

Studie

---

# Zielpfade Verkehr 2030

---

Analyse von politischen Maßnahmen zur Erreichung der Klimaschutzziele im Verkehr



Studie

---

# Zielpfade Verkehr 2030

---

Analyse von politischen Maßnahmen zur Erreichung der  
Klimaschutzziele im Verkehr

**Projektnummer**

B100741

**Von**

Alex Auf der Maur  
Tim Trachsel

**Im Auftrag von**

Transport & Environment (T&E) Deutschland

Februar 2022

# Das Unternehmen im Überblick

## Prognos – wir geben Orientierung.

Wer heute die richtigen Entscheidungen für morgen treffen will, benötigt gesicherte Grundlagen. Prognos liefert sie – unabhängig, wissenschaftlich fundiert und praxisnah. Seit 1959 erarbeiten wir Analysen für Unternehmen, Verbände, Stiftungen und öffentliche Auftraggeber. Nah an ihrer Seite verschaffen wir unseren Kunden den nötigen Gestaltungsspielraum für die Zukunft – durch Forschung, Beratung und Begleitung. Die bewährten Modelle der Prognos AG liefern die Basis für belastbare Prognosen und Szenarien. Mit rund 180 Expertinnen und Experten ist das Unternehmen an neun Standorten vertreten: Basel, Berlin, Bremen, Brüssel, Düsseldorf, Freiburg, Hamburg, München und Stuttgart. Die Projektteams arbeiten interdisziplinär, verbinden Theorie und Praxis, Wissenschaft, Wirtschaft und Politik. Unser Ziel ist stets das eine: Ihnen einen Vorsprung zu verschaffen, im Wissen, im Wettbewerb, in der Zeit.

### Geschäftsführer

Christian Böllhoff

### Rechtsform

Aktiengesellschaft nach schweizerischem Recht;  
Sitz der Gesellschaft: Basel

### Präsident des Verwaltungsrates

Dr. Jan Giller

Handelsregisternummer

CH-270.3.003.262-6

### Handelsregisternummer

CH-270.3.003.262-6

### Gründungsjahr

1959

### Mehrwertsteuernummer/UID

CH-107.308.511

### Arbeitsprachen

Deutsch, Englisch, Französisch

---

### Hauptsitz

#### Prognos AG

St. Alban-Vorstadt 24  
4052 Basel | Schweiz  
Tel.: +41 61 3273-310  
Fax: +41 61 3273-300

#### Prognos AG

Résidence Palace, Block C  
Rue de la Loi 155  
1040 Brüssel | Belgien  
Tel: +32 280 89-947

#### Prognos AG

Hermannstraße 13  
(c/o WeWork)  
20095 Hamburg | Deutschland  
Tel.: +49 40 554 37 00-28

### Weitere Standorte

#### Prognos AG

Goethestr. 85  
10623 Berlin | Deutschland  
Tel.: +49 30 5200 59-210  
Fax: +49 30 5200 59-201

#### Prognos AG

Werdener Straße 4  
40227 Düsseldorf | Deutschland  
Tel.: +49 211 913 16-110  
Fax: +49 211 913 16-141

#### Prognos AG

Nymphenburger Str. 14  
80335 München | Deutschland  
Tel.: +49 89 954 1586-710  
Fax: +49 89 954 1586-719

#### Prognos AG

Domshof 21  
28195 Bremen | Deutschland  
Tel.: +49 421 845 16-410

#### Prognos AG

Heinrich-von-Stephan-Str. 17  
79100 Freiburg | Deutschland  
Tel.: +49 761 766 1164-810  
Fax: +49 761 766 1164-820

#### Prognos AG

Eberhardstr. 12  
70173 Stuttgart | Deutschland  
Tel.: +49 711 3209-610  
Fax: +49 711 3209-609

---

info@prognos.com | www.prognos.com | www.twitter.com/prognos\_ag

---

# Inhaltsverzeichnis

---

Tabellenverzeichnis	VI	
Abbildungsverzeichnis	VI	
Abkürzungsverzeichnis	VIII	
Zusammenfassung	X	
Executive Summary	XI	
<b>1</b>	<b>Allgemein</b>	<b>1</b>
1.1	Die Klimaziele des Verkehrssektors in Deutschland	1
1.2	Entwicklung und Status quo	1
<b>2</b>	<b>Referenzszenario: KSP+</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Verkehrsnachfrage in den Zielpfaden</b>	<b>5</b>
3.1	Personenverkehr	5
3.2	Güterverkehr	5
<b>4</b>	<b>EU-CO<sub>2</sub>-Flottengrenzwerte</b>	<b>7</b>
4.1	Pkw und leichte Nutzfahrzeuge	7
4.2	Schwere Nutzfahrzeuge	8
<b>5</b>	<b>Pfad 1: CO<sub>2</sub>-Pfad</b>	<b>9</b>
5.1	Politische Maßnahmen	9
5.2	Pkw-Antriebsstruktur	10
5.3	Antriebsstruktur bei schweren Nutzfahrzeugen	12
5.4	Treibhausgas-Emissionen	14
<b>6</b>	<b>Pfad 2: Maßnahmenmix</b>	<b>16</b>
6.1	Politische Maßnahmen	16
6.2	Pkw-Antriebsstruktur	22
6.3	Antriebsstruktur bei schweren Nutzfahrzeugen	23

6.4	Treibhausgas -Emissionen	25
<b>7</b>	<b>Energiebedarfe und E-Fuel-Sensitivität</b>	<b>26</b>
7.1	Vergleich Endenergieverbrauch	26
7.2	Vergleich Stromverbrauch	27
7.3	E-Fuel-Sensitivität	29
<b>8</b>	<b>Fazit</b>	<b>30</b>
Anhang		X
Quellen		XII
Impressum		XIV

---

## Tabellenverzeichnis

---

Tabelle 1:	Flottengrenzwerte für Pkw und leichte Nutzfahrzeuge	7
Tabelle 2:	Flottengrenzwerte für schwere Nutzfahrzeuge	8
Tabelle 3:	Anpassung der Dienstwagensteuer	20
Tabelle 4:	Sensitivitätsrechnung für 55 PJ E-Fuels im Verkehr im Jahr 2030	29

---

## Abbildungsverzeichnis

---

Abbildung 1:	THG-Emissionen im nationalen Verkehr in Deutschland	2
Abbildung 2:	Personenverkehrsleistung nach Verkehrsträger	5
Abbildung 3:	Güterverkehrsleistung nach Verkehrsträger	6
Abbildung 4:	Reale CO <sub>2</sub> -Preisentwicklung in den Pfaden	10
Abbildung 5:	Reale Kraftstoffpreisentwicklung in den Pfaden	10
Abbildung 6:	CO <sub>2</sub> -Pfad: Pkw-Neuzulassungen nach Antrieb	11
Abbildung 7:	CO <sub>2</sub> -Pfad: Pkw-Bestand nach Antrieb	12
Abbildung 8:	CO <sub>2</sub> -Pfad: Neuzulassungen bei schweren Nutzfahrzeugen nach Antrieb	13
Abbildung 9:	CO <sub>2</sub> -Pfad: Fahrleistung bei schweren Nutzfahrzeugen nach Antrieb	14
Abbildung 10:	CO <sub>2</sub> -Pfad: THG-Emissionen im nationalen Verkehr nach Verkehrsweig	15
Abbildung 11:	Progression des Malus in ausgewählten Jahren	17
Abbildung 12:	Jährliche Nettoeinnahmen aus dem Bonus-Malus-System	18

Abbildung 13:	Progression der CO <sub>2</sub> -Komponente der Kfz-Steuer	19
Abbildung 14:	Pfad Maßnahmenmix: Neuzulassungen nach Nutzertyp und Antrieb im Maßnahmenmix	21
Abbildung 15:	Pfad Maßnahmenmix: Pkw-Neuzulassungen nach Antrieb	22
Abbildung 16:	Pfad Maßnahmenmix: Pkw-Bestand nach Antrieb	23
Abbildung 17:	Pfad Maßnahmenmix: Neuzulassungen bei schweren Nutzfahrzeugen nach Antrieb	24
Abbildung 18:	Pfad Maßnahmenmix: Fahrleistung bei schweren Nutzfahrzeugen nach Antrieb	24
Abbildung 19:	Pfad Maßnahmenmix: THG-Emissionen im nationalen Verkehr nach Verkehrszweig	25
Abbildung 20:	Endenergieverbrauch nach Energieträger in den beiden untersuchten Pfaden	27
Abbildung 21:	Stromverbrauch nach Verkehrszweig in den beiden untersuchten Pfaden	28
Abbildung 22:	Antriebsstruktur der Neuzulassungen nach Pkw-Segmenten	XI

---

## Abkürzungsverzeichnis

---

BEHG	Brennstoffemissionshandelsgesetz
BEV	Battery Electric Vehicle (batteriebetriebene Elektrofahrzeuge)
BMF	Bundesministerium der Finanzen
BNEF	BloombergNEF
CNG	Compressed Natural Gas (verdichtetes Erdgas)
CO <sub>2</sub>	Kohlenstoffdioxid
CO <sub>2</sub> eq	Kohlenstoffdioxid-Äquivalente
ct	Eurocent
E-Fuels	aus erneuerbaren Energien hergestellte Kraftstoffe
E-Pkw	Elektro-Personenkraftwagen (BEV, PHEV und FCV zusammen)
EU	Europäische Union
EUR	Euro
FCV	Fuel Cell Vehicle (Brennstoffzellenfahrzeug)
g	Gramm
Kfz	Kraftfahrzeug
km/h	Kilometer pro Stunde
KSG	Bundes-Klimaschutzgesetz
KSP	Klimaschutzprogramm 2030
kWh	Kilowattstunde
l	Liter
Lkw	Lastkraftwagen
LNG	Liquefied Natural Gas (Flüssiggas)
MENA	Middle East & North Africa (Nahost und Nordafrika)
MINEFI	Ministère de l'économie des finances
Mio.	Million
MIV	motorisierter Individualverkehr
Mrd.	Milliarde
Mt	Megatonne
Mtoe	Megatonnen Öleinheiten

n. a.	not available (nicht verfügbar)
NECP	Nationaler Energie- und KlimaplanNPM      Nationale Plattform Mobilität
O-Lkw	Oberleitungs-Lastkraftwagen
PHEV	Plug-in Hybrid Electric Vehicle (Fahrzeug mit hybridem Antrieb aus Elektro- und Verbrennungsmotor)
PJ	Petajoule
pkm	Personenkilometer
Pkw	Personenkraftwagen
t	Tonne
TWh	Terawattstunde
T&E	Transport & Environment
TCO	Total Cost of Ownership
THG	Treibhausgas
tkm	Tonnenkilometer
UBA	Umweltbundesamt
WLTP	Worldwide Harmonized Light Duty Test Procedure (weltweit einheitliches Prüfverfahren für Kraftstoffverbrauch und Abgasemissionen von Fahrzeugen)

---

## Zusammenfassung

---

Die Reduktion der Treibhausgas-Emissionen (THG-Emissionen) gehört zu den zentralen Aufgaben unserer Zeit und stellt eine große gesellschaftliche und politische Herausforderung dar. Im Sektor Verkehr bedeutet Klimaschutz einen bewussten Umgang mit der Mobilität, einen Wechsel auf klimaschonende Verkehrsträger und Technologien sowie ein konsequentes Handeln aller Akteure beim Umstieg von fossilen auf erneuerbare Energien. Deutschland hat sich zu seiner Verantwortung für den Klimaschutz bekannt und ist internationale Verpflichtungen eingegangen, gemäß denen die THG-Emissionen zu reduzieren sind. Das Bundes-Klimaschutzgesetz (KSG) wurde 2021 verschärft und sieht nun vor, die Emissionsreduktion zu beschleunigen – von minus 55 Prozent auf minus 65 Prozent bis zum Jahr 2030 gegenüber 1990 – und die THG-Neutralität bereits im Jahr 2045 zu erreichen. Für den Sektor Verkehr wurden die Zielvorgaben ebenfalls verschärft: Die 164 Megatonnen (Mt) Kohlenstoffdioxid-Äquivalente (CO<sub>2</sub>eq) des Ausgangsjahres 1990 sind um 48 Prozent auf 85 Mt CO<sub>2</sub>eq im Jahr 2030 zu reduzieren. Mit welchen politischen Maßnahmen dieses Ziel erreicht werden kann, ist die zentrale Fragestellung der vorliegenden Studie.

Die Entwicklung der THG-Emissionen im Sektor Verkehr wird bis zum Jahr 2030 in zwei Pfaden untersucht. Beim CO<sub>2</sub>-Pfad wird durch politische Maßnahmen die fossile Mobilität verteuert und so primär die Nachfrage gesteuert. Beim Klimapfad Maßnahmenmix wird ebenfalls mit politischen Mitteln ein Anreiz gesetzt, in klimafreundliche Technologien zu investieren – die Maßnahmen sind allerdings breiter angelegt und betreffen sowohl die Hersteller (Angebot) als auch die Konsumierenden (Nachfrage).

Grundsätzlich können beide Politikansätze eine substantielle Senkung der Emissionen bewirken. Beim CO<sub>2</sub>-Pfad ist allerdings eine starke Erhöhung der Kraftstoffpreise erforderlich, um bis zum Jahr 2030 die Emissionen in dem geforderten Maße zu reduzieren. Bei dieser modellgestützten Analyse wird angenommen, dass der CO<sub>2</sub>-Preis bis auf 210 Euro (EUR) pro Tonne (t) im Jahr 2025 und auf 450 EUR/t im Jahr 2030 erhöht wird, um in die Nähe der im KSG definierten Zielwerte zu kommen.

Beim Pfad Maßnahmenmix wird unterstellt, dass verschiedene politische Maßnahmen verschärft werden. Diese Verschärfungen umfassen unter anderem die Erhöhung der Dienstwagen- und der Kraftfahrzeugsteuer (Kfz-Steuer). Die europäischen Flottengrenzwerte für Pkw und Lkw werden weit über das Niveau des CO<sub>2</sub>-Pfades angehoben. Zusätzlich wird angenommen, dass ein Tempolimit von 130 Kilometer pro Stunde (km/h) auf Bundesautobahnen sowie Emissionsfreie Innenstädte für die fünf größten deutschen Metropolen eingeführt wird. Um den Finanzhaushalt zu entlasten, wird außerdem das bestehende Fördersystem aus Umwelt- und Innovationsprämie ab dem Jahr 2023 auf ein Bonus-Malus-System umgestellt.

Eine Reduktion der THG-Emissionen um 48 Prozent oder knapp 80 Millionen (Mio.) t in den nächsten rund acht Jahren ist äußerst ambitioniert und kann nur gelingen, wenn zeitnah die Weichen dafür gestellt werden. Durch die Elektrifizierung des Straßenverkehrs können dessen Energieeffizienz erhöht und gleichzeitig die Mobilitätsbedürfnisse der Konsumierenden befriedigt werden. Mit mutig ausgestalteten Politikinstrumenten kann der Hochlauf der Elektromobilität in Deutschland deutlich beschleunigt werden, sodass auch im Verkehr die Zielvorgaben für das Jahr 2030 erreicht werden, so das Ergebnis der Modellierungen beim Pfad Maßnahmenmix.

---

## Executive Summary

---

The reduction of greenhouse gas (GHG) emissions is one of the central tasks of our time and represents a major social and political challenge. In the transport sector, climate protection needs to encompass a conscious approach to mobility, a switch to climate-friendly modes of transport and technologies, and decisive action by all actors in the switch from fossil to renewable energies. Germany has acknowledged its responsibility for climate protection and has committed itself to international agreements under which GHG emissions are to be reduced. The Federal Climate Protection Act (Bundes-Klimaschutzgesetz, KSG) was tightened in 2021 to accelerate the reduction of emissions - from minus 55 percent to minus 65 percent by 2030 compared to 1990 - and to achieve greenhouse gas neutrality as early as 2045. Consequently, the targets for the transport sector have also been increased: the 164 megatonnes (Mt) of carbon dioxide equivalents (CO<sub>2</sub>eq) of the base year 1990 are to be reduced by 48 percent to 85 Mt CO<sub>2</sub>eq in 2030. This study aims to identify policy options which enables the German government to achieve this goal.

To this end, the development of GHG emissions in the transport sector up to the year 2030 is examined in two paths. In the 'CO<sub>2</sub> path', policy measures increase the price of fossil-fuelled mobility and thus primarily control demand. In the case of the climate path 'policy mix', political measures are utilised to create an incentive for investments in climate-friendly technologies – however, the measures are more comprehensive and affect both manufacturers (supply) and consumers (demand).

In principle, both policy approaches can bring about a substantial reduction in emissions. In the case of the 'CO<sub>2</sub> path', however, a strong increase in fuel prices is required to reduce emissions to the required extent by 2030. In this model-based analysis, it is assumed that the CO<sub>2</sub> price is increased to 210 euros (EUR) per tonne (t) in 2025 and to 450 EUR/t in 2030 in order to come close to the target values defined in the KSG.

In the 'policy mix' path, it is assumed that multiple policy measures are tightened. These include, among others, the increase of company car tax and vehicle tax (Kfz-Steuer). European fleet limits for cars and trucks are raised far above the level of the 'CO<sub>2</sub> path'. In addition, it is assumed that a speed limit of 130 kilometres per hour (km/h) will be introduced on federal motorways as well as emission-free inner cities for the five largest German metropolises. In order to relieve the federal budget, the existing incentive system consisting of an environmental and innovation premium will be changed to a bonus-malus scheme from 2023 onwards.

A reduction of GHG emissions by 48 percent or almost 80 million (m) tonnes in the next eight years is highly ambitious and can only succeed if the course is set swiftly. Electrifying road transport can increase its energy efficiency and at the same time satisfy the mobility needs of consumers. With boldly designed policy instruments, the ramp-up of e-mobility in Germany can be accelerated significantly, ensuring that the targets for 2030 can also be achieved in transport, according to the modelling results of the 'policy mix' path.

