

CLIMATE CHANGE

27/2022

Zwischenbericht

# Die Rolle der CO<sub>2</sub>-Bepreisung im Instrumentenmix für die Transformation im Verkehrssektor

von:

Wiebke Zimmer, Ruth Blanck, Konstantin Kreye,  
Jakob Graichen, Peter Kasten  
Öko-Institut e.V., Berlin

Herausgeber:

Umweltbundesamt



CLIMATE CHANGE 27/2022

Ressortforschungsplan des Bundesministeriums für Umwelt,  
Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz

Forschungskennzahl 3719 41 107 0

FB000845

Zwischenbericht

# **Die Rolle der CO<sub>2</sub>-Bepreisung im Instrumentenmix für die Transformation im Verkehrssektor**

von

Wiebke Zimmer, Ruth Blanck, Konstantin Kreye,  
Jakob Graichen, Peter Kasten  
Öko-Institut e.V., Berlin

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

## Impressum

### Herausgeber

Umweltbundesamt  
Wörlitzer Platz 1  
06844 Dessau-Roßlau  
Tel: +49 340-2103-0  
Fax: +49 340-2103-2285  
[buergerservice@uba.de](mailto:buergerservice@uba.de)  
Internet: [www.umweltbundesamt.de](http://www.umweltbundesamt.de)

[f/umweltbundesamt.de](https://www.facebook.com/umweltbundesamt.de)

[t/umweltbundesamt](https://twitter.com/umweltbundesamt)

### Durchführung der Studie:

Öko-Institut e.V.  
Borkumstraße 2  
13189 Berlin

### Abschlussdatum:

Oktober 2021

### Redaktion:

Fachgebiet V 3.3 Deutsche Emissionshandelsstelle (DEHSt)  
Hans Zschüttig, Claudia Gibis

Publikationen als pdf:

<http://www.umweltbundesamt.de/publikationen>

ISSN 1862-4359

Dessau-Roßlau, Juni 2022

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen und Autoren.

**Kurzbeschreibung: Die Rolle der CO<sub>2</sub>-Bepreisung im Instrumentenmix für die Transformation im Verkehrssektor**

Das Bundes-Klimaschutzgesetz (KSG) legt für das Jahr 2030 sektorale Ziele für die Minderung der Treibhausgasemissionen fest, um die Erfüllung der nationalen Klimaziele sowie der Verpflichtungen im Rahmen der EU-Klimaschutzverordnung zu gewährleisten. Der Verkehrssektor wird sein Sektorziel mit dem bestehenden Politikrahmen voraussichtlich nicht erreichen. Als zentrales Instrument zur Unterstützung der Zielerreichung wurde die CO<sub>2</sub>-Bepreisung durch das Brennstoffemissionshandelsgesetz (BEHG) eingeführt. Die vorliegende Studie analysiert, inwiefern die CO<sub>2</sub>-Bepreisung im Zusammenwirken mit bestehenden und neuen Instrumenten zur Zielerreichung beitragen kann. Dazu werden zunächst anhand einer Szenarioanalyse zentrale Handlungsfelder für die Zielerreichung im Verkehrssektor identifiziert. Im Anschluss wird der Wirkmechanismus der CO<sub>2</sub>-Bepreisung in der Wechselwirkung mit einer Auswahl an weiteren Politikinstrumenten untersucht. Zuletzt erfolgt eine Einordnung der quantitativen Wirkung einer CO<sub>2</sub>-Bepreisung anhand von empirischen Erkenntnissen zu Preiselastizitäten im Verkehrssektor. Die Studie kommt zu dem Ergebnis, dass für die Zielerreichung im Verkehrssektor neben der CO<sub>2</sub>-Bepreisung ein ambitionierter Instrumentenmix notwendig ist.

**Abstract: The role of carbon pricing in the policy mix for decarbonising the transport sector**

The Federal Climate Change Act sets sectoral targets for the reduction of greenhouse gas emissions for 2030 to ensure compliance with national climate targets and the obligations under the EU Effort Sharing Regulation. The transport sector is expected to fail to meet its sector target under the existing policy framework. The Fuel Emissions Trading Act (BEHG) introduces CO<sub>2</sub> pricing as a key instrument to support the achievement of the target. This study analyses to what extent CO<sub>2</sub> pricing can contribute to the achievement of the sectoral target for the transport sector in combination with the further instruments. To this end, a scenario analysis is conducted to identify key fields of action for achieving the target in the transport sector. Subsequently, the effects of CO<sub>2</sub> pricing in connection with a selection of other policy instruments are analysed. Finally, the quantitative impact of CO<sub>2</sub> pricing is assessed on the basis of empirical findings on price elasticities in the transport sector. The study concludes that, in addition to CO<sub>2</sub> pricing, an ambitious policy mix is necessary to achieve the target in the transport sector.

## Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	8
Tabellenverzeichnis.....	8
Abkürzungsverzeichnis.....	9
1 Einleitung.....	10
2 Nationale und europäische Klimaschutzziele mit Bezug zum Verkehrssektor .....	12
3 Notwendigkeiten der Entwicklung von Technologiemitx und Verkehrsnachfrage für die Einhaltung der Klimaschutzziele.....	16
3.1 Vergleich von Szenarien anhand wesentlicher Parameter .....	17
3.2 Fazit aus der Auswertung der Szenarien.....	25
4 Klimaschutzinstrumente im Verkehrssektor im Kontext des nEHS.....	28
4.1 Überblick über Wirkungen und Wirkungszusammenhänge von Einzelinstrumenten im Kontext des nEHS .....	28
4.1.1 CO <sub>2</sub> -Bepreisung.....	30
4.1.2 Energiesteuer: Angleichung der Sätze für Diesel an Benzin .....	32
4.1.3 CO <sub>2</sub> -Standards für Pkw und leichte Nutzfahrzeuge, Phase-out von Verbrennungsmotoren .....	35
4.1.4 CO <sub>2</sub> -Standards für Lkw .....	38
4.1.5 Quote für E-Fahrzeuge.....	39
4.1.6 Kfz-Steuer.....	40
4.1.7 Dienstwagensteuer .....	43
4.1.8 Entfernungspauschale .....	45
4.1.9 Pkw-Maut.....	47
4.1.10 Lkw-Maut .....	49
4.1.11 Tempolimit.....	51
4.1.12 Förderung Umweltverbund/Schienengüterverkehr .....	52
4.1.13 Exkurs: Förderung alternativer Kraftstoffe .....	54
4.2 Quantifizierung von Wirkungen eines CO <sub>2</sub> -Preises.....	60
4.2.1 Heterogene Elastizitäten.....	60
4.2.2 Unterschiedliche abhängige Variablen .....	61
4.2.3 Kurzer Literatureinblick.....	62
4.2.4 Abschätzung von Elastizitäten für Deutschland.....	63
4.2.5 Schlussfolgerungen aus der Betrachtung von Preiselastizitäten.....	64
4.3 Zusammenfassende Analyse der Wechselwirkungen von Maßnahmen und Instrumenten mit einem CO <sub>2</sub> -Preis .....	65

5 Fazit ..... 67

Literaturverzeichnis..... 70

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	THG-Emissionen des Verkehrssektors einschließlich der im Klimaschutzgesetz festgelegten Entwicklung der zulässigen sektoralen Jahresemissionsmengen .....	14
Abbildung 2:	Treibhausgasemissionen im Verkehr im Jahr 2030 und 2050 in den untersuchten Szenarien .....	18
Abbildung 3:	Entwicklung der Personenverkehrsnachfrage.....	19
Abbildung 4:	Entwicklung der Güterverkehrsnachfrage.....	20
Abbildung 5:	Entwicklung des Pkw-Bestands nach verschiedenen Antriebstypen .....	22
Abbildung 6:	Entwicklung der Antriebsverteilung von Lkw .....	23
Abbildung 7:	Entwicklung der Antriebsverteilung von Last- und Sattelzügen.....	24
Abbildung 8:	Endenergieverbrauch differenziert nach Energieträgern .....	25
Abbildung 9:	Dieselsteuern ausgewählter Länder der EU im Zeitverlauf.....	35

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Zusammenfassende Ergebnisse der Szenarien .....	26
Tabelle 2:	Wirkmechanismen der untersuchten Instrumente.....	29
Tabelle 3:	Untersuchte Zusammenhänge von Preiselastizitäten im Verkehr.....	61
Tabelle 4:	Best-Guess: differenzierte Preiselastizitäten des Kraftstoffverbrauchs (kurz- bis mittelfristig) im Personenverkehr .....	63

## Abkürzungsverzeichnis

<b>BEHG</b>	Brennstoffemissionshandelsgesetz
<b>BEV</b>	Battery Electric Vehicle - Elektrofahrzeug
<b>BMU</b>	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
<b>BSZ</b>	Brennstoffzelle
<b>CNG</b>	Compressed Natural Gas – Komprimiertes Erdgas
<b>ESR</b>	Effort Sharing Regulation
<b>ETS</b>	Emissions Trading System - Emissionshandelssystem
<b>iLUC</b>	indirect Land Use Change – indirekte Landnutzungsänderungen
<b>LNF</b>	Leichte Nutzfahrzeuge
<b>KSG</b>	Klimaschutzgesetz
<b>LPG</b>	Liquefied Petroleum Gas - Autogas
<b>MIV</b>	Motorisierter Individualverkehr
<b>MOP</b>	Mobilitätspanel
<b>NDC</b>	Nationally determined contributions – nationale Minderungsbeiträge unter dem Paris Agreement
<b>NEFZ</b>	Neuen Europäischen Fahrzyklus
<b>nEHS</b>	nationales Emissionshandelssystem
<b>ÖPNV</b>	Öffentlicher Personennahverkehr
<b>ÖV</b>	Öffentlicher Verkehr
<b>PHEV</b>	Plug-in-Hybrid Electric Vehicle
<b>PJ</b>	Petajoule
<b>RFNBO</b>	Renewable fuels of non-biological origin
<b>THG</b>	Treibhausgas
<b>UBA</b>	Umweltbundesamt, Dessau
<b>WLTP</b>	Worldwide Harmonised Light-Duty Vehicles Test Procedure - weltweit harmonisiertes Testverfahren für leichtgewichtige Nutzfahrzeuge
<b>ZLEV</b>	Zero and Low Emission Vehicles - Null- und emissionsarme Fahrzeuge

# 1 Einleitung

Im Klimaschutzgesetz (KSG) wurde zunächst für den Verkehrssektor die zulässige Jahresemissionsmenge im Jahr 2030 mit 95 Mio. t CO<sub>2</sub> festgelegt. Mit der Novelle des KSG im Juni 2021 wurde diese auf 85 Mio. t CO<sub>2</sub> weiter verschärft. Mit den derzeit bestehenden Maßnahmen werden sowohl das Sektorziel für den Verkehrssektor in der ersten Version des KSG als auch das nun geltende Ziel deutlich verfehlt (Öko-Institut et al. 2020); Kemmler et al. 2020).

Die Emissionsentwicklung im Straßenverkehrssektor ist außerdem für die Einhaltung der deutschen Verpflichtung unter der EU-Klimaschutzverordnung (Effort Sharing Regulation – ESR) relevant, da er mit rund 36 % den größten Anteil an den deutschen Emissionen unter der Klimaschutzverordnung hat (European Environment Agency 2020). Unter der Verordnung gilt für Deutschland eine Minderungsverpflichtung in den Sektoren außerhalb des Europäischen Emissionshandels (EU ETS) von minus 38 % bis 2030 gegenüber dem Jahr 2005. In dem Vorschlag der EU-Kommission zur Ambitionssteigerung im Rahmen des Fit for 55-Pakets vom Juli 2021 soll dieses Ziel auf 50 % ggü. 2005 angehoben werden. Für jedes Jahr ab 2021 erhält Deutschland ein Emissionsbudget, das nicht überschritten werden darf. Auch bei der Minderungsverpflichtung aus der Klimaschutzverordnung droht ohne weitere Maßnahmen eine Zielverfehlung um 46 Mio. t CO<sub>2</sub>äq. im Jahr 2030 nach aktueller Zielsetzung (Öko-Institut et al. 2020). Bislang konnte Deutschland sein Defizit unter der für den Zeitraum 2013-2020 geltenden Lastenteilungs-Entscheidung durch in früheren Jahren nicht genutzte, angesparte Zertifikate ausgleichen. Für die Gesamtverpflichtungsperiode (2013-2020) zeichnet sich allerdings ein Defizit ab. Bei weiterer Nichteinhaltung der jährlichen Emissionsbudgets müsste Deutschland Emissionsmengen aus anderen Mitgliedstaaten zukaufen.

Als ein zentrales Instrument zur Erreichung sowohl der nationalen Sektorziele als auch der deutschen ESR-Verpflichtung wurde mit dem Brennstoffemissionshandelsgesetz (BEHG) der nationale Brennstoffemissionshandel (nEHS) eingeführt, der u.a. die Emissionen aus der Verbrennung fossiler Kraftstoffe im Verkehrssektor umfasst.

Die vorliegende Studie analysiert, inwiefern die CO<sub>2</sub>-Bepreisung durch das BEHG die Erreichung des deutschen Sektorziels und die Einhaltung der ESR-Verpflichtung im Jahr 2030 unterstützen kann. Dabei wird insbesondere darauf eingegangen, inwiefern die CO<sub>2</sub>-Bepreisung mit den bestehenden bzw. weiteren Instrumenten in Wechselwirkung steht und welche Lenkungswirkung von dem CO<sub>2</sub>-Preis ausgeht.

Die Analyse der Wechselwirkungen verschiedener Instrumente soll helfen, mögliche Ineffizienzen im Instrumentenmix zu vermeiden. CO<sub>2</sub>-Preise gelten als ökonomisch effizientes Instrument, da sie marktwirtschaftliche Anreize setzen die Emissionen dort zu vermeiden, wo es am günstigsten ist.

In Kapitel 2 werden zunächst die nationalen und europäischen Klimaschutzziele für den Verkehr dargestellt und im Zusammenhang mit dem nEHS diskutiert. Kapitel 3 identifiziert basierend auf einer Szenarioanalyse die zentralen Handlungsfelder und Entwicklungen im Verkehr, die für die Zielerreichung im Jahr 2030 notwendig sind.

In Kapitel 4 wird zunächst die Wirkung eines CO<sub>2</sub>-Preises auf der Basis von Elastizitäten anhand einer Literaturanalyse erläutert. In Abschnitt 4.2 wird dann die Wirkung der bestehenden Instrumente im Verkehrssektor sowie weiterer bzw. weiterentwickelter Instrumente im Zusammenhang mit der CO<sub>2</sub>-Bepreisung analysiert. Die Wirkungsanalyse differenziert zwischen den verschiedenen in Kapitel 3 identifizierten Handlungsfeldern und zeigt auf, wie eine

umfassende Adressierung der Handlungsfelder durch einen Mix an Instrumenten erreicht werden kann.

Kapitel 5 stellt die Schlussfolgerungen der Analyse für die Ausgestaltung des Instrumentenmixes im Verkehrssektor und die Rolle der CO<sub>2</sub>-Bepreisung in diesem Kontext dar.

## 2 Nationale und europäische Klimaschutzziele mit Bezug zum Verkehrssektor

Auf europäischer Ebene werden in der Klimaschutzverordnung Emissionslimits für den größten Teil der nicht vom EU-Emissionshandel erfassten Emissionen festgelegt.<sup>1</sup> Dabei erhält jedes EU-Mitgliedsland jährliche Emissionsbudgets, die nicht überschritten werden dürfen. Zur Einhaltung der Budgets können verschiedene Flexibilitätsmechanismen wie Banking oder Zukauf von Zertifikaten in anderen Mitgliedstaaten genutzt werden. Deutschland muss die unter der Klimaschutzverordnung regulierten Emissionen bis zum Jahr 2030 um 38 % ggü. 2005 senken. Eine weitere Differenzierung der Minderungsvorgaben in die erfassten Sektoren Verkehr, Gebäude, kleine Energie- und Industrieanlagen, Landwirtschaft und Abfall findet auf europäischer Ebene nicht statt. Zusammen mit dem Emissionshandel und der Verordnung für den Landnutzungssektor sollte so das erste NDC für das Jahr 2030, das Ziel der EU unter dem Paris Agreement, von 40 % Emissionsreduktion ggü. 1990 erreicht werden.

In dem neuen NDC (Nationally Determined Contribution) der Europäischen Union wurde das Gesamtziel von -40 % bis 2030 ggü. dem Jahr 1990 auf -55 % angehoben (European Council (EUCO) 2020; Council of the European Union (CEC) 2020). In dem im Juli 2021 veröffentlichten Fit for 55-Package zur Erreichung dieses Ziels schlägt die Kommission eine Reduktion der deutschen Treibhausgasemissionen bis 2030 um 50 % gegenüber 2005 vor. Außerdem soll in einem separaten Emissionshandelssystem (ETS 2) der europaweite Straßenverkehr und der Gebäudesektor aufgenommen werden. Dieses System ist parallel zur Klimaschutzverordnung aufgesetzt und hat ein Ziel von 43 % unter 2005 bis zum Jahr 2030. Weiterhin schlägt die Kommission eine Erhöhung des Ambitionsniveaus für die Zielwerte der CO<sub>2</sub>-Emissionsstandards für Pkw und leichte Nutzfahrzeuge im Jahr 2030 auf -55 % (Pkw) bzw. -50 % (leichte Nutzfahrzeuge) vor und setzt das Ziel, ab dem Jahr 2035 für diese Fahrzeuge nur noch Nullemissionsfahrzeuge (Reduktionsniveau der Neufahrzeugflotte: - 100 %) neu zuzulassen (Kapitel 4.1.3). Im Verkehrsziel der RED wird eine veränderte Systematik vorgeschlagen, welche das Ziel hat, bis zum Jahr 2030 die THG-Intensität der Kraftstoffherzeugung um 13 % gegenüber einem Vergleichswert für fossile Kraftstoffe (fossiler Komparator) zu reduzieren (siehe auch Kapitel 4.1.13 für eine genauere Erklärung des Vorschlags). Weitere Vorschläge mit relevantem Einfluss auf den Verkehrssektor sind die Verordnung zum Aufbau einer Infrastruktur für alternative Energieträger (Fokus: Aufbau einer Ladeinfrastruktur und eines Basisnetzes an Wasserstofftankstellen), die Energiesteuerrichtlinie (Fokus: Differenzierung der Energiebesteuerung nach Energiegehalt, Kapitel 4.1.2), sowie für den nicht bodengebundenen Verkehr die Verordnungen ReFuel EU Aviation und FuelEU Maritime, die Anforderungen zur Beimischung an erneuerbaren Kraftstoffen (Flugverkehr) und zur Reduktion der THG-Intensität in der Seeschifffahrt vorsehen.

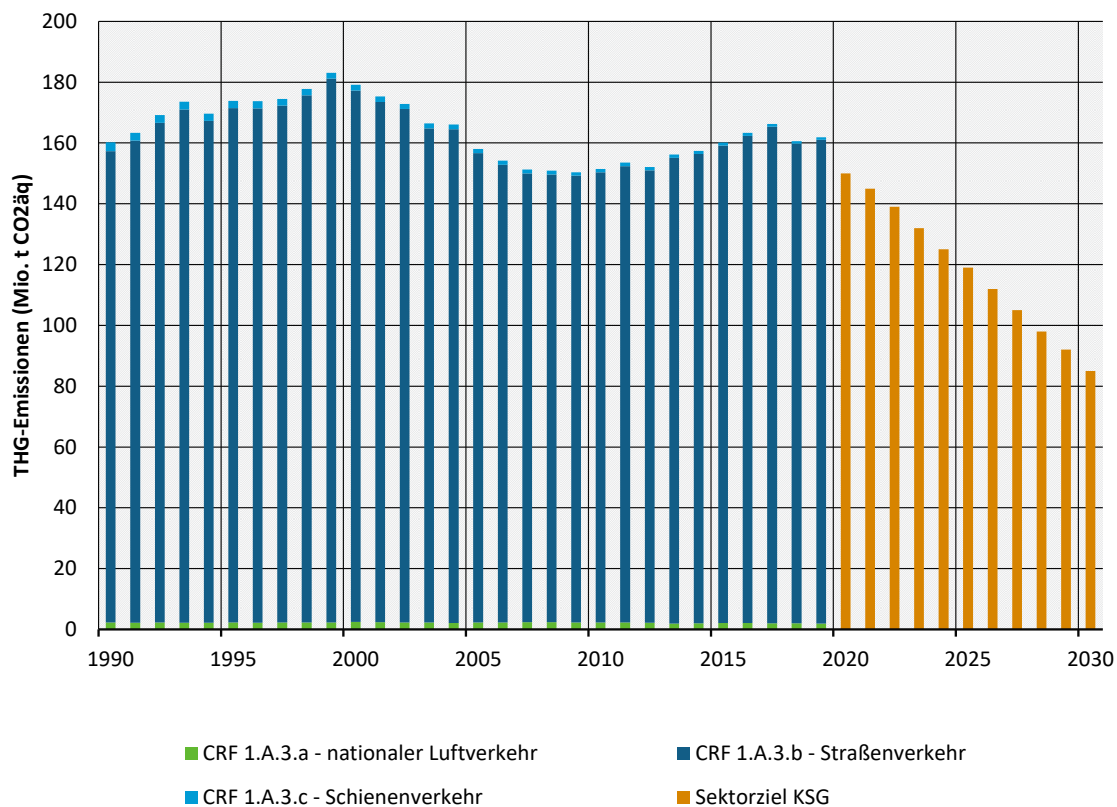
Zusätzlich zu den europäischen Vorgaben hat sich Deutschland eigenständige Ziele sowohl für nationale Emissionen als auch für einzelne Sektoren gesetzt. Auf nationaler Ebene hat Deutschland im Klimaschutzgesetz (KSG) festgelegt, dass die Emissionen bis 2030 um mindestens 65 % ggü. 1990 reduziert werden müssen. Das Klimaschutzgesetz (KSG) enthält darüber hinaus spezifische Sektorziele für die Energiewirtschaft, Industrie, Gebäude, Verkehr, Landwirtschaft sowie Abfallwirtschaft und Sonstiges. Für den Verkehrssektor beträgt das Ziel 85 Mt CO<sub>2</sub>äq. im Jahr 2030. Dies entspricht einer Minderung von 48 % ggü. 1990. Die

<sup>1</sup> Emissionen/Einbindung aus dem Landnutzungssektor, dem Flugverkehr außerhalb des ETS und des internationalen Schiffsverkehrs sind nicht in der Klimaschutzverordnung erfasst.

Bilanzgrenze des Verkehrssektors umfasst dabei die Emissionen aus folgenden Quellkategorien (CRF-Kategorien):

- ▶ CRF 1.A.3.a Ziviler inländischer Luftverkehr: Emissionen aus Inlandsflügen, d. h. alle Flüge, die in Deutschland starten und landen. Emissionen aus dem internationalen Luftverkehr werden nicht erfasst.
- ▶ CRF 1.A.3.b Straßenverkehr: Hier werden alle Emissionen sowohl aus dem Güterverkehr als auch aus dem Personenverkehr auf Straßen einbezogen. Emissionen aus der Stromproduktion für Elektrofahrzeuge fallen unter das Sektorziel der Energiewirtschaft, nicht unter den Verkehrssektor. Emissionen der landwirtschaftlichen Maschinen werden dem Sektorziel Landwirtschaft zugeordnet, die Emissionen des Bauverkehrs dem Sektorziel für die Industrie und die Emissionen des Militärs dem Ziel für den Gebäudesektor.
- ▶ CRF 1.A.3.c Schienenverkehr: Direkte Emissionen aus der Verbrennung von Brennstoffen in Schienenfahrzeugen, also insbesondere Dieselfahrzeuge, werden hier erfasst. Emissionen aus der Stromproduktion für den Schienenverkehr fallen unter das Sektorziel der Energiewirtschaft, nicht unter den Verkehrssektor.
- ▶ CRF 1.A.3.d Inländischer Schiffsverkehr: Emissionen aus inländischem Schiffsverkehr sowohl auf Binnengewässern als auch auf Nord- und Ostsee. Erfasst sind Emissionen auf Routen/Streckenabschnitten zwischen zwei deutschen Häfen.

Emissionen des Pipelinetransports werden dem Sektorziel der Energiewirtschaft zugeordnet. Es wird auf Basis des Energieabsatz berichtet, d. h. aller Treibstoffabsatz der inländischen Tankstellen wird Deutschland zugeordnet, auch wenn ein Teil der Fahrleistung im Ausland stattfindet. Dies gilt auch in die andere Richtung: im Ausland getankter Treibstoff, der in Deutschland verbraucht wird, wird dem Ursprungsland zugerechnet.

**Abbildung 1: THG-Emissionen des Verkehrssektors einschließlich der im Klimaschutzgesetz festgelegten Entwicklung der zulässigen sektoralen Jahresemissionsmengen**

Quelle: Umweltbundesamt (UBA) (2020), KSG

Als eine zentrale Maßnahme zur Erreichung sowohl der Sektorziele als auch der deutschen Verpflichtung unter der ESR wurde der nationale Brennstoffemissionshandel (nEHS) eingeführt. Der Brennstoffemissionshandel erfasst die energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen außerhalb des EU-Emissionshandels. Für die Jahre 2021-2025 sind im Brennstoffemissionshandelsgesetz (BEHG) CO<sub>2</sub>-Preise zwischen 25 Euro (2021) und 55 Euro (2025) festgelegt, für 2026 ein Preiskorridor zwischen 55 und 65 Euro. Ab dem Jahr 2027 erfolgt die Preisfindung auf dem Markt (Versteigerungsphase). Das Zusammenwirken zwischen dem nEHS und dem europaweiten ETS 2 ist noch offen, u.a. da der nEHS auch Emissionen jenseits des ETS 2 erfasst (Beispielsweise Emissionen des nicht elektrifizierten Schienenverkehrs). Als wahrscheinlich gilt aber eine Überführung des nEHS in den EU-ETS 2.

Da der nEHS nur die Emissionen aus Brennstoffen umfasst, deckt er in den ersten zwei Jahren nur ca. 70 % der von der ESR regulierten Emissionsmenge ab. Ab 2023, wenn der volle Anwendungsbereich des nEHS gilt, steigt die Abdeckung auf ca. 75 % (eigene Abschätzung Öko-Institut). Die Mengenbegrenzung des nEHS entspricht dem Anteil der Brennstoffemissionen unter der ESR in den Jahren 2016-2018. Die restlichen Emissionen stammen nicht aus Brennstoffen, sondern aus Industrieprozessen, Landwirtschaft und dem Abfallsektor. Für die Jahre 2021 und 2022 ist der Anwendungsbereich des BEHG auf flüssige und gasförmige Hauptbrennstoffe<sup>2</sup> beschränkt und entsprechend niedriger. Der Zielpfad im nEHS folgt dem Zielpfad der Klimaschutzverordnung. Damit ist der Zielpfad nicht konsistent zu den Sektorzielen

<sup>2</sup> Benzin, Gasöl, Heizöl, Erdgas und Flüssiggase, s. BEHG, Anlage 2

im KSG, da der Verkehrs- und Gebäudesektor (im nEHS) deutlich höhere Minderungen ggü. 2005 erbringen muss als der Landwirtschaftssektor (nicht im nEHS erfasst).

Aus diesen Ausführungen wird ersichtlich, dass sich die Bilanzgrenze des nEHS bezogen auf den Verkehrssektor von der Bilanzgrenze des Sektorziels im Klimaschutzgesetz unterscheidet. Während der Anknüpfungspunkt für die Pflichten im nEHS das Entstehen der Energiesteuer für den in Verkehr gebrachten Brennstoff<sup>3</sup> ist (z. B. ist die Verwendung von Brennstoffen in der gewerblichen Luftfahrt und Schifffahrt bislang energiesteuerfrei möglich, so dass diese überwiegend nicht von den Brennstoffpreisen des nEHS betroffen sind), umfasst das Sektorziel alle oben genannten Quell- bzw. CRF-Kategorien. Dem nEHS unterliegen zudem nur die CO<sub>2</sub>-Emissionen, während das Sektorziel auch die CH<sub>4</sub>- und N<sub>2</sub>O-Emissionen erfasst. CH<sub>4</sub>- und N<sub>2</sub>O verursachen zusammen ca. 1 % der Emissionen des Sektors (Umweltbundesamt (UBA) 2020).

---

<sup>3</sup> ab 2023: die in Anlage 1 BEHG genannten Brenn- und Kraftstoffe

### 3 Notwendigkeiten der Entwicklung von Technologiemarkt und Verkehrsnachfrage für die Einhaltung der Klimaschutzziele

Für mehr Klimaschutz im Verkehr gibt es mehrere Strategien: Verkehr kann vermieden, verlagert und weniger CO<sub>2</sub>-intensiv gestaltet werden. Verkehr lässt sich vermeiden, wenn die Wege durch andere Siedlungsstrukturen verkürzt, die Nutzungsvielfalt in Quartieren erhöht oder Fahrzeuge über Fahrgemeinschaften besser ausgelastet werden. Auch beim Güterverkehr lässt sich das Verkehrsaufkommen reduzieren, so durch regionalere Lieferketten oder auch eine höhere Auslastung von Lkw durch verbesserte Logistikprozesse. Die Verkehrsverlagerung setzt auf eine umweltschonendere Fortbewegung, im Personenverkehr zum Beispiel zu Fuß, mit dem Fahrrad oder öffentlichen Verkehrsmitteln. Im Güterverkehr könnte mehr Verkehr vor allem auf die Schiene verlagert werden. Schließlich gilt es, die Emissionen des verbleibenden Verkehrs zu verringern – durch effizientere Fahrzeuge, alternative Antriebe und zum Teil auch alternative Kraftstoffe. Denn der Pkw- und Lkw-Verkehr wird sich nicht komplett vermeiden oder verlagern lassen.

In Kapitel 3 wird entsprechend der möglichen CO<sub>2</sub>-Vermeidungsstrategien dargestellt, welche Bedeutung die Klimaschutzziele für die Entwicklung von Technologiemarkt und Verkehrsnachfrage sowie für den Endenergiebedarf haben, d. h. unter welchen Voraussetzungen die Klimaschutzziele im Verkehr erreicht werden können. Die Analyse erfolgt auf Basis bestehender Szenarienanalysen. Alle Szenarien zeigen einen Pfad hin zu einer Treibhausgasneutralität im Verkehrssektor bis 2050 auf, mit unterschiedlichen Ambitionsniveaus für 2030.

Auf Grundlage dieser Szenarien werden die CO<sub>2</sub>-Vermeidungsstrategien im Verkehrssektor anhand der dafür relevanten Parameter Personen- und Güterverkehrsnachfrage differenziert nach Verkehrsträgern, Pkw, Lkw- und Last/Sattelzug-Bestand nach Antrieben sowie Endenergiebedarf nach Kraftstoffen dargestellt.

Ein Großteil der ausgewählten Szenarien erreicht das Sektorziel 2030 aus der ersten Version des KSG, zwei verfehlen es. Im Vergleich können so die Unterschiede und Anforderungen an die Entwicklungen hinsichtlich der einzelnen CO<sub>2</sub>-Vermeidungsstrategien dargestellt werden. Szenarien, die das Sektorziel der KSG-Novelle im Verkehr bis 2030 erreichen, liegen zum jetzigen Zeitpunkt nur mit dem Szenario GreenSupreme des UBA vor.

Folgende Studien und darin enthaltene Szenarien werden in der Auswertung berücksichtigt<sup>4</sup>:

- ▶ In der **Rescue-Studie** des UBA werden verschiedene Szenarien zur Treibhausgasneutralität betrachtet (UBA 2019b). Im Szenario **GreenLate** werden die Potenziale zur Vermeidung und Verlagerung nicht so stark genutzt. Die Effizienz von Pkw und Lkw verbessert sich bis zum Jahr 2050 langsamer und ist selbst im Jahr 2050 noch geringer als in allen anderen Szenarien. Elektrofahrzeuge verbreiten sich bei Pkw erst später, auch wenn in 2050 ähnliche Anteile am gesamten Pkw-Bestand wie in den anderen Szenarien erreicht werden. Auf den Aufbau eines Oberleitungsnetzes für Oberleitungshybrid (OH)-Lkw wird verzichtet. **GreenMe** setzt stark auf technische Maßnahmen bei der Transformation Deutschlands. Das Szenario ist gleichzeitig durch eine starke – teilweise sehr starke – Verkehrsvermeidung und-verlagerung im Güter- und Personenverkehr gekennzeichnet. **GreenSupreme** kombiniert die verschiedenen Ansätze von einer schnellen und starken Elektrifizierung,

einer weitgehenden Verbesserung der Energieeffizienz sowie massiven Änderungen im Mobilitätsverhalten.

- ▶ Die Studie **BDI-Klimapfade** beschreibt einen 80 %- und 95 %- Emissionsminderungspfad, der auf eine sektorübergreifend möglichst kosteneffiziente Erreichung des Klimaziels des Klimaschutzplans 2050 für das Jahr 2050 für die deutsche Volkswirtschaft hin modelliert wurde (BDI 2018). Für die Studienübersicht wurde der 95 %-Pfad ausgewählt, der für den Verkehrssektor im Jahr 2050 Klimaneutralität bedeutet (bezeichnet als **BDI 95**).
- ▶ Auch in den zwei Szenarien **KN2050** und **KN min** der Agora Energiewende, Agora Verkehrswende und Stiftung Klimaneutralität wird eine Klimaneutralität des Verkehrssektors bis 2050 erreicht (Prognos, Öko-Institut, Wuppertal Institut 2020a). Die beiden Szenarien unterscheiden sich vor allem darin, dass im KN min das „alte“ Klimaschutzziel mit Emissionen in Höhe von 93 Mio. t CO<sub>2</sub> in 2030 in etwa getroffen, im KN2050 dieses dagegen – auch vor dem Hintergrund einer Anhebung des EU-Ziels auf 55 % - mit Emissionen in Höhe von 89 Mio. t CO<sub>2</sub> in 2030 übertroffen wird. Die Personenverkehrsnachfrage pro Kopf bleibt in beiden Szenarien bis 2050 etwa konstant, die Güterverkehrsnachfrage steigt weiter an, da sie durch ein weiter deutlich steigendes BIP dominiert und nur durch die in einer Welt, in der die Klimaschutzziele erreicht werden, weniger transportierten Mengen (z. B. Kohle) reduziert wird<sup>5</sup>.

