinnen in MINT-Fächern<sup>2</sup>**



1 – Abgeschlossene Medianvakanzzeit in Tagen und Median der Arbeitsuchenden-Stellen-Relation. HT-Hoch- und Tiefbauberufe, PM-Produktdesign und kunsthandwerk. Berufe, bildende Kunst, Musikinstrumentenbau, MINT-MINT-Berufe, LG-Lebensmittel- und Gastgewerbeberufe, LFG-Land-, Forst- und Gartenbauberufe, KUD-Kaufmännische und unternehmensbezogene Dienstleistungsberufe, SKD-Soziale und kulturelle Dienstleistungsberufe. 2 – Dargestellt werden die 5 größten und 5 kleinsten Anteile der Studentinnen an allen Studierenden im Wintersemester 2019/2020 nach Fächergruppen. 3 – NW-Naturwissenschaften. 4 – Mit ingenieurwissenschaftlichem Schwerpunkt.

Quellen: BA, Statistisches Bundesamt

© Sachverständigenrat | 20-521

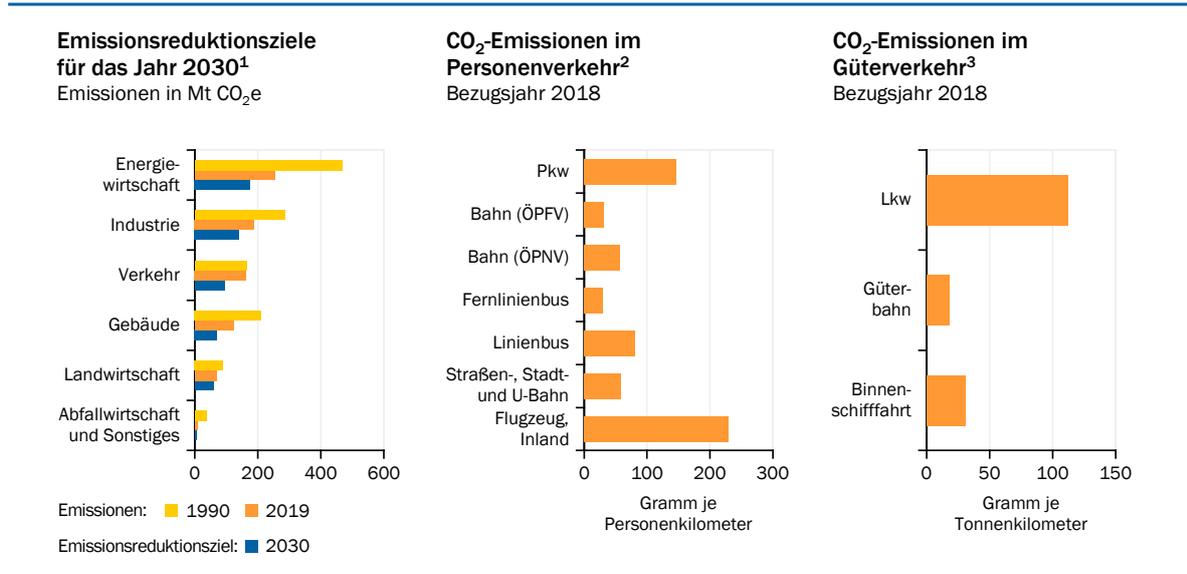
**445. Fachkräftezuwanderung** aus Mitgliedstaaten der EU und aus Drittstaaten kann Fachkräfteengpässen entgegenwirken. So hat gesteuerte Erwerbszuwanderung das Potenzial, besonders nachgefragte Fachkräfte zu attrahieren. Das im März 2020 in Kraft getretene **Fachkräfteeinwanderungsgesetz** zur Anwerbung von Erwerbsmigranten aus Drittstaaten außerhalb der EU kann dabei eine besondere Rolle spielen. Die konsequente Verknüpfung von vereinfachtem Arbeitsmarktzugang mit erleichterten Anerkennungs- und Visaverfahren ist dabei zentral, um **global um Talente konkurrieren** zu können. Administrative Hürden, welche die Migration unnötig erschweren, müssen auf den Prüfstand gestellt werden (Baczak et al., 2020; JG 2019 Ziffern 357 ff.). Die derzeit zu beobachtenden protektionistischen Tendenzen und Einschränkungen der Zuwanderung, die etwa in den USA, im Vereinigten Königreich oder Hong Kong zu beobachten sind, könnten in diesem Zusammenhang Chancen für Deutschland bieten.

## 2. Sektorspezifische Maßnahmen am Beispiel des Verkehrssektors

**446.** Der Verkehrssektor ist in Deutschland und Europa für rund 19 % beziehungsweise 22 % aller jährlichen Treibhausgasemissionen verantwortlich. Während nicht zuletzt mit Hilfe des EU-ETS in anderen Sektoren deutliche Emissionsreduktionen erzielt wurden, blieben zwischen den Jahren 1990 und 2019 die Emissionen im Verkehrsbereich nahezu unverändert. ↳ **ABBILDUNG 71 LINKS** Trotz hoher Effizienz-

ABBILDUNG 71

Sektorspezifische Emissionsziele und Emissionen von Verkehrsmitteln



1 – Megatonnen angegeben in CO<sub>2</sub>-Äquivalenten. 2 – Durchschnittliche Emissionen angegeben in CO<sub>2</sub>-Äquivalenten. Betrachtet werden Verkehrsalternativen für den Inlandsverkehr. 3 – Durchschnittliche Emissionen angegeben in CO<sub>2</sub>-Äquivalenten.

Quellen: BMU, UBA

© Sachverständigenrat | 20-408

steigerungen im Bereich des Individualverkehrs, die in rückläufigen CO<sub>2</sub>-Emissionen je Verkehrsaufwand (Personen- oder Tonnenkilometer) resultierten, nivellierte die **Zunahme an Verkehrsaufkommen** die Emissionseinsparung fast vollständig (Umweltbundesamt, 2020). Für die Zukunft rechnet die Nationale Plattform Zukunft der Mobilität (NPM, 2019a) mit einer weiteren Zunahme der Mobilitätsnachfrage. Zwar ist noch offen, inwiefern die Corona-Pandemie als Katalysator dazu dient, dass weniger gependelt und vermehrt von zu Hause aus gearbeitet wird, sowie Dienstreisen durch digitale Konferenzen ersetzt werden. Das Ziel Deutschlands, die Emissionen im Verkehrssektor bis zum Jahr 2030 im Vergleich zum Jahr 1990 um 40 % bis 42 % zu mindern, scheint aber besonders ambitioniert.

Während das Sektorziel für das Jahr 2030 selbst nicht als Rechtfertigung für begleitende Maßnahmen dienen sollte, können verschiedene Marktunvollkommenheiten im Bereich des Verkehrs die **CO<sub>2</sub>-Einsparung** von Haushalten und Unternehmen erschweren. Die genauere Betrachtung des Verkehrssektors kann daher als Beispiel dienen, welche Hindernisse die Funktionalität eines CO<sub>2</sub>-Preises einschränken können.

Möglichkeiten der Emissionsreduktion im Verkehrssektor

- 447. Die angestrebte Emissionsreduktion kann über **drei Kanäle realisiert** werden. Erstens können Emissionen durch weitere **Effizienzsteigerungen** bei Fahrzeugen mit Verbrennungsmotoren reduziert werden. Zweitens kann der Verkehr **elektrifiziert** werden. Die Emissionen des Verkehrs würden dann dem Energiesektor zugerechnet werden, der bereits im EU-ETS integriert ist. Drittens kann **Verkehr gänzlich vermieden oder verlagert** werden. Dies kann im Fall von

Haushalten die stärkere Nutzung von öffentlichen Personennah- und -fernverkehr (ÖPNV und ÖPFV) oder eine Reduktion des Pendelverkehrs sein. Der Gütertransport könnte stärker über die Binnenschifffahrt und den Güterschienenverkehr erfolgen (SRU, 2017; EASAC, 2019). [↘ ABBILDUNG 71 MITTE UND RECHTS](#)

Durch den nationalen Emissionshandel muss die öffentliche Hand nicht vorgeben, wie viele Emissionen über welchen Kanal eingespart werden sollen. Auf Basis der **Preisreize** können die wirtschaftlichen Akteure selbst wählen, welchen Weg sie einschlagen wollen. Der CO<sub>2</sub>-Preis wirkt auf die Nachfrage der Kunden-seite, was zu entsprechenden Signalen für die Automobilherstellung führt. Produktportfolios werden angepasst und Effizienzsteigerungen in Verbrennungsmotoren realisiert, um die veränderte Nachfrage zu bedienen und neue Gewinnmöglichkeiten auszuschöpfen. Die Möglichkeit der Konsumentinnen und Konsumenten, auf Preissignale zu reagieren, setzt voraus, dass es ausreichende Handlungsalternativen gibt. Dies umfasst zum Beispiel ein ausreichendes Angebot im ÖPNV oder ÖPFV sowie Infrastruktur für die Elektromobilität. Dadurch können den Konsumentinnen und Konsumenten in der Planung ihrer Entscheidung für langlebige Konsumgüter wichtige Möglichkeiten zur Vermeidung von Emissionen eröffnet werden.

448. Der nationale Emissionshandel wird dazu führen, dass der motorisierte Individualverkehr relativ zum ÖPNV teurer wird, da die Emissionen der öffentlichen Transportmittel deutlich unter denen von Personenkraftwagen (Pkw) liegen. [↘ ABBILDUNG 71 MITTE UND RECHTS](#) Die **Nachfrage nach öffentlichen Verkehrsmitteln** dürfte deshalb zunehmen (Balcombe et al., 2004). Wird die zusätzliche Nachfrage durch das Angebot nicht gedeckt und können Haushalte ihren Mobilitätsbedarf nicht verlagern, könnte bei steigenden CO<sub>2</sub>-Preisen eine hohe finanzielle Belastung resultieren, die aufgrund ihrer regressiven Struktur als sozial unausgewogen wahrgenommen werden könnte (Edenhofer et al., 2019a). Aufgrund der komplexen Planungsprozesse können kommunale Verkehrsbetriebe ihre Kapazitäten aber nur mittelfristig ausbauen. Zudem könnten Engpässe in der kommunalen Verwaltung und im Baugewerbe den Ausbau verzögern (JG 2019 Ziffern 545 ff.). Um den steigenden Bedarf rechtzeitig zu decken, können bereits heute weitreichende öffentliche Investitionen in ÖPNV und ÖPFV angezeigt sein. Neben zusätzlichen Mitteln für die Deutsche Bahn sieht das Klimaschutzprogramm 2030 zusätzliche Bundesmittel für den Ausbau des ÖPNV vor (BMU, 2019a).
449. Es stehen **verschiedene Möglichkeiten** zur Verfügung, den Verkehrssektor **zu elektrifizieren**. Bei batteriebetriebenen Fahrzeugen kann zwischen vollständig batteriebetriebenen Fahrzeugen (BEV) oder Plug-in-Hybriden (PHEV) unterschieden werden. Brennstoffzellenfahrzeuge (FCEV) nutzen eine Brennstoffzelle, um Strom für den Elektromotor zu erzeugen. Derzeit sind sie kostenaufwendiger als Batteriefahrzeuge, ihr Vorteil liegt in den kurzen Tankzeiten und größeren Reichweiten. Für die Defossilisierung des Verkehrs können mit Brennstoffzellen oder mit synthetischen Kraftstoffen betriebene Fahrzeuge im Schwerlastverkehr einen wichtigen Beitrag leisten (Hebling et al., 2019; Löschel et al., 2019) Klimaneutrale Mobilität, die den Transportsektor umfasst, macht daher den Ausbau einer Ladeinfrastruktur für batteriebetriebene Fahrzeuge sowie einer Wasserstofftankstelleninfrastruktur notwendig.