# 1 Allgemein

---

Das Ziel der vorliegenden Studie ist es, Wege aufzuzeigen, auf denen das im KSG definierte Klimaziel 2030 für den Sektor Verkehr erreicht werden kann. Dafür wurden zwei verschiedene Politikansätze untersucht:

- CO<sub>2</sub>-Preis als Leitinstrument für den Klimaschutz im Verkehr. Bei diesem Pfad (CO<sub>2</sub>-Pfad) wurde die Wirkung von hohen Kraftstoffpreisen, primär induziert durch einen stark steigenden CO<sub>2</sub>-Preis, untersucht.
- Maßnahmenmix aus fiskalpolitischen Instrumenten, Regulierung von Unternehmen und einem moderat ansteigenden CO<sub>2</sub>-Preis (Pfad Maßnahmenmix).

## 1.1 Die Klimaziele des Verkehrssektors in Deutschland

Im KSG ist ein Emissionsziel für den Verkehr in Deutschland von 85 Mio. t CO<sub>2</sub>eq im Jahr 2030 festgelegt. Dies entspricht knapp einer Halbierung der Emissionen gegenüber denen des Jahres 2019, welches als Basisjahr für die vorliegende Studie verwendet wird. Ohne erhebliche zusätzliche klimapolitische Anstrengungen wird dieses Ziel weit verfehlt, so zeigen es verschiedene Szenarien und Projektionen, welche die aktuelle Verkehrspolitik in Deutschland bewerten (Prognos, 2020a; Öko-Institut, 2021).

Prognos bewertete im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie das Klimaschutzprogramm (KSP) 2030 (Prognos, 2020a). Die Auswertung zeigt: Deutschland verfehlt, das bis September 2021 geltende Klimaziel 2030 von minus 55 Prozent THG-Emissionen gegenüber 1990, wenn auch nur knapp. Untersucht wurde die Wirkung des KSP in den Sektoren Verkehr, Gebäude, Industrie, Landwirtschaft, Abfall und Energiewirtschaft (inkl. sonstige Umwandlung). Gemäß Prognos-Szenario ist die Zielverfehlung in den meisten Sektoren gering. Im Sektor Verkehr ist die Zielverfehlung mit rund 30 Mt CO<sub>2</sub>eq zum damaligen Zielwert von 95 Mt CO<sub>2</sub>eq im Jahr 2030 hingegen deutlich.

Mit dem Entscheid des Bundesverfassungsgerichts vom März 2021 wurden die Klimaziele in Deutschland erneut verschärft. Gemäß aktuellem KSG sollen die vom nationalen Verkehr in Deutschland verursachten THG-Emissionen bis zum Jahr 2030 auf 85 Mt CO<sub>2</sub>eq gesenkt werden. In der vorliegenden Studie wird ermittelt, mit welchen Politikmaßnahmen die Erreichung dieses ambitionierten Ziels noch zu schaffen ist.

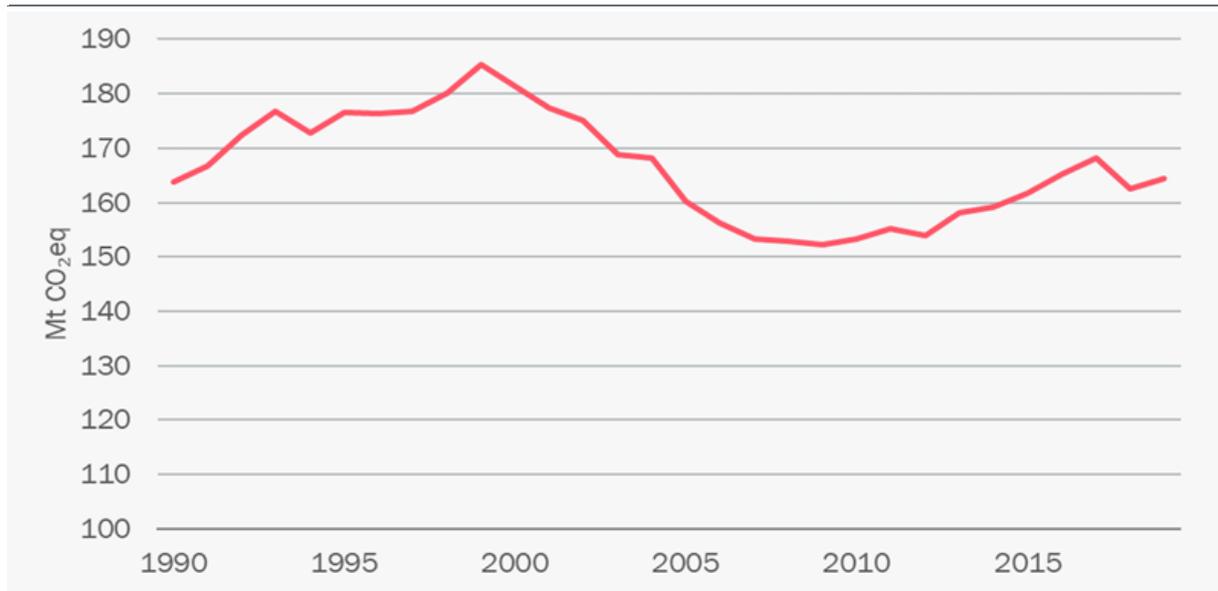
## 1.2 Entwicklung und Status quo

Mit rund 164 Mt CO<sub>2</sub>eq lagen die durch den nationalen Verkehr verursachten Emissionen im Jahr 2019 auf dem gleichen Niveau wie 1990. Der Verkehr war damit der einzige Sektor in Deutschland, dessen THG-Emissionen seit dem klimapolitischen Referenzjahr 1990 nicht gesenkt werden konnten. Steigende Fahrleistungen (speziell im Straßengüterverkehr, aber auch im motorisierten Individualverkehr [MIV]) und der Trend zu größeren und schwereren Personenkraftwagen (Pkw) sind hauptverantwortlich dafür, dass die technischen Effizienzgewinne konterkariert werden.

Der Straßenverkehr ist für über 96 Prozent der nationalen Emissionen im Verkehr in Deutschland verantwortlich. Mit rund 100 Mt hatte der MIV klar den größten Anteil an den Emissionen, gefolgt von den schweren Nutzfahrzeugen mit über 40 Mt CO<sub>2</sub>eq im Jahr 2019. Die nachfolgende Abbildung zeigt die Entwicklung der THG-Emissionen im nationalen Verkehr in Deutschland.

### Abbildung 1: THG-Emissionen im nationalen Verkehr in Deutschland

Entwicklung der THG-Emissionen in Mt CO<sub>2</sub>eq von 1990 bis 2019



Eigene Darstellung basierend auf UBA (2021a)

Die THG-Emissionen im nationalen Verkehr lagen im Jahr 1990 bei 164 Mt CO<sub>2</sub>eq. In den folgenden Jahren stiegen die Emissionen bis auf 185 Mt CO<sub>2</sub>eq im Jahr 1999 und erreichten damit ihren Höchststand. Seit dem Jahr 2012 stiegen die Emissionen erneut und kontinuierlich von 154 auf 168 Mt CO<sub>2</sub>eq im Jahr 2017.

Für das Jahr 2020 schätzt das Umweltbundesamt (UBA) die THG-Emissionen des Sektors Verkehr auf 146 Mt CO<sub>2</sub>eq. Der Wert war damit 19 Mt CO<sub>2</sub>eq (-11 %) niedriger als im Vorjahr. Der Hauptteil dieser Minderung ist darauf zurückzuführen, dass während des ersten durch die COVID-19-Pandemie bedingten Lockdowns der Verkehr insgesamt und auch der Straßenverkehr deutlich weniger wurden, vor allem auf den langen Strecken. Dies belegen die niedrigeren Absatzzahlen für Kraftstoffe und Daten von Zählstellen an Autobahnen und Bundesstraßen (UBA, 2021b). Da diese Effekte pandemiebedingt verzerrt sind, wurde für die Analyse das Basisjahr 2019 verwendet.

## 2 Referenzszenario: KSP+

Im Rahmen der nationalen Berichterstattung an die Europäische Union (EU) wurden die im Herbst 2019 beschlossenen Maßnahmen des KSP 2030 bewertet (Prognos, 2020a). Die Ergebnisse fließen in den ersten integrierten Nationalen Energie- und Klimaplan (NECP) ein. Der NECP definiert die nationalen Ziele und Maßnahmen für das Energiesystem für den Zeitraum 2021 bis 2030. Für die vorliegende Studie wird das KSP-Szenario aktualisiert (KSP+) und als Referenzszenario verwendet.

Das KSP 2030 umfasst eine Vielzahl von Maßnahmen, welche den Sektor Verkehr direkt oder indirekt betreffen. Eine detaillierte Auflistung, Beschreibung und Wirkungsabschätzung der einzelnen Maßnahmen ist im Bericht „Energiewirtschaftliche Projektionen und Folgenabschätzung 2030/2050“ zu finden (Prognos, 2020a). Die wichtigsten den Sektor Verkehr betreffenden Maßnahmen sind:

- CO<sub>2</sub>-Preis (Bundesemissionshandelsgesetz [BEHG])
  - Einführung im Jahr 2021 mit 25 EUR/t CO<sub>2</sub>.
  - Von 2021 bis 2026 werden die im BEHG fixierten Preisuntergrenzen berücksichtigt. Im Jahr 2026 ergibt sich ein CO<sub>2</sub>-Preis von 65 EUR/t (nominale Preise).
  - Entwicklung ab 2026: Der CO<sub>2</sub>-Preis steigt auf 180 EUR/t (nominal) beziehungsweise 145 EUR<sub>2020</sub>/t (real) bis zum Jahr 2030. Dadurch erhöhen sich die Kraftstoffpreise: reale Preiserhöhung um 34 Cent<sub>2020</sub> pro Liter (ct<sub>2020</sub>/l) Benzin beziehungsweise um 38 ct<sub>2020</sub>/l Diesel im Jahr 2030 gegenüber 2016<sup>1</sup>.
- EU-CO<sub>2</sub>-Flottengrenzwerte
  - Absenkung im Jahr 2030: Pkw minus 37,5 Prozent, leichte Nutzfahrzeuge minus 31 Prozent (Bezugsjahr jeweils 2021) und schwere Nutzfahrzeuge minus 30 Prozent (Bezugsjahr 2019).
- Kaufprämien für Elektro-Personenkraftwagen (E-Pkw) (Umweltbonus)
  - Battery Electric Vehicle (BEV): 6.000 EUR bei Nettolistenpreis unter 40.000 EUR und 5.000 EUR bei Nettolistenpreis über 40.000 EUR.
  - Plug-in Hybrid Electric Vehicle (PHEV): 4.500 EUR bei Nettolistenpreis unter 40.000 EUR und 3.750 EUR bei Nettolistenpreis über 40.000 EUR.
  - Keine Förderung für Fahrzeuge ab einem Nettolistenpreis von 65.000 EUR.
  - Umweltbonus wird bis zum Jahr 2030 fortgeführt.
- Lkw-Maut
  - Ab 2023 mit CO<sub>2</sub>-Aufschlag von 100 EUR/t CO<sub>2</sub>eq, in den folgenden Jahren dann immer mindestens so hoch wie der im BEHG festgelegte CO<sub>2</sub>-Preis.
  - Abschlag von 75 Prozent bei der Infrastrukturkomponente für elektrische Antriebe (BEV, FCV [Fuel Cell Vehicle] und O-Lkw [Oberleitungs-Lastkraftwagen]).
  - Keine Doppelbelastung mit dem CO<sub>2</sub>-Preis aus dem BEHG.
- Kaufprämien für Nutzfahrzeuge
  - Von 2021 bis 2023 stehen jährlich 300 Mio. EUR (insgesamt 900 Mio. EUR) an Fördermitteln bereit.
  - von 2024 bis 2030: Förderung von 40 Prozent der Mehrkosten für Nutzfahrzeuge mit alternativen Antrieben (BEV, FCV und O-Lkw) gegenüber solchen mit Dieselantrieb.

<sup>1</sup> Das Basisjahr des KSP-Szenarios der Prognos-Studie von 2020 war das Jahr 2016 (Prognos, 2020a).

- Weitere
  - Kfz-Steuer: CO<sub>2</sub>-Spreizung der Kfz-Steuer wie bereits umgesetzt.
  - Förderung Schienenverkehrsinfrastruktur: Netzausbau und Kapazitätserhöhung.
  - Attraktivität Schienenpersonenverkehr: Absenkung der Mehrwertsteuer bei Fahrkarten für den Schienenpersonenverkehr und Erhöhung der Luftverkehrsabgabe.
  - Förderung Radverkehr: Aufstockung der Mittel um 900 Mio. EUR bis 2023 und weitere 1,4 Milliarden (Mrd.) EUR bis 2030.
  - Anhebung der Entfernungspauschale: Erhöhung von 30 ct auf 38 ct bis 2026.
  - Senkung der Stromkosten: Senkung um real 0,6 Cent pro Kilowattstunde (ct/kWh) (2021) beziehungsweise 2,3 ct/kWh (2030).

Für die vorliegende Untersuchung wurde das Szenario KSP aus dem Jahr 2020 aktualisiert (Szenario KSP+) und als Referenz für die Bewertung der politischen Maßnahmen verwendet. Die folgenden aktualisierten Größen sowie zusätzlichen politische Maßnahmen wurden im Szenario KSP+ berücksichtigt:

- Aktualisierung der Statistik (das KSP-Szenario hat Basisjahr 2016)
  - Verkehrsmengen (Neuzulassungen und Fahrleistungen bis zum Jahr 2019 berücksichtigt)
  - Statistik zu den Fahrzeugbeständen nach Antrieb (bis 1. Januar 2020 berücksichtigt)
- Energiebilanzen und THG-Inventar (bis zum Jahr 2019 berücksichtigt)
- zusätzliche politische Maßnahmen seit KSP-Szenario
  - Verlängerung der Innovationsprämie für E-Pkw bis 2025
  - Beimischung von 2 Prozent E-Fuels für den nationalen Flugverkehr
- Aktualisierung der Rahmendaten
  - Bevölkerung
  - Wirtschaftsentwicklung

Die Aktualisierung des Szenarios KSP führt zu einigen gegenläufigen Effekten: Einerseits ist die Verkehrsmengenentwicklung beim Schienengüterverkehr seit 2016 tendenziell rückläufig, weshalb die Schienengüterverkehrsprognose für 2030 nach unten korrigiert wurde. Andererseits wurde durch die Innovationsprämie der Anreiz für den Kauf von E-Pkw erhöht, sodass deren Anteil an den Neuzulassungen steigt. Im Ergebnis verbleiben die Emissionen im Jahr 2030 bei 125 Mt CO<sub>2</sub>eq. Damit bleibt auch die Lücke von 40 Mt CO<sub>2</sub>eq zum verschärften Klimaziel für den Sektor Verkehr bestehen.

Die Methode zur Modellierung der THG-Emissionen im Verkehr sowie zur Wirkungsabschätzung von politischen Maßnahmen wird im Bericht „Energiewirtschaftliche Projektionen und Folgenabschätzung 2030/2050“ (Prognos, 2020a) beschrieben. Maßnahmen zur Beschleunigung des Hochlaufs der E-Pkw stehen im Fokus dieser Analyse. Die Effekte der politischen Maßnahmen auf die Neuzulassungsstruktur der Pkw nach Antrieb werden mit dem Pkw-Kaufentscheidungsmodell untersucht. Eine kurze Modellbeschreibung des Pkw-Kaufentscheidungsmodells ist im Anhang beigefügt.

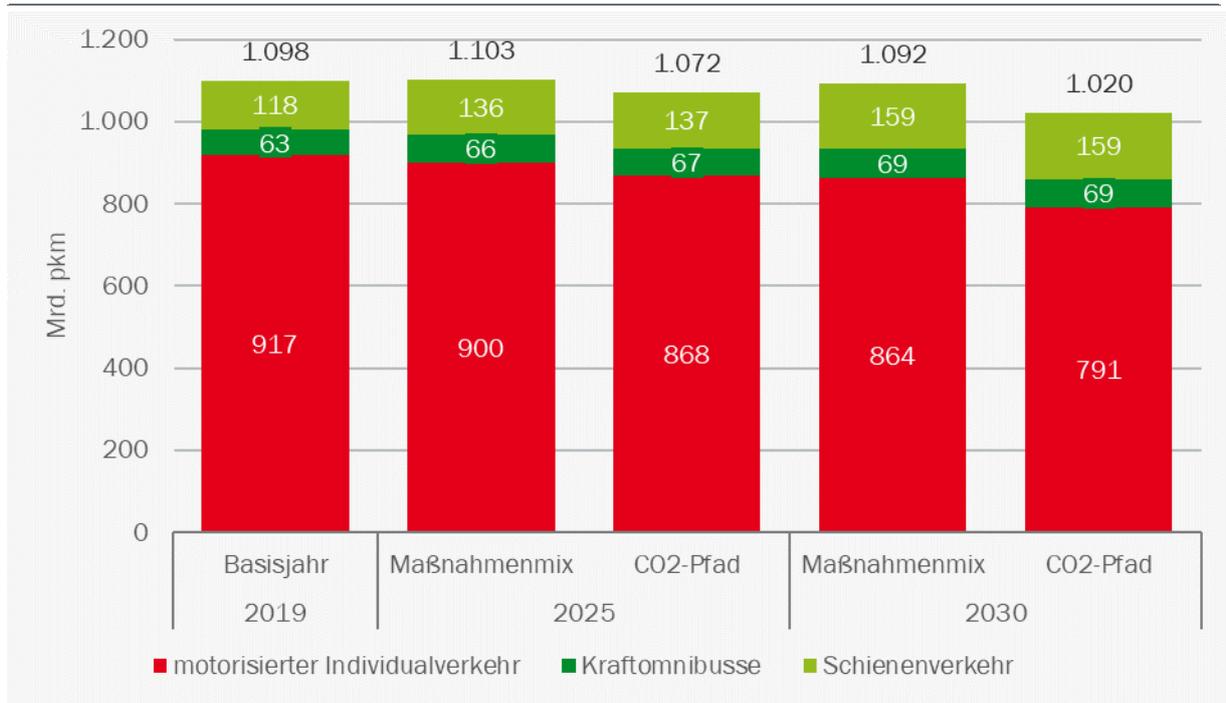
### 3 Verkehrsnachfrage in den Zielpfaden

#### 3.1 Personenverkehr

Die gesamtmodale Verkehrsnachfrage im Bereich des Personenverkehrs bleibt in den untersuchten Zielpfaden bis zum Jahr 2030 relativ konstant. Der Schienenverkehr gewinnt allerdings deutlich an Anteilen, während die Nachfrage nach dem MIV im Pfad Maßnahmenmix leicht und im CO<sub>2</sub>-Pfad (bedingt durch die hohen Kraftstoffpreise) deutlich zurückgeht. Die Verlagerungspotenziale zum Schienenverkehr wurden in dieser Untersuchung nicht modelliert, sondern aus den Arbeiten der Nationalen Plattform Mobilität (NPM) abgeleitet (NPM, AG 1, 2021)<sup>2</sup>.