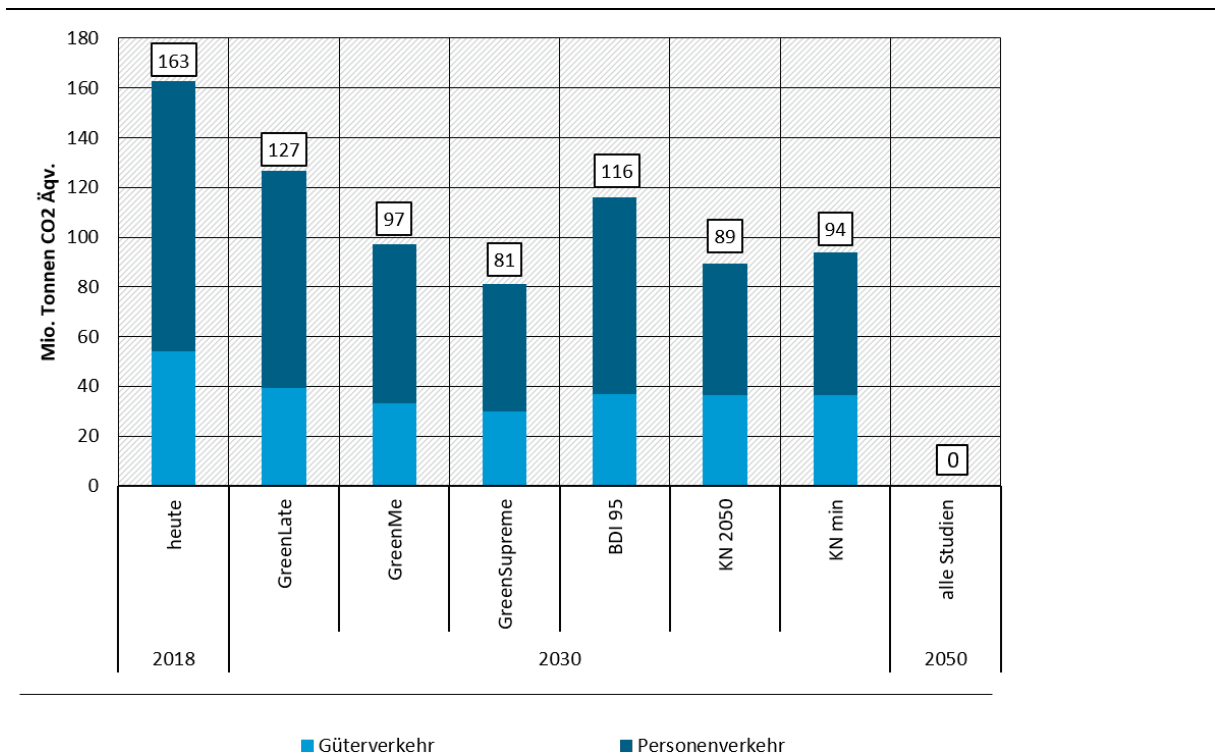
### 3.1 Vergleich von Szenarien anhand wesentlicher Parameter

#### Treibhausgasemissionen

Alle betrachteten Studien erreichen Treibhausgasneutralität im Verkehrssektor bis 2050. Abbildung 2 zeigt die Unterschiede der verschiedenen Szenarien bei den Emissionsminderungen im Jahr 2030.

---

<sup>5</sup> Im Frühjahr 2021 wurde von den gleichen Auftraggebern und -nehmern ein Szenario veröffentlicht, das die Klimaneutralität bereits 2045 erreicht. Die Szenarien KN 2050 und KN 2045 sind für das Jahr 2030 identisch.

**Abbildung 2: Treibhausgasemissionen im Verkehr im Jahr 2030 und 2050 in den untersuchten Szenarien**

Quelle: eigene Abbildung, Öko-Institut

Grundsätzlich ist der Verkehr mit rund 160 Mio. t CO<sub>2</sub>äq. und einem Anteil von 18 % an den nationalen Emissionen derzeit der drittgrößte Verursacher in Deutschland. Etwa 2/3 der Treibhausgas-Emissionen entfallen auf den Personenverkehr.

Das Klimaschutzziel 2030 von 85 Mio. t CO<sub>2</sub>äq. im Verkehrssektor wird nur in dem Szenario GreenSupreme erreicht. Die beiden KN-Szenarien erfüllen das „alte“ Sektorziel, verfehlen jedoch das „neue“ mit 4 bzw. 9 Mio. t. Im Szenario GreenMe wird das Klimaziel 2030 aus dem KSG um 12 Mio. t CO<sub>2</sub> verfehlt, das Szenario liegt aber in der Bandbreite des Klimaschutzplans (95 bis 98 Mio. t CO<sub>2</sub>äq.). In den Szenarien GreenLate und BDI 95 hingegen liegen die CO<sub>2</sub>-Emissionen 2030 deutlich höher und das Sektorziel Verkehr wird um 42 beziehungsweise 31 Mio. t CO<sub>2</sub>äq. verfehlt. Das liegt bei GreenLate an einer verzögerten Transformation, im BDI-95 Szenario wurde im Sinne der Kostenoptimierung angenommen, dass die Minderungspotenziale im Verkehr erst später erschlossen werden. Im Jahr 2050 entstehen in allen Szenarien im Verkehrssektor keine Emissionen mehr. Da das „alte“ 2030-Sektorziel für den Verkehr im 2050er-Szenario des BDI verfehlt wird, wurde in einem Folgeauftrag auch untersucht, mit welchen Maßnahmen und zu welchen Kosten eine Minderung auf 95 Mio. t bis 2030 erreichbar wäre (BDI 2018). Ergebnis dieser Studie bis 2030 ist, dass eine Verlagerung im Personenverkehr um plus 35 % auf Schiene und Bus, im Güterverkehr um plus 60 % auf die Schiene notwendig sind. Des Weiteren wird eine Effizienzverbesserung der neu zugelassenen Fahrzeuge um 20 %, ein Anteil von 8 Mio. E-Pkw, 2 Mio. Plug-In-Hybriden, 3 Mio. CNG-Fahrzeugen sowie 140.000 elektrischen Lkw unterstellt. Mit zusätzlich 220 PJ Biokraftstoffen und 190 PJ strombasierten Kraftstoffen wird das „alte“ Sektorziel des Verkehrs im Jahr 2030 erreicht.

Im Folgenden werden die Handlungsfelder für den Klimaschutz im Verkehrssektor anhand der relevanten Parameter Personen- und Güterverkehrsnachfrage differenziert nach

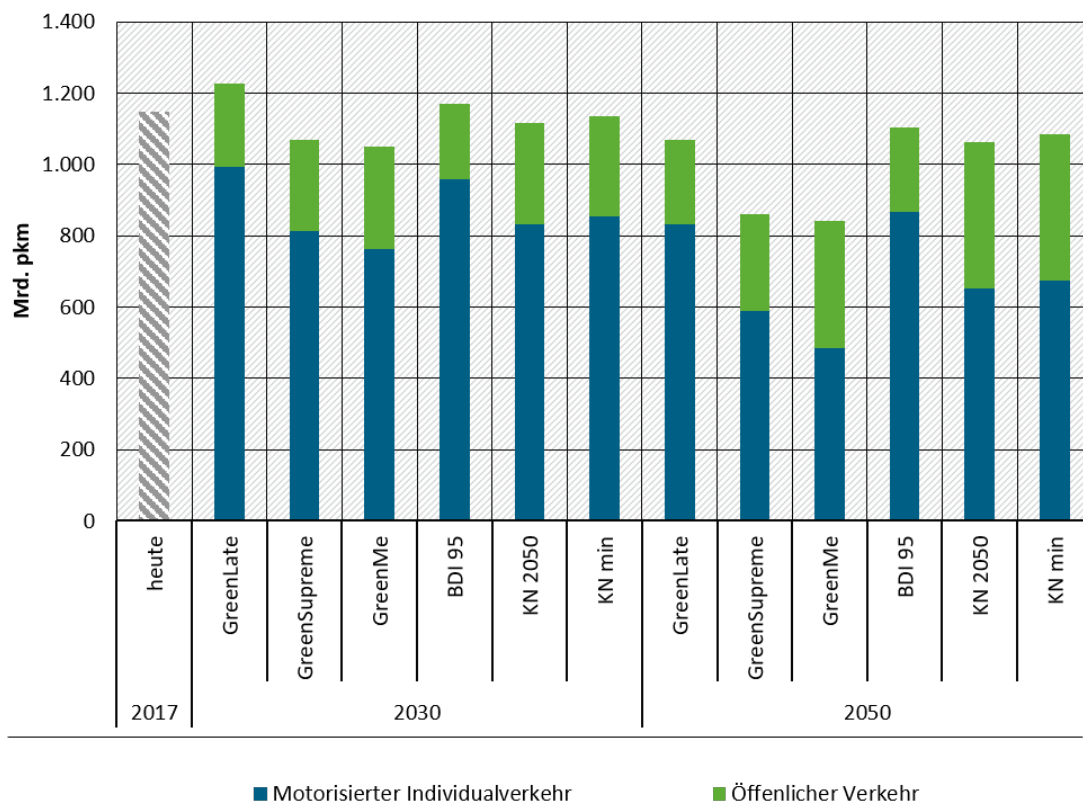
Verkehrsträgern, Pkw, Lkw- und Last/Sattelzug-Bestand nach Antrieben sowie Endenergiebedarf nach Kraftstoffen dargestellt.

### Entwicklung der Personenverkehrsnachfrage

Ausgehend vom Status Quo ist der motorisierte Individualverkehr (MIV) mit jährlich fast einer Billion zurückgelegten Personenkilometern für mehr als die fünffache Verkehrsleistung gegenüber dem öffentlichen Verkehr (ÖV) verantwortlich.

Dieses Verhältnis verschiebt sich in nahezu allen untersuchten Szenarien im Zeitverlauf zugunsten des ÖV. Gleichzeitig sinkt die angenommene Gesamtpersonenverkehrsnachfrage (nur motorisiert, ohne Rad- und Fußverkehr), je nach Szenario unterschiedlich stark. Während diese im Jahr 2030 in den Szenarien KN 2050, KN min und BDI 95 auf einem vergleichbaren Niveau verbleibt, wird bei GreenLate von einer höheren und bei GreenMe und GreenSupreme von einem Rückgang ausgegangen. Im Jahr 2050 weisen alle Szenarien einen mehr oder weniger ausgeprägten Rückgang der motorisierten Personenverkehrsnachfrage auf. Auch der Modal-Split verändert sich im Zeitablauf: In den Szenarien GreenSupreme, KN 2050 und KN min sinkt der Anteil des MIV am Modal-Split im Jahr 2050 auf weniger als 65 %. In BDI 95 und GreenLate liegt der MIV Anteil bei ungefähr 78 % und damit nahe am Status quo. Für 2030 gibt es unterschiedliche Veränderungen des Modal-Split. Während GreenLate eine leichte Zunahme um 2 % und BDI 95 eine Reduktion von nur 1 % gegenüber des Status Quo aufweist, enthalten GreenSupreme und GreenMe mit 17 % und 21 % deutliche Reduktionen. Bei den Szenarien KN min und KN 2050 wird von 12 % bzw. 14 % weniger Verkehren ausgegangen.

Abbildung 3: Entwicklung der Personenverkehrsnachfrage



Quelle: eigene Abbildung, Öko-Institut

### Personenverkehrsnachfrage

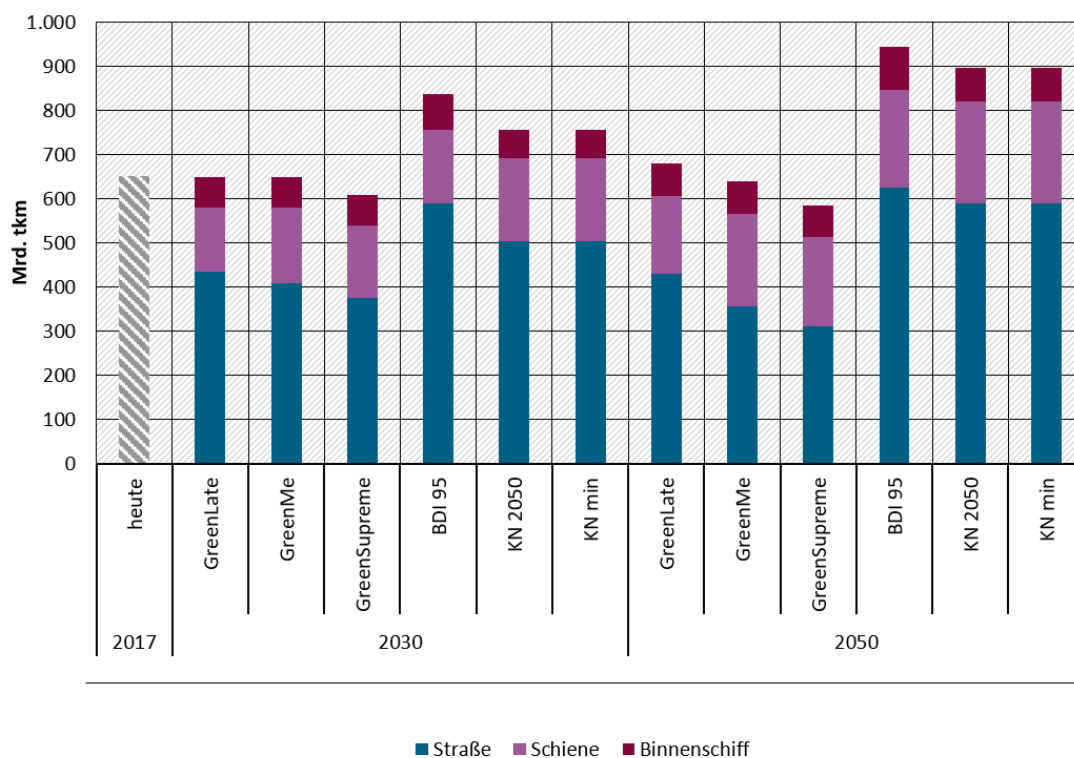
Für die Emissionsminderungen im Verkehrssektor ist ein Rückgang der Pkw-Fahrleistung ein zentraler Hebel. In den Szenarien, die das Sektorziel 2030 erreichen, beträgt er 12 bis 21 % bis 2030, in BDI 95 und GreenLate dagegen 1 % und Zunahme von 2 %.

### Entwicklung der Güterverkehrsnachfrage

Deutliche Unterschiede weisen die Szenarien in der Entwicklung der gesamten Güterverkehrsleistung auf. Während die RESCUE-Szenarien des UBA eine Stagnation und Abnahme der Güterverkehrsleistung unterstellen, steigt sie bei allen anderen Szenarien weiter an. In den UBA-Szenarien wird ein vergleichsweise geringes BIP-Wachstum angenommen (0,8 % pro Jahr bis 2030/ab 2030 0,7 % und in GreenSupreme 0,5 % pro Jahr bis 2030/ danach 0 %), während in den anderen Szenarien von einem Wachstum mit z. T. deutlich oberhalb von 1 % jährlich ausgegangen wird, so dass hier die Güterverkehrsleistung, die mit dem BIP korreliert, ansteigt.

Der Blick auf die Güterverkehrsleistung in Deutschland offenbart die Dominanz der Straße. Aktuell werden von etwa 650 Mrd. tkm pro Jahr etwa  $\frac{3}{4}$  auf der Straße zurückgelegt. Trotz der niedrigeren spezifischen Treibhausgasemissionen des Schienenverkehrs bzw. der Binnenschifffahrt pro transportierter Tonne und Kilometer, die nur bei rund einem Viertel bzw. einem Drittel der Emissionen eines durchschnittlichen Lkw liegt, dominiert die Straße auch im Jahr 2030 mit einem Anteil von 62 % bis 70 % sowie im Jahr 2050 mit einem Anteil von 53 % bis 70 % je nach Szenario den Güterverkehr. Der Anteil der Schiene am Modal-Split ist in den Szenarien sehr unterschiedlich, allerdings variiert die angenommene Schienengüterverkehrsleistung absolut nicht so stark. Sie liegt im Jahr 2030 zwischen 145 und 190 Mrd. tkm und im Jahr 2050 bei 168 bis 230 Mrd. tkm.

**Abbildung 4: Entwicklung der Güterverkehrsnachfrage**



Quelle: eigene Abbildung, Öko-Institut

Neben einer deutlichen Verlagerung auf Schiene und Binnenschiff wird jedoch weiterhin ein Großteil der Güter auf der Straße transportiert; in einigen Szenarien wie bspw. BDI 95, KN 2050, KN min steigt die Straßengüterverkehrsleistung aufgrund des BIP-Wachstums bis 2050 um weitere 17 % bis 31 % gegenüber dem Status quo an.

#### **Güterverkehrsnachfrage**

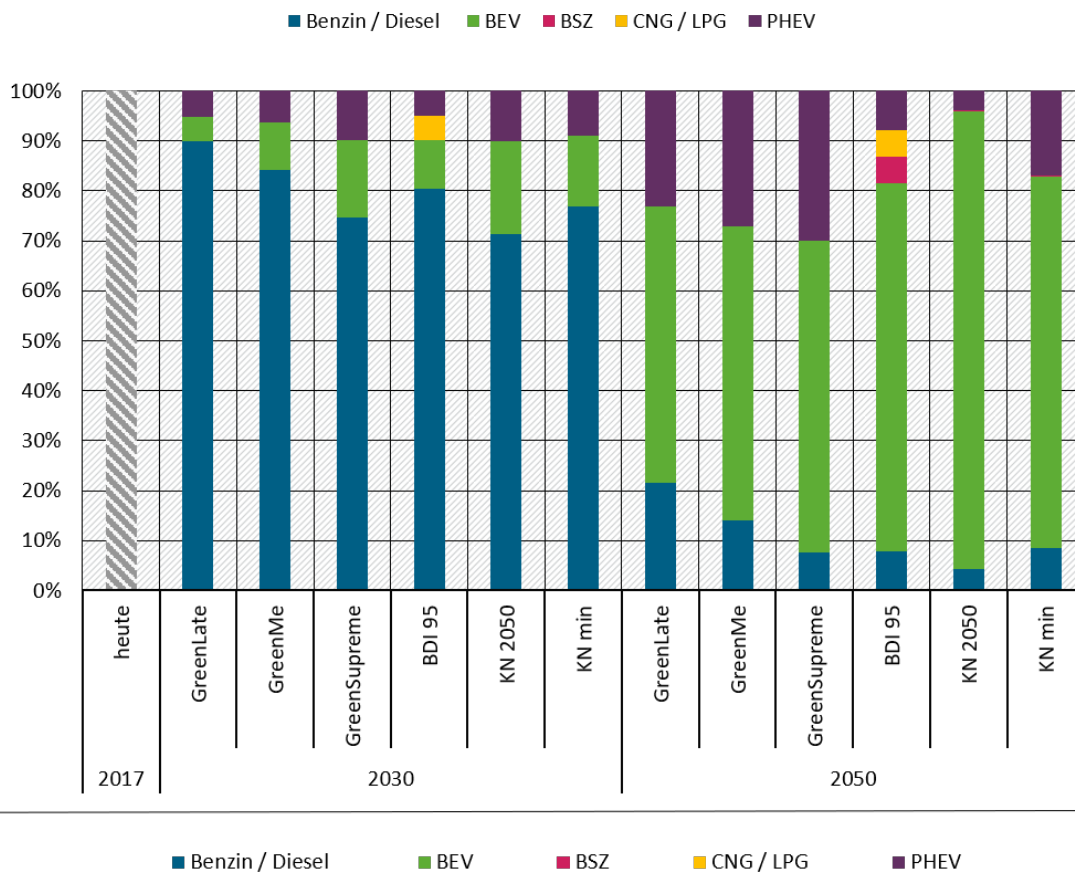
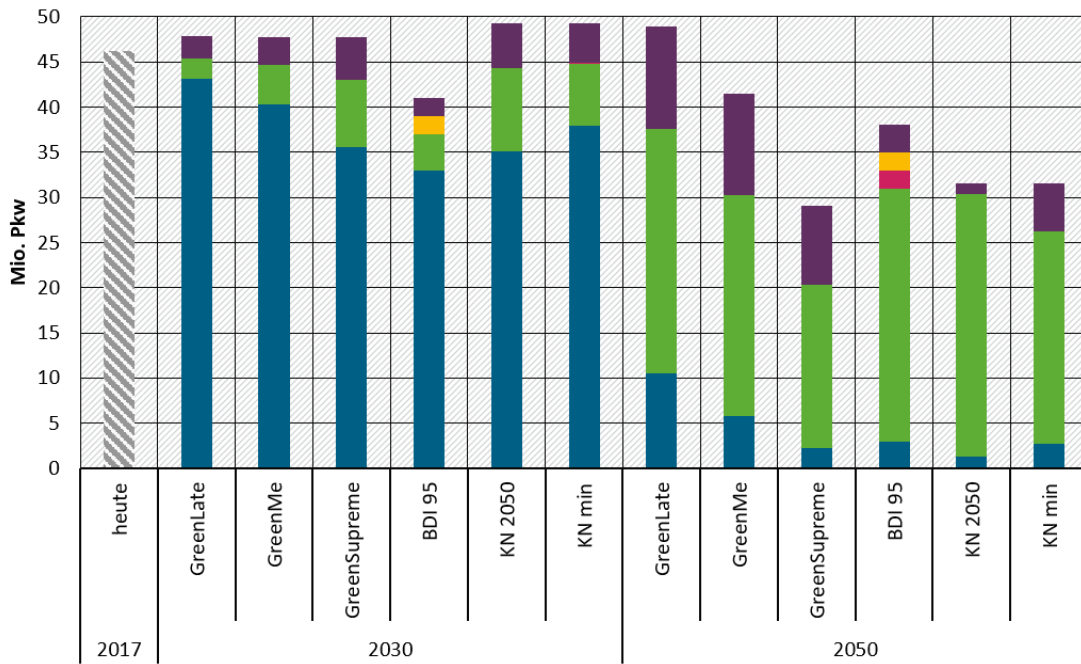
Die Politik hat sich im Masterplan Schienengüterverkehr das Ziel gesetzt, den Modal-Split der Schiene von heute 18 % auf 25 % im Jahr 2030 zu erhöhen. In den Szenarien steigt der Anteil auf 20 bis 27 %.

Je stärker der gesamte Güterverkehrsaufwand in Zukunft ansteigt, desto schwerer sind die Klimaschutzziele zu erfüllen. In den Szenarien zeigt sich eine recht große Bandbreite mit einem Anstieg zwischen -7 % und 29 % bis 2030.

#### **Pkw-Bestand nach Antrieben**

Der Pkw als zentrales Element des MIV trägt mit rund 100 Mio. t CO<sub>2</sub> den größten Anteil der Emissionen des Verkehrssektors. Derzeit sind etwa 46 Millionen Pkw in Deutschland zugelassen, von denen 99 % noch einen Antrieb auf Basis eines Verbrenners besitzen.

Abbildung 5: Entwicklung des Pkw-Bestands nach verschiedenen Antriebstypen



Quelle: eigene Abbildung, Öko-Institut

Für das Jahr 2030 nehmen alle Szenarien bis auf BDI 95 einen weiter steigenden Pkw-Bestand an. In den besonders ambitionierten Szenarien GreenSupreme, KN 2050 und KN min sinkt im

Jahr 2050 die Anzahl der zugelassenen Pkw auf etwa 30 Mio. Stück, im Szenario GreenLate steigt der Pkw-Bestand auf knapp 49 Mio. Pkw. Der Anteil reiner Elektrofahrzeuge (BEV) am Bestand beträgt 2030 je nach Szenario zwischen 4,8 % und 18,7 %, während Plug-in-Hybride (PHEV) einen Marktanteil von 4,4 % bis 10 % vorweisen. Im Jahr 2050 ist der Großteil der zugelassenen Fahrzeuge mit einem Elektromotor ausgestattet und der Anteil der BEV steigt je nach Szenario auf 55 % bis 91 %, während Plug-in-Hybride mit 4 % bis 30 % die zweitgrößte Gruppe bilden. Nennenswerte Anteile von Brennstoffzelle (BSZ) und Erdgas bzw. Autogas (CNG/LPG) nimmt lediglich das Szenario BDI 95 an, wobei sich auch hier die Anteile summiert auf unter 15 % beschränken.

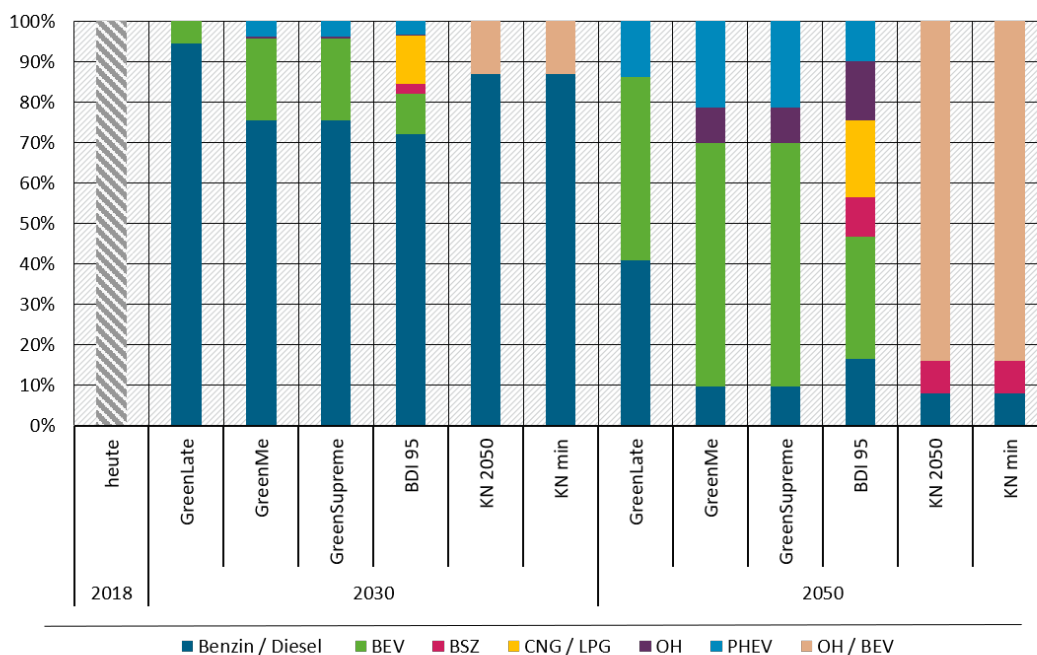
### Pkw-Bestand

Im Klimaschutzprogramm wird das Ziel von 7 bis 10 Mio. E-Pkw im Jahr 2030 formuliert. In den Szenarien, die bereits das „alte“ Sektorziel im Jahr 2030 nicht erreichen, erreichen die E-Pkw im Bestand nur eine Anzahl von 4,8 Mio. (GreenLate) bzw. 6 Mio. (BDI 95). Die Szenarien, die auf weniger als 90 Mio. t im Jahr 2030 kommen (GreenSupreme, KN 2050), gehen von 12 und 14 Mio. E-Pkw aus, die Szenarien, die das „alte“ Sektorziel genau erreichen (GreenMe, KN min), von 7,5 und 11 Mio. E-Pkw.

### Bestand an Lkw und Last- und Sattelzüge nach Antrieben

Im Status Quo ist der Verbrennungsmotor bei Lkw im Straßengüterverkehr nahezu alleiniger Vertreter. Bis ins Jahr 2030 sind allen Szenarien zufolge noch immer mehr als 75 % aller Lkw mit einem Verbrennungsmotor ausgestattet, wobei besonders der Anteil an Elektro-Lkw an Bedeutung gewinnt. Im Jahr 2050 ist der Großteil des Lkw Bestandes zumindest teilelektrifiziert. Dazu gehören abseits der Elektro-Lkw sowohl Plug-in-Lkw als auch Oberleitungs (OH)-Lkw. Im BDI -95-Szenario wird neben den (Teil-) Elektroantrieben ebenfalls ein kleiner Teil an Erd- und Autogas betriebenen Lkw angenommen.

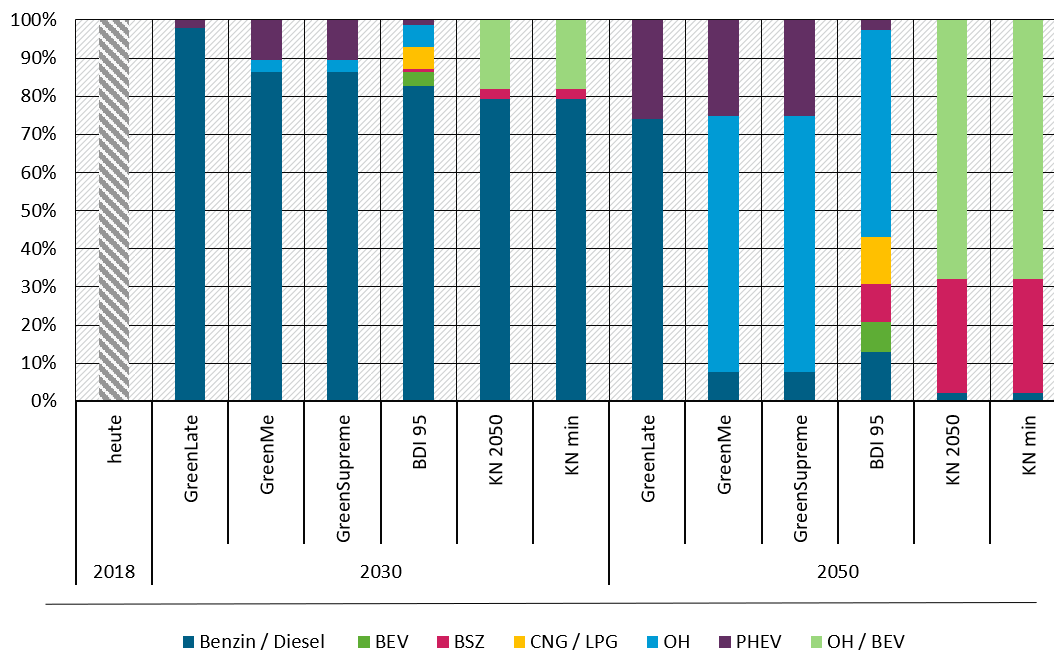
Abbildung 6: Entwicklung der Antriebsverteilung von Lkw



Quelle: eigene Abbildung, Öko-Institut

Die Szenarioergebnisse für große Sattel- bzw. Lastzüge im Straßengüterverkehr weisen im Status Quo und für 2030 ähnliche Ergebnisse auf wie die Lkw. Auch 2030 liegt der Anteil an Sattelzügen mit Verbrennungsmotor bei mind. 79 %. Anders als im Fall der Lkw ist bei den Sattelzügen in 2050 nicht der Elektromotor, sondern der Oberleitungs-Lkw bzw. ein Mix aus Oberleitung, Brennstoffzelle und Elektromotor bei Antrieben führend. Selbst im Jahr 2050 verbleibt ein Anteil an Verbrennern bei Sattelzügen, bei GreenLate von mehr als 45 %.

**Abbildung 7: Entwicklung der Antriebsverteilung von Last- und Sattelzügen**



Quelle: eigene Abbildung, Öko-Institut

### Lkw-Bestand

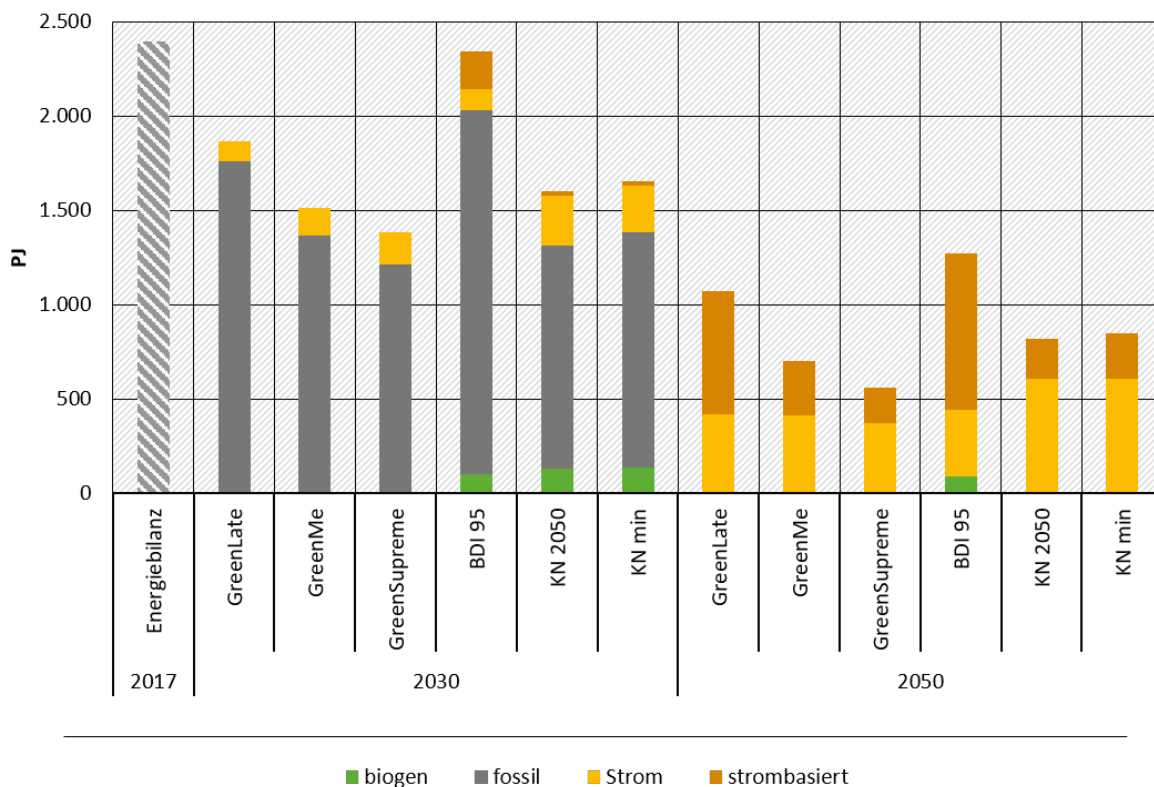
Im Klimaschutzprogramm wird das Ziel von 1/3 elektrischer Fahrleistung im Jahr 2030 formuliert. Diese wird in KN2050 und KN min mit einem Bestand von etwa 86.000 elektrischen Lkw und 38.000 elektrischen Last- und Sattelzugmaschinen im Jahr 2030 erreicht. Die Szenarien GreenMe und GreenSupreme liegen mit ihren elektrifizierten Lkw und Last- und Sattelzügen in etwa der gleichen Größenordnung. Nur GreenLate und BDI 95 liegen deutlich darunter.

