



# Klimaschutz im Verkehr: Maßnahmen zur Erreichung des Sektorziels 2030



# Impressum

## Klimaschutz 2030 im Verkehr: Maßnahmen zur Erreichung des Sektorziels

### ERSTELLT IM AUFTRAG VON

#### **Agora Verkehrswende**

Anna-Louisa-Karsch-Str. 2 | 10178 Berlin  
T +49 (0)30 700 14 35-000  
F +49 (0)30 700 14 35-129  
[www.agora-verkehrswende.de](http://www.agora-verkehrswende.de)  
[info@agora-verkehrswende.de](mailto:info@agora-verkehrswende.de)

#### **Projektleitung**

Kerstin Meyer  
Projektleiterin Personenverkehr  
[kerstin.meyer@agora-verkehrswende.de](mailto:kerstin.meyer@agora-verkehrswende.de)

### DURCHFÜHRUNG

#### **Öko-Institut e. V.**

Büro Berlin  
Schicklerstrasse 5 - 7  
10179 Berlin  
[www.oeko.de](http://www.oeko.de)

Ruth Blanck, Dr. Wiebke Zimmer

#### **International Council on Clean Transportation (ICCT)**

Neue Promenade 6  
10178 Berlin  
[www.theicct.org](http://www.theicct.org)

Dr. Peter Mock

**Satz:** Melanie Wiener

**Titelbild:** [iStock.com/Dragan Smiljkovic](https://www.istock.com/Dragan-Smiljkovic)

Veröffentlichung: August 2018

**10-2018-DE**

Gedruckt auf 100 % Recycling Naturpapier



#### **Bitte zitieren als:**

*Agora Verkehrswende (2018): Klimaschutz im  
Verkehr: Maßnahmen zur Erreichung des Sektorziels  
2030*

# Vorwort

Liebe Leserinnen, liebe Leser,

in ihrem Koalitionsvertrag vom Februar 2018 haben sich Union und SPD zum Pariser Klimaschutzabkommen ebenso bekannt wie zu den sektoralen Klimaschutzzielen, die bereits in der vergangenen Legislaturperiode vom Bundeskabinett beschlossen worden sind. Für den Verkehrssektor bedeutet das: Die Treibhausgasemissionen sollen bis zum Jahr 2030 um 40 bis 42 Prozent sinken. Nachdem der CO<sub>2</sub>-Ausstoß des Verkehrs im vergangenen Vierteljahrhundert nicht etwa gesunken, sondern sogar leicht gestiegen ist, liegt die Latte nun hoch und Richtungsentscheidungen sind zeitnah zu treffen, soll das 2030er Ziel nicht außer Reichweite geraten.

Deshalb gehört nicht viel Fantasie zu der Prognose, dass sich die verkehrspolitische Debatte der Zukunft vor allem um eine Frage drehen wird: Was ist zu tun, damit der Verkehr liefert? Damit die Erörterung dieser Frage an der Sache orientiert bleibt haben wir das Öko-Institut und das

ICCT beauftragt, die Wirkungen verschiedener denkbarer Maßnahmen und Maßnahmenpakete auf die CO<sub>2</sub>-Emissionen des Verkehrs zu untersuchen und zu quantifizieren.

Die Ergebnisse zeigen, dass es den einen zielführenden Hebel nicht geben wird. Das 40-Prozent-Ziel ist nur mit einem Bündel von Maßnahmen erreichbar, darunter auch solche, die politisch umstritten sind.

Mit dieser Veröffentlichung gibt Agora Verkehrswende keine Empfehlung für den „richtigen“ Maßnahmenmix ab. Wir laden vielmehr zur Diskussion ein. Anregungen, Kommentare und Kritik sind willkommen.

Eine anregende Lektüre wünscht

**Christian Hochfeld**

für das Team von Agora Verkehrswende  
Berlin, 21. August 2018

## Kernergebnisse:

- 1** Die Politik muss zeitnah richtungsweisende Entscheidungen für den Klimaschutz im Verkehr treffen, sollen die für 2030 vereinbarten Ziele erreicht werden.
- 2** Die europäischen Effizienzstandards für Pkw, leichte Nutzfahrzeuge und Lkw sind für die CO<sub>2</sub>-Emissionsminderung im Verkehr von besonderer Bedeutung. Sie sind eine notwendige, aber keine hinreichende Bedingung für das Schließen der Klimaschutzlücke.
- 3** Zusätzlich sind in jedem Falle weitere, wirkmächtige nationale Maßnahmen zur Internalisierung externer Kosten des Verkehrs notwendig; dies ist in besonderem Maße geboten, weil die Digitalisierung die Kosten des Verkehrs deutlich senken kann. Die Bepreisung von Kraftstoffen, Fahrzeugen und deren Nutzung ist der zentrale Hebel zur Internalisierung der externen Kosten. Dies hat, wie auch das heutige Instrumentarium der Steuer- und Verkehrspolitik, Verteilungseffekte, die bei der zukünftigen Ausgestaltung der Instrumente zu berücksichtigen sind.
- 4** Jenseits der direkten Wirkung auf die Reduktion von CO<sub>2</sub>-Emissionen ist es nötig, jene Maßnahmen zu identifizieren und umzusetzen, die Voraussetzung für Verkehrsverlagerungen sind. Hierbei geht es vor allem um den Infrastrukturaufbau für den öffentlichen Verkehr, für den Schienengütertransport sowie um Maßnahmen, die die Lebensqualität in Städten verbessern.
- 5** Eine weitere Dekarbonisierung des Stroms ist unverzichtbar – notwendig ist nach Lage der Dinge aber auch die Dekarbonisierung von Kraftstoffen.



# Inhalt

<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>6</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>7</b>
<b>Schlußfolgerungen aus Sicht von Agora Verkehrswende</b>	<b>9</b>
<b>01   Hintergrund und Ziele der Studie</b>	<b>11</b>
<b>02   Politikinstrumente für Klimaschutz im Verkehr</b>	<b>13</b>
2.1. Pkw-Effizienzstandards	13
2.2. Lkw-Effizienzstandards	17
2.3. Fahrleistungsabhängige Pkw-Maut	20
2.4. Energiesteuer und Kfz-Steuer	22
2.5. Dienstwagenbesteuerung	25
2.6. Tempolimit auf Autobahnen	28
2.7. Förderung des öffentlichen Verkehrs	29
2.8. Förderung Rad- und Fußverkehr	31
2.9. Klimafreundliche Mobilität in Städten	32
2.10. Lkw-Maut	34
2.11. Verlagerung von Güterverkehr auf die Schiene	35
2.12. Einsatz alternativer Kraftstoffe	37
<b>03   Drei Szenarien zur Erreichung des Klimaschutzziels im Verkehr</b>	<b>39</b>
3.1. Ausgestaltung der Szenarien	39
3.2. Szenarioergebnisse	43
<b>04   Fazit und Schlussfolgerungen</b>	<b>53</b>
<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>55</b>

# Abbildungsverzeichnis

<b>Abbildung 2.1:</b>	Historische Entwicklung der durchschnittlichen CO <sub>2</sub> -Emissionen von neuen Pkw in der EU sowie bestehende und für die Zukunft vorgeschlagene gesetzliche Regelungen	14
<b>Abbildung 2.2:</b>	Historische Entwicklung der CO <sub>2</sub> -Emissionen neuer Lkw in der EU	17
<b>Abbildung 2.3:</b>	Zusammenfassung der Annahmen zur CO <sub>2</sub> -Reduktion bei neuen schweren Nutzfahrzeugen zwischen den Jahren 2017 und 2030	18
<b>Abbildung 2.4:</b>	Dieselsteuern im europäischen Vergleich	23
<b>Abbildung 3.1:</b>	Verkehrsnachfrage im Personenverkehr	44
<b>Abbildung 3.2:</b>	Verkehrsnachfrage im Güterverkehr	44
<b>Abbildung 3.3:</b>	Anteile der Antriebstypen an den Pkw-Neuzulassungen 2025 und 2030	45
<b>Abbildung 3.4:</b>	CO <sub>2</sub> – Emissionen neu zugelassener Pkw in Deutschland in den Szenarien	46
<b>Abbildung 3.5:</b>	Bestand und Fahrleistung von Pkw im Jahr 2030 nach Zulassungsjahr	47
<b>Abbildung 3.6:</b>	Pkw-Bestand im Jahr 2030	47
<b>Abbildung 3.7:</b>	Endenergiebedarf im Jahr 2030	48
<b>Abbildung 3.8:</b>	Strombedarf in den Szenarien 2030	49
<b>Abbildung 3.9:</b>	THG-Emissionen im Jahr 2030	50
<b>Abbildung 3.10:</b>	THG-Minderungsbeitrag der Instrumente im Szenario „Standards & Effizienz“	51
<b>Abbildung 3.11:</b>	THG-Minderungsbeitrag der Instrumente im Szenario „Nutzerkosten & Verkehrsnachfrage“	51
<b>Abbildung 3.12:</b>	THG-Minderungsbeitrag der Instrumente im Szenario „Kraftstoffe“	52
<b>Abbildung 4.1:</b>	1 Million Tonnen CO <sub>2</sub> -Reduktion bedeutet...	54

# Tabellenverzeichnis

<b>Tabelle 2.1:</b>	THG-Minderung durch Pkw-CO <sub>2</sub> -Emissionsstandards	16
<b>Tabelle 2.2:</b>	THG-Minderung durch Lkw-CO <sub>2</sub> -Emissionsstandards	19
<b>Tabelle 2.3:</b>	THG-Minderung durch Fahrleistungsabhängige Pkw-Maut	21
<b>Tabelle 2.4:</b>	THG-Minderung durch Energiesteuer und Kfz-Steuer	24
<b>Tabelle 2.5:</b>	Ausgestaltungsoptionen der Dienstwagenbesteuerung	26
<b>Tabelle 2.6:</b>	THG-Minderung durch Dienstwagenbesteuerung	27
<b>Tabelle 2.7:</b>	THG-Minderung durch Tempolimit auf Autobahnen	29
<b>Tabelle 2.8:</b>	THG-Minderung durch Förderung des öffentlichen Verkehrs	31
<b>Tabelle 2.9:</b>	THG-Minderung durch Förderung Rad- und Fußverkehr	32
<b>Tabelle 2.10:</b>	THG-Minderung durch Klimafreundliche Mobilität in Städten	33
<b>Tabelle 2.11:</b>	THG-Minderung durch Lkw-Maut	35
<b>Tabelle 2.12:</b>	THG-Minderung durch Verlagerung von Güterverkehr auf die Schiene	36
<b>Tabelle 3.1:</b>	Szenario-Annahmen im Überblick	42





# Schlussfolgerungen aus Sicht von Agora Verkehrswende

## Zentrale Entscheidungen für den Klimaschutz im Verkehr stehen jetzt an

Die Dekarbonisierung des Verkehrs steht vor einem Dilemma. Sie ist einerseits sehr komplex und steht andererseits unter großem Zeitdruck. Will die internationale Staatengemeinschaft den globalen Temperaturanstieg auf zwei Grad Celsius begrenzen, so verbleiben nur noch wenige Jahre bis das weltweit dafür noch zur Verfügung stehende Emissionsbudget verbraucht ist. Insofern ist es angemessen, dass sich die Bundesregierung sowohl auf ein langfristiges Dekarbonisierungsziel für das Jahr 2050 als auch auf ein ambitioniertes Zwischenziel für den Verkehrssektor für das Jahr 2030 verständigt hat. Nun geht es darum, ein umfassendes Maßnahmenpaket für die Treibhausgasreduzierung im Verkehr zu konzipieren, welches die Bundesrepublik auf den Zielpfad führt. Es gilt, sowohl das Verkehrsziel des Klimaschutzplans zu erreichen als auch die Klimaschutzziele des internationalen Abkommens von Paris.

Die derzeitige Legislaturperiode ist für die Verkehrswende in Deutschland entscheidend. In diesem Zeitraum werden maßgebliche Vorentscheidungen getroffen, die beeinflussen wo Deutschland im Jahr 2030 mit seinen Verkehrsemissionen stehen wird. Ob Infrastrukturausbau oder konkrete Gesetzesänderungen – verkehrspolitische Maßnahmen haben eine gewisse Vorlaufzeit bis sie umgesetzt sind und Wirkung zeigen.

**Die europäischen Effizienzstandards für Pkw, leichte Nutzfahrzeuge und Lkw sind für die Treibhausgasreduzierung im Verkehr von besonderer Bedeutung. Sie sind eine notwendige, aber keine hinreichende Bedingung für das Schließen der Klimaschutzlücke.**

Die Ergebnisse dieser Studie zeigen, dass das Verkehrsziel zwar auf verschiedenen Wegen erreicht werden kann, dass Effizienzstandards für Pkw und Lkw aber eine entscheidende Rolle spielen. Sie stellen – aufgrund ihres großen CO<sub>2</sub>-Minderungspotentials – einen der großen Hebel dar, um Fahrzeuge insgesamt sparsamer zu machen und den Endenergiebedarf des

Verkehrs zu reduzieren. Auch sind sie der zentrale Faktor dafür, mehr Nullemissionsfahrzeuge in den Markt zu bringen und die Elektrifizierung von Lkw (entweder direkt oder über Oberleitungen) anzureizen. Sie sind aufgrund ihrer potentiell starken Wirkung eine notwendige Bedingung für das Schließen der Klimaschutzlücke im Verkehr.

Zurzeit werden die CO<sub>2</sub>-Regulierung für Pkw sowie eine neue CO<sub>2</sub>-Regelung für Lkw auf EU-Ebene diskutiert. Der aktuelle Kommissionsvorschlag für die Pkw-Standards reicht bei weitem nicht aus, um einen signifikanten Beitrag zum Verkehrsziel im Klimaschutzplan zu leisten oder den Markthochlauf von Nullemissionsfahrzeugen deutlich zu beschleunigen. Um beiden Zielen näherzukommen, muss das Ambitionsniveau der Zielwerte für 2025 und 2030 im weiteren Verhandlungsprozess deutlich erhöht werden. Auch bei Lkw sollte sich die Bundesregierung auf EU-Ebene für stringente Effizienzvorgaben einsetzen.

**Zusätzlich sind in jedem Falle weitere, wirkmächtige nationale Maßnahmen zur Internalisierung externer Kosten des Verkehrs notwendig; dies ist in besonderem Maße geboten, weil die Digitalisierung die Kosten des Verkehrs deutlich senken kann. Die Bepreisung von Kraftstoffen, Fahrzeugen und deren Nutzung ist der zentrale Hebel zur Internalisierung der externen Kosten. Dies hat, wie auch das heutige Instrumentarium der Steuer- und Verkehrspolitik, Verteilungseffekte, die bei der zukünftigen Ausgestaltung der Instrumente zu berücksichtigen sind.**

Diese Studie zeigt auch, dass selbst weitgehende Effizienzvorgaben allein nicht ausreichen, um die notwendige CO<sub>2</sub>-Minderung im Verkehr zu erreichen. Die Bepreisung von Kraftstoffen, Fahrzeugen und deren Nutzung ist sowohl im Personen- als auch im Güterverkehr sehr wirkmächtig und sollte stärker in den Fokus der Diskussion über Klimaschutzpolitik und Emissionsminderung im Verkehr rücken.

Sobald es um die Ausgestaltung von Steuern und Abgaben geht, stellt sich die Frage nach ihrer Verteilungswir-

kung und der sozialen Dimension möglicher Steuerreformen. Gleichwohl ist auch die bisherige Bepreisung von Verkehr nicht immer sozial ausgewogen. So stiegen beispielsweise die Preise für die Nutzung öffentlicher Verkehrsmittel von 2006 bis 2016 mehr als drei Mal so stark, wie die Preise für den motorisierten Individualverkehr. Gleichzeitig profitieren vom momentanen System der Besteuerung und Bereitstellung von Dienstwagen in erster Linie besserverdienende Haushalte. Vorschläge für weitergehende Steuerreformen oder die Umgestaltung von Abgaben im Verkehrsbereich sollten deswegen auf ihre Verteilungswirkung untersucht werden.

**Jenseits der direkten Wirkung auf die Reduktion von CO<sub>2</sub>-Emissionen ist es nötig, jene Maßnahmen zu identifizieren, die Voraussetzung für Verkehrsverlagerungen sind. Hierbei geht es vor allem um den Infrastrukturaufbau für den öffentlichen Verkehr, für den Schienengütertransport sowie um Maßnahmen, die die Lebensqualität in Städten verbessern.**

Angesichts des prognostizierten Verkehrswachstums ist Verkehrsverlagerung – sowohl im Personen- als auch im Güterverkehr – eine zentrale Herausforderung. Der alleinige Blick auf die potentielle CO<sub>2</sub>-Reduktion einer Maßnahme ist deswegen zu eng. Dadurch werden tendenziell Wechselwirkungen zwischen verschiedenen Maßnahmen und die wichtige Rolle jener Maßnahmen unterschätzt, die grundlegend sind, um Verkehrsverlagerung zu ermöglichen.

Hierzu zählen auf Bundesebene insbesondere der Ausbau der Schienengüterverkehrsachsen und die Erhöhung der Kapazitäten im kombinierten Verkehr. Im Personenverkehr sind es die Förderung von Rad- und Fußverkehr, eine höhere Taktung und bessere Auslastung des ÖVs, ein verbessertes Carsharing-Angebot und eine Reihe weiterer Maßnahmen zur Förderung der städtischen Mobilitätswende. All das dient nicht nur dem Klimaschutz, sondern auch der Gesundheit und einer Verbesserung von Luft- und Lebensqualität in Städten insgesamt. Diese Maßnahmen sind gleichsam eine Investition in den Wandel der Mobilitätskultur, die sich erst zu einem späteren Zeitpunkt in vollem Maße auszahlt.

**Eine weitere Dekarbonisierung des Stroms ist unverzichtbar – notwendig ist nach Lage der Dinge aber**

**auch eine weitere Dekarbonisierung von Kraftstoffen, wobei nachhaltig produzierte strombasierte Kraftstoffe voraussichtlich erst nach 2030 eine nennenswerte Rolle spielen können.**

Sollte im Jahr 2030 auch nur ein gewisser Teil der Fahrzeuge ganz oder teilweise mit Strom angetrieben werden, so macht dies für den Klimaschutz nur Sinn, wenn der zusätzliche Strombedarf des Verkehrs durch Strom aus zusätzlichen EE-Kapazitäten gedeckt wird. Je stärker sich die Elektromobilität durchsetzt, umso notwendiger ist eine weitere Dekarbonisierung des Stromsektors.

Eine weitere Dekarbonisierung von Kraftstoffen ist nach Lage der Dinge voraussichtlich ebenfalls notwendig. Zwar ist eine Erreichung des Klimaschutzziels 2030 im Verkehrssektor auch ohne eine weitergehende Dekarbonisierung von Kraftstoffen möglich. Eine komplette Dekarbonisierung des Verkehrssektors bis 2050 erfordert jedoch aller Voraussicht nach auch CO<sub>2</sub>-neutrale Kraftstoffe für alle Verkehre, die nicht über alternative Antriebe abgewickelt werden.

Deswegen ist eine Diskussion über eine langfristige Dekarbonisierung von Kraftstoffen unumgänglich: notwendig ist ein Öl- und Gaskonsens. Die Dekarbonisierung der Kraftstoffe sollte nicht auf Kosten der Effizienz gehen, daher ist ihr Einsatz im Pkw nicht sinnvoll; hier sind alternative Antriebe eine weitaus effizientere Alternative. Für den Einsatz dekarbonisierter Kraftstoffe kommen vorrangig der Flug- und Schiffsverkehr in Frage. Bei der Gestaltung des Einstiegs in strombasierte Kraftstoffe sind Nachhaltigkeitskriterien von Anfang an zu berücksichtigen.

# 01 | Hintergrund und Ziel der Studie

Mit der Konkretisierung des Klimaschutzplans steht in den nächsten Jahren eine breite gesellschaftliche Diskussion zum Thema Maßnahmen im Verkehrsbereich an. Im Klimaschutzplan der Bundesregierung wurden erstmalig einzelne Sektorziele für die Minderung von Treibhausgasemissionen festgelegt. Demnach sollen die Emissionen des Verkehrssektors bis zum Jahr 2030 um 40 bis 42 Prozent im Vergleich zu 1990 sinken. Sektorübergreifend wurde bis 2030 eine Minderung von 55 Prozent festgelegt. Gleichzeitig wurden auf EU-Ebene für das Jahr 2030 ebenfalls Minderungspflichten für alle Mitgliedstaaten ausgemacht. Die Reduktionsvorgabe für die sogenannten nicht-ETS-Sektoren in Deutschland entspricht dabei etwa einer Reduktion von 38 Prozent gegenüber dem Jahr (2005)<sup>1</sup>.

Um frühzeitig auf den Pfad zur Zielerreichung zu gelangen, müssen zeitnah die Maßnahmen identifiziert werden, mit deren Umsetzung in den nächsten Jahren eine solche Minderung der CO<sub>2</sub>-Emissionen im Verkehrssektor erreicht werden kann. Denn bisher konnte der Verkehrssektor seine CO<sub>2</sub>-Emissionen nicht reduzieren. Vielmehr sind sie in den letzten Jahren wieder gestiegen. Im Vergleich zum aktuellen Niveau der Treibhausgasemissionen (2017 nach Schätzung über 170 Mio. t, BMUB 2018) bedeutet das Ziel des Klimaschutzplans eine Minderung um über 70 Millionen Tonnen bis 2030.

Wesentlich ist es, zeitnah ein konsistentes Gesamtbild zu erlangen, welche Maßnahmen notwendig sind, um die erforderliche Emissionsminderung im Verkehrssektor bis 2030 tatsächlich zu gewährleisten. Zentrale Fragen der anstehenden Debatte werden damit sein: „Wie kann das Klimaschutzziel Verkehr erreicht werden?“ und „Welche Maßnahmen und Instrumente müssen in den nächsten Jahren umgesetzt werden?“. Im Rahmen dieser Studie für die Agora Verkehrswende wurden verschiedene Szenarien für den Verkehrssektor durchgespielt, die aufzeigen, mit welchen Maßnahmen und welchen Ausgestaltungen das Ziel einer Minderung der CO<sub>2</sub>-Emissionen um 40 bis 42 Prozent im Verkehrssektor bis 2030 erreicht werden könnte. Dafür wurde für drei Szenarien der Klimaschutzbeitrag von Maßnahmenbündeln mit verschiede-

nen Schwerpunktsetzungen modelliert. Dies geschieht ohne den Anspruch, hier ein konkretes Wunschscenario zu zeichnen, welches nur mit einer einzigen, speziellen Kombination von Maßnahmen erreicht werden kann. Die Studie soll vielmehr mögliche Wege aufzeigen und als Diskussionsgrundlage über die Optionen einer Verkehrswende und deren Ausgestaltung dienen.

Daher werden im ersten Teil der Studie (Kapitel 2) zunächst 12 Instrumente für mehr Klimaschutz im Verkehr vorgestellt. Im zweiten Teil der Studie (Kapitel 3) wird betrachtet, wie diese Instrumente kombiniert werden könnten, um das Klimaschutzziel im Verkehr zu erreichen und welche Auswirkungen auf Verkehrsnachfrage, Fahrzeuge und Endenergiebedarf zu erwarten sind. Kapitel 4 fasst die wesentlichen Schlussfolgerungen zusammen.

---

1 Die nicht-ETS-Sektoren umfassen die Bereiche Verkehr, Gebäude, Abfall- und Landwirtschaft.



## 02 | Politikinstrumente für Klimaschutz im Verkehr

Um mehr Klimaschutz im Verkehr zu erreichen, ist der Einsatz einer Vielzahl von Instrumenten denkbar. Für die nähere Betrachtung wurden in dieser Studie vorrangig solche Instrumente ausgewählt, die einen relevanten Klimaschutzbeitrag erwarten lassen und die in den „Zwölf Thesen zur Verkehrswende“ der Agora Verkehrswende genannt sind (Agora Verkehrswende 2017). Zwar sind weitere Instrumente und andere Ausgestaltungsformen denkbar; aber nicht alle können im Rahmen dieser Studie adressiert werden. Nicht betrachtet werden beispielsweise Instrumente im Luft- und Seeverkehr, da der Fokus der Studie auf dem nationalen Klimaschutzziel liegt. Dennoch muss auch der internationale Luft- und Seeverkehr seine THG-Emissionen deutlich reduzieren, um die internationalen Klimaschutzverpflichtungen einhalten zu können.

Die Studie beruht auf der Auswertung einschlägiger Literatur und auf eigenen Berechnungen. Für die Entwicklung einer Klimaschutzstrategie im Verkehr, die konsistent mit weiteren Nachhaltigkeits- und Politikzielen ist, sollten über den Klimaschutzbeitrag hinausreichende Bewertungskriterien berücksichtigt werden. Dazu zählen etwa soziale Effekte und Verteilungswirkungen, Luftreinhaltung und Lärm, Flächen- und Ressourcenverbrauch (siehe u. a. Öko-Institut 2017).

### 2.1. Pkw-Effizienzstandards

#### Beschreibung des Instruments

Verbindliche CO<sub>2</sub>-Standards für neue Pkw<sup>2</sup> wurden in der EU erstmals im Jahr 2009 eingeführt. Eine zuvor geltende freiwillige Selbstverpflichtung der Automobilindustrie hatte nicht zu der erwarteten Emissionsreduktion geführt und wurde deswegen durch eine gesetzliche

Regelung ersetzt, zunächst nur in Japan, ab 2009 auch in der EU. Dem folgten in den vergangenen Jahren nahezu alle relevanten Fahrzeugmärkte weltweit nach, sodass Pkw-CO<sub>2</sub>-Emissionsstandards heute zu den gängigen umweltpolitischen Maßnahmen im Verkehrsbereich zählen (vgl. ICCT 2018).

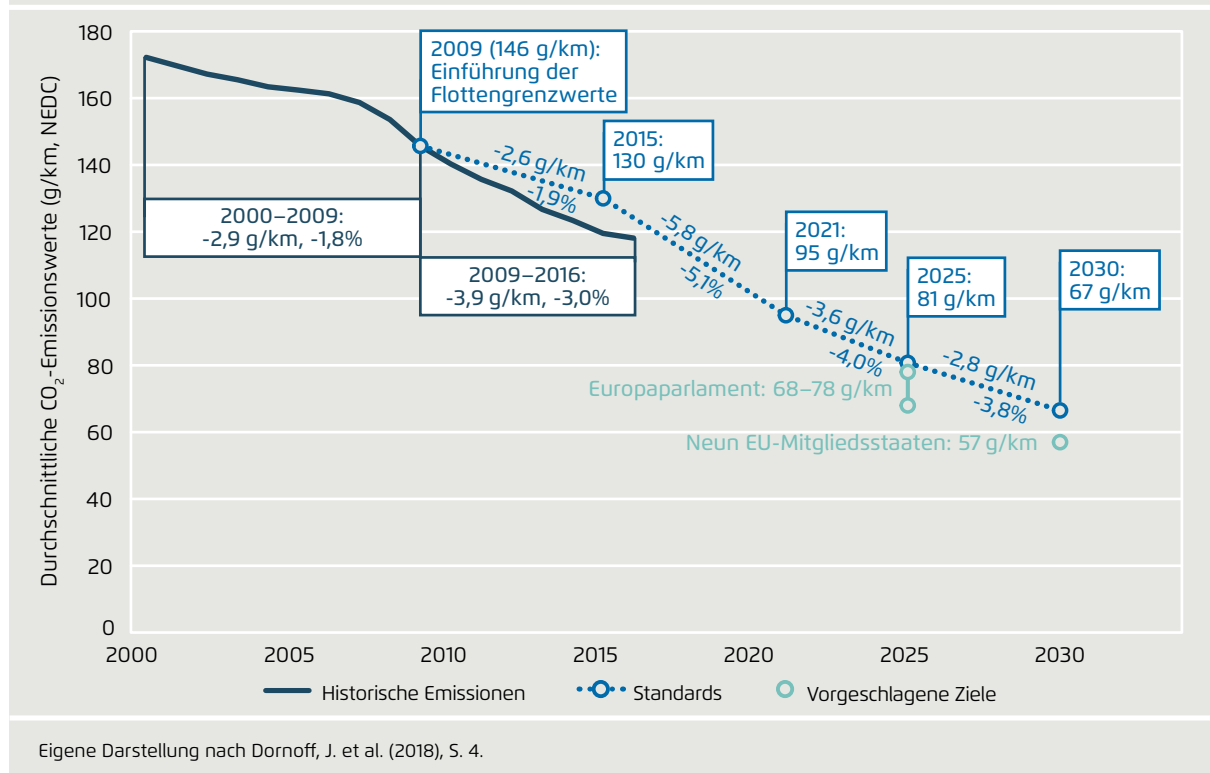
Die Vorgaben der Pkw-CO<sub>2</sub>-Regulierung wirken sich zunächst unmittelbar auf den Kraftstoffverbrauch von Pkw aus. Da die in der Verordnung festgelegten Ziele sich auf den Durchschnitt aller verkauften Pkw eines Herstellers beziehen, kann sich die CO<sub>2</sub>-Regulierung bei anspruchsvollen Zielwerten daneben aber auch indirekt auf den Anteil von Elektrofahrzeugen an den Neuwagenverkäufen auswirken. Denn Fahrzeughersteller können mit dem Verkauf von mehr Elektrofahrzeugen (direkte CO<sub>2</sub>-Emissionen gleich null) ebenfalls ihr Flottenziel erreichen.

Die erste Runde der CO<sub>2</sub>-Standards in Europa setzte einen durchschnittlichen Zielwert von 130 Gramm pro Kilometer (g/km) für neue Pkw mit Zulassungsjahr 2015, ausgehend von einem Startwert von 146 g/km im Jahr 2009 (EEA 2016). Diese Regulierung erwies sich als Erfolg: Statt der festgeschriebenen 1,9 Prozent CO<sub>2</sub>-Reduktion pro Jahr erreichten die Fahrzeughersteller knapp 3,0 Prozent Reduktion pro Jahr; der 2015er-Zielwert wurde bereits vorzeitig erreicht (Dornoff et al. 2018). Auch in Hinblick auf die zweite Runde der Regulierung mit einem durchschnittlichen Zielwert von 95 Gramm pro Kilometer für das Jahr 2021 wurden bereits Fortschritte erzielt, wenngleich einige Fahrzeughersteller noch hinter der erforderlichen durchschnittlichen jährlichen CO<sub>2</sub>-Reduktion von 5,1 Prozent zurückliegen.