**Abbildung 2: Personenverkehrsleistung nach Verkehrsträger**

Mrd. Personenkilometer (pkm) in den beiden untersuchten Zielpfaden in den Jahren 2019, 2025 und 2030



Eigene Darstellung

#### 3.2 Güterverkehr

Die gesamtmodale Verkehrsnachfrage steigt im Bereich Güterverkehr moderat an. Im Vergleich zu früheren Verkehrsprognosen, wie beispielsweise der Verkehrsverflechtungsprognose (VVP) 2030<sup>3</sup>, bei der von einem Wachstum der Güterverkehrsnachfrage von knapp 40 Prozent

<sup>2</sup> Es ist zu beachten, dass sich die Zahlen zum Schienenverkehr zwischen dem Verkehrsmodell der Prognos und den NPM-Veröffentlichungen unterscheiden. Beim Verkehrsmodell der Prognos sind auch die Straßen- und U-Bahnen beim Schienenverkehr enthalten, bei der NPM hingegen nicht.

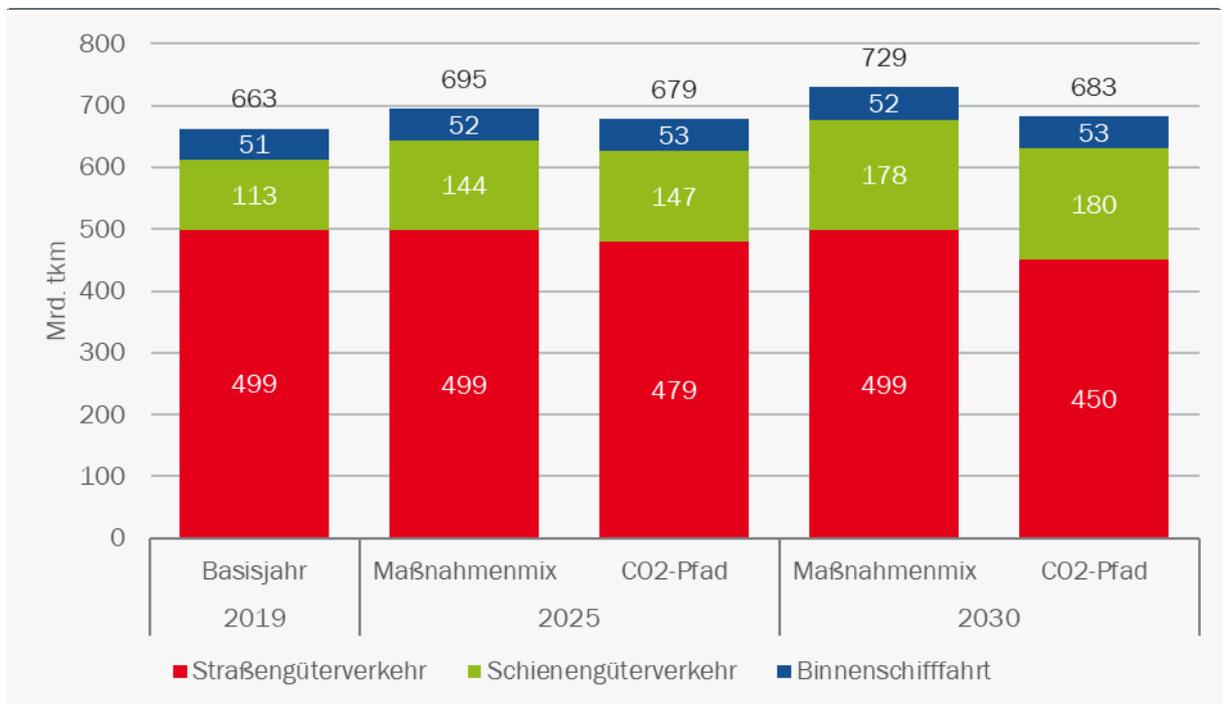
<sup>3</sup> Aktuelle offizielle Langfristprognose für den Verkehr in Deutschland aus dem Jahr 2014.

ausgegangen wird, erhöht sich die Güterverkehrsnachfrage in den beiden untersuchten Zielpfaden deutlich schwächer (Maßnahmenmix: +10 % und CO<sub>2</sub>-Pfad: +3 %, jeweils 2030 gegenüber 2019). Dies ist einerseits auf die fortschreitende Entkoppelung von Wirtschaftswachstum und Güterverkehr zurückzuführen<sup>4</sup> und andererseits auf höhere Energiepreise in den hier untersuchten Klimapfaden.

Die Zunahme bei der Verkehrsleistung im Bereich des Güterverkehrs findet hauptsächlich auf der Schiene statt. Für das Jahr 2030 wird in den Zielpfaden eine Verkehrsleistung auf der Schiene von rund 180 Mrd. Tonnenkilometern (tkm) unterstellt. Die Verlagerungspotenziale von der Straße auf die Schiene werden in dieser Studie nicht modelliert, sondern aus den Arbeiten der NPM (NPM, AG1, 2021) abgeleitet.

**Abbildung 3: Güterverkehrsleistung nach Verkehrsträger**

Mrd. tkm in den beiden untersuchten Zielpfaden in den Jahren 2019, 2025 und 2030



Eigene Darstellung

<sup>4</sup> Das BIP hat von 2010 bis 2019 um rund 32 % zugenommen, während der territoriale Güterverkehr in Deutschland im gleichen Zeitraum „nur“ um 15 % angestiegen ist.

## 4 EU-CO<sub>2</sub>-Flottengrenzwerte

### 4.1 Pkw und leichte Nutzfahrzeuge

Nach aktuell geltendem EU-Recht sollen die CO<sub>2</sub>-Emissionen von neu zugelassenen Pkw bis zum Jahr 2030 im Durchschnitt um 37,5 Prozent gegenüber dem Ausgangsjahr 2021 gesenkt werden. Als Zwischenziel ist vorgesehen, den CO<sub>2</sub>-Ausstoß der Neufahrzeugflotte bis 2025 um 15 Prozent zu reduzieren. Für leichte Nutzfahrzeuge gelten Reduktionswerte von minus 15 Prozent (2025) beziehungsweise minus 31 Prozent (2030) gegenüber dem Ausgangsjahr 2021. Diese Werte wurden im Dezember 2018 auf EU-Ebene durch die Verordnung zur Fortführung der CO<sub>2</sub>-Standards für Pkw und leichte Nutzfahrzeuge beschlossen (EU 2019/631, 2019) und werden entsprechend bei der Prognose der Referenzentwicklung KSP+ berücksichtigt.

Im Rahmen des europäischen Programms „Fit for 55“, welches auf eine THG-Reduktion in der EU bis 2030 um mindestens 55 Prozent abzielt, wird auch eine Verschärfung der CO<sub>2</sub>-Flottengrenzwerte für Pkw und leichte Nutzfahrzeuge verhandelt. Der aktuelle Vorschlag sieht eine Verschärfung der Reduktionswerte von minus 37,5 Prozent auf minus 55 Prozent für neue Pkw und von minus 31 Prozent auf minus 50 Prozent für neue leichte Nutzfahrzeuge vor, jeweils bezogen auf das Ausgangsjahr 2021. Das Reduktionsziel für 2025 bleibt unverändert bei minus 15 Prozent für Pkw und leichte Nutzfahrzeuge.

Da batterieelektrische Pkw mit 0 Gramm (g) CO<sub>2</sub> in die Berechnung eingehen, gibt es einen starken Anreiz für die Hersteller, elektrische Fahrzeuge zu verkaufen, um ihre Ziele zu erreichen und somit Strafzahlungen zu vermeiden. Bei der Modellierung der Kaufentscheidung abhängig von der Antriebstechnologie wurde auch die Angebotsseite berücksichtigt – und hier ist die Ausgestaltung der Flottengrenzwerte entscheidend. Der Anteil an alternativen, maßgeblich elektrischen Antrieben ist vor allen Dingen von der Ausgestaltung der CO<sub>2</sub>-Flottengrenzwerte auf europäischer Ebene abhängig. Um die Ziele des Jahres 2030 zu erreichen, muss der Anteil an Elektrofahrzeugen bei den Neuzulassungen bereits in der ersten Hälfte dieser Dekade substantiell sein. Um dies zu erreichen, wurden bei der Modellierung auch die Zielwerte für 2025 verschärft. Folgende Werte wurden angenommen:

**Tabelle 1: Flottengrenzwerte für Pkw und leichte Nutzfahrzeuge**

Reduktionen gegenüber dem Ausgangsjahr 2021

	2025	2027	2030
KSP+	-15 %	n. a.	-37,5 %*
CO <sub>2</sub> -Pfad	-20 %	n. a.	-55 %
Maßnahmenmix	-30 %	-45 %	-75 %

Eigene Tabelle; Werte für KSP+ wie aktuell geltender Wert auf Ebene der EU / \*bei leichten Nutzfahrzeugen -31 %

## 4.2 Schwere Nutzfahrzeuge

Im Februar 2019 wurden in der EU erstmals Flottengrenzwerte für neue schwere Nutzfahrzeuge beschlossen (EU 2019/1242, 2019). Die durchschnittlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen sollen bis zum Jahr 2025 um 15 Prozent und bis zum Jahr 2030 um 30 Prozent gegenüber einem von Juli 2019 bis Juni 2020 ermittelten Bezugswert sinken. Betroffen sind Nutzfahrzeuge mit einem Gesamtgewicht von mehr als 16 t und mit 4x2- und 6x2-Achsenkonfiguration. Eine Revision der CO<sub>2</sub>-Flottengrenzwerte für schwere Nutzfahrzeuge ist für 2022 von der Europäischen Kommission geplant.

Wie auch bei den leichten Fahrzeugen sollen in der Einführungsphase zusätzliche Anreize für niedrig emittierende Lastkraftwagen (Lkw) in Form von Supercredits bis zum Jahr 2024 geschaffen werden. Von der Regulierung sind alle Lkw und Sattelzugmaschinen mit einem Gesamtgewicht von mehr als 16 t betroffen.

Um die Klimazielvorgaben für das Jahr 2030 zu erreichen, ist die Einhaltung strenger CO<sub>2</sub>-Grenzwerte auch bei den schweren Nutzfahrzeugen eine wichtige Voraussetzung. Die Flottengrenzwerte sind damit ein Instrument, um die Marktverfügbarkeit von elektrischen Lkw und Sattelzugmaschinen zu beschleunigen.

Dank verschärfter Flottengrenzwerte wird beim Pfad Maßnahmenmix das politische Ziel von einem Drittel elektrischer Fahrleistung bei schweren Nutzfahrzeugen im Jahr 2030 erreicht. Für die Modellierung wurden folgende Grenzwerte unterstellt:

**Tabelle 2: Flottengrenzwerte für schwere Nutzfahrzeuge**

Reduktionen gegenüber dem Ausgangsjahr 2019

	<b>2025</b>	<b>2030</b>
KSP+	-15 %	-30 %
CO <sub>2</sub> -Pfad	-15 %	-40 %
Maßnahmenmix	-25 %	-50 %

Eigene Tabelle; Werte für KSP+ wie aktuell geltender Wert auf Ebene der EU

## 5 Pfad 1: CO<sub>2</sub>-Pfad

---

### 5.1 Politische Maßnahmen

Beim CO<sub>2</sub>-Pfad wurde die THG-Emissionsminderung bei stark steigenden Kraftstoffpreisen untersucht. Folgende Annahmen wurden dafür getroffen: Primär wird der CO<sub>2</sub>-Preis bis auf 450 EUR/t CO<sub>2</sub> (nominal) beziehungsweise 360 EUR<sub>2020</sub>/t (real) im Jahr 2030 erhöht. Um die gewünschten Effekte bei den Neufahrzeugkäufen (Antriebsstruktur) zu erzielen, werden die Preise bereits 2025 auf ein Niveau von 210 EUR/t (nominal) beziehungsweise 187 EUR<sub>2020</sub>/t (real) angehoben. Zusätzlich zum CO<sub>2</sub>-Preis wird bei den Dieselmotoren die günstigere Energiesteuer ab dem Jahr 2023 abgeschafft (Aufhebung des Dieselprivilegs). Dadurch erhöht sich die Energiesteuer für Diesel von aktuell 47 ct/l auf 65 ct/l ab dem Jahr 2023.

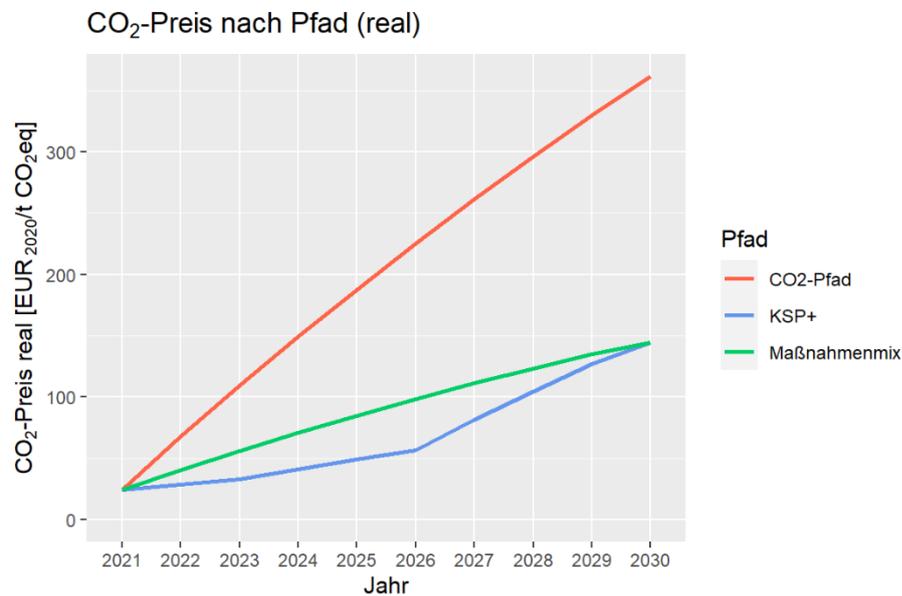
Damit liegen die Endverbraucherpreise für Benzin im Jahr 2030 rund ein Drittel über den Preisen des Basisszenarios KSP+ sowie denen im Pfad Maßnahmenmix. Der angenommene Benzinpreis für das Jahr 2030 liegt bei 2,50 EUR<sub>2020</sub>/l.

Aufgrund des höheren Kohlenstoffgehalts ist die Preisdifferenz beim Dieselmotoren etwas größer als im Maßnahmenmix und deutlich höher als im Szenario KSP+, in dem von der Aufhebung des Dieselprivilegs ausgegangen wird. Der angenommene Dieselpreis im CO<sub>2</sub>-Pfad beträgt 2,64 EUR<sub>2020</sub>/l im Jahr 2030 und liegt damit rund 50 Prozent über dem Preis des Basisszenarios KSP+.

Die höheren Kraftstoffpreise reduzieren die Verkehrsnachfrage im Straßenverkehr nach Verkehrsmitteln mit fossilen Antrieben. Bezogen auf die Verkehrsleistung wird mit Nachfrageelastizitäten von minus 0,15 im Personenverkehr und mit minus 0,1 im Güterverkehr gerechnet. Die höheren Kraftstoffpreise werden auch im Kaufentscheidungsmodell berücksichtigt und beeinflussen daher den Hochlauf der alternativen Antriebe.