Ein **Fokus auf die Förderung bestimmter Fahrzeugtypen**, etwa von BEV, PHEV oder FCEV für den Personenindividualverkehr, ist vor diesem Hintergrund **nicht notwendig**. Existiert die Lade- und Tankstelleninfrastruktur, so sollte den Nutzerinnen und Nutzern überlassen bleiben, ob sie ein reines batteriebetriebenes Fahrzeug, ein Hybrid-Fahrzeug oder ein Brennstoffzellenfahrzeug kaufen wollen.



Die Herstellung der Batteriezelle ist sehr energieaufwendig und entsprechend viele Treibhausgasemissionen werden in der Fahrzeugproduktion freigesetzt (Romare und Dahllöf, 2017; Emilsson und Dahllöf, 2019). Sollen Batteriefahrzeuge insgesamt zu Emissionseinsparungen führen, müssen sie über ihren Lebenszyklus diesen Nachteil ausgleichen. Die Diskussion, inwiefern Elektrofahrzeuge gegenüber Verbrennungsmotoren Emissionen einsparen können, ist sehr umfangreich und die Schätzungen kommen zu sehr unterschiedlichen Ergebnissen (Agora Verkehrswende, 2019; Buchal et al., 2019; IEA, 2019a; Volkswagen, 2019; Wietschel et al., 2019; Thielmann et al., 2020; Wietschel, 2020). Ursächlich für die Heterogenität sind letztlich verschiedene Annahmen bezüglich der Batteriekapazität, des Autogewichts, der Emissionen bei der Batteriezellenproduktion sowie des Strommixes, der zum Laden des Fahrzeugs verwendet wird (Hall und Lutsey, 2018; Kelly et al., 2020).

450. Die Entscheidung, ein Elektrofahrzeug zu erwerben, ist davon abhängig, dass Lade- und Tankmöglichkeiten ausreichend verfügbar sind, um den individuellen Mobilitätsbedarf zu decken. Während es private Lademöglichkeiten Unternehmen und Haushalten ermöglichen, die Mobilität in kleineren Radien sicherzustellen, benötigt es ein **breites Netz an öffentlich zugänglichen Ladesäulen oder Wasserstofftankstellen**, um Elektrofahrzeuge als Substitut für Fahrzeuge mit Verbrennungsmotoren auf weiteren Strecken zu etablieren.
451. Neben der fehlenden Tank- und Ladeinfrastruktur könnten die Kosten von Elektrofahrzeugen ein weiterer Grund sein, warum die Marktetablierung so zögerlich abläuft. Die Herstellungskosten für ein **BEV oder PHEV** sind zu großen Teilen **nicht kompetitiv** mit einem Verbrenner. Nach wie vor bilden Batterien einen maßgeblichen Kostenfaktor bei der Herstellung von BEV und PHEV, auch wenn ihre Herstellungskosten in den vergangenen Jahren stark gefallen sind (IEA, 2020). Mit zunehmender Marktetablierung können **Skalen- und Lerneffekte in der Batteriezellenproduktion** zu einer weiteren Kostendegression führen und die Attraktivität erhöhen (Wu et al., 2015; Kasten, 2018; Van Velzen et al., 2019).

Derzeit wird mit einer Vielzahl an Maßnahmen der Markthochlauf von Elektrofahrzeugen adressiert (Preuss, 2020). Das kleinteilige Vorgehen ist jedoch oft ineffizient. [↪ KASTEN 14](#) Insbesondere in der Mobilität kann eine Steuerung über die **Bepreisung von Emissionen** einen wichtigen Beitrag leisten. Durch die CO<sub>2</sub>-Preise können nicht nur die negativen Externalitäten von Verbrennungsmotoren internalisiert werden, sondern auch die Emissionen der Stromgewinnung, die für den Betrieb der Elektrofahrzeuge notwendig ist. Daher sollte der nationale Emissionshandel und das EU-ETS eine zunehmend größere Rolle spielen und mittelfristig zum Leitinstrument für die Transformation der Mobilität werden. Unbe-

preist blieben aber weiterhin **lokale Externalitäten**, wie etwa Stickstoff-, Feinstaub- oder Geräuschemissionen. Hier könnte eine Städte-Maut zur Internalisierung führen, die teilweise ebenfalls den Kostenvorteil von Verbrennungsmotoren gegenüber BEV senken würde (JG 2018 Ziffern 30 ff.).

#### ▾ KASTEN 14

##### Kleinteilige Förderung der Elektromobilität

---

In Deutschland zielen **mehrere Instrumente auf die Förderung von Elektrofahrzeugen** (Preuss, 2020). Im Kern steht dabei die Kaufprämie des Bundes, die bereits im Jahr 2016 eingeführt, im November 2019 das erste Mal erhöht und im Zuge des Konjunkturpakets des Jahres 2020 das zweite Mal angehoben wurde. Ergänzt wird die Kaufprämie durch Flottenaustauschprogramme auf Bundes-, Länder- und Kommunalebene. Zudem wird Unterstützung bei der Errichtung von privaten Ladesäulen gewährt. Prinzipiell reduzieren diese Maßnahmen die Beschaffungskosten von Elektrofahrzeugen, was ihren derzeitigen Kostennachteil gegenüber Verbrennungsmotoren senkt. Ihr Marktanteil könnte dadurch schneller steigen. Allerdings ist die Effizienz der Maßnahmen fragwürdig. Die Kaufförderung dürfte zu großen Mitnahmeeffekten führen (Chandra et al., 2010; Edenhofer et al., 2020). Außerdem besteht neben unklaren verteilungspolitischen Effekten die Gefahr, dass die Fördermaßnahmen lediglich in Preiseffekten resultieren.

Weitere Maßnahmen senken die Betriebskosten. Das **Dienstwagenprivileg**, das die private Nutzung von Dienstwagen steuerlich stark begünstigt, war bereits vor der Reform klimapolitisch fragwürdig. Die nun eingeführte steuerrechtliche Besserstellung von Elektrofahrzeugen, die als Dienstfahrzeug privat genutzt werden, führt zu einer zusätzlichen Verzerrung. Ähnlich wirkt die Freistellung von Elektrofahrzeugen in der Kfz-Steuer. Anstatt den CO<sub>2</sub>-Ausstoß konsequent mit der **Kfz-Steuer** zu adressieren, werden Elektrofahrzeuge pauschal freigestellt. Zwar dürfte die Befreiung von der Kfz-Steuer sowie die Ausweitung des Dienstwagenprivilegs zur Elektrifizierung des Verkehrssektors beitragen, sie benachteiligen aber – wie die Entfernungspauschale – die Option der Verkehrsverlagerung und -vermeidung.

Auf europäischer Ebene fördern die **Flottenverbrauchsregeln** indirekt Elektrofahrzeuge. Ab dem Jahr 2021 können sie einen zusätzlichen Effekt auf die Preisdifferenz zwischen den Antriebssträngen haben. Zwar existierten Flottengrenzwerte bereits seit mehreren Jahren, allerdings dürften ab dem Jahr 2021 die Vorgaben für die Durchschnittsemissionen einer Flotte – zumindest für deutsche Automobilhersteller – bindend werden. Für jedes Gramm CO<sub>2</sub> je 100 km, das die Flotte eines Herstellers im gewichteten Durchschnitt über den neuen Grenzwerten von 95 Gramm CO<sub>2</sub> je 100 km liegt, muss eine Strafe von 95 Euro je verkauftem Pkw entrichtet werden. Flottenverbrauchsregeln sind aber ineffizient (Anderson et al., 2011; Gillingham, 2013; Anderson und Sallee, 2016). Zwar setzen sie einen Anreiz, emissionsärmere Autos zu entwickeln und zu vertreiben. Für die Autofahrerinnen und Autofahrer entsteht nach dem Kauf jedoch **kein Anreiz, die Fahrleistung einzuschränken**. Durch die höhere Effizienz sinken die Kosten für den Betrieb, was letztlich sogar zu mehr Fahrkilometern und Emissionen führen kann (**Rebound-Effekt**). Zudem kann eine Flottenregel dazu führen, dass neue Fahrzeuge mit Verbrennungsmotoren teurer werden und dadurch ältere, ineffiziente Fahrzeuge länger genutzt werden. Kumuliert könnten dadurch mehr CO<sub>2</sub>-Emissionen ausgestoßen werden (**Gruenspecht-Effekt**).

---

452. Neben der Bepreisung von CO<sub>2</sub> sollte die öffentliche Hand sicherstellen, dass die wirtschaftlichen Akteure alle notwendigen Informationen für die Kaufentscheidung haben. So unterschätzen Haushalte die tatsächlichen Betriebskosten von

Pkw (Andor et al., 2020). Ungerechtfertigte Vorbehalte gegenüber Elektrofahrzeugen bezüglich ihrer Ladedauer und Reichweite könnten ebenfalls durch eine bessere Informationslage reduziert werden (Coffman et al., 2017; Cui et al., 2020). **Öffentlich bereitgestellte Informationsangebote**, welche die Kosten von Fahrzeugtypen offenlegen und die Auswirkungen des CO<sub>2</sub>-Preises greifbar machen, könnten bereits eine Wirkung entfalten. Dazu gehört die Etablierung eines Kennzeichensystems, das die Emissionen realitätsnah und verlässlich wiedergibt.

Die straßenrechtliche Bevorrechtigung von Elektrofahrzeugen, wie sie in Norwegen etabliert ist, könnte eine positive Wirkung auf die Kaufentscheidung haben. Insbesondere die Erlassung der hohen Maut wird in Norwegen als Kaufgrund angegeben (Figenbaum und Kolbenstvedt, 2016). In Deutschland wurde bereits im Jahr 2015 mit dem Elektromobilitätsgesetz die rechtliche Grundlage für eine derartige **Bevorrechtigung von Elektrofahrzeugen** geschaffen. Über die letztliche Umsetzung entscheiden die Kommunen (Deutsches Dialog Institut und Norerr, 2018). Allerdings zeigt die Erfahrung in Norwegen, dass Elektrofahrzeuge häufig als Zweitwagen genutzt werden. Sie könnten deshalb nicht nur als Ersatz für Verbrennungsmotoren dienen, sondern das Fahrrad oder den ÖPNV ersetzen (Figenbaum und Kolbenstvedt, 2016).

453. Aus mehreren Gründen könnte der Umstieg des **öffentlichen Fuhrparks** die Elektrifizierung des privaten Verkehrs begünstigen. Mit der Umstellung würde eine entsprechende Tank- und Ladeinfrastruktur einhergehen, die ebenfalls privaten Fahrzeugen zur Verfügung gestellt werden könnte. Darüber hinaus kann eine elektrifizierte, öffentliche Fahrzeugflotte einen positiven Signaleffekt aussenden, indem sie beweist, dass elektrische Fahrzeuge alltagstauglich sind (Coffman et al., 2017). Die Elektrifizierung kann auf den ÖPNV, Dienstwagen oder Nutzfahrzeuge wie Abfallsammelfahrzeuge oder Kehrmaschinen abzielen. Der Bund will bis zum Jahr 2030 seinen Fuhrpark vollständig umstellen (BMU, 2019a).

### Förderung der Tank- und Ladeinfrastruktur

454. Die Förderung öffentlich zugänglicher Tank- und Ladeinfrastruktur kann dazu beitragen, die **Netzwerkexternalitäten** zu adressieren und somit die für eine sukzessive Transformation des Fahrzeugparks hin zu klimaneutralen Technologien notwendigen CO<sub>2</sub>-Preise zu reduzieren. In der Vergangenheit hat Deutschland den Ausbau der Ladeinfrastruktur für batteriebetriebene Fahrzeuge stark vorangetrieben (NPM, 2019b). Wasserstofftankstellen wurden in Deutschland ebenfalls ausgebaut. Zahlenmäßig sind sie aber noch selten (IEA, 2019b).

Derzeit wird die öffentliche Förderung der Tank- und Ladeinfrastruktur durch die NOW GmbH organisiert. Basierend auf ihren Ausschreibungen werden **Zuschüsse zum Aufbau öffentlicher Ladesäulen** getätigt. Die Förderung ist dabei abhängig von der Ladeleistung und dem Bedarf zur Modernisierung der Stromleitung. Zudem richtet sich der Zuschuss nach dem örtlichen Bedarf. Wasserstofftankstellen werden ebenfalls mit Zuschüssen gefördert.