### Endenergiebedarf nach Kraftstoffen

Ausgehend von der Energiebilanz im Status Quo werden jährlich etwa 2.400 Petajoule an Energie in Form von Kraftstoffen im Verkehrssektor verbraucht. Alternative Kraftstoffe spielen mit einem Anteil von weniger als 7 % derzeit eine geringe Rolle. Für das Jahr 2030 gehen alle Szenarien weiterhin von einer hohen Quote fossiler Kraftstoffe aus, die sich zwischen 74 % und 94 % bewegt. Bis auf das BDI 95 Szenario wird von einem deutlichen Rückgang des Endenergiebedarfs ausgegangen, welche im ambitioniertesten Fall bis zu 42 % beträgt. Während 2050 alle Szenarien einen deutlich reduzierten Endenergieverbrauch sowie ein Auslaufen fossiler Kraftstoffe hinterlegen, gewinnen im Gegenzug strombasierte Kraftstoffe an Bedeutung und stellen je nach Szenario einen Anteil von 28 % bis 60 % dar. Der modellierte Endenergieverbrauch im Jahr 2050 unterscheidet sich je nach Szenario stark und beträgt im ambitionierten GreenSupreme nur noch 560 PJ und damit knapp ein Viertel des Verbrauchs im Status Quo. Dem gegenüber stehen die Ergebnisse des BDI 95 Szenarios, das einen

Energieverbrauch von 1.270 PJ veranschlagt und damit knapp 50 % höher als im Status Quo liegt. Biokraftstoffe spielen in allen Szenarien keine bzw. eine nur geringe Rolle.

**Abbildung 8: Endenergieverbrauch differenziert nach Energieträgern**



Quelle: eigene Abbildung, Öko-Institut

### Endenergiebedarf

CO<sub>2</sub>-arme Kraftstoffe sind eine Option, die CO<sub>2</sub>-Emissionen im Verkehrssektor zu senken. Aufgrund negativer Effekte und Nutzungskonkurrenzen zu anderen Sektoren werden Biokraftstoffe in den UBA-Szenarien gar nicht mehr eingesetzt, aber auch in allen anderen Szenarien liegt deren Anteil nur bei 4 bis 8 % im Jahr 2030 mit einem Phase-Out oder maximal konstanten Anteilen bis 2050. Strombasierte Kraftstoffe liegen im Jahr 2030 in den meisten Szenarien bei einem Anteil von 0 bis 1,2 %, in BDI 95 bei 8,6 %. Diese Unterschiede ergeben sich vor allem aus den Annahmen zum möglichen Markthochlauf sowie zur Verfügbarkeit von Strom aus erneuerbaren Energien. Der Anteil steigt deutlich bis 2050. In den Szenarien, die bereits das „alte“ 2030-Ziel für den Verkehrssektor verfehlen (GreenLate, BDI 95), erreicht der Anteil strombasierter Kraftstoffe 61 bzw. 65 % bzw. 650 bzw. 830 PJ.

## 3.2 Fazit aus der Auswertung der Szenarien

Die Studienauswertung zeigt einmal mehr, dass alle CO<sub>2</sub>-Vermeidungsstrategien im Verkehrssektor zeitnah und ambitioniert verfolgt werden müssen, um das deutsche Sektorziel Verkehr bzw. den Beitrag des Verkehrssektors zur Einhaltung des deutschen ESR-Ziels und des nEHS Caps bis 2030 erreichen zu können. Drei Szenarien (GreenMe, GreenSupreme, KN 2050 und KN min) zeigen Potenziale für die Zielerreichung 2030 der KSG-Novelle.

Grundsätzlich sind zwar unterschiedliche Kombinationen der CO<sub>2</sub>-Vermeidungsstrategie im Verkehr (Abnahme der (motorisierten) Verkehrsleistung, Verkehrsverlagerung auf umweltfreundlichere Verkehrsmittel, effizientere Fahrzeuge, alternative Antriebe, alternative Kraftstoffe) denkbar, um das KSG-Ziel für den Verkehrssektor von 85 Mio. t CO<sub>2</sub> in 2030 zu erreichen. Die notwendige deutliche Reduktion der THG-Emissionen innerhalb kurzer Zeit führt jedoch zu einem begrenzten Lösungsraum. Da bisher nur eine Studie existiert, die das Ziel der KSG-Novelle im Verkehr in 2030 erreicht, wird in der Tabelle 1 der Lösungsraum dargestellt, der sich mit den Szenarien ergibt, die mindestens das ehemalige Ziel von 95 Mio. t erreichen (GreenMe, GreenSupreme, KN 2050 und KN min). Um weitere 10 Mio. t zu mindern, müssen für die einzelnen Parameter entsprechend jeweils stärker die maximalen Ausprägungen gewählt werden.

**Tabelle 1: Zusammenfassende Ergebnisse der Szenarien**

Parameter	Lösungsraum für maximal 95 Mt CO <sub>2</sub> in 2030 (Szenarien: GreenMe, GreenSupreme, KN 2050 und KN min)			
	Status quo (2017)	Menge/Anzahl in 2030	Veränderung gegenüber Basisjahr	Anteil in 2030 (Bezugsgröße)
<b>Verkehrsnachfrage MIV</b>	973 Mrd. pkm	763 - 853 Mrd. pkm	Minus 12 – 21 %	73 - 76 % (pkm gesamt)
<b>Verkehrsnachfrage ÖV</b>	176 Mrd. pkm	255 - 286 Mrd. pkm	Plus 45 - 62 %	24 - 27 % (pkm gesamt)
<b>Verkehrsnachfrage Lkw</b>	480 Mrd. tkm	375 - 503 Mrd. tkm	Plus 5 - Minus 22 %	62 - 67 % (tkm gesamt)
<b>Verkehrsnachfrage Schienengüterverkehr</b>	116 Mrd. tkm	165 -190 Mrd. tkm	Plus 42 - 63 %	25 - 27 % (tkm gesamt)
<b>E-Pkw (BEV und Plug- In)</b>	99.426	7,5 - 14,1 Mio.	Plus 7.479 - 14.123 %	15,8 - 28,7 % (Pkw gesamt)
<b>Elektrische Lkw (E, OH, BZ)</b>	0	70 - 86 Tausend	k.A.	13,1 - 20,7 % (Lkw gesamt)
<b>Elektrische Last- und Sattelzüge (E, OH, BZ)</b>	0	12,5 - 44 Tausend	k.A.	3,2 - 20,9 % (Lkw gesamt)
<b>Biokraftstoffe</b>	109 PJ	0 - 136 PJ	Minus 100 - Plus 25 %	0 - 8 % (Kraftstoffverbrauch gesamt)
<b>Strombasierte Kraftstoffe</b>	0,00	0 - 21 PJ	k.A.	0 - 1 % (Kraftstoffverbrauch gesamt)

Deutlich wird, dass alle CO<sub>2</sub>-Vermeidungsstrategien adressiert werden müssen. Die Anteile der einzelnen Verkehrsträger bei der Verkehrsnachfrage variieren nur wenig. Bei den

technologischen Entwicklungen hingegen weisen die Pfade zwischen den einzelnen Szenarien größere Spannbreiten auf. Das liegt vor allem an unterschiedlichen Annahmen zu den Nachhaltigkeitsrestriktionen bei der Verfügbarkeit von alternativen Kraftstoffen sowie den Annahmen zu den zeitlichen Restriktionen beim Aufbau von Infrastrukturen, dem Markthochlauf der Elektromobilität und der Umwälzung des Pkw-Bestands. Wird bei ersterem eine höhere Restriktion vorausgesetzt, braucht es mehr E-Fahrzeuge, um das Sektorziel 2030 zu erreichen und umgekehrt.

Aufgrund der Haltedauer von Pkw bedingt ein angestrebter Bestand an E-Pkw von 11 Mio. im Jahr 2030, dass der Neuzulassungsanteil von E-Pkw im Jahr 2025 etwa 35 % und im Jahr 2030 rund 54 % betragen muss. Sollen 14 Mio. Pkw erreicht werden, müsste der Neuzulassungsanteil von E-Pkw auf fast 80 % in 2030 ansteigen (Prognos, Öko-Institut, Wuppertal Institut 2020b). Eine Steigerung des öffentlichen Verkehrs um 50 %, was den MIV um rund 9 % reduzieren würde, impliziert eine entsprechende Angebotsausweitung, einschließlich der Schieneninfrastruktur, die vergleichsweise lange Realisierungszeiträume aufweist. Das bedeutet im Umkehrschluss, dass entsprechende Entscheidungen zum Ausbau und der Finanzierung von zusätzlichen ÖV-Infrastrukturen sehr zeitnah getroffen werden müssen, um den Hebel der Verlagerung vom MIV auf den öffentlichen Verkehr schon bis 2030 nutzen zu können.

## 4 Klimaschutzinstrumente im Verkehrssektor im Kontext des nEHS

Der kontinuierlich steigende CO<sub>2</sub>-Preis im nEHS führt ab 2021 zu einem Preisanstieg für Kraftstoffe. Dieser Preisanstieg soll im Verbund mit anderen bestehenden sowie potenziell weiteren Instrumenten zur Einhaltung des Sektorziels und des nEHS-Caps beitragen (siehe auch Kapitel 2).

In diesem Kapitel werden daher zunächst die Wirkmechanismen eines CO<sub>2</sub>-Preises anhand von Elastizitäten auf Basis einer Literaturrecherche beschrieben und im Anschluss bestehende Instrumente sowie weiterentwickelte bzw. neue Instrumente vorgestellt, bezüglich ihrer Wirkungen diskutiert sowie ihr Zusammenspiel mit einem CO<sub>2</sub>-Preis analysiert. Wesentliche Frage ist dabei, inwieweit andere Instrumente einen CO<sub>2</sub>-Preis in ihrer Wirkung unterstützen, ergänzen oder aber ggf. kontraproduktive Wirkungen aufweisen kann.

### 4.1 Überblick über Wirkungen und Wirkungszusammenhänge von Einzelinstrumenten im Kontext des nEHS

Die im Folgenden beschriebenen bestehenden sowie mögliche weitere Klimaschutzinstrumente im Verkehrssektor wurden wie folgt ausgewählt:

- ▶ Sie sind bereits implementiert oder werden in der politischen Diskussion adressiert<sup>6</sup>.
- ▶ Eine Umsetzung ist vergleichsweise einfach über die Weiterentwicklung eines bestehenden Instrumentes möglich.
- ▶ Die Instrumente können einen wichtigen Beitrag zur Reduktion von Treibhausgasemissionen im Verkehrssektor leisten.
- ▶ Sie wirken komplementär zum CO<sub>2</sub>-Preis und adressieren insb. weiteres Marktversagen, wie unvollständige Informationen der Marktteilnehmer, nicht-rationale Entscheider und die Notwendigkeit zur Investition in öffentliche Infrastrukturen

Da alle Handlungsoptionen zur Erreichung des Sektorziels bzw. zur Einhaltung der europäischen Minderungsvorgaben und des nEHS-Cap adressiert werden müssen, wurde gleichzeitig darauf geachtet, dass die Wirkmechanismen der Summe der ausgewählten Instrumente auch alle Handlungsoptionen abdecken. Eine Übersicht dazu gibt die Tabelle 2. Es sind der Wirkmechanismus, die Möglichkeit eines Beitrages zur Finanzierung staatlicher Ausgaben sowie zusätzliche Argumente neben der Klimaschutzwirkung aufgezeigt.

Neben den hier betrachteten Instrumenten kommen auch verschiedene weitere Instrumente zur CO<sub>2</sub>-Minderung im Verkehr in Frage. Zu nennen wären hier zum Beispiel auf kommunaler Ebene die Parkraumbewirtschaftung oder City-Maut-Systeme. Die Auswahl an Instrumenten stellt somit keine umfassende Betrachtung aller möglicher Instrumente dar, sondern hat zum Ziel anhand einer Auswahl an zentralen und besonders wirkmächtigen Instrumenten die Wechselwirkungen mit der CO<sub>2</sub>-Bepreisung zu beleuchten.

<sup>6</sup> Als Indikator dient hierfür, dass das Instrument in der UBA-Studie „Kein Grund zur Lücke“ UBA 2019a enthalten ist.

**Tabelle 2: Wirkmechanismen der untersuchten Instrumente**

Instrument	Wirkung auf operative Entscheidungen (eher kurzfristig)		Wirkung auf Investitionsentscheidungen (eher mittel- bis langfristig)		Beitrag zur Finanzierung staatlicher Investitionen	Argumente zusätzlich zu Klimaschutz
	Verkehrsnachfrage	Modal-Split (Pkw/Lkw, Bus, Bahn, Rad, Fuß, Schiff, Flugzeug)	Effizienz der Fahrzeuge	Antriebstechnologien (Verbrenner, E-Motor, Brennstoffzelle etc.)		
CO <sub>2</sub> -Preis	x	x	x	x	x	Finanzierung (u.a. Infrastruktur und sozialer Ausgleich)
Energiesteuer (Angleichung Diesel an Benzin)	x	x	x	x	x	Finanzierung (u.a. Infrastruktur und sozialer Ausgleich)
Fahrzeug-Standards			x	x		Marktversagen bei Innovationen (Spillover-Effekte/non-appropriability)
Reform der Kfz-Steuer/ Bonus Malus			x	x	x	Beschränkte Rationalität / Vorausschau, Sozialverträglichkeit
Reform der Dienstwagensteuer	x	x	x	x		Finanzielle Einsparung Subvention
Reduktion/Ab-schaffung der Entfernungspauschale	x	x				Abschaffung klimaschädlicher Subvention
CO <sub>2</sub> -Komponente Lkw-Maut	x	x	x	x	x	Lärmbelastung, Luftverschmutzung, Finanzierung Infrastruktur
Förderung Umweltverbund / Schienengüterverkehr		x				Bereitstellung von Infrastruktur staatliche Aufgabe (natürliche Monopole)
E-Pkw-Quote				x		Marktversagen bei Innovationen
Pkw-Maut	x	x	x	x	x	Lärmbelastung, Luftverschmutzung, Finanzierung Infrastruktur
Tempolimit BAB			x			Verkehrssicherheit, Verkehrsfluss

Die Analyse der Instrumente erfolgt auf Basis von Literaturlauswertungen zu Lenkungsanreizen und -wirkungen. Es hat sich gezeigt, dass es wenig veröffentlichte Studien gibt, die die Wirkung von Einzelinstrumenten ausweisen. Das liegt u.a. daran, dass Instrumente und deren Wirkung oft im Zusammenspiel betrachtet werden, da sie z. T. vielfältige Wechselwirkungen aufweisen und auch nur im Zusammenspiel eine signifikante Wirkung entfalten. Für den Verkehrssektor wird daher v.a. auf die Bewertung des Klimaschutzprogramms im Auftrag des UBA/BMU (Öko-Institut et al. 2020) sowie auf (Agora Verkehrswende 2018) zurückgegriffen. Diese beiden Veröffentlichungen werden durch weitere Studienergebnisse ergänzt.

Bei einer Bewertung ist zu berücksichtigen, dass CO<sub>2</sub>-Minderungspotenziale von den in den Studien hinterlegten Rahmenbedingungen abhängig sind, also zum Beispiel der Bevölkerungsentwicklung, Batteriepreisen, BIP-Entwicklung, aber natürlich auch entscheidend von der Ausgestaltung der Instrumente und deren Ambitionsniveau. Die im Folgenden aufgezeigten Potenziale geben daher vor allem eine Größenordnung der Wirkmächtigkeit eines Einzelinstrumentes an. Die Wirkungsabschätzung des Klimaschutzprogramms wurde auch im Auftrag des BMWi (Kemmler et al. 2020) durchgeführt und Wirkungen von Einzelmaßnahmen quantifiziert, diese Studie war zum Zeitpunkt der Auswertung aber noch nicht veröffentlicht. Auch Analysen von Instrumenten, die im Rahmen der Arbeiten der AG 1 der nationalen Plattform Zukunft der Mobilität (NPM) im Auftrag des BMVI entstanden sind, wurden nicht öffentlich zugänglich gemacht und können an dieser Stelle nicht mit aufgenommen werden.

#### **4.1.1 CO<sub>2</sub>-Bepreisung**

Die Ausgestaltung der CO<sub>2</sub>-Bepreisung im BEHG enthält sowohl Elemente eines preisstuernden Instrumentes (Festpreisphase) als auch eines mengensteuernden Instruments (freie Preisbildung mit bindendem Cap ab 2027). Bis zum Jahr 2025 werden die CO<sub>2</sub>-Zertifikate zu den in § 10 BEHG festgelegten Preisen veräußert, wobei keine Begrenzung der Menge an Zertifikaten erfolgt. Die Preise steigen in diesem Zeitraum schrittweise von 25 auf 55 Euro an. Ab 2026 werden die Emissionszertifikate versteigert, wobei für das Jahr 2026 in einem Preiskorridor der Mindest- und Höchstpreis festgelegt wird (55 bis 65 Euro). Ab 2027 ist vorgesehen, die Menge der Zertifikate zu begrenzen, so dass die Preisbildung am Markt erfolgt, wobei im Jahr 2025 entschieden wird, ob auch nach dem Jahr 2026 ein Mindest- bzw. Höchstpreis festgelegt wird.

In der Festpreisphase (2021-2025) führt die CO<sub>2</sub>-Bepreisung im Verkehrssektor zu einem Anstieg der Preise für Benzin, Diesel, Heizöl, Erdgas und Flüssiggas. Der Preisanstieg ist durch die in §10 BEHG angegebenen Preise für Emissionszertifikate festgelegt. Während die Kosten zunächst bei den Inverkehrbringenden der Brennstoffe anfallen (upstream Ansatz), ist zu erwarten, dass diese an die Endkund\*innen weitergegeben werden.

In der Versteigerungsphase soll die Menge an Zertifikaten begrenzt werden, so dass ein festes Emissionsziel (Cap) nicht überschritten wird. Sofern nach 2026 kein Höchstpreis eingeführt wird, dürften sich potenziell deutlich höhere Preise als der für das Jahr 2026 festgelegte Preiskorridor ergeben.

Im Rahmen des Fit-for-55 Pakets ist von der EU-Kommission für den Straßenverkehr ein europäisches Emissionshandelssystem vorgeschlagen (EU-ETS 2), das auch den Gebäudesektor umfasst und separat zum bestehenden EU-ETS etabliert werden soll. Dieses soll ab 2026 in Kraft treten. Ziel ist eine Minderung der Emissionen aus Straßenverkehr und Gebäuden in 2030 um 43 % gegenüber dem Basisjahr 2005. Diese Minderungen werden durch eine Begrenzung der durch Auktionierung an Inverkehrbringer von Kraft- und Heizstoffen ausgegebenen Emissionszertifikate erreicht.

Für Auktionen im Jahr 2026 sollen 130 % der für dieses Jahr geplanten Emissionsrechte zur Verfügung stehen. Die zu Beginn um 30 % erhöhte Menge auktionierter Zertifikate dient dazu, Unsicherheiten über zukünftige Preisentwicklungen abzufedern und einen sprunghaften Anstieg der Preise bei der Einführung zu vermeiden. Die Auktionsmengen werden in späteren Jahren entsprechend gesenkt. Die Auktionserlöse sollen dem Innovation Fund, dem Social Climate Fund sowie den EU-Mitgliedstaaten proportional zu ihren jeweiligen Referenzemissionswerten im Rahmen der Lastenverteilungsdirektive zugutekommen und zur Förderung nachhaltiger Mobilität und zum Abfedern sozialer Härtefälle verwendet werden. Flankiert wird das EU-ETS 2 durch eine Marktstabilitätsreserve, um etwaigen Knappheiten bzw. Überschüssen an gehandelten Zertifikaten und somit sprunghaften Preisänderungen vorzubeugen. Festpreise oder Preiskorridore wie im BEHG sind allerdings nicht Teil des Kommissionsvorschlags.

Im Rahmen des FF55-Pakets der europäischen Kommission liegt mit dem EU-ETS 2 nun erstmals ein Vorschlag vor, einen europaweit einheitlichen CO<sub>2</sub>-Preis im Straßenverkehr zu etablieren. Auf deutscher nationaler Ebene muss nun insbesondere untersucht werden, ob die erwarteten CO<sub>2</sub>-Preise im europäischen Emissionshandel in einer vergleichbaren Spanne wie die im BEHG erwarteten Preise liegen und inwieweit die beiden Instrumente ineinander integriert werden können. Sehr wahrscheinlich ist eine Überführung des nEHS in das neue europäische System. Zwar wäre hier abzuwarten, wie sich der europäische CO<sub>2</sub>-Preis entwickelt und ob dieser ausreicht, um die national notwendigen Emissionseinsparungen im deutschen Verkehrssektor zu erreichen (siehe Abschnitt Risiken des Instruments). Allerdings ist für den EU-ETS 2 eine Obergrenze an Zertifikaten (hartes Cap) vorgesehen (während die Mengenbegrenzung im nEHS ab 2027 noch nicht abschließend geklärt ist), was auf europäischer Ebene zumindest die Einhaltung des Gesamtziels der unter den ETS fallenden Sektoren garantieren würde.

### Möglicher Beitrag zu den Klimaschutzziele

#### Wirkmechanismus des Instruments

- ▶ Reduktion Fahrleistung
- ▶ Modal Shift
- ▶ Erhöhte Nachfrage nach effizienteren Fahrzeugen und alternativen Antrieben
- ▶ Kann bei bindenden caps zumindest effektiv die sektorübergreifenden Ziele absichern. Bei hohen CO<sub>2</sub>-Preisen ist die politische Durchsetzbarkeit jedoch nicht sicher gegeben.
- ▶ Schafft Einnahmen, die für sozialen Ausgleich und zur Finanzierung von flankierenden Maßnahmen genutzt werden können

Eine CO<sub>2</sub>-Bepreisung und die damit verbundene Preiserhöhung von Kraftstoffen wirkt auf die Nachfrage nach Kraftstoffen und damit auf die Verkehrsnachfrage – entsprechend der in Kapitel 4.2 diskutierten Wirkmechanismen für einen CO<sub>2</sub>-Preis auf Kraftstoffe. Erhöhte Kraftstoffpreise bieten damit Anreize für eine verbesserte Auslastung von Fahrzeugen, die Optimierung von Logistikketten oder aber die Verlagerung auf beispielsweise den Schienengüterverkehr, der durch die erhöhten Kraftstoffpreise nicht betroffen ist und somit wirtschaftlich attraktiver wird. Im Personenverkehr reagieren Haushalte vor allem durch eine verringerte Pkw-Fahrleistung auf die erhöhten Kraftstoffkosten, weichen verstärkt auf den öffentlichen Verkehr oder wählen nähere Ziele aus. Ebenfalls wird die Kaufentscheidung bei Pkw und Lkw aufgrund von

veränderten Betriebskosten beeinflusst, sodass eher effizientere Fahrzeuge gewählt werden, um den gestiegenen Nutzungskosten entgegen zu wirken.

### **Zeitliche Dimension der Wirkung**

Ein CO<sub>2</sub>-Preis wirkt kurzfristig auf die Verkehrsnachfrage und mittelfristig auf die Fahrzeugstruktur hinsichtlich Effizienz und Mix der Antriebstechnologien. Es handelt sich hierbei also um ein Instrument, das auch kurzfristig eine Wirkung erzielen kann.

### **Risiken des Instruments**

Bei sehr heterogenen Kraftstoffpreisen in Europa, induziert durch z. B. CO<sub>2</sub>-Bepreisung, besteht die Gefahr des Tanktourismus, insbesondere im grenzüberschreitenden Schwerlastverkehr.

Modellrechnungen legen nahe, dass der bis 2026 im BEHG festgelegte Preispfad im Zusammenspiel mit dem derzeit umgesetzten Instrumenten-Mix nicht ausreichend sein wird, um eine hinreichend schnelle Transformation im Verkehrssektor anzustoßen. Nach den Berechnungen des Öko-Instituts im Rahmen der Bewertung des Klimaschutzprogramms ergeben sich durch den CO<sub>2</sub>-Preis Minderungen von rund 3 Mio. t CO<sub>2</sub> im Jahr 2025 (Öko-Institut et al. 2020).

Es ist also zu erwarten, dass sich im Jahr 2027 eine deutliche Lücke zwischen den tatsächlichen THG-Emissionen und dem Mengenziel im nEHS für das Jahr 2030 ergibt. Sollte entschieden werden, dass ab 2027 kein Mindest- bzw. Höchstpreis eingeführt wird, sondern sich der CO<sub>2</sub>-Preis innerhalb der festen Obergrenze an Emissionszertifikaten frei bildet, kann dieser in den verbleibenden drei Jahren sehr hoch ausfallen. Die politische Durchsetzbarkeit ist bei sehr hohen CO<sub>2</sub>-Preisen daher nicht sicher gegeben. Wenn alternative Fahrzeugtechnologien neben der erforderlichen Infrastruktur und Angebote des Umweltverbundes noch nicht in ausreichendem Umfang und zu erschwinglichen Preisen zur Verfügung stehen, kann es dann vor allem auch bei Haushalten mit geringem Einkommen zu Mobilitätseinschränkungen kommen. Eine Rückverteilung der Einnahmen aus der CO<sub>2</sub>-Bepreisung kann dem entgegenwirken und auch bei CO<sub>2</sub>-preisbedingt höheren Ausgaben für Kraftstoffe verhindern, dass einkommensschwächere Haushalte bei unverändertem Mobilitätsverhalten finanziell noch schlechter gestellt werden als bisher. Die Einhaltung des Caps wird dann von denjenigen Haushalten gewährleistet, für die eine Anpassung ihres Verhaltens wirtschaftlich ist.

Die einheitliche CO<sub>2</sub>-Bepreisung von Brennstoffen in den Sektoren Wärme und Verkehr gewährleistet zwar, dass die Sektorziele für Gebäude und Verkehr in Summe erfüllt werden – sofern eine feste Obergrenze der Emissionszertifikate besteht<sup>7</sup>. Da zu erwarten ist, dass die Vermeidungskosten und die Preiselastizitäten in den beiden Sektoren nicht identisch sind, führt die gemeinsame Bepreisung aber dazu, dass im Sektor mit niedrigeren Vermeidungskosten höhere Emissionsminderungen geleistet werden. Eine Erfüllung der individuellen Sektorziele ist durch die CO<sub>2</sub>-Bepreisung aber nicht garantiert.

#### **4.1.2 Energiesteuer: Angleichung der Sätze für Diesel an Benzin**

Als mengenabhängige Steuer kann die Energiesteuer bei entsprechender Ausgestaltung einen positiven Beitrag zur Erreichung von Klimazielen leisten. Die Energiesteuer ist derzeit jedoch nicht an den Energiegehalt bzw. die damit verbundenen Treibhausgasemissionen der Kraftstoffe gekoppelt und weist dadurch nur eine bedingte Lenkungswirkung hin zu umweltfreundlichen Technologien und Kraftstoffen. Der Steuersatz für Benzin liegt bei 65,45 ct/Liter (entspricht 286,76 Euro/t CO<sub>2</sub>) und für Diesel bei 47,04 ct/Liter (179,06 Euro/t CO<sub>2</sub>). Trotz höheren Energiegehaltes und damit verbundenen höheren Treibhausgasemissionen wird Dieselkraftstoff

---

<sup>7</sup> Eine Zielverfehlung in einem Sektor wird durch eine Übererfüllung des anderen Sektorziels kompensiert.

also mit 18,4 ct/Liter weniger versteuert als Benzin. Einem noch weiter reduzierten Steuersatz unterliegen Erd- und Flüssiggas.

Im Rahmen des Fit for 55-Pakets hat die EU-Kommission zusätzlich zum Emissionshandelssystem für Verkehr und Gebäude auch Vorschläge zur Umgestaltung der Energiesteuerrichtlinie gemacht. Es sollen weiterhin Mindestsätze für die Besteuerung von Energieträgern zur Nutzung im Verkehr (und der Wärmeerzeugung) vorgegeben werden. Dabei werden folgende Neuerungen ab dem Jahr 2023 vorgeschlagen, deren nationale Umsetzung Änderungen bei der deutschen Energiebesteuerung im Verkehr zu Folge hätten:

- ▶ Die Energiesteuern sollen einheitlich auf Basis des Energiegehalts der Energieträger erhoben werden.
- ▶ Es wird eine Indexierung der in der Energiesteuerrichtlinie festgelegten Mindeststeuersätze vorgesehen, die sich aus einer gemeinsamen Inflationsrate der EU ableitet.
- ▶ Energieträger mit Klimanutzen sollen zukünftig niedriger besteuert werden als solche mit hoher Klimawirkung, differenziert nach folgenden Energieträgern:
  - Fossile flüssige Kraftstoffe und nicht-nachhaltige Biokraftstoffe (Biokraftstoffe aus Nahrungs- und Futtermitteln mit hohem Risiko für indirekte Landnutzungsänderungen),
  - Gasförmige fossile Kraftstoffe, LPG und nicht-nachhaltiges Biogas (Biogas aus Nahrungs- und Futtermitteln mit hohem Risiko für indirekte Landnutzungsänderungen),
  - Nachhaltige Biokraftstoffe (inkl. Biogas),
  - Low-carbon fuels, RFNBO (Renewable fuels of non-biological origin) und fortschrittliche Biokraftstoffe (alle Biokraftstoffe auf Rohstoffbasis nach Annex IX der RED),

Ausnahmen (d. h. eine Reduktion bzw. vollständige Entlastung der Besteuerung) sind u.a. möglich für Strom aus erneuerbaren Quellen und Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen, RFNBO und fortschrittliche Biokraftstoffe, Schienenverkehr und öffentlicher Transport sowie für Haushalte mit Armutsrisiko. Die Anpassung der Energiesteuerrichtlinie erfordert Einstimmung im Europäischen Rat und ist daher mit hohen Unsicherheiten hinsichtlich einer möglichen Umsetzung verbunden.

### Möglicher Beitrag zu den Klimaschutzziele

#### Wirkmechanismus des Instruments

- ▶ Reduktion Fahrleistung
- ▶ Modal Shift
- ▶ Erhöhte Nachfrage nach effizienteren Fahrzeugen und alternativen Antrieben

Ein Anpassen der bestehenden Energiesteuersätze und die damit verbundene Preiserhöhung wirkt auf die Nachfrage nach Kraftstoffen und damit auf die Verkehrsnachfrage – entsprechend der in Kapitel 4.2 diskutierten Wirkmechanismen für einen CO<sub>2</sub>-Preis auf Kraftstoffe. Erhöhte Kraftstoffpreise bieten damit Anreize für eine verbesserte Auslastung von Fahrzeugen, die Optimierung von Logistikketten oder aber die Verlagerung auf beispielsweise den Schienengüterverkehr, der durch die erhöhten Kraftstoffpreise nicht betroffen und somit wirtschaftlich attraktiver wird. Im Personenverkehr reagieren Haushalte vor allem durch eine verringerte Pkw-Fahrleistung auf die erhöhten Kraftstoffkosten, weichen verstärkt auf den

öffentlichen Verkehr oder wählen nähere Ziele aus. Ebenfalls wird die Kaufentscheidung bei Pkw und Lkw aufgrund von veränderten Betriebskosten beeinflusst, sodass eher effizientere Fahrzeuge gewählt werden, um den gestiegenen Nutzungskosten entgegen zu wirken.

Der gleichen Logik folgend ist davon auszugehen, dass es bei einer Angleichung des Dieselsteuersatzes an den Benzinsteuersatz zur Reduktion der Fahrleistung von Diesel-Pkw sowie einer verringerten Nachfrage nach Diesel-Pkw zu Gunsten anderer Antriebsalternativen wie Benzinern oder Elektrofahrzeugen kommt. Dieselfahrzeuge sind in der Anschaffung teurer als Benziner, so dass sie deutlich an Attraktivität verlieren könnten.

Eine Angleichung der Energiesteuersätze für Kraftstoffe würde zu einer Dieselpreissteigerung von durchschnittlich 18 % führen. Unterstellt man eine Preiselastizität in der Höhe von -0,3 bis -0,6 würde sich die Fahrleistung von Dieselfahrzeuge durchschnittlich um 5,6 % bis 11,2 % verringern.