**Abbildung 4: Reale CO<sub>2</sub>-Preisentwicklung in den Pfaden**

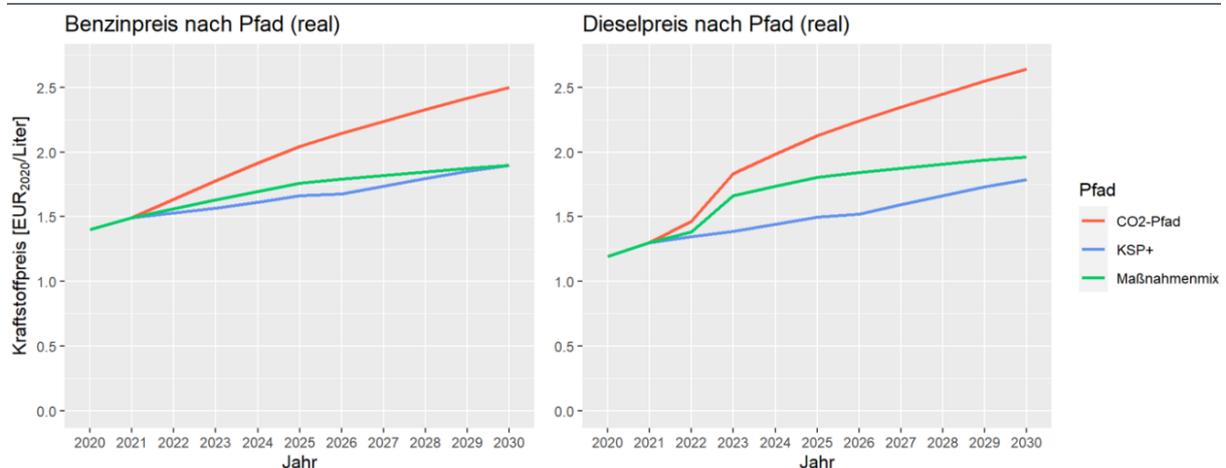
CO<sub>2</sub>-Preisentwicklung nach Pfad für die Jahre 2020 bis 2030 in EUR<sub>2020</sub>/t CO<sub>2</sub>eq



Eigene Abbildung

**Abbildung 5: Reale Kraftstoffpreisentwicklung in den Pfaden**

Kraftstoffpreisentwicklung nach Pfad für die Jahre 2020 bis 2030 in EUR<sub>2020</sub>/l



Eigene Abbildung

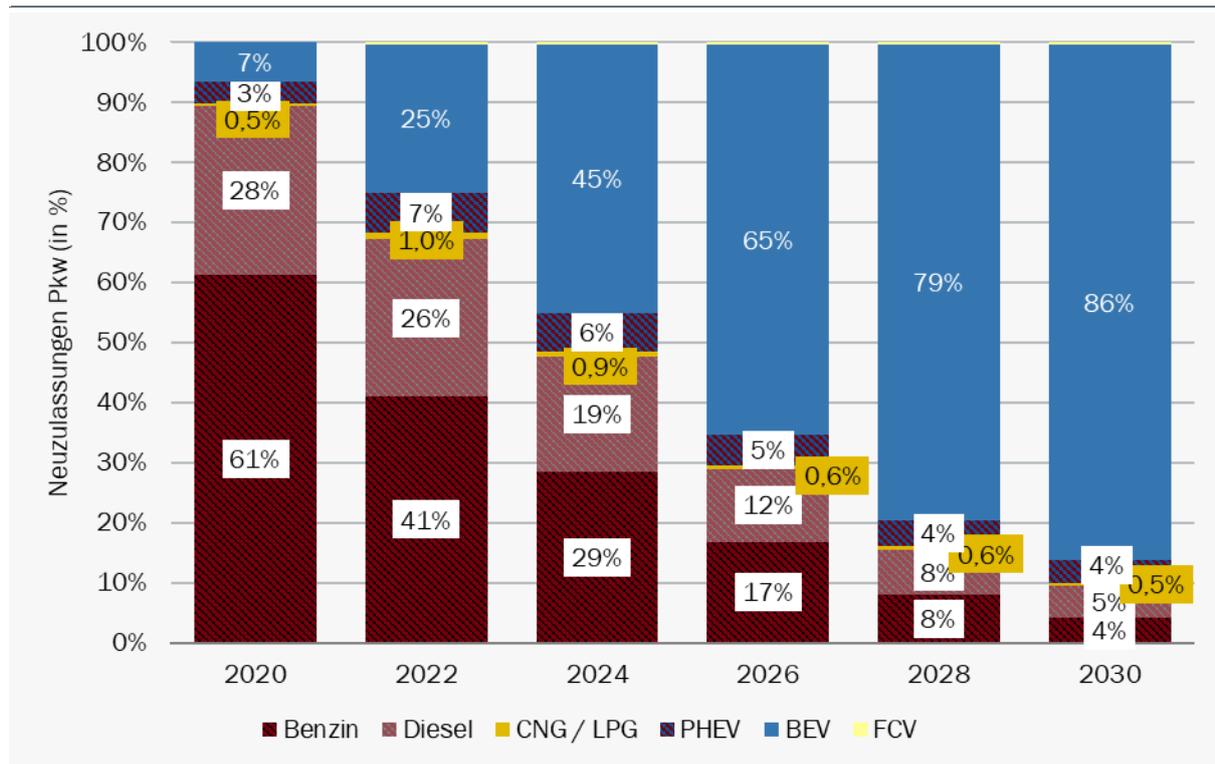
## 5.2 Pkw-Antriebsstruktur

Die Elektrifizierung der Fahrzeugflotte bewirkt die größten Einsparungen des Energieverbrauchs und Minderungen der THG-Emissionen im Sektor Verkehr. Die starke Erhöhung der Preise für fossile Kraftstoffe steigert im CO<sub>2</sub>-Pfad die Attraktivität der elektrischen Antriebe. Von den rund 3,5 Mio. Pkw, die jährlich zugelassen werden, ist ein immer größerer Teil elektrisch. Gemäß der Simulation der Kaufentscheidung sind im Jahr 2025 52 Prozent und im Jahr 2030 86 Prozent der neuzugelassenen Pkw im CO<sub>2</sub>-Pfad rein elektrisch. Die Zulassungszahlen der PHEV und der

Erdgas-Pkw (CNG) werden im CO<sub>2</sub>-Pfad nicht weiter steigen. Aufgrund der deutlich höheren Technologiekosten bleibt auch der Hochlauf der Brennstoffzellen-Pkw auf einem niedrigen Niveau (Abbildung 6).

**Abbildung 6: CO<sub>2</sub>-Pfad: Pkw-Neuzulassungen nach Antrieb**

Struktur der Pkw-Neuzulassungen nach Antriebstechnologien von 2020 bis 2030

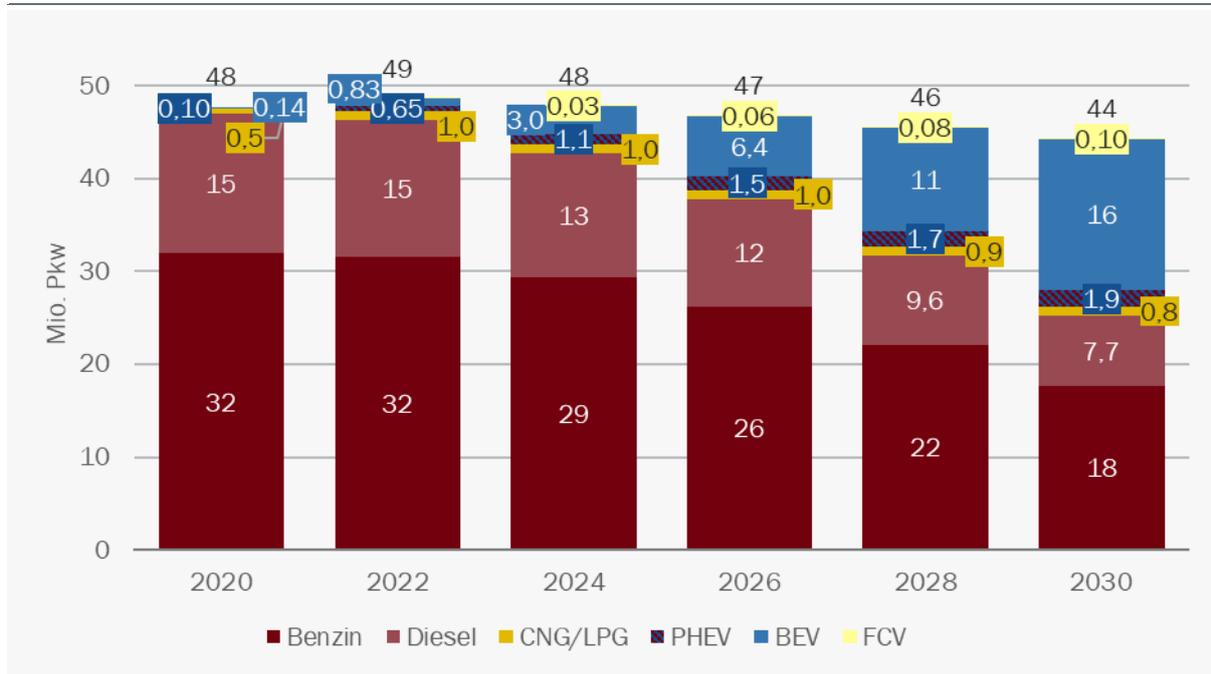


Eigene Berechnungen mit dem Kaufentscheidungsmodell

Bedingt durch eine geringere Verkehrsnachfrage im MIV (vergleiche Abbildung 2) wird der Pkw-Bestand bis zum Jahr 2030 leicht abnehmen. Die Zulassungszahlen der elektrischen Fahrzeuge steigen bis zum Jahr 2030 auf über 18 Mio. E-Pkw (BEV, PHEV und FCV); davon sind rund 16 Mio. BEV-Pkw. Die elektrischen Antriebe haben damit im Jahr 2030 einen Anteil von knapp 40 Prozent am Pkw-Bestand (Abbildung 7).

**Abbildung 7: CO<sub>2</sub>-Pfad: Pkw-Bestand nach Antrieb**

Struktur des Pkw-Bestandes nach Antriebstechnologien von 2020 bis 2030



Eigene Berechnungen auf Basis der Neuzulassungsstruktur mit dem Kohortenmodell

### 5.3 Antriebsstruktur bei schweren Nutzfahrzeugen

Die Flotte der schweren Nutzfahrzeuge besteht aktuell (2021) fast ausschließlich aus Fahrzeugen mit Dieselantrieb. Der elektrische Antrieb ist auch beim Schwerlastverkehr eine kostengünstige Option zur Minderung von THG-Emissionen. Mit rund 500.000 schweren Lastkraftwagen über 3,5 t zulässige Gesamtmaße sowie rund 200.000 Sattelzugmaschinen handelt es sich um deutlich weniger Fahrzeuge als im Pkw-Bereich. Diese Fahrzeuge haben aber außerordentlich hohe Laufleistungen sowie einen hohen spezifischen Energiebedarf. Für die Einsparung von THG-Emissionen im Verkehr sind sie deshalb von besonderem Interesse.

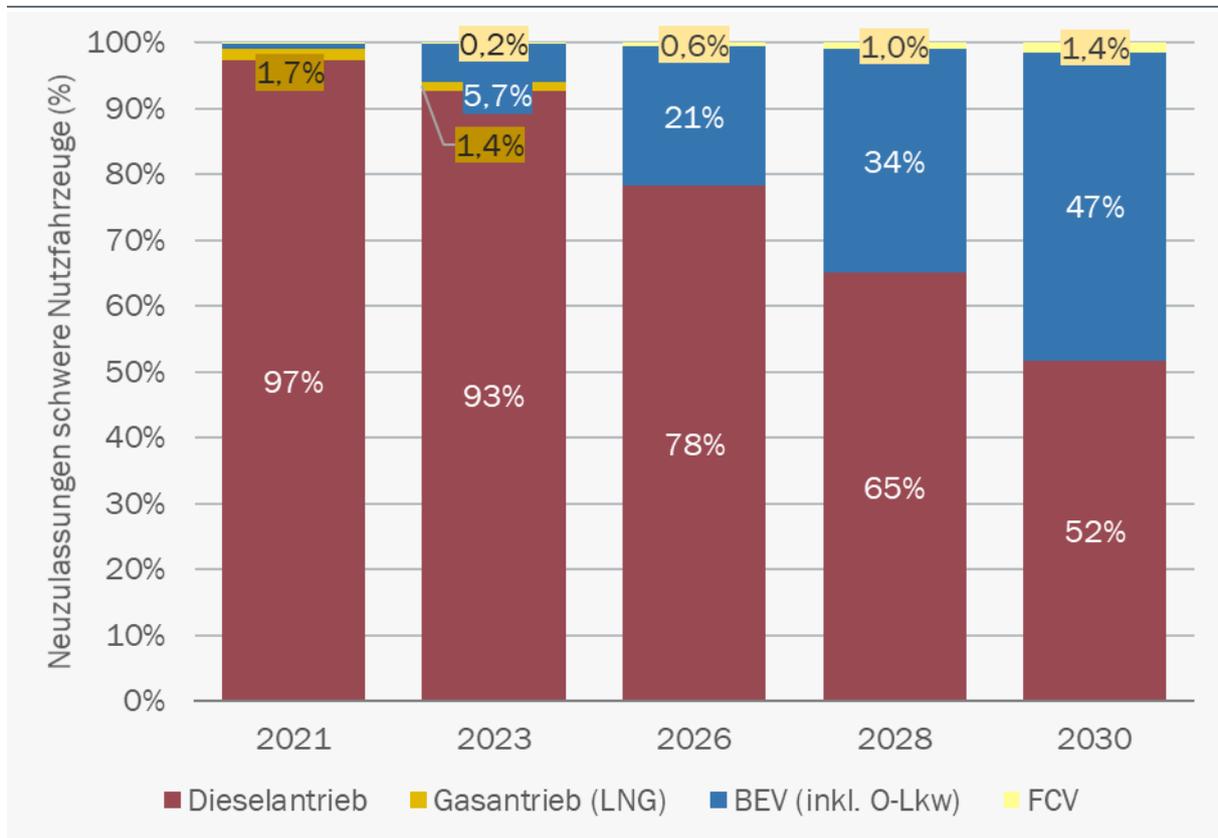
Aufgrund der aktuell eingeschränkten Marktverfügbarkeit sowie der Restriktionen bei den Reichweiten beziehungsweise der nicht vorhandenen Ladeinfrastruktur für schwere Nutzfahrzeuge sind die Zulassungszahlen im Straßengüterverkehr von Fahrzeugen mit elektrischen Antrieben noch sehr gering. Werden diese Hürden überwunden, kann mit einem raschen Markthochlauf für elektrische Nutzfahrzeuge gerechnet werden. Aus betriebswirtschaftlicher Sicht sind die Rahmenbedingungen für einen konkurrenzfähigen, teilweise sogar deutlich kostengünstigeren Betrieb mit elektrisch angetriebenen Nutzfahrzeugen gegeben. Dies gilt sowohl für batterieelektrische als auch für O-Lkw, nicht jedoch für Brennstoffzellen-Fahrzeuge.

Die nachfolgende Abbildung zeigt die modellierte Struktur der Neuzulassungen der schweren Nutzfahrzeuge für alle Größenklassen über 3,5 t zulässige Gesamtmasse im CO<sub>2</sub>-Pfad. Dabei ist

zu beachten, dass kleinere Fahrzeuge für den Regional- und Verteilverkehr schneller elektrifiziert werden können als schwere Lkw für den Fernverkehr.

**Abbildung 8: CO<sub>2</sub>-Pfad: Neuzulassungen bei schweren Nutzfahrzeugen nach Antrieb**

Struktur der Neuzulassungen nach Antriebstechnologien von 2021 bis 2030



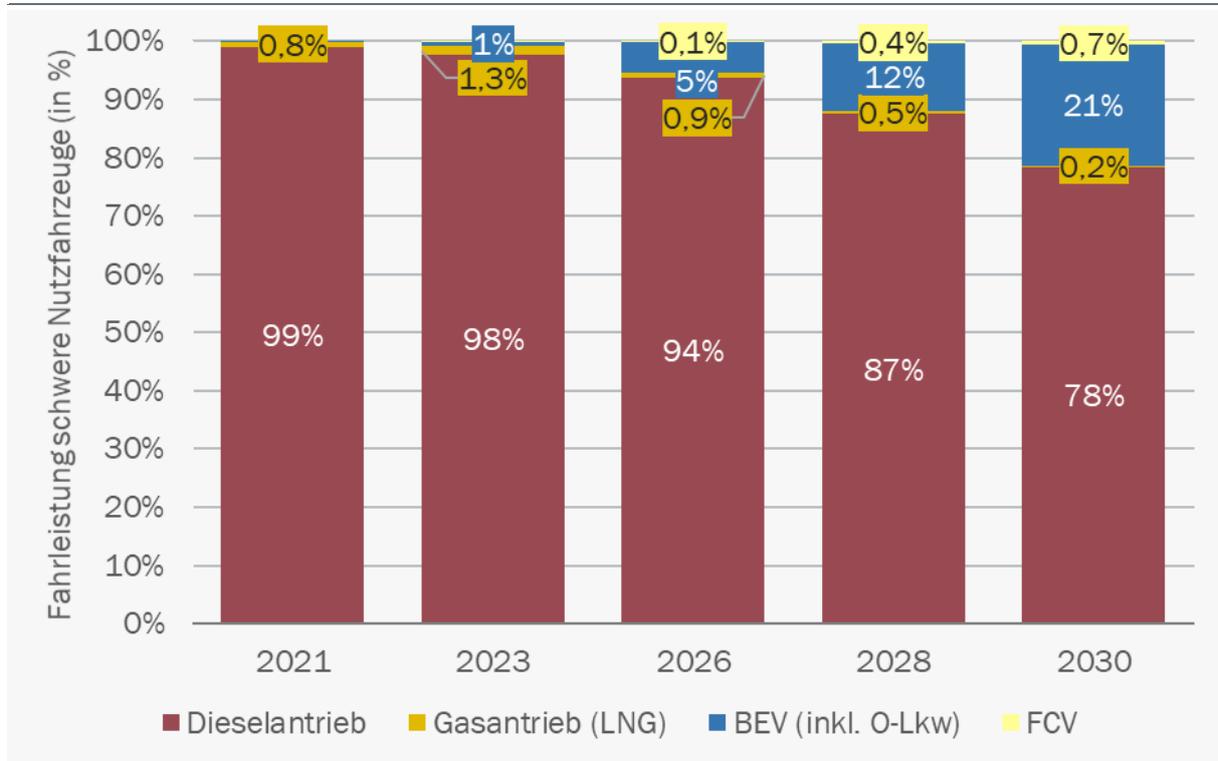
Eigene Darstellung

Im Kohortenmodell werden der Bestand und die Fahrleistung gegliedert nach Antriebstechnologien berechnet. Bei den schweren Nutzfahrzeugen werden jährlich rund 12 Prozent der Fahrzeugflotte ausgetauscht. Damit ist die Erneuerungsrate höher als bei den Pkw. Die Analyse in dieser Studie zeigt: Um die zur Zielerreichung erforderlichen elektrischen Fahrleistungsanteile im Jahr 2030 zu erreichen, werden substantielle Neuzulassungsanteile an elektrischen Nutzfahrzeugen bereits im Jahr 2025 benötigt.

Trotz einem hohen Anteil an elektrischen schweren Nutzfahrzeugen an den Neuzulassungen von knapp 50 Prozent im Jahr 2030 wird das Ziel von einem Drittel elektrischer Fahrleistungsanteil im CO<sub>2</sub>-Pfad verfehlt. Die nachfolgende Abbildung zeigt die Fahrleistung gegliedert nach Antriebstechnologien bis zum Jahr 2030.