455. Der Ausbau der öffentlich zugänglichen Lade- und Wasserstofftankstelleninfrastruktur sollte weiter vorangetrieben werden. Bei Wasserstofftankstellen oder Ladesäulen an Knotenpunkten dürfte die Wirtschaftlichkeit mit dem Marktanteil von Elektrofahrzeugen stetig zunehmen. Eine geeignete Beteiligung privater Investoren kann helfen, diese Standorte zu identifizieren und beschleunigt auszubauen. Eine **Roadmap** kann dazu dienen, die **Ausbauziele transparent festzuhalten**. Daraus können Marktsignale für weitere Investoren entstehen.
456. Die Förderung von Betriebskosten ist beihilferechtlich problematisch. Die **öffentliche Förderung** ist daher vorwiegend **auf Investitionskosten beschränkt**. Betriebskostendefizite werden in Antizipation der zukünftigen Erträge schon heute häufig durch die Betreiber getragen. Die aktuelle Förderpraxis erhöht auf der einen Seite die Gefahr, dass bei stark frequentierten Standorten ineffizient hohe Förderquoten ausgezahlt werden. Auf der anderen Seite kann der Ausbau bei weniger attraktiven Standorten ausbleiben, da das Investitionsrisiko trotz Förderung zu hoch liegt. Die Informationsasymmetrie zwischen Investoren und öffentlicher Hand könnte durch eine entsprechende Auskunftspflicht verringert werden, die Ineffizienz bei der Förderung wird aber nicht gänzlich zu vermeiden sein.

Neben der fehlenden Wirtschaftlichkeit (Hall und Lutsey, 2017; NPM, 2019b) könnten weitere Faktoren dem Ausbau im Wege stehen. Das **Genehmigungs- und Vergaberecht** kann beispielsweise verzögernd auf den Ausbau wirken. Zudem müssen **technische Standards** von den Tank- und Ladesäulen erfüllt werden. Ist zu erwarten, dass sich technische Standards in Zukunft ändern und Umrüstungen erforderlich werden, könnten sich Investitionen verzögern. Hier gilt es die Anforderungen transparent und frühzeitig kenntlich zu machen. Die Förderung sollte ohnehin auf die Phase der Marktetablierung beschränkt bleiben.

Nicht zuletzt ist der Ausbau der Tank- und Ladeinfrastruktur eine europäische Frage: Der vollständige Umstieg auf Elektromobilität dürfte nur dann als Ersatz für den Verbrenner funktionieren, wenn die passende Infrastruktur über Ländergrenzen hinweg zur Verfügung steht und kompatibel miteinander ist. Mit der im Jahr 2014 verabschiedeten Richtlinie über den **Aufbau der Infrastruktur für alternative Kraftstoffe (AFID)** hat die EU den Koordinationsbedarf bereits erkannt. Die Richtlinie verpflichtete die Mitgliedstaaten zur Erarbeitung und Umsetzung einer nationalen Strategie. Für das Jahr 2021 wurde eine Revision der Richtlinie angekündigt.

457. Bei der **Errichtung von privaten Ladesäulen** gilt es, die richtigen rahmenrechtlichen Bedingungen zu setzen. Das **Wohneigentumsmodernisierungsgesetz**, das bei Neubauten die Voraussetzung zur Installation privater Ladesäulen definiert sowie Mieterinnen und Mietern die Errichtung von Ladesäulen erleichtern soll, ist ein richtiger Schritt. Weiterhin müssen aber Bemühungen getroffen werden, um den Aufbau von Ladesäulen zu erleichtern. Insbesondere sollte der administrative Aufwand reduziert sowie der Netzzugang beschleunigt werden (NPM, 2019b).

## Industriepolitische Förderung von Batteriezellen

458. Um die Batteriezellenproduktion in Europa und Deutschland voranzutreiben, haben die EU und die Bundesregierung Programme zur Förderung vorgestellt. In der **European Battery Alliance** (EBA) werden verschiedene Maßnahmen auf europäischer Ebene gebündelt. Sie zielen insbesondere darauf ab, verschiedene Akteure zusammenzuführen, internationale Kooperationen – innerhalb der EU und mit Drittstaaten – zu stärken sowie die rechtlichen Rahmenbedingungen für eine nachhaltige Batterieproduktion zu schaffen (Europäische Kommission, 2019b). Im Rahmen der EBA sind die Bundesregierung selbst sowie in Deutschland ansässige Unternehmen an einem bereits genehmigten und einem geplanten IPCEI beteiligt, die Innovationen in der gesamten Wertschöpfungskette der Batterie anstreben. ↘ ZIFFER 440 Über die EBA hinaus zielt das BMWi (2020c) darauf ab, die Errichtung von Produktionsstätten direkt zu fördern.

Batterien dürften in Zukunft nicht zuletzt im Automobilsektor an Bedeutung gewinnen und die **Marktpotenziale** dürften stetig wachsen. Die **Forschungsförderung** von Batterien kann aufgrund von Wissensexternalitäten sinnvoll sein. ↘ ZIFFERN 491 FF. Sie sollte aber nicht auf einzelne Bestandteile der Wertschöpfungskette beschränkt werden. Neben der eigentlichen Batteriezelle können Komponenten des Batteriesystems, wie zum Beispiel Hard- und Softwarekomponenten, entwickelt werden. Ebenso können Innovationen im Bereich von Second-Life-Anwendungen oder dem Recycling neue Geschäftsfelder für europäische Unternehmen eröffnen.

459. Die **Subventionierung der Produktion** von Batteriezellen selbst scheint hingegen **nicht zielführend**. Die Herstellung ist kapital- und energieintensiv. Ein Großteil der Wertschöpfung liegt in den Ressourcen und die Herstellung ist zu großen Teilen automatisiert. Die Beschäftigungseffekte dürften deshalb womöglich nur gering sein (Falck und Koenen, 2019). Zwar konzentrieren sich die führenden Produzenten von Batteriezellen in Asien, der **Wettbewerb** scheint zwischen den Anbietern aber zu funktionieren (Falck und Koenen, 2019). Das lässt vermuten, dass die Einkaufspreise für Batterien Wettbewerbspreise sein dürften und deshalb die Wettbewerbsfähigkeit von europäischen oder nationalen Automobilherstellern nicht gefährden.

Produktionssubventionen sind mit vielen Problemen behaftet (JG 2019 Ziffern 267 ff.) und eine **Subvention für die Batteriezellenproduktion** setzt verschiedene Fehlanreize. Unternehmen, die kurz- und langfristig nicht wettbewerbsfähig werden, blieben von Subventionen abhängig. Öffentliche Finanzmittel, privates Kapital und Fachkräfte könnten in diesen Fällen andernorts effizienter eingesetzt werden. Haben Unternehmen in der langen Frist Aussicht auf Erfolg, werden Unternehmen dies selbst erkennen. Sind langfristig Gewinne möglich, dürften bei funktionierenden Kapitalmärkten Verluste in der kurzen Frist kein Hindernis für Markteintritte sein. Subventionen würden in diesen Fällen lediglich zu **Mitnahmeeffekten** führen.

460. Mit Blick auf die Zukunft ist die **Ausgangslage** der Automobilindustrie ambivalent. Deutsche Automobilhersteller und große Zulieferbetriebe haben im internationalen Vergleich eine hohe Forschungsintensität. Gemessen an angemeldeten Patenten nehmen sie eine Führungsrolle beim autonomen Fahren und der Elektromobilität ein (Bardt, 2017; Falck et al., 2017; Puls und Fritsch, 2020). Sie können zudem parallele Strukturen schaffen, bei denen sie zeitgleich die alten und neuen Produkte bereitstellen. **Kleine Zulieferbetriebe** haben diese Möglichkeit häufig nicht. Für sie dürfte der Wandel schwieriger zu bewerkstelligen sein. Der Strukturwandel dürfte zu einer Konsolidierung der auf Verbrennungsmotoren spezialisierten Zulieferer führen. Es sollte jedoch verhindert werden, dass Zulieferbetrieben die Transformation wegen **fehlender Fachkräfte** nicht gelingt. Gerade hier äußerten Zulieferbetriebe aber Bedenken (Priesack et al., 2018). ↘ ZIF-FERN 444 F.

### 3. Zur Umsetzung der Wasserstoffstrategie

461. Gasförmige und flüssige Energieträger werden in Europa und Deutschland langfristig ein bedeutender Teil des Energiesystems bleiben. Daher müssen Optionen entwickelt werden, die derzeitigen fossilen Energieträger durch klimaneutrale Alternativen zu ersetzen. Nach aktuellem Kenntnisstand führt der Weg über **grünen Wasserstoff, Power-to-X-Verfahren** und **synthetische Kraftstoffe** (Synfuels). Sie ermöglichen nicht nur eine Defossilisierung verschiedener Anwendungen in den Sektoren Wärme und Mobilität sowie der Industrie, sondern können gleichzeitig neue Geschäftsfelder und Potenziale für heimische Unternehmen eröffnen.



Nach aktuellem Wissensstand stellen **grüner Wasserstoff** und darauf basierende Industrierohstoffe sowie **synthetische Energieträger** eine realisierbare Möglichkeit der Defossilierung von Teilen des Schwerlastverkehrs, der Luftfahrt sowie Teilen der chemischen Industrie und der Schwerindustrie dar (Hebling et al., 2019; Löschel et al., 2019; NPM, 2019c). Während grauer Wasserstoff aus fossilen Energieträgern gewonnen wird und bei der Gewinnung CO<sub>2</sub>-Emissionen entstehen, kann Wasserstoff alternativ durch Wasserspaltung mittels Elektrolyse oder durch die Konversion von Biomasse beziehungsweise Rest- und Abfallstoffen erzeugt werden. Stammt der verwendete Strom aus erneuerbaren Energiequellen, wird der Wasserstoff als grün bezeichnet. Allerdings ist die Gewinnung von grünem Wasserstoff derzeit nicht wettbewerbsfähig zur konventionellen grauen Wasserstoffherstellung (Glenk und Reichelstein, 2019). Synthetische Kraftstoffe haben ähnliche chemische Eigenschaften wie fossile Brennstoffe. Allerdings werden bei ihrem Einsatz keine neuen CO<sub>2</sub>-Emissionen emittiert. Sie können beispielsweise durch den Einsatz von Strom und CO<sub>2</sub>, das aus der Atmosphäre entnommen wird, hergestellt werden (Power-to-Liquid oder Power-to-Gas).

Wasserstoff könnte in der Zukunft **zahlreiche Geschäftsfelder** eröffnen. In der **Mobilität** könnten Wasserstoff und die daraus gewonnenen synthetischen Kraftstoffe dort attraktiv werden, wo heute Dieselmotoren zum Einsatz kommen, zum Beispiel beim Betrieb von Schiffen, Zügen, Lkw, Bussen, Bau- und Forstmaschinen, landwirtschaftlichen Maschinen oder Langstrecken-Pkw. Im Nutzfahrzeugsegment wird schon heute auf wasserstoffbasierte Systeme zurückgegriffen, wo lokale Emissionen vermieden werden sollen und gleichzeitig

ein Dauerbetrieb gewährleistet werden muss, zum Beispiel in der Lagerlogistik. Die Beimischung von Wasserstoff in das Gasnetz oder der Einsatz von stationären Brennstoffzellen kann Emissionen im **Wärmesektor** reduzieren. Mögliche Anwendungsfelder in der **Industrie** reichen von der Methanol- und Ammoniakproduktion über die Reduktion von Eisenerz für die Stahlherstellung bis hin zur Bereitstellung von Prozesswärme für die Zementproduktion (IEA, 2019b).