Bei genauerer Betrachtung wird jedoch deutlich, dass die erzielten CO<sub>2</sub>-Reduktionen bei Neufahrzeugen in den vergangenen Jahren weitgehend „auf dem Papier“ erbracht wurden. Die Schere zwischen den offiziellen Herstellerangaben zu den CO<sub>2</sub>-Emissionen der Fahrzeuge und den im realen Straßenbetrieb tatsächlich emittierten Mengen geht immer weiter auf, von knapp 20 Prozent im Jahr 2009 auf über 40 Prozent Stand

2 Ähnliche CO<sub>2</sub>-Standards sind in der EU seit 2011 auch für leichte Nutzfahrzeuge (LNF) vorgeschrieben. LNF stehen in Deutschland für etwa 7 Prozent aller Fahrzeug-Neuzulassungen und werden – aufgrund ihres relativ geringen Marktanteils sowie der Ähnlichkeit der diskutierten Maßnahmen – in den folgenden Abschnitten nicht separat aufgeführt.

Historische Entwicklung der durchschnittlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen von neuen Pkw in der EU sowie bestehende und für die Zukunft vorgeschlagene gesetzliche Regelungen Abbildung 2.1



2017 (Tietge et al. 2017). In der Folge blieb nicht nur die erbrachte CO<sub>2</sub>-Reduktion hinter den ursprünglichen Erwartungen zurück. Auch die Durchdringung des Marktes mit innovativen Fahrzeugtechnologien erfolgte bei Weitem nicht so schnell wie zunächst angenommen (Wolfram et al. 2016).

Die EU-Kommission hat inzwischen das Problem der zunehmenden Abweichung zwischen deklarierten und realen CO<sub>2</sub>-Emissionen erkannt und strebt mit der aktuellen Revision der CO<sub>2</sub>-Regulierung an, diesem Trend entgegen zu wirken. Laut ihrem Vorschlag vom November 2017 sollen die CO<sub>2</sub>-Emissionen neuer Pkw bis zum Jahr 2030 gegenüber dem Modelljahr 2021 um durchschnittlich 30 Prozent sinken. Das Ambitionsniveau dieser noch laufenden dritten Runde der CO<sub>2</sub>-Standards würde damit – sollte der Kommissionsvorschlag unverändert verabschiedet werden – zwar mit etwa 4 Prozent jährlicher Reduktion unter dem der heutigen Gesetzgebung (etwa 5 Prozent jährliche Reduktion) liegen. Des Weiteren schlägt die EU-Kommission zusätzlich zu der

ohnehin schon stattfindenden Umstellung auf einen neuen, realitätsnäheren Testzyklus vor, den Worldwide harmonized Light vehicles Test Procedure (WLTP), die Einführung von *In-Service-Conformity*-Tests (zur Verifizierung der Emissionsdaten während der Nutzungsphase) sowie von Kraftstoffmessgeräten an Bord der Fahrzeuge (*fuel consumption meters*) vor, in der Hoffnung, mit diesen Maßnahmen ein weiteres Ansteigen der Diskrepanz zwischen offiziellen und realen CO<sub>2</sub>-Werten zu verhindern.

Obwohl die tatsächlichen CO<sub>2</sub>-Reduktionen in den vergangenen Jahren hinter den ursprünglichen Erwartungen zurückgeblieben sind, wird das Instrument der Pkw-CO<sub>2</sub>-Emissionsstandards weiterhin als sehr effektiv und deutlich wirkungsvoller eingeschätzt als eine freiwillige Selbstverpflichtung der Automobilindustrie (Gibson et al. 2015). Um optimale Ergebnisse zu erzielen, ist es jedoch dringend erforderlich, die Emissionen nicht nur auf dem Rollenprüfstand zu regulieren, sondern auch die realen CO<sub>2</sub>-Emissionen der Fahrzeuge. Außerdem sollten CO<sub>2</sub>-

Standards auf EU-Ebene mit zusätzlichen Maßnahmen auf nationaler Ebene (etwa einem abgestimmten Kfz-Steuersystem) kombiniert werden.

Der Vorschlag der EU-Kommission sieht zusätzlich zu den flottenübergreifenden Reduktionszielen auch ein Anreizinstrument zur Förderung von lokal emissionsfreien bzw. -armen Fahrzeugen (*zero-emission and low-emission vehicles; ZLEV*) vor. Hersteller, deren gesamter Pkw-Absatz im Jahr 2025 zu mehr als 15 Prozent und im Jahr 2030 zu mehr als 30 Prozent aus solchen Fahrzeugen besteht, sollen eine Gutschrift erhalten, die ihnen auf ihr Minderungsziel angerechnet wird. Eine analoge Malus-Regelung sieht der Kommissionsvorschlag nicht vor.

### Ausgestaltungsoptionen

Aus technischer Sicht besteht ein erhebliches Potenzial zu einem höheren Ambitionsniveau bei der Ausgestaltung von Pkw-CO<sub>2</sub>-Emissionsstandards. Aktuelle Studien des ICCT beschreiben und quantifizieren die verfügbaren Einzeltechnologien sowie Technologiepakete (Mock 2017). In der Summe ergibt sich ein CO<sub>2</sub>-Reduktionspotenzial von etwa 35 bis 45 Prozent gegenüber einem Basisfahrzeug des Modelljahres 2013. Die erforderlichen zusätzlichen Investitionskosten je Fahrzeug belaufen sich auf etwa 1.000 Euro gegenüber dem Basisfahrzeug. Die EU-Kommission bestätigt in ihrem *Impact Assessment* ein CO<sub>2</sub>-Reduktionspotenzial in der Größenordnung von 45 Prozent, allerdings zu höheren Investitionskosten.<sup>3</sup> In beiden Untersuchungen handelt es sich um das CO<sub>2</sub>-Reduktionspotenzial auf Basis konventioneller Technologien für Verbrennungsmotoren. Dies können beispielsweise optimierte Brennverfahren sein, eine verbesserte Aerodynamik, Leichtlaufreifen, Leichtbau oder auch eine zunehmende Hybridisierung der Fahrzeuge.

Weiteres Potenzial zur Reduktion von CO<sub>2</sub> bietet ein steigender Marktanteil von Elektrofahrzeugen. Für Automobilhersteller kann das sogar kostengünstiger sein als in zunehmend teure Verbesserungen von Verbrennungsmotoren zu investieren (Mock 2017). Ein solches Vorgehen ist bereits bei einigen Fahrzeugherstellern (etwa bei Renault-Nissan) zu beobachten. Anreizsysteme wie das im Vorschlag der EU-Kommission enthaltene Bonussystem für Null- und Niedrigemissionsfahrzeuge

dürften die Attraktivität einer E-Fahrzeug-Strategie aus Sicht der Hersteller ebenfalls erhöhen.

Für die weitere Betrachtung wurden drei Pfade für eine weitere Ausgestaltung von Pkw-CO<sub>2</sub>-Emissionsstandards in der EU definiert:<sup>4</sup>

1. **Niedrig:** Die CO<sub>2</sub>-Emissionen der Pkw-Neuzugflotte werden zwischen 2021 und 2030 durchschnittlich auf Basis des neuen WLTP-Testzyklus um 30 Prozent reduziert. In der Realität gehen wir von einer weiterhin leicht ansteigenden Diskrepanz zwischen offiziellen und realen CO<sub>2</sub>-Werten aus, da wir zwar ein Monitoring, jedoch keine verbindliche Regulierung der realen CO<sub>2</sub>-Fahrzeugwerte annehmen. Die reale Reduktion zwischen 2021 und 2030 beträgt dadurch nur 23 Prozent. Dieser Pfad entspricht weitgehend dem im November vorgelegten Gesetzesvorschlag der EU-Kommission.
2. **Mittel:** Die Reduktion zwischen 2021 und 2030 beträgt im WLTP knapp 45 Prozent. Zur Erreichung einer solchen Reduktion bedarf es eines Anteils von etwa 40 Prozent Elektrofahrzeugen (Plug-in-Hybride sowie batterieelektrische Fahrzeuge (BEV)) im Jahr 2030, sowie eines hohen Anteils von Hybridfahrzeugen. Dieser Pfad führt bei einer moderaten Marktdurchdringung von Elektrofahrzeugen bereits zu einer merklichen CO<sub>2</sub>-Reduktion führt. Wir nehmen weiterhin an, dass sich aufgrund zusätzlicher Elemente in der CO<sub>2</sub>-Regulierung (beispielsweise strengen In-Service-Conformity-Prüfungen sowie einer Regulierung der realen CO<sub>2</sub>-Emissionen) die Schere zwischen offiziellen und realen CO<sub>2</sub>-Angaben etwas schließt, sodass die realen CO<sub>2</sub>-Emissionen von Neufahrzeugen zwischen 2021 und 2030 stärker als die gesetzlich geforderten Werte zurückgehen, um dann gut 50 Prozent.
3. **Hoch:** Die Reduktion zwischen 2021 und 2030 beträgt im WLTP knapp 75 Prozent. Zur Erreichung einer solchen Reduktion bedarf es eines Anteils von etwa 75 Prozent Elektrofahrzeugen im Jahr 2030.

4 Für eine detailliertere Betrachtung dieser unterschiedlichen Varianten und ihrer Auswirkungen auf die Anteile von Nullemissionsfahrzeugen bzw. die Minderungslücke im Verkehr siehe: Agora Verkehrswende (2018).

3 Für eine Gegenüberstellung siehe Dornoff et al. (2018).

Diese Annahmen sind sehr ambitioniert, aber im Lichte des sich schnell vollziehenden technischen Fortschritts bei der Batteriefertigung und der von Fahrzeugherstellern bereits angekündigten Absatzpläne und Verkaufspreise von Elektroautos vorstellbar. So hat zum Beispiel VW angekündigt, bereits im Jahr 2025 rund 25 Prozent seiner Neuwagen als Batteriefahrzeuge verkaufen zu wollen (vgl. VW 2016). Mercedes-Benz und BMW erwarten im Jahr 2025 zwischen 15 und 25 Prozent Elektroautoanteil am Gesamtabsatz (vgl. BMW Group 2017, Daimler 2017). Wie im Falle des mittleren Pfades erwarten wir, dass sich die Schere zwischen offiziellen und realen CO<sub>2</sub>-Werten leicht schließen wird.

#### THG-Minderungsbeitrag

Der THG-Minderungsbeitrag von Pkw-CO<sub>2</sub>-Emissionsstandards lässt sich im Grundsatz aus den jeweils definierten Zielwerten für Neufahrzeuge ableiten, da die Fahrzeughersteller gesetzlich verpflichtet sind, diese Zielwerte im Flottendurchschnitt zu erreichen (andernfalls wird ein Pönale fällig). Abweichungen von dieser Arithmetik ergeben sich durch mögliche Veränderungen der Diskrepanz zwischen offiziellen und realen CO<sub>2</sub>-Emissionen der Fahrzeuge. Ferner können zusätzliche Elemente in der Regulierung, etwa das bereits genannte Anreizinstrument für Null- und Niedrigemissionsfahrzeuge sowie sogenannte Super Credits – also die Mög-

lichkeit, für dies Fahrzeuge Multiplikatoren anzuwenden – zu weiteren Abweichungen führen. Schließlich ist zu erwarten, dass eine CO<sub>2</sub>-Reduktion bei Neufahrzeugen und damit einhergehend eine Reduktion des Kraftstoffverbrauchs zu einer erhöhten Fahrleistung führt – ein Phänomen, das in der Literatur als Rebound-Effekt beschrieben wird.

Die in der Tabelle dargestellten Minderungsbeiträge wurden mit dem Modell TEMPS ermittelt (siehe Agora Verkehrswende 2018). Dabei wird von einem Rebound-Effekt von 30 Prozent ausgegangen. Dies bedeutet, dass die Fahrleistung um 3 Prozent steigt, wenn die Fahrtkosten pro Kilometer um 10 Prozent sinken. Zwischen den festgelegten Zielwerten wurde dabei jeweils eine lineare Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Emissionen der neu zugelassenen Pkw angenommen.

Zu beachten ist, dass es sich um Emissionsminderungen im Verkehrssektor handelt. Nicht berücksichtigt sind die Emissionen, die ggf. zusätzlich im Stromsektor entstehen.

THG-Minderung durch Pkw-CO <sub>2</sub> -Emissionsstandards		Tabelle 2.1
Instrument	Wirkmechanismen	THG-Minderung in 2030
Pkw CO <sub>2</sub> Zielwerte nach KOM-Vorschlag: Reduktion -30% (zwischen 2021–30)	Reduktionsrate 1,3% p.a. (real) 3,4 Mio. E-Pkw im Bestand 2030	3,5 Mio. t
Pkw CO <sub>2</sub> Zielwerte „mittel“: Reduktion -45% (zwischen 2021–30) sowie Begrenzung Realabweichung	Reduktionsrate 7% p.a. (real) 5 Mio. E-Pkw im Bestand 2030	10 Mio. t
Pkw CO <sub>2</sub> Zielwerte „hoch“: Reduktion -75% (zwischen 2021–30) sowie Begrenzung Realabweichung	Reduktionsrate 15% p.a. (real) 10 Mio. E-Pkw im Bestand 2030	20 Mio. t

Eigene Berechnungen Öko-Institut



## 2.2. Lkw-Effizienzstandards

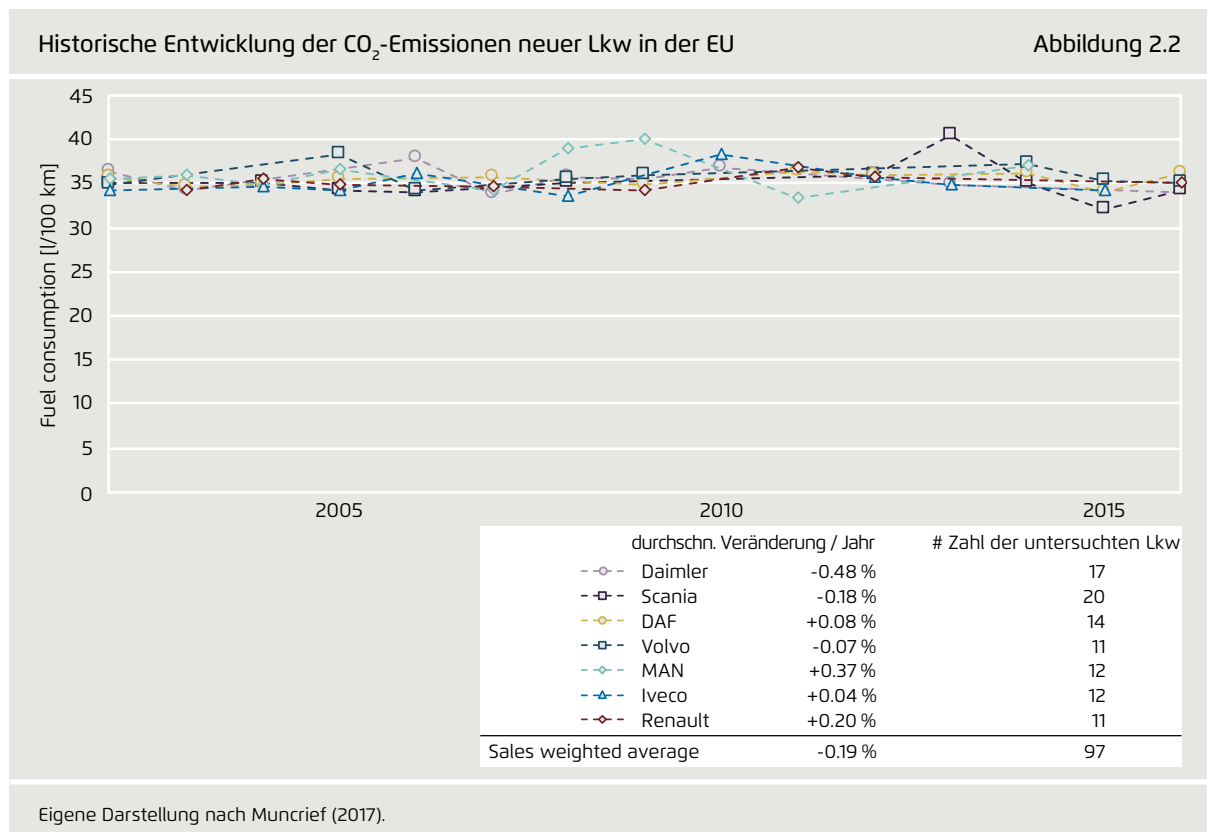
### Beschreibung des Instruments

Verpflichtende CO<sub>2</sub>-Standards für neue Lkw und Busse sind in den wichtigsten Fahrzeugmärkten weltweit bereits seit einigen Jahren etabliert, so beispielsweise in China, Japan und den USA. In einigen Märkten wurde bereits eine zweite oder dritte Anpassung der CO<sub>2</sub>-Regulierung für schwere Nutzfahrzeuge vorgenommen. In den USA beispielsweise bezieht die zweite Stufe der Regulierung auch Anhänger mit ein und definiert für die wichtigste Gruppe der schweren Lkw eine CO<sub>2</sub>-Reduktion von etwa 50 Prozent bis 2027 gegenüber dem Basisjahr 2010 (Sharpe et al. 2016).

In der EU gibt es dagegen bislang keine CO<sub>2</sub>-Emissionsstandards für schwere Nutzfahrzeuge. In der Folge blieben die CO<sub>2</sub>-Emissionen neuer Lkw in den vergangenen Jahren nahezu konstant (Abbildung 2.2). Im Mai 2017 verabschiedete die EU einen Vorschlag für eine Regulierung, die es erstmals ermöglichen wird, CO<sub>2</sub>-Werte für Lkw und Busse in einer standardisierten Weise zu bestimmen und

diese im Rahmen eines Monitorings regelmäßig statistisch zu erfassen (Rodriguez 2017). Hierauf aufbauend wird in der ersten Hälfte 2018 ein Gesetzesvorschlag der EU-Kommission für verpflichtende CO<sub>2</sub>-Standards für schwere Nutzfahrzeuge erwartet.<sup>5</sup>

5 Am 17.5.2018 (nach Fertigstellung der Berechnungen in diesem Projekt) hat die EU-Kommission einen Vorschlag für die Einführung von LPkw-CO<sub>2</sub>-Standards vorgelegt. Demnach sollen die CO<sub>2</sub>-Emissionen neu zugelassener schwerer Nutzfahrzeuge bis 2025 um 15 Prozent und bis 2030 um 30 Prozent gegenüber 2019 sinken (wobei es sich bei dem Ziel für 2030 um ein indikatives Ziel handelt).



### Ausgestaltungsoptionen

Im Zeitraum 2002 bis 2016 haben sich die CO<sub>2</sub>-Emissionen der Neufahrzeuge nur um 0,2 Prozent pro Jahr reduziert. Aus technischer Sicht besteht jedoch auch auf der Lkw-Seite<sup>6</sup> ein erhebliches Potenzial zur weiteren Ausgestaltung von CO<sub>2</sub>-Emissionsstandards. Aktuelle Studien des ICCT beschreiben und quantifizieren die verfügbaren Einzeltechnologien sowie Technologiepakete (vgl. etwa Meszler et al. 2018 bzw. Delgado et al. 2017).

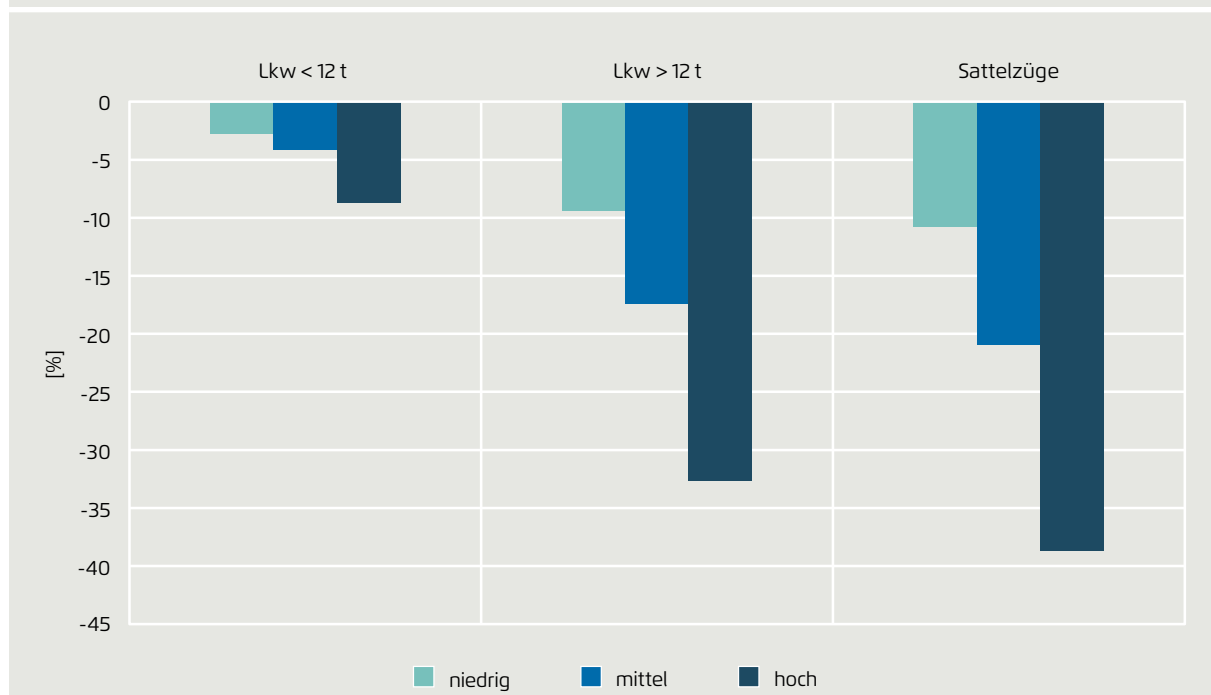
Für die weitere Betrachtung im Rahmen des Projekts werden drei mögliche Pfade für eine Ausgestaltung von Lkw-CO<sub>2</sub>-Emissionsstandards in der EU definiert:

6 Lkw über 12 Tonnen zulässigem Gesamtgewicht stellen rund 80 Prozent der Neuzulassungen sowie 90 Prozent der CO<sub>2</sub>-Emissionen der schweren Nutzfahrzeuge. Die folgenden Abschnitte fokussieren sich daher auf diese Fahrzeugkategorie, ohne auf entsprechende Annahmen für Nutzfahrzeuge mit einem Gewicht von 3,5 bis 12 Tonnen näher einzugehen.

1. **Niedrig:** Ab dem Jahr 2025 werden verpflichtende CO<sub>2</sub>-Standards für neue schwere Nutzfahrzeuge (SNF) eingeführt, allerdings nur für die Kategorie von Fahrzeugen über 12 Tonnen. Für solche schwereren Fahrzeuge wird, je nach Segment, eine jährliche CO<sub>2</sub>-Reduktion von ca. 1,6 bis 1,9 Prozent angenommen. Es findet keine signifikante Elektrifizierung des SNF-Sektors bis 2030 statt.
2. **Mittel:** Ab dem Jahr 2023 werden verpflichtende CO<sub>2</sub>-Standards eingeführt. Für die Kategorie der Fahrzeuge über 12 Tonnen Gewicht wird eine jährliche CO<sub>2</sub>-Reduktionsrate von 2,5 bis 3,1 Prozent angenommen. Die Abschätzungen zur jährlichen Absenkung basieren auf dem erwarteten langfristigen CO<sub>2</sub>-Reduktionspotenzial (33–39 Prozent nach Delgado et al. 2017) über einen 15-Jahres-Zeitraum und unter Annahme der Referenz-Reduktionsrate von 0,2 Prozent für die Jahre 2016 bis 2023. Für SNF unterhalb von 12 Tonnen wird eine jährliche CO<sub>2</sub>-Reduktion von 0,4 Prozent angenommen,

Zusammenfassung der Annahmen zur CO<sub>2</sub>-Reduktion bei neuen schweren Nutzfahrzeugen zwischen den Jahren 2017 und 2030

Abbildung 2.3



Eigene Berechnungen Öko-Institut.

basierend auf einer ICCT-Analyse zu EU-weiten CO<sub>2</sub>-Standards für SNF-Motoren (Muncrief & Rodríguez 2017).

- Hoch: Bereits ab dem Jahr 2020 werden verpflichtende CO<sub>2</sub>-Standards eingeführt. Das gesamte derzeit bekannte CO<sub>2</sub>-Reduktionspotenzial der Dieselttechnologie (33–39 Prozent) wird mithilfe anspruchsvoller CO<sub>2</sub>-Standards für neue SNF bis zum Jahr 2030 voll ausgenutzt. Hieraus ergibt sich über einen Zeitraum von zehn Jahren eine angenommene jährliche CO<sub>2</sub>-Reduktionsrate von 3,8 bis 4,7 Prozent. Ferner wird angenommen, dass ab dem Jahr 2020 zusätzlich Motor-Effizienzstandards für SNF unterhalb von 12 Tonnen Fahrzeuggewicht eingeführt werden, was zu einer jährlichen CO<sub>2</sub>-Reduktionsrate von 0,8 Prozent für diese Fahrzeuge führt. Eine Elektrifizierung des SNF-Sektors setzt bereits relativ früh ein, ab dem Jahr 2025. Für eine zunehmende Elektrifizierung des SNF-Antriebsstrangs werden Hybrid, Plug-in-Hybrid, Oberleitungs- sowie batterieelektrische Lkw berücksichtigt.

Abbildung 2.3 fasst die Annahmen zur CO<sub>2</sub>-Entwicklung für neue SNF zwischen 2017 und 2030 zusammen. Für SNF oberhalb 12 Tonnen Fahrzeuggewicht liegt die erwartete CO<sub>2</sub>-Reduktion der Pfade „niedrig“, „mittel“ und „hoch“ zwischen 10 Prozent und knapp 40 Prozent.

Für SNF unterhalb 12 Tonnen zwischen knapp 3 bis 8 Prozent.

#### THG-Minderungsbeitrag

Ähnlich wie bei Pkw lässt sich der THG-Minderungsbeitrag von Lkw-CO<sub>2</sub>-Emissionsstandards relativ unmittelbar aus den jeweils definierten Zielwerten für Neufahrzeuge ableiten, da die Fahrzeughersteller aller Voraussicht nach gesetzlich verpflichtet sein werden, diese Zielwerte – analog zur Regulierung für Pkw und leichte Nutzfahrzeuge – im Flottendurchschnitt zu erreichen. Im Vergleich zu Pkw gibt es bei den Lkw höhere Erneuerungsraten im Bestand, sodass sich Effizienzsteigerungen der Neuzulassungen schneller im Bestand widerspiegeln.

Die in der Tabelle dargestellten Minderungsbeiträge sind nach dem Modell TEMPS des Öko-Instituts berechnet – gegenüber einer Referenzentwicklung, wonach die CO<sub>2</sub>-Emissionen neu zugelassener Lkw um nur 0,2 Prozent p. a. zurückgehen. Rebound-Effekte sind dabei berücksichtigt (ohne Rebound würden die Minderungsbeiträge um rd. 15 Prozent höher liegen).

THG-Minderung durch Lkw-CO <sub>2</sub> -Emissionsstandards		Tabelle 2.2
Instrument	Wirkmechanismen	THG-Minderung in 2030
Einführung von CO <sub>2</sub> -Standards für Lkw 2025, Reduktion 1,9% p. a. für Sattelzüge	Effizienzsteigerung im Lkw-Bestand um 9% (ggü. 2015)	2,4 Mio. t
Einführung von CO <sub>2</sub> -Standards für Lkw 2023, Reduktion 3,1% p. a. für Sattelzüge	Effizienzsteigerung im Lkw-Bestand um 16% (ggü. 2015)	5,3 Mio. t
Einführung von CO <sub>2</sub> -Standards für Lkw 2020, Reduktion 4,7% p. a. für Sattelzüge, zusätzlich Elektrifizierung und OL-Lkw	Effizienzsteigerung im Lkw-Bestand um 33% (ggü. 2015). 8% elektrische Fahrleistung bei Sattelzügen in 2030	12,9 Mio. t

Eigene Berechnungen Öko-Institut.

## 2.3. Fahrleistungsabhängige Pkw-Maut

### Beschreibung des Instruments

Bei einer Maut handelt es sich grundsätzlich um eine Gebühr für die Nutzung eines bestimmten Straßennetzes. Sie kann entweder zeitbezogen – Vignette – oder fahrleistungsabhängig erhoben werden. Die meisten europäischen Länder verlangen für Pkw – vor allem auf Autobahnen – bereits eine Straßenbenutzungsgebühr, zum Teil wie in Frankreich oder Italien in Form der streckenbezogenen Maut, zum Teil in Form einer zeitbezogenen Vignette wie in Österreich oder Tschechien.

Für Pkw in Deutschland ist derzeit eine jährlich zu entrichtende Infrastrukturabgabe in Form der Vignetten-Lösung in Umsetzung. Zugleich wird die Kfz-Steuer gesenkt, um Mehrbelastungen für Autofahrerinnen und Autofahrer zu vermeiden. Bei der Ausgestaltung dieser Art der Pkw-Maut werden die tatsächlichen Kosten den Nutzern nicht entsprechend den tatsächlich gefahrenen Kilometern angelastet. Auch fehlt eine ökologische Lenkungswirkung hinsichtlich der CO<sub>2</sub>-Emissionen, da kein Anreiz besteht, die Fahrleistung mit dem Auto zu vermindern. Vielmehr bevorteilt eine solche Maut Vielfahrende.

Eine fahrleistungsabhängige Maut hat diese Defizite nicht. Der pro Kilometer erhobene Mautsatz schafft Anreize, den Auslastungsgrad der Fahrzeuge zu erhöhen oder Fahrten auf öffentliche Verkehrsmittel zu verlagern. Schließlich kann eine fahrleistungsbezogene Maut Autofahrer vor allem im Einkaufs-, Freizeit- und Urlaubsverkehr dazu bewegen, weit entfernte Ziele durch nähere zu ersetzen oder auf einen Teil der Autofahrten ganz zu verzichten (UBA 2010). Neben der ökologischen Lenkungswirkung ermöglicht der Übergang von der Steuer- auf eine Nutzerfinanzierung der Verkehrsinfrastruktur eine verursachergerechte Anlastung der Infrastrukturkosten. Momentan wird die Infrastruktur zum größten Teil aus dem Bundeshaushalt finanziert.