### **Wechselwirkungen mit anderen Instrumenten, insbesondere einer CO<sub>2</sub>-Bepreisung**

#### **Wechselwirkung mit CO<sub>2</sub>-Preis**

► CO<sub>2</sub>-Preis und Angleichung der Steuersätze von Diesel an den von Benzin wirken additiv.

Damit ein CO<sub>2</sub>-Preis eine Lenkungswirkung entfalten kann, darf er die Energiesteuer nicht ersetzen, sondern sollte wie beim nEHS eine zusätzliche Komponente im Kraftstoffpreis bilden. Für die Einnahmen aus der Energiesteuer gibt es keine Zweckbindung, d. h. sie dient der Finanzierung allgemeiner Staatsaufgaben. Indirekt kann man aber den Umkehrschluss machen und sagen, dass aus dem allgemeinen Staatshaushalt auch die Infrastrukturbedarfe für den Straßenverkehr finanziert werden. Energiesteuer und CO<sub>2</sub>-Preis dienen somit unterschiedlichen Zwecken und wirken additiv.

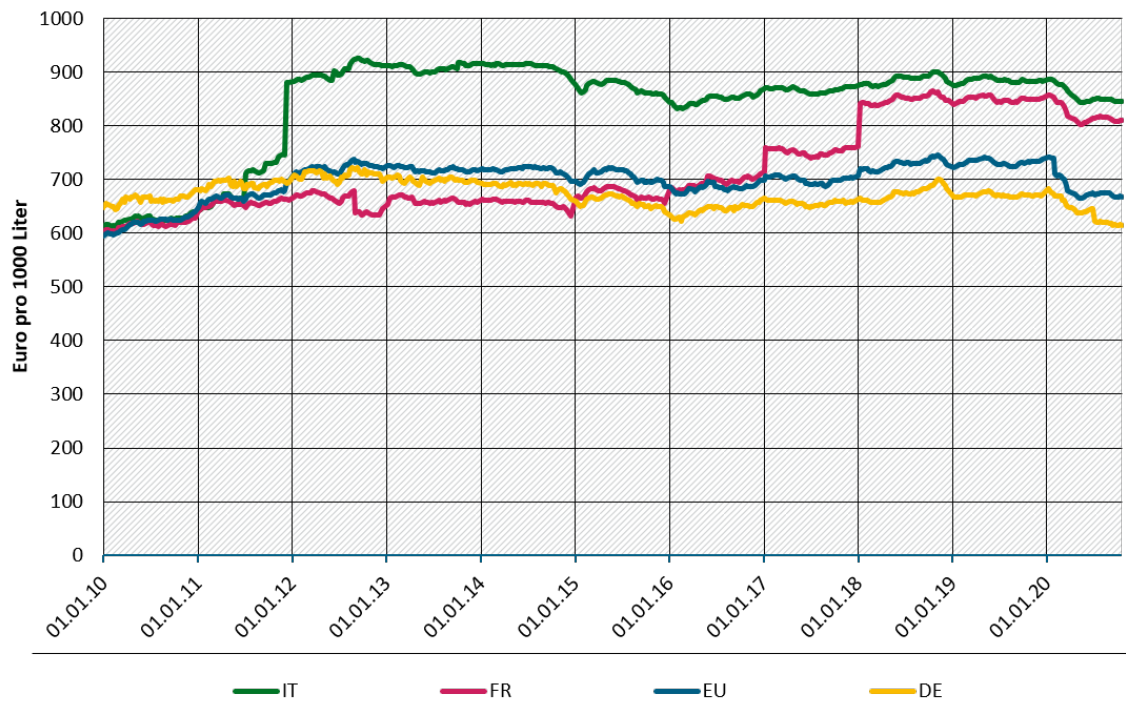
Bei einer Angleichung der Steuersätze für Diesel an Benzin liegt es nahe, auch bei der Kfz-Steuer eine entsprechende Angleichung vorzunehmen.

#### **Zeitliche Dimension der Wirkung**

Die Anhebung der Energiesteuer wirkt wie ein CO<sub>2</sub>-Preis kurzfristig auf die Verkehrsnachfrage und mittelfristig auf die Fahrzeugstruktur hinsichtlich Effizienz und Mix der Antriebstechnologien. Es handelt sich hierbei wie bei dem CO<sub>2</sub>-Preis ebenfalls um ein Instrument, das auch kurzfristig eine Wirkung erzielen können.

#### **Risiken des Instruments**

Bei sehr heterogenen Kraftstoffpreisen in Europa besteht die Gefahr des Tanktourismus, insbesondere im grenzüberschreitenden Schwerlastverkehr. So unterscheidet sich die steuerliche Belastung des Dieselmotorkraftstoffes innerhalb der EU mitunter stark. Während sich die durchschnittliche Besteuerung in Deutschland vor 2013 noch über dem Durchschnitt in der EU befand, ist jene seither unterdurchschnittlich. Dies ist zu Teilen auf Erhöhung der Dieselbesteuerung in Italien im Jahr 2012 als auch die schrittweise Erhöhung der Kraftstoffsteuern in Frankreich ab 2017 zurückzuführen.

**Abbildung 9: Dieselsteuern ausgewählter Länder der EU im Zeitverlauf**

Quelle: eigene Abbildung, Öko-Institut

Lkw können mit einer Tankladung sehr lange Distanzen zurücklegen. Dem Tanktourismus könnte durch Rückerstattungssysteme begegnet werden. In Italien, Frankreich und Spanien, also in einigen EU-Mitgliedstaaten mit höheren Dieselsteuern können die dort ansässigen Unternehmen einen Teil der Energiesteuern auf Diesel (für Lkw >7,5 t) zurück erstattet bekommen. Die Lenkungswirkung der Energiesteuern wird dadurch entsprechend eingeschränkt.

#### 4.1.3 CO<sub>2</sub>-Standards für Pkw und leichte Nutzfahrzeuge, Phase-out von Verbrennungsmotoren

Die EU hat erstmals im Jahr 2009 verbindliche CO<sub>2</sub>-Standards für neu zugelassene Pkw eingeführt, da eine freiwillige Selbstverpflichtung der Automobilindustrie zur Emissionsminderung von Pkw nicht die gewünschte Wirkung erzielte. Seit 2015 dürfen neu zugelassenen Pkw im gewichtsbezogenen Mittel über die Flotte eines Herstellers 130g CO<sub>2</sub>/km nicht überschreiten. Ab 2020 gilt ein schärferer Zielwert von 95 g CO<sub>2</sub>/km, der zunächst für 95 % der Neuwagenflotte gilt und dann ab 2021 von der gesamten Flotte erreicht werden muss. Bis zum Jahr 2025 bzw. 2030 müssen die durchschnittlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen von Neuwagen um weitere 15 % bzw. 37,5 % sinken, jeweils bezogen auf das Basisjahr 2021.

Die Automobilhersteller mit einem hohen Anteil an Fahrzeugen mit sehr niedrigen Emissionen („zero and low emitting vehicles“ bzw. ZLEVs) an den Neuzulassungen können ihren Flottenzielwert für jeden Prozentpunkt über dem Benchmark für ZLEV (15 % im Jahr 2025 und 35 % in 2030) um die positive Differenz verringern, jedoch nur bis zu einem Maximum von 5 %.

Seit dem Jahr 2017 bzw. 2020 gilt ein gewichtsbasierter CO<sub>2</sub>-Zielwert für leichte Nutzfahrzeuge (LNF) von 175 bzw. 147 g CO<sub>2</sub>/km. Wie im Falle der Pkw werden die Grenzwerte in Zukunft verschärft, sodass die CO<sub>2</sub>-Ziele für neuzugelassene leichte Nutzfahrzeuge dann auf minus 15 %

für das Jahr 2025 und auf minus 31 % für das Jahr 2030 gegenüber 2021 weiter reduziert werden müssen.

Im Rahmen des FF55-Paketes hat die Kommission auch einen Vorschlag für eine Ambitionssteigerung bei den CO<sub>2</sub>-Standards für Pkw und leichte Nutzfahrzeuge gemacht. Für Pkw (LNF) wird das Minderungsziel für das Jahr 2030 mit minus 55 % (minus 50 %) gegenüber dem bestehenden Rechtsrahmen weiter abgesenkt und es wird für beide Fahrzeugkategorien mit minus 100 % ein Zielwert für das Jahr 2035 festgelegt, der quasi einem Neuzulassungsverbot von verbrennungsmotorischen Fahrzeugen inklusive Plug-in-Hybriden gleichkommt. Das existierende System zur zusätzlichen Förderung von ZLEV wird für den Zeitraum bis zum Jahr 2029 begrenzt. Die Wirkung der Ambitionssteigerung im Jahr 2030 ist voraussichtlich gering, da nicht geplant ist, Zielwerte auch für die Zwischenjahre 2025 bis 2030 einzuführen. Die Marktdurchdringung von elektrisch betriebenen Fahrzeugen wird aber dann in den Jahren nach 2030 deutlich steigen und entsprechende Wirkung zur CO<sub>2</sub>-Minderung erzielen.

### Möglicher Beitrag zu den Klimaschutzziele

#### Wirkmechanismus des Instruments

► Erhöhtes Angebot an effizienteren Fahrzeugen, insb. Elektrofahrzeuge werden befördert

Über die Regulierungen zu Pkw- und LNF-Standards werden die Automobilhersteller verpflichtet, effizientere Fahrzeuge abzusetzen. Das Instrument adressiert demnach die Angebotsseite von effizienten Fahrzeugen. Die Vorgaben der Standards haben zunächst unmittelbare Auswirkungen auf den Kraftstoffverbrauch von Pkw. Weil sich die festgelegten Zielwerte auf den Durchschnitt aller verkauften Pkw beziehen, ist bei ambitionierten und zukünftig immer niedriger werdenden Grenzwerten auch ein indirekter Anreiz für den Absatz von Elektrofahrzeugen gegeben, da Elektrofahrzeuge keine direkten CO<sub>2</sub>-Emissionen ausstoßen (mit Null angerechnet werden) und damit den Durchschnitt erheblich senken können.

Unterschiede bei der Bewertung in der Minderungswirkung der CO<sub>2</sub>-Standards können sich vor allem aus der Festlegung der Referenzentwicklung ergeben, also den Annahmen dazu, wie sich die Effizienz und Marktdurchdringung der E-Fahrzeuge ohne verschärfte CO<sub>2</sub>-Standards entwickelt hätte.

In der Bewertung des Klimaschutzprogramms 2030 liegt die Minderung durch die beschlossenen Pkw-Standards im Jahr 2030 bei 2,34 Mio. t (Öko-Institut et al. 2020), die Anzahl der E-Pkw bei rund 5,5 Mio. Im Rahmen des neuen Projektionsberichts wurde die Dynamik bei den neuzugelassenen E-Pkw des Jahres 2020 mit berücksichtigt, so dass die Anzahl der E-Pkw im Bestand 2030 in den neuen Berechnungen deutlich höher liegen wird, jedoch bei ähnlicher CO<sub>2</sub>-Minderungswirkung der Standards, da die konventionellen Pkw nach aktueller Einschätzung der Autoren bezüglich der Effizienz nur noch geringere Verbesserungen erreichen werden (noch nicht veröffentlicht). Die Minderung durch die beschlossenen LNF-Standards liegt im Jahr 2030 bei 0,86 Mio. t (Öko-Institut et al. 2020), die Anzahl der E-LNF bei rund 125.000.

Im Rahmen der Studie (Agora Verkehrswende 2018) wurde die Wirkung verschärfter CO<sub>2</sub>-Standards mit einer Minderung von 45 % und einer Minderung um 75 % 2030 ggü. 2021 modelliert. Ersteres resultiert in einem E-Pkw-Bestand 2030 in Höhe von rund 5 Mio. und einer CO<sub>2</sub>-Minderung von 10 Mio. t, die zweite Variante landet bei 10 Mio. E-Pkw und 20 Mio. t Minderung.

Die Studie „Klimaneutrales Deutschland“ erreicht bei einem Phase-Out von verbrennungsmotorisch betriebenen Pkw im Jahr 2035 bei einem linearen Verlauf der E-Pkw-

Zulassungen über die Jahre und gleichzeitig deutlicher Effizienzverbesserung der konventionellen Fahrzeuge einen Bestand von 14 Mio. E-Pkw in 2030. Bei einem vorgezogenen Phase-Out der Verbrenner im Jahr 2030 sind bei einer nahezu linearen Neuzulassungskurve über die Jahre bis zum Jahr 2030 rund 17 Mio. E-Pkw im Bestand (Prognos, Öko-Institut, Wuppertal Institut 2020b).

### Wechselwirkungen mit anderen Instrumenten, insbesondere einer CO<sub>2</sub>-Bepreisung

#### Wechselwirkung mit CO<sub>2</sub>-Preis

- ▶ CO<sub>2</sub>-Preis unterstützt die Erreichung der Standards, da die Betriebskosten für CO<sub>2</sub>-intensive Fahrzeuge steigen und diese auch einen Einfluss auf die Kaufentscheidung haben.
- ▶ Bei gleichbleibenden Kraftstoffpreisen reduzieren sich bei effizienteren Fahrzeugen die Kilometerkosten und die Fahrleistung steigt an (Rebound-Effekt). Durch die CO<sub>2</sub>-Bepreisung steigen wiederum die Kraftstoffkosten und die Kilometerkosten erhöhen sich. CO<sub>2</sub>-Preis und Standards stehen damit in Wechselwirkung.
- ▶ Durch die Effizienzverbesserung bei den Fahrzeugen und den dadurch geringeren Kraftstoffverbrauch werden die sozialen Effekte eines CO<sub>2</sub>-Preises abgemildert.

Ein CO<sub>2</sub>-Preis unterstützt die Erreichung der Flottenzielwerte für neu zugelassene Fahrzeuge. Er wirkt auf die Betriebskosten, die wiederum einen Einfluss bei der Kaufentscheidung haben. Dadurch kann der Bedarf an Anreizen für den Kauf effizienterer und elektrischer Fahrzeuge gegebenenfalls leicht reduziert werden. Ein moderater CO<sub>2</sub>-Preis dürfte sich jedoch nur begrenzt auf Kaufentscheidungen auswirken, da Verbraucher die Kostenvorteile durch niedrige Verbrauchskosten systematisch unterschätzen bzw. diesen beim Fahrzeugkauf keine hinreichend große Bedeutung beigemessen wird.

Bei gleichbleibenden Kraftstoffkosten kann es zu Rebound-Effekten kommen, da durch die effizienteren Fahrzeuge die Kilometerkosten sinken und daher ggf. mehr gefahren wird. Eine ausreichende CO<sub>2</sub>-Bepreisung, in deren Folge die Kilometerkosten mindestens gleich bleiben oder ansteigen, wirkt diesem Effekt bei den fossil betriebenen Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor entgegen. Gleichzeitig fällt der Effekt des CO<sub>2</sub>-Preises auf die Verkehrsnachfrage fossil betriebener Pkw geringer aus, je effizienter sie werden.

Instrumente, die den Kauf effizienterer Pkw auf der Nachfrageseite anreizen, wie z. B. Kaufprämien, Kfz-Steuer, unterstützen ebenfalls die Erreichung der Standards. Je nach Ambitionsniveau können sie auch über deren Wirkung hinaus gehen.

#### Zeitliche Dimension der Wirkung

CO<sub>2</sub>-Standards wirken sich mit Verzögerung auf die CO<sub>2</sub>-Emissionen des Verkehrssektors aus, da sie nur die neu zugelassenen Fahrzeuge regulieren. Da sich Pkw in Deutschland im Mittel 14 Jahre im Bestand befinden, braucht es entsprechend lange, bis eine veränderte Neuzulassungsstruktur im Bestand wirksam wird. Bei den LNF wirken sie etwas schneller, da sich dieses Fahrzeugsegment etwa 12 Jahre im Bestand befindet.

#### Risiken des Instruments

In den letzten Jahren hat sich gezeigt, dass Energieverbrauch und Emissionen von Pkw im realen Betrieb höher als die im Testzyklus gemessenen Werte liegen (früher: NEFZ, seit September 2018: WLTP). Auswertungen des International Council on Clean Transportation (Tietge et al. 2019) zeigen, dass bis zum Jahr 2017 die Abweichung zwischen NEFZ und Realverbrauch bei Diesel- und Benzinmotoren sukzessiv auf 39 % angestiegen ist. Die Ambitionssteigerung der

Standards hatte damit eine deutlich geringere Wirkung, als mit der Setzung der Zielwerte beabsichtigt war. Ein weiterer Punkt ist, dass bei Plug-In-Hybriden der reale elektrische Fahranteil deutlich unter dem Anteil liegt, der für die Berechnungen der WLTP-Emissionen und damit im Rahmen der CO<sub>2</sub>-Standards zu Grunde gelegt wird (ifeu et al. 2020).

Ein zweiter Knackpunkt ist, dass CO<sub>2</sub>-Standards nur für die Jahre 2025 und 2030 festgelegt werden, nicht aber für die Zwischenjahre. Die Erfahrungen mit dem 2020/21-er Ziel sowie dem nicht-linearen Hochlauf der Elektromobilität - es ist ein deutlicher Sprung zu erwarten, der sich bereits abzeichnet - machen deutlich, dass die Standards wie vorgeschrieben zwar (voraussichtlich) die Emissionswerte der Stützjahre erreichen, die Entwicklung in den Zwischenjahren jedoch nicht linear verläuft. Da aber auch und v.a. die in den Zwischenjahren verkauften Pkw die Emissionen des Pkw-Bestandes prägen, liegen die CO<sub>2</sub>-Emissionen des Pkw-Bestandes deutlich höher, als bei einem linearen Verlauf möglich wäre.

Und wie bereits erwähnt kann es bei gleichbleibenden Kraftstoffkosten zu Rebound-Effekten kommen, da durch die effizienteren Fahrzeuge die Kilometerkosten sinken und daher ggf. mehr gefahren wird.

#### 4.1.4 CO<sub>2</sub>-Standards für Lkw

Last- und Sattelzüge haben unter den schweren Nutzfahrzeugen einen Anteil von rund 70 % an den Fahrleistungen. Politische Instrumente zur Verringerung der CO<sub>2</sub>-Emissionen der Last- und Sattelzüge sind entsprechend wirksam. Im Februar 2019 wurden in der EU CO<sub>2</sub>-Emissionsstandards für neue schwere Nutzfahrzeuge beschlossen. Die durchschnittlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen sollen bis 2025 um 15 % und bis 2030 um 30 % gegenüber einem von Juli 2019 bis Juni 2020 ermittelten Bezugswert sinken. Betroffen sind Lkw mit einem Gesamtgewicht von mehr als 16 t und mit 4x2- und 6x2-Achsenkonfiguration. Reguliert werden dabei je Hersteller die durchschnittlichen spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen im Flottenmittel.

Im Rahmen des Fit for 55-Pakets ist keine weitergehende Ambitionssteigerung der CO<sub>2</sub>-Standards für Lkw vorgesehen.

#### Möglicher Beitrag zu den Klimaschutzziele

##### Wirkmechanismus des Instruments

► Erhöhtes Angebot an effizienteren Fahrzeugen, insb. Elektrofahrzeuge werden befördert

Wie bei Pkw und LNF haben die Lkw-Standards einen direkten Einfluss auf die Effizienz der Fahrzeuge. Da die in der Verordnung festgelegten Ziele sich auf die durchschnittliche Anzahl der von einem bestimmten Hersteller verkauften Lkw beziehen, kann die CO<sub>2</sub>-Regulierung bei anspruchsvollen Zielwerten auch den Anteil von Elektrofahrzeugen an den neu zugelassenen Lkw beeinflussen. So können Fahrzeughersteller mit dem Verkauf von mehr Elektrofahrzeugen (direkte CO<sub>2</sub>-Emissionen gleich null) ebenfalls ihr Flottenziel erreichen.

In (Öko-Institut et al. 2020) resultiert durch die Lkw-Standards eine Minderung der CO<sub>2</sub>-Emissionen im Jahr 2030 in Höhe von 5,13 Mio t. Zum Zeitpunkt der Modellierung war nicht absehbar, welche Dynamik die Entwicklung alternativer Antriebe im Lkw-Segment unterliegen wird. Daher wurden keine elektrischen Lkw bei der Zielerreichung berücksichtigt.

## Wechselwirkungen mit anderen Instrumenten, insbesondere einer CO<sub>2</sub>-Bepreisung

### Wechselwirkung mit CO<sub>2</sub>-Preis

- ▶ CO<sub>2</sub>-Preis unterstützt die Erreichung der Standards, da die Betriebskosten für CO<sub>2</sub>-intensive Fahrzeuge steigen und diese auch einen Einfluss auf die Kaufentscheidung haben.

Ein CO<sub>2</sub>-Preis unterstützt die Erreichung der CO<sub>2</sub>-Standards für neu zugelassene Lkw. Er wirkt auf die Betriebskosten, die wiederum einen Einfluss bei der Kaufentscheidung haben. Da die Logistikbranche preissensibler ist als der private Pkw-Nutzende und im Lkw-Bereich die Kraftstoffkosten aufgrund der hohen Fahrleistungen einen deutlich höheren Anteil an den Gesamtkosten der Fahrzeugnutzung haben, kann die Wirkung auch noch stärker ausfallen, als bei Pkw.

Instrumente, die den Kauf effizienterer Lkw auf der Nachfrageseite anreizen, wie z. B. Kaufprämien oder eine nach CO<sub>2</sub>-differenzierte Lkw-Maut bzw. reduzierte Mautsätze für Lkw mit alternativen Antrieben unterstützen ebenfalls die Erreichung der Standards.

### Zeitliche Dimension der Wirkung

Auch die CO<sub>2</sub>-Standards von Lkw wirken sich mit Verzögerung auf die CO<sub>2</sub>-Emissionen des Verkehrssektors aus, da sie die neu zugelassenen Fahrzeuge regulieren. Da sich aber Lkw je nach Größenklasse im Mittel nur rund 6 bis 10 Jahre im Bestand befinden, erfolgt hier die Bestandsumwälzung und damit die vollumfängliche Wirkung auf die CO<sub>2</sub>-Emissionen deutlich schneller als bei den Pkw.

### 4.1.5 Quote für E-Fahrzeuge

Um speziell Elektrofahrzeuge in den Markt zu bringen, ist das Instrument der Neuzulassungsquote für E-Fahrzeuge denkbar. Eine festgesetzte Quote für den Anteil an Elektrofahrzeugen bei den Pkw-Neuzulassungen kann die Durchdringung von Elektromobilität in der Pkw-Flotte stark beschleunigen. Zudem könnte eine Quote auch jährliche Anteilszuwächse vorgeben, was im Gegensatz zu den Pkw-Standards, die sich auf die Stützjahre 2025 und 2030 beziehen, einen linearen Hochlauf ermöglichen könnte.

Eine Quote gibt den Herstellern einen Rahmen als Orientierung für die zukünftige Planung. Diese ist in Ergänzung zu den Pkw-Standards denkbar, die ggf. zusätzlich national umgesetzt werden könnte, um in Deutschland einen höheren Anteil an E-Fahrzeugen zu erreichen als EU-weit. Fahrzeughersteller müssten für ihre Flotte die Quoten erfüllen und könnten Verpflichtungen in einem gewissen Rahmen untereinander handeln. Werden die E-Pkw-Quoten von Herstellern nicht eingehalten, müssten Strafzahlungen erhoben werden, ähnlich wie beim Nichterreichen der Pkw Standards.

### Möglicher Beitrag zu den Klimaschutzziele

#### Wirkmechanismus des Instruments

- ▶ Erhöhtes Angebot an Elektrofahrzeugen wird befördert

Das Instrument wirkt ausschließlich auf den Anteil an elektrisch betriebenen Fahrzeugen bei den Neuzulassungen und wirkt angebotsorientiert, da die Fahrzeughersteller verpflichtet sind, einen bestimmten Prozentsatz an E-Fahrzeugen abzusetzen.

Pro 1 Mio. E-Pkw im Bestand ergibt sich ggü. einer hypothetischen fossilen Referenz mit 120 g/km real in etwa eine Minderung von 1,2 Mio. t. Da die Pkw-Standards derzeit nur für die

Stützjahre (2025 und 2030) gelten, kann die Quote gut eingesetzt werden, um einen linearen Verlauf der Anteile an E-Pkw bei den Neuzulassungen zu flankieren, um so auch in den Zwischenjahren einen weiteren Anstieg bei den neu zugelassenen E-Pkw zu garantieren.

### Wechselwirkungen mit anderen Instrumenten, insbesondere einer CO<sub>2</sub>-Bepreisung

#### Wechselwirkung mit CO<sub>2</sub>-Preis

- ▶ CO<sub>2</sub>-Preis unterstützt die Erreichung der E-Pkw-Quote (höherer „Total-Cost-of-Ownership“-Vorteil für E-Pkw gegenüber Verbrennern).

Ein CO<sub>2</sub>-Preis unterstützt die Erreichung der Quoten-Ziele. Er verteuert die Betriebskosten konventioneller Fahrzeuge und setzt damit einen Kaufanreiz für E-Pkw. Aber auch hier ist zu beachten, dass die Kostenvorteile bei den Betriebskosten in der Praxis ökonomisch nicht vollständig gewürdigt werden.

Grundsätzlich gilt, dass je höher der Anteil der E-Pkw im Bestand ist, desto niedriger wird der Klimaschutzbeitrag durch eine CO<sub>2</sub>-Bepreisung.

Bei einer ambitionierten E-Pkw-Quote ist es unwahrscheinlich, dass der CO<sub>2</sub>-Preis eine über die Quote hinausgehende Wirkung auf den Anteil der elektrischen Neuzulassungen hat. Allerdings kann der CO<sub>2</sub>-Preis immer noch einen Anreiz auf die Effizienzsteigerung konventioneller Fahrzeuge ausüben (der von der Quote nicht adressiert wird), sowie auf die Fahrleistung von verbrennungsmotorischen Fahrzeugen.

#### Zeitliche Dimension der Wirkung

Auch E-Fahrzeug-Quoten wirken sich mit Verzögerung auf die CO<sub>2</sub>-Emissionen des Verkehrssektors aus, da sie die neu zugelassenen Fahrzeuge regulieren.

#### Risiken des Instruments

Ein Effekt könnte sein, dass Deutschland dann ggf. höhere Minderungen bei den Neufahrzeugen erreicht. Bleibt das EU-Ziel jedoch auf dem gleichen Niveau, so ermöglicht es anderen Ländern, geringere Anteil an E-Pkw neu zuzulassen bei gleichzeitiger Erfüllung der Pkw-Standards, die im EU-Durchschnitt gelten (Wasserbetteffekt).

#### 4.1.6 Kfz-Steuer

Der Gesetzentwurf zur Änderung der Kfz-Steuer aus dem Juli 2020 sieht eine Erhöhung der Kfz-Steuer zum 1.1.2021 vor: Wie bisher liegt die CO<sub>2</sub>-Komponente bis 95 g bei null und von 96 bis 115 g bei 2 Euro je g/km. Angehoben wird die Kfz-Steuer oberhalb von CO<sub>2</sub>-Emissionen in Höhe von 116 g/km. Die Kfz-Steuer steigt für neu zugelassene Pkw auf 2,20 Euro/g ab 116 g, dann auf 2,50 Euro/g ab 136 g, 2,90 Euro/g ab 156 g und 3,40 Euro/g ab 176 g bis zu einem Höchstsatz von 4 Euro/g für Pkw CO<sub>2</sub>-Emissionen von mehr als 195 g/km. Batterieelektrische Pkw mit Zulassung bis 31. Dezember 2025 sind für bis zu 10 Jahre bis maximal Ende 2030 von der Kfz-Steuer befreit.

Ausgehend von einem Benzinmotor mit einem 1.500 ccm großen Motor, einem CO<sub>2</sub>-Ausstoß von 150 g CO<sub>2</sub>/km und einer jährlichen Fahrleistung von 15.000 km summiert sich die neue Kfz-Steuer auf etwas über 151 Euro jährlich und liegt damit gut 11 Euro über der Steuerbelastung nach altem Berechnungsschlüssel

## Möglicher Beitrag zu den Klimaschutzziele

### Wirkmechanismus des Instruments

- ▶ Erhöhte Nachfrage nach effizienteren Fahrzeugen, insb. nach Elektrofahrzeugen wird befördert
- ▶ Haltedauer von Fahrzeugen wird ggf. verkürzt

Die Kfz-Steuer wirkt auf die Kosten des Pkw-Besitzes. Durch eine höhere Kfz-Steuer und eine stärkere Spreizung der Kfz-Steuer gemäß dem CO<sub>2</sub>-Ausstoß kann ein Anreiz zur Beschaffung emissionsarmer Fahrzeuge gesetzt werden. Durch eine deutliche Erhöhung der Kfz-Steuer wird der Pkw-Besitz teurer. Das kann dazu führen, dass weniger Pkw gekauft werden.

Die Höhe der Kfz-Steuer ist für Pkw in Deutschland im Vergleich mit anderen europäischen Ländern sehr niedrig, eine Zulassungssteuer gibt es gar nicht. Aufgrund der geringen Spreizung sowie der generell niedrigen Besteuerung ist die Lenkungswirkung der Kfz-Steuer gering. Auch durch die Reform wird sich der im Durchschnitt zu zahlende CO<sub>2</sub>-Aufschlag um maximal etwa 25 % gegenüber vorher erhöhen, so dass keine relevante Lenkungswirkung zu erwarten ist.

Im Rahmen der Bewertung des Klimaschutzprogramms wurde eine erhöhte CO<sub>2</sub>-Komponente der Kfz-Steuer quantifiziert. Für Neuzulassungen ab 2021 mit mehr als 95 g CO<sub>2</sub>/km (WLTP) fallen 4 Euro (statt bisher 2 Euro) je g CO<sub>2</sub> pro Jahr an, oberhalb von 115 g CO<sub>2</sub>/km sind es 5,50 Euro je g CO<sub>2</sub> (Öko-Institut et al. 2020). Diese führt zusammen mit der Kaufprämie zu einer Minderung von rund 1,4 Mio. t im Jahr 2030. Der Gesetzentwurf aus dem Juli 2020 ist weniger ambitioniert, als die im Rahmen von (Öko-Institut et al. 2020) berechnete Änderung der Kfz-Steuer. Insgesamt liegt also die Wirkung der Kfz-Steuer auf einem sehr niedrigen Niveau.

### Weiterentwicklung der Kfz-Steuer zu einem Bonus-Malus-System

Um die Nachfrage nach CO<sub>2</sub>-ärmeren Pkw zu erhöhen, sollte direkt beim Kauf ein entsprechendes Preissignal für CO<sub>2</sub>-arme Pkw implementiert werden. Geeignet ist, dafür die Kfz-Steuer im ersten Jahr (oder den ersten drei Jahren wie in Schweden) anzuheben, denn die Einführung einer Neuzulassungssteuer wäre sehr (Zeit-) aufwendig. Das wird im Allgemeinen auch als Bonus-Malus-System bezeichnet. Es sollte so ausgestaltet werden, dass besonders CO<sub>2</sub>-arme Fahrzeuge mit einem Bonus beim Kauf versehen werden (wie z. B. die derzeitige Kaufprämie) und Pkw mit höheren CO<sub>2</sub>-Emissionen einen Malus zahlen müssen, (progressiv) steigend mit der Höhe der CO<sub>2</sub>-Emissionen.

## Möglicher Beitrag zu den Klimaschutzziele

Es gibt keine Studien, die die Wirkung eines Bonus-Malus-Systems in Deutschland für konkrete Ausgestaltungen aufzeigen. Was jedoch aufgezeigt werden kann, ist, dass in den Ländern, in denen ambitioniert ausgestaltete Systeme implementiert worden sind, im Zusammenspiel mit weiteren Instrumenten wie einer CO<sub>2</sub>-Differenzierung bei der Dienstwagensteuer die CO<sub>2</sub>-Emissionen neu zugelassener Pkw stärker zurückgehen als in Deutschland.

Im Gegensatz zu den meisten EU-Ländern gibt es in Deutschland keine Zulassungssteuer. So haben beispielsweise Frankreich und die Niederlande ein System, bei dem Pkw mit hohen CO<sub>2</sub>-Emissionen mit einer Steuer beim Kauf eines neuen Fahrzeuges im 5-stelligen Bereich belegt sind. In Schweden zeigt sich, dass die Kombination aus CO<sub>2</sub>-Preis und Steueraufschlag bei der Erstzulassung differenziert nach den CO<sub>2</sub>-Emissionen des Fahrzeuges eine deutliche Wirkung auf den Anteil der E-Pkw und die CO<sub>2</sub>-Emissionen der Pkw hat. Seit 1991 gibt es eine CO<sub>2</sub>-Komponente bei den Kraftstoffsteuern (der Preis liegt derzeit bei 115 Euro/t CO<sub>2</sub>). Zusätzlich wurde Mitte 2018 ein System eingeführt, bei dem die Kfz-Steuer in den ersten drei Jahren nach

Erstzulassung differenziert nach den CO<sub>2</sub>-Emissionen erhöht wurde. Der Anteil an E-Pkw an den Neuzulassungen lag in 2017 bei knapp über 5,5 %, in 2018 dann bereits bei gut 8 %. Im Vergleich: In Deutschland und der EU lag der Anteil in 2018 bei knapp 2 %.

### Wechselwirkungen mit anderen Instrumenten, insbesondere einer CO<sub>2</sub>-Bepreisung

#### Wechselwirkung mit CO<sub>2</sub>-Preis

- ▶ Ein CO<sub>2</sub>-Preis unterstützt die Wirkung der Kfz-Steuer bzw. einer Neuzulassungssteuer, da die Betriebskosten für CO<sub>2</sub>-intensive Fahrzeuge steigen, die TCO also einen zusätzlichen Impuls in Richtung energieeffizienterer Fahrzeuge gibt.
- ▶ CO<sub>2</sub>-Komponenten der Kfz-Steuer in Form einer Einmalzahlung beim Fahrzeugerwerb wirken insbesondere auf die Kaufentscheidung, CO<sub>2</sub>-Preise eher auf den Betrieb. Da die Betriebskosten bei der Kaufentscheidung systematisch unterschätzt werden, ist ein Bonus-Malus-System ein wichtiges Element zur Beschaffung effizienterer Fahrzeuge.