462. Um die Koordination zwischen den Marktakteuren entlang der Wertschöpfungskette zu stärken und die Märkte zugänglich zu machen, wurden in **Europa** und in **Deutschland** auf Bundes- und Länderebene Wasserstoffstrategien vorgestellt. Neben den Strategien einzelner Länder und Länderverbünde wurde die **Nationale Wasserstoffstrategie (NWS)** ins Leben gerufen.

Damit fügen sich Deutschland und Europa in eine Reihe von Nationen ein, die eine systematische Entwicklung von Märkten für stoffliche klimaneutrale Energieträger und deren Anwendungen verfolgen und zu diesem Zweck umfangreiche Förderprogramme auflegen. Insbesondere asiatische Länder, wie die Republik Korea (Kan, 2020) oder Japan (Nagashima, 2018; Iida und Sakata, 2019), bemühen sich seit Langem, Wasserstoff zu fördern. Wasserstoffanwendungen im Verkehrssektor werden beispielsweise in China oder Kalifornien vorangetrieben (Schimek et al., 2020).

### Forschungsförderung weiter vorantreiben

463. Deutschland fördert Wasserstoffanwendungen bereits seit dem Jahr 2006 im Rahmen des **Nationalen Innovationsprogramms Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (NIP)**. Zwischen den Jahren 2006 und 2016 wurden 700 Mio Euro Förderung vergeben. Für den zweiten Förderzeitraum zwischen den Jahren 2016 und 2026 (NIP II) veranschlagt das BMWi (2020b) rund 1,4 Mrd Euro Förderung für Forschung und Entwicklung sowie für Demonstrationsprojekte. Für den Zeitraum zwischen den Jahren 2020 und 2023 kommen weitere Fördermittel des EKF sowie eine Förderung für Reallabore und Investitionen innerhalb des Nationalen Dekarbonisierungsprogramms hinzu (BMWi, 2020b).

Die **Forschungsförderung**, die im Rahmen der NWS, die insgesamt Fördermittel in Höhe von 9 Mrd Euro vorsieht (Koalitionsausschuss, 2020), weiterverfolgt werden soll, erscheint sinnvoll. Mit Hilfe der resultierenden Wissensexternalitäten kann die Forschungsförderung einen wichtigen Beitrag leisten, frühzeitig während der Technologieetablierung Kompetenzen zu schaffen und Fachkräfte auszubilden. ↘ ZIFFERN 436 FF.

Sinnvoll erscheint in dieser Hinsicht der **umfassende Blick** der NWS auf die zukünftige Rolle von klimaneutralem Wasserstoff und synthetischen Energieträgern. Im Gegensatz zu ihrem europäischen Pendant, das sich vor allem auf industrielle Anwendungen fokussiert, sieht die deutsche Strategie Maßnahmen für die Bereiche des Verkehrs, der Wärme und der Industrie vor.

464. Schon zu Beginn der Technologieetablierung sollte die Akzeptanz in der Bevölkerung in den Blick genommen werden. Die Erfahrungen beim Ausbau der erneuerbaren Energien können hier genutzt werden, um frühzeitig Bedenken zu adressieren. Staatlich geförderte **Demonstrationsprojekte**, wie sie in der NWS vorgesehen sind, könnten nicht nur die technische Funktionalität unter Beweis stellen. Sie könnten ebenso Vorbehalte in der Bevölkerung frühzeitig adressieren.

Demonstrationsprojekte sollen dazu dienen, eine **Brücke zwischen** der **Forschung** und der **Markteinführung** zu schlagen. Sie können außerdem dazu beitragen, dass für verschiedenste Akteure wirtschaftliche Chancen im Bereich der Wasserstofftechnologien sichtbar werden. Wie bei anderen Ausgaben für Forschung und Entwicklung kann der unternehmerische Nutzen von derartigen Projekten aber kleiner sein als der gesellschaftliche. [↪ ZIFFERN 491 FF.](#) Öffentliche Förderung kann daher angezeigt sein (Nemet et al., 2018). Darüber hinaus erfüllen die Ausschreibungen eine Koordinationsfunktion, indem sie Anlass dafür geben, dass verschiedene Akteure entlang neuer Wertschöpfungsketten zusammenfinden. Bei den Projekten ist eine enge Kooperation zwischen Unternehmen und Forschungseinrichtungen gefordert. Die Rolle der öffentlichen Hand könnte nicht zuletzt in der Verfahrenserleichterung liegen und das Experimentieren mit alternativen Rahmenbedingungen ermöglichen. **Reallabore** können hier ein mögliches Instrument sein.

### Die Attraktivität von Wasserstoffanwendungen stärken

465. Die nationalen und europäischen Rahmenbedingungen, die potenzielle Investoren vorfinden, wirken maßgeblich auf die Entscheidung, in einen Markt einzutreten. Die konsequente sektorübergreifende **Bepreisung von CO<sub>2</sub>** könnten viele kleinteilige Fördermaßnahmen erübrigen.

Eine Energiepreisreform, bei der verzerrende Preiselemente für den Strom reduziert würden [↪ ZIFFERN 391 FF.](#), könnte bereits jetzt Anreize setzen, Elektrolyseure, also Anlagen zur Gewinnung von Wasserstoff, aufzubauen. Die Diskussion über eine mögliche Befreiung von Elektrolyseuren wird zwar bereits im Rahmen der aktuellen Novelle des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG 2021) geführt. Zurzeit ist offen, ob Elektrolyseure als stromintensive Unternehmen bewertet werden und deshalb eine reduzierte **EEG-Umlage** zahlen müssen oder ob sie vollständig davon befreit werden. [↪ ZIFFER 417](#) Eine **vollständige Befreiung** würde die stärksten Anreize setzen. Zudem würden nicht nur große Elektrolyseure profitieren, wie es bei der Ermäßigung der Fall wäre. Hier müsste der jährliche Stromverbrauch mindestens 1 GW betragen. Fraglich ist, inwiefern eine Befreiung beihilferechtlich möglich ist.

466. Um die Unsicherheit für Investitionen in wasserstoffbasierte Energieträger oder Anwendungen zu senken, werden **Quotenregelungen** als Lösungsmöglichkeit vorgebracht (Vogl et al., 2020). Eine ordnungsrechtliche Verpflichtung, synthetische Energieträger in Kraftstoffe oder Gaslieferungen zu integrieren oder Stahl zu verwenden, der mit Hilfe von grünem Wasserstoff produziert wird, würde Markt-

signale schaffen (IEA, 2019b). Ein ähnliches Vorgehen findet bereits bei der Beimischung von Biokraftstoffen Anwendung, die durch die Erneuerbare-Energien-Richtlinie (RED II) geregelt wird.

Derartige Regelungen könnten in sehr ausgewählten Bereichen Anwendung finden. In der Stahlproduktion schließt sich die Preisdifferenz zwischen konventionellem und grünem Stahl immer weiter (Koch Blank, 2019; Wood und Dundas, 2020). Eine niedrige Quote für grünen Stahl in der heimischen Weiterverarbeitung könnte bereits **Pull-Effekte** auslösen, ohne notwendigerweise die **internationale Wettbewerbsfähigkeit** zu gefährden. Für Stahlproduzenten würde hingegen die Investitionssicherheit frühzeitig gestärkt. Allerdings würde der Pull-Effekt ohne weitere protektionistische Maßnahmen grenzüberschreitend wirken. Obwohl die zusätzlichen Kosten durch die Quote den heimischen Produzenten auferlegt werden würden, könnten Stahlproduzenten in Drittstaaten ebenfalls von den Regelungen profitieren. Mit dem Ziel, die Produktion von grünem Stahl im Inland zu fördern, könnte der Pull-Effekt der Quote für die heimischen Unternehmen dadurch sinken. Zudem wäre für die Etablierung der Stahlquote ein verlässliches Zertifizierungssystem für grünen Stahl notwendig. Dies scheint zur Zeit im globalen Kontext aber unrealistisch (Vogl et al., 2020). [↘ ZIFFER 375](#)

467. Eine Alternative zu Quotenregelungen könnten **Carbon Contracts for Difference (CCfD)** sein (Richstein und Neuhoff, 2019). Sie stellen eine staatliche Garantie für einen bestimmten Zertifikatspreis dar. Unterschreitet der CO<sub>2</sub>-Preis ein vereinbartes Maß, werden die vertragsnehmenden Parteien bezuschusst. Das Risiko über den CO<sub>2</sub>-Preis wird dadurch von den Investoren auf die öffentliche Hand gelegt. Ein sehr ähnliches Vorgehen wurde im EEG angewandt, indem eine staatliche Preisgarantie für die Einspeisung erneuerbarer Energien gegeben wurde (JG 2016 Ziffern 891 ff.). Technisch gesehen können CCfD für Unternehmen wie ein CO<sub>2</sub>-Mindestpreis wirken (SG 2019 Ziffern 141 ff.). Während aber beispielsweise im BEHG der Mindestpreis für sechs Jahre festgelegt wird, können CCfD **für sehr lange Zeiträume** verhandelt werden. Helm und Hepburn (2005) diskutieren eine Laufzeit zwischen 20 und 30 Jahren. Zudem besteht die Möglichkeit, dass die Zahlungsverpflichtung nicht nur einseitig vereinbart wird. Übersteigt der realisierte CO<sub>2</sub>-Preis den verhandelten Preis, könnte der CCfD eine Gewinnbeteiligung vorsehen (Sartor und Bataille, 2019).

Im Gegensatz zu Quotenregelungen können CCfD zielgenauer auf heimische Unternehmen abzielen. Zudem ist klar, wer die entstehende Belastung trägt. Bei Quoten wäre a priori nicht eindeutig, inwiefern Unternehmen oder Kundinnen und Kunden belastet werden würden. CCfD gehen aber mit regulatorischen Herausforderungen einher. Um die **asymmetrische Information** zwischen Unternehmen und der öffentlichen Hand zu reduzieren, können **Auktionen** eingesetzt werden. Durch ihre Anreizstrukturen können Auktionen dazu führen, dass möglichst vielversprechende Unternehmungen gefördert und gleichzeitig die zukünftigen Zahlungsverpflichtungen eingegrenzt werden (Sartor und Bataille, 2019). Ein **starker thematischer Fokus**, zum Beispiel auf die Stahlindustrie, könnte das Bieterfeld aber stark einschränken und die Vorteile der Auktion reduzieren. Gleichwohl sollten CCfD nicht in allen Sektoren Anwendung finden. Je breiter sie

eingesetzt werden, desto größer können die Ausgaben werden. Nicht zuletzt könnten CCfD beihilferechtliche Probleme mit sich bringen (Vogl et al., 2020).

468. Die **Einspeisung von wasserstoffbasierten Energieträgern** in das bestehende Gasnetz könnte weiter erleichtert werden. Bereits jetzt ist in Deutschland die Wasserstoffeinspeisung von bis zu 10 % möglich, was im europäischen Vergleich hoch ist (Dolci et al., 2019). Im Rahmen der europäischen Wasserstoffstrategie könnte darauf hingearbeitet werden, dass die zulässige Quote europaweit ausgebaut wird, um die Abnahme der nachhaltigen Energieträger zu ermöglichen. Werden technische Nachrüstungen im nationalen Gassystem notwendig, könnten die Netzentgelte zur Finanzierung erhöht werden und so die bedarfsorientierte Lastenverteilung sicherstellen. Dies würde nicht nur für Erzeuger den Markt vergrößern. Haushalten, die von Gas abhängig sind, könnte dadurch die CO<sub>2</sub>-Einsparung vereinfacht werden. Diesem Ansatz sind jedoch technische Grenzen gesetzt, da mit steigendem Anteil nachhaltiger Energieträger in der Gaslieferung die **Kompatibilität mit bestehenden Heizungssystemen** nicht gegeben sein muss (IEA, 2019b).
469. Der Einsatz von wasserstoffbasierten Energieträgern ermöglicht es, eine **Brücke zwischen Strom- und Gasnetz** zu schlagen. Saisonale Überkapazitäten des Stroms könnten gespeichert und bedarfsgerecht freigesetzt werden. In Zukunft könnten daher die Netzausbaupläne stärker miteinander koordiniert werden, um die Kosten des Netzausbaus insgesamt zu reduzieren (Wissenschaftlicher Beirat beim BMWi, 2020).