Auch eine Erhöhung der Energiesteuer auf Kraftstoffe bzw. ihre Ausrichtung Ausgestaltung am Energie- und CO<sub>2</sub>-Gehalt kann einen Anreiz geben, Kraftstoffe und Treibhausgase zu reduzieren. Sie kann kurzfristig und im Unterschied zu einer fahrleistungsabhängigen Pkw-

Maut vergleichsweise einfach umgesetzt werden, müsste allerdings regelmäßig an die Inflation angepasst werden (vgl. Kapitel 2.4, Energiesteuer). Zukünftig wird sie jedoch mehr und mehr an Wirkung einbüßen, da durch die angestrebte Effizienzsteigerung bei Pkw und den verstärkten Einsatz von Elektrofahrzeugen der Verbrauch von Benzin und Diesel zurückgehen wird. Daher wird es perspektivisch neue Wege der Finanzierung geben müssen (Agora Verkehrswende 2017). Eine intelligente, fahrleistungsabhängige Pkw-Maut kann dabei eine wichtige Rolle spielen, um einerseits die Verkehrsinfrastrukturfinanzierung sicherzustellen und andererseits die Umweltkosten verursachergerecht anzulasten. Eine fahrleistungsbezogene Pkw-Maut hat gegenüber einer Abgabe auf den Kraftstoffverbrauch weitere Vorzüge: Neben der nutzergerechten Finanzierung der Verkehrsinfrastruktur bezogen auf gefahrene Strecke und ggf. auch Straßenkategorie bietet sie die Möglichkeit, den Verkehr mit variablen Mautsätzen zu steuern. Dafür wird die Maut nach Ort und Zeit differenziert, um das Verkehrsaufkommen gezielt zu beeinflussen. Mit einer Mautdifferenzierung nach Schadstoffkriterien lassen sich außerdem Anreize schaffen, die zu einer Verminderung von Stickoxid- und Partikelemissionen führen können.

### Ausgestaltungsoptionen

Das Verkehrsministerium hat für das Jahr 2017 folgende Wegekosten – das sind die Kosten für Bau und Unterhalt der Straßen – für das Bundesfernstraßennetz veröffentlicht (BMVI 2014):

- Bundesautobahnen: 2,0 Cent/Fahrzeugkilometer (Fzghm)
- Bundesstraßen, die der Lkw-Mautpflicht unterliegen: 3,1 Cent/Fahrzeugkilometer
- Übrige Bundesstraßen: 5 Cent/Fahrzeugkilometer

Diese Kosten sollten entsprechend zur verursachergerechten Finanzierung der Verkehrsinfrastruktur für die Festlegungen der Mautsätze herangezogen werden.

Um auch die externen Umweltkosten verursachergerecht anzulasten, bietet es sich an, auf die Methodenkonvention des Umweltbundesamtes (UBA) zurückzugreifen. Zu berücksichtigen sind dabei die CO<sub>2</sub>- und Schadstoffemissionen, der Abrieb, Lärm sowie die Emissionen des Lebenszyklus. Dabei ist nach den Antrieben zu differenzieren, da bereits bei Diesel- und Benzin-Pkw die

Umweltkosten unterschiedlich ausfallen (5,8 ct/ Fzgkm für Diesel und 4,5 ct/Fzgkm Benzin (UBA 2012)). Batterieelektrisch betriebene Pkw haben aufgrund der entfallenden CO<sub>2</sub>- und Schadstoffemissionen deutlich geringere Umweltkosten. Die differenzierte Berücksichtigung der Antriebsarten bei der Festlegung der Mautsätze kann also einen deutlichen Anreiz in Hinblick auf Elektrofahrzeuge bieten.

Wesentliche Voraussetzung bei der Einführung einer fahrleistungsabhängigen Pkw-Maut ist die Gewährleistung des Datenschutzes. Entsprechende Fragen müssen geklärt werden, sodass ein Einführungszeitpunkt vor dem Jahr 2025 unwahrscheinlich erscheint. Auch ist zu berücksichtigen, dass zunächst hohe Transaktionskosten für die Errichtung eines entsprechenden Systems anfallen. Genaue Aussagen zu den Systemkosten sind schwierig. Beispiele aus anderen Ländern sowie die Erfahrungen mit der deutschen Lkw-Maut zeigen, dass heute Erhebungskosten von 2 Cent pro je Fahrzeugkilometer möglich sind (UBA 2015). Durch Mengeneffekte bei der Ausweitung der Maut auf Pkw sowie durch technischen Fortschritt sind für die Zukunft deutlich niedrigere Kosten zu erwarten.

### THG-Minderungsbeitrag

Es liegen empirische Daten für die Wirkung von höheren Nutzerkosten auf den Pkw-Bestand und den motorisierten Individualverkehr (MIV) vor (Bastian et al. 2016, Frondel und Vance 2018). Jedoch ist zu berücksichtigen, dass die daraus abgeleiteten Elastizitäten<sup>7</sup>, die die Wirkung von Preisänderungen auf die Nachfrage abbilden, nicht ohne weiteres verallgemeinerbar sind. So ist die Wirkung eines Kostenanstiegs auf die Verkehrsmittelnutzung immer auch abhängig von den zur Verfügung stehenden Alternativen, etwa dem öffentlichen Verkehr (ÖV), und dessen Attraktivität. Ferner haben Mobilitätsorientierungen, die sich in den kommenden Jahrzehnten durchaus ändern können, einen wesentlichen Einfluss

7 Elastizitäten: Hierbei wird die Stärke der systemischen Reaktion auf ein bestimmtes Preissignal ermittelt. Die direkten Elastizitäten treffen eine Aussage über vermiedene oder induzierte Verkehre, Kreuzpreiselastizitäten geben den Verlagerungseffekt auf andere Verkehrsträger an. Eine direkte Preiselastizität von -0,1 bedeutet beispielsweise, dass bei einer Steigerung des Preises von 10 Prozent ein Rückgang der Nachfrage um 1 Prozent entsteht. Elastizitäten werden meist noch in kurz- und langfristige Elastizitäten unterschieden. Meist handelt es sich hierbei um das erste Jahr und fünf oder zehn Jahre nach dem Signal.

THG-Minderung durch Fahrleistungsabhängige Pkw-Maut		Tabelle 2.3
Instrument	Wirkmechanismen	THG Minderung in 2030
Fahrleistungsabhängige Pkw-Maut auf Autobahnen	Mautsatz von 2 ct/km auf Autobahnen => Erhöhung der Nutzerkosten um 7% ggü. der Referenz => Rückgang der Fahrleistung um 2%	1,8 Mio. t
Fahrleistungsabhängige Pkw-Maut auf allen Straßen	Mautsatz von durchschnittlich 4ct/km => Erhöhung der fahrleistungsabhängigen Kosten um 50% ggü. der Referenz => Reduktion Fahrleistung um 15%	12,8 Mio. t
Fahrleistungsabhängige Pkw-Maut auf allen Straßen und Internalisierung der externen Kosten	Mautsatz von durchschnittlich 8 ct/km => Erhöhung der fahrleistungsabhängigen Kosten um 100% ggü. der Referenz=> Reduktion Fahrleistung um 30%	25,6 Mio. t

Eigene Berechnungen Öko-Institut.

auf die Höhe des Pkw-Bestands oder MIV (z. B. Status-Rückgang des Pkw). Auf Basis von Elastizitäten können also nur Größenordnungen über die Wirkmächtigkeit abgeleitet werden.

Elastizitäten für die Pkw-Verkehrsnachfrage hinsichtlich der Kilometerkosten bewegen sich im Bereich von -0,15 über -0,3 (z. B. im Projektionsbericht (BReg 2017) bis -0,6 (Renewability III (Öko-Institut 2016)). Für die hier dargestellten Ergebnisse wird eine Preiselastizität von -0,3 angenommen. Das bedeutet, dass für jedes Prozent, das der Pkw-Verkehr teurer wird, die Verkehrsnachfrage um 0,3 Prozent sinkt.

In der Studie Verkehrsinfrastruktur 2030 des Ministeriums für Verkehr Baden-Württemberg wurde in Sensitivitätsanalysen festgestellt, dass die Kilometerkosten um 114 Prozent ggü. 2010 steigen müssten, um eine Minderung der CO<sub>2</sub>-Emissionen bis 2030 um rund 35 Prozent ggü. 2010 allein durch Änderung der Verkehrsnachfrage zu erreichen (MVI 2017). Das bedeutet eine Erhöhung der Kraftstoffpreise auf 4,08 Euro in 2030 bzw. eine fahrleistungsabhängige Pkw-Maut in Höhe von 16 Cent/Kilometer und verdeutlicht, dass es sehr starker Preissignale bedarf, um die Klimaschutzziele allein über diesen Hebel zu erreichen.

## 2.4. Energiesteuer und Kfz-Steuer

### Beschreibung des Instruments

Die Energiesteuer ist eine mengenabhängige Steuer, was bei entsprechender Ausgestaltung aus Umweltsicht grundsätzlich positiv sein könnte. Da die Energiesteuer jedoch keinen Bezug zum Energiegehalt bzw. den Treibhausgasemissionen der Kraftstoffe aufweist, entfaltet sie keine deutliche Lenkungswirkung hinsichtlich besonders umweltfreundlicher Technologien. So wird Dieselkraftstoff derzeit mit 18,4 Cent pro Liter weniger besteuert als Benzin – bei höherem Energiegehalt und somit höheren CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Liter sowie höheren Schadstoffemissionen der derzeit in Pkw eingesetzten Dieselschifftechnologie. Selbst nach Abzug der höheren Kfz-Steuer für Diesel-Pkw werden diese derzeit mit rund 1,5 Milliarden Euro pro Jahr subventioniert (UBA 2016a).

Die Energiesteuersätze sind in Deutschland seit vielen Jahren nominal konstant. Allein durch die Inflation geht

daher die reale Steuerbelastung zurück. Bei weiterhin konstantem Steuersatz werden die zunehmende Elektrifizierung sowie die Effizienzsteigerung der Fahrzeuge das Steueraufkommen sogar nominal schrumpfen lassen. In dem Referenzszenario liegen die Energiesteuereinnahmen im Jahr 2030 real um 15 Prozent niedriger als 2015. Um die Entwertung fixer Energiesteuern durch die Inflation auszugleichen, könnten die Steuersätze etwa an einen Verbraucherpreisindex gekoppelt werden. Eine solche Indexierung gibt es beispielsweise in Dänemark (Eurostat 2013, EC 2015). Eine Erhöhung der Energiesteuern ist zudem relevant, wenn man Rebound-Effekten durch zunehmende Effizienz entgegenwirken will.

Seit 2009 wird zur Kfz-Steuerberechnung von Pkw neben dem Hubraum auch der CO<sub>2</sub>-Wert herangezogen. Dieser ist jedoch nur mäßig gespreizt, sodass Möglichkeiten einer Lenkungswirkung nicht maximal ausgenutzt werden. Mit dem Entwurf eines Sechsten Gesetzes zur Änderung des Kraftfahrzeugsteuergesetzes wird geregelt, dass für die Kraftfahrzeugsteuer ab 1. September 2018 die im Rahmen des neuen Testverfahrens WLTP ermittelten realitätsnäheren CO<sub>2</sub>-Werte anzuwenden sind. Grundsätzlich könnte durch eine stärkere Spreizung der Kfz-Steuer – spürbar höhere Kosten für CO<sub>2</sub>-intensive Fahrzeuge und Steuervorteile für CO<sub>2</sub>-arme Fahrzeuge – ein zusätzlicher Beitrag zum Klimaschutz geleistet werden. In anderen Ländern, etwa in Großbritannien, hat etwa eine CO<sub>2</sub>-abhängige Ausgestaltung der Kfz-Steuer mit deutlich stärkerer Spreizung als in Deutschland relevante Wirkung entfaltet.

### Ausgestaltungsoptionen

Eine einheitliche Besteuerung von Diesel und Benzin auf Basis des Energie- und CO<sub>2</sub>-Gehalts wäre ein erster Schritt in Richtung Energiewende im Verkehr (Agora Verkehrswende 2017). Es wäre jedoch kontraproduktiv, bei diesem Umbau den Steuersatz auf Kraftstoffe zu reduzieren. Simultan zur Angleichung des Dieselsteuersatzes an den von Benzin sollte auch bei der Kfz-Steuer eine Anpassung erfolgen, sodass die derzeit höhere Kfz-Steuer von Diesel-Pkw an diejenige von Benzinfahrzeugen angeglichen wird.

Bei hohen Unterschieden der Kraftstoffpreise in Europa kann es zu Tanktourismus kommen, insbesondere im grenzüberschreitenden Güterverkehr: Rund 40 Prozent der Lkw-Fahrleistung in Deutschland wird von auslän-

dischen Lkw erbracht (BMVI 2017), und Lkw können mit einer Tankladung sehr weite Distanzen zurücklegen. Daher haben in einigen EU-Mitgliedstaaten mit höheren Dieselsteuern wie z. B. Italien, Frankreich und Spanien die dort ansässigen Unternehmen die Möglichkeit, sich einen Teil der Energiesteuern auf Diesel (für Lkw >7,5t) zurück erstatten zu lassen. Eine europäisch einheitliche Besteuerung fossiler Kraftstoffe auf ausreichend hohem Niveau wäre daher aus Klimaschutzperspektive wünschenswert. Dies setzt jedoch, wie bei allen Steuerfragen, Einstimmigkeit zwischen den EU-Mitgliedsstaaten voraus, die schwierig zu erreichen sein dürfte.

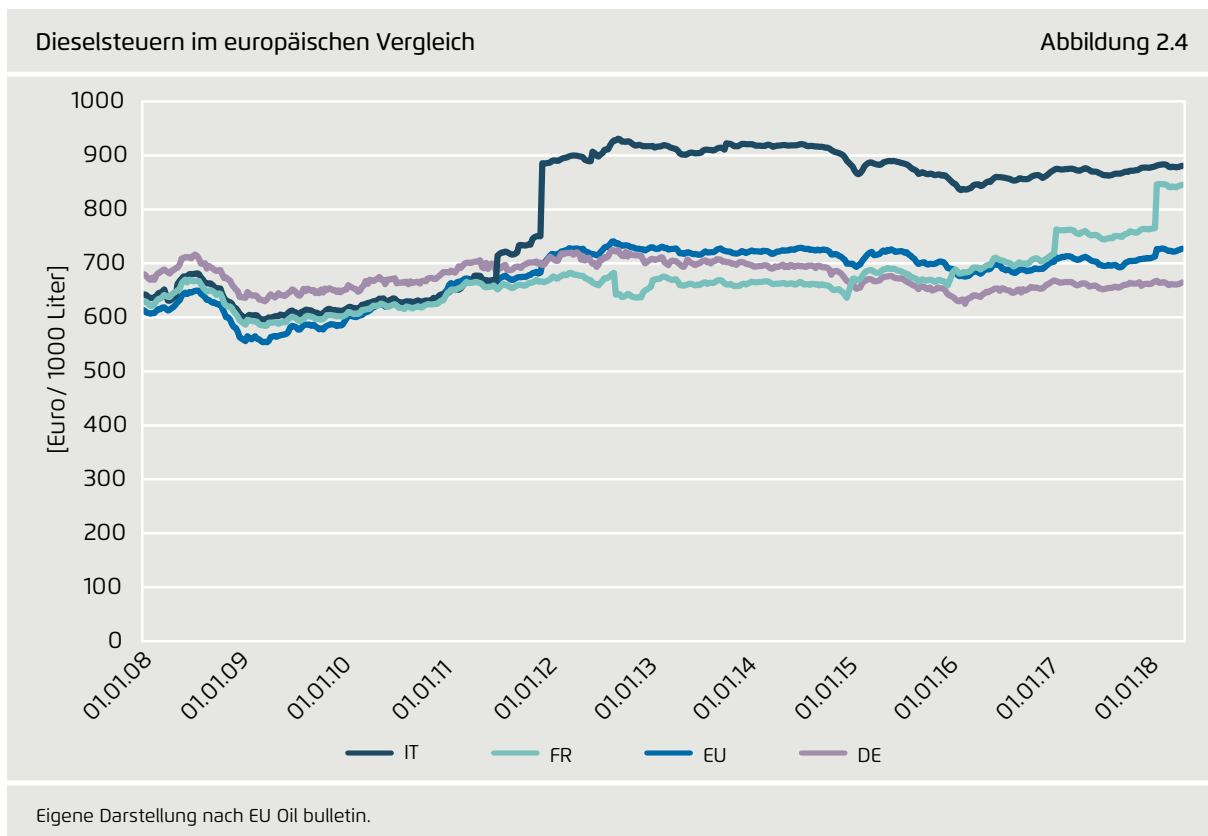
In die nationale Klimabilanz gehen nicht die Emissionen der im Inland verbrauchten Treibstoffmengen ein, sondern lediglich die Emissionen der im Inland getankten Mengen. Tanktourismus verfälscht deshalb die nationalen Klimabilanzen; außerdem führt er zu fiskalischen Verwerfungen. In Deutschland lagen die Dieselsteuern über viele Jahre höher als im europäischen Mittel. In jüngerer Vergangenheit haben aber einige Mitgliedstaaten,

etwa Frankreich (CO<sub>2</sub>-Komponente auf fossile Energieträger) oder Italien, ihre Steuersätze angepasst, sodass mittlerweile die Besteuerung von Diesel in Deutschland niedriger ist als im europäischen Mittel (vgl. Abbildung 2.4). Möglicherweise hat dies auch zum Anstieg des Dieserverbrauchs in Deutschland und damit zum Anstieg der CO<sub>2</sub>-Emissionen beigetragen.

Alternativ zur Vereinheitlichung der Energiesteuern wäre es zwecks Vermeidung von Tanktourismus im Güterverkehr auch denkbar, die Energiesteuer bzw. die CO<sub>2</sub>-Kosten für den Lkw-Verkehr in die bestehende Lkw-Maut zu integrieren. Die Energiesteuer würde dann für die in Deutschland zurückgelegte Strecke bezahlt und nicht für die getankten Mengen.

#### THG-Minderungsbeitrag

Eine Erhöhung der Energiesteuern und damit der Kraftstoffpreise hat Einfluss auf die Verkehrsnachfrage. Im Straßengüterfernverkehr beträgt der Anteil der Kraftstoffkosten an den gesamten Transportkosten laut Bundesverband Güterkraftverkehr Logistik und Entsor-



THG-Minderung durch Energiesteuer und Kfz-Steuer		Tabelle 2.4
Instrument	Wirkmechanismen	THG Minderung in 2030
Angleichung Dieselsteuer an Benzin	Erhöhung Dieselpreis um rd. 20 % ggü. Referenz. Dadurch Reduktion Fahrleistung Lkw um 2,8%, Pkw um 2,5%	3,7 Mio. t Pkw: 2,2 Mio. t Lkw: 1,5 Mio. t
Angleichung Dieselsteuer an Benzin plus Erhöhung um weitere 15 ct/Liter	Erhöhung Dieselpreis um 37%, Benzinpreis um 18 % ggü. Referenz. Dadurch Reduktion Fahrleistung Lkw um 5,1%, Pkw um 7%	9,2 Mio. t Pkw: 6,0 Mio. t Lkw: 3,2 Mio.
Angleichung Dieselsteuer an Benzin plus Erhöhung um weitere 80 ct/Liter	Erhöhung Dieselpreis um 110%, Benzinpreis um 70 % ggü. Referenz. Dadurch Reduktion Fahrleistung Lkw um 14,5%, Pkw um 5,7%	28,1 Mio. t Pkw: 20,4 Mio. t Lkw: 7,7 Mio.

Eigene Berechnungen Öko-Institut. Die Berechnungen in der Tabelle berücksichtigen nicht mögliche Effekte durch Tanktourismus.

gung (BGL) etwa 26 Prozent.<sup>8</sup> Durch höhere Kraftstoffpreise entstehen Anreize für eine bessere Auslastung der Fahrzeuge, für die Optimierung von Logistikketten und für die Verlagerung von Transporten zum Beispiel auf die Eisenbahn. Im Personenverkehr reagiert vor allem die Pkw-Fahrleistung etwa durch Verlagerung auf den öffentlichen Verkehr und die Wahl näherer Ziele.

Neben der Wirkung auf die Verkehrsnachfrage führen höhere Kraftstoffpreise auch dazu, dass sich Effizienztechnologien bei Fahrzeugen schneller rentieren. Eine Erhöhung der Energiesteuern verstärkt deshalb die Nachfrage nach effizienten Fahrzeugen. Gleichen sich die Preise von Benzin und Diesel an, hätte dies zudem Auswirkungen auf die Antriebswahl bei Pkw-Neuzulassungen.

Für die Ermittlung der Wirkung einer Energiesteuererhöhung werden folgende Annahmen getroffen:

- Güterverkehr: Die gesamte Transportkostenelastizität

8 Weitere relevante Kostenblöcke sind Fahrerkosten (ca. 32 Prozent), Abschreibung des Lkw (ca. 10 Prozent), Maut (ca. 10 Prozent), Verwaltung (ca. 10 Prozent), Reparatur (ca. 5 Prozent).

der Lkw-Fahrleistung (d.h. einschließlich der Fahrerkosten) beträgt -0,6 (de Jong et al. (2010)). Im Referenzszenario beträgt der Anteil der Kraftstoffkosten an den Transportkosten im Jahr 2030 etwa 23 Prozent. Das entspricht also einer Elastizität der Güterverkehrsnachfrage auf den Kraftstoffpreis von -0,14 (diese Zahl ergibt sich aus 23 Prozent mal -0,6).

- Personenverkehr: Die Elastizität der Pkw-Fahrleistung auf die Kraftstoffkosten beträgt -0,3 (d.h. der Personenverkehr reagiert elastischer als der Güterverkehr).

Bei Pkw hängt die Wirkung der Energiesteuer auf Diesel und Benzin von der Zusammensetzung des Pkw-Bestandes ab. Die im Folgenden berechneten Minderungsbeiträge für das Jahr 2030 beziehen sich auf eine Referenzentwicklung, nach der es auch weiterhin einen hohen Anteil von Benzin- und Diesel-Pkw im Fahrzeugbestand gibt und der elektrische Fahrleistungsanteil von Pkw bei lediglich 7 Prozent liegt. Bei zunehmender Elektrifizierung des Pkw-Bestandes sinkt die Effektivität des Instruments als Klimaschutzmaßnahme.

Wie in Abschnitt 2.3 dargestellt, gehen manche Studien – vor allem langfristig – bei Pkw auch von Preiselastizitäten höher als -0,3 aus. Wenn die Pkw-Verkehrsnachfrage doppelt so elastisch reagiert (Elastizität



von -0,6 statt -0,3), würde mit derselben Energiesteuererhöhung bei gleichzeitigem Angebot an Alternativen eine doppelt so hohe Wirkung erzielt werden. Hohe Unsicherheit besteht dahingehend, ob die verwendeten Elastizitäten auch noch in einem Bereich von sehr starken Steuererhöhungen gültig sind.

## 2.5. Dienstwagenbesteuerung

### Beschreibung des Instruments

Mehr als 60 Prozent der Pkw in Deutschland werden zuerst gewerblich zugelassen. Etwa ein Viertel aller Neuzulassungen geht in den sogenannten relevanten Flottenmarkt<sup>9</sup>. Zwei Drittel davon wiederum sind persönlich zugeordnete Dienstwagen mit der Möglichkeit zur privaten Nutzung. Daher hat die Besteuerung von Dienstwagen eine hohe Relevanz für Struktur und Höhe der CO<sub>2</sub>-Emissionen des Pkw-Bestands.

Die private Nutzung eines Dienstwagens wird in Deutschland pauschal besteuert. Monatlich ist ein Prozent des Listenpreises als geldwerter Vorteil zu versteuern. Für Arbeitgeber lohnt sich die Gestellung eines Dienstwagens als Gehaltsbestandteil, da keine Lohnnebenkosten anfallen. Zudem werden durch die Abschreibung des Fahrzeugkaufs bzw. der Leasingrate und der Unterhaltskosten die Unternehmenssteuern gemindert. Arbeitnehmer profitieren vor allem, weil die monatliche Ein-Prozent-Besteuerung im Vergleich zum privaten Erwerb desselben Fahrzeugs meist günstiger ist.

Darüber hinaus haben die Dienstwagennutzerinnen und -nutzer in den wenigsten Fällen die Betriebskosten des Fahrzeugs tragen, denn diese werden (aufgrund der vollen Absetzbarkeit) meist von den Unternehmen übernommen. Der Steuervorteil von Dienstwagen steigt mit wachsendem Einkommenssteuersatz und mit wachsendem Preis des Wagens (Diekmann et al. 2011), Gutverdiener profitieren deshalb am stärksten von der geltenden Dienstwagenbesteuerung.

9 Damit sind die „echten“ Pool- und Dienstwagen in Unternehmensflotten gemeint. Hier sind Zulassungen durch Fahrzeughersteller, Autohändler und Autovermietungen ausgenommen. Diese werden zu den gewerblichen Neuzulassungen insgesamt hinzugezählt. Dies führt insgesamt zu dem Anteil der gewerblichen Neuzulassungen von über 60 Prozent.

Die derzeitige Form der Besteuerung von Dienstwagen kann mit folgenden, aus Klimaschutzsicht negativen Effekten einhergehen (siehe auch Agora Verkehrswende 2017, S. 19):

- Anreize zu höheren (beruflichen und privaten) Fahrleistungen aufgrund der Kostenübernahme der Betriebskosten durch das Unternehmen
- Anschaffung größerer Fahrzeuge mit hohen CO<sub>2</sub>-Emissionen
- Häufigere Anschaffung von Fahrzeugen bzw. größere Firmenwagenflotten

Nach Naess-Schmit und Winiarczyk (2009) führen die indirekten Subventionen aufgrund der steuerlichen Vergünstigungen von Dienstwagen und der damit verbundene Anreize, mehr, größere und verbrauchsintensivere Fahrzeuge anzuschaffen, in der EU zu einem zusätzlichen Fahrzeugbestand von 4 bis 21 Prozent und zu einem Kraftstoffmeherverbrauch von 4 bis 8 Prozent. Die Höhe der Subvention betrug EU-weit (zum Zeitpunkt der Erstellung der Studie) im Schnitt 25 Prozent. In Deutschland ist sie mit 30 Prozent überdurchschnittlich hoch. Insgesamt beträgt die Höhe der Subvention in Deutschland mindestens 3,1 Milliarden Euro (UBA 2016). Da von der Subvention vor allem hohe Einkommen begünstigt werden kann eine Änderung der Dienstwagenbesteuerung zu einer besseren Verteilungsgerechtigkeit führen.

### Ausgestaltungsoptionen

Die Umgestaltungsmöglichkeiten der Dienstwagenbesteuerung wurden von Diekmann et al. (2011) umfassend untersucht und auf ihre rechtliche Zulässigkeit geprüft. Außerdem wurden Vorschläge für eine technologie-neutrale, ökologische und sozial ausgewogene Reform gemacht. Wesentliche Komponenten des Vorschlags sind:

- Kopplung der Höhe der Besteuerung an die CO<sub>2</sub>-Emissionen des Fahrzeugs
- Einführung einer nutzungsbezogenen Komponente, welche den geldwerten Vorteil unter Einbezug der tatsächlichen Nutzung (Fahrleistung oder Kraftstoffverbrauch) besteuert
- Erhöhung der Besteuerung, um die derzeitige Höhe der Subventionierung insgesamt zu reduzieren

Zu beachten ist bei der Kopplung der Besteuerung an den CO<sub>2</sub>-Ausstoß die Wechselwirkung mit den Pkw-CO<sub>2</sub>-

Ausgestaltungsoptionen der Dienstwagenbesteuerung		Tabelle 2.5
Umgestaltungsansatz	Intendierte Wirkung	Wechselwirkung mit CO <sub>2</sub> -Emissionsstandards
Kopplung an CO <sub>2</sub> -Ausstoß	Effizienz neu zugelassener Pkw	Ja
nutzungsabhängige Komponente	Reduktion privater Fahrleistung	Nein
Erhöhung der Besteuerung	Reduktion Fahrzeugbestand, Erhöhung der Steuergerechtigkeit	Teilweise

Öko-Institut

Emissionsstandards. Während die Emissionsstandards die Hersteller und damit die Angebotsseite regulieren, würde über eine CO<sub>2</sub>-abhängige Dienstwagenbesteuerung die Nachfrageseite angesprochen. Das könnte unterstützend auf die Zielerreichung durch die Hersteller wirken.

Von besonderer Relevanz ist die Einführung einer nutzungsabhängigen Komponente. Wenn die Grenzkosten der Pkw-Nutzung null sind – wie dies derzeit häufig bei Dienstwagen der Fall ist –, führt dies zu Mehrfahrten und dazu, dass Alternativen wie die Nutzung des öffentlichen Verkehrs unattraktiv sind. Daher sollten die Fahrleistung bzw. der Kraftstoffverbrauch angemessen besteuert werden. Insgesamt ist eine Reform der Dienstwagenbesteuerung notwendig, um die bestehende umweltschädliche Subventionierung abzubauen und die negativen Verteilungseffekte zu reduzieren. Eine Kopplung der Besteuerung an die CO<sub>2</sub>-Emissionen könnte darüber hinaus auch den Markthochlauf der Elektromobilität unterstützen.

Flankierend könnten Modelle entwickelt werden, um die Nutzung von Fahrrad und öffentlichen Verkehrsmitteln für Arbeits- und Dienstwege noch attraktiver zu machen.