Grundsätzlich gilt, dass eine CO<sub>2</sub>-orientierte Kfz-Steuer nur dann eine langfristige Anreizwirkung bei steigendem CO<sub>2</sub>-Preis bieten kann, wenn die Steuer selbst dynamisch an den CO<sub>2</sub>-Preis gekoppelt ist. Anderenfalls droht die Anreizwirkung bereits nach wenigen Jahren zu verfliegen, da der steigende CO<sub>2</sub>-Preis bereits dazu führt, dass effizientere Pkw einen deutlichen Kostenvorteil haben.

Bei der Kaufentscheidung setzen sowohl der im Kraftstoff enthaltene CO<sub>2</sub>-Preis als auch die CO<sub>2</sub>-Komponente der Kfz-Steuer auf der Nachfragerseite Anreize für den Kauf effizienter Pkw, jedoch in etwas unterschiedlicher Weise. Während die Kfz-Steuer (in ihrer bisherigen Ausgestaltung) vom Zulassungsjahr abhängt und damit im Zeitverlauf konstant bleibt, steigt der CO<sub>2</sub>-Preis an und wirkt also dynamischer, auch auf die Anschaffungsentscheidung – ist allerdings für die Käufer auch weniger planbar als die Kfz-Steuer. Im Gegensatz zur Kfz-Steuer hängt der im Kraftstoff enthaltene CO<sub>2</sub>-Preis auch von der Fahrleistung ab.

Hohe CO<sub>2</sub>-abhängige Kfz-Steuern (wie in anderen Ländern) können in ihrer Wirkung auf die Kaufentscheidung deutlich über die Wirkung eines moderaten CO<sub>2</sub>-Preises hinausgehen wie er in der Festpreisphase des nEHS vorgesehen ist.

Die Wirkung eines Bonus-Malus-Systems kann durch einen CO<sub>2</sub>-Preis noch verstärkt werden. Das eine Instrument adressiert direkt den Kauf, das andere die Nutzungsphase. Wesentlich ist jedoch: Angesichts des Marktversagens beim Fahrzeugerwerb (Unterschätzung des Betriebskostenvorteils effizienter Fahrzeuge) ist zu erwarten, dass politische Maßnahmen, die direkt beim Kauf den Erwerb treibhausgasärmerer Fahrzeuge unterstützen (also ein Bonus-Malus-System bei der Fahrzeugzulassung), eine deutlich stärkere Wirkung auf die Neuzulassungsstruktur haben, als solche, die auf den Betrieb wirken (also ein CO<sub>2</sub>-Preis).

Die Wirkung einer CO<sub>2</sub>-abhängigen Kfz-Steuer hat hohe Wechselwirkungen mit den Pkw-CO<sub>2</sub>-Standards. In der derzeitigen Ausgestaltungsform dient sie mit einer vergleichsweise niedrigen Anreizwirkung v.a. dazu, die Erreichung der Standards zu ermöglichen, dadurch dass sie aus Nutzerperspektive – geringfügige – Anreize zum Kauf von effizienteren Pkw schafft. Ein Bonus-Malus-System kann bei entsprechender Ausgestaltung auch eine Wirkung über die CO<sub>2</sub>-Standards hinaus haben. Zusätzlich gibt es Wechselwirkungen mit all den Instrumenten, die auf die Kaufentscheidung von Pkw Einfluss haben.

### **Zeitliche Dimension der Wirkung**

Die Kfz-Steuer und auch ein Bonus-Malus-System wirken auf die Kaufentscheidung. Entsprechend der Dauer der Bestandsumwälzung werden größere Effekte zeitlich verzögert sichtbar.

### **Risiken des Instruments**

Da nicht genau vorhergesagt werden kann, wie die Nachfragewirkung tatsächlich sein wird, sollte das Instrument dynamisch über die Zeit angepasst werden, auch um zu gewährleisten, dass Ausgaben (Bonus) und Einnahmen (Malus) sich in etwa die Waage halten.

#### **4.1.7 Dienstwagensteuer**

Dienstwagen sind gewerblich angemeldete Pkw, die Arbeitnehmende auch privat nutzen dürfen. Damit sind sie ein „geldwerter Vorteil“, also eine Entlohnung in Form einer Sachleistung. Dienstwagen werden niedrig besteuert und oft werden auch Wartung und Betankung durch das Unternehmen getragen, welches die Kosten als Betriebsausgaben steuerlich geltend machen kann.

Seit einigen Jahren liegt der Anteil der gewerblichen Fahrzeuge an den Neuzulassungen von Pkw bei über 60 %, während der Anteil der Dienstwagen an den Pkw-Neuzulassungen auf rund 20 %<sup>8</sup> geschätzt wird. Auf den Gebrauchtwagenmarkt kommen Dienstwagen meist nach rund drei Jahren. Damit spielt die Besteuerung von Dienstwagen auch eine wichtige Rolle für Struktur und Höhe der CO<sub>2</sub>-Emissionen des privaten Pkw-Bestands.

Die Versteuerung des geldwerten Vorteils kann für Arbeitnehmende auf zwei verschiedene Arten erfolgen. Zum einen können Arbeitnehmende ein Fahrtenbuch führen, auf Basis dessen die privaten Fahrten versteuert werden müssen. Zum anderen besteht die Möglichkeit der Versteuerung über die sogenannte Listenpreismethode, bei der pauschal und unabhängig von der eigentlichen privaten Nutzung des Fahrzeuges 1 % des Bruttolistenpreises des Autos als geldwerter Vorteil versteuert werden muss, sowie zusätzlich 0,03 % je Kilometer Entfernung zwischen Wohnort und Arbeitsplatz. Aufgrund der einfacheren steuerlichen Handhabung wird die Listenpreismethode häufig bevorzugt. Insbesondere wenn der Dienstwagen viel privat gefahren wird, rechnet sich die pauschale Besteuerung gegenüber der Fahrtenbuchmethode.

Bereits im Januar 2019 ist die Bemessungsgrundlage für Elektro- und extern aufladbare Plug-In-Hybridfahrzeuge auf 0,5 % halbiert worden, so dass E-Dienstwagennutzer einen geringeren geldwerten Vorteil versteuern müssen. Mit dem „Gesetz zur weiteren steuerlichen Förderung der Elektromobilität und zur Änderung weiterer steuerlicher Vorschriften“ wurde diese Regelung bis zum 31. Dezember 2030 verlängert. Elektrofahrzeuge mit einem Listenpreis unter 60.000 Euro werden nur noch mit 0,25 % versteuert.

---

<sup>8</sup> Der „relevante Flottenmarkt“ (= gewerbliche Zulassungen, bereinigt um Mietwagen, Kurzzeitzulassungen der Hersteller etc.) 2017 betrug 850.000 von 3,4 Mio. Pkw-Neuzulassungen (=25 %), davon sind aber auch noch ein Teil Poolfahrzeuge, die nicht privat genutzt werden. Daher werden die privat genutzten Dienstwagen auf 20 % geschätzt.

## Möglicher Beitrag zu den Klimaschutzziele

### Wirkmechanismus des Instruments

- ▶ Anschaffung teurer und damit meist energieintensiver Pkw wird befördert
- ▶ Fahrleistung wird verstärkt angereizt
- ▶ Elektrofahrzeuge werden befördert

Die derzeitige Ausgestaltung der Dienstwagensteuer hat negative Wirkungen für den Klimaschutz. Die Ausdehnung der Dienstwagennutzung sowie die Anschaffung teurerer und damit meist CO<sub>2</sub>-intensiverer Fahrzeuge werden finanziell angereizt. Hinzu kommt, dass Dienstwagen eine höhere jährliche Laufleistung haben als die übrigen Pkw. Auch die Wahl des Verkehrsmittels wird zugunsten des Pkw verschoben, denn oft trägt der Arbeitnehmende keine fahrleistungsabhängigen Kosten, so dass die Nutzung alternativer Verkehrsmittel ökonomisch unattraktiv ist.

In (Öko-Institut et al. 2020) wird die Dienstwagenbesteuerung (Absenkung der Bemessungsgrundlage für E-Pkw auf 0,5 %) nicht gesondert quantifiziert, sondern als unterstützend für die Erreichung der Pkw-Standards bewertet.

Auswertungen und Studien zur Anreizwirkung der Absenkung der Bemessungsgrundlage bei batterieelektrischen und Plug-In-Hybrid Pkw gibt es noch nicht. Datenauswertungen hierzu sind schwierig, da keine Daten öffentlich verfügbar sind, die sowohl Haltergruppe als auch Antriebe berücksichtigen. Über alle Haltergruppen hinweg sieht man im Vergleich Januar bis September 2019 und 2020 einen deutlichen Anstieg des Anteils an batterieelektrischen (von 1,7 % auf 4,8 %) und Plug-In Pkw (von 6 % auf 15,3 %) (KBA 2020). Dieser ist wahrscheinlich vor allem auf die ab 2020 geltenden Standards zurückzuführen. Innerhalb dieser Neuzulassungen liegt der größte Anteil bei den Dienstwagen (unveröffentlichte Daten).

Zwei Ansatzpunkte sind für eine klimafreundlichere Ausgestaltung der Besteuerung von gewerblich angeschafften Fahrzeugen wesentlich:

- ▶ Höchstpreisbegrenzung und Differenzierung anhand der CO<sub>2</sub>-Emissionen der Fahrzeuge
- ▶ Besteuerung der privaten Fahrleistung

In anderen europäischen Ländern wird in der Regel ein höherer Prozentsatz für die Berechnung des geldwerten Vorteils verwendet. Weit verbreitet ist auch die Berücksichtigung von umweltrelevanten Fahrzeugeigenschaften (z. B. CO<sub>2</sub>-Ausstoß, Kraftstoffverbrauch, Begünstigungen für elektrische Fahrzeuge) für die Spreizung der Berechnung (FÖS 2018).

Sollte die Attraktivität von Dienstwagen als Gehaltsbestandteil durch eine dem tatsächlichen Wert angemessene Besteuerung gemindert werden oder sollte die Besteuerung stärker an die CO<sub>2</sub>-Emissionen der Fahrzeuge gekoppelt wird, könnte dies dazu führen, dass sich die Struktur der Pkw-Neuzulassungen in Deutschland verändert. Nach (Agora Verkehrswende 2018) könnte eine CO<sub>2</sub>-abhängige Spreizung der Absatzbarkeit von Firmenwagen und der Besteuerung von Dienstwagen eine Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen neu zugelassener Pkw um 1 % bis 4 % und damit eine Minderung der CO<sub>2</sub>-Emissionen im Jahr 2030 um 0,6 bis 1,9 Mio. t zur Folge haben.

Die Ergänzung der Dienstwagensteuer um eine fahrleistungsabhängige Komponente und eine damit einhergehende Reduktion der Fahrleistungen von Dienstwagen um 25 % bis 75 % könnte in 2030 die CO<sub>2</sub>-Emissionen um 1,3 bis 3,9 Mio. t mindern (Agora Verkehrswende 2018).

## Wechselwirkungen mit anderen Instrumenten, insbesondere einer CO<sub>2</sub>-Bepreisung

### Wechselwirkung mit CO<sub>2</sub>-Preis

- ▶ Wenn die Kraftstoffkosten vom Arbeitgeber übernommen und nicht an die Nutzer weitergegeben werden, hat der CO<sub>2</sub>-Preis auf die Fahrleistung der Dienstwagen keine Wirkung.

Die Wechselwirkung mit einer CO<sub>2</sub>-Bepreisung ist bei dem derzeitigen System, in dem der Arbeitgeber in vielen Fällen auch für die Kraftstoffkosten über Tankkarten aufkommt, nicht gegeben. Damit hemmt die derzeitige Dienstwagenbesteuerung die Lenkungswirkung des CO<sub>2</sub>-Preises. Um eine direkte Lenkungswirkung auch auf die Dienstwagen zu erzielen, dürfen die Kraftstoffkosten nicht vom Arbeitgeber übernommen werden.

Ein CO<sub>2</sub>-Preis kann aber dazu führen, dass die Arbeitgeber darauf achten, den Arbeitnehmern eher effizientere Fahrzeuge zur Auswahl anzubieten.

### Zeitliche Dimension der Wirkung

Eine Anpassung der Dienstwagenbesteuerung hinsichtlich einer CO<sub>2</sub>-Komponente hätte eine vergleichsweise kurzfristige Wirkung, da Dienstwagen alle 3 bis 4 Jahre ausgetauscht werden. Ebenfalls vergleichsweise kurzfristig würde eine fahrleistungsabhängige Komponente wirken.

### Risiken des Instruments

Der verringerte Steuersatz für Plug-in-Hybride begünstigt die Wahl von großen und teuren Fahrzeugen, welche im schlimmsten Fall nur im Verbrennermodus genutzt werden, wenn der Arbeitgeber lediglich die Kraftstoffkosten trägt, nicht jedoch die heimischen Stromkosten zum Laden des Fahrzeuges. Bei der Bestimmung der offiziellen CO<sub>2</sub>-Werte nach WLTP werden hohe elektrische Fahranteile von rund 60 % bis 85 % angenommen, um die mittleren CO<sub>2</sub>-Emissionen der Fahrzeuge zu berechnen. Auswertungen von Daten einer begrenzten Stichprobe zeigen jedoch, dass bei deutschen Dienstwagen der tatsächliche elektrische Fahranteil derzeit unter 20 % liegt (Plötz et al.), diese Fahrzeuge also kaum einen Umweltvorteil aufweisen.

### 4.1.8 Entfernungspauschale

Mit der Entfernungspauschale können Wegekosten zwischen Wohn- und Arbeitsstätte als Werbungskosten von der Einkommensteuer abgesetzt werden. Sie beträgt derzeit 30 ct je Entfernungskilometer und Arbeitstag. Es zählt die (einfache) Entfernung, nicht die Anzahl der täglich gefahrenen Strecken. Im Rahmen des Klimaschutzprogramms 2030 wird die Pauschale ab dem 21. Entfernungskilometer auf 35 ct (2021-2023) bzw. 38 ct (2024-2026) angehoben. Ab dem 20. Entfernungskilometer können Geringverdienende, die keine Steuern zahlen, auf Antrag eine „Mobilitätsprämie“ in Höhe von 14 % der Entfernungspauschale erhalten. Die Anhebung der Entfernungspauschale erfolgt als Ausgleich der Mehrkosten für die von einem CO<sub>2</sub>-Preis besonders betroffenen Pendler, wobei ein Teil der Zusatzeinnahmen durch die Einführung des CO<sub>2</sub>-Preises zur Finanzierung der Pendlerpauschale verwendet werden soll.

Durch die Anhebung der Entfernungspauschale erhöht sich allerdings die Attraktivität des Fernpendelns. Sie wirkt damit dem Anreiz des CO<sub>2</sub>-Preises, Pkw-Fahrten zum Arbeitsplatz zu vermeiden, entgegen,

## Möglicher Beitrag zu den Klimaschutzziele

### Wirkmechanismus des Instruments

- ▶ Wohnstandortwahl und damit Wegelängen
- ▶ Verkehrsnachfrage steigt bei derzeitiger Ausgestaltung (Anhebung)
- ▶ Wirkung auf Modal-Split bei Ausrichtung an die ÖV-Verfügbarkeit

Denkbare und wünschenswerte Reformschritte im Vergleich zu den bisher festgeschriebenen Regelungen der Pendlerpauschale können verschiedene Wirkungen haben, die die CO<sub>2</sub>-Emissionen beeinflussen: Durch eine Reduktion oder Abschaffung der Entfernungspauschale könnten langfristig Wege z. B. durch Wohnstandortwahl vermieden werden, eine stärkere Ausrichtung der Entfernungspauschale an ökologischen Kriterien zum Beispiel hinsichtlich der ÖV-Erreichbarkeit kann eine Verlagerung auf den ÖV induzieren. Wird die Pendlerpauschale an Fahrzeuge mit geringeren CO<sub>2</sub>-Emissionen gekoppelt, so könnte auch die Nachfrage nach entsprechenden Fahrzeugen angereizt werden.

Annahmen und Modellierungen hinsichtlich einer Änderung der Wohnstandortwahl sind mit hohen Unsicherheiten behaftet. Für das Szenario einer Abschaffung der Entfernungspauschale kommen Berechnungen mit dem Modell Pantha Rei (Petschow et al. 2008) zu dem Ergebnis, dass der Pkw-Verkehr um 2,3 % nach rund 10 Jahren zurückgehen könnte. Bei CO<sub>2</sub>-Emissionen der Pkw von 90 Mio. t CO<sub>2</sub> im Jahr 2030 wäre das ein CO<sub>2</sub>-Minderungsbeitrag von rund 2 Mio. t CO<sub>2</sub>, langfristig ggf. mehr. Wird nur das kurzfristige Potenzial aufgrund höherer Kilometerkosten betrachtet, ist der Klimaschutzbeitrag geringer. Nach Renewbility I (Öko-Institut und DLR-IVF 2009) liegt er durch eine kurzfristig realisierte Verlagerung bei rund 0,3 Mio. t CO<sub>2</sub>.

Zu einer Kopplung der Entfernungspauschale an die ÖV-Verfügbarkeit oder an Fahrzeuge mit geringen CO<sub>2</sub>-Emissionen existieren keine Studien, die Aussagen über deren Wirkung machen.

### Wechselwirkungen mit anderen Instrumenten, insbesondere einer CO<sub>2</sub>-Bepreisung

#### Wechselwirkung mit CO<sub>2</sub>-Preis

- ▶ Es besteht keine direkte Wechselwirkung zwischen CO<sub>2</sub>-Preis und Entfernungspauschale. Aber ein CO<sub>2</sub>-Preis kann die Wirkung einer Umgestaltung der Pendlerpauschale verstärken, da die Kosten in der Nutzungsphase zusätzlich erhöht werden.

Derzeit ist die Entfernungspauschale unabhängig vom tatsächlichen Kraftstoffverbrauch bzw. den tatsächlichen Pendelkosten, es gibt also keine direkte Wechselwirkung zwischen CO<sub>2</sub>-Preis und Entfernungspauschale. Aber ein CO<sub>2</sub>-Preis kann die Wirkung einer Umgestaltung im Sinne einer Reduktion der Pendlerpauschale verstärken, da die Kosten in der Nutzungsphase zusätzlich erhöht werden.

Die Erhöhung der Entfernungspauschale als Kompensation für den CO<sub>2</sub>-Preis kann hingegen Entscheidungen von Pendlern bzgl. ihrer Wohnstandortwahl aus ökologischer Sicht negativ beeinflussen. Um den Anreiz durch den CO<sub>2</sub>-Preis auf die Arbeitswege zu erhalten, ist die zeitliche Begrenzung der Erhöhung wichtig.

Da ein CO<sub>2</sub>-Preis die Betriebskosten erhöht, kann die Wirkung einer Umgestaltung der Entfernungspauschale, bei der die Absetzbarkeit der Wegekosten zwischen Wohn- und Arbeitsort reduziert wird, aber indirekt verstärkt werden. Ganz wesentlich für eine kurzfristige

Wirkung ist die Förderung des ÖV, damit die Alternativen für entsprechende Ausweichreaktionen zur Verfügung stehen.

#### **Zeitliche Dimension der Wirkung**

Die Reduktion oder Abschaffung der Entfernungspauschale wirkt eher langfristig hinsichtlich der Wohnstandortwahl. Werden zusätzliche Kriterien wie die Kopplung an die ÖV-Verfügbarkeit eingeführt, so könnte eine Umgestaltung bei den Personen eine kurzfristigere Wirkung haben, bei den eine ÖV-Verfügbarkeit gegeben ist.

#### **Risiken des Instruments**

Vorausgesetzt die Entfernungspauschale wird bei weiter steigendem CO<sub>2</sub>-Preis ab dem Jahr 2027 ebenfalls erhöht, verliert dieser an Lenkungswirkung. Grundsätzlich fördert die Entfernungspauschale lange Arbeitswege und damit auch das Gesamtverkehrsaufkommen.

### **4.1.9 Pkw-Maut**

Eine Maut ist im Wesentlichen eine Gebühr für die Nutzung eines bestimmten Straßennetzes. Diese Gebühr kann entweder bezogen auf die Zeit oder abhängig von der Fahrleistung berechnet werden. Die meisten europäischen Länder erheben für Pkw, insbesondere auf Autobahnen, bereits eine Straßenbenutzungsgebühr, teilweise wie in Frankreich oder Italien als streckenbezogene Maut, teilweise wie in Österreich oder Tschechien als eine zeitbezogene Vignette.

#### **Möglicher Beitrag zu den Klimaschutzziele**

##### **Wirkmechanismus des Instruments**

- ▶ Reduktion der Pkw-Kilometer durch Verkehrsverlagerung, Erhöhung der Fahrzeugauslastung, Wahl kürzerer Wege.

Während eine Vignettenlösung einer Art Flatrate gleichkommt, schafft es eine fahrleistungsabhängige Maut, also ein pro Kilometer erhobener Mautsatz, eher Anreize zu setzen, den Auslastungsgrad der Fahrzeuge zu erhöhen oder Fahrten auf öffentliche Verkehrsmittel zu verlagern. Diese Wirkungen sind abhängig von der Höhe der Mautsätze, über die neben den CO<sub>2</sub>-Emissionen auch weitere externe Effekte, z. B. Fläche, Lärm, Luftverschmutzung, Unfall, Stau, sowie die Infrastrukturfinanzierung internalisiert werden sollten.

Eine fahrleistungsbezogene Maut kann Autofahrer insbesondere im Einkaufs-, Freizeit- und Urlaubsverkehr dazu motivieren, weit entfernte Ziele durch nähere zu ersetzen oder einen Teil der Strecke nicht mit dem Auto zurückzulegen (Erdmenger et al. 2010).

Bei einem Mautsatz von durchschnittlich 8 ct/km (Erhöhung der Nutzerkosten um 100 % ggü. der Referenz) (Agora Verkehrswende 2018), wird eine CO<sub>2</sub>-Minderung von rund 25 Mio. t CO<sub>2</sub>, erwartet, wenn die Maut auf allen Straßen eingeführt wird. Bei 4 ct/km sind es knapp 13 Mio. t und bei 2 ct/km knapp 2 Mio. t CO<sub>2</sub>. Die Minderungswirkungen sind entsprechend abhängig von den hinterlegten Elastizitäten (siehe auch Kapitel 4.2)

## Wechselwirkungen mit anderen Instrumenten, insbesondere einer CO<sub>2</sub>-Bepreisung

### Wechselwirkung mit CO<sub>2</sub>-Preis

- ▶ Eine fahrleistungsabhängige Pkw-Maut ist eine geeignete und wichtige Ergänzung zum CO<sub>2</sub>-Preis, da sie die Infrastrukturkosten sowie neben den CO<sub>2</sub>-abhängigen auch nicht-CO<sub>2</sub>-abhängige externe Kosten des Verkehrs größtenteils internalisieren kann.
- ▶ Eine fahrleistungsabhängige Pkw-Maut mit CO<sub>2</sub>-Komponente wirkt, ähnlich wie der im nEHS erhobene CO<sub>2</sub>-Preis setzt aber an einer anderen Bemessungsgrundlage an und könnte daher verstärkend wirken.

Sowohl der CO<sub>2</sub>-Preis als auch eine fahrleistungsabhängige Maut haben eine relevante Wirkung auf die Verkehrsnachfrage. Beide Instrumente können bei entsprechender Ausgestaltung eine Klimawirkung entfalten. Vorteil einer Maut wäre die Vermeidung von Tanktourismus, da sie an der Fahrleistung in Deutschland und nicht an der Tankmenge in Deutschland ansetzt (bei heterogenen CO<sub>2</sub>-Preisen in der EU). Gleichzeitig ist zu bedenken, dass es bei einer Maut zu Ausweichreaktionen auf nicht bemaute Bereiche kommen kann, wenn diese nicht auf alle Straßenkategorien erhoben wird. Ein Nachteil der Maut besteht auch darin, dass der CO<sub>2</sub>-Preis an Effizienzkennzahlen der Fahrzeuge festgemacht werden müsste, die den tatsächlichen Kraftstoffverbrauch nur bedingt widerspiegeln (aufgrund von Realabweichung und Fahrweise). Werden jedoch gleichzeitig weitere externe Effekte internalisiert, so ist auch bei einer Unterschätzung der realen CO<sub>2</sub>-Emissionen der Pkw mit einer deutlichen Wirkung auf die Verkehrsnachfrage und damit auf die CO<sub>2</sub>-Emissionen zu rechnen. Dies spräche bei geeigneter Ausgestaltung für eine Kombination von Maut und CO<sub>2</sub>-Bepreisung, da sich beide Instrumente in Ihrer Wirkung komplementär gestalten lassen.

Ein weiteres Argument für die Einführung einer fahrleistungsabhängigen Pkw-Maut ist, dass perspektivisch ein CO<sub>2</sub>-Preis mehr und mehr an Wirkung hinsichtlich einer Lenkungswirkung zur Verlagerung und Reduktion der Pkw-Fahrleistung verlieren wird, da die notwendige Effizienzsteigerung bei Pkw und vor allem der verstärkte Einsatz von Elektrofahrzeugen zur Reduktion der Kilometerkosten führen wird. Denn die Besteuerung von Strom (bisher) liegt deutlich niedriger als diejenige der Energiesteuer (sowie der BEHG-Zertifikate) von fossilen Kraftstoffen. Kombiniert mit der höheren Energieeffizienz des Elektromotors haben E-Pkw also deutlich niedrigere Kilometerkosten. Die Pkw-Maut stellt eine gute Möglichkeit dar, möglichen Rebound Effekten im Sinne von steigenden Fahrleistungen entgegenzuwirken.

Auch werden bei abnehmender Bedeutung der Energiesteuer durch den zunehmenden Marktanteil von E-Pkw das Steueraufkommen durch die Mineralölsteuer sowie die Einnahmen über das BEHG deutlich abnehmen. Mit einer fahrleistungsbezogenen Pkw-Maut können über die Internalisierung weiterer externer Kosten auch Elektrofahrzeuge erfasst und angemessen an den Kosten der Straßen-Infrastruktur beteiligt werden.

### Zeitliche Dimension der Wirkung

Eine Wirkung der Pkw-Maut tritt bei Vorhandensein von alternativen Verkehrsträgern sofort ein und kann sich aufgrund von Wohnstandort- und Zielwahlen längerfristig weiter verstärken. Es ist jedoch zu berücksichtigen, dass die Einführung einer Pkw-Maut aufgrund von technischen und datenschutzrechtlichen Gründen einen gewissen Vorlauf benötigt und voraussichtlich nicht vor 2030 eingeführt werden kann.

## Risiken des Instruments

Das Instrument weist – außer ggf. die Frage des Datenschutzes – keine Risiken auf. Vielmehr wird so stärker garantiert, dass es nicht zu Ausweichreaktionen wie bei der Energiesteuer oder einem CO<sub>2</sub>-Preis über graue Importe (Tanktourismus) kommt, wenn die angrenzenden Länder geringere Steuern auf Kraftstoff ansetzen. Voraussetzung ist jedoch, dass ein CO<sub>2</sub>-Bezug im Rahmen einer Maut umgesetzt werden kann und diese auf alle Straßenkategorien angewendet wird, es also nicht zu Ausweichreaktionen auf nicht bemaute Bereiche kommt.

### 4.1.10 Lkw-Maut

Für Lkw ab einem zulässigen Gesamtgewicht von 12 t wird in Deutschland seit 2005 eine Lkw-Maut für Fahrten auf Autobahnen erhoben. Ausgeweitet wurde die Lkw-Maut auf Lkw mit zulässigem Gesamtgewicht ab 7,5 t im Oktober 2015. Des Weiteren wurde sie sukzessive auf Bundesstraßen ausgeweitet. Im Januar 2019 erfolgte - dem neuen Wegekostengutachten folgend - eine Erhöhung der Mautsätze entsprechend. Für Lkw mit einem zulässigen Gesamtgewicht <7,5 t und Fernbusse gibt es keine Lkw-Maut. In der Berechnung der Mautsätze werden derzeit Infrastrukturkosten und Lärmbelastung sowie Luftverschmutzung und Lärmbelastung im derzeit zulässigen Rahmen der Eurovignetten-Richtlinie berücksichtigt.

Elektrische Lkw sowie Erdgas-Lkw einschließlich Erdgas- Fahrzeuge sind in Deutschland von der Lkw-Maut befreit. Die Befreiung elektrischer Lkw gilt auch für Hybridfahrzeuge mit Dieselmotor als Range Extender. Sie ist damit unabhängig von der elektrischen Fahrleistung.

### Möglicher Beitrag zu den Klimaschutzziele

#### Wirkmechanismus des Instruments

- ▶ Verlagerung auf Schiene und Binnenschiff
- ▶ Erhöhung der Auslastung von Fahrzeugen und damit Reduktion der Fahrleistung

Die Wirkung der Lkw-Maut kann in verschiedene Richtungen gehen. Zum einen kann sie ein Beitrag zu einer Verlagerung auf Schiene und Binnenschiff sein (sofern diese Alternativen attraktiv genug sind). Andererseits kann sie die Auslastung von Fahrzeugen erhöhen und Leerfahrten vermeiden. Ist sie CO<sub>2</sub>-differenziert ausgestaltet, so setzt sie auch einen Anreiz für effiziente Fahrzeuge.

Die verkehrsvermeidende und -verlagernde Wirkung ist in ihrer derzeitigen Ausgestaltung gering, tatsächlich ist die Straßengüterverkehrsleistung seit der Einführung weiter angestiegen und auch der Modal-Split-Anteil des Schienengüterverkehrs hat nur marginal zugenommen. Um eine deutliche Wirkung auch im Sinne einer Verlagerung auf die Schiene zu erzielen, müsste der Mautsatz deutlich angehoben werden. Nach (Agora Verkehrswende 2018) kann die Ausweitung der Lkw-Maut auf alle Straßen ab 2025 sowie die Internalisierung von externen Kosten inklusive CO<sub>2</sub> (schwere Lkw: zusätzlich rd. 17 ct/km) bei einer Preiselastizität von -0,6 zu einer Reduktion der Lkw-Fahrleistung um rund 13 % und einer Minderung der CO<sub>2</sub>-Emissionen um 6,8 Mio. t im Jahr 2030 führen.

Bisher ist ein Einbezug von CO<sub>2</sub>-Kosten in die Maut nicht möglich. Die Bundesregierung beabsichtigt laut Klimaschutzprogramm nach der Novellierung der Eurovignetten-Richtlinie einen wirksamen CO<sub>2</sub>-Aufschlag auf die Lkw-Maut ab dem Jahr 2023 einzuführen (Klimakabinett 2019). Die Novelle der Eurovignetten-Richtlinie ist im Trilog abgestimmt und befindet sich nun in der rechtlichen Umsetzung.

Die Einführung einer CO<sub>2</sub>-basierten Lkw-Maut kann Anreize zur CO<sub>2</sub>-Minderung vor allem bei Lkw-Neuzulassungen sowie auch zum Marktaustritt ineffizienter Lkw erreichen. Nach (Knörr et al. 2016) und (Heidt et al. 2018) ergeben sich Einsparungspotenziale von 3,9 Mio. t CO<sub>2</sub> bis 2030.

### Wechselwirkungen mit anderen Instrumenten, insbesondere einer CO<sub>2</sub>-Bepreisung

#### Wechselwirkung mit CO<sub>2</sub>-Preis

- ▶ Eine fahrleistungsabhängige Lkw-Maut ist eine geeignete und wichtige Ergänzung zum CO<sub>2</sub>-Preis, da sie die Infrastrukturkosten sowie neben den CO<sub>2</sub>-abhängigen auch nicht-CO<sub>2</sub>-abhängige externe Kosten des Verkehrs größtenteils internalisieren kann.
- ▶ Ein CO<sub>2</sub>-Preis und eine CO<sub>2</sub>-abhängige Lkw-Maut setzen an verschiedenen Bemessungsgrundlage an und können verstärkend wirken.
- ▶ Eine CO<sub>2</sub>-abhängige Lkw-Maut kann „graue Importe“ (Tanktourismus) vermeiden. Sie wirkt allerdings im Gegensatz zum CO<sub>2</sub>-Preis nur für Mautfahrzeuge (>7,5 t zGG) und auf Mautstraßen (derzeit: Bundesstraßen und Autobahnen).
- ▶ Eine CO<sub>2</sub>-abhängige Lkw-Maut könnte je nach Ausgestaltung der Eurovignetten-Richtlinie frühzeitig höhere CO<sub>2</sub>-Preise setzen als das BEHG.
- ▶ Über eine weitere Spreizung z. B. der Infrastrukturabgabe können zusätzliche Anreize für E-Lkw geschaffen werden.

Der Güterverkehr ist aufgrund der hohen Reichweite der Lkw anfällig für Ausweichreaktionen („graue Importe von Treibstoffen“), welche die Wirkung der CO<sub>2</sub>-Bepreisung von Kraftstoffen untergraben könnten. Ein hoher Anteil der Transporte findet grenzüberschreitend statt und die Tankgröße der Lkw ermöglicht hohe Fahrleistungen. Die Lkw-Maut ist aus diesem Grund und bei entsprechender Ausgestaltung eine sinnvolle Ergänzung zu einem CO<sub>2</sub>-Preis auf Brennstoffe, solange CO<sub>2</sub>-Preise in Europa nicht harmonisiert umgesetzt werden. Demgegenüber steht, dass bei der Lkw-Maut nicht die tatsächlichen, realen CO<sub>2</sub>-Emissionen erfasst werden, sondern die über den Typprüfzyklus ermittelten Werte zu Grunde gelegt werden müssen. Dadurch können je nach Auslastung der Fahrzeuge und Fahrverhalten höhere Emissionen entstehen, als über die Maut erfasst werden.