**Abbildung 9: CO<sub>2</sub>-Pfad: Fahrleistung bei schweren Nutzfahrzeugen nach Antrieb**

Struktur der Fahrleistung nach Antriebstechnologien von 2021 bis 2030



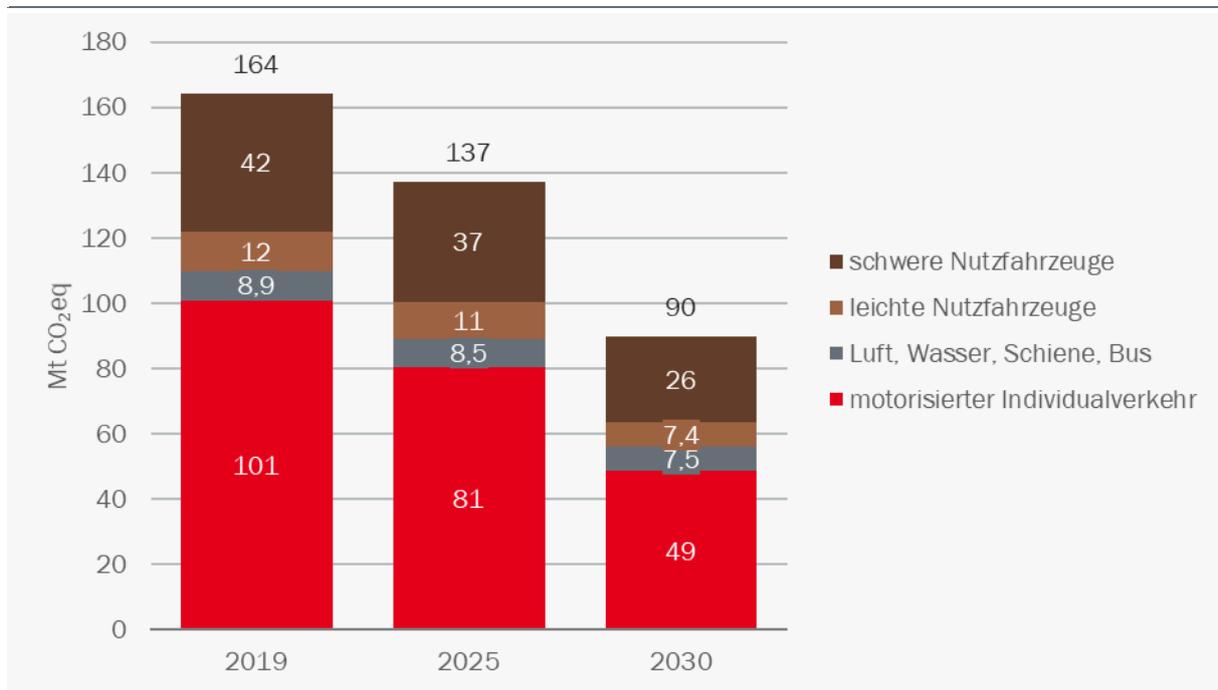
Eigene Darstellung

## 5.4 Treibhausgas-Emissionen

Eine signifikante Steigerung der Endkundenpreise für fossile Kraftstoffe führt zu einem Rückgang der Straßenverkehrsleistungen in den Bereichen des Personen- und Güterverkehrs. Durch die hohen Benzin- und Dieselpreise wird zudem der Umstieg auf die Elektromobilität angereizt, wodurch die Emissionen des Verkehrs deutlich reduziert werden. Das Sektorziel 2030 kann aber trotz der starken Erhöhung des CO<sub>2</sub>-Preises nicht ganz erreicht werden. Die THG-Emissionen können gegenüber 2019 mit minus 45 Prozent deutlich auf 90 Mt CO<sub>2</sub>eq gesenkt werden. Damit fehlen 5 Mt CO<sub>2</sub>eq zur Zielerfüllung im Jahr 2030. Die folgende Abbildung zeigt die Entwicklung der THG-Emissionen im nationalen Verkehr nach Verkehrszweig.

**Abbildung 10: CO<sub>2</sub>-Pfad: THG-Emissionen im nationalen Verkehr nach Verkehrszweig**

Struktur der THG-Emissionen für die Jahre 2019, 2025 und 2030



Eigene Darstellung

Grundsätzlich gilt, dass ein hoher CO<sub>2</sub>-Preis Anreize setzt, um in klimaschonende Technologien zu investieren. Die alternativen Fahrzeuge müssen jedoch auch verfügbar sein am Markt. Dafür ist es essenziell, dass auch für die Seite der Fahrzeughersteller klare Rahmenbedingungen geschaffen werden, damit elektrische Fahrzeuge in ausreichendem Maße verfügbar sind. Insbesondere im Bereich der schweren Nutzfahrzeuge existieren aktuell mehrere Hürden: Zum einen fehlt das Angebot an emissionsfreien Fahrzeugen und zum anderen ist die Ladeinfrastruktur für E-Lkw schwach ausgebaut beziehungsweise fehlt das Tankstellennetz für Brennstoffzellen-Lkw.

---

## 6 Pfad 2: Maßnahmenmix

---

### 6.1 Politische Maßnahmen

Beim Pfad Maßnahmenmix wurde die THG-Emissionsminderung im Verkehr bei Einführung mehrerer ambitionierter Maßnahmen untersucht. Die Annahme ist, dass sowohl neue Instrumente eingeführt als auch bestehende Maßnahmen verschärft werden.

Zusätzlich zu den politischen Maßnahmen, welche bereits im Referenzszenario KSP+ umgesetzt sind, führen die folgenden Instrumente im Pfad Maßnahmenmix zur Zielerreichung im Jahr 2030:

- Verschärfung der EU-CO<sub>2</sub>-Flottengrenzwerte in den Jahren 2025, 2027 und 2030 (siehe Ausführungen in Kapitel 4).
- Der CO<sub>2</sub>-Preis steigt bis zum Jahr 2030 etwas stärker als im Referenzszenario KSP+. Für das Jahr 2023 werden 60 EUR/t CO<sub>2</sub>eq angenommen. Danach wird ein konstanter Anstieg bis auf 180 EUR (nominal) beziehungsweise 145 EUR<sub>2020</sub>/t (real) im Jahr 2030 angesetzt (vergleiche Abbildung 4).
- Wie im CO<sub>2</sub>-Pfad wird auch im Pfad Maßnahmenmix das Dieselpatent aufgehoben.
- Ein Bonus-Malus-System löst die reine Kaufförderung von E-Pkw ab. Zur Stärkung der BEV-Antriebe und Senkung der staatlichen Ausgaben wird das System ab dem Jahr 2023 umgestellt.
- Die CO<sub>2</sub>-Komponente der Kfz-Steuer wird für Verbrenner und Plug-in-Hybride jährlich erhöht.
- Die Dienstwagensteuer für Verbrenner und PHEV wird schrittweise erhöht, um die Elektrifizierung der Dienstwagenflotte voranzutreiben.
- Einführung eines Tempolimits von 130 km/h auf Bundesautobahnen.
- Etablierung von Null-Emissionszonen in den fünf größten Städten (Berlin, Hamburg, München, Köln und Stuttgart) in Deutschland.

Eine Beschreibung der Umsetzung der einzelnen Instrumente findet sich in den folgenden Unterkapiteln.

#### Bonus-Malus-System

Das bisher bestehende Kaufanreizsystem für elektrische Pkw (BEV, PHEV, FCV) wird im Pfad Maßnahmenmix durch ein Bonus-Malus-System ersetzt. Im Unterschied zum bestehenden Kaufanreizsystem wird hier, neben den Bonuszahlungen beim Kauf eines E-Pkw, eine einmalige Kaufsteuer (Malus) beim Kauf eines Pkw mit Verbrennungsantrieb fällig. Die Höhe dieses Malus ist dabei abhängig von den CO<sub>2</sub>-Emissionen nach WLTP<sup>5</sup> des jeweiligen Fahrzeugs. Angelehnt an die französische Maßnahme „Malus Ecologique“ verläuft die Beziehung zwischen Malus und den durch das jeweilige Fahrzeug verursachten Emissionen bis zu einer definierten Maximalhöhe (MINEFI, 2020) nicht linear. Anders als in Frankreich wird der Malus in der modellierten Maßnahme lediglich auf die Fahrzeugemissionen erhoben und nicht zusätzlich auf das Fahrzeuggewicht.

Im Pfad Maßnahmenmix wird der Malus im Jahr 2023 eingeführt und ist eine ambitioniertere Version der französischen Variante der Maßnahme. So werden alle Pkw mit einem Emissionswert

<sup>5</sup> Worldwide Harmonized Light-Duty Vehicles Test Procedure (WLTP) – Prüfverfahren zur Messung des Treibstoffverbrauchs und den Emissionen.

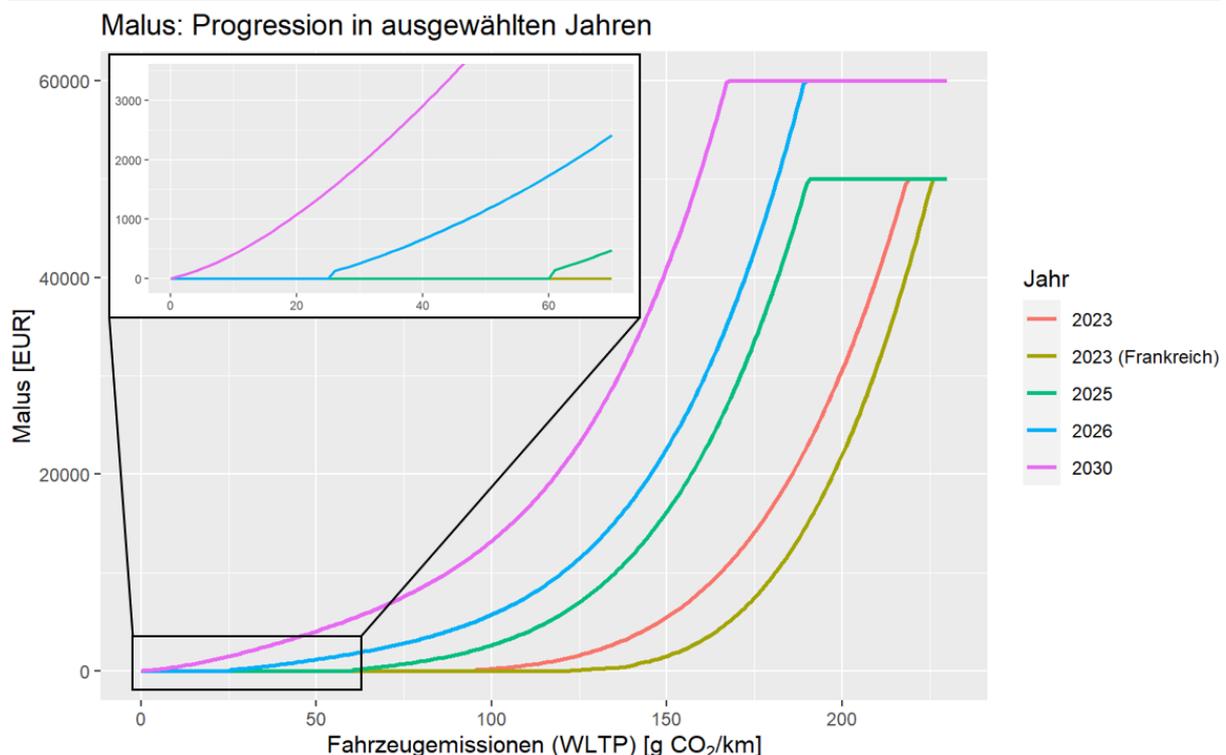
oberhalb von 95 g CO<sub>2</sub>/km von einem progressiven Malus erfasst. In jedem darauffolgenden Jahr wird der Malus sukzessive erhöht und der Schwellwert zur Zahlung der Zulassungssteuer wird kontinuierlich abgesenkt. Ab 2026 werden damit alle Pkw mit einem Emissionswert von mehr als 25 g CO<sub>2</sub>/km und so auch alle in dieser Studie betrachteten PHEV im Malus eingeschlossen. Abbildung 11 zeigt eine Übersicht dieser Progression in ausgewählten Jahren.

Der Bonus für den Fahrzeugkauf wird in der Höhe nicht verändert, dafür aber früher eliminiert, um den Staatshaushalt bei einem Hochlauf der Elektromobilität zu schonen. So werden die Kaufanreize für PHEV ab 2025 und für BEV/FCV ab 2027 vollständig abgeschafft. Zudem sinken die Anschaffungskosten für BEV in allen Pfaden aufgrund von Batteriepreisreduktionen, welche mithilfe von Lernkurven berechnet wurden. Als Basis dafür wurde die Batteriepreisentwicklung seit 2013 von BloombergNEF (BNEF, 2020) übernommen. Der Zeitpunkt der Kostenparität zwischen Verbrennern und Elektrofahrzeugen ist je nach Fahrzeugsegment ein anderer. In den meisten Pkw-Segmenten wird der Break-even-Point zwischen den Jahren 2025 und 2030 erreicht.

Dank der Erhebung eines Malus und der Einstellung der Bonuszahlungen generiert das Bonus-Malus-System während seiner Laufzeit von 2023 bis 2030 einen staatlichen Einnahmenüberschuss von ungefähr 19 Mrd. EUR. Abbildung 12 zeigt die jährlichen Nettoeinnahmen für die Jahre 2020 bis 2030.

**Abbildung 11: Progression des Malus in ausgewählten Jahren**

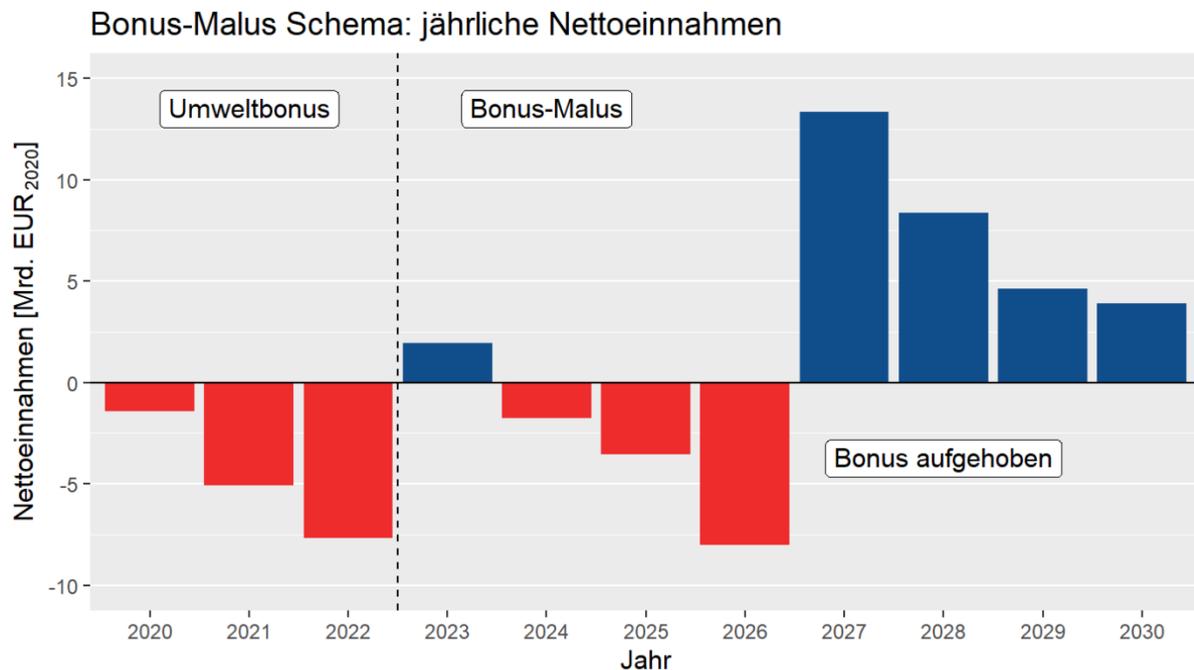
Höhe des Malus in EUR für ausgewählte Jahre basierend auf den Fahrzeugemissionen nach WLTP



Eigene Abbildung, MINEFI (2020) für 2023 (Frankreich)

**Abbildung 12: Jährliche Nettoeinnahmen aus dem Bonus-Malus-System**

Jährliche Nettoeinnahmen während der Jahre 2020 bis 2030 basierend auf eigenen Modellierungen

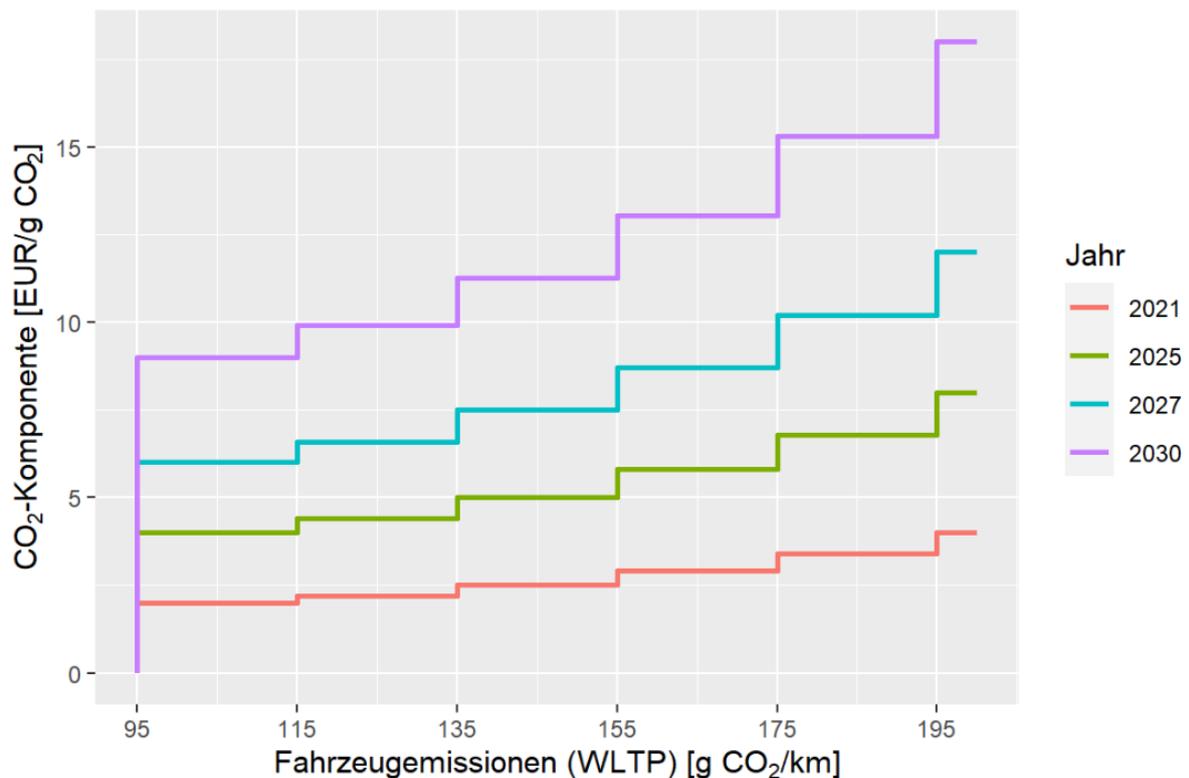


Eigene Abbildung

### Kfz-Steuer

Die Kfz-Steuer wird jährlich erhoben und setzt sich aus einer Hubraum- und einer CO<sub>2</sub>-Komponente zusammen. Elektrofahrzeuge sind bei erstmaliger Zulassung bis zu zehn Jahre von der Steuer befreit. Dies gilt allerdings nur für Zulassungen bis 31. Dezember 2025 und längstens bis zum 31. Dezember 2030. Die Hubraumkomponente der Steuer berechnet sich bei erstmaliger Zulassung ab dem 1. Januar 2021 für je 100 Kubikzentimeter Hubraum oder einen Teil davon. Für Benziner beträgt die Steuer hier 2 EUR und für Dieselantriebe 9,50 EUR. Die CO<sub>2</sub>-Komponente wird für jedes Gramm CO<sub>2</sub> über 95 g CO<sub>2</sub>/km der Fahrzeugemissionen erhoben. Basierend auf einer Treppenfunktion erhöht sich die fällige Steuer mit ansteigenden Emissionswerten (BMF, 2020). Die Kurve 2021 in der nachfolgenden Abbildung 13 zeigt die zum Zeitpunkt der Studierstellung geltenden Steuerwerte.