#### Fallbeispiel: Großbritannien

Bis 2002 war in Großbritannien die Besteuerung von Dienstwagen abhängig von der auf Dienstwegen zurückgelegten Fahrleistung: je höher diese Fahrleistung war, desto niedriger war die Steuerlast (Potter und Atchulo 2013). Jährlich zu versteuern waren im Normalfall 35 Prozent des Listenpreises, aber nur 25 Prozent bei mehr als 4.000 Kilometern für dienstliche Zwecke und nur 15 Prozent bei mehr als

29.000 Kilometern. Diese Art der Besteuerung wurde kritisiert, weil sie einen Anreiz für die intensive Nutzung von Dienstwagen bot. Im Jahr 2002 wurde die Besteuerung reformiert und abhängig von den CO<sub>2</sub>-Emissionen ausgestaltet. Im Gegensatz zu Deutschland ist nicht nur der Listenpreis, sondern auch der Kraftstoff dabei zu besteuern. Der jährlich zu versteuernde Wert (*benefit in kind value*) wird berechnet, indem die Summe aus Listenpreis des Fahrzeugs und Gegenwert des Kraftstoffs (wenn dieser vom Unternehmen kostenlos zur Verfügung gestellt wird) mit einer Rate multipliziert wird, die von den CO<sub>2</sub>-Emissionen und dem Antrieb des Fahrzeugs abhängt.<sup>10</sup> Die Dienstwagenbesteuerung in Großbritannien wurde in den letzten Jahren kontinuierlich weiterentwickelt; auch mit dem Ziel der Förderung alternativer Antriebe. Die Rate, die für die Ermittlung des zu versteuernden Betrags verwendet wird, war anfänglich nur von CO<sub>2</sub>-Emissionen abhängig. Mittlerweile wird für Dieselfahrzeuge eine um 3 Prozent höhere Rate erhoben. Für einen durchschnittlichen Benziner (122 g CO<sub>2</sub>) werden 23 Prozent fällig; für einen Diesel (120 g CO<sub>2</sub>) 26 Prozent. Die Rate liegt damit deutlich höher als in Deutschland (12 Prozent pro Jahr). Daten des UK Travel Survey zeigen, dass der Anteil der Dienstwagen in der Flotte von rund 6 Prozent im Jahr 2002 auf rund 3 Prozent im Jahr 2009 zurückgegangen ist. Nach Potter und Atchulo (2013)

<sup>10</sup> Der Grundwert von kostenlos zur Verfügung gestelltem Kraftstoff wird pauschal bemessen und für 2015 bis 2016 auf 22.100 Pfund Sterling (= 24.700 Euro) festgelegt (HM Revenue & Customs 2016). Für einen durchschnittlichen Benziner sind rund 5.780 Euro und für einen Diesel 6.400 Euro pro Jahr zu versteuern.

THG-Minderung durch Dienstwagenbesteuerung		Tabelle 2.6
Instrument	Wirkmechanismen	THG Minderung in 2030
Ergänzung der Dienstwagenbesteuerung um eine fahrleistungsabhängige Komponente	Reduktion der privaten Fahrleistung mit Dienstwagen um 25 %–75 %	1,3–3,9 Mio. t
CO <sub>2</sub> -abhängige Spreizung der Absatzbarkeit von Firmenwagen und der Besteuerung von Dienstwagen ab 2020	Reduktion der CO <sub>2</sub> -Emissionen neu zugelassener Pkw um 1–4 % ab 2020	0,6–1,9 Mio. t
Ergänzung um fahrleistungsabhängige Komponente und Spreizung nach CO <sub>2</sub>	Kombination der beiden obigen Wirkungen	1,9–5,8 Mio. t

Eigene Berechnungen Öko-Institut

reduzierte sich die Fahrleistung der gewerblichen Flotten durch die nutzungsbezogene Komponente der britischen Dienstwagenbesteuerung von 29.600 Kilometer im Jahr 1999 auf 23.590 Kilometer im Jahr 2009; das heißt um 20 Prozent. Auch die Zahl der Dienstwagen verringerte sich. Ein Teil dieses Effekts dürfte auf die Änderung der Dienstwagenbesteuerung zurückzuführen sein.

### THG-Minderungsbeitrag

Nach Kraftfahrzeugverkehr in Deutschland 2010 (KiD 2010) werden mit gewerblich zugelassenen Fahrzeugen jährlich im Schnitt rund 7.500 Kilometer für private und rund 13.500 Kilometer für gewerbliche Zwecke zurückgelegt. Bei rund 4,7 Millionen gewerblich zugelassenen Fahrzeugen Anfang 2016 entspricht dies einer privaten Fahrleistung mit gewerblich zugelassenen Fahrzeugen von rund 35 Milliarden Kilometern. Dies macht knapp 6 Prozent der gesamten Pkw-Fahrleistung in Deutschland aus. Eine Reduktion der privaten Fahrleistung von Dienstwagen um 50 Prozent könnte demnach zu einer Reduktion der Pkw-Fahrleistung auf und 17,5 Milliarden Kilometer und zu einer Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen um rund 3 Prozent führen.

Wenn Dienstwagen als Gehaltsbestandteil durch eine dem tatsächlichen Wert angemessene Besteuerung weniger attraktiv werden oder die Besteuerung stärker an die CO<sub>2</sub>-Emissionen gekoppelt wird, könnte dies zu einer veränderten Struktur der Pkw-Neuzulas-

sungen in Deutschland führen. Allerdings ist unklar, ob diese Maßnahmen einen zusätzlichen Effekt über die CO<sub>2</sub>-Emissionsstandards hinaus ergeben würden. CO<sub>2</sub>-Emissionen neu zugelassener Pkw liegen in Deutschland derzeit rund 7 Prozent über dem EU-Schnitt; diese Lücke könnte möglicherweise durch eine Kopplung der Dienstwagenbesteuerung an den CO<sub>2</sub>-Ausstoß reduziert werden.

Eine Reduktion der Subventionshöhe könnte außerdem zu einer Reduktion des Fahrzeugbestandes insgesamt führen (Naess-Schmit & Winiarczyk (2009) bzw. Puigarnau & van Ommeren (2009)).

## 2.6. Tempolimit auf Autobahnen

### Beschreibung des Instruments

Deutschland ist weltweit eines der wenigen Länder ohne ein generelles Tempolimit – und das einzige westliche Industrieland ohne generelle Geschwindigkeitsbeschränkung.

Die Einführung eines Tempolimits für Pkw auf deutschen Autobahnen und das dadurch bewirkte Fahren mit niedrigeren Geschwindigkeiten hat drei Effekte: Es vermindert unmittelbar den Energieverbrauch der Fahrzeuge, beeinflusst das Design neu konstruierter Fahrzeuge und führt zur Verlagerung von Verkehr auf energieeffizientere Verkehrsmittel.

Die unmittelbare Verminderung des Energieverbrauchs und damit der CO<sub>2</sub>-Emissionen beruht auf physikalischen Gesetzmäßigkeiten: Höherer Luftwiderstand lässt den Verbrauch steigen. Hinzu kommt: Weltweit konstruieren Autohersteller ihre Fahrzeuge so, dass sie mit hoher Geschwindigkeit auf deutschen Autobahnen fahren können. Neben einer entsprechenden Motorisierung setzt dies eine umfangreiche Sicherheitstechnologie voraus, die das Gewicht der Fahrzeuge und dadurch ihren Kraftstoffverbrauch zusätzlich erhöht. Schließlich kann ein Tempolimit, über die direkte Reduktion des Energieverbrauchs hinaus, auch zu einer Veränderung der Reisegeschwindigkeiten beitragen und damit zu einer Verlagerung von Verkehr führen.

Über die Reduktion des Energieverbrauchs hinaus hätte ein Tempolimit weitere erwünschte Effekte: So werden Unfälle spürbar reduziert. Dies wurde zum Beispiel in einem Vorher-Nachher-Vergleich zur Einführung von Tempolimits in Brandenburg festgestellt, wonach die Zahl der Unfälle um 25 Prozent zurückging (Scholz et al. 2007). Auch in den USA zeigen empirische Studien, dass die Erhöhung der Höchstgeschwindigkeiten um zehn Meilen zu einem Anstieg der Unfälle mit Todesfolge um 17 Prozent führt (Farmer 2017). Zwar sind deutsche Autobahnen im europäischen Vergleich eher sicher (European Transport Safety Council 2008), was aber nicht bedeutet, dass die Zahl der Unfälle nicht noch reduziert werden könnte. Das Verkehrssicherheitsprogramm der Bundesregierung 2011 formuliert als Kernziel einer erfolgreichen Verkehrssicherheitspolitik, die Zahl der Getöteten, Schwer- und Schwerstverletzten im Straßenverkehr kontinuierlich zu senken. Als Zielperspektive wird die Reduktion der Getötetenzahlen bis 2020 um 40 Prozent in Deutschland angestrebt (BMVI 2011).

Darüber hinaus lässt sich durch eine Geschwindigkeitsbegrenzung die Kapazität von Autobahnen nach Scholz et al. 2007 um 6 Prozent erhöhen. Höhere Kapazität bedeutet, dass zusätzlicher Infrastrukturausbau vermieden werden kann, was nicht nur den Bundeshaushalt entlastet, sondern auch zu einer Senkung des Ressourcenbedarfs und Flächenverbrauchs führt.

Einer aktuellen repräsentativen Umfrage zufolge sprechen sich mittlerweile 60 Prozent der Deutschen für ein Tempolimit auf Autobahnen aus (KfW 2017).

### Ausgestaltungsoptionen

Denkbar ist ein Tempolimit von 130 km/h bzw. 120 km/h auf Autobahnen.

### THG-Minderungsbeitrag

THG-Minderungen können bewirkt werden durch a) unmittelbare Reduktion des Energieverbrauchs der Pkw auf Autobahnen, b) die Verlagerung von Verkehr durch veränderte Reisegeschwindigkeiten, c) die mittel- bis langfristige Wirkung auf Motorisierung, Design und Gewicht von Neufahrzeugen.

Im Folgenden wird hergeleitet, welche Auswirkungen ein Tempolimit von 120 bzw. 130 km/h auf Autobahnen hätte. Laut HBEFA 3.2 liegen die CO<sub>2</sub>-Emissionen von Pkw bei einer Geschwindigkeit von mehr als 130 km/h im Jahr 2020 um etwa 19 Prozent höher als bei 120 km/h in flüssigem Verkehr. Nach TREMOD entstehen etwa 30 Prozent der Pkw-Emissionen auf Autobahnen. Über Deutschland gemittelt kann davon ausgegangen werden, dass zwischen 50 und 70 Prozent der Strecken ohne Tempolimit befahrbar sind. Realistisch ist nach ECMT (2006) und UBA (1999) ein Befolungsgrad eines Tempolimits von 80 Prozent, der ebenfalls bereits eine hohe Dichte an Geschwindigkeitskontrollen voraussetzt. Insgesamt ergibt sich dadurch eine Reduktion der Pkw-Emissionen durch das Tempolimit von 120 km/h in Höhe von 2,1 bis 2,9 Prozent. Für ein Tempolimit von 130 km/h wird ebenfalls basierend auf HBEFA von einer Verbrauchsreduktion um 8,5 Prozent ausgegangen, was je nach betroffenem Streckenanteil einer Emissionsreduktion in Höhe von 1,1 bis 1,6 Prozent entspricht.

In dieser Abschätzung noch nicht berücksichtigt sind Sekundäreffekte. Die Durchschnittsgeschwindigkeit auf Autobahnabschnitten ohne Tempolimit ist rund 16 Prozent höher als auf Abschnitten mit einer Begrenzung auf 120 km/h (Scholz et al. 2007). Daher würde die Einführung eines Tempolimits auch die Reisezeiten verlängern und so eine Verlagerung anstoßen. Die Elastizitäten für die Erhöhung der Pkw-Reisezeit stellt (Litman 2013) mit -0,76 über alle Wegezwecke, mit Kreuzelastizitäten zum öffentlichen Verkehr von 0,39 fest. Nimmt man an, dass 50 Prozent der Autobahnstrecken eine Zunahme der Reisezeit von 16 Prozent erfahren, so würden die durchschnittlichen Pkw-Reisezeiten leicht ansteigen um etwa 0,8 Prozent. Dies führt nach den beschriebenen Elastizitäten bei einem Tempolimit von 120 km/h zu einer Reduktion des

THG-Minderung durch Tempolimit auf Autobahnen

Tabelle 2.7

Instrument	Wirkmechanismen	THG Minderung in 2030
Einführung Tempolimit 120 km/h auf Autobahnen	Reduktion des Energieverbrauchs von Pkw auf Autobahnen. Zusätzlich ggf. Verlagerung durch veränderte Reisezeiten.	ca. 2–3,5 Mio. t
Einführung Tempolimit 130 km/h auf Autobahnen	Reduktion des Energieverbrauchs von Pkw auf Autobahnen. Zusätzlich ggf. Verlagerung durch veränderte Reisezeiten.	ca. 1–2 Mio. t

Eigene Berechnungen Öko-Institut

Pkw-Verkehrs um 0,6 Prozent. Bei einem Tempolimit von 130 km/h ist der Effekt nur etwa halb so hoch.

Zu der drittgenannten möglichen Wirkung – Design und Gewicht von Neufahrzeugen – liegen keine Quellen vor, die eine Wirkungsabschätzung erlauben würden.

Insgesamt ist durch ein Tempolimit von 120 km/h auf Autobahnen eine Reduktion der THG-Emissionen der Pkw von 2 Prozent bis 3,5 Prozent möglich, d. h. eine Reduktion der THG-Emissionen um rund 2–3,5 Mio. t. Die untere Grenze bezieht sich dabei auf die reine CO<sub>2</sub>-Einsparung beim Fahren; der oberen Grenze liegt eine Annahme zu Verlagerung durch Reisezeitveränderung sowie einer hohen Dichte an Geschwindigkeitskontrollen zu Grunde.

## 2.7. Förderung des öffentlichen Verkehrs

### Beschreibung des Instruments

Eine Reduktion der Endenergienachfrage durch eine Veränderung bei der Verkehrsnachfrage kann im Personenverkehr unter anderem durch eine Stärkung des öffentlichen Verkehrs (ÖV) erreicht werden. Der Öffentliche Personennahverkehr (ÖPNV) ist gemeinsam mit dem Fuß- und Radverkehr Teil des sogenannten Umweltverbundes. Die spezifischen Treibhausgasemissionen unter Berücksichtigung der durchschnittlichen Auslastung im Personennahverkehr, also zum Beispiel bei Bussen, Straßen-

und U-Bahnen, sind pro transportiertem Passagier nur knapp halb so hoch wie beim Pkw. Im Fernverkehr und damit bei der Bahn oder den Fernbussen liegen die Emissionen noch einmal deutlich darunter. Eine Verlagerung von Verkehr weg vom Pkw und hin zum öffentlichen Verkehr spielt damit eine wesentliche Rolle bei der Erreichung der Klimaschutzziele im Verkehrssektor.

Allerdings wachsen die Nutzerzahlen nur langsam im Vergleich zur starken Dominanz des MIV, meist bleibt der Pkw das Verkehrsmittel der Wahl. Dies liegt unter anderem an der zum Teil mangelnden Attraktivität des ÖV-Angebotes. Diese lässt sich durch zusätzliche finanzielle Mittel steigern, wenn sie beispielsweise zur Verbesserung von Taktichte, Qualität, Preis und Pünktlichkeit eingesetzt werden. Eine Verlagerung vom Pkw hin zum öffentlichen Verkehr wird jedoch nur dann in bedeutendem Maße erreicht, wenn mit einer Angebotsverbesserung gleichzeitig die Attraktivität des MIV sinkt.

### Ausgestaltungsoptionen

Eine weitere Förderung des öffentlichen Verkehrs kann zum Beispiel durch die Weiterentwicklung des Gemeindeverkehrsfinanzierungsgesetzes<sup>11</sup> geschaffen werden

11 Siehe auch den aktuellen Koalitionsvertrag: „Wir werden die Mittel für das Gemeindeverkehrsfinanzierungsgesetz (GVFG) bis 2021 auf jährlich eine Milliarde Euro erhöhen und danach jährlich dynamisiert für Aus- und Neubaumaßnahmen zur Verfügung stellen.“ (CDU, CSU, SPD (2018), S.75).

oder mithilfe einer Nahverkehrsabgabe (Agora Verkehrs-wende 2017). Eine ambitionierte Ausgestaltung sollte eine umfassende Optimierung der Finanzierungsstruktur des ÖPNV beinhalten. Grundsätzlich wird hiermit eine bessere Planbarkeit der Mittelvergabe erreicht. Hierzu gehört zum Beispiel die Aufrechterhaltung der Mittel des EntflechtG und eine erneute Zweckbindung der Mittel an den öffentlichen Verkehr. Zudem kann ein Sondertopf für den Abbau des Reinvestitionsstaus in die Infrastruktur geschaffen werden. Weiterhin können die vorhandenen Mittel mit Anreizelementen und höherer Transparenz in den Besteller-Ersteller-Beziehungen effizienter eingesetzt werden. Langfristig sollte eine Neugestaltung der Finanzierungssystematik angestrebt werden (Bormann et al. 2015).

Bei der Förderung des öffentlichen Verkehrs ist es besonders relevant, das Zusammenspiel von Push- und Pull-Maßnahmen zu beachten. Rein angebotsseitige Maßnahmen sind vergleichsweise wenig effektiv (siehe etwa Studie Verkehrsinfrastruktur 2030 des Ministeriums für Verkehr Baden-Württemberg (MVI 2017)). Andererseits kann die durch Push-Maßnahmen wie eine Pkw-Maut oder eine Energiesteuererhöhung intendierte Verlagerung auf den öffentlichen Verkehr nur dann richtig zum Tragen kommen, wenn dieser attraktiv, pünktlich und zuverlässig ist sowie über eine ausreichend hohe Takt-dichte und Kapazität verfügt. Daher ist die Sicherstellung einer ausreichenden Finanzierung für den ÖV zentral, um Verlagerungspotenziale zu heben.

### THG-Minderungsbeitrag

Grundsätzlich gilt, dass die Ableitung eines direkten Zusammenhangs zwischen politischer Maßnahme (wie etwa Änderung der ÖV-Finanzierungsstruktur) und der Wirkung auf die ÖV-Verkehrsnachfrage nicht eins zu eins möglich und entsprechend mit hohen Unsicherheiten verbunden ist. Wenn angenommen wird, dass eine Erhöhung der Mittel einen Zusammenhang mit Angebotsumfang, Service und Preis hat, können zur Bewertung Kurzzeit-Elastizitäten für die Nutzungs-änderung herangezogen werden. Für die folgenden Überlegungen wird (wie in Öko-Institut 2017) von einer Elastizität von 0,5 auf eine Angebotsverbesserung ausgegangen. Weiterhin wird angenommen, dass 80 Prozent der zusätzlichen Nachfrage auf Verlagerung vom Pkw beruht und es sich bei 20 Prozent um zusätzliche Verkehre handelt.

Berschlin et al. (2012) ermittelten eine Steigerung von 2 Prozentpunkten pro Jahr des fahrplanmäßigen Angebots pro Einwohner (in km) nach der Umstellung auf eine stärker leistungs- und effizienzgebundene Verteilung der Mittel für den ÖPNV, ohne dass dabei die Höhe der verteilten Mittel geändert wurde. Das würde bedeuten, dass im Optimalfall durch eine Umstrukturierung der Mittel im ÖV bis zum Jahr 2030 eine Verbesserung des Angebots um 10 Prozent möglich wäre. Im Rahmen der Evaluation des APK wurde die Wirkung einer Erhöhung der Regionalisierungsmittel auf die Verkehrsnachfrage untersucht (APK 2016).

THG-Minderung durch Förderung des öffentlichen Verkehrs		Tabelle 2.8
Instrument	Wirkmechanismen	THG Minderung in 2030
Umstellung auf eine stärker leistungs- und effizienzgebundene Verteilung der Mittel für den ÖPNV	Steigerung von 10 bis 20% des fahrplanmäßigen Angebots	0,2–0,4 Mio. t
Erhöhung der ÖV-Finanzierung (z. B. der Regionalisierungsmittel) um 1 Mrd. €	Steigerung der Nachfrage um 1,9% im ÖV; Verlagerung von 0,2% des MIV	0,1 Mio. t

Eigene Berechnungen Öko-Institut

THG-Minderung durch Förderung Rad und Fußverkehr

Tabelle 2.9

Instrument	Wirkmechanismen	THG Minderung in 2030
600 Mio. Euro p.a. zusätzlich für Rad- und Fußverkehr ab 2020	Verlagerung von 0,3% bis 1% des Pkw-Verkehrs auf Rad/Fuß	0,3–1 Mio. t
800 Mio. Euro p.a. zusätzlich für Rad- und Fußverkehr ab 2020	Verlagerung von 0,4% bis 1,3% des Pkw-Verkehrs auf Rad/Fuß	0,4–1,3 Mio. t

Eigene Berechnungen Öko-Institut

## 2.8. Förderung Rad und Fußverkehr

### Beschreibung des Instruments

Rad- und Fußverkehr können auf kurzen und mittleren Distanzen den Pkw-Verkehr ersetzen und sind damit ein wichtiger Baustein zur Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen im Verkehr. Elektrofahrrädern können auch auf längeren Distanzen eingesetzt werden und das Fahrradfahren für neue Nutzergruppen (ältere Personen) sowie zusätzliche Einsatzzwecke (Lastentransport, Kindertransport) attraktiv machen.

Nach dem nationalen Radverkehrsplan beträgt der Mittelbedarf von Städten und Gemeinden zur Finanzierung des Radverkehrs 8 bis 19 Euro pro Einwohner/in und Jahr. Derzeit liegen viele Kommunen in Deutschland deutlich darunter, wobei es starke regionale Unterschiede gibt.

Nutzen-Kosten-Analysen zeigen, dass der volkswirtschaftliche Nutzen von Maßnahmen zur Förderung des Radverkehrs deutlich höher liegt als die Kosten. Nach Gotschi (2011) liegt der Median des Nutzen-Kosten-Verhältnisses bei 5:1. Die sozialen Kosten jedes mit dem Pkw gefahrenen Kilometers sind sechsmal so hoch wie die Kosten eines mit dem Fahrrad gefahrenen Kilometers (Gössling & Choi 2015). Doll et al. (2013) ermitteln für die Maßnahme „Modal Split des Rad- und Fußverkehrs“ für das Jahr 2030 eine Zunahme von BIP und Beschäftigung um gut ein Prozent (bei einer Zunahme des Radverkehrs um rund 8 Prozent am Modal Split der Wege, gleichzeitiger Zunahme des ÖV um 7 Prozent und Rückgang des Pkw-Verkehr um 15 Prozent). Positive Effekte durch die Verlagerung gibt es auf Lärm, Luft-

schadstoffe, Flächenverbrauch und Ressourcenbedarf. Hervorzuheben ist auch der positive Gesundheitsnutzen, der sowohl auf individueller als auch gesellschaftlicher Ebene zum Tragen kommt.

### Ausgestaltungsoptionen

Die wichtigste Rolle bei der Förderung des Rad- und Fußverkehrs nehmen die Kommunen ein. Die Kommunen sollten von der Bundes- und Landesebene dabei jedoch ausreichend unterstützt werden. Benötigt werden einerseits finanzielle Mittel (sowohl für Personal als auch für die Investitionskosten). Andererseits sind Bund und Länder auch zuständig für die Verbesserung der regulatorischen Rahmenbedingungen.

Folgende Ansätze sind hervorzuheben:

- Erhöhung der Fördermittel für den kommunalen Rad- und Fußverkehr (z. B. auf Bundesebene via Nationale Klimaschutzinitiative (NKI), auf Landesebene über die Landesverkehrsfinanzierungsgesetze – Beispiel Baden-Württemberg)
- Aufnahme von Elektrofahrrädern in die Kaufprämie Elektromobilität (Bund)
- Einführung eines verpflichtenden Mobilitätsmanagements für alle öffentlichen Institutionen (Bund)
- Anpassung der Landesbauordnungen, um eine ausreichende Anzahl von Abstellplätzen für Fahrräder sicherzustellen (Länder)

### THG-Minderungsbeitrag

Die meisten 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“).

Es liegen bisher jedoch nur wenige wissenschaftlich abgesicherte empirische Erkenntnisse zur Wirkung von infrastrukturellen Radverkehrsmaßnahmen vor. Eigene Abschätzungen im Rahmen der Quantifizierung des Aktionsprogramms Klimaschutz kommen zu dem Ergebnis, dass für jeden zusätzlichen Euro Investition in den Radverkehr eine Verlagerungswirkung in Höhe von 0,5 bis 1,4 Personenkilometer erzielt werden kann. Nimmt man beispielsweise eine zusätzliche Investition von jährlich 600 Millionen Euro ab dem Jahr 2020 an (das entspricht etwa 7,50 Euro pro Einwohner), so können damit bis 2030 0,3 bis 1 Prozent des Pkw-Verkehrs verlagert werden. Der Rad- und Fußverkehr würde dadurch um 5 bis 12 Prozent zunehmen.

Voraussetzung ist eine zielgerichtete Investition der Mittel. Außerdem sollten begleitend zu angebotsseitigen Maßnahmen (Rad- und Fußverkehrsanlagen) auch die Nachfrageseite adressiert werden, etwa über Mobilitätsmanagement, Imagekampagnen usw.

## 2.9. Klimafreundliche Mobilität in Städten

### Beschreibung des Instruments

Kommunen spielen eine wesentliche Rolle im Klimaschutz, denn sie können vor Ort Alternativen zum eigenen Auto attraktiver machen. Städte mit mehr als 50.000 Einwohnern sind für rund 20 Prozent der verkehrsbedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen verantwortlich und können durch eine klimafreundliche Mobilität in relevantem Ausmaß zum Klimaschutzziel beitragen (Renewability III). Gleichzeitig haben Städte gute Voraussetzungen für die Umsetzung alternativer Verkehrskonzepte: Pkw-Fahrten in Ballungszentren sind leichter verlagerbar als im ländlichen Raum und batterieelektrische Fahrzeuge sind für kurze Entfernungen besonders attraktiv. Klimafreundliche Mobilität kann deutlich zur Verbesserung der Lebensqualität in Städten beitragen. So ist ein wesentlicher positiver Effekt die Reduktion von Luftschadstoffen. Durch Maßnahmen wie Geschwindigkeitsbeschränkungen, Parkraummanagement usw. kann außerdem die Lärmbelastung reduziert sowie die für den ruhenden

Verkehr benötigte Fläche reduziert und anderweitig genutzt werden.

Die Aspekte der Gestaltung eines nachhaltigen und emissionsarmen Stadtverkehrs für mehr Lebensqualität finden immer häufiger Eingang in die Strategie und Planungen der Kommunen. Diese Entwicklung ist zum einen auf Entwicklungen auf EU-Ebene zurückzuführen; hier wurde das Handlungsfeld nachhaltiger Stadtverkehr durch den „Aktionsplan Urbane Mobilität“ der EU-Kommission im Jahr 2009 aufgegriffen (KOM 2009). Zum anderen gibt es soziale Bewegungen in der Stadtbevölkerung, die explizit eine Verbesserung der Rahmenbedingungen für eine klimaverträgliche Stadtmobilität fordern (z. B. Volksentscheid Fahrrad in Berlin). Gleichzeitig werden bei der jungen urbanen Bevölkerung Trends sichtbar, die auf sinkende Pkw-Besitz- und Führerscheinquoten hinweisen. In manchen deutschen Großstädten ist die Nutzung des privaten Pkw bereits rückläufig und die Nutzung des Umweltverbundes nimmt zu (Agora 12 Thesen). Diese Trends gilt es zu unterstützen und zu verstetigen.

### Ausgestaltungsoptionen

Um Änderungen hin zu einer klimafreundlichen Mobilität in Städten zu fördern, bedarf es eines umfassenden Maßnahmenbündels, das sowohl die Attraktivität der Alternativen zum eigenen Pkw adressiert als auch die Privilegierung des privaten Pkw reduziert. Ziel eines solchen Maßnahmenbündels sollte es sein, die Anzahl von Pkw in Städten zu verringern, ohne dass dies als Verlust an Lebensqualität wahrgenommen wird.

Entscheidende Maßnahmen sind neben einer Förderung von aktiver Mobilität, Nahraumorientierung, öffentlichem Verkehr und Sharing-Dienstleistungen die Einführung von Parkraummanagement bzw. die Reduzierung des öffentlichen Parkraums und seine Umwidmung in öffentlich nutzbare Räume, um klimafreundlichere Verkehrsmittel gegenüber dem MIV besser zu stellen. Wesentlich ist, dass die Rahmenbedingungen und Handlungsspielräume für Kommunen auf Bundes- und Landesebene deutlich verbessert werden – zum einen auf der Ebene Finanzierung und personelle Ausstattung, zum anderen aber auch, was den kommunalen Handlungsspielraum bei der Ausgestaltung von möglichen Maßnahmen angeht, etwa





Die Infrastrukturabgabe beträgt derzeit im Mittel rund 14 Cent/Fahrzeugkilometer (Alfen Consult 2014) und betrifft rund die Hälfte der Fahrleistung. Die externen Kosten betreffen aktuell nur die Luftschadstoffe, die über die Schadstoffklassen (Euro 0 bis VI) abgebildet sind. Es lässt sich eine starke Lenkungswirkung bezüglich der in der Maut adressierten Umweltkosten feststellen, wie der schnelle Umstieg auf Euro-VI-Fahrzeuge zeigt. Diese haben in der aktuellen Mautgestaltung aufgrund geringerer Luftschadstoffemissionen einen Kostenvorteil von rund 2 Cent/Fahrzeugkilometer gegenüber einem Euro-V-Fahrzeug.

### Ausgestaltungsoptionen

Für die Anlastung zusätzlicher externer Kosten kann für verschiedene Fahrzeugtypen auf die Sätze von UBA (2015) zurückgegriffen werden. Berücksichtigt werden sollten dabei die CO<sub>2</sub>- und Schadstoffemissionen, der Abrieb, Lärm sowie die Emissionen des Lebenszyklus. Die Differenzierung zwischen den Antrieben im Ist-Zustand ist bei schweren Nutzfahrzeugen weniger essentiell als bei Pkw, da derzeit praktisch ausschließlich Dieselfahrzeuge zum Einsatz kommen. Jedoch bringt die Elektrifizierung auch bei den schweren Nutzfahrzeugen Vorteile bei den Umweltkosten – vor allem bezüglich CO<sub>2</sub>- und Luftschadstoffen – mit sich und kann daher Anreize für die Elektrifizierung schaffen. Die Umweltkostensätze werden im Verlauf der Jahre mit Effizianzanstiegen und steigenden CO<sub>2</sub>-Preisen angepasst. Die Aktualisierung der Methodenkonvention steht für das Jahr 2018 aus und wird auch neue, abgestimmte Umweltkostensätze mit sich bringen.

Eine Ausweitung auf das gesamte Straßennetz ist nach der erfolgten Ausweitung auf alle Bundesstraßen Mitte 2018 mit vergleichsweise geringem Aufwand verbunden, da die Ausweitung in 2018 eine Ausstattung der Flotte mit automatischer On-Board-Trackenerfassung mit sich bringt. Des Weiteren ist eine Ausweitung auf das gesamte Straßennetz ein logischer und konsequenter nächster Schritt, einerseits um die Infrastrukturkosten in vollem Umfang zu erfassen, andererseits um auch die Erfassung und Internalisierung der externen Kosten nicht nur auf ausgewählten Strecken durchzusetzen.