### Nationale und internationale Kooperationen induzieren

470. Um langfristig die regulatorischen Risiken für Unternehmen zu senken, kommt der Koordination zwischen öffentlicher Hand und heimischer Industrie eine besondere Bedeutung zu. Die öffentlichen Förderanstrengungen könnten ins Leere laufen, sofern keine langfristigen Gewinnaussichten bestehen. Hier kann eine **Roadmap**, die Meilensteine in der kurzen und langen Frist festlegt, eine starke **Signalwirkung** haben. Die Politik und die Industrie könnten sich gemeinsam auf Ziele verständigen, ihre Fortschritte regelmäßig evaluieren lassen und die Instrumente daraufhin anpassen. Die Politik kann sich in Roadmaps dazu verpflichten, den **regulatorischen Rahmen in einem vorgegebenen Zeitraum bereitzustellen**. Dies steigert die **Planungssicherheit** von Unternehmen. Die Verpflichtungen sollten aber keinesfalls nur in öffentlicher Hand liegen. Bestenfalls erfolgt die Bewertung durch ein Konsortium, das Erfolge und Nachholbedarfe identifizieren kann. Einen möglichen Anknüpfungspunkt bietet hier der Wasserstoffrat, der im Rahmen der NWS gegründet wurde.
471. Um internationale Wertschöpfungsketten im Zusammenhang mit gasförmigen und flüssigen Energieträgern zu fördern, könnte die Politik zudem eine internationale Koordinierungsfunktion einnehmen. Um die vorgegebenen europäischen Klimaziele zu erreichen, sind im internationalen Kontext **Kooperationen innerhalb Europas** sowie **Energiepartnerschaften** zwischen Europa und

Staaten weltweit notwendig, um längerfristig stoffliche Energieträger aus Regionen mit komparativen Vorteilen für deren Produktion beziehen zu können (Runge et al., 2020).

## V. FAZIT

472. Um langfristig in Europa und auf der Welt klimaneutrales Wirtschaften zu ermöglichen, ist der Einsatz von Technologien, welche die Nutzung erneuerbarer Energie in allen Sektoren ermöglichen, eine notwendige Voraussetzung. Daraus entstehen durchaus **Chancen**. Der Bedarf an klimafreundlichen Produkten, Produktionsverfahren und Infrastrukturen dürfte steigen. Dies bietet deutschen Unternehmen vielfältige Möglichkeiten, neue Märkte zu erschließen und ihre zukünftige Wettbewerbsfähigkeit zu stärken. Die Bundesregierung sollte schon heute **mit gezielten Maßnahmen den Weg ebnen**, dass Unternehmen die Chancen ergreifen.
473. Im Zentrum der Maßnahmen sollte die konsequente Bepreisung von CO<sub>2</sub> bei gleichzeitiger Abschaffung staatlich induzierter verzerrender Abgaben und Umlagen in der Energiebepreisung stehen. Die Integration des nationalen Emissionshandels in allen Sektoren ins EU-ETS und die Etablierung eines sektorübergreifenden Emissionshandels in Europa sollte weiterhin das Leitziel der Politik sein (SG 2019 Ziffern 117 ff.). Bis dies erreicht ist, kann eine **Energiepreisreform** bereits heute die Anreize zur Sektorkopplung in Deutschland stärken. Dabei könnten die EEG-Umlage für Unternehmen und Haushalte vollständig abgeschafft und die Stromsteuer auf den europäischen Mindeststeuersatz gesenkt werden. Dies würde zum einen die finanzielle Belastung der Haushalte durch den nationalen Emissionshandel reduzieren. Zum anderen würde die Attraktivität von neuen Technologien und Märkten steigen, die durch die Sektorkopplung in Zukunft an Bedeutung gewinnen werden. Eine Stärkung der Attraktivität klimaneutraler Technologien und Produkte durch eine derartige Stärkung des Marktumfelds kann in vielen Bereichen kleinteilige, diskretionäre Eingriffe überflüssig machen und so Kosten einsparen.

Um die Transformation zu bewältigen, sind umfangreiche privatwirtschaftliche Investitionen erforderlich. Heutige Erwartungen über die zukünftige Entwicklung von klimaneutralen Produkten und Anwendungen können privates Kapital und realwirtschaftliche Investitionen schon heute mobilisieren, sofern die klimarelevanten Eigenschaften von wirtschaftlicher Aktivität transparent und nachvollziehbar sind. Die **Zertifizierung von nachhaltigen Investitionen sowie von Produkten und Prozessen** ist daher ein wichtiger Schritt, um Hindernisse aufzulösen, die Investitionen in neue Unternehmen, Innovationen oder Technologien behindern.

474. Die wachsenden klimapolitischen Ambitionen könnten in Zukunft zu hohen CO<sub>2</sub>-Preisen führen. Dies rückt Überlegungen zu einem **CO<sub>2</sub>-Grenzausgleich** in den Fokus. Ein **CO<sub>2</sub>-Grenzausgleich**, der Importe (Exporte) gemäß ihrem jeweili-

gen CO<sub>2</sub>-Fußabdruck belastet (entlastet), scheint theoretisch ein vielversprechendes Instrument. Allerdings ergeben sich zahlreiche praktische und handelsrechtliche Hürden, die vor einer Einführung bedacht werden sollten. Hinzu treten die erheblichen handelspolitischen Risiken, die sich bei einer unilateralen Einführung eines CO<sub>2</sub>-Grenzausgleichs ergeben. Ein Grenzausgleich sollte daher sorgfältig abgewogen und – falls handelspolitische Erwägungen nicht entgegenstehen – allenfalls für Produkte energie- und exportintensiver Industrien erwogen werden.

475. Marktorientierte Mechanismen können in ihrer Anreizwirkung aufgrund eines Zusammenspiels verschiedener Marktunvollkommenheiten eingeschränkt bleiben. Daher sind ausgewählte komplementäre Maßnahmen sinnvoll. Insbesondere die **öffentliche Forschungsförderung** kann einen wichtigen Beitrag für die Innovationslandschaft leisten. Der vorausschauende **Aufbau von Fachkräften** sowie **gezielte Weiterbildungsmaßnahmen** können die Transformation maßgeblich erleichtern. Um rechtzeitig die passenden Fachkräfte in Deutschland zur Verfügung zu haben, müssen schon jetzt die richtigen Weichen gestellt werden.

Im Verkehrssektor können Netzwerkeffekte die Emissionseinsparungen für Haushalte erschweren. Der **Umstieg auf ein Elektrofahrzeug** ist für Haushalte nur dann attraktiv, wenn eine ausreichende Tank- und Ladeinfrastruktur vorhanden ist. Die öffentliche Förderung des Ausbaus kann daher angebracht sein, sollte aber insbesondere eingesetzt werden, um private Investitionen zu mobilisieren.

**Wasserstofftechnologien** sind ein wichtiger Baustein zur Erreichung der Klimaneutralität im Jahr 2050 und eröffnen gleichzeitig Chancen für die deutsche Industrie. Um private Investitionen zu mobilisieren, sind die sektorübergreifende CO<sub>2</sub>-Bepreisung, eine Energiepreisreform sowie Fortschritte bei der Zertifizierung notwendig. Die öffentliche Förderung sollte darüber hinaus maßvoll erfolgen und Marktunvollkommenheiten wie Wissensexternalitäten, Netzwerkeffekte oder Informationsasymmetrien adressieren. Ein öffentlicher Koordinationsprozess sollte angestoßen werden, um eine Vereinbarung zwischen der Politik und der Wirtschaft zu erreichen. Eine Roadmap kann helfen, Ziele festzuhalten, Anpassungsbedarf bei den Rahmenbedingungen aufzuzeigen und Investitionssicherheit für Unternehmen zu stärken.

# ANHANG

## Lenkungswirkung auf den Endenergieverbrauch

476. Die Einführung des nationalen Emissionshandelssystems zielt darauf ab, eine **ökologische Lenkungswirkung** zu entfalten. Die Preisaufschläge für Heiz- und Kraftstoffe sollen Impulse setzen, die zu einer geringeren Nachfrage nach diesen Energieträgern führen. Dadurch würden der Endenergieverbrauch und die damit verbundenen CO<sub>2</sub>-Emissionen sinken. Endenergie bezeichnet die Energie, die beim Endverbraucher, also den Haushalten, dem GHD-Sektor und dem Verkehr, ankommt. Primärenergie bezeichnet hingegen die Energie, die den ursprünglich vorkommenden Energieformen oder Energiequellen zur Verfügung steht. Etwa aufgrund von Umwandlungsverlusten liegt der Endenergieverbrauch unterhalb des Primärenergieverbrauchs. Für jede eingesparte kWh Endenergie muss mehr als eine kWh Primärenergie eingespart werden.
477. Auf Basis von geschätzten Preiselastizitäten lässt sich die Lenkungswirkung der Reformen auf den Endenergieverbrauch analysieren. [TABELLE 17](#) Bei der Interpretation der Ergebnisse sind einige **Einschränkungen** zu berücksichtigen. Generell ist die Bestimmung von Elastizitäten mit hoher **Unsicherheit** behaftet. Statt

▸ TABELLE 17

### Preiselastizitäten in den Sektoren Wärme und Verkehr

Sektor	Energieträger	Anwendungsfall	Kurzfristig	Langfristig
Private Haushalte	Erdgas	Raumwärme	- 0,20	- 0,51
	Erdgas	Warmwasser	- 0,05	- 0,51
	Heizöl	Raumwärme	- 0,20	- 0,32
	Heizöl	Warmwasser	- 0,05	- 0,32
	Strom	Raumwärme	- 0,20	- 0,40
	Strom	Warmwasser	- 0,05	- 0,40
	Strom	Elektrogeräte <sup>1</sup>	- 0,025	- 0,40
GHD <sup>2</sup>	Erdgas (Naturgas)	Raumwärme	- 0,20	- 0,51
	Erdgas (Naturgas)	Prozesswärme	- 0,10	- 0,51
	Erdgas (Naturgas)	Sonstige <sup>3</sup>	- 0,025	- 0,51
	Heizöl (leicht)	Raumwärme	- 0,20	- 0,32
	Heizöl (leicht)	Prozesswärme	- 0,10	- 0,32
	Heizöl (leicht)	Sonstige <sup>3</sup>	- 0,025	- 0,32
	Strom	Raumwärme	- 0,20	- 0,40
	Strom	Prozesswärme	- 0,10	- 0,40
	Strom	Sonstige <sup>3</sup>	- 0,025	- 0,40
Verkehr	Benzin	Transport	- 0,25	- 0,80
	Diesel	Transport	- 0,05	- 0,80

1 – IKT- und Beleuchtungsanwendungen. 2 – Gewerbe, Handel, Dienstleistungen. 3 – Kälte, Kraft-, IKT-, Beleuchtungsanwendungen.