Im Pfad Maßnahmenmix wird die CO<sub>2</sub>-Komponente der Kfz-Steuer jährlich erhöht. Dies erhöht die Steuerbelastung für emissionsintensive Fahrzeuge, welche im jeweiligen Jahr zugelassen werden. Die Hubraum-Komponente der Steuer wird nicht verändert. Im Vergleich zum Jahr 2021 wird die CO<sub>2</sub>-Komponente so angehoben, dass sie im Jahr 2025 zweimal, 2027 dreimal und 2030 4,5-mal höher ist. In den Zwischenjahren verlaufen die Anstiege jeweils linear. Abbildung 13 illustriert die Erhöhung der CO<sub>2</sub>-Komponente in den genannten Jahren. Fahrzeuge mit weniger als 95 g CO<sub>2</sub>/km Emissionen (BEV/FCV ausgeschlossen) bezahlen ab 2025 eine pauschale Steuer. 2027 wird diese schließlich erhöht und ausgeweitet auf BEV und FCV.

**Abbildung 13: Progression der CO<sub>2</sub>-Komponente der Kfz-Steuer**Höhe der CO<sub>2</sub>-Komponente der Kfz-Steuer basierend auf den Fahrzeugemissionen nach WLTP

Eigene Darstellung, BMF (2020) für 2021

### Dienstwagenbesteuerung

Die Dienstwagenbesteuerung erfolgt in erster Linie über die sogenannte Ein-Prozent-Regelung. Die private Nutzung eines Dienstwagens generiert für Arbeitnehmende einen geldwerten Vorteil, welcher versteuert werden muss. Unter Verwendung der Ein-Prozent-Regelung liegt dieser pauschal bei einem Prozent des inländischen Listenpreises. Auf diesen Betrag müssen Arbeitnehmende monatlich Lohnsteuer, Solidaritätszuschlag sowie Sozialversicherungsbeiträge zahlen. Zur Förderung der Elektromobilität wird der geldwerte Vorteil für BEV und PHEV mit einem reduzierten Prozentsatz berechnet (Öko-Institut, 2021). Die in Tabelle 3 für 2021 angegebenen Prozentsätze galten zum Zeitpunkt der Erstellung der Studie für alle Elektrofahrzeuge.

Aufgrund der kurzen durchschnittlichen Haltungsdauer von etwa drei Jahren wirkt sich die Elektrifizierung der Dienstwagenflotte besonders positiv auf den Hochlauf der Elektromobilität aus. Um die Neuzulassungen der Dienstwagen stärker und schneller zu elektrifizieren, wird die Dienstwagenbesteuerung für Pkw mit Verbrennungsmotoren erhöht. Das Ändern der Dienstwagensteuer ist eine zentrale Maßnahme, um Kaufentscheidungen zu beeinflussen. Ab 2023 wird die Preisgrenze für BEV von 60.000 auf 40.000 EUR abgesenkt und die Steuer von Verbrennern und PHEV verdoppelt. Ab 2027 wird die CO<sub>2</sub>-Emissionsgrenze auf 0 g CO<sub>2</sub>/km gesenkt und die Steuer für alle Antriebstypen erhöht, um Ausfälle bei den Staatseinnahmen aufgrund der nun hohen BEV-Anteile zu verringern. Die konkreten Anpassungen der Dienstwagensteuer finden sich in

Tabelle 3. Abbildung 14 zeigt die Neuzulassungen nach Antrieb und Nutzertyp für die Jahre 2020 bis 2030.

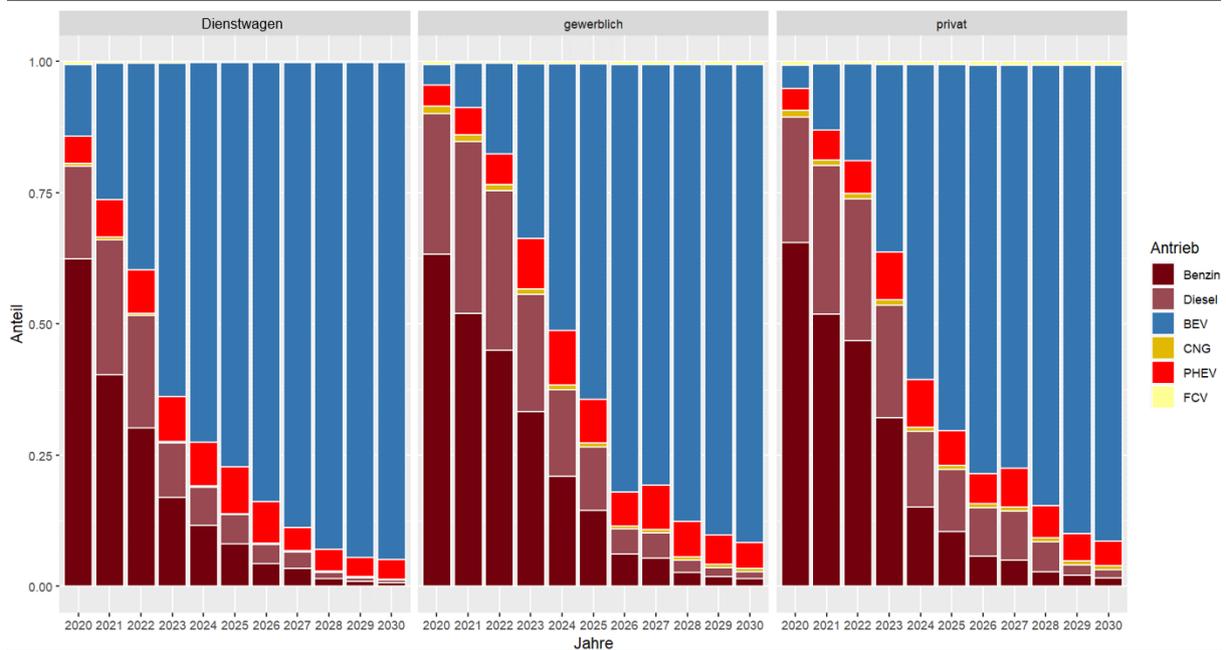
### Tabelle 3: Anpassung der Dienstwagensteuer

Anpassung der Dienstwagensteuer für die Zeiträume 2023 bis 2026 und 2027 bis 2030. Werte für 2021 bis 2022 entsprechen der zum Zeitpunkt der Studiererstellung gültigen Gesetzgebung.

<b>Antrieb</b>	<b>Kaufpreis [EUR]</b>	<b>CO<sub>2</sub>-Emissionen [g CO<sub>2</sub>/km]</b>	<b>Monatliche Steuer auf Bruttolistenpreis</b>
<b>Zeitraum 2021 bis 2022</b>			
BEV	< 60.000	0	0,25 %
BEV	> 60.000	0	0,50 %
PHEV		< 50	0,50 %
Verbrenner		> 50	1,00 %
<b>Zeitraum 2023 bis 2026</b>			
BEV	< 40.000	0	0,25 %
BEV	> 40.000	0	0,50 %
PHEV		< 50	1,00 %
Verbrenner		> 50	2,00 %
<b>Zeitraum 2027 bis 2030</b>			
BEV	< 40.000	0	0,50 %
BEV	> 40.000	0	1,00 %
PHEV		> 0	2,00 %
Verbrenner		> 0	3,00 %

Öko-Institut (2021) für 2021-2022, eigene Annahmen

**Abbildung 14: Pfad Maßnahmenmix: Neuzulassungen nach Nutzertyp und Antrieb im Maßnahmenmix**  
 Relativer Anteil der Neuzulassungen nach Nutzertyp und Antrieb für die Jahre 2020 bis 2030



Eigene Abbildung

## Tempolimit

Zur Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen der Pkw und leichten Nutzfahrzeugen wird ab dem Jahr 2023 ein Tempolimit von 130 km/h auf Bundesautobahnen eingeführt. Laut einer Studie des Umweltbundesamts (UBA) führt ein solches Tempolimit auf den betroffenen Strecken zu einer Reduktion der spezifischen Emissionen von 8,4 Prozent (UBA, 2020). Mit einer zunehmenden Elektrifizierung des Straßenverkehrs nimmt dieser Effekt allerdings ab. So reduziert die Maßnahme im Jahr 2023 2,1 Mt CO<sub>2</sub>-Emissionen und noch rund 1 Mt im Jahr 2030.

## Emissionsfreie Innenstädte

Es wird angenommen, dass im Rahmen dieser Maßnahme fünf große Agglomerationsräume in Deutschland (Berlin, Hamburg, München, Köln und Stuttgart) ab dem Jahr 2025 Null-Emissionszonen einführen. Diese werden ab 2025 schrittweise ausgeweitet – erst einige Straßen(-abschnitte), später Quartiere, damit schließlich im Jahr 2030 die kompletten Innenstädte emissionsfreie Verkehrszonen sind. Eine Wirkungsabschätzung zu dieser Maßnahme erfolgte in einer früheren T&E-Analyse und wurde für die Modellierung im Pfad Maßnahmenmix übernommen (T&E, 2021).

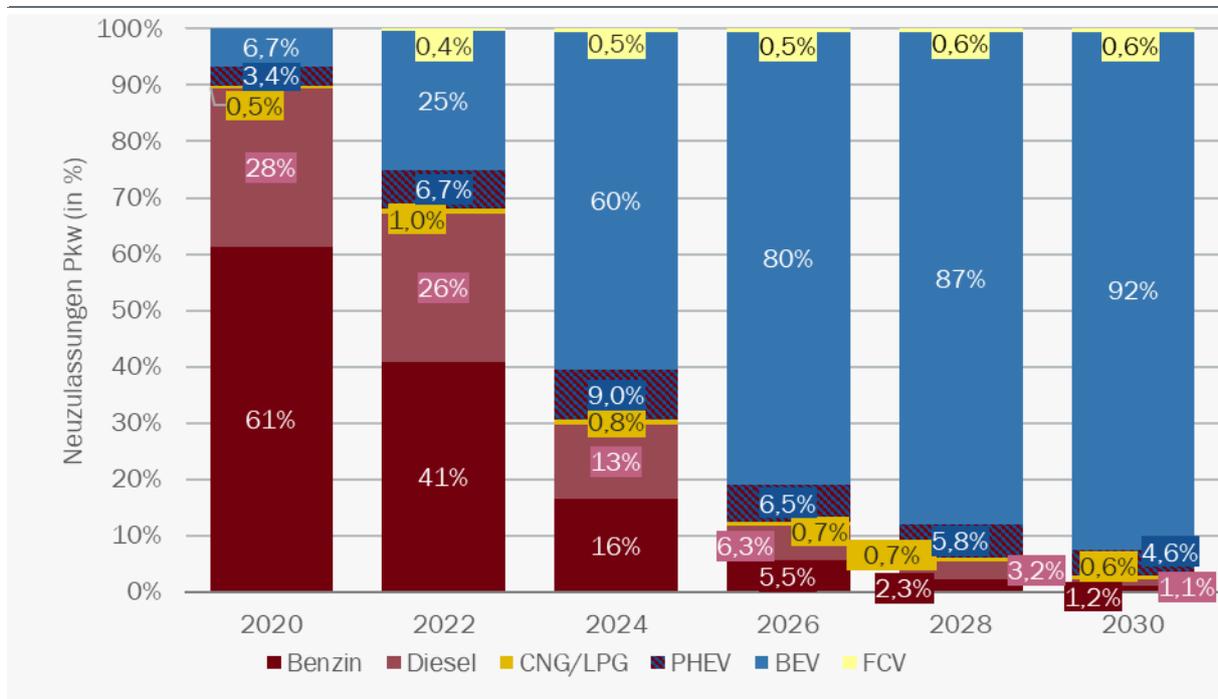
## 6.2 Pkw-Antriebsstruktur

Die Elektrifizierung der Pkw-Flotte ist entscheidend für die Klimazielerreichung im Verkehr. Mit wirkungsvollen Anpassungen der dafür relevanten Instrumente kann eine hohe Elektrifizierung bereits in den nächsten Jahren gelingen. Diese ist Voraussetzung, um die Emissionen der Pkw – welche den größten Emissionsanteil im Sektor Verkehr ausmachen – bis 2030 um mehr als die Hälfte zu reduzieren.

Die nachfolgende Abbildung zeigt die modellierte Struktur der Neuzulassungen nach Antrieben beim Zielpfad Maßnahmenmix.

**Abbildung 15: Pfad Maßnahmenmix: Pkw-Neuzulassungen nach Antrieb**

Struktur der Pkw-Neuzulassungen nach Antriebstechnologien von 2020 bis 2030



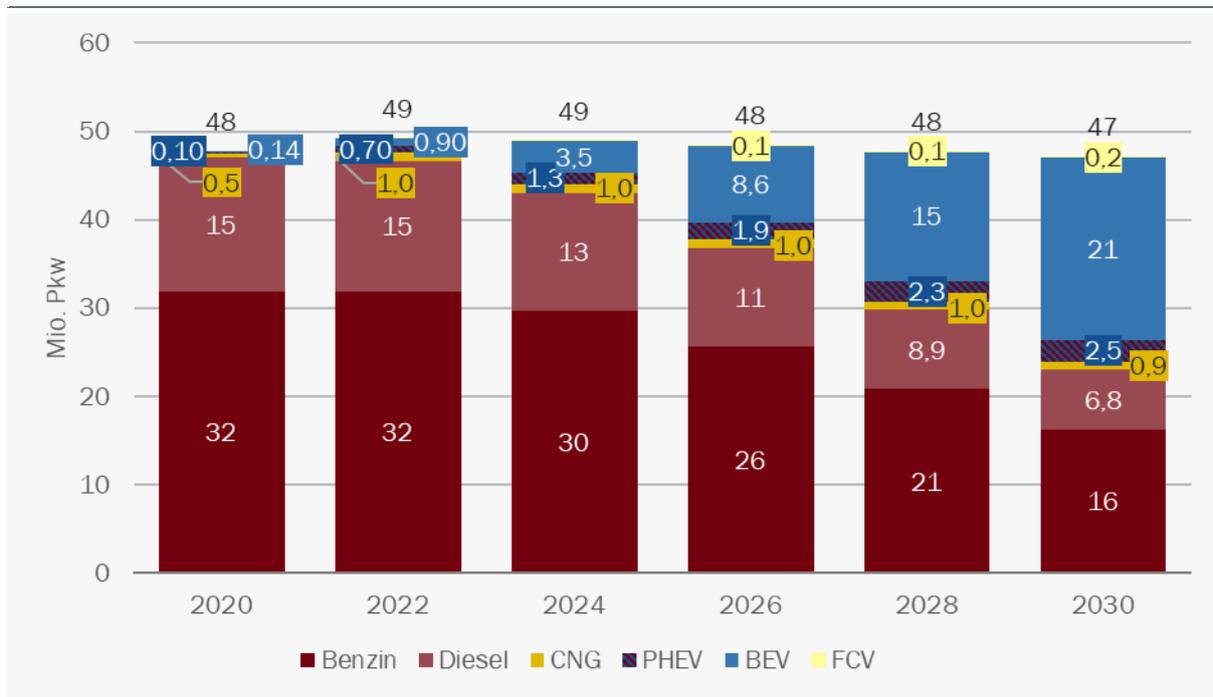
Eigene Berechnungen mit dem Kaufentscheidungsmodell

Im Pfad Maßnahmenmix vergrößert sich der Fahrzeugbestand an BEV-Pkw bis zum Jahr 2030 auf 21 Mio. Fahrzeuge. Zusammen mit den rund 2,5 Mio. PHEV sowie den rund 150.000 FCV-Pkw haben die elektrischen Antriebe einen Anteil von knapp 50 Prozent am Pkw-Bestand im Jahr 2030.

Die nachfolgende Abbildung zeigt die Bestandsentwicklung bei den Pkw nach Antriebsarten im Pfad Maßnahmenmix.