Im Zuge der Novellierung der Lkw-Maut wird gegenwärtig in der Bundesregierung diskutiert, bei der Maut eine Anrechnungsmöglichkeit des CO<sub>2</sub>-Preises aus dem nEHS zu schaffen, um eine doppelte Belastung des Güterkraftgewerbes durch die Mehrausgaben für Kraftstoffe durch den nEHS zu vermeiden. (Tsp Background, 12.11.2020). Eine angemessene Ambition bei der Ausgestaltung der Maut mindestens in der Höhe des BEHG-Festpreises sollte jedoch Voraussetzung für eine mögliche Rückerstattung sein, da ansonsten die beabsichtigte Lenkungswirkung des CO<sub>2</sub>-Preises abgeschwächt wird. In jedem Fall müssen Wechselwirkungen der beiden Instrumente berücksichtigt werden und die Ausgestaltung ähnlich wie bei der Pkw-Maut beschrieben aufeinander abgestimmt werden.

#### Zeitliche Dimension der Wirkung

Die Wirkung der Lkw-Maut auf die Effizienz und Auslastung der Fahrzeuge kann kurzfristig eintreten. Eine Verlagerungswirkung ist erst dann möglich, wenn die Operationalität des Schienengüterverkehrs diese auch in entsprechendem Maße erlaubt.

## Risiken des Instruments

Derzeit ist die Novelle der Eurovignetten-Richtlinie noch nicht abgeschlossen. Ein Risiko besteht vor allem auch darin, dass die Obergrenze für die CO<sub>2</sub>-Komponente zu niedrig für die gewünschte Lenkungswirkung ausfällt.

### 4.1.11 Tempolimit

Ein CO<sub>2</sub>-Minderungspotenzial haben auch alle Formen der Geschwindigkeitsbegrenzung. Sie adressieren den kompletten Bestand an Pkw, motorisierten Zweirädern und leichten Nutzfahrzeugen und sind vergleichsweise kosteneffizient, da sie keine neuen, ggf. teureren Technologien erfordern und gleichzeitig der Kraftstoffverbrauch reduziert wird.

## Möglicher Beitrag zu den Klimaschutzziele

### Wirkmechanismus des Instruments

- ▶ Reduktion Energieverbrauch
- ▶ ggf. Verlagerung auf die Bahn aufgrund des geringeren Zeitvorteils der Pkw-Fahrt

Die Einführung eines Tempolimits für Pkw und die dadurch erzielte niedrigere Geschwindigkeit beim Fahren hat vor allem zwei Effekte. Der Energieverbrauch wird durch den geringeren Luftwiderstand unmittelbar reduziert. Zusätzlich können sich durch ein Tempolimit Reisegeschwindigkeiten verändern und damit zu einer Verlagerung von Pkw-Verkehr auf die Schiene beitragen.

Berechnungen des Umweltbundesamtes (UBA 2020) auf der Basis von Daten der Bundesanstalt für Straßenwesen kommen zu dem Ergebnis, dass ein generelles Tempolimit von 120 km/h auf deutschen Autobahnen zu einer Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen von insgesamt 2,6 Mio. t führt. Geringfügig niedrigere CO<sub>2</sub>-Einsparungen werden bei der Einführung eines generellen Tempolimits von 130 km/h in Höhe von 1,9 t berechnet, bei einer Begrenzung auf 100 km/h belaufen sie sich auf ca. 5,4 Mio. t CO<sub>2</sub>. Bezugsjahr für die Berechnungen ist 2018. Es handelt sich hierbei um konservative Abschätzungen, da nur die direkten CO<sub>2</sub>-Minderungen berücksichtigt werden.

## Wechselwirkungen mit anderen Instrumenten, insbesondere einer CO<sub>2</sub>-Bepreisung

### Wechselwirkung mit CO<sub>2</sub>-Preis

- ▶ Höhere Kraftstoffkosten können ggf. auch geringere und damit verbrauchsärmere Geschwindigkeiten anreizen.

Ein CO<sub>2</sub>-Preis erhöht die Betriebskosten korrelierend mit dem Kraftstoffverbrauch. Dieser steigt bei hohen Geschwindigkeiten exponentiell an. Entsprechend kann ein CO<sub>2</sub>-Preis die Einhaltung einer Geschwindigkeitsbeschränkung durch den ökonomischen Anreiz unterstützen. Das gilt allerdings nur für hohe CO<sub>2</sub>-Preise und preissensible Haushalte, so dass das Tempolimit in jedem Fall eine zusätzliche Wirkung zum CO<sub>2</sub>-Preis entfalten dürfte.

## Zeitliche Dimension der Wirkung

Mit der Einführung des Tempolimits wird das Potenzial des Instruments sofort wirksam, da sich die Autofahrer direkt an der neuen verringerten Geschwindigkeit orientieren müssen. Der Kraftstoffverbrauch sinkt und damit einhergehend auch die Emissionen. In der mittleren bis langen Frist ist zusätzlich von weiteren Emissionseinsparungen auszugehen, wenn durch das

Tempolimit beispielsweise die Schiene eine schnellere Verbindungsoption darstellt (wobei durch ein Tempolimit sich auch die Stau- und Unfallgefahr reduziert und dadurch die Reisegeschwindigkeiten vielerorts gar nicht stark sinken dürften). Langfristig sind weitere indirekte Einsparungen aufgrund von verringertem Fahrzeuggewicht möglich, da Fahrzeuge nicht mehr für sehr hohe Geschwindigkeiten ausgelegt sein müssen.

### Risiken des Instruments

Das Instrument weist keine Risiken auf. Im Gegenteil, es reduziert zusätzlich die Anzahl und Schwere von Unfällen.

#### 4.1.12 Förderung Umweltverbund/Schienengüterverkehr

Ganz wesentlich für die Erreichung der Klimaschutzziele sind eine Verlagerung der Personenverkehre auf den öffentlichen Verkehr sowie den Rad- und Fußverkehr sowie des Transports von Gütern auf die Schiene. Allerdings lässt auf Grund der in den letzten Jahrzehnten oft verfolgten Priorisierung des motorisierten Individualverkehrs und des Straßengüterverkehrs das Angebot der Alternativen zu Pkw und Lkw sowohl in quantitativer als auch in qualitativer Hinsicht keine deutlichen Verlagerungspotenziale zu. Beispielsweise sind in vielen großen Städten die Kapazitäten des Umweltverbundes bereits ausgeschöpft.

### Möglicher Beitrag zu den Klimaschutzzielen

#### Wirkmechanismus des Instruments

- Verlagerung auf den Umweltverbund

Eine deutliche Angebotsausweitung und Qualitätsverbesserung im öffentlichen Personenverkehr und im Schienengüterverkehr sowie eine Attraktivitätssteigerung des Fuß- und Radverkehrs erfordert einerseits ausgeprägte investive Anstrengungen, andererseits auch mehr Fahrzeug- und Personaleinsatz, der relativ kostenintensiv ist. Wesentlich ist jedoch, dass eine deutliche Verlagerung weg von Pkw und Lkw nur dann erfolgt, wenn diese Verkehrsträger weniger attraktiv werden (siehe ausführlicher unten).

#### Förderung öffentlicher Verkehr

Im Rahmen des Klimapakets wurde die Mehrwertsteuer auf den Bahn-Fernverkehr zum 1.1.2020 gesenkt, bei gleichzeitiger Erhöhung der Luftverkehrsabgabe. Im (Öko-Institut et al. 2020) wird angenommen, dass sich die Mehrwertsteuersenkung vollständig auf die Ticketpreise niederschlägt und das Bahnfahren um 10 % günstiger wird. Bewertet wird das Instrument anhand einer Preiselastizität von -0,5 (Nordenholz et al. 2016), d. h. es kommt gegenüber der Referenz um einen Anstieg von 5 % des Bahn-Fernverkehrs und damit einer Minderung der CO<sub>2</sub>-Emissionen in 2030 um 0,27 Mio. t.

Der Bund beteiligt sich an der Finanzierung des ÖPNV mittelbar, wobei ihm zwei Instrumente zur Verfügung stehen: Die sogenannten Regionalisierungsmittel sowie die finanziellen Unterstützungen für Investitionen über das Gemeindeverkehrsfinanzierungsgesetz. Beides wurde innerhalb des letzten Jahres deutlich erhöht.

Grundsätzlich ist es nicht möglich, einen direkten Zusammenhang zwischen politischer Maßnahme (z. B. Änderung der ÖV-Finanzierungsstruktur) und der Wirkung auf die ÖV-Verkehrsnachfrage herzustellen, da dieser Zusammenhang ein hohes Maß an Unsicherheit impliziert. Mit den in (Öko-Institut et al. 2020) getroffenen Annahmen resultiert aus der Mittelerrhöhung für den ÖPNV eine CO<sub>2</sub>-Minderung von 0,3 Mio. t in 2030.

### Förderung Radverkehr

Viele Studien zur Klimaschutzwirkung des Radverkehrs beruhen auf Potenzialanalysen („Was wäre, wenn x Prozent der Wege auf den Radverkehr verlagert würden; was wäre, wenn alle Städte zu Fahrradstädten würden“). Bislang gibt es jedoch nur wenige wissenschaftlich abgesicherte empirische Erkenntnisse zur Wirkung von infrastrukturellen Radverkehrsmaßnahmen. Abschätzungen im Rahmen der Quantifizierung des Aktionsprogramms Klimaschutz kommen zu dem Ergebnis, dass für jeden zusätzlich in den Radverkehr investierten Euro eine Verlagerungswirkung in Höhe von 0,5 bis 1,4 Personenkilometer erreichbar ist. (Öko-Institut und Fraunhofer ISI 2019). In (Öko-Institut et al. 2020) wird für 900 Mio. Euro zusätzlicher Haushaltsmittel für die Jahre 2020 bis 2023 mit dieser Methodik eine Minderung der CO<sub>2</sub>-Emissionen in Höhe von 0,07 Mio. t in 2030 ermittelt. Im Sofortprogramm Klimaschutz vom Juni 2021 wurde das Sonderprogramm „Stadt und Land“ um die Schwerpunkte Ertüchtigung und Sanierung der Radinfrastruktur sowie Fahrrad-/Pedelecparken (mit Lademöglichkeit) an den Schnittstellen zum ÖPNV mit 301,5 Mio Euro in 2022 erweitert sowie zusätzliche Mittel in Modellprojekte zur Stärkung des Radverkehrs in Städten investiert (2022: 15,5 Mio. Euro; 2023: 25 Mio. Euro; 2024: 6 Mio. Euro; >2025: 4 Mio. Euro).

### Förderung Schienengüterverkehr

Die Wirkung des Schienengüterverkehrs ist schwer zu quantifizieren, da sich die Förderoptionen aus vielen Einzelbausteinen zusammensetzen, und auch hier erst dann eine wirklich signifikante Verlagerungswirkung einsetzt, wenn sich das Kostenverhältnis Straße/Schiene zugunsten der Schiene verschiebt.

Zu den Maßnahmen zur Attraktivitätssteigerung der Schiene gehören im Projekt Renewbility III vor allem eine Verlängerung von Zügen auf 740 Meter, eine durch effizientere Technik erreichbare Beschleunigung von Umschlagzeiten und Zugbildungszeiten, höhere Streckengeschwindigkeiten und eine Reduktion der betriebsbedingte Halte in den Szenarien. Die Kosten für den Lkw steigen nur leicht aufgrund höherer Kraftstoffpreise. Im Vergleich zur Referenzentwicklung kann so der Anteil der Schiene im Jahr 2030 um 2,8 % erhöht werden, der Treibhausgasminderungsbeitrag liegt bei rund 1,9 Mio. t (Zimmer et al. 2016).

In einer Studie des Umweltbundesamtes sind eine Erhöhung der Leistungs- und Finanzierungsvereinbarung (LuFV) um jährlich 2,75 Milliarden Euro auf 4 Mrd. Euro pro Jahr und der Investitionszuschüsse für den kombinierten Verkehr und für Gleisanschlüsse, sowie ein Ausbau der Schienkapazität um 60 bis 70 % und eine Verdopplung der KV-Kapazitäten und eine Erhöhung der Trassenpreise um 10 % hinterlegt. Kombiniert wird dies mit einem Anstieg der Lkw-Maut in Höhe von 40 bis 60 %. So kann der Modal-Split-Anteil der Schiene bis 2030 von 18 % auf 23 % steigen (Sutter et al. 2016). Mit diesem Modal-Split-Anteil ist eine Treibhausgasminderung von circa 3,9 Mio. t verbunden (Agora Verkehrswende 2018).

Für die Wirkungsabschätzung des Klimaschutzprogramms zur Förderung des Schienengüterverkehrs wird in (Öko-Institut et al. 2020) auf die Ergebnisse des Förderbündels (IID) aus dem Zwischenbericht der AG 1 der NPM zurückgegriffen (Halbierung der Trassenpreise, Förderung des Kombinierten Verkehrs, Umsetzung des 740-m-Netzes flächendeckend sowie 1.500 m auf den Hauptkorridoren, ETCS auf Nicht-Kernnetz und digitale Stellwerke auf dem gesamten Schienennetz), bei dem sich ein Modal Split des Schienenverkehrs von 22,7 % und eine Minderung von 1,79 Mio. t ergibt (8. Sitzung AG 1).

Im Rahmen des Sofortprogramms Klimaschutz wird die Digitalisierung der Schiene – u.a. das automatisierte Fahren im Schienengüterverkehr – mit zusätzlich 200 Mio. Euro in 2022 unterstützt.

## Wechselwirkungen mit anderen Instrumenten, insbesondere einer CO<sub>2</sub>-Bepreisung

### Wechselwirkung mit CO<sub>2</sub>-Preis

- ▶ Ein CO<sub>2</sub>-Preis wirkt unterstützend, um die potenzielle Wirkung der umweltverträglicheren Verkehrsmittel voll zu entfalten.

Für eine deutliche Verlagerung weg von Pkw und Lkw reicht die Förderung von umweltfreundlichen Alternativen allein nicht aus, sie ist aber in der Regel die strategische Säule der aktuellen Verkehrspolitik. Signifikante Verlagerungseffekte können nur durch eine Kombination von fordernden und fördernden Instrumenten auf kommunaler, Länder- und Bundesebene erreicht werden (siehe z. B. Agora Verkehrswende 2018). Eine im Auftrag des Verkehrsministeriums Baden-Württemberg durchgeführte Studie zeigt, dass bei einer reinen Preissenkung im öffentlichen Verkehr mehr als die Hälfte des ÖPNV-Zuwachses zusätzlich induzierter Verkehr ist und zusätzlich deutlich vom Rad- und Fußverkehr auf den ÖPNV verlagert wird (Intraplan 2017). Eine Verlagerung weg vom motorisierten Individualverkehr hingegen findet in deutlich geringerem Ausmaß statt. Eine Preissenkung und Attraktivitätssteigerung im ÖPNV ist für viele Pkw-Fahrende kein ausreichender Anreiz zum Wechsel des Verkehrsmittels. Das dürfte (auch) daran liegen, dass der ÖPNV-Fahrpreis aus dem Blickwinkel von Personen, die ein Auto besitzen, als eine vermeidbare Zusatzausgabe wahrgenommen wird – im Unterschied zu den laufenden Kosten des Autos, das ja schon bezahlt ist, so dass nur noch die (im Vergleich relativ geringen) Benzinkosten anfallen. Der Preisanstieg im öffentlichen Verkehr war in den letzten Jahren deutlich stärker als im MIV (nach Verkehr in Zahlen: Bahn +24 % zwischen 2007 und 2017, MIV +9 %). Ein wesentliches Instrument ist also der CO<sub>2</sub>-Preis, der parallel zur Angebotssteigerung von Rad, Fuß, Bus und Schiene angehoben werden muss, um das Verlagerungspotenzial voll auszuschöpfen.

Auch ist es aus kommunikativen Gründen grundsätzlich sinnvoll, einen CO<sub>2</sub>-Preis mit einer Verbesserung im öffentlichen Verkehr durch Angebotsausweitung oder günstigere Fahrpreise zu kombinieren und zeitgleich umzusetzen.

### Zeitliche Dimension der Wirkung

Der Ausbau der Fuß- und Radverkehrsinfrastruktur und eine Ausweitung des ÖV sowie des Schienengüterverkehrs haben zum Teil erhebliche Planungs- und Investitionsvorläufe. Besonders zeitkritisch aber absolut notwendig ist eine Erhöhung der Kapazitäten im schienengebundenen Verkehr. Diese Maßnahmen haben einen hohen zeitlichen Vorlauf von z. T. (deutlich) über 10 Jahren. Kurzfristig können nur die Kapazitäten erschlossen werden, die derzeit noch frei zur Verfügung stehen. Auch gibt es weitere, vergleichsweise kurzfristig wirksame Maßnahmen zur Steigerung der Attraktivität des ÖV, wie z. B. ein Ausbau des Bussystems.

### Risiken des Instruments

Das Instrument weist bei zielführender Ausgestaltung keine Risiken auf. Vielmehr ist es notwendig, um im Sinne der Daseinsvorsorge eine Grundversorgung an Mobilität für alle Einkommensgruppen aufrecht zu erhalten.

#### 4.1.13 Exkurs: Förderung alternativer Kraftstoffe

Grundsätzlich können auch biogene und strombasierte Kraftstoffe eingesetzt werden, um zur Erreichung der Klimaschutzziele im Verkehr beizutragen. Sie sollten jedoch vor allem bei den Verkehrsträgern eingesetzt werden, für die technisch außer in Nischen keine Alternativen zur Verfügung stehen; nach heutigem Kenntnisstand vor allem im internationalen Luft- und

Seeverkehr. Entsprechend wird das Thema als Exkurs beleuchtet und nicht in die übergreifende Instrumentendiskussion mit einbezogen.

Die Biokraftstoffe aus Anbaubiomasse, die derzeit überwiegend verwendet werden, sind in den letzten Jahren zunehmend in die Kritik geraten. Hauptkritikpunkt sind vor allem negative Klimawirkungen wegen indirekter Landnutzungsänderungen, die Konkurrenz zur Nahrungs- und Futtermittelproduktion angesichts einer steigenden Weltbevölkerung bei beschränkten Flächenpotenzialen und auch die negativen Folgen intensiver Landwirtschaft. Aus diesem Grund ist die Anrechenbarkeit dieser Kraftstoffe mittlerweile regulativ in der Erneuerbare-Energien-Richtlinie (RED) und deren nationalen Umsetzung, der Treibhausgasminderungsquote, begrenzt.

Als Alternative zu Biokraftstoffen aus Anbaubiomasse werden zunehmend Biokraftstoffe aus gebrauchten Speiseölen und Tierfetten sowie so genannte fortschrittliche Biokraftstoffe auf Basis von Abfall- und Reststoffen wie Stroh und Forstabfällen genannt. Aufgrund begrenzter nachhaltiger Potenziale und dem Risiko für Betrug ist auch die Anrechenbarkeit der Biokraftstoffe aus gebrauchten Speiseölen und Tierfetten regulativ begrenzt (Pavlenko und Searle 2020).

Die fortschrittlichen Biokraftstoffe befinden sich zumeist noch in der Forschungs- und Demonstrationsphase. Eine Ausnahme ist die Biomethan-Produktion aus Stroh und Gülle, dessen Nutzung durch die geringe Nachfrage nach Methan als Treibstoff im Verkehrssektor allerdings nur in geringem Umfang möglich ist. Regulativ ist die Anrechenbarkeit von fortschrittlichen Biokraftstoffen auf die Erneuerbare-Energie-Richtlinie und die Treibhausgasminderungsquote nicht begrenzt. Aus Nachhaltigkeitsperspektive ergeben sich begrenzte Mengenpotenziale jedoch durch die ökologischen Vorteile des Verbleibs von Stroh und Holz auf dem Feld und im Wald sowie durch Nutzungskonkurrenzen zur stofflichen und energetischen Nutzung in anderen Sektoren.

Strombasierte gasförmige und flüssige Energieträger ermöglichen die Nutzbarmachung von erneuerbarem Strom über Elektrolyse indirekt als Wasserstoff oder in Form von Folgeprodukten als Kraftstoffe für den Verkehrssektor. Die Produktion von Wasserstoff per Elektrolyse ist aus technischer Sicht kurzfristig möglich, auch wenn der Aufbau größerer Kapazitäten an Elektrolyseuren zunächst die Industrialisierung der Fertigung von Elektrolyseuren voraussetzt (Smolinka et al. 2018). Auch für die Produktion von strombasierten Kraftstoffen steht für einige Teilprozesse (z. B. Reverse Wassergas-Shift Reaktion, CO<sub>2</sub>-Abtrennung aus der Luft) die Skalierung aus, so dass großindustrielle Produktionsanlagen mit Produktionsvolumen in der Größenordnung von 100.000 t<sup>9</sup> erst gegen 2030 zur Verfügung stehen werden (Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) 2020). Nachfragepotenziale, die sich durch Brennstoffzellen-Lkw ergeben können, fallen aufgrund der Zeiträume für die Fahrzeugentwicklung in relevanter Größenordnung ebenfalls erst um das Jahr 2030 an (Prognos, Öko-Institut, Wuppertal Institut 2020b). Im relevanten Maßstab können Wasserstoff und sonstige strombasierte Energieträger also erst mittelfristig bis langfristig nach 2030 zum Klimaschutz beitragen.

Für die Sicherstellung eines möglichen Beitrags zum Klimaschutz im Verkehr muss zudem noch ein Regulierungsrahmen definiert werden, da die Klimaschutz- und die Umweltwirkungen strombasierter Kraftstoffe von der Art des Strombezugs, der Art der CO<sub>2</sub>-Nutzung sowie der Flächen- und Wasserinanspruchnahme abhängen (Kasten und Heinemann 2019). Und auch hier besteht eine hohe Nutzungskonkurrenz um den regenerativen Wasserstoff, v.a. mit der chemischen Industrie und der Eisen- und Stahlherstellung.

---

<sup>9</sup> Eine Anlage dieser Größenordnung besitzt eine jährliche Produktionskapazität von rund 4 PJ.

Die Erneuerbare-Energien-Richtlinie von 2009 legt fest, dass Deutschland bis 2020 mindestens 10 % des Energieverbrauchs im Verkehr durch regenerative Quellen decken muss, im Jahr 2030 sind es mit der Richtlinie von 2018 dann 14 %. Da für die Zielerreichung der Energiegehalt für einige erneuerbare Energieträger mehrfach angerechnet werden kann, ist der real zu erreichende Anteil erneuerbarer Energien jedoch niedriger. Die EU-Kommission hat als Teil des Fit-for-55-Packets im Juli 2021 einen Vorschlag zur Anpassung der Erneuerbare-Energie-Richtlinie vorgestellt, der sich zurzeit im Gesetzgebungsprozess zwischen dem EU-Rat und dem EU-Parlament befindet (siehe Seite 59)

Mit der Kraftstoffqualitäts-Richtlinie (FQD) definierte die EU zudem bis 2020 ein Treibhausgasminderungsziel für den getankten Kraftstoff-Mix von mindestens 6 % im Vergleich zu einem rein fossilen Kraftstoff. Dieses Ziel gilt für 2020 auch als THG-Minderungsquote im Rahmen des Bundesimmissionsschutzgesetzes<sup>10</sup>, in dem Inverkehrbringer von Kraftstoffen im Straßen- und Schienenverkehr dazu verpflichtet werden, die Minderung der THG-Intensität der in Verkehr gebrachten Energiemengen gegenüber einem fossilen Referenzkraftstoff nachzuweisen. Zielerfüllungsoptionen zur Erreichung der Ziele der THG-Quote sind verschiedene Arten an Biokraftstoffen, fossile Energieträger mit einer geringeren THG-Emissionsintensität (z. B. Erdgas), Upstream-Emissions-Reduktions-Zertifikate sowie der erneuerbare Stromeinsatz im Straßenverkehr und strombasierte Energieträger. Über die Minderungsanforderung ergibt sich für die Inverkehrbringer der Kraftstoffe implizit ein Preis für die Emissionsreduktion durch das Inverkehrbringen und Beimischen von alternativen Kraftstoffen sowie die weiteren genannten Erfüllungsoptionen, der sich an der günstigsten verfügbaren Zielerfüllungsoption für den jeweiligen Inverkehrbringer orientiert. Da es keinen für die Öffentlichkeit transparenten Preismechanismus gibt, können die heutigen Preise, die zur Zielerfüllung bezahlt werden, nur abgeschätzt werden. Sie dürften mit dem Ansteigen der THG-Minderungsquote im Jahr 2020 auf 6 % bei über 250 Euro pro Tonne CO<sub>2</sub>äq. liegen (Stefansson 2019). Durch den starken Anstieg der THG-Quote bis 2030 sind erhebliche Preissteigerungen zu erwarten, deren Höhe aufgrund der Interaktionen mit den Maßnahmen zur Förderung klimafreundlicher Kraftstoffe in anderen europäischen Staaten und Weltregionen sowie der Technologieentwicklung schwer zu quantifizieren sind.

Im parlamentarischen Prozess wurde der Entwurf für die Weiterentwicklung der THG-Quote bis zum Jahr 2030 im Vergleich zum Entwurf der Bundesregierung deutlich angepasst. Die vom Bundestag im Mai 2021 beschlossenen Änderungen sehen einen jährlichen Anstieg der THG-Emissionsminderung bis zum Jahr 2030 auf 25 % vor und ist damit eine deutliche Übererfüllung der Neufassung der Erneuerbare-Energie-Richtlinie aus dem Jahr 2018. Die Förderung von Palmöl als Rohstoff für Biokraftstoffe wird wegen des hohen Risikos indirekter Landnutzungsänderungen (iLUC) bereits zu Ende des Jahres 2022 beendet.

### Möglicher Beitrag zu den Klimaschutzziele

#### Wirkmechanismus des Instruments

- Ersatz fossiler Kraftstoffe durch CO<sub>2</sub>-arme Kraftstoffe

Aufgrund der negativen Auswirkungen von Biokraftstoffen auf Basis von Nahrungs- und Futtermittel sollte hier ein Phase-Out angestrebt werden. Deren Beitrag wird also – wie auch in den in Kapitel 3 dargestellten Szenarien umgesetzt – in den nächsten Jahren abnehmen. Für Biokraftstoffe mit hohem iLUC-Risiko ist dies regulativ in der Erneuerbare-Energie-Richtlinie

<sup>10</sup> Das System der THG-Quote für Inverkehrbringer von Kraftstoffen ist auch die Umsetzung der Erneuerbare-Energien-Richtlinie.

von 2018 verbindlich vorgeschrieben, indem bis spätestens zum Jahr 2030 keine Anrechnung von solchen Kraftstoffen mehr auf die Zielerreichung der Richtlinie möglich ist. Auch die Biokraftstoffe aus gebrauchten Speiseölen und Tierfetten sind in ihrer Anrechenbarkeit auf die Ziele der Erneuerbare-Energie-Richtlinie und die Treibhausgasminderungsquote der Kraftstoffqualitäts-Richtlinie begrenzt, so dass durch diese Kraftstoffe nur ein kleiner Beitrag für den Klimaschutz zu erwarten ist.

Hinzu kommt, dass der Einsatz THG-armer Kraftstoffe vor allem bei den Verkehrsträgern sinnvoll ist, für die technisch keine Alternativen zur Verfügung stehen: nach heutigem Kenntnisstand sind das vor allem der internationale Luft- und Seeverkehr, die nicht unter die deutschen Klimaschutzziele fallen. Die Priorisierung der Verwendung von alternativen Kraftstoffen im See- und Luftverkehr ergibt sich zum einen daraus, dass nur diese Verkehrsarten nicht die Elektromobilität mit ihrer höheren Energieeffizienz der direkten Nutzung des erneuerbaren Stroms nutzen können (Agora Verkehrswende et al. 2018). Zum anderen entstehen für die Gesellschaft und die Verbraucher beim Einsatz alternativer Kraftstoffe höhere THG-Vermeidungskosten (Kasten et al. 2016; Gerbert et al. 2018) als durch andere Maßnahmen wie Verkehrsvermeidung und die Elektrifizierung von Fahrzeugen. Dies liegt an den auch langfristig sehr hohen Herstellungskosten bei strombasierten Kraftstoffen und den bei Biokraftstoffen absehbar hohen Rohstoffkosten. Die Verwendung emissionsarmer Kraftstoffe im Verkehrssektor steht jedoch auch in Konkurrenz zur THG-Minderung in anderen Wirtschaftssektoren wie der Industrie.

### Wechselwirkungen mit anderen Instrumenten, insbesondere einer CO<sub>2</sub>-Bepreisung

#### Wechselwirkung mit CO<sub>2</sub>-Preis

- ▶ Sowohl ein CO<sub>2</sub>-Preis auf Emissionen aus Brennstoffen, wie durch das BEHG eingeführt, als auch eine THG-Minderungsquote für den Kraftstoffmix, wie im BImSchG festgelegt, wirken auf die THG-Intensität des Kraftstoffverbrauchs und den gesamten Kraftstoffverbrauch. Die THG-Minderungsquote im BImSchG setzt einen impliziten CO<sub>2</sub>-Preis fest, der sich in seiner Wirkung mit dem CO<sub>2</sub>-Preis des BEHG überlagert. Unterschiedliche Bewertungsmethoden für die Emissionen der Kraftstoffe führen dabei zu leicht unterschiedlichen Anreizen für die verschiedenen Kraftstoffarten.
- ▶ In der THG-Quote sind Mengenbegrenzungen für die Anrechnung bestimmter Arten an Biokraftstoffen aus Nachhaltigkeitsgesichtspunkten festgelegt. Diese Mengenbegrenzungen sind im BEHG nicht vorgesehen. Daher kann das BEHG zu einem höheren Einsatz dieser Biokraftstoffarten führen, wenn der CO<sub>2</sub>-Preis höher als die CO<sub>2</sub>-Vermeidungskosten für die Herstellung dieser Kraftstoffe liegt und diese über der Anrechnungsgrenze in der THG-Quote hinaus am Markt verfügbar sind.

Bei der THG-Quote werden den verschiedenen Kraftstoffen THG-Emissionen entsprechend einer Lebenszyklusanalyse (LCA) zuordnet. Dadurch besitzen Kraftstoffe mit einer hohen THG-Minderung gegenüber dem fossilen Referenzkraftstoff über den Lebenszyklus für die Anrechnung auf die THG-Quote einen Vorteil gegenüber Kraftstoffen, die eine weniger starke Klimaschutzwirkung besitzen. Dementsprechend hat beispielsweise die eingesetzte Menge an Biokraftstoffen aus gebrauchtem Speiseöl, die höhere THG-Minderungen gegenüber dem fossilen Referenzkraftstoff erreichen als die Biokraftstoffe aus Nahrungs- und Futtermittelpflanzen, seit der Einführung der Treibhausgasminderungsquote kontinuierlich zugenommen (BLE 2019). Außerdem sind Biokraftstoffe aus Nahrungs- und Futtermittelpflanzen und aus gebrauchten Speiseölen aufgrund von möglichen negativen

Nachhaltigkeitswirkungen bei hohen Produktions- und Nachfragevolumina nur begrenzt auf die Erfüllung der THG-Quote anrechenbar.

Das BEHG bewertet die THG-Emission der alternativen Kraftstoffe anders, indem alle Biokraftstoffe, die die Anforderungen der Biokraftstoffnachhaltigkeitsverordnung einhalten und entsprechend einen Nachhaltigkeitsnachweis vorweisen können, mit Nullemissionen versehen werden (BRD 2020). Alle Biokraftstoffe und zukünftig auch alle sonstigen alternativen Kraftstoffe, die für das BEHG als Nullemissionskraftstoffe zulässig sind, erhalten unabhängig von ihrer THG-Emissionsminderungsleistung denselben ökonomischen Anreiz in den Markt gebracht zu werden.

Die CO<sub>2</sub>-Vermeidungskosten für Biokraftstoffe aus Nahrungs- und Futtermittelpflanzen und gebrauchten Speiseölen liegen bei einer Anrechnung mit Nullemissionen bei rund 55 bis 70 Euro/t CO<sub>2</sub> (DBFZ 2018). Die Vermeidungskosten auf Basis von Life-Cycle Emissionsminderungen liegen höher, da die anrechenbaren Minderungen geringer ausfallen. Die CO<sub>2</sub>-Vermeidungskosten der fortschrittlichen Biokraftstoffe bei einer Berechnung von Nullemissionen liegen mit der Größenordnung von 150 bis 350 Euro/t CO<sub>2</sub> höher (DBFZ 2018; Hobohm et al. 2018).<sup>11</sup> Am höchsten liegen vergleichsweise die CO<sub>2</sub>-Vermeidungskosten bei den flüssigen strombasierten Kraftstoffe, für die sich je nach Kostenentwicklung bei der Stromerzeugung und den Investitionskosten der Produktionsanlagen Vermeidungskosten von rund 250 bis über 1.000 Euro/t CO<sub>2</sub> im Jahr 2030 einstellen (Agora Verkehrswende et al. 2018), wenn diesen keine THG-Emissionen zugerechnet werden (Kreidelmeyer et al. 2020).