### THG-Minderungsbeitrag

Die Lkw-Maut kann in verschiedene Richtungen wirken. Einerseits kann sie zu einer Verlagerung auf Schiene und Binnenschiff beitragen (unter der Voraussetzung, dass diese Alternativen attraktiv genug sind). Andererseits kann sie zu einer Erhöhung der Auslastung von Fahrzeugen und zur Vermeidung von Leerfahrten beitragen.

Für die Berechnung des Minderungsbeitrags wurde eine Elastizität der Lkw-Fahrleistung auf die Transportkosten von -0,6 angenommen (siehe Maßnahme „Energiesteuer“). Der in der Tabelle dargestellte Minderungsbeitrag im Jahr 2030 ist berechnet gegenüber einer Referenz, in welcher die Lkw-Maut entsprechend der aktuellen Beschlusslage ab Juli 2018 auf allen Bundesstraßen gilt.

THG-Minderung durch Lkw-Maut		Tabelle 2.11
Instrument	Wirkmechanismen	THG Minderung in 2030
Ausweitung der Lkw-Maut auf alle Straßen ab 2025	Reduktion der Lkw-Fahrleistung um rd. 4 %	0,3–1 Mio. t
Ausweitung der Lkw-Maut auf alle Straßen ab 2025 sowie Internalisierung von externen Kosten (schwere Lkw: zusätzlich rd. 17 ct/km)	Reduktion der Lkw-Fahrleistung um rd. 13 %	0,4–1,3 Mio. t

Eigene Berechnungen Öko-Institut

## 2.11. Verlagerung von Güterverkehr auf die Schiene

### Beschreibung des Instruments

Der Güterverkehr macht derzeit rund ein Drittel der Treibhausemissionen des Verkehrssektors aus und seine Wachstumsraten hinsichtlich der Verkehrsleistung werden als weiter steigend prognostiziert. Maßnahmen zur Reduktion der Emissionen im Güterverkehr spielen damit eine wesentliche Rolle für den Klimaschutz. Die spezifischen Treibhausgasemissionen des Schienen-güterverkehrs liegen bezogen auf eine transportierte Tonne bei rund einem Viertel der Emissionen des Lkw (Agora 12 Thesen). Die Verlagerung von Transporten von der Straße auf die Schiene ist damit zentral. Derzeit liegt der Marktanteil der Güterbahnen bei knapp 18 Prozent (Allianz pro Schiene 2016).

Für die Verlagerung auf die Schiene gibt es vor allem beim kombinierten Verkehr gut geeignete Güter (vor allem Containern) und ein erhebliches Potenzial. Auch bei Massengütern, bei denen die Schiene bereits jetzt größere Anteile besitzt, besteht ein zusätzliches Verlagerungspotenzial. Dass grundsätzlich ein höherer Anteil der Schiene am Güterverkehr möglich ist, zeigen beispielsweise die Schweiz mit einem Schienenanteil am Güterverkehr von 46 Prozent und Schweden mit 38 Prozent. Eine Studie des Umweltbundesamtes zeigt, dass – sofern die Schienenkapazität in Deutschland markant erhöht wird und alle schienenaffinen Güter tatsächlich mit Güterbahnen transportiert werden – sich nach heutigem Kenntnisstand und angesichts der Wachstumsprognosen der Anteil des Schienen-güterverkehrs an der Verkehrsleistung bis 2030 auf 23 Prozent erhöhen lässt (UBA 2016b).

Eine Herausforderung bei der zunehmenden Verlagerung von Gütern auf die Schiene stellt der Lärmschutz dar. Wesentlich ist daher neben der Förderung des Schienengüterverkehrs eine Umrüstung der Güterwagen und leise Bremsen. Die Bundesregierung hat das gesetzliche Ziel verankert, dass ab 2020 nur noch Güterwagen mit leisen Bremssohlen auf dem deutschen Schienennetz fahren dürfen, und stellt für die Umrüstungsförderung auch finanzielle Mittel bereit.

### Ausgestaltungsoptionen

Um gegenüber der Referenzentwicklung zusätzlichen Transport von Gütern auf der Schiene zu erreichen, sind wirkungsvolle Maßnahmen notwendig. Die Kapazitäten im Schienennetz und vor allem auf den Hauptachsen und in den Knoten bzw. bei den Umschlaganlagen sind zunehmend knapp. Notwendig ist deshalb vor allem ein verstärkter Ausbau der Schienengüterverkehrsachsen (UBA 2016b: Erhöhung der Schienenkapazität um 60 bis 70 Prozent).

Der Ausbau von Terminals des kombinierten Verkehrs ist oftmals schwierig, vor allem aufgrund langer und unsicherer Verfahren (Einsparungen etc.). Der Abfluss von Haushaltsmitteln zur Förderung des kombinierten Verkehrs nicht bundeseigener Unternehmen sowie privater Gleisanschlüsse bleibt seit Jahren hinter dem Haushaltsansatz zurück. Die Verfahren müssen daher deutlich vereinfacht und attraktiver gestaltet werden. Um tatsächlich eine Verlagerung auf die Schiene zu erreichen, bedarf es eines starken Ausbaus der Verlagerungsinfrastruktur des kombinierten Verkehrs und von Umschlagzentren im konventionellen Verkehr (UBA 2016b: Verdopplung der KV-Kapazitäten).

Zusätzlich braucht es neue Finanzierungsansätze, beispielsweise eine Zweckbindung eines Teils der Mautzuschläge für Umweltkosten zur Förderung des kombinierten Verkehrs und eine Erhöhung der Finanzmittel für Bahninfrastrukturfinanzierung (z. B. via LuFV) (UBA 2016b).

Um aber nicht nur zukünftiges Verkehrswachstum auf die Schiene zu lenken, sondern eine Verlagerungswirkung zu erzielen, muss der Schienenverkehr im Vergleich zur Straße billiger werden. Das kann durch eine Erhöhung der Transportkosten für Langstrecken auf der Straße bewirkt werden. Eine Mautpflicht für alle Lkw-Größenklassen und auf allen Straßen sowie die Einbeziehung externer Kosten in die Mautformel kann dies ermöglichen (siehe Abschnitt 2.10).

### THG-Minderungsbeitrag

Im Rahmen des Projekts Renewbility III wurden als Maßnahmen zur Attraktivitätssteigerung der Schiene vor allem eine Verlängerung von Zügen auf 740 Meter, eine Beschleunigung von Umschlagzeiten und Zugbildungszeiten durch effizientere Technik,

THG-Minderung durch Verlagerung von Güterverkehr auf die Schiene		Tabelle 2.12
Instrument	Wirkmechanismen	THG Minderung in 2030
Anreize zur Verlagerung des Straßen-güterverkehrs auf die Schiene	Anteil der Schiene am GV im Jahr 2030 steigt um 2,8 % (auf 21,4 %)	2 Mio. t
Starke Anreize zur Verlagerung des Straßengüterverkehrs auf die Schiene	Anteil der Schiene am GV im Jahr 2030 steigt um 5 % (auf 23,4 %)	3,5 Mio. t

Eigene Berechnungen Öko-Institut

eine höhere Streckengeschwindigkeit und weniger betriebsbedingte Halte in den Szenarien hinterlegt. Die Kosten für den Lkw erhöhen sich nur leicht aufgrund steigender Kraftstoffpreise. Gegenüber der Referenzentwicklung lässt sich so der Anteil der Schiene im Jahr 2030 um 2,8 Prozent erhöhen; der Treibhausgas-minderungsbeitrag beträgt rund 1,9 Millionen Tonnen (Öko-Institut 2016).

In der Studie des Umweltbundesamtes steigt der Modal-Split-Anteil der Schiene bis 2030 von 18 Prozent auf 23 Prozent (UBA 2016b). Damit verbunden ist eine Treibhausgas-minderung von circa 3,9 Millionen Tonnen. Hinterlegt sind im UBA-Szenario: ein Anstieg der Lkw-Maut um 40 bis 60 Prozent, (6 bis 9 ct/km), ein Anstieg der Kraftstoffpreise wie in der Verkehrsprognose 2030, eine Erhöhung der Trassenpreise um 10 Prozent, eine Erhöhung der Leistungs- und Finanzierungvereinbarung (LuFV) um jährlich 2,75 Milliarden Euro auf 4 Milliarden Euro pro Jahr und der Investitionszuschüsse für den kombinierten Verkehr und für Gleisanschlüsse, sowie schließlich ein Ausbau der Schienenkapazität um 60 bis 70 Prozent und eine Verdopplung der KV-Kapazitäten. Für die Berechnung der Minderung wurde der Verlagerungseffekt vereinzelt, also ohne die Effekte der anderen genannten Maßnahmen zu berücksichtigen, welche durch Effizienzgewinne und Vermeidungseffekte weitere Minderungen erzielen.

## 2.12. Einsatz alternativer Kraftstoffe

### Beschreibung des Instruments

Eine weitere Möglichkeit, die CO<sub>2</sub>-Emissionen im Verkehrssektor zu senken, ist der Einsatz CO<sub>2</sub>-freier Kraftstoffe. In der Diskussion stehen zurzeit biogene und strombasierte Kraftstoffe auf der Basis von erneuerbaren Energien.

In Deutschland kamen im Jahr 2015 105 Petajoule (PJ) Biokraftstoffe zum Einsatz (4,6 Prozent des Kraftstoffverbrauchs). Die derzeit überwiegend verwendeten Biokraftstoffe aus Anbaubiomasse stehen in den letzten Jahren verstärkt in der Kritik. Wesentlicher Kritikpunkt an Biokraftstoffen ist die Konkurrenz mit dem Anbau von Nahrungs- und Futtermitteln um begrenzt verfügbare Flächen und die daraus resultierenden indirekten Landnutzungsänderungen. Berücksichtigt man indirekte Landnutzungsänderungen, so kann die Treibhausgasemissionsbilanz einzelner Kraftstoffe schlechter ausfallen als die der fossilen Referenz. Konventionelle Biokraftstoffe aus Anbaubiomasse sind im Markt etabliert, aus Nachhaltigkeitsgründen und wegen der begrenzt optimierbaren Klimabilanz dürften sie allerdings nur noch für einen kurzen Übergang Relevanz haben und nach 2020 vermutlich an Bedeutung verlieren. Als Alternative zu Biokraftstoffen der ersten Generation werden zunehmend Biokraftstoffe aus Abfall- und Reststoffen genannt, welche derzeit bereits zu rund einem Fünftel genutzt werden (vor allem Diesel aus Altspeiseöl). Ihr Potenzial ist jedoch begrenzt bzw. sie werden bereits häufig auf anderen etablierten Verwertungswegen genutzt. Biokraftstoffe aus Reststoffen können womöglich auf dem Weg zu vollständig

dekarbonisierten Antrieben eine Brückenfunktion übernehmen, eine darüberhinausgehende Bedeutung ist angesichts der begrenzten Reststoffmengen aber nicht zu erwarten.

Strombasierte gasförmige und flüssige Energieträger bieten die Möglichkeit, über Elektrolyse Strom indirekt als Wasserstoff oder in Form von Kohlenwasserstoffen für den Verkehrssektor nutzbar zu machen. Ihre Klimaschutzwirkung hängt dabei wesentlich davon ab, welcher Strommix für die Elektrolyse und für die CO<sub>2</sub>-Gewinnung genutzt wird. Durch die notwendigen Umwandlungsschritte stehen je nach Prozesspfad noch 40 bis 60 Prozent der ursprünglichen Energiemenge als Flüssigkraftstoff (PtL) zur Verfügung. Die Mengenbedarfe im Verkehrssektor lassen eine weitgehende Energieversorgung des gesamten Verkehrs mit in Deutschland hergestellten synthetischen Kraftstoffen als unwahrscheinlich erscheinen (Öko-Institut 2016). Auch die Kostenstruktur – die Kosten synthetischer Kraftstoffen entstehen bei entsprechender Auslastung der Anlagen vor allem durch die Kosten des Strombezugs – lässt erwarten, dass ein Großteil der synthetischen Kraftstoffe an Standorten mit günstigeren Bedingungen für die erneuerbare Stromerzeugung produziert wird (Agora Verkehrswende, Agora Energiewende und Frontier Economics 2018). Ähnlich wie bei fossilen und biogenen Kraftstoffen ist davon auszugehen, dass ein globaler Markt für synthetische Kraftstoffe entstehen wird. Dementsprechend sind international gültige Nachhaltigkeitsstandards für strombasierte Kraftstoffe zwingend. Denn allein die Tatsache, dass diese auf der Basis von EE-Strom erzeugt werden, garantiert nicht ihre Nachhaltigkeit, etwa hinsichtlich des Bezugs von Wasser für die Elektrolyse.

### Ausgestaltungsoptionen

Die EU hat den Klimaschutz bei den Kraftstoffen bislang über zwei Instrumente adressiert: Zum einen über die Beimischungsquote (Ansatz RED<sup>12</sup>), die als Voraussetzung für die Anrechenbarkeit auf die Quote für biogene Kraftstoffe unter anderem eine THG-Mindest-Einsparung vorschreibt; zum anderen über die direkte Dekarbonisierung (Ansatz FQD<sup>13</sup>), wonach die Kraftstoffunternehmen nachweisen müssen, dass sie über die

eingesetzten Kraftstoffe bis Ende 2020 eine Minderung um 6 Prozent gegenüber dem fossilen Basiswert für Kraftstoffe erzielen.

Die in der RED von 2009 gesetzte Quote von 10 Prozent erneuerbaren Energien im Verkehr im Jahr 2020 wurde für konventionelle Biokraftstoffe auf Basis von Nahrungsmittelpflanzen auf maximal 7 Prozent gedeckelt. Mit dem Kommissionsvorschlag zur Neufassung der RED soll der Anteil der Biokraftstoffe aus Anbaubiomasse auf maximal 3,8 Prozent in 2030 reduziert werden. Im Gegenzug sollen unter anderem die fortschrittlichen Biokraftstoffe bis auf 3,6 Prozent angehoben werden. Die Gesamtquote für den Verkehrssektor mit dem Zielwert von 6,8 Prozent in 2030 beinhaltet außerdem strombasierte Energieversorgungsoptionen und abfallbasierte fossile Kraftstoffe (etwa auf Basis von nichtbiogenen Anteilen im Hausmüll) (ICCT 2017).<sup>14</sup> Bei den Vorgaben der RED handelt es sich um Mindestvorgaben. Diese können bei der Umsetzung auf nationaler Ebene auch mit höheren Quoten belegt werden.

Ein weiteres mögliches Lenkungsinstrument, um den Einsatz CO<sub>2</sub>-freier Kraftstoffe zu fördern, ist eine nach den CO<sub>2</sub>-Emissionen ausdifferenzierte Besteuerung der eingesetzten Energieträger. Nach aktueller Gesetzgebung und Beschlusslage sind die Energiesteuersätze je nach Energie- und Verkehrsträger differenziert und unterschiedlich hoch. Sie haben aber keinen Bezug zum Energiegehalt oder zu den Treibhausgasemissionen, die bei der Nutzung der Kraftstoffe entstehen.

### THG-Minderungsbeitrag

In der vorliegenden Studie wird der Fokus auf die direkten Emissionen des Verkehrssektors gelegt, da diese sogenannte sektorale Abgrenzung Grundlage unter anderem der Klimaberichterstattung und des Klimaschutzziels im Klimaschutzplan 2050 ist. Damit ist eine bessere Vergleichbarkeit gegeben. Wesentlich zu beachten ist dann aber, dass bei der sektoralen Abgrenzung Biokraft-

12 Renewable Energy Directive.

13 Fuel Quality Directive.

14 In dem (nach Fertigstellung dieser Berechnungen) ausgehandelten politischen Kompromiss zur RED wurde das Erneuerbaren-Ziel für Verkehr auf insgesamt 14 Prozent im Jahr 2030 angehoben, Nahrungsmittelpflanzen sind weiterhin bei einem Maximum von 7 Prozent gedeckelt, die Anrechnung von Palmöl wird etwa auf heutigem Niveau eingefroren und im Jahr 2030 beendet. Siehe: Walsh (2018).

stoffe und Strom mit null CO<sub>2</sub>-Emissionen bilanziert werden. Die klimarelevanten Emissionen, die bei deren Herstellung entstehen, werden also nicht berücksichtigt. Der Treibhausgasminderungsbeitrag entspricht damit immer dem Anteil der biogenen oder strombasierten Kraftstoffe am gesamten Kraftstoffbedarf.

# 03 | Drei Szenarien zur Erreichung des Klimaschutzziels im Verkehr

## 3.1. Ausgestaltung der Szenarien

Welche Kombinationen von Instrumenten sind möglich und notwendig, um das Klimaschutzziel im Verkehr bis zum Jahr 2030 zu erreichen? Es gibt dafür mehr als einen denkbaren Weg. Die im Kapitel 2 vorgestellten Politikinstrumente können dabei in unterschiedlicher Kombination und Ausprägung zur Anwendung kommen.

In der politischen Realität ist der Instrumentenmix, das sei vorab betont, von den Entscheidungen unterschiedliche Akteure abhängig. Je mehr CO<sub>2</sub> über EU-Vorgaben eingespart wird, umso weniger muss durch nationale bzw. kommunale Maßnahmen eingespart werden. Dieser Zusammenhang gilt natürlich auch in umgekehrter Richtung: Je mehr über nationale Gesetze reduziert wird, umso weniger eng müssen die EU-Vorgaben gefasst sein. Gleiches gilt auch auf der nationalen Ebene – je mehr durch bundespolitische Maßnahmen erreicht wird, desto weniger müssen die Länder bzw. Kommunen zum Erreichen der Klimaziele im Verkehr beitragen. Grundsätzlich gilt jedoch, dass alle politischen Ebenen zusammenarbeiten müssen, damit Verkehrspolitik im Lichte des Klimaschutzes effektiv wirkt.

Vor diesem Hintergrund lassen sich analytisch drei Handlungsoptionen unterscheiden: Emissionsminderungen lassen sich erstens durch die Regulierung von Standards und Effizienzvorgaben für Fahrzeuge bewirken. Zweitens können erhöhte Nutzerkosten sowohl Verkehrsmittel mit geringem Energieverbrauch stärken (öffentlicher Verkehr, Rad-/Fußverkehr, Schienenverkehr) als auch zu einer Senkung der Verkehrsnachfrage beitragen. Und drittens können dekarbonisierte Kraftstoffe in gewissem Umfang zur Emissionsminderung beitragen. Realistischerweise ist davon auszugehen, dass nur ein Instrumentenmix zum Ziel führt. Dieser Mix kann jedoch unterschiedliche Schwerpunkte haben.

Im Folgenden werden beispielhaft drei Szenarien beschrieben, welche das Klimaschutzziel im Verkehr erreichen. Jedes der Szenarien reizt eine der drei zentralen Strategien für Klimaschutz im Verkehrssektor

(Effizienzsteigerung der Fahrzeuge, Verkehrsverlagerung, dekarbonisierte Kraftstoffe) maximal aus und führt bis zum Jahr 2030 zu einer Emissionsminderung von rund 48 Millionen Tonnen gegenüber der Referenzentwicklung. Damit wird das im „Klimaschutzplan 2050“ anvisierte Sektorziel erreicht. Zuständig für den Instrumenteneinsatz sind in unterschiedlichem Maße europäische und nationale Entscheidungsträger.

Die Szenarien sind nicht als Empfehlung zu verstehen, sondern als theoretisches Konstrukt und Diskussionsgrundlage. Sie sollen verdeutlichen, welche Maßnahmen wie ambitioniert ausfallen müssen, damit sie maßgeblich zur Erreichung des Klimaschutzziels beitragen können.

Das Szenario „Standards und Effizienz“ legt den Schwerpunkt auf die Strategien Effizienzsteigerung und alternative Antriebe (hauptsächlich über europäische Gesetzgebung). Das Szenario „Nutzerkosten und Verkehrsnachfrage“ wirkt vor allem über eine Reduzierung der Verkehrsnachfrage (die durch nationale Regelungen bewirkt wird). Da weder die Effizienzsteigerung noch die Verkehrsverlagerung allein in der Lage sind, das Klimaschutzziel zu erreichen, werden beide Szenarien durch Instrumente (in weniger ambitionierter Ausgestaltung) aus der jeweils anderen Strategie ergänzt. Der Anteil dekarbonisierter Kraftstoffe wird in diesen Szenarien nicht verändert. Als dritter Fall wird das Szenario „Kraftstoffe“ untersucht, bei dem der Einsatz alternativer Kraftstoffe im Vordergrund steht.

### 3.1.1. Referenzszenario

Das in dieser Studie verwendete Referenzszenario baut auf dem Mit-Maßnahmen-Szenario (MMS) des Projektionsberichts der Bundesregierung 2017 (BReg 2017) auf. Im Vergleich zum MMS wurden allerdings einige Aktualisierungen von Modellparametern und Annahmen vorgenommen. So wurden zum Beispiel die Kaufprämie für E-Pkw und die Ausweitung der Lkw-Maut auf alle Bundesstraßen der Referenzentwicklung mit zugrunde gelegt.

Die Verkehrsnachfrage des Referenzszenarios basiert auf der im Auftrag des Bundesministerium für Verkehr

und digitale Infrastruktur angefertigten Verkehrsprognose (Intraplan; BVU 2014) und entspricht somit der Verkehrsnachfrageentwicklung, welche auch im Mit-Maßnahmen-Szenario (MMS) des Projektionsberichts 2017 (BReg 2017) hinterlegt wurde.<sup>15</sup> Die Kraftstoffpreise steigen im Referenzszenario zwischen 2015 und 2030 um rund 20 Prozent (durch die angenommene Verdoppelung des Ölpreises bei nominal konstanten und damit real zurückgehenden Energiesteuern).

Zudem wurden im Modell die neuesten Pkw-Kostenkurven implementiert.<sup>16</sup> Es kommt in der Referenzentwicklung auch ohne Fortschreibung der CO<sub>2</sub>-Emissionsstandards zu einer weiteren Durchdringung der Flotte mit Elektrofahrzeugen. Für Lkw wird im Referenzszenario eine Effizienzsteigerung von 0,2 Prozent pro Jahr angenommen. Bei Biokraftstoffen wurde auf Basis des Kommissionsvorschlags zur REDII ein Anteil von 6,8 Prozent (energetisch) im Jahr 2030 hinterlegt.

Insgesamt liegen die THG-Emissionen in dem in dieser Studie verwendeten Referenzszenario im Jahr 2030 bei 146 Millionen Tonnen. Zur Erreichung des Klimaschutzziels von 95 bis 98 Millionen Tonnen verbleibt also eine Lücke von mindestens 48 Millionen Tonnen.

### 3.1.2. Szenario „Standards & Effizienz“

Das Szenario „Standards & Effizienz“ zeichnet sich durch sehr ambitionierte Effizienzstandards bei Pkw, LNF und Lkw aus. Der auf EU-Ebene regulierte Zielwert für Pkw wird auf 60 Gramm pro Kilometer (WLTP) in 2025 und 30 Gramm pro Kilometer (WLTP) in 2030 fortgeschrieben, was einer Effizienzsteigerung von 50 bzw. 75 Prozent gegenüber 2021 entspricht. Zusätzlich wird unterstellt, dass die Realabweichung ab dem Jahr 2025 auf 15 Prozent begrenzt wird. Um einen maximal denkbaren Beitrag der Lkw zur Reduktion des Endener-

gieverbrauchs zu erreichen, werden Emissionsstandards bereits ab dem Jahr 2020 eingeführt (entsprechend der Ausgestaltungsvariante „hoch“ in Abschnitt 2.2). Die mittlere Reduktionsrate von neu zugelassenen Lkw (über alle Größenklassen) liegt dann bei gut 4 Prozent also deutlich über dem in der Referenzentwicklung angenommenen Wert von 0,2 Prozent.

Zusätzlich zu Effizienzstandards braucht es flankierend nationale Maßnahmen zur Förderung der Elektromobilität wie den Ausbau der Ladeinfrastruktur oder ein Bonus-Malus-System, um die Nachfrage nach Elektrofahrzeugen auch aus Nutzerperspektive anzureizen.

Gleichzeitig sind fiskalische Instrumente notwendig, um das Klimaschutzziel zu erreichen. Der Steuersatz auf Dieseldieselkraftstoff wird bis 2024 an den auf Benzin angeglichen. Im Gegenzug wird die Kfz-Steuer für Diesel-Pkw reduziert. Zwischen 2024 und 2028 steigt die Energiesteuer dann zusätzlich um insgesamt 15 Cent an. Der Dieselpreis liegt dadurch nach diesem Szenario im Jahr 2030 gut 40 Prozent höher als in der Referenzentwicklung. Des Weiteren wird die Dienstwagensteuer um eine fahrleistungsabhängige Komponente ergänzt sowie CO<sub>2</sub>-abhängig ausgestaltet und die Lkw-Maut wird ab dem Jahr 2025 auf alle Straßen ausgeweitet. Als Fördermaßnahme wird sowohl der Radverkehr mit zusätzlich 600 Millionen Euro pro Jahr gefördert, was einer Belastung von etwa 7,50 Euro pro Einwohner entspricht, als auch das Angebot des öffentlichen Verkehrs verbessert (siehe Tabelle 1).

### 3.1.3. Szenario „Nutzerkosten & Verkehrsnachfrage“

Dem Szenario „Nutzerkosten & Verkehrsnachfrage“ liegt die Strategie zugrunde, die Klimaschutzziele 2030 möglichst weitgehend durch Änderungen in der Verkehrsnachfrage zu erreichen. Damit spielen in diesem Szenario vor allem Steuern und Abgaben eine tragende Rolle sowie die gleichzeitige Förderung umweltverträglicher Verkehrsträger. Wie im Szenario „Standards & Effizienz“ wird die Energiesteuer auf Dieseldieselkraftstoff an die auf Benzin angeglichen. Die Kilometerkosten der Pkw werden aber vor allem durch die Einführung einer streckenabhängigen Pkw-Maut adressiert, die ab 2024 4 Cent/Kilometer (ct/km) für die Infrastrukturfinanzierung beträgt. Ab 2028 werden zusätzlich Umweltkosten in Höhe von rund 5 ct/km internalisiert, sodass sich die Kilometerkosten gegenüber der Referenzentwicklung

15 Aktuelle Trends zeigen in eine Richtung, dass die Verkehrsnachfrage (unter anderem durch gegenüber der Verkehrsprognose höhere Bevölkerungsprognosen) auch stärker steigen könnte, was entsprechend mit Mehremissionen einhergehen würde. So sind die Verkehrsemissionen in den vergangenen Jahren sogar wieder gestiegen und lagen nach Schätzung des BMU im Jahr 2017 bei mehr als 170 Millionen Tonnen (UBA, BMU 2018).

16 Für eine genauere methodische Erläuterung der Modellierung der Referenzentwicklung siehe Agora Verkehrswende (2018).



verdoppeln. Wie im Szenario „Standards & Effizienz“ wird die Dienstwagensteuer fahrleistungsabhängig und CO<sub>2</sub>-abhängig ausgestaltet. Auch bei der Lkw-Maut werden zusätzlich zur Ausweitung auf alle Straßen die externen Kosten ab dem Jahr 2028 internalisiert, sodass zusätzlich (bei Sattelzügen) rund 17 ct/km auf den Mautsatz aufgeschlagen werden. Es wird eine Geschwindigkeitsbegrenzung von 120 km/h auf Bundesautobahnen ab dem Jahr 2021 eingeführt. Um eine Verlagerung auf energieärmere Verkehrsträger zu erreichen, muss gleichzeitig deren Angebot deutlich verbessert werden. Dafür wird der Radverkehr mit zusätzlich 800 Millionen Euro pro Jahr (10 Euro pro Einwohner) gefördert, und eine Finanzierungsreform beim öffentlichen Verkehr durchgeführt. Um die Lebensqualität in Städten zu verbessern und gleichzeitig einen Beitrag zum Klimaschutz zu leisten, wird in Städten die Parkraumbewirtschaftung ausgebaut und der rechtliche Rahmen dahingehend verändert, dass die Kommunen deutlich mehr Handlungsspielraum bekommen. Die Sätze im Bußgeldkatalog werden stark erhöht und Regeln für Falschparker verschärft. Carsharing steht flächendeckend innerhalb aller Städte ab 50.000 Einwohnern zur Verfügung. Gleichzeitig erfolgt eine deutliche Anhebung der Parkgebühren. Eine Nahraumversorgung/Nutzungsdurchmischung in Städten wird gefördert. Tempo 30 als Regelgeschwindigkeit wird innerorts mit Ausnahme des Hauptstraßennetzes eingeführt.

Für Verlagerung von Güterverkehr von der Straße auf die Schiene sind unter anderem die Kostenstrukturen maßgeblich, die in diesem Szenario über die Lkw-Maut und die Angleichung der Diesel- an die Benzinsteuersätze erfolgt. Zusätzlich muss aber auch das Angebot der Schiene verbessert und deren Kapazitäten erhöht werden. Für eine entsprechende Förderung des Schienengüterverkehrs werden die vom UBA (2016) vorgeschlagenen zusätzlichen Maßnahmen übernommen: eine Erhöhung der Leistungs- und Finanzierungsvereinbarung (LuFV) um 2,75 Milliarden pro Jahr auf 4 Milliarden pro Jahr, Investitionszuschüsse für den kombinierten Verkehr und für Gleisanschlüsse, die Erhöhung der Schienenkapazität um 60 bis 70 Prozent sowie eine Verdopplung der Kapazitäten des kombinierten Verkehrs. Im Szenario „Nutzerkosten & Verkehrsnachfrage“ gibt es nur eine geringe Effizienzentwicklung bei Pkw, LNF und Lkw. Der Pkw-Zielwert enthält gemäß dem Kommissionsvorschlag bis 2030 eine nominale Reduktion um

30 Prozent, was real etwa 23 Prozent bedeutet. Bei Lkw über 12 Tonnen wird die Einführung von Emissionsstandards im Jahr 2025 angenommen und ab dann eine Reduktionsrate von 1,6 bis 1,9 Prozent hinterlegt (siehe Tabelle 1).

#### 3.1.4. Szenario „Kraftstoffe“

Im Szenario „Kraftstoffe“ wird die notwendige CO<sub>2</sub>-Reduktion hauptsächlich durch alternative Kraftstoffe erzielt. Für die Effizienzsteigerung von Pkw, LNF und Lkw werden dieselben Annahmen wie im Szenario „Nutzerkosten & Verkehrsnachfrage“ getroffen. Auf dieser Grundlage wird der Anteil strombasierter Kraftstoffe so gewählt, dass das Sektorziel erreicht wird. Eine Verlagerung erfolgt dabei nur dadurch, dass die zusätzlichen Kosten für strombasierte Kraftstoffe auf den Nutzer umgelegt werden und dadurch die energieintensiven Verkehrsträger etwas teurer werden. Die zusätzlichen Kosten für strombasierte Kraftstoffe entsprechen dabei den Annahmen gemäß Agora Verkehrswende, Agora Energiewende und Frontier Economics (2018). In dem Szenario ergibt sich für das Jahr 2030 ein Anteil von 25 Prozent strombasierter Kraftstoffe zusätzlich zu den 6,8 Prozent Biokraftstoffen.