**Abbildung 16: Pfad Maßnahmenmix: Pkw-Bestand nach Antrieb**

Struktur des Pkw-Bestandes nach Antriebstechnologien von 2020 bis 2030



Eigene Berechnungen auf Basis der Neuzulassungsstruktur mit dem Kohortenmodell

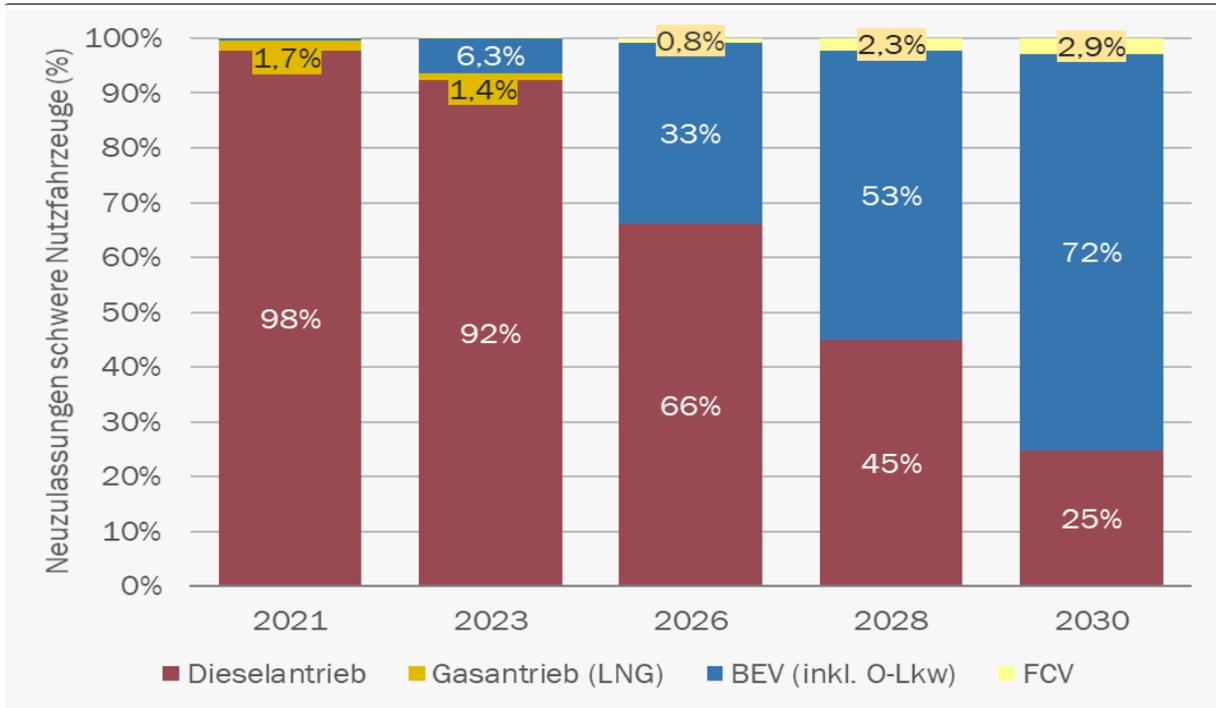
### 6.3 Antriebsstruktur bei schweren Nutzfahrzeugen

Im Pfad Maßnahmenmix soll das Ziel von einem Drittel elektrischer Fahrleistung im Bereich der schweren Nutzfahrzeuge (über 3,5 t) im Jahr 2030 erreicht werden. Dies ist wichtig, um das THG-Ziel des Sektors Verkehr zu erreichen. Der Anteil an emissionsfreien Nutzfahrzeugen an den Neufahrzeugen muss in den nächsten Jahren deutlich zunehmen, um das angestrebte Drittel elektrische Fahrleistung bis 2030 zu verwirklichen. Mit verschärften Flottengrenzwerten, attraktiven Förderbedingungen und einer bedarfsgerechten Infrastruktur kann ein Hochlauf an elektrischen Nutzfahrzeugen in dieser Dekade gelingen.

Die nachfolgende Abbildung 17 zeigt die Struktur der Neuzulassungen der schweren Nutzfahrzeuge für alle Größenklassen über 3,5 t zulässige Gesamtmaße für den Pfad Maßnahmenmix. Um das politische Ziel von einem Drittel elektrische Fahrleistung bis 2030 zu erreichen, steigen die elektrischen Neuzulassungen bei schweren Nutzfahrzeugen im Jahr 2025 auf 24 Prozent und im Jahr 2030 auf über 70 Prozent. Die Entwicklung der Fahrleistung nach Antrieb bei schweren Nutzfahrzeugen ist in der Abbildung 18 dargestellt.

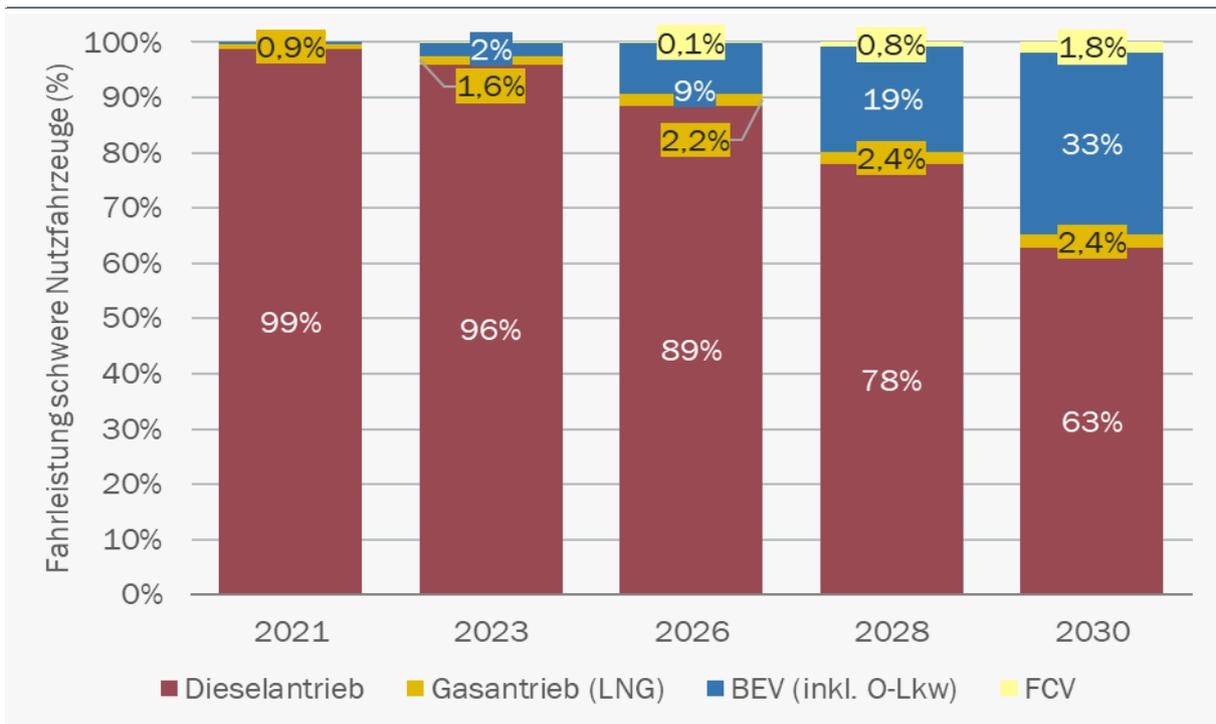
Dabei ist zu beachten, dass kleinere Fahrzeuge für den Regional- und Verteilverkehr schneller elektrifiziert werden können als schwere Lkw für den Fernverkehr.

**Abbildung 17: Pfad Maßnahmenmix: Neuzulassungen bei schweren Nutzfahrzeugen nach Antrieb**  
 Struktur der Neuzulassungen nach Antriebstechnologien von 2021 bis 2030



Eigene Darstellung

**Abbildung 18: Pfad Maßnahmenmix: Fahrleistung bei schweren Nutzfahrzeugen nach Antrieb**  
 Struktur der Fahrleistung nach Antriebstechnologien von 2021 bis 2030



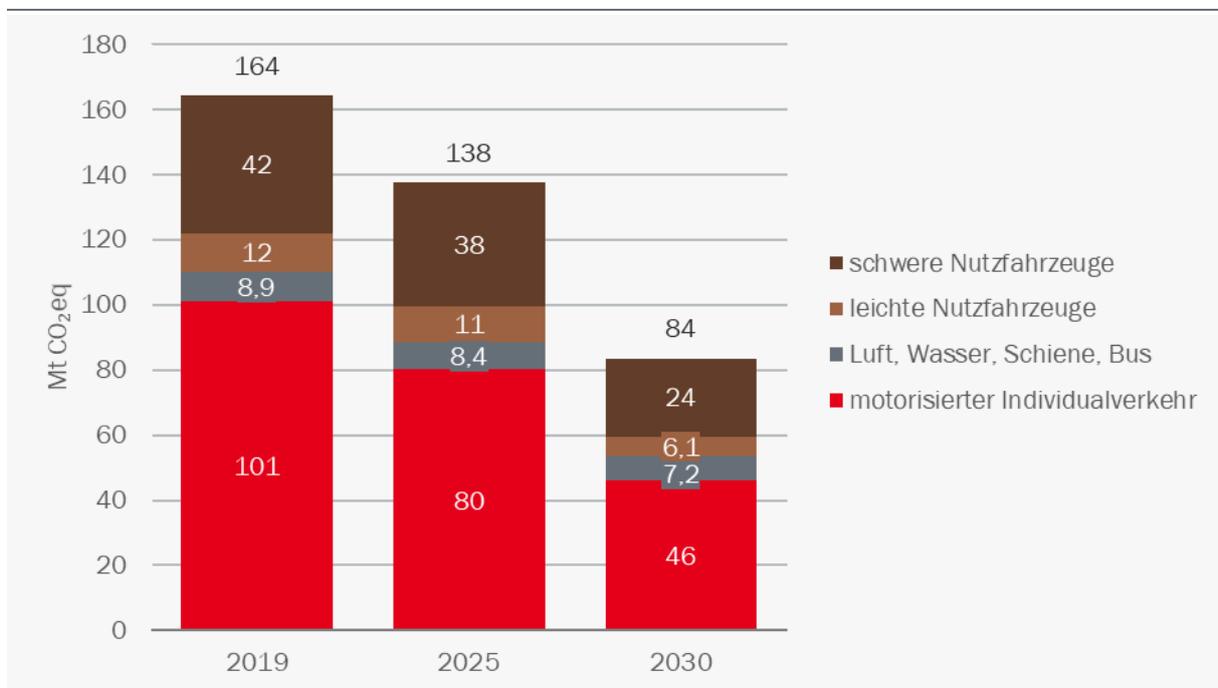
Eigene Darstellung

## 6.4 Treibhausgas -Emissionen

Für eine Zielerreichung im Jahr 2030 müssen die Emissionen im nationalen Verkehr in Deutschland um rund 80 Mt CO<sub>2</sub>eq gesenkt und damit fast halbiert werden. Die durch den Straßenverkehr verursachten Emissionen müssen in den nächsten Jahren deutlich reduziert werden. Die Elektrifizierung des Straßenverkehrs ist ein probates Mittel, um die Mobilitätsbedürfnisse weiterhin zu befriedigen und gleichzeitig die Energie- und Ressourceneffizienz des Sektors deutlich zu erhöhen.

Im Pfad Maßnahmenmix gelingt diese Emissionsreduktion im Verkehr mit umfangreichen politischen Maßnahmen. Die Emissionsentwicklung nach Verkehrszweig wird in der folgenden Abbildung 19 dargestellt.

**Abbildung 19: Pfad Maßnahmenmix: THG-Emissionen im nationalen Verkehr nach Verkehrszweig**  
Struktur der THG-Emissionen für die Jahre 2019, 2025 und 2030



Eigene Darstellung

## 7 Energiebedarfe und E-Fuel-Sensitivität

---

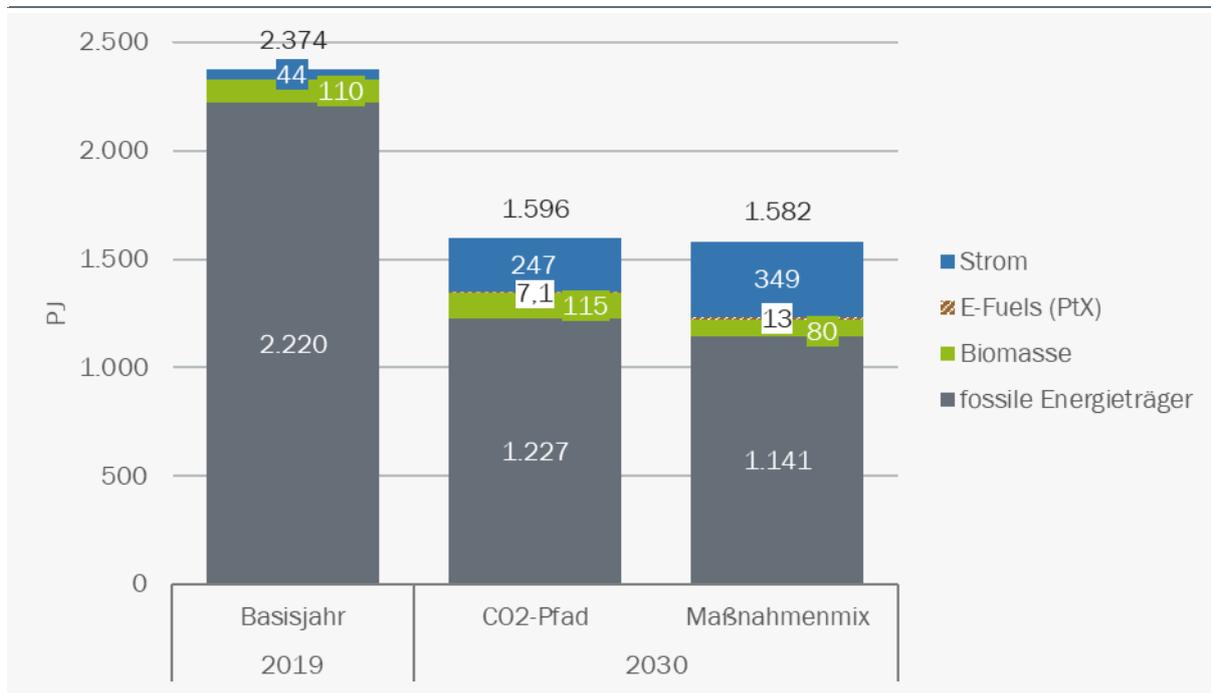
### 7.1 Vergleich Endenergieverbrauch

In der Energiebilanz werden die jährlichen Kraftstoffabsätze und Energieverbräuche nach Sektoren und Verwendungszwecken in Deutschland bilanziert. Gemäß dieser Energiebilanz lag der Endenergieverbrauch des inländischen Verkehrs im Jahr 2019 bei 2.374 Petajoule (PJ). Mit einem Anteil von über 60 Prozent hatte der MIV den größten Anteil am inländischen Verbrauch. Wesentliche Anteile entfielen auch auf schwere (25 %) und leichte Nutzfahrzeuge (7 %). Der inländische Luftverkehr, der Verkehr auf Binnengewässern, der Schienen- und der Busverkehr hatten hingegen zusammen nur einen Anteil von insgesamt 7 Prozent am inländischen Energieverbrauch im Sektor Verkehr im Jahr 2019.

Im Basisjahr 2019 dominieren die fossilen Energieträger den Endenergieverbrauch im Verkehr mit einem Anteil von 94 Prozent deutlich. In den untersuchten Klimapfaden sinkt der Verbrauch an fossilen Energieträgern um 45 Prozent (CO<sub>2</sub>-Pfad) beziehungsweise um 49 Prozent (Pfad Maßnahmenmix) im Jahr 2030 gegenüber dem Jahr 2019. Der biogene Anteil an den Energieträgern steigt im CO<sub>2</sub>-Pfad auf rund 9 Prozent leicht an. Im Pfad Maßnahmenmix bleibt er mit rund 7 Prozent konstant. Strombasierte Kraftstoffe kamen im Basisjahr 2019 im Verkehr noch nicht zum Einsatz. Im Jahr 2030 werden in den untersuchten Zielpfaden jeweils 0,6 PJ e-kerosene für den nationalen Luftverkehr sowie 6,5 PJ (CO<sub>2</sub>-Pfad) beziehungsweise 11,9 PJ (Pfad Maßnahmenmix) Wasserstoff für Brennstoffzellen-Fahrzeuge nachgefragt. In den hier untersuchten Pfaden werden im Straßenverkehr keine flüssigen synthetischen Energieträger eingesetzt (siehe dazu Kapitel: 7.3 E-Fuel-Sensitivität).