Derzeit kann von einem impliziten CO<sub>2</sub>-Preis zur Erfüllung der THG-Quote in 2030 von mindestens rund 250 Euro je vermiedene Tonne an CO<sub>2</sub>-Preis ausgegangen werden (Stefansson 2019), wobei von steigenden Preisen im Rahmen der THG-Quote ausgegangen werden muss. Eine stärkere Nutzung von Biokraftstoffen aus Nahrungs- und Futtermitteln und aus gebrauchten Speiseölen über die Anrechnungsgrenzen der THG-Quote wäre bei diesen Preisen für Inverkehrbringer also attraktiv. Sie wird durch die beschränkte Anrechenbarkeit aber verhindert. Steigen die CO<sub>2</sub>-Preise im BEHG auf ein Niveau oberhalb der oben genannten Vermeidungskosten der diskutierten Biokraftstoffe kann ihre Nutzung über die in der THG-Quote vorhergesehenen Nutzungsgrenzen hinausgehen.<sup>12</sup>

Aus diesem Grund sah der Referentenentwurf für die für die Emissionsberechnung im BEHG relevante Verordnung einen Bezug zu den in der THG-Quote vorgesehenen Anrechnungsgrenze für Biokraftstoffe aus Nahrungs- und Futtermitteln vor (BMU 2020), um nur solche Mengen unter der Anrechnungsgrenze der THG-Quote vom CO<sub>2</sub>-Preis zu befreien. In der beschlossenen Verordnung ist der Bezug zu der Anrechnungsgrenze der THG-Quote jedoch nicht genannt. In der Begründung der Verordnung ist jedoch genannt, dass die Bundesregierung nach der Umsetzung der RED II diese Verordnung prüft und dabei insbesondere für Biokraftstoffe mit hohem Risiko für indirekte Landnutzungsänderungen (derzeit lediglich solche aus Palmöl) eine Befreiung vom CO<sub>2</sub>-Preis nur noch bis zur in der THG-Quote vorgesehenen Anrechnungsgrenze in Betracht zieht. Strombasierte Kraftstoffe sind heute noch nicht vom CO<sub>2</sub>-Preis des BEHG befreit. Dies soll geschehen, nachdem die EU-Kommission mit einem delegierten Rechtsakt den Rahmen für die Nachhaltigkeitsbewertung und die THG-Emissionsberechnung festgelegt hat.

<sup>11</sup> Dieser Wert ist abgeleitet aus Gestehungskosten für Bioethanol aus Lignocellulose von 25 – 40 Euro / GJ und einem Kraftstoffpreis von 5 ct/kWh.

<sup>12</sup> Inwieweit dies geschieht, hängt unter anderem auch davon ab, welche Anreize sich für diese Kraftstoffe in anderen Märkten ergeben, da die Preise für diese Kraftstoffe derzeit über den aus den Herstellungskosten abgeleiteten CO<sub>2</sub>-Vermeidungskosten liegen.

### **Zeitliche Dimension der Wirkung**

Grundsätzlich wird durch die derzeitigen Regulierungsoptionen (RED II und FQD) eine kurzfristige Wirkung erzielt.

Eine Erschließung des Marktes für zukunftsfähige THG-arme bzw. THG-freie Kraftstoffe kann jedoch erst dann erreicht werden, wenn relevante Mengenpotenziale langfristig zur Verfügung stehen. Aus der vorigen Beschreibung des technischen Entwicklungsstands und der benötigten Zeiträume zum Aufbau der Anlagen (u.a. auch für die zusätzlichen erneuerbaren Stromerzeugungskapazitäten für die Produktion von Wasserstoff und strombasierten Kraftstoffen) wird deutlich, dass auch bei idealen Förder- und Rahmenbedingungen voraussichtlich erst um das Jahr 2030 Anlagen im großindustriellen Maßstab vorhanden sein werden. Nennenswerte Mengenpotenziale werden also frühestens nach dem Jahr 2030 bereitstehen, so dass deren Klimaschutzbeitrag im Jahr 2030 entsprechend gering ausfällt.

### **Risiken der Förderung alternativer Kraftstoffe**

Ein Risiko kann es dann geben, wenn auch konventionelle Biokraftstoffe im Rahmen des BEHG ohne Obergrenze mit Nullemissionen bewertet werden. Dann könnten bei steigenden CO<sub>2</sub>-Preisen wieder verstärkt Biokraftstoffe auf Basis von Nahrungs- und Futtermittelrohstoffen und aus gebrauchten Speiseölen preisgetrieben in den Markt kommen, auch wenn sie in ihrer Anrechenbarkeit auf die THG-Quote gedeckelt sind.

Wesentliches Risiko beim Einsatz von fortschrittlichen Biokraftstoffen und strombasierten Kraftstoffen sind mögliche negative Auswirkungen, wenn die Nachhaltigkeitszertifizierung und die THG-Emissionsberechnungsmethoden für diese Kraftstoffe nicht robust und wirkungssicher ausgestaltet werden. Dies ist die elementare Voraussetzung beim Einsatz von klimafreundlichen Kraftstoffen, um klima-, umwelt- und sozialpolitische Fehlanreize wie bei den Biokraftstoffen aus Nahrungs- und Futtermitteln zu vermeiden.

### **Aktueller Stand auf EU-Ebene**

Ein Vorschlag für die Anpassung der RED ist Teil des Fit for 55-Pakets der EU. Der Vorschlag sieht in der gesamten EU eine Umstellung auf ein System zur Verpflichtung der Kraftstoffinverkehrbringer zur Reduktion der THG-Intensität der im Verkehrssektor genutzten Energie vor. Das vorgeschlagene System entspricht zu weiten Teilen der Systematik der in Deutschland genutzten THG-Quote. Da die meisten EU-Mitgliedsstaaten die RED bisher als volumetrische oder energetische Beimischungsquoten umgesetzt haben, wäre mit diesem Vorgehen eine Umstellung der Fördersystematik für alternative Kraftstoffe in den meisten europäischen Ländern verbunden. Das Ziel für die THG-Emissionsreduktion liegt für das Jahr 2030 bei einer Reduktion um 13 % gegenüber einem fossilen Komparator. Dabei können – anders als in der THG-Quote in Deutschland – keine Multiplikatoren eingesetzt werden. Weitere wesentliche Unterschiede zur THG-Quote liegen vor allem im Anwendungsbereich – der RED - Vorschlag bezieht die Quote auf den gesamten Verkehrssektor und nicht nur auf den Straßen- und Schienenverkehr –, in der Verpflichtung, im Jahr 2030 einen energetischen Mindestanteil von 2,6 % an Wasserstoff und synthetischen Kraftstoffen in den Markt zu bringen, und in der Berechnungsmethodik und dem Anwendungsbereich (nur Strom aus öffentlichen Ladepunkten) zur Anrechnung der THG-Emissionsminderung im Verkehr.

Da die Grundsystematik der THG-Quote in Deutschland bereits vorhanden ist, müssten für die Umsetzung voraussichtlich nur kleinere systematische Änderungen zur THG-Quote durchgeführt werden. Auch wenn das in der RED formulierte Ambitionsniveau erheblich über dem bisherigen Anspruchsniveau liegt, muss geprüft werden, ob das bestehende Ambitionsniveau der THG-Quote ohne Anpassung der RED gerecht würde oder nicht.

Weitere Vorschläge des Fit for 55-Pakets der EU-Kommission mit Bezug zu alternativen Kraftstoffen sind die ReFuelEU Aviation-Verordnung und die FuelEU Maritime-Verordnung. Beide Verordnungen beziehen sich jedoch nicht auf den landgebundenen Verkehr. Der Vorschlag der ReFuelEU Aviation-Verordnung sieht eine ab dem Jahr 2025 ansteigende Beimischungsverpflichtung von erneuerbaren Flugtreibstoffen vor. Nicht anerkannt werden Biokraftstoffe aus Nahrungs- und Futtermitteln. In einer Unterquote ist die ansteigende Nutzung von RFNBO vorgeschrieben. Um mögliche Umgehungeffekte zu vermeiden, umfasst diese Verordnung auch die Verpflichtung, im Jahresdurchschnitt 90 % der benötigten Kraftstoffmenge an den Startflughäfen zu tanken. Im Vorschlag der FuelEU Maritime-Verordnung ist – wie in der RED – eine Verpflichtung zur Reduktion der THG-Intensität der Kraftstoffnutzung im Seeverkehr vorgesehen, so dass bei dem steigenden Ambitionsniveau mittel- bis langfristig erneuerbare Kraftstoffe zum Einsatz kommen müssen.

## 4.2 Quantifizierung von Wirkungen eines CO<sub>2</sub>-Preises

Zur Bestimmung der Lenkungswirkung eines CO<sub>2</sub>-Preises im Verkehrssektor ist insbesondere die **Anpassungsreaktion der Privathaushalte und Unternehmen** des Straßengüterverkehrs an die erhöhten Kraftstoffpreise von Bedeutung. Verschiedene Formen der Anpassung an eine Kraftstoffpreiserhöhung sind denkbar.

So können **Haushalte bzw. Personen** bspw. **kurzfristig** etwas sparsamer fahren oder vermehrt auf den öffentlichen Verkehr ausweichen. **Mittelfristig** bietet sich zusätzlich die Möglichkeit an, einen effizienteren Pkw zu kaufen oder Mobilität z. B. durch Arbeit im Home-Office zu vermeiden. **In der langen Frist** sind beispielsweise auch ein Wohnort- oder Arbeitsplatzwechsel als Reaktion zur Vermeidung von Wegen und den dadurch entstehenden Mobilitätskosten denkbar.

Im **Güterstraßenverkehr** bestehen mögliche **kurzfristige** Anpassungsreaktionen in einer höheren Auslastung der Fahrzeuge. **Mittelfristig** ist der Einsatz emissionsarmer Fahrzeuge, wie batterieelektrisch oder mit Wasserstoff betriebene Lkw denkbar. **Langfristig** können Wege durch kürzere Wertschöpfungsketten und verändertes Konsumverhalten vermieden sowie die Verlagerung auf die klimafreundlichere Option der Schiene erreicht werden.

Die Quantifizierung dieser Anpassungsreaktionen erfolgt in der ökonomischen Literatur in Form von Preiselastizitäten. Diese geben an, wie stark Haushalte oder Unternehmen mit einer Einschränkung ihres Kraftstoff- bzw. Mobilitätsbedarfs auf eine Kraftstoffpreiserhöhung reagieren. Genauer gesagt geben Kraftstoffpreiselastizitäten an, wie die Pkw- oder Lkw-Fahrleistung bzw. der Kraftstoffabsatz auf veränderte Kraftstoffpreise reagiert. Eine Kraftstoffpreiselastizität von beispielsweise -0,3 bedeutet, dass bei einer Erhöhung des Kraftstoffpreises um 10 % die Nachfrage nach Kraftstoff um 3 % sinkt.

### 4.2.1 Heterogene Elastizitäten

Je nach Zeithorizont, betrachteter Bevölkerungsgruppe (die z. B. anhand Einkommen, Wohnlage oder beruflich bedingter Mobilitätsnachfrage definiert werden kann) und Berechnungsmethodik unterscheiden sich berechnete Elastizitäten mitunter stark. So wird in der einschlägigen Literatur bspw. zwischen **kurz- und langfristigen Elastizitäten** unterschieden. **Langfristige Elastizitäten sind in der Regel höher**, da Haushalten oder Firmen mehr Optionen der Anpassung zur Verfügung stehen. Während Haushalte kurzfristig eher ihren Fahrstil anpassen oder nur noch die wichtigsten Wege mit dem eigenen Pkw zurücklegen, eröffnen sich in der langen Frist weitere Möglichkeiten wie bspw. der Kauf eines effizienteren Fahrzeugs, ein Wohnortwechsel oder der Umstieg auf andere Verkehrsoptionen. Die empirische Literatur legt

zudem nahe, dass **reichere Haushalte** eine geringere Elastizität aufweisen. Dies erklärt sich damit, dass diese eher bereit bzw. in der Lage sind, höhere Kosten der Mobilität aufgrund steigender Kraftstoffpreise zu bezahlen. Ebenso ist davon auszugehen, dass **Haushalte auf dem Land** anders reagieren als **Haushalte in der Stadt**, da in der Stadt häufig mehr Mobilitätsoptionen zur Verfügung stehen und die Abhängigkeit vom Auto weniger stark gegeben ist. Daher reagieren städtische Haushalte in der Regel etwas stärker auf Kraftstoffpreisänderungen als ländliche Haushalte.

Im **Straßengüterverkehr** ist davon auszugehen, dass die Anpassungsmöglichkeiten kurzfristig eher beschränkt sind. Dies liegt einerseits daran, dass Transportkosten oft nur einen geringen Anteil des Verkaufspreises eines Produkts ausmachen und somit höhere Treibstoffkosten vergleichsweise einfach an Konsumenten weitergegeben werden können. Aus diesem Grund hängen die Elastizitäten von der Streckenlänge und der Art des transportierten Gutes ab (Winebrake et al. 2012), d. h. es kann von höheren Elastizitäten für preiswerte Güter und solche, die über längere Strecken transportiert werden können, ausgegangen werden. Andererseits bestehen kurzfristig auch nur begrenzte Ausweichoptionen, da eine Verlagerung der Fracht auf alternative Verkehrsoptionen, wie bspw. die Schiene, wie auch eine Anpassung der Fahrzeugflotte zu emissionsarmen Antrieben kurzfristig nur sehr bedingt möglich ist.

#### 4.2.2 Unterschiedliche abhängige Variablen

Die in der Literatur berechneten Elastizitäten beschreiben nicht immer zwingend den gleichen Zusammenhang. So wird im Personenverkehr teilweise der Einfluss der Kraftstoffkosten auf die Nachfrage nach Kraftstoff oder aber auf die Nachfrage nach gefahrenen Kilometer betrachtet. Im Güterstraßenverkehr wird abseits der im Personenverkehr beschriebenen Zusammenhänge zusätzlich noch der Einfluss von Kraftstoffkosten, Kraftstoffeffizienz oder auch der Tonnenkilometerpreis auf die zurückgelegten Tonnenkilometer (Transportierte Güter in Tonnen mal zurückgelegte Kilometer) berücksichtigt.

**Tabelle 3: Untersuchte Zusammenhänge von Preiselastizitäten im Verkehr**

Abhängige Variablen	Unabhängige Variable (Einfluss auf die abhängige Variable)
Fahrzeugkilometer	Kraftstoffpreis Technische Antriebseffizienz
Kraftstoffverbrauch	Kraftstoffpreis Technische Antriebseffizienz
CO <sub>2</sub> -Emissionen	Kraftstoffpreis

Es ist also beim Vergleich von Elastizitäten wichtig, zu unterscheiden, worauf sich die Elastizität bezieht: Ist auch die Anpassung des Fahrzeugbestandes enthalten (effizientere Fahrzeuge), oder geht es nur um die Änderung der Fahrleistung? Ist die Wirkung als kurz- oder langfristig zu interpretieren? Wird zwischen Personen- und Güterverkehr differenziert?

Elastizitäten in Bezug auf Kraftstoffpreise treffen keine direkte Aussage über die Wirkung eines CO<sub>2</sub>-Preises. Vielmehr muss dieser in eine relative Veränderung der Kraftstoffpreise übersetzt werden. Das hat zur Folge, dass derselbe CO<sub>2</sub>-Preis in Kontexten mit hohen Kraftstoffpreisen (z. B. aufgrund vorhandener Mineralölsteuern) eine geringere Verhaltensanpassung zur Folge hat, da er zu einer geringeren prozentualen Preissteigerung führt.

Ein Vergleich der Bewertung eines CO<sub>2</sub>-Preises in (Edenhofer et al. 2019) und der Bewertung im Rahmen von (Öko-Institut et al. 2020) zeigt, wie wichtig die detaillierte Betrachtung der unterschiedlichen Aspekte, die zu Veränderung des Kraftstoffverbrauchs führen, ist:

- ▶ (Edenhofer et al. 2019) entnehmen ihre Elastizität in Höhe von -0.8 aus der Literatur und kombinieren Erkenntnisse verschiedener Studien. Für ihre Analyse der Wirkungsweise eines CO<sub>2</sub>-Preises wird daraus direkt eine CO<sub>2</sub>-Nachfrageelastizität in Abhängigkeit von Kraftstoffpreisen gebildet und beinhaltet bereits alle möglichen Formen der Anpassung bspw. auch durch Kauf eines effizienteren Fahrzeuges. Die Autoren nutzen eine übergreifende Elastizität für Güter- und Personenstraßenverkehr.
- ▶ Als Basis für Berechnung des TEMPS-Modells dienen Elastizitäten, die den Zusammenhang zwischen Kilometerkosten und Fahrzeugkilometern beschreiben. Die verwendete kurzfristige Elastizität durch Anpassung des Fahrverhaltens für eine gegebene Fahrzeugflotte liegt für Pkw bei -0,3 und für Lkw bei -0,15. Die langfristige Wirkung von CO<sub>2</sub>-Preisen auf den Pkw- und Lkw-Bestand, welche in Schätzungen von langfristigen Elastizitäten enthalten ist, wird über ein Neuzulassungs-Modell abgebildet. Dieses basiert auf einer ‚total costs of operation‘ Betrachtung. Zusätzlich wird für Pkw die Attraktivität verschiedener Antriebsoptionen, die nicht ausschließlich durch ökonomische Kosten bestimmt ist, berücksichtigt.

### 4.2.3 Kurzer Literatureinblick

#### Elastizitäten im Personenverkehr

Im Laufe der Jahre hat sich eine breite Literatur zur Berechnung von **Kraftstoffpreiselastizitäten** geformt und mit ihr eine Vielzahl an Berechnungsmöglichkeiten. Je nach Datenlage und Untersuchungsgegenstand unterscheiden sich die genutzten Ansätze. Im Personenverkehr greift der größte Teil auf Haushaltsdaten, welche sozio-ökonomischen Informationen sowie Informationen zum Mobilitätsverhalten beinhalten, zurück. Methodisch fußt der Großteil der Ansätze auf angepassten Regressionen. Die häufigsten untersuchten Zusammenhänge sind der Einfluss des Kraftstoffpreises bzw. der Kosten pro Kilometer (Kraftstoffkosten in Bezug zur Fahrzeugeffizienz) auf die Fahrzeugkilometernachfrage oder die Nachfrage nach Kraftstoffen.

Einen Überblick über bereits gesammelte Erkenntnisse der Literatur im Personenverkehr bieten (Graham und Glaister 2002) oder (Goodwin et al. 2004). Da sich Ergebnisse aus anderen Ländern nur unter starkem Vorbehalt auf Deutschland übertragen lassen, wird im Folgenden der Fokus auf deutsche bzw. europäische Studien gelegt (Buehler und Kunert 2008). (Frondel et al. 2007) schätzen Elastizitäten im Bereich von -0,57 bis -0,67 je nach Modellspezifikation auf Basis des Mobilitätspanels (MOP) mithilfe von Panelschätzern. (Reaños und Sommerfeld 2018) nutzen ebenfalls das MOP, jedoch einen anderen Zeitraum und eine andere Methode und berechnen mit dem Einkommen abnehmende Elastizitäten im Bereich von -0,37 bis -0,23. Eine vergleichbare allgemeine Elastizität in Höhe von -0,3 berechnen (Hautzinger et al. 2004) ebenfalls auf Basis von Daten des MOP. (Bureau 2011) berechnet auf Basis französischer Paneldaten ebenfalls einkommensdifferenzierte Elastizitäten, welche zusätzlich noch zwischen Regionen unterscheiden. Die Elastizitäten nehmen sowohl für Haushalte in der Stadt als auch für Haushalte auf dem Land mit steigenden Einkommen ab. Städtische Haushalte reagieren etwas stärker. Die Elastizitäten bewegen sich im Bereich von -0,3 bis -0,19 für städtische bzw. -0,25 bis -0,17 für ländliche Haushalte. (Avner et al. 2014) untersuchen in ihrer Studie das Mobilitätsverhalten von Pendlern im Großraum Paris und zeigen, dass die Kraftstoffpreiselastizität nahezu doppelt so hoch ist, wenn ausreichend öffentliche

Verkehrsmittel zur Verfügung stehen. Diese Erkenntnis stellt ein Indiz für die Abhängigkeit der Elastizitäten von unterschiedlichen Rahmenbedingungen dar.

Grundsätzlich lässt sich festhalten, dass der überwiegende Großteil der Studien Haushaltsreaktionen auf Änderungen des Kraftstoffpreises durch den Markt untersucht. Für die USA stellen (Li et al. 2014) allerdings fest, dass Haushalte deutlich stärker auf Preisänderungen reagieren, die durch Steuern hervorgerufen werden als auf Preissteigerungen durch den Markt. Dies wird auf die antizipierte Persistenz der erhöhten Preise durch Steuern zurückgeführt.

### Elastizitäten im Güterverkehr

Aufgrund mangelnder Datenlage hinsichtlich detaillierter Datensätze auf Fahrzeug- oder Unternehmensebene wird bei der Berechnung von Elastizitäten im Güterstraßenverkehr häufig auf aggregierte Zeitreihendaten zurückgegriffen. Da diese Methode eine deutlich geringere Auflösung als Studien im Pkw-Bereich besitzt ist mit einer höheren Unsicherheit der Resultate zu rechnen.

Die wissenschaftliche Literatur zur Berechnung von Elastizitäten im Straßengüterverkehr ist im Vergleich zum Personenverkehr sehr übersichtlich und dominiert von US-amerikanischen Studien. (EPA 2016) bietet eine gute Übersicht zu allgemeinen Erkenntnissen der einschlägigen Literatur. Wie auch im Personenverkehr sind die Ergebnisse recht heterogen, aber die Elastizitäten sind häufig deutlich geringer und bewegen sich zumeist im Raum von -0,004 bis -0,3. Ähnlich wie im Personenverkehr sind die Studienergebnisse anderer Länder nur begrenzt übertragbar, da insbesondere die vorhandene Infrastruktur bestimmend für Anpassungsreaktionen ist. Aufgrund mangelnder Studien für Deutschland werden hier vorrangig europäische Studien herangezogen. (Llorca und Jamasb 2017) berechnen eine Elastizität von -0,1 für Deutschland und von durchschnittlich -0,04 für 15 europäische Länder. (Borger und Mulalic 2012) berechnen Preiselastizitäten für Dänemark und ermitteln jene in Höhe von -0,004 in der kurzen und -0,007 in der langen Frist. (Leard et al. 2015) berechnen nach Größen differenzierte Elastizitäten zwischen -0,1 und -0,3 für die USA, wobei die Fahrleistung von größeren Fahrzeugen stärker als die von kleineren Fahrzeugen angepasst wird.

#### 4.2.4 Abschätzung von Elastizitäten für Deutschland

Die für Deutschland berechneten Elastizitäten im **Personenverkehr** unterscheiden sich je nach Datenlage, Zeitraum, Frist oder Methodik, befinden sich aber in den meisten Fällen in einer Spanne von -0,3 bis -0,8. Studien, die regionale Unterschiede für Deutschland berechnen, fehlen. Ausgehend von einer Elastizität, die den Zusammenhang zwischen den Kilometerkosten, die sich aus dem Kraftstoffpreis und der technischen Antriebseffizienz ergeben, und der Fahrleistung (d. h. den Fahrzeugkilometern) beschreibt, von -0,3 wie in (Reaños und Sommerfeld 2018) oder (Hautzinger et al. 2004) und Erkenntnissen aus (Bureau 2011) zum Verhältnis der Elastizitäten von Stadt und Land lässt sich eine Abschätzung dieser Preiselastizitäten in der kurzen bis mittleren Frist machen.

**Tabelle 4: Best-Guess: differenzierte Preiselastizitäten des Kraftstoffverbrauchs (kurz- bis mittelfristig) im Personenverkehr**

undifferenziert	Stadt	Land
-0,30	-0,33	-0,26

Ausgehend von gewonnenen Erkenntnissen aus (Goodwin et al. 2004) und (Graham und Glaister 2002), die in ihren Metastudien verschiedene Studienergebnisse miteinander kombinieren und

zumeist den Zusammenhang von Kraftstoffpreisen und der Fahrleistung untersuchen, ist festzustellen, dass langfristige Elastizitäten mitunter deutlich höher und in einigen Fällen doppelt so hoch sind wie Elastizitäten in der kurzen Frist. Darauf aufbauend lassen sich Abschätzungen für langfristige Preiselastizitäten des Kraftstoffverbrauchs bzw. der Fahrleistung machen. Es muss jedoch berücksichtigt werden, dass bei der Betrachtung des Einflusses von Kraftstoffpreisen auf die Fahrleistung in der langen Frist Fahrzeugkäufe und die damit verbundenen Effizienzgewinne nicht berücksichtigt werden. Wird jedoch der Einfluss der Kilometerkosten auf den Kraftstoffverbrauch berechnet, so werden Effizienzunterschiede berücksichtigt und es ist von einer weniger stark ausgeprägten Spreizung der Elastizität zwischen kurzer und langer Frist auszugehen, da ein Teil der zusätzlichen Kraftstoffkosten durch erhöhte Effizienz abgefangen werden kann. Basierend auf den Abschätzungen der oben ausgewiesenen kurz- bzw. mittelfristigen Elastizitäten und der Berücksichtigung von Effizienzgewinnen lässt sich eine Abschätzung zu langfristigen Elastizitäten vornehmen, indem die kurzfristigen Elastizitäten vereinfacht mit dem Faktor 2 multipliziert werden.

Die Preiselastizitäten aus der Literatur des **Straßengüterverkehrs** sind deutlich geringer als das Pendant im Personenverkehr. Ausgehend von den Ergebnissen europäischer Studien lässt sich eine Kraftstoffpreiselastizität der Verkehrsnachfrage von -0,1 oder weniger für den Straßengüterverkehr in der kurzen Frist annehmen. Hinsichtlich der Langzeitwirkung ist von etwas höheren Elastizitäten im Bereich von -0,2 bis -0,25 auszugehen.

In der Bewertung des Klimaschutzprogramms wird die Wirkung des CO<sub>2</sub>-Preises separat ausgewiesen. Die Kraftstoffpreiselastizität der Pkw-Fahrleistung wird bei der Bewertung in (Öko-Institut et al. 2020) mit -0,3 angenommen und die Transportkostenelastizität der Lkw-Fahrleistung mit -0,6. Dies entspricht bei schweren Lkw mit einem Kraftstoffkostenanteil an den Transportkosten von 27 % einer Kraftstoffpreiselastizität der Lkw-Fahrleistung von etwa -0,15. Nach der Festpreisphase wird für die Zeit ab 2027 angenommen, dass der Preis jährlich um 15 Euro (nominal) ansteigt und im Jahr 2030 125 Euro/t CO<sub>2</sub> beträgt. Der Benzinpreis erhöht sich damit im Jahr 2030 real (in Euro 2010) um 23,4 ct/Liter und der Dieselpreis um 26,1 ct/Liter (zuzüglich Mehrwertsteuer). Berechnet wurde die Minderungswirkung gegenüber einem Szenario mit Pkw- und Lkw-Standards. Bei einem Preis von 125 Euro/tCO<sub>2</sub> im Jahr 2030 ergeben sich Emissionsminderungen in Höhe von rund 6 Mio. t.

#### 4.2.5 Schlussfolgerungen aus der Betrachtung von Preiselastizitäten

Aus der Literaturrecherche lassen sich folgende Schlussfolgerungen ableiten:

##### Personenverkehr:

- Aus den verschiedenen Studien ergibt sich eine sehr große Bandbreite an Preiselastizitäten. Die Elastizitäten schwanken je nach genutztem Datensatz, der angewendeten Methode, dem Betrachtungszeitraum und dem betrachteten Land. Grundsätzlich sind Erkenntnisse zu Elastizitäten aus anderen Ländern nur bedingt auf Deutschland übertragbar, da die Ausgangsbedingungen sich häufig stark unterscheiden. Ein Abstrahieren von zentralen Erkenntnissen erscheint aber aufgrund der derzeitigen Studienlage für Deutschland als Mehrwert. Das Herleiten von genauen Zahlenwerten ist aufgrund der genannten Punkte aber mit Unsicherheiten behaftet.
- Die berechneten Elastizitäten sind abhängig von der zeitlichen Frist. Langfristige Elastizitäten, die auch Anpassungen des Fuhrparks oder Wohnortanpassungen enthalten, sind mitunter doppelt so hoch wie kurzfristige Elastizitäten.

- Eine Mehrzahl an Studien kommt zu dem Ergebnis, dass städtische Haushalte stärker auf Kraftstoffpreisänderungen reagieren als ländliche Haushalte. Ein mögliches Argument hierfür ist die stärkere Abhängigkeit vom Auto und die fehlenden Ausweichmöglichkeiten auf dem Land.
- Ebenfalls finden eine Vielzahl an Studien heterogene Elastizitäten bei der Betrachtung verschiedener Einkommensgruppen. Einkommensstarke Haushalte reagieren weniger stark als einkommensschwache Haushalte. Die Auswirkungen einer Rückverteilung von Einnahmen aus der CO<sub>2</sub>-Bepreisung an Haushalte wird dabei nicht berücksichtigt.
- Die Vorhersagbarkeit von zukünftigen Preisveränderungen hat Einfluss auf das Anpassungsverhalten bzw. die Elastizitäten. Einzelne Studien konnten zeigen, dass Elastizitäten deutlich höher ausfallen, wenn die Preisänderungen steuerlich und nicht durch Marktpreisschwankungen bedingt sind. Das wird dadurch erklärt, dass staatlich bestimmte Preisänderungen von Haushalten als dauerhafter und weniger unsicher bewertet würden.

#### Güterverkehr:

- In der Literatur fehlen Studien, die explizit nur Elastizitäten für den Straßengüterverkehr in Deutschland berechnen. Auf Basis der vorhandenen Studien ist es daher nur mit entsprechender Unsicherheit möglich, Schlussfolgerungen für Deutschland abzuleiten.
- Die Elastizitäten sind von der zeitlichen Frist abhängig. Langfristige Elastizitäten sind generell größer als kurzfristige, wenngleich etwas weniger prägnant als im Personenverkehr.
- Die Preiselastizitäten aus der Literatur des Straßengüterverkehrs sind deutlich geringer als deren Pendant im Personenverkehr.

### 4.3 Zusammenfassende Analyse der Wechselwirkungen von Maßnahmen und Instrumenten mit einem CO<sub>2</sub>-Preis

Die ausgewählten Instrumente adressieren unterschiedliche Funktionen, die in Summe für die Transformation des Verkehrssektors zentral sind: Einerseits sind dies Instrumente, die grundsätzlich (zumindest in bestimmten Bereichen) ähnlich wirken wie der CO<sub>2</sub>-Preis, indem sie ökonomische Anreize bei der Kaufentscheidung oder der Nutzungsphase setzen (Bonus-Malus nur ersteres, Energiesteuer, Pkw-Maut, Lkw-Maut sowohl als auch). Weiter gibt es einige Instrumente, die die Voraussetzungen dafür schaffen, dass die ökonomischen Instrumente und insbesondere der CO<sub>2</sub>-Preis die erwünschte Wirkung entfalten können (insbesondere Förderung des ÖV, Ausbau von Ladeinfrastruktur, CO<sub>2</sub>-Standards, E-Pkw-Quote).

- ▶ Die Verbesserung des **Angebots** an effizienten Fahrzeugen und alternativen Antriebstechnologien durch CO<sub>2</sub>-Standards und nötigenfalls auch durch Quoten für E-Fahrzeuge stellt sicher, dass bei steigenden CO<sub>2</sub>-Preisen ausreichend alternative Pkw am Markt verfügbar sind und schafft Planungssicherheit für die Hersteller
- ▶ Anreize bei der **Kaufentscheidung** für effiziente Fahrzeuge durch eine höhere CO<sub>2</sub>-Komponente in der Kfz-Steuer bzw. ein Bonus-Malus-System und einer CO<sub>2</sub>-Komponente bei der Dienstwagensteuer wirken der Problematik entgegen, dass Pkw-Käufer typischerweise die Betriebskostenvorteile von effizienten Pkw unterschätzen und daher der CO<sub>2</sub>-Preis nur eine vergleichsweise geringe Wirkung auf die Kaufentscheidung hat

- ▶ Eine **energieeffizientere Nutzung** der Fahrzeuge wird durch ein Tempolimit stärker gefördert als das durch einen CO<sub>2</sub>-Preis möglich ist
- ▶ Die Reduktion der Verkehrsnachfrage durch veränderte Zielwahl – **kürzere Wege** – und **Vermeidung von Wegen** kann durch eine Umgestaltung der Pendlerpauschale unterstützt werden, da diese derzeit kontraproduktive Anreize setzt. Eine Besteuerung der privaten Fahrleistung von Dienstwagen bzw. eine Weitergabe der Kraftstoffkosten für private Wege an den Dienstwagennutzer stellt sicher, dass die Lenkungswirkung des CO<sub>2</sub>-Preises auch bei diesen Fahrzeugen realisiert wird
- ▶ Die **Verkehrsverlagerung** auf umweltfreundlichere Verkehrsmittel erfordert zusätzlich zum CO<sub>2</sub>-Preis eine Angebotsverbesserung des ÖV und ggf. einen weiteren Abbau von Privilegien für den Pkw durch z. B. intensivierete Parkraumbewirtschaftung.

## 5 Fazit

In der Novelle des Klimaschutzgesetzes (KSG) ist für den Sektor Verkehr die zulässige Jahresemissionsmenge im Jahr 2030 mit 85 Mio. t CO<sub>2</sub>äq. festgelegt worden (das entspricht einer Reduktion um rund 48 % im Vergleich zu 1990). Zusammen mit den anderen Sektorzielen sollen so sowohl das nationale Gesamt-minderungsziel von jetzt 65 % Minderung ggü. 1990 als auch die nationalen Verpflichtungen unter der EU-Klimaschutzverordnung erfüllt werden. Der nationale Emissionshandel (nEHS) ist mit dem Brennstoffemissionshandelsgesetz (BEHG) als eine zentrale Maßnahme eingeführt worden, um dieses Emissionsziel zu erreichen.