Das Szenario stellt eine theoretische Betrachtung dar. Das Szenario trifft also keine Aussage darüber, ob strombasierte Kraftstoffe in dem hier hinterlegten Umfang verfügbar sein könnten oder ob deren Einsatz unter Beachtung von Nachhaltigkeitskriterien überhaupt möglich und sinnvoll wäre.

Szenario-Annahmen im Überblick			Tabelle 3.1.
	Standards & Effizienz	Nutzerkosten & Verlagerung	Kraftstoffe
Effizienzsteigerungen Pkw	<ul style="list-style-type: none"> <li>-50 % (in 2025), -75 % (in 2030)</li> <li>Flankierende nationale Maßnahmen zur Förderung E-Mobilität</li> </ul>	gemäß Kommissionsvorschlag -15 % (in 2025), -30 % (in 2030)	gemäß Kommissionsvorschlag -15 % (in 2025), -30 % (in 2030)
Effizienzsteigerungen Lkw	Einführung Grenzwerte in 2020, Reduktion 4,7% p.a. für Sattelzüge, zusätzlich Elektrifizierung und OL-Lkw	1,6–1,9% p.a.	1,6–1,9% p.a.
Fiskalische Instrumente	<ul style="list-style-type: none"> <li>Energiesteuer: Angleichung Diesel an Benzin bis 2024, weitere Energiesteuererhöhung 2024 bis 2028 um 15 ct/Liter. Außerdem reduzierte Kfz-Steuer für Diesel.</li> <li>Ausweitung Lkw-Maut auf alle Straßen ab 2025</li> <li>Dienstwagensteuer: fahrleistungsabhängige Komponente + CO<sub>2</sub>-abhängige Ausgestaltung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Energiesteuer: Angleichung Dieselsteuer an Benzin bis 2024. Im Ausgleich reduzierte Kfz-Steuer für Diesel.</li> <li>Pkw-Maut: ab 2025 4 ct/km für Infrastruktur, ab 2028 inklusive Umweltkosten (zusammen ca. 9 ct/km)</li> <li>Dienstwagensteuer: fahrleistungsabhängige Komponente und CO<sub>2</sub>-abhängige Ausgestaltung</li> <li>Tempolimit 120 auf Autobahnen ab 2021</li> </ul>	
Weitere Fördermaßnahmen	<ul style="list-style-type: none"> <li>Förderung Radverkehr mit zusätzlich 600 Mio. Euro p.a. (7,50 Euro pro EW)</li> <li>Förderung öffentlicher Verkehr durch Verbesserung des Angebots des öffentlichen Verkehrs</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Förderung Radverkehr mit zusätzlich 800 Mio. Euro p.a. (10 Euro pro EW)</li> <li>Sehr ambitionierte Förderung öffentlicher Verkehr (ÖV) mit deutlicher Erhöhung des Angebots</li> <li>Maßnahmenpaket lebenswerte Innenstädte</li> <li>Maßnahmenpaket Förderung Schienengüterverkehr</li> </ul>	keine
Anteil EE-Kraftstoffe	6,8 %	6,8 %	32 %

Eigene Berechnungen Öko Institut

## 3.2. Szenarioergebnisse

### 3.2.1. Methodik für die Szenarioberechnungen

Die Grundlage der Bestimmung des Endenergieverbrauchs und der erzeugten Treibhausgasemissionen des Verkehrssektors bildet das im Rahmen der Studie Treibhausgasneutraler Verkehr 2050 (Öko-Institut 2013) entwickelte TEMPS-Modell des Öko-Instituts. Es wurde in Forschungsprojekten wie dem Projektionsbericht oder dem Impact Assessment für den Klimaschutzplan im Auftrag des BMUB angewendet und weiterentwickelt. Die Technologiedatenbank für Pkw und Lkw wurde seitens des ICCT bereitgestellt. Das am Öko-Institut entwickelte Modell TEMPS ermöglicht es, die Entwicklung von Endenergieverbrauch und Treibhausgasemissionen des Verkehrs für unterschiedliche Szenarien zu quantifizieren und dabei Veränderungen der Verkehrsnachfrage, des Fahrzeugbestandes und des Kraftstoffeinsatzes abzubilden. Das Modell besteht aus den drei Komponenten Verkehrsnachfrage, Fahrzeugbestand (inkl. Technologiedatenbank) und Energie-/Treibhausgasbilanz.

Zur Abschätzung der Wirkung von Maßnahmen auf die Fahrzeug- und Verkehrsnachfrage wurden Preiselastizitäten genutzt, die einer Literaturrecherche entnommen wurden. Für den Personenverkehr wird beispielsweise auf empirisch abgeleitete Werte von Hautzinger et al. (2004) zurückgegriffen. Für den Pkw-Verkehr wird eine Preiselastizität der Nachfrage von  $-0,3$  hinterlegt (d. h., dass bei einer Erhöhung der Kilometerkosten um 10 Prozent die Fahrleistung um 3 Prozent sinkt). Damit können dann auch die Rebound-Effekte berücksichtigt werden, die sich beispielsweise bei einer Effizienzsteigerung von Pkw ergeben. Im Güterverkehr werden Elastizitäten aus Jong et al. (2010) zugrunde gelegt. Zu berücksichtigen ist jedoch, dass die Wirkung der Steigerungen der Kilometerkosten auch von weiteren Rahmenbedingungen, wie beispielsweise einem alternativen Angebot weiterer Verkehrsträger abhängt. Entsprechende Effekte wurden über ergänzende Literatur- und Datenauswertungen abgebildet bzw. überprüft.

### 3.2.2. Verkehrsnachfrage Personenverkehr

Im Referenzszenario wurde für das Jahr 2030 die Verkehrsprognose übernommen. Demnach steigt der Personenverkehr MIV im Zeitraum 2010-2030 um insgesamt 10 Prozent an (gegenüber 2015 noch um

gut 5 Prozent, siehe Abbildung 3.1). Ähnlich hoch bzw. etwas höher liegen die Wachstumsraten im öffentlichen Verkehr. Im Szenario „Standards & Effizienz“ geht die Pkw-Fahrleistung gegenüber der Referenz um 8 Prozent zurück, was auf die Erhöhung der Energiesteuern sowie die Einführung der fahrleistungsabhängigen Dienstwagenbesteuerung zurückzuführen ist. Dabei findet eine Verlagerung auf den öffentlichen Verkehr (+14 Prozent) sowie auf Rad- und Fußverkehr statt.

Im Szenario „Nutzerkosten & Verkehrsnachfrage“ findet eine starke Verlagerung und Vermeidung von Verkehr statt. Der Pkw-Verkehr geht gegenüber der Referenz um 40 Prozent zurück, während sich der öffentliche Verkehr mehr als verdoppelt. Wesentlich dafür sind die Einführung der Pkw-Maut, aber auch die übrigen Maßnahmen wie die Änderung der Dienstwagenbesteuerung, die Maßnahmen für lebenswerte Innenstädte und die Förderung des öffentlichen Verkehrs, der zügig und mit hoher Priorität ausgebaut werden muss, um die notwendigen Kapazitäten bereitzustellen.

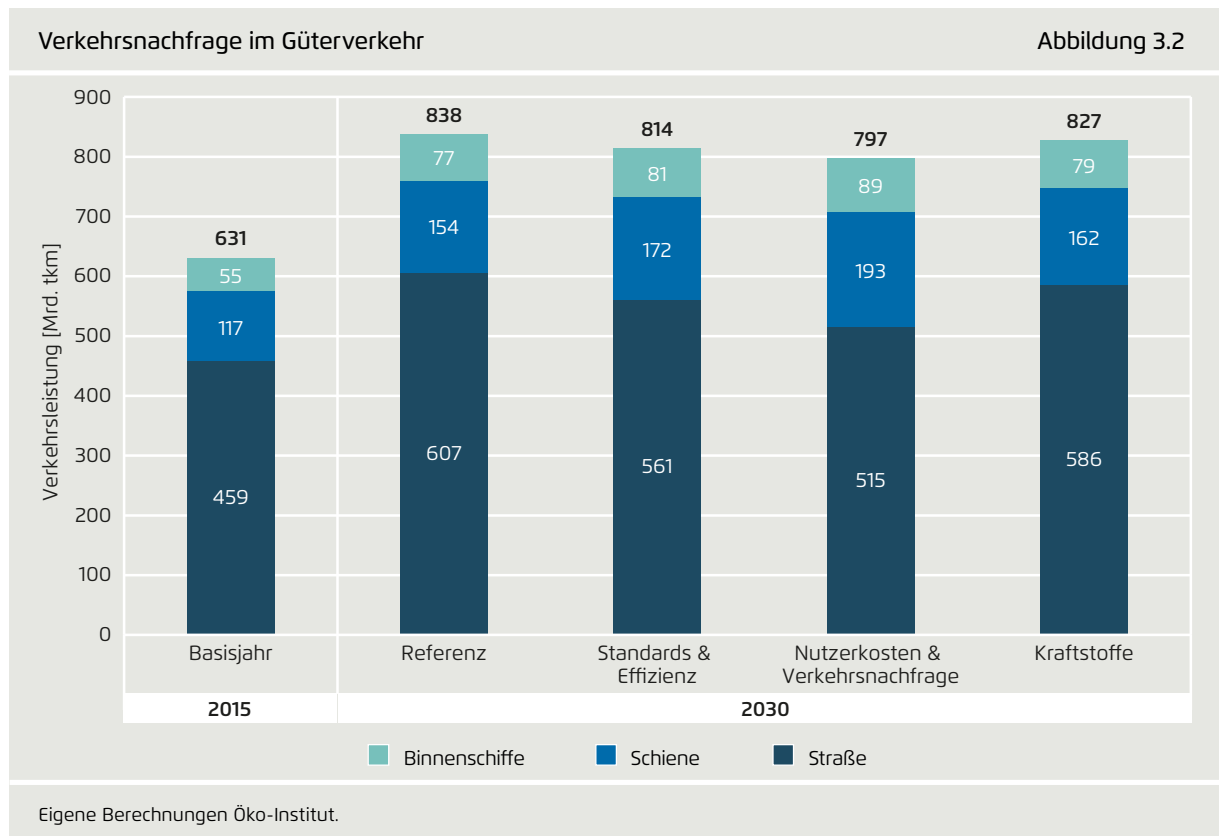
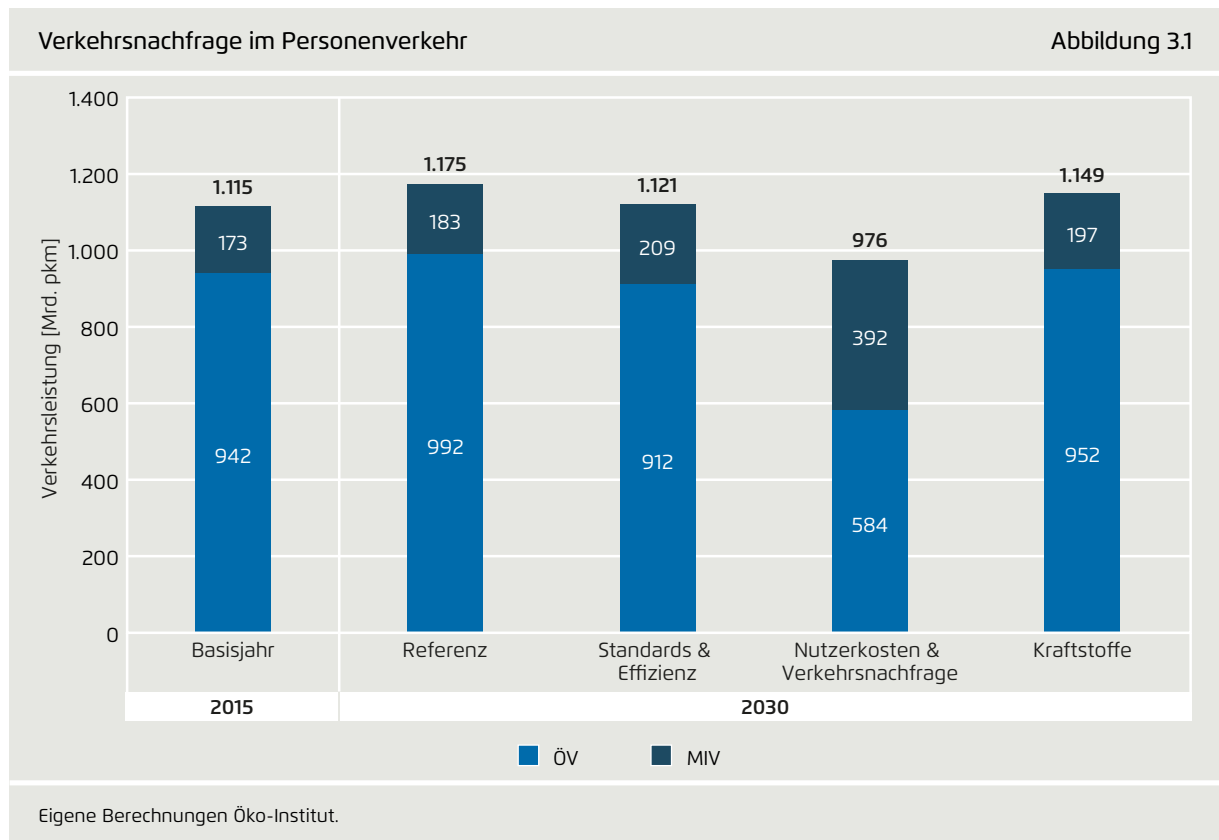
Im Szenario „Kraftstoffe“ werden keine Instrumente zur Verlagerung ergriffen. Allerdings kommt es durch den Anteil von 25 Prozent strombasierten Kraftstoffen zu einer Erhöhung der Nutzerkosten im MIV, wodurch dieser um 4 Prozent gegenüber der Referenzentwicklung zurückgeht.

### 3.2.3. Verkehrsnachfrage Güterverkehr

Auch der Güterverkehr basiert auf der Verkehrsprognose und nimmt im Referenzszenario zwischen 2015 und 2030 um 33 Prozent zu.

Im Szenario „Standards & Effizienz“ wird durch die Energiesteuererhöhung und die Ausweitung der Lkw-Maut Verkehr auf Schiene und Binnenschiff verlagert, sodass die Lkw-Verkehrsleistung gegenüber der Referenz um 8 Prozent zurückgeht und der Anteil der Schiene an der Verkehrsleistung auf 21 Prozent steigt (siehe Abbildung 3.2).

Noch etwas stärker ausgeprägt ist die Verlagerung im Szenario „Nutzerkosten & Verkehrsnachfrage“ durch die Internalisierung der externen Kosten bei der Lkw-Maut. Hier steigt der Anteil des Schienenverkehrs auf 24 Prozent.



Entsprechende Verlagerungen auf die Schiene scheinen vor dem heutigen Hintergrund machbar, bedürfen aber entschlossener Maßnahmen zur Optimierung des Schienengüterverkehrssystems (UBA 2016b).

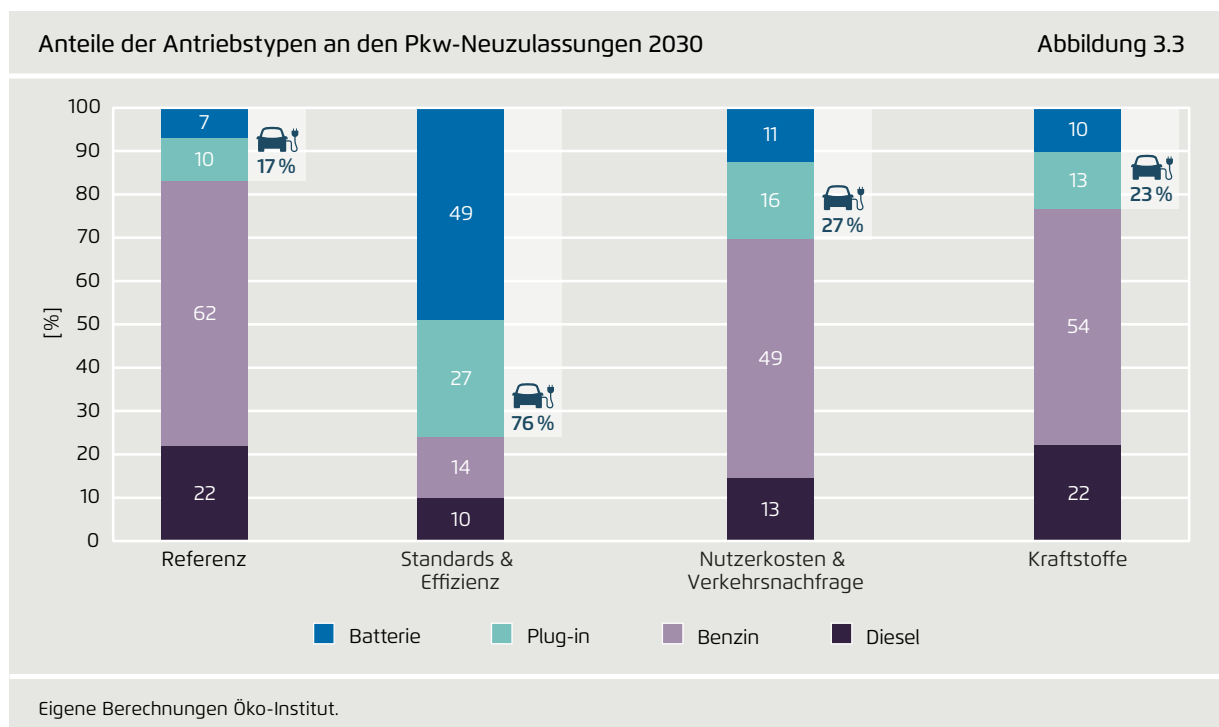
Im Szenario „Kraftstoffe“ wird ebenso wie beim Personenverkehr nur eine begrenzte Verlagerung erzielt, welche durch die zusätzlichen Kosten für strombasierte Kraftstoffe induziert wird. Der Güterverkehr reagiert dabei weniger elastisch auf die Kostenänderung bei den Kraftstoffen als der Personenverkehr.

### 3.2.4. Pkw-Neuzulassungen und Bestand

Bei der Entwicklung der Elektromobilität gibt es zwischen den Szenarien deutliche Unterschiede, die maßgeblich durch das unterschiedliche Ambitionsniveau der Pkw-Emissionsstandards bedingt sind. Im Szenario „Standards & Effizienz“ steigt der Anteil von elektrischen Fahrzeugen (BEV und PHEV) bis zum Jahr 2030 durch den WLTP-Grenzwert von 30 Gramm auf über Dreiviertel der Neuzulassungen (siehe Abbildung 3.3).

Wie sich die elektrischen Neuzulassungen auf Plug-in-Hybridfahrzeuge (PHEV) und batterieelektrische Fahrzeuge (BEV) verteilen, ist unsicher. Die Zusammensetzung hängt von verschiedenen Faktoren wie Entwicklungen von Reichweiten, Batteriekosten, Nutzerpräferenzen, Ladeinfrastruktur usw. ab. Das bedeutet: Der Anteil rein batterieelektrischer Fahrzeuge könnte höher oder niedriger ausfallen als in den Szenarien dargestellt.

Für alle Szenarien wird eine sinkende Attraktivität von Diesel-Pkw angenommen, was zu einem deutlichen Rückgang des Dieselanteils führt. In den Szenarien „Nutzerkosten & Verkehrsnachfrage“ und „Kraftstoffe“ wurden dieselben Annahmen für die CO<sub>2</sub>-Zielwerte von Pkw (entsprechend dem Kommissionsvorschlag) getroffen. Unterschiede zwischen der Neuzulassungsstruktur zwischen den beiden Szenarien ergeben sich daraus, dass im Szenario „Nutzerkosten & Verkehrsnachfrage“ durch die Angleichung der Besteuerung von Diesel an Benzin mehr Elektrofahrzeuge und weniger Diesel-Pkw nachgefragt werden.

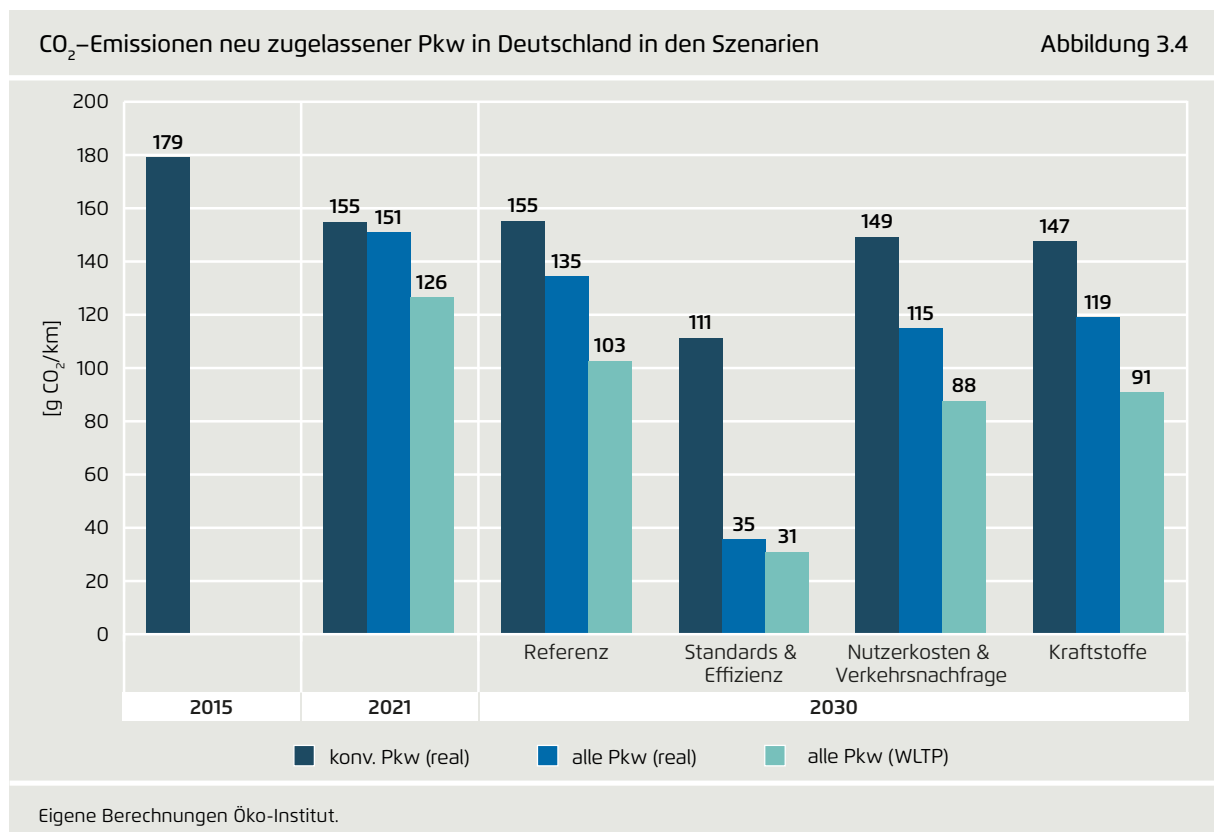


Neben dem Anteil von Elektrofahrzeugen wirken die Pkw-Emissionsstandards auch auf die Effizienzsteigerung der konventionellen Antriebe. Abbildung 3.4 zeigt die Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Emissionen neu zugelassener Pkw in Deutschland für die Szenarien.

Die mittleren Flottenwerte nach WLTP in Deutschland (hellgrüne Balken) liegen in der Referenz etwas höher als der EU-Mittelwert. Das liegt an der Annahme, die durchschnittlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen neu zugelassener Pkw in Deutschland lägen auch weiterhin – wie in den vergangenen Jahren – rund 7 Prozent über dem EU-Schnitt. In den Szenarien „Standards und Effizienz“ und „Nutzerkosten & Verkehrsnachfrage“ ist hinterlegt, dass sich die Diskrepanz zum mittleren EU-Wert durch die Änderung der Dienstwagenbesteuerung auf 4 Prozent reduziert. Die realen Emissionen (dunkelgrüne Balken) liegen höher als die Emissionen nach WLTP. Während im Referenzszenario und im Szenario „Kraftstoffe“ eine Diskrepanz von über 30 Prozent hinterlegt ist, ist sie in den Szenarien „Standards & Effizienz“ und „Nutzerkosten & Verkehrsnachfrage“ auf 15 Prozent begrenzt.

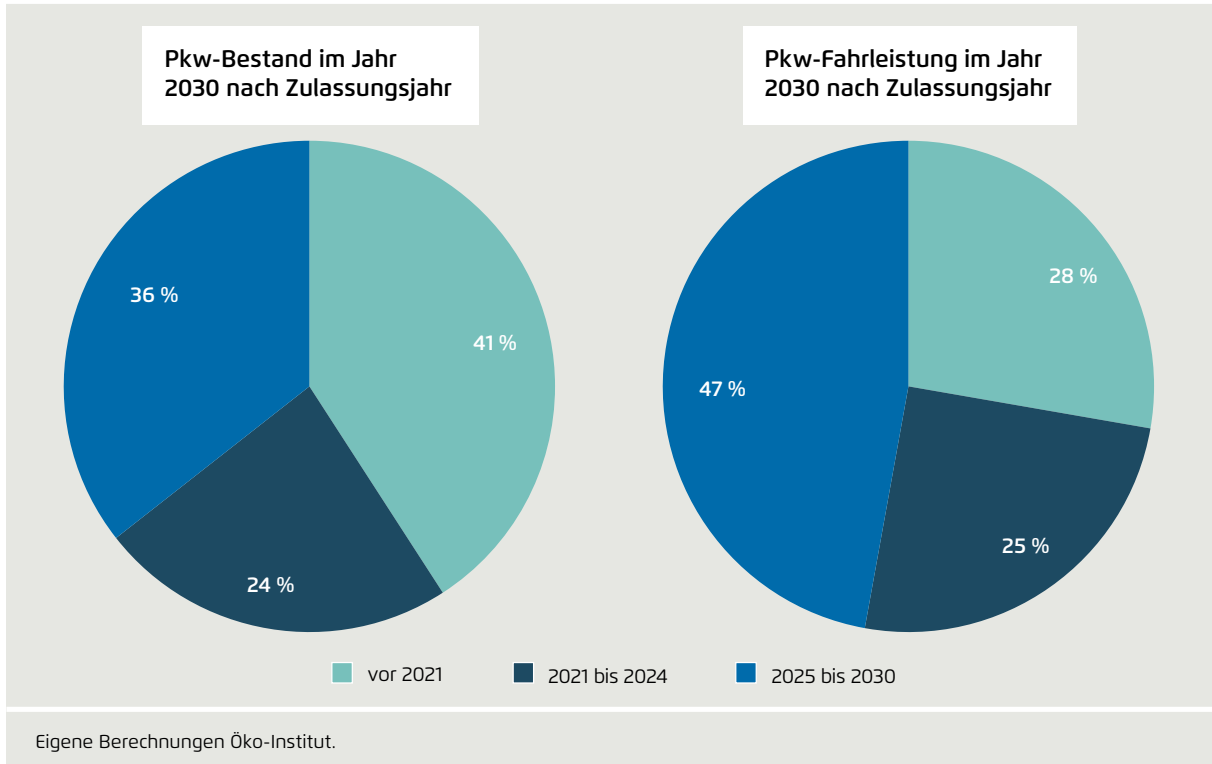
Im Referenzszenario gibt es nach 2021 keine weitere Effizienzsteigerung bei konventionellen Pkw (braune Balken), allerdings gehen die durchschnittlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen neu zugelassener Pkw durch mehr Elektrofahrzeuge zurück. In den übrigen Szenarien liegt die reale Effizienzsteigerung konventioneller Pkw im Zeitraum 2021 bis 2030 zwischen 0,4 Prozent pro Jahr im Szenario „Nutzerkosten & Verkehrsnachfrage“ und 3,6 Prozent pro Jahr im Szenario „Standards & Effizienz“.

Während die EU-Regulierung die Neuzulassungen adressiert, ist für die Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen des Verkehrssektors der Pkw-Bestand relevant. Die Zusammensetzung und Effizienz des Pkw-Bestands im Jahr 2030 hängen wesentlich von den Neuzulassungen im gesamten Zeitraum bis 2030 ab, denn Pkw werden im Durchschnitt in Deutschland etwa 14 Jahre alt. Abbildung 3.5 zeigt: Rund ein Drittel des Fahrzeugbestandes und 50 Prozent der Fahrleistung des Pkw-Bestands im Jahr 2030 werden von den Neuzulassungen im Zeitraum 2025 bis 2030 geprägt sein, rund ein weiteres Viertel von den Neuzulassungen 2021 bis 2024.