Quelle: Bach et al. (2019b)

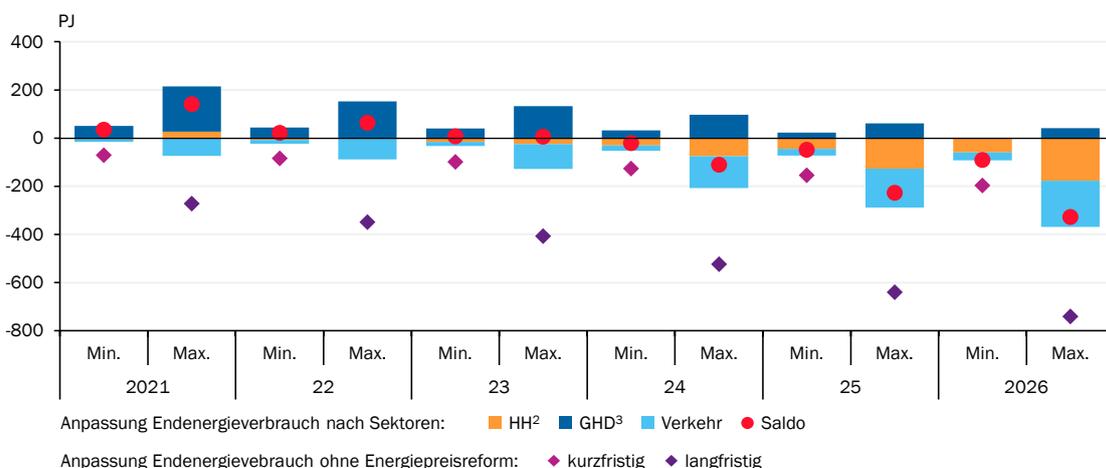
© Sachverständigenrat | 20-402

die Nachfrage nach einem Energieträger insgesamt zu senken, können CO<sub>2</sub>-intensive Energieträger innerhalb der Produktkategorie substituiert werden. Diese **Substitutionsmöglichkeiten** können hier nicht berücksichtigt werden. So kann etwa in der Berechnung nicht berücksichtigt werden, dass Elektromobilität relativ zum Betrieb von Kraftfahrzeugen mit Verbrennungsmotoren günstiger werden könnte, wenn die Energiepreisreform umgesetzt wird. Aufgrund einer hohen Kreuzpreiselastizität könnten sich dadurch zusätzliche Nachfrageeffekte ergeben, wenn Verbraucher auf diese Reform mit einem Umstieg reagieren. Trotz dieser Einschränkungen kann die nachfolgende Modellrechnung die Lenkungswirkung des nationalen Emissionshandelssystems und der Energiepreisreform exemplarisch aufzeigen.

478. Mit diesen Annahmen würde der geplante CO<sub>2</sub>-Preis von 25 Euro je Tonne CO<sub>2</sub> rechnerisch im Jahr 2021 im Wärme- und Verkehrssektor zu **Einsparungen im Endenergieverbrauch von mindestens 71 Petajoule (PJ)** führen. [ABBILDUNG 72](#) Dies würde bezogen auf das Jahr 2018 etwa 1,1 % des gesamten Endenergieverbrauchs in den Sektoren Haushalte, GHD und Verkehr entsprechen. Bis zum Jahr 2026 wird der CO<sub>2</sub>-Preis auf bis zu 65 Euro je Tonne CO<sub>2</sub> erhöht. Daraus könnten sich Einsparungen im Endenergieverbrauch gegenüber dem Jahr 2018 von mindestens 196 PJ bis maximal 740 PJ ergeben. Dies entspricht etwa 3 % bis 11 % des gesamten Endenergieverbrauchs der Sektoren. Den **größten Anteil an den Einsparungen** haben die **privaten Haushalte**, was hauptsächlich auf die sinkende Nachfrage nach Heizöl und Erdgas im Raumwärmebereich zurückzuführen ist.
479. Die Energiepreisreform führt zu einer Preissenkung bei Strom, was wiederum zu einer höheren Stromnachfrage führen dürfte. Das heißt, dass die vorgeschlagenen Maßnahmen nicht nur zu einem **Nachfragerückgang bei den Heiz- und Kraftstoffen** führen, sondern ebenfalls eine **Mehrnachfrage nach Strom** auslösen. Unter Berücksichtigung dieser Mehrnachfrage würde es insgesamt

▸ ABBILDUNG 72

**Anpassung des Endenergieverbrauchs als Folge von CO<sub>2</sub>-Bepreisung und Energiepreisreform<sup>1</sup>**



1 – Die Minimalwerte der zu erwartenden Lenkungswirkungen basieren auf kurzfristigen Preiselastizitäten, die Maximalwerte auf langfristigen Preiselastizitäten. Angegeben in Petajoule (PJ). 2 – Private Haushalte. 3 – Gewerbe, Handel, Dienstleistungen.

Quellen: AG Energiebilanzen, Bach et al. (2019b), Statistisches Bundesamt, eigene Berechnungen

nicht zu einer Reduktion der Endenergienachfrage kommen, sondern zu einer Mehrnachfrage nach Energie von mindestens 30 PJ im Jahr 2021. [↘ ABBILDUNG 72](#)  
Diese Mehrnachfrage ist größtenteils auf den GHD Sektor zurückzuführen.

480. Die Verbrauchsminderungen dürften ohne die Energiepreisreform also größer ausfallen. Allerdings erhöhen sich **durch Änderungen des Stromverbrauchs die Emissionen des Stromsektors nicht**, da diese im EU-ETS mit festen Zertifikatemengen begrenzt sind. Durch eine Substitution von fossilen durch strombasierte Energieträger im Wärme- und Verkehrssektor könnten sich zusätzlich Entlastungen ergeben, die der Erreichung der deutschen und europäischen Klimaziele zuträglich sein dürften. Durch die Energiepreisreform könnten somit Emissionsminderungen mit niedrigeren CO<sub>2</sub>-Preisen realisierbar sein. Die Klimaziele der EU und Deutschlands sehen neben einem höheren Anteil erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch ebenfalls Primärenergieeinsparungen vor.

# LITERATUR

- acatech**, Leopoldina und Akademienunion (2017), Sektorkopplung – Optionen für die nächste Phase der Energiewende, Schriftenreihe zur wissenschaftsbasierten Politikberatung, Stellungnahme des Akademienprojekts „Energiesysteme der Zukunft“, München.
- Addoum**, J.M., D.T. Ng und A. Ortiz-Bobea (2019), Temperature shocks and industry earnings news, Working Paper, Cornell University, Ithaca, NY.
- Agora Energiewende** (2020), Zwischen Rekordhoch und Abschaffung: Die EEG-Umlage 2021 in Zeiten der Corona-Krise, Kurzanalyse, Berlin.
- Agora Energiewende** und Wuppertal Institut (2019), Klimaneutrale Industrie: Schlüsseltechnologien und Politikoptionen für Stahl, Chemie und Zement, Studie 164/04-S-2019/DE, Berlin.
- Agora Verkehrswende** (2019), Klimabilanz von Elektroautos – Einflussfaktoren und Verbesserungspotenzial, Studie 22-2019-DE, unter Mitwirkung des Instituts für Energie- und Umweltforschung, Berlin und Heidelberg.
- Alan**, S., S. Ertac und I. Mumcu (2018), Gender stereotypes in the classroom and effects on achievement, *Review of Economics and Statistics* 100 (5), 876–890.
- Anderson**, S.T., I.W.H. Parry, J.M. Sallee und C. Fischer (2011), Automobile fuel economy standards: Impacts, efficiency, and alternatives, *Review of Environmental Economics and Policy* 5 (1), 89–108.
- Anderson**, S.T. und J.M. Sallee (2016), Designing policies to make cars greener, *Annual Review of Resource Economics* 8 (1), 157–180.
- Andor**, M.A., A. Gerster, K.T. Gillingham und M. Horvath (2020), Running a car costs much more than people think – stalling the uptake of green travel, *Nature* 580 (7804), 453–455.
- Bach**, S. et al. (2019a), Für eine sozialverträgliche CO<sub>2</sub>-Bepreisung, DIW Berlin: Politikberatung kompakt 138, Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung, Berlin.
- Bach**, S. et al. (2019b), CO<sub>2</sub>-Bepreisung im Wärme- und Verkehrssektor: Diskussion von Wirkungen und alternativen Entlastungsoptionen, DIW Berlin: Politikberatung kompakt 140, Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung, Berlin.
- Baczak**, A. et al. (2020), Potenziale beruflicher Anerkennung bei der Fachkräfteeinwanderung: Eine Analyse der beruflichen Bildung in dreizehn Fokussländern, IW-Report 48/2020, Institut der deutschen Wirtschaft, Köln.
- Balcombe**, R. et al. (2004), The demand for public transport: A practical guide, TRL Report 593, Centre for Transport Studies, University College London.
- Bardt**, H. (2017), Autonomous driving – a challenge for the automotive industry, *Intereconomics* 52 (3), 171–177.
- Batten**, S., R. Sowerbutts und M. Tanaka (2016), Let’s talk about the weather: The impact of climate change on central banks, Staff Working Paper 603, Bank of England, London.
- Bauer**, W., O. Riedel, F. Herrmann, D. Borrmann und C. Sachs (2018), ELAB 2.0 – Wirkungen der Fahrzeugelektrifizierung auf die Beschäftigung am Standort Deutschland, Abschlussbericht, Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO), Stuttgart.
- BDEW** (2020), BDEW-Strompreisanalyse Juli 2020 – Haushalte und Industrie, Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft, Berlin.
- BMF** (2020), Regierungsentwurf des Finanzplans des Bundes, Bundesministerium der Finanzen, Berlin.
- BMF** (2019), Finanzierung des Klimaschutzprogramms auf dem Weg, Bundesministerium der Finanzen, Berlin, <https://www.bundesfinanzministerium.de/Content/DE/Standardartikel/Themen/Schlaglichter/Klimaschutz/2019-10-02-finanzierung-klimaschutzprojekt.html>, abgerufen am 1.10.2019.
- BMU** (2019a), Klimaschutzprogramm 2030 zur Umsetzung des Klimaschutzplans 2050, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit, Berlin.
- BMU** (2019b), Klimaschutz in Zahlen: Sektorenziele 2030, Klimaschutz in Zahlen, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit, Berlin.
- BMWi** (2020a), EEG-Umlage 2021: Fakten & Hintergründe, Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, Berlin.

- [BMW](#) (2020b), Die Nationale Wasserstoffstrategie, Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, Berlin.
- [BMW](#) (2020c), Batterien „made in Germany“ – ein Beitrag zu nachhaltigem Wachstum und klimafreundlicher Mobilität, Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Dossier/batteriezellenfertigung.html>, abgerufen am 7.9.2020.
- [BMW](#) (2019), Freiräume für Innovationen – Das Handbuch für Reallabore, Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, Berlin, Juli.
- [BMW](#) (2018), Innovationen für die Energiewende – 7. Energieforschungsprogramm der Bundesregierung, Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, Berlin.
- [Böhringer](#), C., K.E. Rosendahl und H.B. Storrøsten (2017), Robust policies to mitigate carbon leakage, *Journal of Public Economics* 149, 35–46.
- [Brenner](#), T., C. Emmrich und C. Schlump (2013), Regional effects of a cluster-oriented policy measure – The case of the InnoRegio program in Germany, Working Paper on Innovation and Space 05.13, Philipps-Universität Marburg, Fachbereich Geographie.
- [Buchal](#), C., H.-D. Karl und H.-W. Sinn (2019), Kohlemotoren, Windmotoren und Dieselmotoren: Was zeigt die CO<sub>2</sub>-Bilanz?, *ifo Schnelldienst* 72 (8), 40–54.
- [Büdenbender](#), U. (2019), Rechtliche Rahmenbedingungen für eine CO<sub>2</sub>-Bepreisung in der Bundesrepublik Deutschland, Expertise für den Sachverständigenrat zur Begutachtung der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung, Arbeitspapier 05/2019, Wiesbaden.
- [Bundesrat](#) (2020), Unterrichtung durch die Bundesregierung: Finanzplan des Bundes 2020 bis 2024, Drucksache 517/20, Berlin, 9. Oktober.
- [Bundesregierung](#) (2020), Masterplan Ladeinfrastruktur der Bundesregierung: Ziele und Maßnahmen für den Ladeinfrastrukturaufbau bis 2030, Berlin.
- [Carlana](#), M. (2019), Implicit stereotypes: Evidence from teachers' gender bias, *Quarterly Journal of Economics* 134 (3), 1163–1224.
- [Chandra](#), A., S. Gulati und M. Kandlikar (2010), Green drivers or free riders? An analysis of tax rebates for hybrid vehicles, *Journal of Environmental Economics and Management* 60 (2), 78–93.
- [Coffman](#), M., P. Bernstein und S. Wee (2017), Electric vehicles revisited: A review of factors that affect adoption, *Transport Reviews* 37 (1), 79–93.
- [Cramton](#), P., R.R. Geddes und A. Ockenfels (2019), Using technology to eliminate traffic congestion, *Journal of Institutional and Theoretical Economics (JITE)* 175 (1), 126–139.
- [Cramton](#), P., R.R. Geddes und A. Ockenfels (2018), Set road charges in real time to ease traffic, *Nature* 560 (7716), 23–25.
- [Cui](#), H., D. Hall und N. Lutsey (2020), Update on the global transition to electric vehicles through 2019, ICCT Briefing July 2020, International Council on Clean Transportation, Washington, DC.
- [dena](#) (2020), Vorschlag für die Senkung der EEG-Umlage auf null: Ein Impuls für eine Beschleunigung der Energiewende, Kurzstudie, Deutsche Energie-Agentur, Berlin.
- [dena](#) (2018a), Impulse zur Weiterentwicklung der Netzentgeltsystematik, Ergebnispapier der Taskforce Netzentgelte, Deutsche Energie-Agentur, Berlin.
- [dena](#) (2018b), dena-Leitstudie Integrierte Energiewende – Impulse für die Gestaltung des Energiesystems bis 2050, Deutsche Energie-Agentur, Berlin.
- [Deutsche Finanzagentur](#) (2020), Erste Grüne Bundesanleihe erfolgreich platziert. Das Emissionsvolumen beträgt 6,5 Mrd. Euro, Pressemitteilung 9, Frankfurt am Main, 2. September.
- [Deutscher Bundestag](#) (2020a), Fragen zur Entwicklung der Netzentgelte im Stromsektor, Dokumentation WD 5-3000-012/20, Deutscher Bundestag – Wissenschaftliche Dienste, Berlin.
- [Deutscher Bundestag](#) (2020b), Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der Abgeordneten Sandra Weeser, Michael Theurer, Reinhard Houben, weiterer Abgeordneter und der Fraktion der FDP, Drucksache 19/16417, Berlin, 8. Januar.
- [Deutsches Dialog Institut](#) und Noerr (2018), Elektromobilitätsgesetz (EmoG): Gesetz zur Bevorrechtigung der Verwendung elektrisch betriebener Fahrzeuge, Berichterstattung 2018, im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur und des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit, Frankfurt am Main.