Die CO<sub>2</sub>-Minderung im Verkehrssektor ist eine besondere Herausforderung, da seine CO<sub>2</sub>-Emissionen mit 163,5 Mio. t CO<sub>2</sub>äq. im Jahr 2019 etwa auf dem gleichen Niveau lagen wie 1990 und 93 % des Endenergiebedarfs auf fossilen Energien basieren. Im Jahr 2020 wurde im Verkehrssektor zwar das CO<sub>2</sub>-Minderungsziel des KSG erreicht, dies ist aber fast ausschließlich auf die rückläufigen Verkehrsleistungen in Folge der COVID 19 Pandemie zurückzuführen.

Im Rahmen der Bewertungen der Wirkung des Klimaschutzprogramms wird in zwei Gutachten davon ausgegangen, dass eine deutliche Lücke zum Ziel 2030 im Verkehrssektor bestehen bleibt, in (Öko-Institut et al. 2020) in Höhe von 33,4 Mio. t CO<sub>2</sub>äq. und in Kemmler et al. (2020) in Höhe von 30 Mio. t CO<sub>2</sub>äq., bzw. nach der Novelle des KSG jetzt in Höhe von 43,4 und 40 Mio. t CO<sub>2</sub>äq.. Um das Sektorziel Verkehr, die Verpflichtungen unter der Klimaschutzverordnung oder auch darüber hinaus gehende CO<sub>2</sub>-Minderungen zu erreichen, muss eine ambitionierte technologische Entwicklung hin zu effizienten und emissionsfreien Antrieben, eine Verlagerung vom Pkw zum Umweltverbund und eine Verlagerung des Gütertransports auf die Schiene erfolgen. Um diese CO<sub>2</sub>-Vermeidungsstrategien auszuschöpfen, braucht es starke Vorgaben und Anreizwirkungen im Verkehrssektor.

Bei den bisher festgelegten Preisen im Rahmen des BEHG würden Emissionsminderungen wegen der geringen Preissensitivität im Verkehrssektor zunächst nur in geringem Umfang erreicht. Aber auch nach Aufhebung der Preisbindung ist zu diskutieren, ob die Erreichung der Klimaschutzziele im Verkehrssektor bis 2030 ausschließlich bzw. vor allem über einen höheren CO<sub>2</sub>-Preis angereizt werden sollte.

Bisweilen wird argumentiert, dass bei einem Emissionshandelssystem zusätzliche Instrumente ausschließlich volkswirtschaftliche Mehrkosten zur Folge haben, es könnte demnach auf sie verzichtet werden. Zusammenfassend lässt sich konstatieren, dass diese Aussage insbesondere in sektorübergreifenden Emissionshandelssystemen in der Realität so nicht zutrifft, u.a. weil nicht alle Akteure rational agieren, kurzfristige Kosteneffizienz bei Informationsdefiziten langfristig effiziente Maßnahmen ausblendet und weil es ohne parallele Maßnahmen, z. B. dem Aufbau von Ladeinfrastruktur, zu Lock-in-Effekten kommen kann, die die langfristige Transformation in bestimmten Sektoren oder Teilsektoren verhindern. Dies spricht in der Praxis für einen ausgewogenen Mix aus übergreifenden und sektorspezifischen Instrumenten, die im Verbund mit einem ambitionierten Emissionshandelssystem die Klimaschutzziele absichern.

Die Anschaffung effizienter Fahrzeuge oder die Verlagerung auf umweltfreundlichere Verkehrsmittel wird wegen vielfältiger Hemmnisse und anders ausgerichteter Präferenzen trotz z. T. hoher individueller, aber insbesondere auch volkswirtschaftlicher Attraktivität oft nicht umgesetzt. Anders als im Energie- und Industriesektor sind die entscheidenden Akteure für die Veränderungen im Personenverkehr keine nach ökonomischen Prinzipien agierenden Unternehmen, sondern Bürger\*innen, die Kostenaspekte z. T. nur „gefühlte“ und ohne rationale Kostenrechnungen in ihre Entscheidungen einfließen lassen. Die CO<sub>2</sub>-Minderungsstrategien im Verkehrssektor benötigen tiefgreifende strukturelle Veränderungen und sind durch einen

kapitalintensiven technologischen (z. B. Umstellung der Fahrzeugproduktion auf elektrische Fahrzeuge, Aufbau neuer Lade- und im Fall von Wasserstoff Betankungs- und Verteilinfrastruktur) und gesellschaftlichen (z. B. Verhaltensänderungen bei Mobilitätsroutinen) Transformationsprozess geprägt. Werden die notwendigen Innovations- oder Infrastruktur-Vorleistungen nicht mit ausreichendem Vorlauf angestoßen, können Lock-in-Effekte entstehen, die zu unnötig hohen volkswirtschaftlichen Kosten führen oder letztlich sogar die Erreichung der Klimaziele gefährden würden.

So hat beispielweise die Szenarienauswertung in Kapitel 3 gezeigt, dass es zur Erreichung der Klimaschutzziele in 2030 für den Zeitraum zwischen 2020 und 2030 einen starken Anstieg der Zulassungszahlen für Fahrzeuge mit elektrischem Antrieb braucht. Ein solcher erforderlicher Innovationsschub und Strukturwandel kann nicht allein durch den derzeitigen CO<sub>2</sub>-Preis ausgelöst, wohl aber unterstützt werden. Es braucht zeitnah Innovationsimpulse durch eine Kombination aus angebotsseitigen und nachfrageorientierten Anreizen, ansonsten besteht die Gefahr, dass mittel- bis langfristig sehr hohe Vermeidungskosten – und bei Übergang in die Phase mit flexiblen Preisen im nEHS dementsprechend hohe CO<sub>2</sub>-Preise - entstehen werden.

Die Angebotsseite wird im aktuellen und nach den Vorschlägen der EU-Kommission auch im künftigen Politikrahmen durch die europäischen CO<sub>2</sub>-Standards neu zugelassener Fahrzeuge adressiert, könnte aber auch durch eine ergänzende nationale E-Fahrzeugquote angesprochen werden. Um eine dem Pkw-Standard von 95 g CO<sub>2</sub>/km entsprechende Anreizwirkung zu erzielen, sind nach älteren Überlegungen Preise in Höhe von 370 bis 440 Euro je Tonne CO<sub>2</sub> notwendig (Cambridge Econometrics (CE) 2014; Mock et al. 2014). Aus der Begleitstudie für die Folgenabschätzung der CO<sub>2</sub>-Emissionsstandards bis zum Jahr 2030 lassen sich niedrigere erforderliche Preise zur Zielerreichung ableiten (Hill et al. 2018): Für das aktuell geltende Minderungsniveau der CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Kilometer von 37,5 % für Pkw ggü. 2021 können so implizit Vermeidungskosten von rund 225 Euro/t CO<sub>2</sub> abgeleitet werden. Zur Stimulation entsprechender Innovationen im Fahrzeugmarkt ist das Preissignal durch das BEHG kurzfristig nicht ausreichend, vielmehr braucht es zusätzlich eine ambitionierte CO<sub>2</sub>-Zielwertsetzung im Rahmen der Standards - ggf. kombiniert mit einer E-Fahrzeugquote -, um die benötigte Effizienzsteigerung der Fahrzeuge und den Anstieg bei den Zulassungen von Elektrofahrzeugen zu erreichen.

In einer Gesamtkostenrechnung haben effiziente Fahrzeuge oft Vorteile gegenüber stärker emittierenden Fahrzeugen, erreichen aber keinen signifikanten Anteil an den Neuzulassungen (siehe z. B. ADAC 2021). Die Kostenvorteile beim Gebrauch der Fahrzeuge werden bei der Kaufentscheidung der Fahrzeuge häufig nicht vollständig berücksichtigt. Es liegt quasi ein Marktversagen im Verkehrssektor vor, weil Kostenvorteile durch niedrige Verbrauchskosten von den Verbrauchern systematisch unterbewertet werden. Um eine steigende Nachfrage nach effizienten Fahrzeugen zu stimulieren, sind somit solche Instrumente effektiver als ein CO<sub>2</sub>-Preis, die direkt auf den Fahrzeugwerb wirken und nicht wie eine CO<sub>2</sub>-Bepreisung der Kraftstoffe primär bei den Betriebskosten ansetzen. Den Fokus des Anreizes zum Klimaschutz ausschließlich auf die Verbrauchskosten des Fahrzeugeinsatzes zu legen, ist damit kein zielführender Ansatz. Vielmehr muss es für eine signifikante Verschiebung hin zu effizienteren Fahrzeugen bei der Fahrzeugwahl aus Nutzerperspektive zusätzlich deutliche Preissignale zum Zeitpunkt der Anschaffung geben: Hier bieten sich CO<sub>2</sub>-Preisimpulse über ein Bonus-Malus-System bei der Zulassung von Fahrzeugen sowie eine CO<sub>2</sub>-differenzierte Dienstwagensteuer an.

Die Auswertungen der Szenarien haben auch gezeigt, dass eine weitere strategische Säule zur Erreichung der Klimaschutzziele im Verkehr die Verlagerung auf die Verkehrsmittel Rad, Fuß, Bus und Schiene ist. Um die – durch einen CO<sub>2</sub>-Preis angereizte - notwendige Verlagerung zu erreichen, muss hierfür gleichzeitig das Angebot vorhanden sein. Der Ausbau der Fuß- und

Radverkehrsinfrastruktur und eine Ausweitung des ÖV sowie des Schienengüterverkehrs haben zum Teil erhebliche Planungs- und Investitionsvorläufe. Besonders zeitkritisch aber absolut notwendig ist eine Erhöhung der Kapazitäten im schienengebundenen Verkehr. Diese Maßnahmen haben einen hohen zeitlichen Vorlauf von z. T. (deutlich) über 10 Jahren. Die Angebotsverbesserung wird jedoch nicht über CO<sub>2</sub>-Preise adressiert, sondern es braucht umfangreiche Förder- und Investitionsprogramme. Ist das Angebot ausreichend attraktiv ausgestaltet, reizt der CO<sub>2</sub>-Preis durch die Verteuerung der Nutzerkosten im Betrieb fossiler Fahrzeuge die Verlagerung auf die alternativen Verkehrsträger an. Eine entsprechend gezielte Änderung des Marktdesigns beim Umweltverbund macht in Kombination mit der CO<sub>2</sub>-Bepreisung die Durchsetzung von emissionsarmen Lösungen in der konkreten Wettbewerbssituation erst möglich.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass effektiver und effizienter Klimaschutz im Verkehrssektor unter realen Bedingungen nur durch das Zusammenwirken verschiedener Instrumente erreicht werden kann. Aus Gründen der Effektivität, aber auch der Effizienz sind zielgerichtete Instrumente zur Verstärkung der notwendigen Transformation, also Umgestaltung und Ausweitung der Infrastrukturen und Markthochlauf effizienterer und elektrischer Fahrzeuge, erforderlich. Ein CO<sub>2</sub>-Preis allein reicht hierfür nicht aus, es braucht zusätzliche Instrumente wie CO<sub>2</sub>-Emissionsstandards für Fahrzeuge, Förder- und Investitionsprogramme für klimafreundliche Verkehrsmittel im öffentlichen Verkehr, Maßnahmen zum Abbau struktureller Hemmnisse (z. B. Straßenverkehrsrecht od. Berücksichtigung bei Siedlungs-, Stadt- und Verkehrsplanung), um Investitionen in zunächst kapitalintensive innovative Klimaschutztechnologien und Infrastrukturen auszulösen. Zusätzlich sollten nachfrageseitig aber auch marktbasierende Ansätze wie ein Bonus-Malus-System beim Fahrzeugkauf einbezogen werden.

Es ist also ein ausgewogener Mix aus Maßnahmen zur Erreichung der Klimaschutzziele im Verkehr notwendig. Dabei ist der CO<sub>2</sub>-Preis ein wichtiges Element, Anreize auf allen Ebenen zu schaffen und zu verstärken. Gleichzeitig spielt er eine wichtige Rolle für die Finanzierung der Transformation und kann bei geeigneter Rückverteilung der Einnahmen soziale Gerechtigkeit gewährleisten. Dieses Zusammenspiel ist für einen effektiven und akzeptanzfähigen Klimaschutz entscheidend.

## Literaturverzeichnis

- ADAC (2021): ADAC Autokostenrechner. Online verfügbar unter <https://www.adac.de/infotestrat/autodatenbank/autokosten/autokosten-rechner/default.aspx>, zuletzt geprüft am 30.04.2021.
- Agora Verkehrswende (Hg.) (2018): Klimaschutz im Verkehr: Maßnahmen zur Erreichung des Sektorziels 2030. Öko-Institut e.V. (ÖI); International Council on Clean Transportation (ICCT). Berlin, zuletzt geprüft am 27.11.2018.
- Agora Verkehrswende; Agora Energiewende; Frontier Economics (2018): Die zukünftigen Kosten strombasierter synthetischer Brennstoffe. Studie. Berlin.
- Avner, P.; Rentschler, Jun Erik; Hallegatte, Stéphane (2014): Carbon Price Efficiency. Lock-In and Path Dependence in Urban Forms and Transport Infrastructure. In: *World Bank Policy Research Working Paper Series*.
- BDI (2018): Klimapfade für Deutschland. Studie im Auftrag des Bundesverbandes der Deutschen Industrie (BDI). Unter Mitarbeit von Philipp Gerbert, Patrick Herhold, Jens Buchardt, Stefan Schönberger, Florian Rechenmacher, Almut Krichner et al. Hg. v. BDI. The Boston Consulting Group; Prognos. Berlin, Basel, Hamburg.
- BLE (2019): Evaluations- und Erfahrungsbericht für das Jahr 2018. Biomassestrom-Nachhaltigkeitsverordnung Biokraftstoff-Nachhaltigkeitsverordnung. Hg. v. Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE).
- BMU (2020): Referentenentwurf einer Verordnung über die Emissionsberichterstattung nach dem Brennstoffemissionshandelsgesetz für die Jahre 2021 und 2022. (Berichterstattungsverordnung 2022 - BeV 2022). Online verfügbar unter [https://www.bmu.de/fileadmin/Daten\\_BMU/Download\\_PDF/Glaeserne\\_Gesetze/19\\_Lp/bev\\_2022\\_behv/Entwurf/bev\\_2022\\_refe\\_bf.pdf](https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Glaeserne_Gesetze/19_Lp/bev_2022_behv/Entwurf/bev_2022_refe_bf.pdf), zuletzt geprüft am 04.09.2020.
- Borger, Bruno De; Mulalic, Ismir (2012): The determinants of fuel use in the trucking industry—volume, fleet characteristics and the rebound effect. In: *Transport Policy* 24, S. 284–295. DOI: 10.1016/j.tranpol.2012.08.011.
- BRD (2020): Verordnung über die Emissionsberichterstattung nach dem Brennstoffemissionshandelsgesetz für die Jahre 2021 und 2022 (Emissionsberichterstattungsverordnung 2022 - EBeV 2022). Online verfügbar unter [http://www.gesetze-im-internet.de/ebev\\_2022/EBeV\\_2022.pdf](http://www.gesetze-im-internet.de/ebev_2022/EBeV_2022.pdf), zuletzt geprüft am 30.04.2021.
- Buehler, Ralph; Kunert, Uwe (2008): Trends und Determinanten des Verkehrsverhaltens in den USA und in Deutschland - Trends and Determinants of Travel Behavior in the USA and in Germany. In: *Endbericht - Forschungsprojekt im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und*.
- Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) (Hg.) (2020): Werkstattbericht Alternative Kraftstoffe. Klimawirkungen und Wege zum Einsatz Alternativer Kraftstoffe. Nationale Plattform Zukunft der Mobilität, Arbeitsgruppe 1 (NPM, AG 1). Berlin. Online verfügbar unter [https://www.plattform-zukunft-mobilitaet.de/wp-content/uploads/2020/12/NPM\\_AG1\\_Werkstattbericht\\_AK.pdf](https://www.plattform-zukunft-mobilitaet.de/wp-content/uploads/2020/12/NPM_AG1_Werkstattbericht_AK.pdf).
- Bureau, Benjamin (2011): Distributional effects of a carbon tax on car fuels in France. In: *Energy Economics* 33 (1), S. 121–130. DOI: 10.1016/j.eneco.2010.07.011.
- Council of the European Union (CEC) (2020): Submission to the UNFCCC on behalf of the European Union and its Member States on the update of the nationally determined contribution of the European Union and its Member States. Brussels (Doc 14222/1/20 REV1). Online verfügbar unter <https://data.consilium.europa.eu/doc/document/ST-14222-2020-REV-1/en/pdf>, zuletzt geprüft am 17.02.2021.
- DBFZ (2018): Monitoring Biokraftstoffsektor. Online verfügbar unter [https://www.dbfz.de/fileadmin/user\\_upload/Referenzen/DBFZ\\_Reports/DBFZ\\_Report\\_11\\_4.pdf](https://www.dbfz.de/fileadmin/user_upload/Referenzen/DBFZ_Reports/DBFZ_Report_11_4.pdf), zuletzt geprüft am 03.11.2020.

- EPA (2016): Final Rule for Phase 2 Greenhouse Gas Emissions Standards and Fuel Efficiency Standards for Medium- and Heavy-Duty Engines and Vehicles. Online verfügbar unter <https://www.govinfo.gov/content/pkg/FR-2016-10-25/pdf/2016-21203.pdf>, zuletzt geprüft am 06.08.2020.
- Erdmenger, Christoph; Hoffman, Caroline; Frey, Kilian; Lambrecht, Martin; Wlodarski, Wojciech (2010): Pkw-Maut in Deutschland? Eine umwelt- und verkehrspolitische Bewertung. Hg. v. Umweltbundesamt. Dessau-Roßlau. Online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/3929.pdf>, zuletzt geprüft am 26.04.2018.
- European Council (EUCO) (2020): European Council meeting (10 and 11 December 2020) – Conclusions (EUCO 22/20). Online verfügbar unter <https://www.consilium.europa.eu/media/47296/1011-12-20-euco-conclusions-en.pdf>, zuletzt aktualisiert am 11.12.2020.
- European Environment Agency (2020): Trends and projections in Europe 2020. Tracking progress towards Europe's climate and energy targets. Online verfügbar unter <https://www.eea.europa.eu/publications/trends-and-projections-in-europe-2020>, zuletzt geprüft am 30.04.2021.
- FÖS (2018): A comparison of CO<sub>2</sub>-based car taxation in EU-28, Norway and Switzerland. Report for Transport & Environment. Unter Mitarbeit von Matthias Runkel und Alexander Mahler. Forum Ökologisch-Soziale Marktwirtschaft (FÖS), zuletzt geprüft am 30.07.2020.
- Frondel, Manuel; Peters, Jörg; Vance, Colin (2007): Identifying the Rebound - Evidence from a German Household Panel. In: *Ruhr Economic Paper* (32). DOI: 10.2139/ssrn.1088074.
- Gerbert, Philipp; Herhold, Patrick; Buchardt, Jens; Schönberger, Stefan; Rechenmacher, Florian; Krichner, Almut et al. (2018): Klimapfade für Deutschland. Hg. v. Bundesverband der deutschen Industrie (BDI). The Boston Consulting Group (BCG); Prognos. Berlin, Basel, Hamburg, München.
- Goodwin, Phil; Dargay, Joyce; Hanly, Mark (2004): Elasticities of Road Traffic and Fuel Consumption with Respect to Price and Income. A Review. In: *Transport Reviews* 24 (3), S. 275–292. DOI: 10.1080/0144164042000181725.
- Graham, Daniel J.; Glaister, Stephen (2002): The Demand for Automobile Fuel: A Survey of Elasticities. In: *Journal of Transport Economics and Policy* 36 (1), S. 1–25.
- Hautzinger, H.; Mayer, Karin; Helms, Maya; Kern, Christine; Wiesenhütter, Marc; Haag, Günter; Binder, Jan (2004): Analyse von Änderungen des Mobilitätsverhaltens- insbesondere der Pkw-Fahrleistung -als Reaktion auf geänderte Kraftstoffpreise. Schlussbericht zum Forschungsprojekt Nr. 96.0756/2002/.
- Heidt, Christoph; Biemann, Kirsten; Dünnebeil, Frank; Helms, Hinrich; Wüthrich, Philipp; Althaus, Hans-Jörg; Hausberger, Stefan (2018): Erarbeitung einer CO<sub>2</sub>-Grenzwertgesetzgebung für schwere Nutzfahrzeuge in Europa. Institut für Energie- und Umweltforschung (IFEU); Infrac AG; Forschungsgesellschaft für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik mbH, Graz, zuletzt geprüft am 05.09.2018.
- Hill, Nikolas; Skinner, Ian; Zazias, Georgios; Siskos, Pelopidas; Petropoulos, Apostolos; Fragkiadakis, Kostas; Paroussos, Leonidas (2018): Assessing the impacts of selected options for regulating CO<sub>2</sub> emissions from new passenger cars and vans after 2020. Final Report for the European Commission. Ricardo Energy & Environment; Transport and Environmental Policy Research (TEPR); E3MLab, zuletzt geprüft am 22.11.2018.
- Hobohm, Jens; Maur, Alex auf der; Dambeck, Hans; Kemmler, Andreas; Koziel, Sylvie; Kreidelmeyer, Sven et al. (2018): Status und Perspektiven flüssiger Energieträger in der Energiewende. Prognos; Fraunhofer Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik; Deutsches Biomasseforschungszentrum. Berlin. Online verfügbar unter [https://www.prognos.com/uploads/tx\\_atwpubdb/Prognos-Endbericht\\_Fluessige\\_Energietraeger\\_Web-final.pdf](https://www.prognos.com/uploads/tx_atwpubdb/Prognos-Endbericht_Fluessige_Energietraeger_Web-final.pdf), zuletzt geprüft am 11.06.2018.

ifeu; Transport & Environment; Öko-Institut (2020): Plug-in hybrid electric cars: Market development, technical analysis and CO<sub>2</sub>emission scenarios for Germany. Unter Mitarbeit von Julius Jöhrens, Dominik Räder, Jan Kräck, Lucien Mathieu, Ruth Blanck und Peter Kasten. Online verfügbar unter <https://www.oeko.de/uploads/oeko/oekodoc/PHEV-Report-Market-Technology-CO2.pdf>, zuletzt geprüft am 30.04.2021.

Intraplan (2017): Klimaschutz-Szenario Baden-Württemberg 2030. Schlussbericht. Hg. v. Ministerium für Verkehr und Infrastruktur Baden-Württemberg (MVI BaWü). München, Aachen, Freiburg, Essen.

Kasten, Peter; Heinemann, Christoph (2019): Kein Selbstläufer: Klimaschutz und Nachhaltigkeit durch PtX. Diskussion der Anforderungen und erste Ansätze für Nachweiskriterien für eine klimafreundliche und nachhaltige Produktion von PtX-Stoffen. Impulspapier im Auftrag des BUND im Rahmen des Kopernikus-Vorhabens "P2X". Unter Mitarbeit von Dominik Seebach und Jürgen Sutter. Öko-Institut.

Kasten, Peter; Mottschall, Moritz; Köppel, Wolfgang; Degünther, Charlotte; Schmied, Martin; Wüthrich, Philipp (2016): Erarbeitung einer fachlichen Strategie zur Energieversorgung des Verkehrs bis zum Jahr 2050. Studie im Auftrag des Umweltbundesamtes. Hg. v. Umweltbundesamt (UBA). Öko-Institut; DVGW-Forschungsstelle am Engler-Bunte-Institut des Karlsruher-Instituts für Technologie (KIT); Infrac AG. Dessau-Roßlau.

KBA (2020): Neuzulassungen von Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhängern (FZ 8). Online verfügbar unter [https://www.kba.de/DE/Statistik/Produktkatalog/produkte/Fahrzeuge/fz8/fz8\\_gentab.html?nn=1146130](https://www.kba.de/DE/Statistik/Produktkatalog/produkte/Fahrzeuge/fz8/fz8_gentab.html?nn=1146130), zuletzt geprüft am 05.08.2020.

Kemmler, A.; Kirchner, Almut; auf der Mauer, Alex; Ess, Florian; Kreidelmeyer, Sven; Piegesa, Alexander (2020): Energiewirtschaftliche Projektionen und Folgeabschätzungen 2030/2050. Dokumentation von Referenzszenario und Szenario mit Klimaschutzprogramm 2030.

Klimakabinett (2019): Eckpunkte für das Klimaschutzprogramm 2030. Online verfügbar unter <https://www.bundesregierung.de/resource/blob/975232/1673502/768b67ba939c098c994b71c0b7d6e636/2019-09-20-klimaschutzprogramm-data.pdf?download=1>, zuletzt geprüft am 20.11.2019.

Knörr, Wolfram; Heidt, Christoph; Gores, Sabine; Bergk, Fabian (2016): Aktualisierung „Daten- und Rechenmodell: Energieverbrauch und Schadstoffemissionen des motorisierten Verkehrs in Deutschland 1960-2035“ (TREMODO) für die Emissionsberichterstattung 2016 (Berichtsperiode 1990-2014). Endbericht. Umweltbundesamt, zuletzt geprüft am 22.11.2018.

Kreidelmeyer, Sven; Dambeck, Hans; Krichner, Almut; Wünsch, Marco (2020): Kosten und Transformationspfade für strombasierte Energieträger. Prognos AG (Prognos).

Leard, Benjamin; Linn, Joshua; McConnell, Virginia; Reich, William (2015): Fuel Costs, Economic Activity, and the Rebound Effect for Heavy-Duty Trucks. Hg. v. Resources for the Future Working Paper.

Li, Shanjun; Linn, Joshua; Muehlegger, Erich (2014): Gasoline Taxes and Consumer Behavior. In: *American Economic Journal: Economic Policy* 6 (4), S. 302–342. DOI: 10.1257/pol.6.4.302.

Llorca, Manuel; Jamasb, Tooraj (2017): Energy efficiency and rebound effect in European road freight transport. In: *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 101, S. 98–110. DOI: 10.1016/j.tra.2017.05.002.

Nordenholz, Falko; Winkler, Christian; Knörr, Wolfram (2016): Verkehrsverlagerungspotential auf den Schienenpersonenverkehr in Deutschland, zuletzt geprüft am 11.04.2020.

Öko-Institut; DLR-IVF (2009): RENEWABILITY I. Stoffstromanalyse nachhaltige Mobilität im Kontext erneuer-barer Energien bis 2030. Online verfügbar unter <http://www.renewbility.de/wp-content/uploads/renewbility-i-endbericht-bundesministerium-teil-2-szenarioprozess-und-ergebnisse-2009-12.pdf>, zuletzt geprüft am 03.11.2020.

Öko-Institut; Fraunhofer ISI (2019): Umsetzung Aktionsprogramm Klimaschutz 2020 - Begleitung der Umsetzung der Maßnahmen des Aktionsprogramms. 3. Quantifizierungsbericht. Online verfügbar unter <https://www.bmu.de/download/wissenschaftliche-grundlagen-zum-klimaschutzbericht-2018/>.

Öko-Institut; Fraunhofer ISI; Institut für Ressourceneffizienz und Energiestrategien (IREES); Thünen-Institut (2020): Abschätzung der Treibhausgasermittlungswirkung des Klimaschutzprogramms 2030 der Bundesregierung. Teilbericht des Projektes „THG-Projektion: Weiterentwicklung der Methoden und Umsetzung der EU-Effort Sharing Decision im Projektionsbericht 2019 („Politiksznarien IX“).“ Unter Mitarbeit von Ralph Harthan, Julia Repenning, Ruth Blanck, Hannes Böttcher, Veit Bürger, Lukas Emele und Wolf Görz, zuletzt geprüft am 05.09.2020.

Pavlenko, Nikita; Searle, Stephanie (2020): Assessing the potential advanced alternative fuel volumes in the Netherlands in 2030. ICCT. Online verfügbar unter <https://theicct.org/sites/default/files/publications/Biofuels-in-the-Netherlands.052020.pdf>, zuletzt geprüft am 02.11.2020.

Petschow, Ulrich; Lutz, Christian; Distelkamp, Martin (2008): Wirkungen fiskalischer Steuerungsinstrumente auf Siedlungsstrukturen und Personenverkehr vor dem Hintergrund der Nachhaltigkeitsziele der Bundesregierung, zuletzt geprüft am 05.09.2020.

Plötz, Patrick; Moll, Cornelius; Bieker, Georg; Mock, Peter; Li, Yaoming: Real-world usage of plug-in hybrid electric vehicles: Fuel consumption, electric driving, and CO<sub>2</sub> emissions. Hg. v. ICCT und Fraunhofer ISI, zuletzt geprüft am 27.10.2020.

Prognos, Öko-Institut, Wuppertal Institut (2020a): Klimaneutrales Deutschland. In drei Schritten zu null Treibhausgasen bis 2050 über ein Zwischenziel von -65 % im Jahr 2030 als Teil des EU-Green-Deals. Studie im Auftrag von Agora Energiewende, Agora Verkehrswende und Stiftung Klimaneutralität 2020.

Prognos, Öko-Institut, Wuppertal Institut (2020b): Klimaneutrales Deutschland (Zusammenfassung). Online verfügbar unter [https://static.agora-energiewende.de/fileadmin2/Projekte/2020/2020\\_10\\_KNDE/A-EW\\_192\\_KNDE\\_Zusammenfassung\\_DE\\_WEB.pdf](https://static.agora-energiewende.de/fileadmin2/Projekte/2020/2020_10_KNDE/A-EW_192_KNDE_Zusammenfassung_DE_WEB.pdf), zuletzt geprüft am 02.11.2020.

Reaños, Miguel A. Tovar; Sommerfeld, Katrin (2018): Fuel for inequality. Distributional effects of environmental reforms on private transport. In: *Resource and Energy Economics* 51, S. 28–43. DOI: 10.1016/j.reseneeco.2017.10.007.

Smolinka, Tom; Wiebe, Nikolai; Sterchele, Philip; Palzer, Andreas; Lehner, Franz; Jansen, Malte et al. (2018): Studie IndWEde. Industrialisierung der Wasserelektrolyse in Deutschland: Chancen und Herausforderungen für nachhaltigen Wasserstoff für Verkehr, Strom und Wärme. Hg. v. Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI). Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme (ISE); E4tech; Fraunhofer Institut für Produktionstechnologie und Automatisierung (IPA). Berlin.

Stefansson, Benedikt (2019): Green methanol from CO<sub>2</sub>: A solution ready at scale.

Sutter, Daniel; Maibach, Markus; Bertschmann, Damaris; Ickert, Lutz; Peter, Martin; Doll, Daniel; Kühn, André (2016): Finanzierung einer nachhaltigen Güterverkehrsinfrastruktur. Anforderungen und Rahmenbedingungen für eine zukunftsorientierte Entwicklung des Güterverkehrs – eine systematische Analyse auf der Grundlage eines Ländervergleichs. Teilvorhaben ohne Luftverkehr. Hg. v. Umweltbundesamt, zuletzt geprüft am 05.09.2016.

Tietge, Uwe; Diaz, Sonsoles; Mock, Peter; Bandivadekar, Anup; Ligterink, Norbert (2019): From laboratory to road: A 2018 update of official and “real-world” fuel consumption and CO<sub>2</sub> values for passenger cars in Europe. Hg. v. ICCT. Online verfügbar unter [https://theicct.org/sites/default/files/publications/Lab\\_to\\_Road\\_2018\\_fv\\_20190110.pdf](https://theicct.org/sites/default/files/publications/Lab_to_Road_2018_fv_20190110.pdf), zuletzt geprüft am 02.11.2020.

UBA (2019a): Kein Grund zur Lücke. Online verfügbar unter [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/19-12-03\\_uba\\_pos\\_kein\\_grund\\_zur\\_luecke\\_bf\\_0.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/19-12-03_uba_pos_kein_grund_zur_luecke_bf_0.pdf), zuletzt geprüft am 14.10.2020.

UBA (2019b): Wege in eine ressourcenschonende Treibhausgasneutralität. RESCUE - Studie. Unter Mitarbeit von Katja Purr, Jens Günther, Harry Lehmann und Philip Nuss. Umweltbundesamt (UBA) (Climate Change, 36/2019).

UBA (2020): Klimaschutz durch Tempolimit. Unter Mitarbeit von Martin Lange, Manuel Hendzlik und Martin Schmied. Online verfügbar unter [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2020-06-15\\_texte\\_38-2020\\_wirkung-tempolimit\\_bf.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2020-06-15_texte_38-2020_wirkung-tempolimit_bf.pdf), zuletzt geprüft am 27.10.2020.

Umweltbundesamt (UBA) (2020): Nationale Trendtabellen für die Treibhausgas-Emissionen nach Sektoren des Klimaschutzgesetzes 1990-2018. Stand zur Vorjahresschätzung: 11.03.2020. Dessau. Online verfügbar unter [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/2546/dokumente/2020-03-11\\_trendtabellen\\_sektoren\\_und\\_vorjahresschaetzung\\_out.xlsx](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/2546/dokumente/2020-03-11_trendtabellen_sektoren_und_vorjahresschaetzung_out.xlsx), zuletzt geprüft am 03.11.2020.

Winebrake, James J.; Green, Erin H.; Comer, Bryan; Corbett, James J.; Froman, Sarah (2012): Estimating the direct rebound effect for on-road freight transportation. In: *Special Section: Renewable energy policy and development* 48, S. 252–259. DOI: 10.1016/j.enpol.2012.05.018.

Zimmer, Wiebke; Blanck, Ruth; Bergmann, Thomas; Mottschall, Moritz; Waldenfels, Rut von; Förster, Hannah et al. (2016): Endbericht Renewability III. Optionen einer Dekarbonisierung des Verkehrssektors. Studie im Auftrag des BMUB 2016. Öko-Institut; DLR; ifeu Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg (IFEU); Infrac.