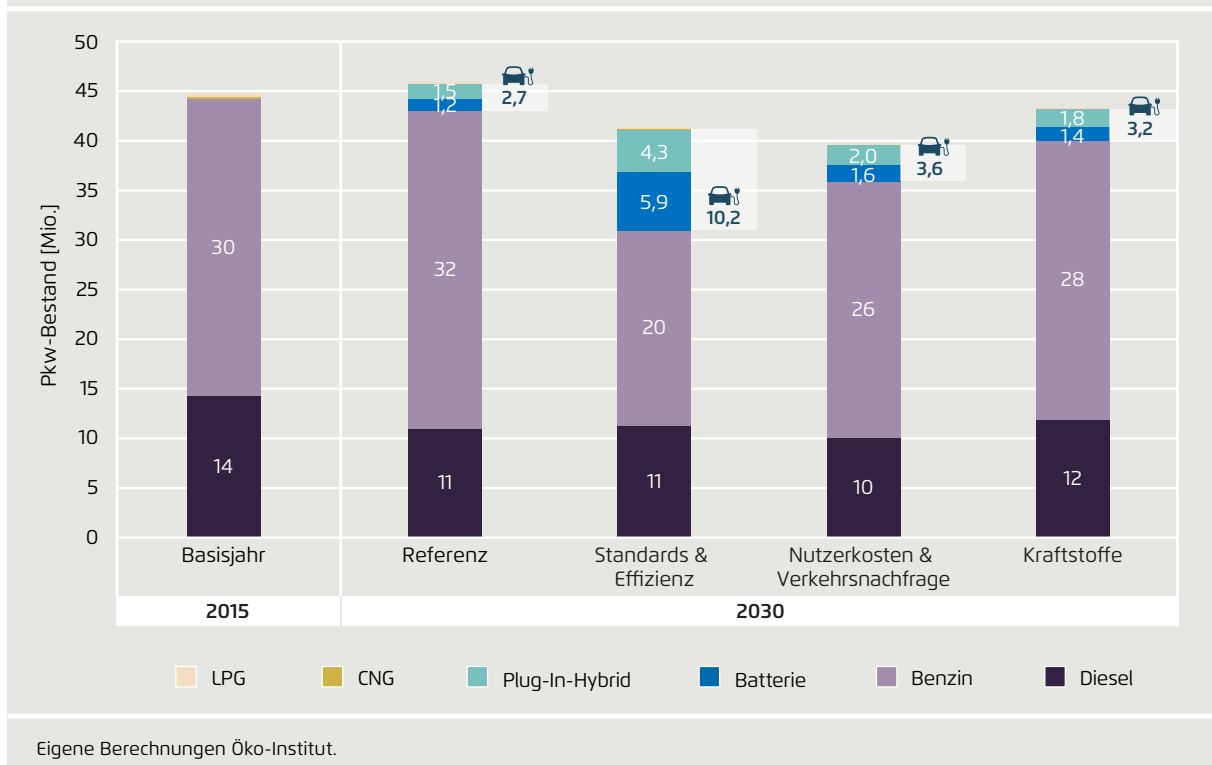
Bestand und Fahrleistung von Pkw im Jahr 2030 nach Zulassungsjahr

Abbildung 3.5



Pkw-Bestand im Jahr 2030

Abbildung 3.6



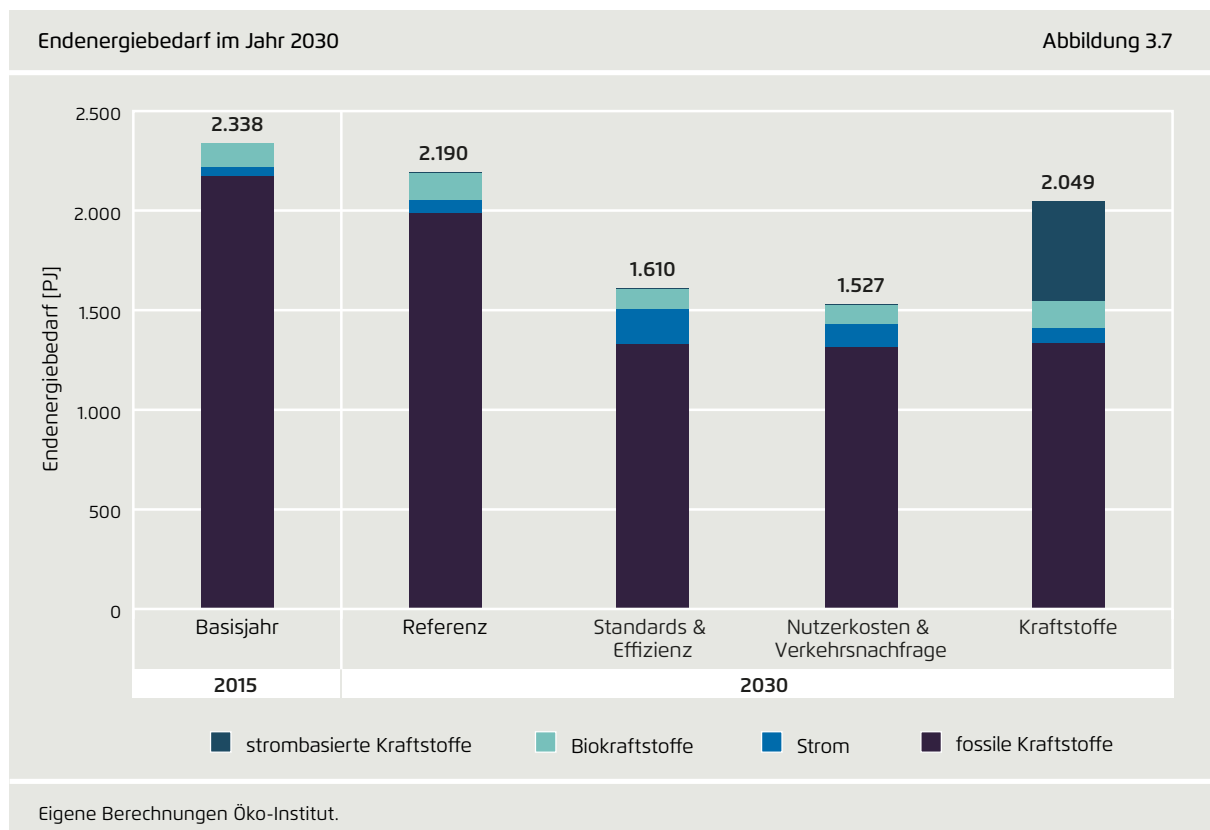
Die Diffusion effizienter Pkw und Pkw mit alternativen Antrieben geschieht also nicht von heute auf morgen. Wie Abbildung 3.6 zeigt, variiert die Anzahl elektrischer Fahrzeuge im Bestand in den Szenarien zwischen knapp 3 (Referenzszenario) und 10 Millionen Fahrzeugen. Unterschiede in Bezug auf die Gesamtzahl der Fahrzeuge im Bestand ergeben sich aus der Nachfragereaktion auf veränderte Kosten über die gesamte Lebensdauer (*total cost of ownership*) der Pkw-Nutzung. Am stärksten ist der Rückgang des Pkw-Bestandes im Szenario „Nutzerkosten & Verkehrsnachfrage“; er wird allerdings immer noch vom Rückgang der Fahrleistung in diesem Szenario übertroffen.

### 3.2.5. Endenergiebedarf

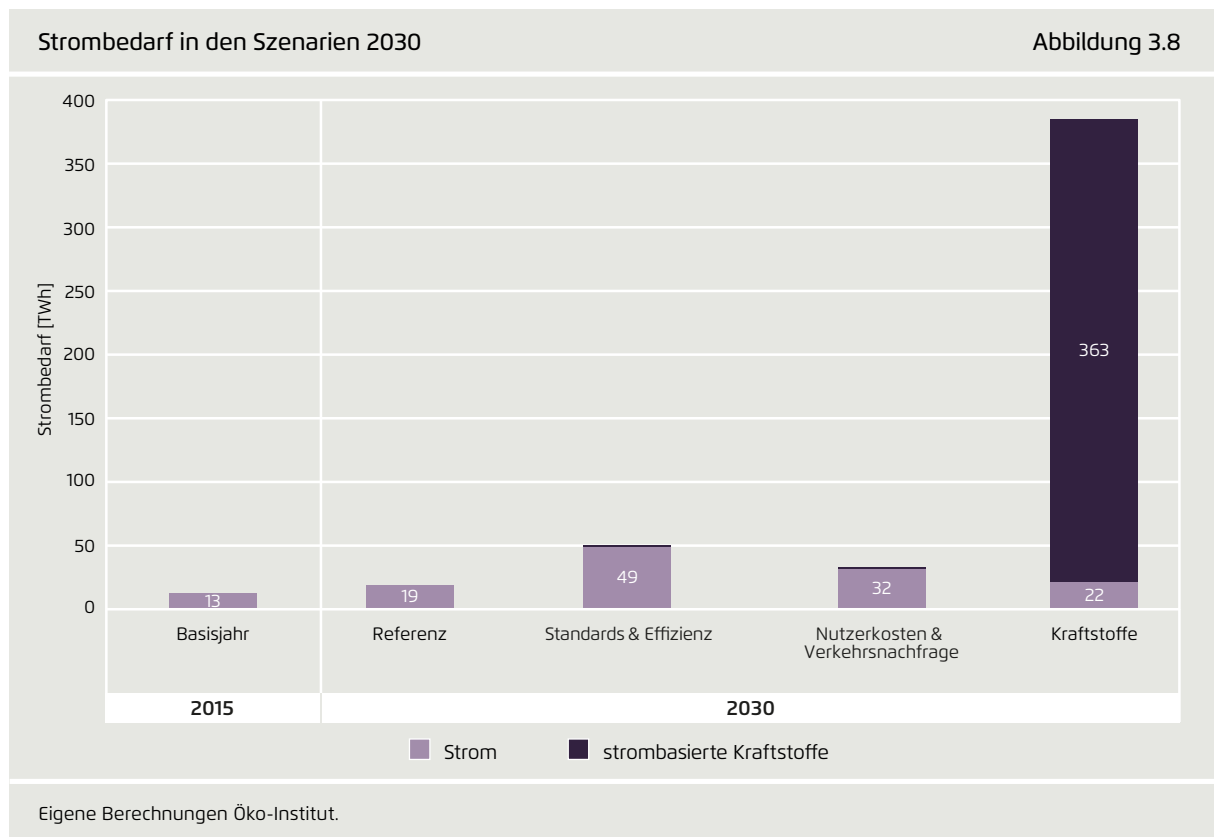
Um das Klimaschutzziel zu erreichen, muss der Endenergiebedarf an fossilen Energieträgern in allen Szenarien um fast 40 Prozent gegenüber 2015 zurückgehen (Abbildung 3.7). Unterschiede zwischen den Szenarien ergeben sich beim Strombedarf und dem Einsatz von Biokraftstoffen. Während der Einsatz von Biokraftstoffen im Referenzszenario sowie im Szenario

„Kraftstoffe“ gegenüber heute auf gut 130 Petajoule (PJ) im Jahr 2030 leicht zunimmt, liegt der Biokraftstoffeinsatz in den Szenarien „Standards & Effizienz“ und „Nutzerkosten & Verkehrsnachfrage“ unter 100 PJ (da sich bei gleichbleibender Quote die absolut eingesetzte Menge reduziert).

Der Strombedarf in den Szenarien unterscheidet sich einerseits durch die Elektromobilität, andererseits durch das Ausmaß der Verlagerung auf die Schiene. Er steigt auf 49 Terawattstunden (TWh) im Szenario „Standards & Effizienz“ bzw. auf 33 TWh im Szenario „Nutzerkosten & Verkehrsnachfrage“ (Abbildung 3.8). Im Szenario „Kraftstoffe“ entsteht für die Herstellung strombasierter Kraftstoffe ein hoher zusätzlicher Strombedarf. Bei einem Wirkungsgrad von 40 Prozent liegt dieser bei 360 TWh.







### 3.2.6. THG-Emissionen

In der Referenzentwicklung sinken die THG-Emissionen des Verkehrs zwischen 2015 und 2030 um 9 Prozent auf 146 Millionen Tonnen. Vor allem die Pkw-Emissionen gehen dabei um 19 Prozent zurück; im Unterschied dazu steigen die Lkw-Emissionen durch die Zunahme der Fahrleistung und die geringe Effizienzsteigerung sogar um 12 Prozent an.

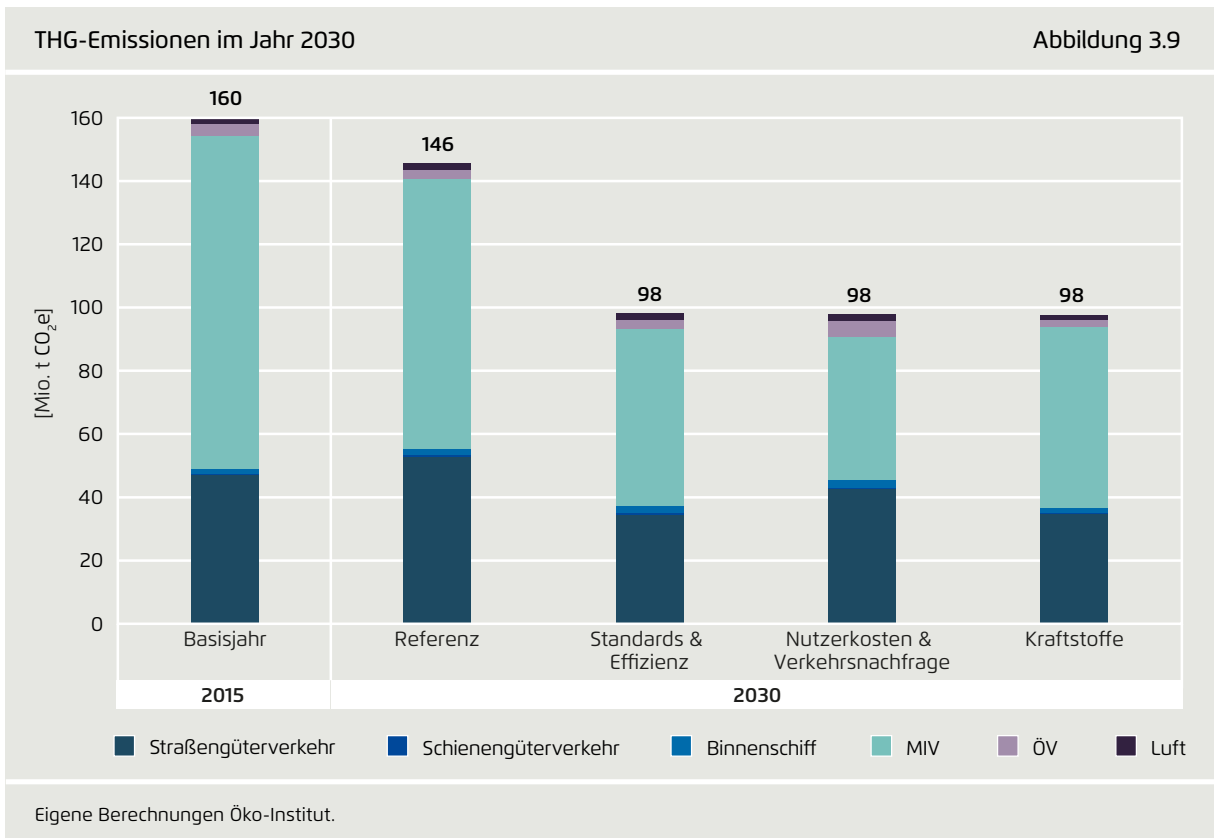
In allen Szenarien wird das Ziel von 98 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalente (CO<sub>2</sub>e) erreicht. Im Szenario „Nutzerkosten & Verkehrsnachfrage“ leistet der Personenverkehr dabei durch die deutliche Verlagerung einen besonders hohen Beitrag (-54 Prozent ggü. 2015), wogegen der Güterverkehr seine Emissionen um nur 8 Prozent gegenüber 2015 reduziert. Im Szenario „Standards & Effizienz“ ist der Beitrag des Güterverkehrs mit -25 Prozent höher, was vor allem auf eine deutliche Effizienzsteigerung zurückzuführen ist.

In der Abbildung 3.9 sind nur die direkten Emissionen im Verkehrssektor berücksichtigt. Strom, Biokraftstoffe

und strombasierte Kraftstoffe werden mit Nullemissionen bewertet. Darüber hinaus können THG-Emissionen unter anderem entstehen bei der Produktion der Kraftstoffe, bei der Herstellung der Fahrzeuge sowie beim Bau und Betrieb von Infrastrukturen. In allen diesen Bereichen gilt es, THG-Emissionen zu reduzieren. Tendenziell sind bei der Reduktion der indirekten THG-Emissionen – ebenso wie bei weiteren Nachhaltigkeitskriterien – Strategien zur Verkehrsvermeidung und -verlagerung gegenüber den anderen Strategien im Vorteil (Öko-Institut 2017).

### 3.2.7. THG-Minderungsbeitrag der Instrumente

Die folgenden Darstellungen zeigen den THG-Minderungsbeitrag der Einzelinstrumente gegenüber der Referenzentwicklung in den Szenarien. Zwischen den einzelnen Instrumenten gibt es teils relevante Wechselwirkungen; in der Darstellung wurden die ermittelten Einzelbeiträge auf die gesamte Emissionsdifferenz zwischen Referenz und Ziel in Höhe von 48 Millionen Tonnen normiert.

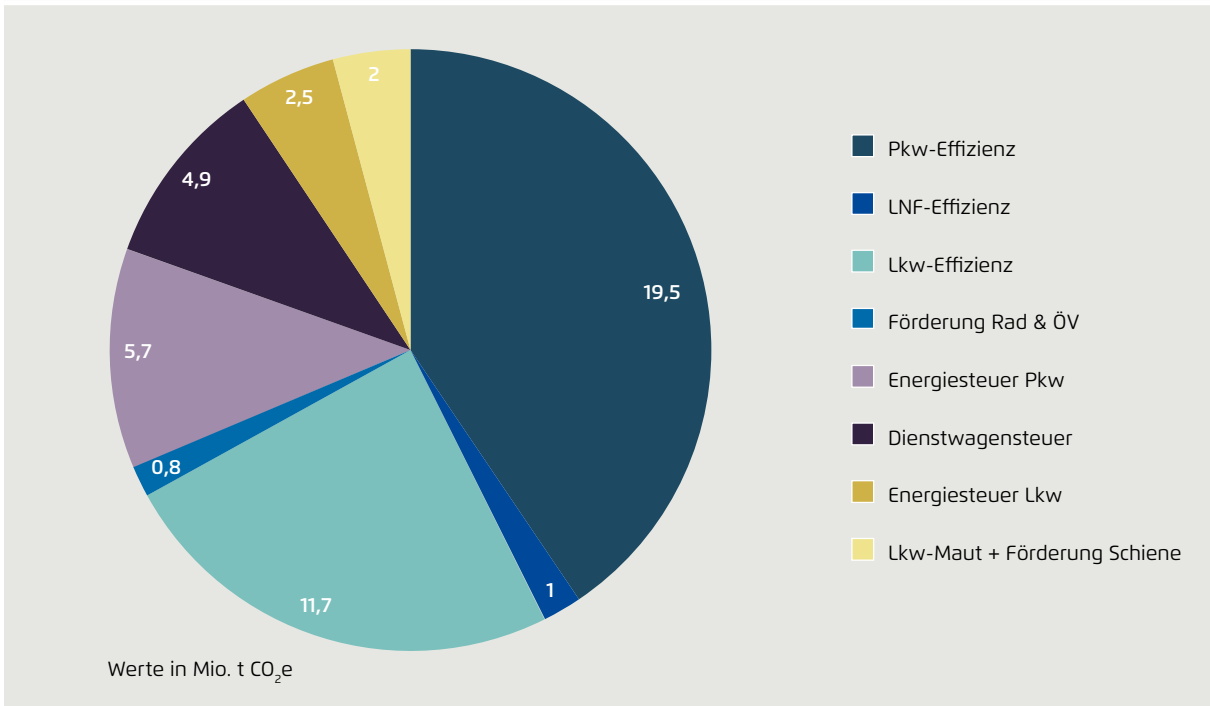


Im Szenario „Standards & Effizienz“ wird der größte Beitrag zur Deckung der Minderungslücke über besonders ambitionierte CO<sub>2</sub>-Emissionsstandards für Pkw und Lkw erreicht. Eine CO<sub>2</sub>-Minderung der neu zugelassenen Pkw um 75 Prozent bis 2030 gegenüber 2021 würde im Jahr 2030 eine Minderung von rund 19,5 Millionen Tonnen bringen, eine CO<sub>2</sub>-Minderung der Lkw von rund 11,7 Millionen Tonnen. Die verbleibende Lücke könnte durch eine Umgestaltung der Dienstwagenbesteuerung inklusive fahrleistungsabhängiger Komponente (knapp 5 Mio. t), einer moderaten Anhebung der Energiesteuer in Kombination mit der Förderung des Radverkehrs sowie des öffentlichen Verkehrs und Schienengüterverkehrs geschlossen werden.

Im Szenario „Nutzerkosten & Verkehrsnachfrage“ liefert die Verkehrsverlagerung durch eine Umgestaltung des Steuern- und Abgabensystems im Verkehrssektor den größten Beitrag zur Minderung der CO<sub>2</sub>-Emissionen. Zu beachten ist, dass die Verlagerung von der Straße auf alternative Verkehrsträger immer nur dann umgesetzt

werden kann, wenn auch die entsprechenden Angebote bereitstehen. Eine Verteuerung des Pkw- und Lkw-Verkehrs muss daher mit einer Förderung von Rad-, Fuß-, öffentlichem und Schienengüterverkehr einhergehen. Die Minderungsbeiträge dieser Kombinationen betragen dann im Jahr 2030 durch eine deutliche Erhöhung der Nutzerkosten bei Pkw 21,4 Millionen Tonnen und bei Lkw 6 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>. Das Tempolimit auf Bundesautobahnen kann neben einer deutlichen Verbesserung der Verkehrssicherheit rund 3 Millionen Tonnen zur Deckung der Minderungslücke beitragen. Auch die Kommunen können eine wesentliche Rolle spielen. Allein die Städte über 50.000 Einwohner können mit den entsprechenden Maßnahmen CO<sub>2</sub>-Emissionen in einer Größenordnung von fast 4 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub> einsparen. Aufgrund der hohen Fahrleistungen von Dienstwagen und ihrer vergleichsweise hohen CO<sub>2</sub>-Emissionen trägt auch eine Neugestaltung der Dienstwagenbesteuerung wesentlich zur Minderung der CO<sub>2</sub>-Emissionen bei.

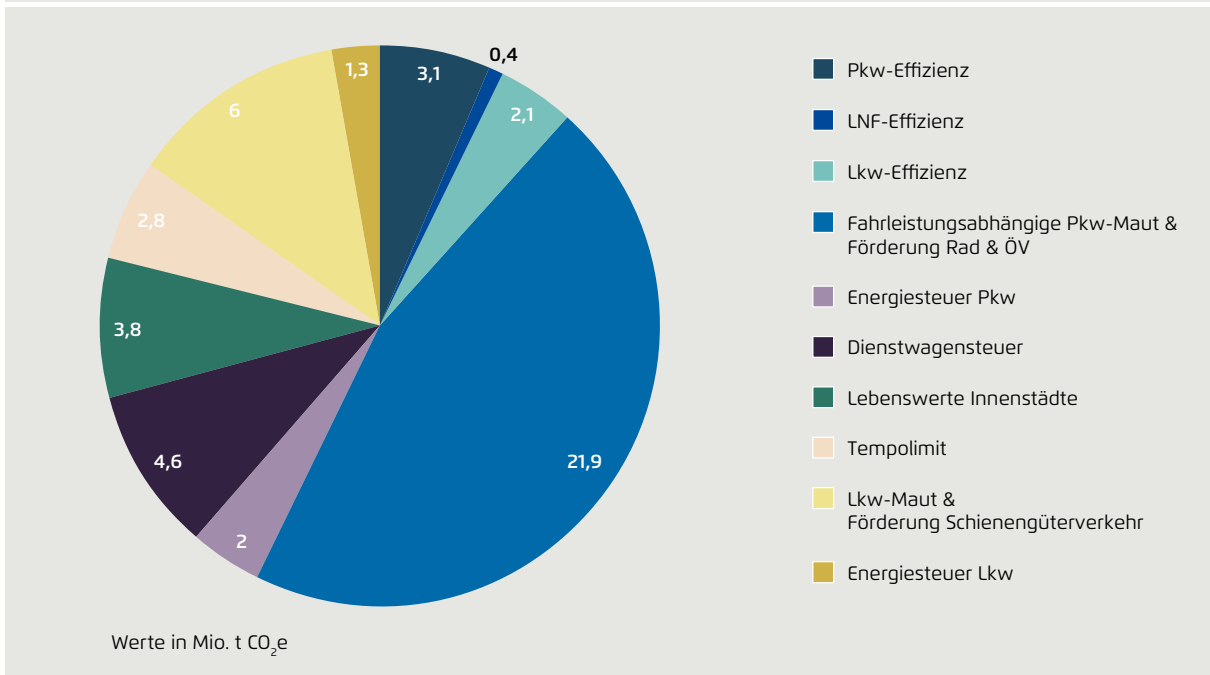
THG-Minderungsbeitrag der Instrumente im Szenario „Standards & Effizienz“ im Jahr 2030 Abbildung 3.10



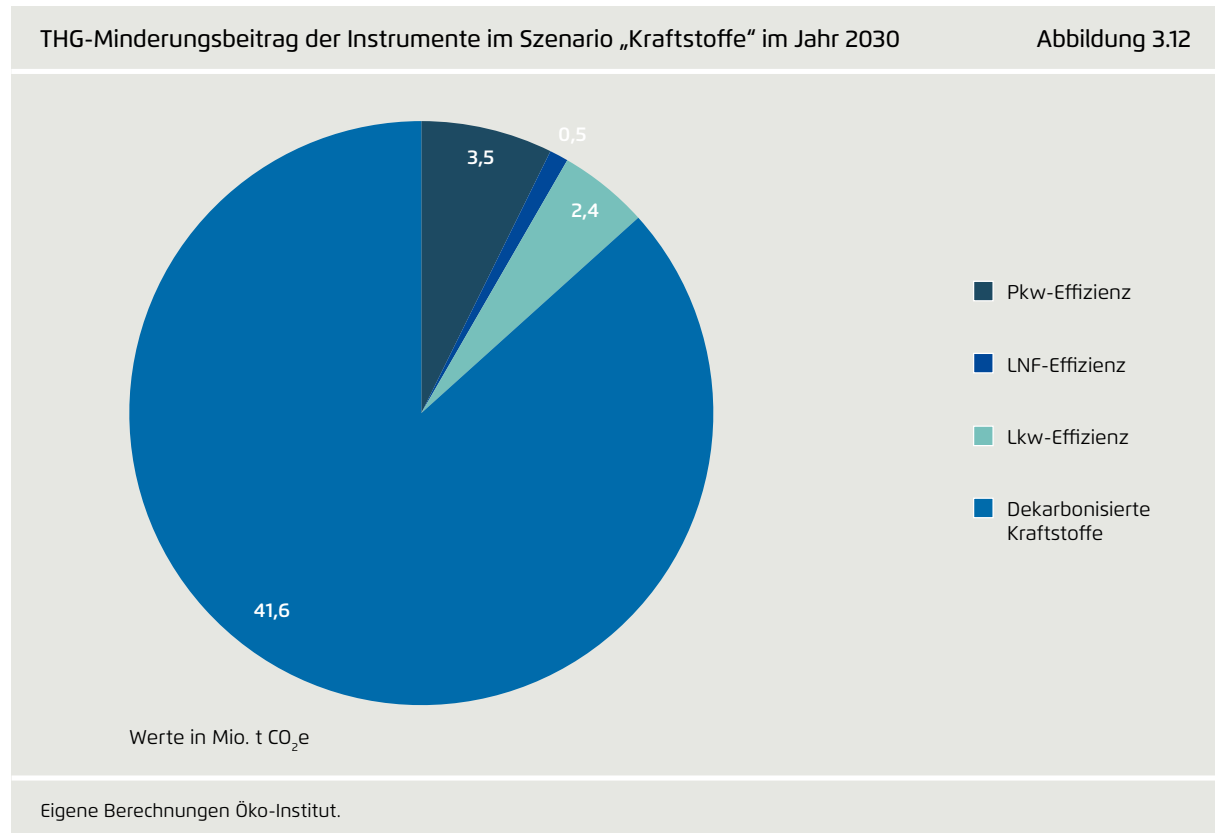
Eigene Berechnungen Öko-Institut.

THG-Minderungsbeitrag der Instrumente im Szenario „Nutzerkosten & Verkehrsnachfrage“ im Jahr 2030

Abbildung 3.11



Eigene Berechnungen Öko-Institut.



In dem Szenario „Kraftstoffe“ wird als einzige relevante Maßnahme zur CO<sub>2</sub>-Minderung die Dekarbonisierung der Kraftstoffe durch den Einsatz strombasierter Kraftstoffe hinterlegt. Entsprechend hoch ist auch deren Minderungsbeitrag – allerdings vorbehaltlich der Möglichkeiten, entsprechende Kraftstoffe in den benötigten Mengen CO<sub>2</sub>-neutral bereitzustellen.

## 04 | Fazit und Schlussfolgerungen

Die Ergebnisse des Szenarios „Standards & Effizienz“ zeigen, dass sich durch Effizienzsteigerung der Fahrzeuge und durch zunehmende Elektrifizierung im Personen- und Güterverkehr ein Minderungsbeitrag im Jahr 2030 von bis zu rund 30 Mio. Tonnen erreichen lässt. Sie zeigen aber auch, dass die Effizienzverbesserung immer einhergehen sollte mit einer Anhebung der Nutzerkosten. Zum einen, um die Rebound-Effekte auszugleichen, zum anderen aber auch, um Anreize für eine Verlagerung von Verkehr zu schaffen. Das Ausschöpfen der technischen Potenziale der Fahrzeuge ist zwar notwendig, aber nicht ausreichend, um das Klimaschutzziel bis 2030 zu erreichen.

Soll das Ziel wie in dem Szenario „Nutzerkosten & Verkehrsnachfrage“ fast ausschließlich durch Maßnahmen und Instrumente zur Verlagerung und Reduktion der Verkehrsnachfrage erreicht werden, so sind sehr starke Steigerungen der Nutzerkosten notwendig. Die Förderung von Alternativen allein reicht nicht aus.<sup>17</sup> Bei dem zur Erreichung des Klimaschutzziels notwendigen, deutlichen Erhöhung der Nutzerkosten spielen dann schnell nicht mehr nur Fragen der theoretischen Minderungspotenziale eine Rolle, sondern vielmehr, ob entsprechende Instrumente auf politische und gesellschaftliche Akzeptanz stoßen werden - und wie die Instrumente so ausgestaltet werden können, dass sie keine negativen sozialen Verteilungswirkungen haben.

Die Ergebnisse zum Szenario „Kraftstoffe“ haben verdeutlicht, dass ein „weiter wie bisher“ im Verkehr, mit einem steigenden Anteil an CO<sub>2</sub>-freien Kraftstoffen bei kaum sinkendem Endenergiebedarf, keine Lösung darstellt. Es ist unwahrscheinlich, dass die Mengen der CO<sub>2</sub>-freien Kraftstoffe, die dann im Jahr 2030 zur Erreichung des Klimaschutzziels notwendig wären, tatsächlich - nachhaltig - bereitgestellt werden könnten.