- Dixit, A.K. und R.S. Pindyck (1994), *Investment Under Uncertainty*, Princeton University Press, Princeton.
- Dobson, N.L. (2018), The EU's conditioning of the 'extraterritorial' carbon footprint: A call for an integrated approach in trade law discourse, *Review of European, Comparative & International Environmental Law* 27 (1), 75–89.
- Dolci, F. et al. (2019), Incentives and legal barriers for power-to-hydrogen pathways: An international snapshot, *International Journal of Hydrogen Energy* 44 (23), 11394–11401.
- Donnan, S., B. Jopson und P. McClean (2017), EU and others gear up for WTO challenge to US border tax, *Financial Times*, Washington, DC und Brüssel, 14. Februar.
- Dröge, S., H.V. Asselt, K. Das und M. Mehling (2018), *Mobilising trade policy for climate action under the Paris agreement: Options for the European Union*, SWP Research Paper 2018/RP 01, Stiftung Wissenschaft und Politik, Berlin.
- Dröge, S. und C. Fischer (2020), Pricing carbon at the border: Key questions for the EU, *ifo DICE Report* 18 (1), 30–34.
- EASAC (2019), *Decarbonisation of transport: Options and challenges*, EASAC policy report 37, European Academies Science Advisory Council, Halle (Saale).
- Edenhofer, O., C. Flachsland, M. Kalkuhl, B. Knopf und M. Pahle (2019a), *Optionen für eine CO<sub>2</sub>-Preisreform*, Expertise für den Sachverständigenrat zur Begutachtung der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung, Arbeitspapier 04/2019, Wiesbaden.
- Edenhofer, O., C. Flachsland, M. Kalkuhl, B. Knopf und M. Pahle (2019b), *Bewertung des Klimapakets und nächste Schritte: CO<sub>2</sub>-Preis, sozialer Ausgleich*, Europa, Monitoring, Mercator Research Institute on Global Commons and Climate Change, Berlin.
- Edenhofer, O., M. Kalkuhl und A. Ockenfels (2020), *Das Klimaschutzprogramm der Bundesregierung: Eine Wende der deutschen Klimapolitik?*, *Perspektiven der Wirtschaftspolitik* 21 (1), 4–18.
- Edenhofer, O. und C.M. Schmidt (2018), *Eckpunkte einer CO<sub>2</sub>-Preisreform: Gemeinsamer Vorschlag von Ottmar Edenhofer (PIK/MCC) und Christoph M. Schmidt (RWI)*, *RWI Positionen* 72, RWI – Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung, Essen.
- EFI (2015), *Gutachten zu Forschung, Innovation und technologischer Leistungsfähigkeit Deutschlands 2015*, Expertenkommission Forschung und Innovation, Berlin.
- Emilsson, E. und L. Dahlöf (2019), *Lithium-ion vehicle battery production – Status 2019 on energy use, CO<sub>2</sub> emissions, use of metals, products environmental footprint, and recycling*, IVL Report C 444, IVL Swedish Environmental Research Institute, Stockholm.
- Engel, D., T. Mitze, R. Patuelli und J. Reinkowski (2013), Does cluster policy trigger R&D activity? Evidence from German biotech contests, *European Planning Studies* 21 (11), 1735–1759.
- EU TEG (2020), *Sustainable finance: TEG final report on the EU taxonomy*, EU Technical Expert Group on Sustainable Finance, Brüssel.
- Europäische Kommission (2020a), *A hydrogen strategy for a climate-neutral Europe*, COM(2020) 301 final, Brüssel, 8. Juli.
- Europäische Kommission (2020b), *Powering a climate-neutral economy: An EU strategy for energy system integration*, COM(2020) 299 final, Brüssel, 8. Juli.
- Europäische Kommission (2020c), *EU expenditure and revenue 2014-2020*, [https://ec.europa.eu/budget/graphs/revenue\\_expenditure.html](https://ec.europa.eu/budget/graphs/revenue_expenditure.html), abgerufen am 8.9.2020.
- Europäische Kommission (2020d), *The Environmental Footprint transition phase*, [https://ec.europa.eu/environment/eussd/smgp/ef\\_transition.htm](https://ec.europa.eu/environment/eussd/smgp/ef_transition.htm), abgerufen am 31.10.2020.
- Europäische Kommission (2019a), *Der europäische Grüne Deal*, COM/2019/640 final, Brüssel, 11. Dezember.
- Europäische Kommission (2019b), *Report on the implementation of the strategic action plan on batteries: Building a strategic battery value chain in Europe*, COM(2019) 176 final, Brüssel, 9. April.
- Europäische Kommission (2018), *Aktionsplan: Finanzierung nachhaltigen Wachstums*, COM/2018/97 final, Brüssel, 8. März.
- Europäische Kommission (2014), *Kriterien für die Würdigung der Vereinbarkeit von staatlichen Beihilfen zur Förderung wichtiger Vorhaben von gemeinsamem europäischem Interesse mit dem Binnenmarkt*, 2014/C 188/02, Brüssel, 20. Juni.

- Falck, O., M. Ebnert, J. Koenen, J. Dieler und J. Wackerbauer (2017), Auswirkungen eines Zulassungsverbots für Personenkraftwagen und leichte Nutzfahrzeuge mit Verbrennungsmotor, ifo Forschungsbericht 87/2017, ifo Institut im Auftrag des Verbands der Automobilindustrie, München.
- Falck, O. und J. Koenen (2019), Fahrzeugbau – wie verändert sich die Wertschöpfungskette?, ifo-Studie, ifo Institut im Auftrag des Bayerischen Industrie- und Handelskammertages, München.
- Figenbaum, E. und M. Kolbenstvedt (2016), Learning from Norwegian battery electric and plug-in hybrid vehicle users – Results from a survey of vehicle owners, TØI report 1492/2016, Institute of Transport Economics Norwegian Centre for Transport Research, Oslo.
- FNG (2020), Marktbericht Nachhaltige Geldanlagen 2020 – Deutschland, Österreich & die Schweiz, Forum Nachhaltige Geldanlagen, Berlin.
- García, B., A. Skinner, S. Hector, L. Ederli Fickinger, W. Kahlenborn und D. Weiss (2020), European sustainable finance survey 2020, adelphi research, Berlin.
- Garnadt, N., V. Grimm und W.H. Reuter (2020), Border carbon adjustment: Empirics, design and caveats, Arbeitspapier, Sachverständigenrat zur Begutachtung der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung, Wiesbaden, im Erscheinen.
- Gillingham, K. (2013), The economics of fuel economy standards versus feebates, NEPI Working Paper, National Energy Policy Institute, Tulsa, OK.
- Glenk, G. und S. Reichelstein (2019), Economics of converting renewable power to hydrogen, Nature Energy 4 (3), 216–222.
- Grimm, V. (2020), Der Green Deal als Chance für die zukünftige Wettbewerbsfähigkeit in Europa: Wasserstoff und synthetische Energieträger, ifo Schnelldienst 73 (6), 22–28.
- H2.B (2020), Positionspapier des Wasserstoffbündnis Bayern zur Bayerischen Wasserstoffwirtschaft, Mai 2020, Zentrum Wasserstoff.Bayern, Nürnberg.
- Hall, D. und N. Lutsey (2018), Effects of battery manufacturing on electric vehicle life-cycle greenhouse gas emissions, Briefing, The International Council on Clean Transportation, Washington, DC.
- Hall, D. und N. Lutsey (2017), Emerging best practices for electric vehicle charging infrastructure, ICCT White Paper, The International Council on Clean Transportation, Washington, DC.
- Hebling, C. et al. (2019), Eine Wasserstoff-Roadmap für Deutschland, Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI und Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE, Karlsruhe und Freiburg.
- Helm, D. und C. Hepburn (2005), Carbon contracts and energy policy: An outline proposal, New College and St Hugh's College, Oxford.
- Heuser, P.-M., D.S. Ryberg, T. Grube, M. Robinius und D. Stolten (2019), Techno-economic analysis of a potential energy trading link between Patagonia and Japan based on CO2 free hydrogen, International Journal of Hydrogen Energy 44 (25), 12733–12747.
- Hirst, D. und M. Keep (2018), Carbon Price Floor (CPF) and the price support mechanism, Briefing Paper 05927, House of Commons Library, London.
- Hong, H., F.W. Li und J. Xu (2019), Climate risks and market efficiency, Journal of Econometrics 208 (1), 265–281.
- Hoppe, H.C. (2002), The Timing of New Technology Adoption: Theoretical Models and Empirical Evidence, The Manchester School 70 (1), 56–76.
- Ibikunle, G. und T. Steffen (2017), European green mutual fund performance: A comparative analysis with their conventional and black peers, Journal of Business Ethics 145 (2), 337–355.
- IEA (2020), Global EV Outlook 2020: Entering the decade of electric drive?, Technology report – June 2020, Internationale Energieagentur, Paris.
- IEA (2019a), Global EV Outlook 2019: Scaling up the transition to electric mobility, Technology report – May 2019, Internationale Energieagentur, Paris.
- IEA (2019b), The future of hydrogen – Seizing today's opportunities, Technology report – June 2019, Internationale Energieagentur, Paris.
- Iida, S. und K. Sakata (2019), Hydrogen technologies and developments in Japan, Clean Energy 3 (2), 105–113.