**Abbildung 20: Endenergieverbrauch nach Energieträger in den beiden untersuchten Pfaden**

Nationaler Verkehr in PJ; für die Jahre 2019 (Basisjahr) und 2030



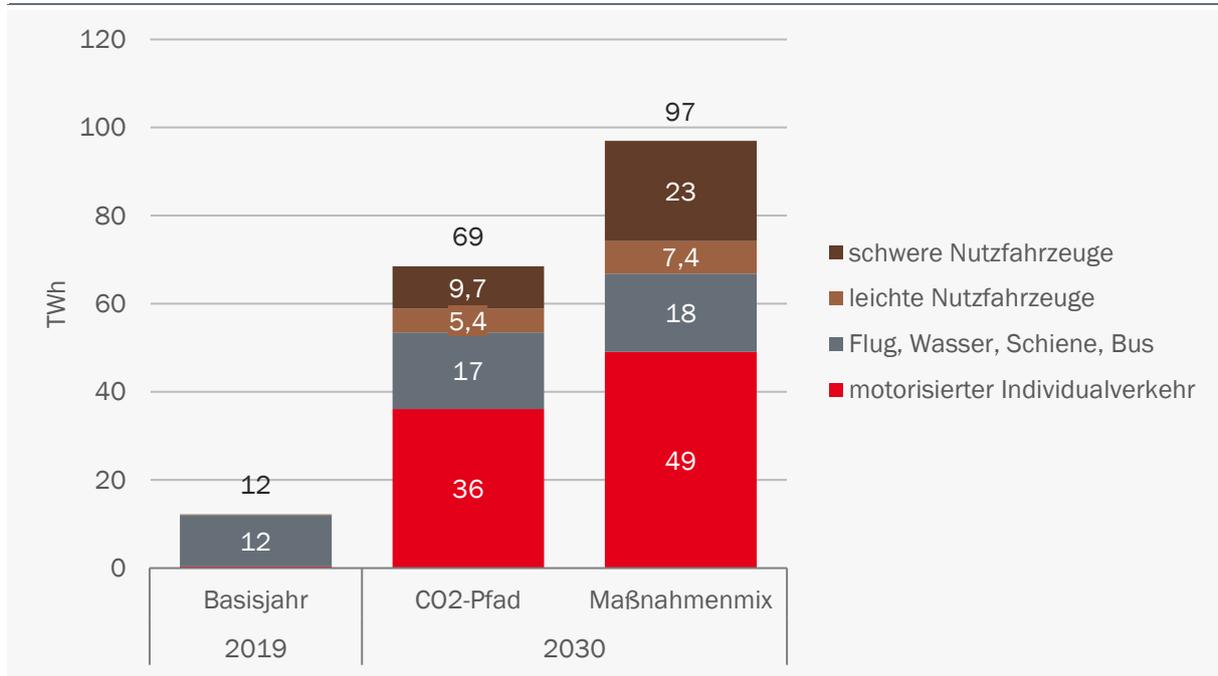
Eigene Darstellung

## 7.2 Vergleich Stromverbrauch

Bedingt durch eine zunehmende Anzahl an elektrifizierten Fahrzeugen steigt der Strombedarf in den untersuchten Pfaden stark an. Auf der Schiene wurden im Basisjahr 2019 rund 12 Terawattstunden (TWh) Strom verbraucht. Dies entsprach in etwa dem Wert für den gesamten Sektor Verkehr, da die anderen Verkehrsträger (Straße, Binnenschiff und die Luftfahrt) im Jahr 2019 noch keine oder nur eine sehr geringe Stromnachfrage aufwiesen. Mit dem Hochlaufen der Elektromobilität wird der Straßenverkehr in Zukunft einen höheren Strombedarf haben als der Schienenverkehr. Damit steigt auch der Strombedarf des Sektors Verkehr stark an, im CO<sub>2</sub>-Pfad auf 30 TWh (12 TWh entfallen auf E-Pkw) im Jahr 2025 und auf 69 TWh (36 TWh entfallen auf E-Pkw) im Jahr 2030. Im Pfad Maßnahmenmix wird ein Stromverbrauch von 35 TWh (16 TWh entfallen auf E-Pkw) im Jahr 2025 beziehungsweise 97 TWh (49 TWh entfallen auf E-Pkw) im Jahr 2030 berechnet.

**Abbildung 21: Stromverbrauch nach Verkehrszweig in den beiden untersuchten Pfaden**

Nationaler Verkehr in TWh; für die Jahre 2019 (Basisjahr) und 2030



Eigene Darstellung

### 7.3 E-Fuel-Sensitivität

In den untersuchten Zielpfaden wird eine Erreichung der Klimaschutzziele 2030 im Verkehr ohne Beimischung von strombasierten Kraftstoffen aufgezeigt (abgesehen von Wasserstoff beim Straßenverkehr und e-kerosene beim nationalen Luftverkehr). Die Herstellung von strombasierten Kraftstoffen (E-Fuels) ist teuer und stromintensiv. Eine überschlägige Sensitivitätsrechnung hat aufgezeigt, welche Emissionsminderung durch 55 PJ E-Fuels<sup>6</sup> im Sektor Verkehr erreicht wird und welche Anzahl an BEV dadurch weniger zugelassen werden müssten, um weiterhin eine Zielerreichung im Jahr 2030 sicherzustellen. Der Hochlauf der Elektromobilität könnte durch den Einsatz von 55 PJ E-Fuels um rund 2,1 Mio. BEV geringer ausfallen, so das Ergebnis der Sensitivitätsrechnung. Im Pfad Maßnahmenmix würden damit statt 21 Mio. noch 19 Mio. BEV im Jahr 2030 benötigt, um das Ziel im Jahr 2030 zu erreichen. Die Herstellung von 55 PJ E-Fuels verursacht einen zusätzlichen Strombedarf von rund 33 TWh. Bei 2,1 Mio. BEV entsteht eine zusätzliche Stromnachfrage von rund 5,5 TWh und damit sechsmal weniger. Die Bereitstellungskosten (ohne Steuern und Abgaben) von 55 PJ E-Fuels im Jahr 2030 werden mit rund 4 bis 6 Mrd. EUR beziffert. Dabei wird eine Herstellung in der Region „Middle East & North Africa“ MENA-Region unterstellt und die Investitionen in Erneuerbare-Energien-Anlagen wird mitberücksichtigt. Wirkungsgrade und Berechnungsannahmen sind aus der Studie „Kosten und Transformationspfade für strombasierte Energieträger“ (Prognos, 2020b) abgeleitet.

**Tabelle 4: Sensitivitätsrechnung für 55 PJ E-Fuels im Verkehr im Jahr 2030**

	Einheit	Wert
E-Fuels im Verkehr (Berechnungsannahme für 2030)	PJ	55
bilanzielle Emissionsminderung durch E-Fuel Einsatz	Mt CO <sub>2</sub>	4,0
durchschnittliche Jahresemissionen fossiler Pkw im Jahr 2030	T. CO <sub>2</sub> / Pkw	1,9
Emissionsminderung der E-Fuels in Anzahl BEV ausgedrückt	Mio.	2,1
zusätzlich benötigte Stromerzeugung durch 55 PJ E-Fuels <sup>1</sup>	TWh	33
zusätzlich benötigte Stromerzeugung durch 2,1 Mio. BEV	TWh	5,5
E-Fuels Bereitstellungskosten beim Endverbraucher (ohne Steuern und Abgaben); Erzeugung MENA-Region; Jahr 2030 <sup>1</sup>	Mrd. EUR	4 bis 6
Bereitstellungskosten bei Erzeugung in Deutschland	Mrd. EUR	3,5 bis 5

Eigene Tabelle; Berechnungsannahmen basieren auf Prognos, 2020b

<sup>6</sup> 55 PJ E-Fuels entsprechen rund 1,3 Megatonnen Öleinheiten (Mtoe)

## 8 Fazit

---

Um die im KSG formulierten Klimaziele für 2030 für den Sektor Verkehr zu erreichen, müssen die Emissionen im nationalen Verkehr in Deutschland um rund 80 Mt CO<sub>2</sub>eq gesenkt und damit im Vergleich zu 2019 fast halbiert werden. Die Erreichung dieses ambitionierten Ziels setzen umfangreiche politische Maßnahmen und ein schnelles Hochlaufen der Elektromobilität voraus – sowohl im Bereich des Personen- als auch im Bereich des Güterverkehrs auf der Straße.

Der Technologiewechsel beim Fahrzeugantrieb ist ein starker Hebel, um die Energieeffizienz im Verkehrssystem nachhaltig zu erhöhen und die THG-Emissionen zu reduzieren. Der Antriebswechsel und die Maßnahmen, welche diesen beschleunigen, standen deshalb im Fokus dieser Studie. Um die Klimaziele zu erreichen, genügt es jedoch nicht, allein auf die Elektromobilität zu setzen. Vielmehr ist ein struktureller Umbau des Verkehrssektors notwendig, damit möglichst viele Wege mit klimaschonenden Verkehrsträgern zurückgelegt werden können. Bei der Modellierung der Zielpfade in dieser Studie wurden deshalb auch die im Rahmen der NPM diskutierten Verlagerungspotenziale auf die Schiene, sowohl im Güter- als auch im Personenverkehr, angenommen (NPM, AG1, 2021).

Der Hochlauf der Elektromobilität wird in den nächsten Jahren deutlich an Fahrt aufnehmen. Um die angenommenen hohen E-Anteile der untersuchten Pfade zu erreichen, sind allerdings schärfere politische Maßnahmen erforderlich. Heute (2021) sind rund 48 Mio. Pkw beim Kraftfahrtbundesamt zugelassen. Im Pfad Maßnahmenmix sind es im Jahr 2030 rund 47 Mio. Pkw. Davon sind rund 23 Mio. (knapp 50 %) bereits heute auf den Straßen in Deutschland unterwegs. Mit anderen Worten: Auf die Hälfte der Pkw, welche 2030 fahren werden, haben aktuelle oder künftige Politikmaßnahmen keinen Einfluss; dies gilt, solange keine Maßnahmen zur Stilllegung von Fahrzeugen (wie zum Beispiel eine Abwrackprämie) eingeführt werden. Allerdings müssen die Emissionen der Pkw um mindestens 50 Prozent reduziert werden, damit das Klimaziel 2030 noch erreicht werden kann. In den verbleibenden rund acht Jahren bis dahin dürfen folglich nur noch wenige fossile Verbrenner zugelassen werden. Das Ziel der neuen Bundesregierung mit 15 Mio. batterieelektrischen Pkw bis 2030 geht in die richtige Richtung, liegt allerdings unter dem was erforderlich wäre, um die Klimaziele 2030 im Verkehr zu erreichen. Zudem reichen die aktuell implementierten politischen Maßnahmen nicht aus, um dieses Ziel zu erreichen.

---

## Anhang

---

### Modellbeschreibung Kaufentscheidungsmodell für Pkw

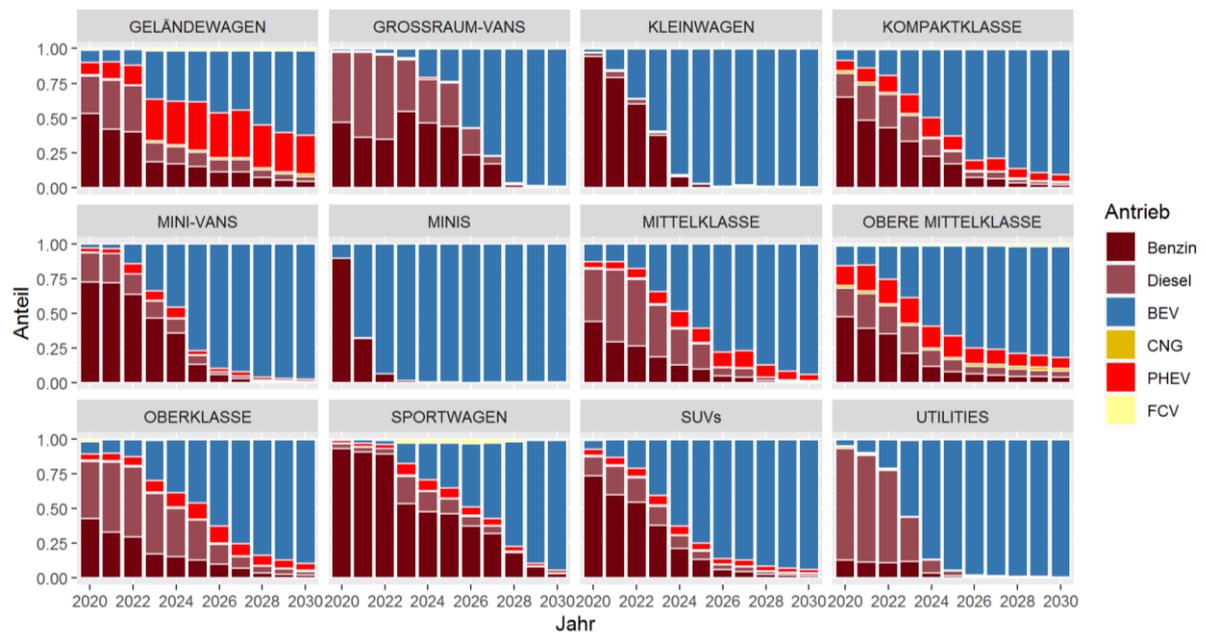
Für die Modellierung der Pkw-Neufahrzeugflotte gegliedert nach den unterschiedlichen Antriebstechnologien wurde ein Kaufentscheidungsmodell (Logit-Modell) verwendet. Das Modell reagiert auf die Kostenentwicklung (Total Cost of Ownership [TCO]) der verschiedenen Technologien und berücksichtigt auch das Angebot an Fahrzeugmodellen beziehungsweise deren Antriebstechnologien. Damit können viele politische Maßnahmen, wie zum Beispiel Kaufpreisförderungen, Bonus-Malus-Systeme, Änderungen bei Kfz- oder Dienstwagenbesteuerungen, CO<sub>2</sub>-Preise sowie Anpassungen der EU-CO<sub>2</sub>-Flottengrenzwerte im Modell untersucht werden.

Das Modell ist fein gegliedert und unterscheidet die folgenden Antriebstechnologien: Benzin, Diesel, Erdgas, Plug-in-Hybrid, batterieelektrische und Brennstoffzellenantriebe. Bei den Fahrzeuggrößenklassen werden die 14 Segmente gemäß Kraftfahrt-Bundesamt-Systematik unterschieden. Die Nutzertypen gliedern sich in Privat, Dienstwagen und Flottenfahrzeug. Zusätzlich erfolgt die Analyse für sieben unterschiedliche Fahrprofile beziehungsweise Jahresfahrleistungen.

In dieser Differenzierung werden die Kosten für alle Antriebstechnologie für die Kundin/den Kunden berechnet. Zusammen mit dem Marktangebot, welches sich für die kommenden Jahre aus den Anforderungen der EU-CO<sub>2</sub>-Flottengrenzwerte ableitet, werden Anteile der untersuchten Antriebe für alle Jahre bis zum Jahr 2050 mit einem Logit-Modell geschätzt. Um die Gewichtungsfaktoren zwischen Kosten (TCO) und Marktangebot für die Fahrzeugsegmente und Nutzertypen zu definieren, wird das Modell an den statistischen Neuzulassungsdaten des Kraftfahrt-Bundesamtes kalibriert.

## Abbildung 22: Antriebsstruktur der Neuzulassungen nach Pkw-Segmenten

Ergebnis aus dem Pkw-Kaufentscheidungsmodell



Eigene Darstellung

---

## Quellen

---

BNEF (2020)	BloombergNEF, Battery Pack Prices Cited Below \$100/kWh for the First Time in 2020, While Market Average Sits at \$137/kWh, <a href="https://about.bnef.com/blog/battery-pack-prices-cited-below-100-kwh-for-the-first-time-in-2020-while-market-average-sits-at-137-kwh/">https://about.bnef.com/blog/battery-pack-prices-cited-below-100-kwh-for-the-first-time-in-2020-while-market-average-sits-at-137-kwh/</a> (Abruf am: 9.11.2021)
BMF (2020)	Bundesfinanzministerium, Siebtes Gesetz zur Änderung des Kraftfahrzeugsteuergesetzes, Bundesgesetzblatt Jahrgang 2020 Teil I Nr. 47
EU 2019/631 (2019)	European Parliament; European Council. Regulation (EU) 2019/631 of the European Parliament and of the Council of 17 April 2019 setting CO <sub>2</sub> emission performance standards for new passenger cars and for new light commercial vehicles and repealing Regulations (EC) No 443/2009 and (EU) No 510/2011.
EU 2019/1242 (2019)	Parliament and Council of the European Union (2019): Regulation (EU) 2019/1242 of the European Parliament and of the Council of 20 June 2019 setting CO <sub>2</sub> emission performance standards for new heavy-duty vehicles and amending Regulations (EC) No 595/2009 and (EU) 2018/956 of the European Parliament and of the Council and Council Directive 96/53/EC
MINEFI (2020)	Ministère de l'économie des finances, LOI n° 2020-1721 du 29 décembre 2020 de finances pour 2021, <a href="https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/article_jo/JORFARTI000042753646?r=cAUENQOMQG">https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/article_jo/JORFARTI000042753646?r=cAUENQOMQG</a> (Abruf am 15.10.2021)
NPM, AG1 (2021):	Wege für mehr Klimaschutz im Verkehr, <a href="https://www.plattform-zukunft-mobilitaet.de/wp-content/uploads/2021/07/NPM_AG1_Wege-fuer-mehr-Klimaschutz.pdf">https://www.plattform-zukunft-mobilitaet.de/wp-content/uploads/2021/07/NPM_AG1_Wege-fuer-mehr-Klimaschutz.pdf</a> (Abruf am 20.10.2021)
Öko-Institut (2021)	Projektionsbericht 2021 für Deutschland
Prognos (2020a)	Energiewirtschaftliche Projektionen und Folgenabschätzungen 2030/2050
Prognos (2020b)	Kosten und Transformationspfade für strombasierte Energieträger
Prognos ()	Key Measures to reduce Road Transport Emissions in Germany – bislang unveröffentlicht
UBA (2020)	Klimaschutz durch Tempolimit

UBA (2021a)	Nationaler Inventarbericht zum Deutschen Treibhausgasinventar 1990–2019
UBA (2021b)	Treibhausgasemissionen in Deutschland 2020 Schätzung

---

# Impressum

---

Zielpfade Verkehr 2030

Analyse von politischen Maßnahmen zur Erreichung der Klimaschutzziele im Verkehr

---

## Herausgeber

Prognos AG  
St. Alban-Vorstadt 24  
4052 Basel  
Telefon: +41 61 3273-310  
Fax: +41 61 3273-300  
E-Mail: [info@prognos.com](mailto:info@prognos.com)  
[www.prognos.com](http://www.prognos.com)  
[twitter.com/prognos\\_aG](https://twitter.com/prognos_aG)

---

## Autoren

Alex Auf der Maur  
Tim Trachsel

---

## Kontakt

Alex Auf der Maur (Projektleitung)  
Telefon: +41 61 327 34 77  
E-Mail: [alex.aufdermaur@prognos.com](mailto:alex.aufdermaur@prognos.com)

---

Stand: Februar 2022  
Copyright: 2022, Prognos AG

---

Alle Inhalte dieses Werkes, insbesondere Texte, Abbildungen und Grafiken, sind urheberrechtlich geschützt. Das Urheberrecht liegt, soweit nicht ausdrücklich anders gekennzeichnet, bei der Prognos AG. Jede Art der Vervielfältigung, Verbreitung, öffentlichen Zugänglichmachung oder andere Nutzung bedarf der ausdrücklichen, schriftlichen Zustimmung der Prognos AG.

Zitate im Sinne von § 51 UrhG sollen mit folgender Quellenangabe versehen sein: Prognos AG (2022): Zielpfade Verkehr 2030.