Welche allgemeinen Schlussfolgerungen lassen sich ziehen? Gibt es ein „bestes“ Maßnahmenpaket, um die Klimaschutzlücke zu schließen? Vermutlich wird es kaum gelingen, eine der drei Strategien (Effizienz der

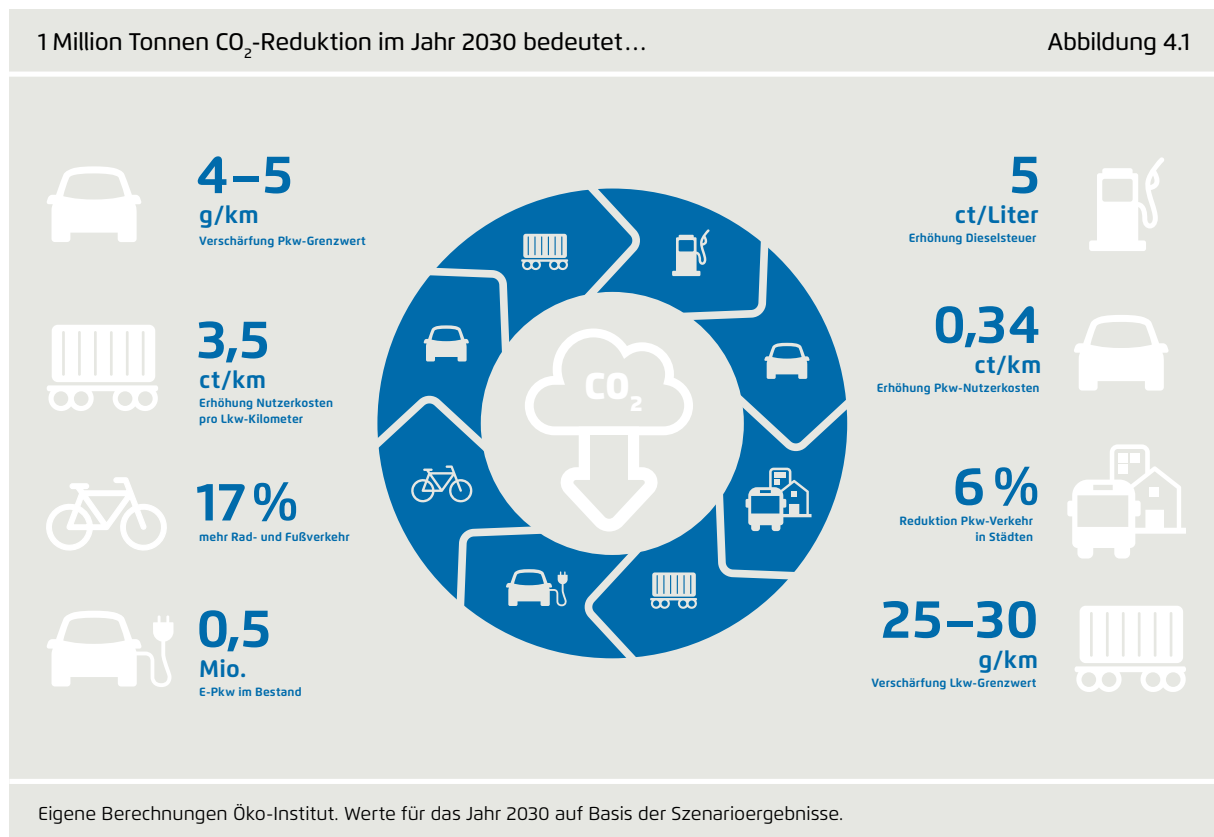
Fahrzeuge, Verlagerung, Kraftstoffe) so auszureizen, wie das in den drei Szenarien durchgespielt wurde. Letztlich wird die Verkehrswende nur über eine Kombination von Maßnahmen erreicht werden. Dabei erscheint es allerdings unumgänglich, die großen Hebel aus den Bereichen „Effizienz“ und „Nutzerkosten“ ambitioniert auszugestalten, damit die anvisierte CO<sub>2</sub>-Minderung um 40 bis 42 Prozent bis 2030 robust erreicht werden kann.

Vor dem Hintergrund der Klimaschutzziele von Paris und der verbindlichen Non-ETS-Ziele auf EU-Ebene sollte mitgedacht werden, welche Maßnahmen stärker wirken müssen, damit andere weniger stark wirken können, die ggf. politisch schwerer umzusetzen sind. Als ersten Ansatzpunkt für eine Maßnahmendiskussion zur Ausgestaltung des Klimaschutzplans könnte ein Art „Verkehrswendebausatz“ dienen. Die Abbildung 4.1 zeigt am Beispiel der im Rahmen dieser Studie berechneten Szenarien, mit welcher Maßnahme in welcher Ausprägung im Jahr 2030 eine Minderung von einer Million Tonnen CO<sub>2</sub> erreicht werden könnte. Es ist zu beachten, dass es zwischen den Maßnahmen und Instrumenten Wechselwirkungen gibt. Das bedeutet, in den meisten Fällen wird die THG-Wirkung eines Maßnahmenpakets niedriger liegen als die Summe der Einzelwirkungen.

Da nicht jede Maßnahme beliebig weit ausgereizt werden kann, ist eine geschickte Kombination der einzelnen Bausteine notwendig, um das Ziel bis 2030 zu erreichen. Enthalten sein müssen die europäischen Effizienzstandards für Pkw, leichte Nutzfahrzeuge und Lkw und eine damit ebenfalls einhergehende Elektrifizierung der Fahrzeuge. Um eine Verschiebung von CO<sub>2</sub>-Emissionen vom Verkehrs- auf den Energiesektor auszuschließen, ist eine weitere Dekarbonisierung des Stroms unverzichtbar. Notwendig ist nach Lage der Dinge aber auch die Dekarbonisierung von Kraftstoffen, wobei nachhaltig produzierte strombasierte Kraftstoffe voraussichtlich erst nach 2030 eine nennenswerte Rolle spielen können und das Prinzip „direkte Stromnutzung immer dann, wenn es möglich ist“ umgesetzt werden sollte.

Effizienzstandards sind eine notwendige, aber keine hinreichende Bedingung für das Schließen der Klimaschutzlücke. Zusätzlich sind in jedem Falle weitere,

<sup>17</sup> Zu diesem Ergebnis kommen auch weitere Studien, wie z. B. „Verkehrsinfrastruktur 2030“ für Baden-Württemberg (MVI 2017)



wirkmächtige nationale Maßnahmen zur Internalisierung externer Kosten des Verkehrs notwendig; dies ist in besonderem Maße geboten, weil die Digitalisierung die Kosten des Verkehrs deutlich senken kann. Die Bepreisung von Kraftstoffen (Cent/Liter), oder der Nutzung der Fahrzeuge (Cent/Kilometer) ist der zentrale Hebel zur Internalisierung der externen Kosten und um Anreize zu schaffen, auf umweltfreundliche Verkehrsträger umzusteigen. Dies kann Verteilungseffekte haben, die bei der zukünftigen Ausgestaltung der Instrumente berücksichtigt werden müssen. Für eine Verkehrsverlagerung reicht es nicht aus, nur die Kostenstrukturen zu verändern. Es muss immer gleichzeitig auch das Angebot des ÖV, Fuß- und Radverkehrs sowie des Schienengüterverkehrs deutlich verbessert werden. Hierbei geht es vor allem um ausreichende Investitionen in die Infrastruktur und den Betrieb des Umweltverbunds sowie um Maßnahmen, die die Lebensqualität in Städten verbessern.

# Literaturverzeichnis

**Agora Verkehrswende (2017):** Mit der Verkehrswende die Mobilität von morgen sichern. 12 Thesen zur Verkehrswende; Online verfügbar unter [https://www.agora-verkehrswende.de/fileadmin/Projekte/2017/12\\_Thesen/Agora-Verkehrswende-12-Thesen\\_WEB.pdf](https://www.agora-verkehrswende.de/fileadmin/Projekte/2017/12_Thesen/Agora-Verkehrswende-12-Thesen_WEB.pdf)

**Agora Verkehrswende, Agora Energiewende und Frontier Economics (2018):** Die zukünftigen Kosten strombasierter synthetischer Brennstoffe.

**Agora Verkehrswende (2018):** Die Fortschreibung der Pkw-CO<sub>2</sub>-Regulierung und ihre Bedeutung für das Erreichen der Klimaschutzziele im Verkehr; Online verfügbar unter <https://www.agora-verkehrswende.de/veroeffentlichungen/die-fortschreibung-der-pkw-co2-regulierung-und-ihre-bedeutung-fuer-das-erreichen-der-klimaschutzziel/>

**Alfen Consult (2014):** Alfen Consult GmbH; AVISO GmbH; Institut für Verkehrswissenschaft, Westfälische Wilhelms-Universität Münster 2. Ergänzungsberechnung zum Wegekostengutachten 2013 – 2017 Mautsatzberechnung als Grundlage für den „Entwurf eines Dritten Gesetzes zur Änderung des Bundesfernstraßenmautgesetzes“; 2014

**Allianz pro Schiene (2016):** Allianz pro Schiene. Marktanteil der Güterbahnen in Deutschland. URL: <https://www.allianz-pro-schiene.de/wp-content/uploads/2015/08/160122-Marktanteil-G%C3%BCterbahnen-DE-2003-2015.pdf>. Letzter Zugriff am: 19.06.2018.

**APK 2017:** Umsetzung Aktionsprogramm Klimaschutz 2020 – Begleitung der Umsetzung der Maßnahmen des Aktionsprogramms, 1. Quantifizierungsbericht (2016). Öko-Institut, Fraunhofer ISI. Im Auftrag des BMUB.

**Baldino, C., Tietge, U., Muncrief, R., Bernard, Y., Mock, P. (2017):** Road tested: Comparative overview of real-world versus type-approval NO<sub>x</sub> and CO<sub>2</sub> emissions from diesel cars in Europe; International Council on Clean Transportation (ICCT); White Paper, September 2017; Online verfügbar unter <http://www.theicct.org/road-tested-sep2017>

**Bastian, Anne; Börjesson, Maria; Eliasson, Jonas (2016):** Explaining “peak car” with economic variables. In: Transportation Research Part A: Policy and Practice 88, S. 236–250. DOI: 10.1016/j.tra.2016.04.005.

**Berschin, Felix; Eilmes, Berit; Karl, Astrid; Pasold, Stephanie (2012):** Evaluierung des übrigen Öffentlichen Personennahverkehrs im Land Brandenburg. Abschlussbericht für Ministerium für Infrastruktur und Landwirtschaft (MIL) des Landes Brandenburg. Hg. v. KCW GmbH und Nahverkehrberatung Südwest, zuletzt geprüft am 09.05.2017.

**BMU (2018):** BMUB-PM: Klimabilanz 2017: Emissionen gehen leicht zurück; Online verfügbar unter <https://www.bmu.de/pressemitteilung/klimabilanz-2017-emissionen-gehen-leicht-zurueck/>

**BMVI (2011):** Verkehrssicherheitsprogramm 2011 des BMVI; Online verfügbar unter [http://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Publikationen/LA/verkehrssicherheitsprogramm-2011.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](http://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Publikationen/LA/verkehrssicherheitsprogramm-2011.pdf?__blob=publicationFile)

**BMVI (2014):** Berechnung der Wegekosten für das Bundesfernstraßennetz sowie der externen Kosten nach Maßgabe der Richtlinie 1999/62/EG für die Jahre 2013 bis 2017, Berlin.

**BMVI (2017):** Statistisches Handbuch „Verkehr in Zahlen“; 46. Jahrgang; herausgegeben durch das BMVI 2017; Online verfügbar unter [http://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Publikationen/G/verkehr-in-zahlen-pdf-2017-2018.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](http://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Publikationen/G/verkehr-in-zahlen-pdf-2017-2018.pdf?__blob=publicationFile)

**BMW Group (2017):** BMW Group. Statement and Presentation by Harald Krüger, Chairman of the Board of Management of BMW AG, Annual Accounts Press Conference 2017, 21.03.2017. Online verfügbar unter <https://www.press.bmwgroup.com/global/article/detail/T0268845EN/statement-and-presentation-by-harald-krueger-chairman-of-the-board-of-management-of-bmw-ag-annual-accounts-press-conference-2017?language=en>. Letzter Zugriff am 16.01.2018.

**Bormann, René; Ball, Mira; Bracher, Tilman; Gies, Jürgen; Hartmann, Sebastian; Henckel, Susanne et al. (2015):**

Optimierung oder Neugestaltung? Zwei Szenarien einer zukünftigen Finanzierung des ÖPNV. Hg. v. Friedrich-Ebert-Stiftung (FES). Bonn (WISO-Diskurs).

**Bundesregierung der Bundesrepublik Deutschland**

**(BReg) (2017):** Projektionsbericht 2017 für Deutschland, gemäß Verordnung (EU) Nr. 525/2013. Online verfügbar unter [http://cdr.eionet.europa.eu/de/eu/mmr/art04-13-14\\_lcds\\_pams\\_projections/projections/envwqc4\\_g/170426\\_PB\\_2017\\_-\\_final.pdf](http://cdr.eionet.europa.eu/de/eu/mmr/art04-13-14_lcds_pams_projections/projections/envwqc4_g/170426_PB_2017_-_final.pdf), zuletzt geprüft am 09.05.2017.

**CDU; CSU; SPD (2018):** CDU; CSU; SPD. Ein neuer Aufbruch für Europa. Eine neue Dynamik für Deutschland. Ein neuer Zusammenhalt für unser Land. Koalitionsvertrag zwischen CDU, CSU und SPD.

**Daimler (2017):** Daimler AG. Drittes Kompetenzzentrum für EQ-Modelle in Deutschland: Mercedes-Benz Werk Rastatt produziert künftig kompakte Elektrofahrzeuge der Produkt- und Technologiemarke EQ. 29.05.2017, Rastatt. Online verfügbar unter <http://media.daimler.com/marsMediaSite/de/instance/ko/Drittes-Kompetenzzentrum-fuer-EQ-Modelle-in-Deutschland-Mercedes-Benz-Werk-Rastatt-produziert-kuenftig-kompakte-Elektrofahrzeuge-der-Produkt-und-Technologiemarke-EQ.xhtml?oid=17539966>. Letzter Zugriff am 16.01.2017.

**Delgado, O.; Rodríguez, F.; Muncrief, R. (2017):** Fuel efficiency technology in European heavy-duty vehicles: Baseline and potential for the 2020–2030 timeframe. International Council on Clean Transportation (ICCT); White Paper, July 2017; Online verfügbar unter <https://www.theicct.org/publications/fuel-efficiency-technology-european-heavy-duty-vehicles-baseline-and-potential-2020>

**Diekmann L., Gerhards E., Klinski, S., Meyer B., Schmidt S., Thöne M. (2011):** Steuerliche Behandlung von Firmenwagen in Deutschland; Finanzwissenschaftliches Forschungsinstitut an der Universität zu Köln; FiFo-Berichte Nr. 13, Köln

**Doll, Claus; Hartwig, Johannes; Senger, Florian; Schade, Wolfgang; Maibach, Markus; Sutter, Daniel et al. (2013):**

Wirtschaftliche Aspekte nichttechnischer Maßnahmen zur Emissionsminderung im Verkehr. Hg. v. Umweltbundesamt (UBA). Fraunhofer Institut für System- und Innovationstechnik (ISI); Infrac; Institut für Energie- und Umweltforschung (IFEU). Dessau-Roßlau. Online verfügbar unter [http://www.isi.fraunhofer.de/isi-wAssets/docs/n/de/publikationen/Nichttechnische\\_Massnahmen\\_im\\_Verkehr.pdf](http://www.isi.fraunhofer.de/isi-wAssets/docs/n/de/publikationen/Nichttechnische_Massnahmen_im_Verkehr.pdf), zuletzt geprüft am 29.09.2016.

**Dornoff, J.; Miller, J.; Mock, P.; Tietge, U. (2018):** The European Commission regulatory proposal for post-2020 CO<sub>2</sub> targets for cars and vans: A summary and evaluation; International Council on Clean Transportation (ICCT); Briefing Paper, January 2018. Online verfügbar unter <https://www.theicct.org/publications/ec-proposal-post-2020-co2-targets-briefing-20180109>

**European Commission (2015):** Tax Reforms in EU Member States, 2015 Report, Online verfügbar unter: [https://ec.europa.eu/taxation\\_customs/sites/taxation/files/resources/documents/taxation/gen\\_info/economic\\_analysis/tax\\_papers/taxation\\_paper\\_58.pdf](https://ec.europa.eu/taxation_customs/sites/taxation/files/resources/documents/taxation/gen_info/economic_analysis/tax_papers/taxation_paper_58.pdf).

**European Conference of Ministers of Transport (ECMT) (2006):** Speed Management. ISBN 92-821-0377-3. OECD Publications, 2, rue André-Pascal, 75775 Paris Cedex 16

**European Environment Agency (EEA) (2016):** Monitoring CO<sub>2</sub> emissions from new passenger cars and vans in 2015, EEA Report No 27/2016. Online verfügbar unter <https://www.eea.europa.eu/publications/monitoring-co2-emissions-from>.

**European Transport Safety Council (2008):** German Autobahn: The Speed Limit Debate. Brussels (ETSC Speed Fact Sheet, 1).

**Eurostat (2013):** Taxation Trends in the European Union, Data for the EU Member States, Iceland and Norway, Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2013.

**Farmer, Charles M. (2017):** Relationship of traffic fatality rates to maximum state speed limits. In: Traffic Injury Prevention 18 (4), S. 375–380.



**Fronde, M.; Vance, C. (2018):** Drivers' response to fuel taxes and efficiency standards. Evidence from Germany. In: *Transportation* 45 (3), S. 989–1001. DOI: 10.1007/s11116-017-9759-1.

**Gibson, G., et al. (2015):** Evaluation of Regulations 443–2009 and 510–2011 on CO<sub>2</sub> emissions from light-duty emissions – Final Report; Ricardo-AEA and Transport and Environmental Policy Research, TEPR; April 2015; Online verfügbar unter [https://ec.europa.eu/clima/sites/clima/files/transport/vehicles/docs/evaluation\\_ldv\\_co2\\_regs\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/clima/sites/clima/files/transport/vehicles/docs/evaluation_ldv_co2_regs_en.pdf)

**Gössling, Stefan; Choi, Andy S. (2015):** Transport transitions in Copenhagen: Comparing the cost of cars and bicycles. In: *Ecological Economics* 113, S. 106–113.

**Gotschi, Thomas (2011):** Costs and Benefits of Bicycling Investments in Portland, Oregon. In: *Journal of Physical Activity and Health* 8, S. 49–58.

**Hautzinger, H.; Mayer, K.; Helms, M.; Kern, C.; Wiesenhütter, M.; Haag, G.; Binder, J. (2004):** Analyse von Änderungen des Mobilitätsverhaltens - insbesondere der Pkw-Fahrleistung - als Reaktion auf geänderte Kraftstoffpreise. des Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, Bonn.

**HM Revenue & Customs (2016):** booklet 480(2017). Expenses and benefits: A tax guide. Online verfügbar unter [https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/585099/480\\_\\_2016\\_\\_12\\_16.pdf](https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/585099/480__2016__12_16.pdf), zuletzt geprüft am 02.08.2017.

**ICCT – International Council on Clean Transportation (2017):** The European commission's renewable energy proposal for 2030 (POLICY UPDATE January 2017).

**ICCT (2018).** Chart library: Passenger vehicle fuel economy: International Council on Clean Transportation (ICCT). Resource collection; Online verfügbar unter <https://www.theicct.org/chart-library-passenger-vehicle-fuel-economy>

**Intraplan; BVU (2014):** Intraplan Consult GmbH; BVU Beratergruppe Verkehr+Umwelt GmbH. Verkehrsverflechtungsprognose 2030. Zusammenfassung der Ergebnisse. Im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur.

**Jong, Gerard de; Schroten, Arno; van Essen, Huib; Otten, Matthijs; Bucci, Pietro (2010):** Price sensitivity of European road freight transport – towards a better understanding of existing results. significance; CE Delft

**KiD (2010):** Mobilitätsstudie „Kraftfahrzeugverkehr in Deutschland 2010“; im Auftrag des Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung; April 2012

**KfW (2017):** Deutschland – Land der Autofahrer: Wie steht die Bevölkerung zur Verkehrswende? Online verfügbar unter <https://www.kfw.de/PDF/Download-Center/Konzernthemen/Research/PDF-Dokumente-Fokus-Volkswirtschaft/Fokus-2017/Fokus-Nr.-187-November-2017-Verkehrsbefragung.pdf>, zuletzt geprüft am 23.01.2018.

**Kommission der Europäischen Gemeinschaften (KOM) (2009):** Mitteilung der Kommission an das europäische Parlament, den Rat, den europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen, Aktionsplan Urbane Mobilität. Online verfügbar unter: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:52009DC0490&from=EN>.

**Litman, Todd (2013):** Transport Elasticities: Impacts on Travel Behaviour. Understanding Transport Demand to Support Sustainable Travel Behaviour. Sustainable Urban Transport Technical Document # 1. Hg. v. Deutsche Gesellschaft für internationale Zusammenarbeit (GIZ). Online verfügbar unter <http://www.transport-indonesia.org/Web-Publications/A%20giz2013-0280en-transport-elasticity.pdf>, zuletzt geprüft am 19.06.2017.

**Litman, Todd (2016):** Transit Price Elasticities and Cross-Elasticities. Hg. v. Victoria Transport Policy Institute, zuletzt geprüft am 12.07.2016.

**Meszler, D., Delgado, O., Rodríguez, F., Muncrief, R. (2018):** EU HDVs: Cost effectiveness of fuel efficiency technologies for long-haul tractor-trailers in the 2025-2030 timeframe; International Council on Clean Transportation (ICCT); White Paper, January 2018; Online verfügbar unter <https://www.theicct.org/publications/cost-effectiveness-of-fuel-efficiency-tech-tractor-trailers>

**Mock, P., (2017):** 2020-2030 CO<sub>2</sub> standards for new cars and light-commercial vehicles in the European Union. International Council on Clean Transportation (ICCT); Briefing Paper, October 2017; Online verfügbar unter <https://www.theicct.org/publications/2020-2030-co2-standards-eu-cars-lcvs-20171026>

**Muncrief, R. (2017):** Shell game? Debating real-world fuel consumption trends for heavy-duty vehicles in Europe; International Council on Clean Transportation (ICCT); Blog Post, April 2017; Online verfügbar unter <https://www.theicct.org/blogs/staff/debating-EU-HDV-real-world-fuel-consumption-trends>

**Muncrief, R., & Rodríguez, F. (2017):** A roadmap for heavy-duty engine CO<sub>2</sub> standards within the European Union framework; The International Council on Clean Transportation; Online verfügbar unter <http://www.theicct.org/publications/roadmap-heavy-duty-engine-co2-standards-within-european-union-framework>

**MVI (2017):** Verkehrsinfrastruktur 2030: Ein Klimaschutzszenario für Baden-Württemberg; Online verfügbar unter [https://vm.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-mvi/intern/Dateien/Broschueren/Klimaschutzszenario\\_10-2017\\_web.pdf](https://vm.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-mvi/intern/Dateien/Broschueren/Klimaschutzszenario_10-2017_web.pdf)

**Næss-Schmidt S, M. Winiarczyk (2009):** Company car taxation. Subsidies, welfare and environment; Copenhagen Economics, European Commission Taxud Taxation Papers; Working Paper No. 22, Luxemburg

**Öko-Institut (2013):** Treibhausgasneutraler Verkehr 2050: Ein Szenario zur zunehmenden Elektrifizierung und dem Einsatz stromerzeugter Kraftstoffe im Verkehr. Studie im Auftrag des Umweltbundesamtes, Berlin.

**Öko-Institut (2016):** Renewability III: Optionen einer Dekarbonisierung des Verkehrssektors; Öko-Institut, DLR, ifeu, INFRAS; im Auftrag des BMUB, Berlin 2016

**Öko-Institut (2017):** Mobiles Baden-Württemberg; Öko-Institut, ISOE, IMU INstitut Fraunhofer IAO; Studie im Auftrag der Stiftung Baden-Württemberg, Online verfügbar unter [https://www.bwstiftung.de/fileadmin/Mediendatenbank\\_DE/BW\\_Stiftung/Programme\\_Dateien/Bildung/Nachhaltige\\_Entwicklung/Mobiles\\_Baden-Wuerttemberg/BWS\\_SR\\_MobilesBW\\_A4\\_web\\_interaktiv.pdf](https://www.bwstiftung.de/fileadmin/Mediendatenbank_DE/BW_Stiftung/Programme_Dateien/Bildung/Nachhaltige_Entwicklung/Mobiles_Baden-Wuerttemberg/BWS_SR_MobilesBW_A4_web_interaktiv.pdf)

**Potter, S., A. Atchulo (2013):** A review of ten years of CO<sub>2</sub>-based Company Car Taxation: impact and potential; UTSG; January 2013 Oxford

**Puigarnau, Eva Gutierrez; van Ommeren, Jos (2009):** Welfare Effects of Distortionary Company Car Taxation (Tinbergen Institute Discussion Paper, No. 00-080/3), zuletzt geprüft am 28.09.2017.

**Rodríguez, F. (2017):** Certification of CO<sub>2</sub> emissions and fuel consumption of on-road heavy-duty vehicles in the European Union; International Council on Clean Transportation (ICCT); Policy Update, August 2017; Online verfügbar unter <https://www.theicct.org/publications/certification-co2-emissions-and-fuel-consumption-road-heavy-duty-vehicles-european>

**Scholz, Th.; Schmallowsky, A.; Wauer, T. (2007):** Auswirkungen eines allgemeinen Tempolimits auf Autobahnen im Land Brandenburg. Schlothauer & Wauer Ingenieurgesellschaft für Straßenwesen; Landesbetrieb Straßenwesen Brandenburg.

**Sharpe, B.; Lutsey, N.; Delgado, O.; Muncrief, R. (2016):** U.S. efficiency and greenhouse gas emission regulations for model year 2018-2027 heavy-duty vehicles, engines, and trailers. International Council on Clean Transportation (ICCT); Policy Update, August 2016; Online verfügbar unter <https://www.theicct.org/publications/us-efficiency-and-greenhouse-gas-emission-regulations-model-year-2018-2027-heavy-duty>

**Tietge, U.; Mock, P.; German, P.; Bandivadekar, A.; Ligterink, N. (2017):** From laboratory to road: A 2017 update; International Council on Clean Transportation (ICCT); White Paper, November 2017; Online verfügbar unter <http://www.theicct.org/publications/laboratory-road-2017-update>

**Umweltbundesamt (UBA) (1999):** Gohlisch, G., Malow, M., et al.: Umweltwirkungen von Geschwindigkeitsbeschränkungen, UBA-Texte 40/99, Juni 1999  
**Umweltbundesamt (UBA) (2010):** Pkw-Maut in Deutschland? Eine umwelt- und verkehrspolitische Bewertung, Dessau-Roßlau.

**Umweltbundesamt (UBA) (2010):** Pkw-Maut in Deutschland? Eine umwelt- und verkehrspolitische Bewertung, Dessau-Roßlau.

**Umweltbundesamt (UBA) (2012) aktualisierte Fassung Februar 2014:** Best-Practice-Kostensätze für Luftschadstoffe, Verkehr, Strom- und Wärmeerzeugung – Anhang B der „Methodenkonvention 2.0 zur Schätzung von Umweltkosten“, Dessau-Roßlau.

**Umweltbundesamt (UBA) (2015):** Maut für Deutschland: Jeder Kilometer zählt. Der Beitrag einer Lkw-, Bus- und Pkw-Maut zu einer umweltorientierten Verkehrsinfrastrukturfinanzierung (ISSN 2363-829). Online verfügbar unter [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/maut\\_fuer\\_deutschland\\_jeder\\_kilometer\\_zaeHLT\\_web.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/maut_fuer_deutschland_jeder_kilometer_zaeHLT_web.pdf).

**Umweltbundesamt (UBA) (2016a):** Schwerpunkte 2016, Jahrespublikation des Umweltbundesamtes; Online verfügbar unter [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/2546/publikationen/sp2016\\_web.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/2546/publikationen/sp2016_web.pdf)

**Umweltbundesamt (UBA) (2016b):** Finanzierung einer nachhaltigen Güterverkehrsinfrastruktur; INFRAS und Fraunhofer ISI im Auftrag des Umweltbundesamtes; 2016.

**Umweltbundesamt (UBA) (2017):** Umweltbundesamt. Klimabilanz 2016: Verkehr und kühle Witterung lassen Emissionen steigen. Pressemitteilung Nr. 09/2017 vom 20.03.2017. Online verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/presse/pressemitteilungen/klimabilanz-2016-verkehr-kuehle-witterung-lassen>.

**Umweltbundesamt (UBA) und Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) (2018):** Gemeinsame Pressemitteilung von Umweltbundesamt und Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit, Klimabilanz 2017: Emissionen gehen leicht zurück Niedrigere Emissionen im Energiebereich, höhere im Verkehrssektor, 23.03.2018. Online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/presse/pressemitteilungen/klimabilanz-2017-emissionen-gehen-leicht-zurueck>

**VW (2016):** Volkswagen AG. New Group Strategy adopted: Volkswagen Group to become a world-leading provider of sustainable mobility. Online verfügbar unter <https://www.volkswagenag.com/en/news/2016/6/2025.html>. Letzter Zugriff am: 16.01.2018.

**Walsh (2018):** Walsh, Luke. RED II agreement on bioenergy and biofuel use confirmed. URL: <https://www.endswasteandbioenergy.com/article/1485053/red-ii-agreement-bioenergy-biofuel-use-confirmed>. Letzter Zugriff am: 18.06.2018.

**Wolfram, P.; German, J.; Mock, P.; Tietge, U. (2016):** Deployment of passenger car technology in Europe and the United States; International Council on Clean Transportation (ICCT); Working Paper, October 2016; Online verfügbar unter <http://www.theicct.org/EU-and-US-PV-technology-deployment>



**Agora Verkehrswende hat zum Ziel, gemeinsam mit Akteuren aus Politik, Wirtschaft, Wissenschaft und Zivilgesellschaft die Grundlagen dafür zu schaffen, dass der Verkehrssektor in Deutschland bis 2050 dekarbonisiert werden kann. Hierfür erarbeiten wir Klimaschutzstrategien und unterstützen deren Umsetzung.**

**Agora Verkehrswende**

Anna-Louisa-Karsch-Str. 2 | 10178 Berlin

T +49 (0)30 700 14 35-000

F +49 (0)30 700 14 35-129

[www.agora-verkehrswende.de](http://www.agora-verkehrswende.de)

[info@agora-verkehrswende.de](mailto:info@agora-verkehrswende.de)