- [IRENA](#) (2020), Global Renewables Outlook: Energy transformation 2050, Global Energy Transformation Report Edition 2020, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.
- [Kahles](#), M. und T. Müller (2020), Senkung der EEG-Umlage und Beihilferecht – Optionen für die Verwendung der Einnahmen aus dem Brennstoffemissionshandelsgesetz und deren Rechtsfolgen, Würzburger Berichte zum Umweltenergierecht, Hintergrundpapier 48, Stiftung Umweltenergierecht, Würzburg.
- [Kan](#), S. (2020), South Korea's hydrogen strategy and industrial perspectives, Édito Énergie, Institut français des relations internationales, Paris.
- [Kasten](#), P. (2018), Ein Kostenvergleich zwischen batterie-elektrischen und verbrennungsmotorischen Pkw als Klimaschutzoption für das Jahr 2030, Öko-Institut im Auftrag von Agora Verkehrswende, Berlin.
- [Kelly](#), J.C., Q. Dai und M. Wang (2020), Globally regional life cycle analysis of automotive lithium-ion nickel manganese cobalt batteries, Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change 25 (3), 371–396.
- [Koalitionsausschuss](#) (2020), Corona-Folgen bekämpfen, Wohlstand sichern, Zukunftsfähigkeit stärken, Eckpunkte des Konjunkturprogramms, Berlin, 3. Juni.
- [Koch](#) Blank, T. (2019), The disruptive potential of green steel, Insight Brief, Rocky Mountain Institute, Boulder, CO.
- [Köder](#), L. und A. Burger (2017), Umweltschädliche Subventionen in Deutschland – Aktualisierte Ausgabe 2016, Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau.
- [Lavy](#), V. (2008), Do gender stereotypes reduce girls' or boys' human capital outcomes? Evidence from a natural experiment, Journal of Public Economics 92 (10), 2083–2105.
- [Lavy](#), V. und E. Sand (2018), On the origins of gender gaps in human capital: Short- and long-term consequences of teachers' biases, Journal of Public Economics 167, 263–279.
- [Liebich](#), L., L. Nöh, F. Rutkowski und M. Schwarz (2020), Current developments in green finance, Working Paper 05/2020, Sachverständigenrat zur Begutachtung der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung, Wiesbaden.
- [Löschel](#), A., G. Erdmann, F. Staiß und H.-J. Ziesing (2019), Stellungnahme zum zweiten Fortschrittsbericht der Bundesregierung für das Berichtsjahr 2017, Expertenkommission zum Monitoring-Prozess „Energie der Zukunft“, Berlin, Münster, Stuttgart.
- [Mattauch](#), L., F. Creutzig und O. Edenhofer (2015), Avoiding carbon lock-in: Policy options for advancing structural change, Economic Modelling 50, 49–63.
- [Mönning](#), A., C. Schneemann, E. Weber, G. Zika und R. Helmrich (2018), Elektromobilität 2035: Effekte auf Wirtschaft und Erwerbstätigkeit durch die Elektrifizierung des Antriebsstrangs von Personenkraftwagen, IAB Forschungsbericht 8/2018, Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung der Bundesagentur für Arbeit, Nürnberg.
- [Nagashima](#), M. (2018), Japan's hydrogen strategy and its economic and geopolitical implications, Etudes de l'Ifri, October 2018, Institut français des relations internationales, Paris.
- [Nemet](#), G.F., V. Zipperer und M. Kraus (2018), The valley of death, the technology pork barrel, and public support for large demonstration projects, Energy Policy 119, 154–167.
- [Nöh](#), L., F. Rutkowski und M. Schwarz (2020), Auswirkungen einer CO<sub>2</sub>-Bepreisung auf die Verbraucherpreisinflation, Arbeitspapier 03/2020, Sachverständigenrat zur Begutachtung der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung, Wiesbaden.
- [Nordhaus](#), W. (2015), Climate clubs: Overcoming free-riding in international climate policy, American Economic Review 105 (4), 1339–1370.
- [NPM](#) (2019a), Wege zur Erreichung der Klimaziele 2030 im Verkehrssektor, Zwischenbericht 03/2019 der Arbeitsgruppe 1 „Klimaschutz im Verkehr“, Nationale Plattform Zukunft der Mobilität, Berlin.
- [NPM](#) (2019b), Sofortpaket Ladeinfrastruktur 2019, Bericht 03/2019 der Arbeitsgruppe 5 „Verknüpfung der Verkehrs- und Energienetze, Sektorkopplung“, Nationale Plattform Zukunft der Mobilität, Berlin.
- [NPM](#) (2019c), Elektromobilität. Brennstoffzelle. Alternative Kraftstoffe – Einsatzmöglichkeiten aus technologischer Sicht, Kurzbericht 11/2019 der Arbeitsgruppe 2 „Alternative Antriebe und Kraftstoffe für nachhaltige Mobilität“, Nationale Plattform Zukunft der Mobilität, Berlin.
- [Pfenning](#), M., N. Gerhardt, C. Pape und D. Böttger (2017), Mittel- und langfristige Potenziale von PTL- und H<sub>2</sub>-Importen aus internationalen EE-Vorzugsregionen, Teilbericht im Auftrag des Bundesministeriums für

Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit, Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik IWES, Kassel.

Pittel, K. und A. Schmitt (2020), A tale of two crises: Klimapolitik und Verteilungswirkungen im Corona-Konjunkturpaket, ifo Schnelldienst 73 (7), 24–29.

Preuss, M. (2020), Herausforderungen für die Transformation des deutschen Verkehrssektors, mimeo.

Preuss, M., W.H. Reuter und C.M. Schmidt (2019), Verteilungswirkung einer CO<sub>2</sub>-Bepreisung in Deutschland, Arbeitspapier 08/2019, Sachverständigenrat zur Begutachtung der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung, Wiesbaden.

Priesack, K., W. Apt, G. Glock, H. Strach, S. Krabel und M. Bovenschulte (2018), Qualität der Arbeit, Beschäftigung und Beschäftigungsfähigkeit im Wechselspiel von Technologie, Organisation und Qualifikation, Branchenbericht: Automobil FB522/1, im Auftrag des Bundesministeriums für Arbeit und Soziales, Berlin.

Puls, T. und M. Fritsch (2020), Eine Branche unter Druck: Die Bedeutung der Autoindustrie für Deutschland, IW-Report 43/2020, Institut der deutschen Wirtschaft, Köln.

Ram, M. et al. (2018), Global energy system based on 100% renewable energy – Energy transition in Europe across power, heat, transport and desalination sectors, Studie, LUT Universität und Energy Watch Group, Lappeenranta und Berlin.

RAP (2014), Netzentgelte in Deutschland: Herausforderungen und Handlungsoptionen, Studie im Auftrag von Agora Energiewende, The Regulatory Assistance Project, Berlin.

Richstein, J.C. und K. Neuhoff (2019), CO<sub>2</sub>-Differenzverträge für innovative Klimalösungen in der Industrie, DIW aktuell 23, Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung, Berlin.

Romare, M. und L. Dahllöf (2017), The life cycle energy consumption and greenhouse gas emissions from lithium-ion batteries, Studie C 243, IVL Swedish Environmental Research Institute, Stockholm.

Runge, P., C. Sölch, J. Albert, P. Wasserscheid, G. Zöttl und V. Grimm (2020), Economic comparison of electric fuels produced at excellent locations for renewable energies: A scenario for 2035, Energie Campus Nürnberg.

Runkel, M. (2018), Literaturrecherche zu Studien, die eine Dekarbonisierung der Stromerzeugung und anderer Anwendungsbereiche in Deutschland, Europa und weltweit untersuchen, Climate Change 14/2018, Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau.

Sartor, O. und C. Bataille (2019), Decarbonising basic materials in Europe: How Carbon Contracts-for-Difference could help bring breakthrough technologies to market, IDDRI Study 06/19, Institut du développement durable et des relations internationales, Paris.

Schimek, F., T. Nauhauser, M. Robinius, D. Stolten und C. Hille (2020), Wasserstoff Studie: Chancen, Potentiale & Herausforderungen im globalen Energiesystem, Umlaut Energy GmbH, Hamburg.

Silva, F. und M.C. Cortez (2016), The performance of US and European green funds in different market conditions, Journal of Cleaner Production 135, 558–566.

SRU (2017), Umsteuern erforderlich: Klimaschutz im Verkehrssektor, Sondergutachten November 2017, Sachverständigenrat für Umweltfragen, Berlin.

Sterchele, P. et al. (2020), Wege zu einem klimaneutralen Energiesystem – Die deutsche Energiewende im Kontext gesellschaftlicher Verhaltensweisen, Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE, Freiburg.

Stiglitz, J.E. (2019), Addressing climate change through price and non-price interventions, European Economic Review 119, 594–612.

Stiglitz, J.E. et al. (2017), Report of the high-level commission on carbon prices, Weltbank, Washington, DC.

Thielmann, A., M. Wietschel, S. Funke, A. Grimm, T. Hettesheimer und S. Langkau (2020), Batterien für Elektroautos: Faktencheck und Handlungsbedarf, Fraunhofer-Institut für System und Innovationsforschung ISI, Karlsruhe.

Timmerberg, S. und M. Kaltschmitt (2019), Hydrogen from renewables: Supply from North Africa to Central Europe as blend in existing pipelines – Potentials and costs, Applied Energy 237, 795–809.

Umweltbundesamt (2020), Emissionen des Verkehrs, <https://www.umweltbundesamt.de/daten/verkehr/emissionen-des-verkehrs#pkw-fahren-heute-klima-und-umweltvertraglicher>, abgerufen am 17.2.2020.

- [Umweltbundesamt](#) (2014), Treibhausgasneutrales Deutschland im Jahr 2050, Climate Change 07/2014, Dessau-Roßlau.
- [Van Velzen](#), A., J.A. Annema, G. Van de Kaa und B. Van Wee (2019), Proposing a more comprehensive future total cost of ownership estimation framework for electric vehicles, Energy Policy 129, 1034–1046.
- [Vogl](#), V., M. Åhman und L.J. Nilsson (2020), The making of green steel in the EU: A policy evaluation for the early commercialization phase, Climate Policy (2020), 1–15.
- [Volkswagen](#) (2019), Klimabilanz von E-Fahrzeugen & Life Cycle Engineering, Wolfsburg.
- [Wagner](#), J., F. Arnold und S. Jeddi (2020), Einfluss der Covid-19-Pandemie auf den Großhandelsstrompreis und die EEG-Umlage, EWI-Kurzanalyse im Auftrag der E.ON SE, Energiewirtschaftliches Institut an der Universität zu Köln.
- [Weltbank](#) (2020), State and trends of carbon pricing 2020, Washington, DC.
- [Wietschel](#), M. (2020), Ein Update zur Klimabilanz von Elektrofahrzeugen, Working Paper Sustainability and Innovation S 01/2020, Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI, Karlsruhe.
- [Wietschel](#), M., M. Kühnbach und D. Rüdiger (2019), Die aktuelle Treibhausgasemissionsbilanz von Elektrofahrzeugen in Deutschland, Working Paper Sustainability and Innovation S 02/2019, Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI, Karlsruhe.
- [Winkler](#), J., J. George, A. Held, A. Bekk und M. Ragwitz (2020), Auswirkungen klima- und energiepolitischer Instrumente mit Fokus auf EEG-Umlage, Stromsteuer und CO<sub>2</sub>-Preis – Finanzierungsmechanismus für erneuerbare Energien: Einnahmen- und Refinanzierungsseite, Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie, Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI, Karlsruhe.
- [Wissenschaftlicher Beirat beim BMWi](#) (2020), Öffentliche Infrastruktur in Deutschland: Probleme und Reformbedarf, Gutachten, Wissenschaftlicher Beirat beim Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, Berlin.
- [Wissenschaftlicher Beirat beim BMWi](#) (2019a), Energiepreise und effiziente Klimapolitik, Gutachten, Wissenschaftlicher Beirat beim Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, Berlin.
- [Wissenschaftlicher Beirat beim BMWi](#) (2019b), Eine marktorientierte Verkehrswende, Brief an Peter Altmaier, Bundesminister für Wirtschaft und Energie, 30. April.
- [Wood](#), T. und G. Dundas (2020), Start with steel, Grattan Institute Report 2020–06, Grattan Institute, Melbourne.
- [Wu](#), G., A. Inderbitzin und C. Bening (2015), Total cost of ownership of electric vehicles compared to conventional vehicles: A probabilistic analysis and projection across market segments, Energy Policy 80, 196–214.