



# Umweltanalyse: Update der Studie Wasserstoffmobilität in Deutschland

Eine Kurzstudie für den Deutschen Wasserstoff-Verband e.V. (DWV)  
zum Markthochlauf von Nutzfahrzeugen mit Brennstoffzellen und  
grünem Wasserstoff zur Erreichung der Klimaschutzziele in  
Deutschland bis 2030 und 2040

Eine Studie im Auftrag des Deutscher Wasserstoff-Verband (DWW) e.V.

Datum: 15. Januar 2024

**AutorInnen:**

Martin ZERTA, Senior Consultant

Selina KETTNER, Consultant

Manuel BAX, Consultant

Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH (LBST)  
Daimlerstr. 15 | 85521 Ottobrunn | [www.LBST.de](http://www.LBST.de)

**Haftungsausschluss**

Der Mitarbeiterstab der Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH hat diesen Bericht erstellt.

Die Sichtweisen und Schlüsse, die in diesem Bericht ausgedrückt werden, sind jene der Mitarbeitenden der Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH. Alle Angaben und Daten sind sorgfältig recherchiert. Allerdings gibt weder die Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH noch irgendeiner ihrer Mitarbeitenden, Vertragspartner oder Unterauftragnehmer irgendeine ausdrückliche oder implizierte Garantie oder übernimmt irgendeine rechtliche oder sonstige Verantwortung für die Korrektheit, Vollständigkeit oder Nutzbarkeit irgendeiner Information, eines Produktes oder eines enthaltenen Prozesses.

Eine Studie im Auftrag des Projekts HyMobility des Deutschen Wasserstoff-Verbandes (DWV) e.V.

### Über HyMobility



Das Projekt HyMobility wird im Rahmen des Nationalen Innovationsprogramms Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie mit insgesamt 1,8 Mio. Euro durch das Bundesministerium für Digitales und Verkehr gefördert. Die Förderrichtlinie wird von der NOW GmbH koordiniert und durch den Projektträger Jülich (PTJ) umgesetzt.



Gefördert durch:



Koordiniert durch:



Projektträger:



Weitere Informationen unter: [www.dwv-hymobility.de](http://www.dwv-hymobility.de)



### Über den DWV

Der Deutsche Wasserstoff-Verband (DWV) e.V. setzt sich seit 1996 für eine nachhaltige Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Industrie ein.

Der Aufbau einer grünen Wasserstoff-Marktwirtschaft als Bestandteil einer nachhaltigen Energieversorgung steht im Fokus des DWV. Mit unserem Engagement tragen wir dazu bei, die Klimaziele - bei gleichzeitigem Erhalt der Versorgungssicherheit und des Industriestandortes Deutschland - effizient zu erreichen. Dabei spielt Wasserstoff, der mit erneuerbaren Energien erzeugt wird, eine entscheidende Rolle.

Im Mittelpunkt der Verbandsaktivitäten stehen die Implementierung und Optimierung der erforderlichen marktwirtschaftlichen, technologischen und ordnungsrechtlichen Rahmenbedingungen für die Wasserstoffwirtschaft in den Bereichen Anlagenbau, Erzeugung, Transportinfrastruktur und Anwendungstechnologien. Um diese Herausforderungen global zu lösen, setzt sich der DWV auch für eine internationale nachhaltige Zusammenarbeit ein. Unsere 418 persönlichen Mitglieder und 180 Mitgliedsinstitutionen und -unternehmen stehen für bundesweit mehr als 1,5 Millionen Arbeitsplätze; der Verband repräsentiert somit einen bedeutenden Teil der deutschen Wirtschaft.

## Inhaltsverzeichnis

1. Überblick.....	7
2. Update politischer und gesetzlicher Ziele und Rahmenbedingungen.....	9
2.1. Klimaschutzziele .....	9
2.2. Instrumente zur Erreichung der Klimaschutzziele .....	11
3. Umweltziele und die Elektrifizierung des Verkehrssektors.....	17
3.1. Status quo Verkehrssektor .....	17
3.2. Entwicklung des Verkehrsaufkommens.....	18
3.3. THG-Zielpfad des Umweltbundesamtes für den Verkehrssektor in Deutschland.....	19
3.4. Modellierung Elektrifizierungsszenarien .....	19
3.4.1. Erläuterung Szenarien .....	19
3.4.2. Auswertung der CO <sub>2</sub> -Modellierung.....	22
3.4.3. Markthochlauf im Segment schwerer Nutzfahrzeuge.....	25
4. Zusammenfassung und Fazit.....	28
5. Abkürzungen .....	30
6. Literatur.....	31

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Treibhausgas-Minderungsziele des Bundes-Klimaschutzgesetzes im Vergleich zum Jahr 1990	10
Tabelle 2: Durchschnittliche CO <sub>2</sub> -Minderungsvorgabe neuer schwerer Nutzfahrzeuge der Unionsflotte gegenüber den durchschnittlichen CO <sub>2</sub> -Emissionen des Jahres 2019.....	12
Tabelle 3: Fahrzeugspezifische Flottengrenzwerte gegenüber 2019 nach dem Vorschlag der EU-Kommission .....	12
Tabelle 4: CO <sub>2</sub> -Preise bis 2025 des Brennstoffemissionshandelsgesetzes <sup>24</sup> .....	14
Tabelle 5: Quote für saubere Fahrzeuge bei Anschaffung durch öffentliche Auftraggeber.....	15
Tabelle 6: Status quo des straßengebundenen Verkehrs in Deutschland, eigene Auswertungen.....	18
Tabelle 7: Prognose der Verkehrsleistung nach [BMDV 2023] .....	19
Tabelle 8: Zukunftsszenarien und Modellierungsansätze dieser Studie .....	20

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Fahrleistung und CO <sub>2</sub> -Emissionen der Verkehrsklassen, eigene Auswertung nach Tabelle 2	18
Abbildung 2: CO <sub>2</sub> -Emissionen des Verkehrssektors für verschiedene Szenarien.....	23
Abbildung 3: Elektrifizierungsgrade im Bestand der Fahrzeugsegmente für verschiedene Szenarien im Jahr 2030.....	24
Abbildung 4: Bisherige Ziele zur Elektrifizierung des Straßenverkehrs reichen nicht aus, um die Klimaschutzziele zu erreichen und die CO <sub>2</sub> -Emissionen bis 2030 zu senken .....	25
Abbildung 5: Hochlaufkurven für ZEV bei schweren Nutzfahrzeugen für verschiedene Szenarien (ohne Verkehrszunahme).....	26
Abbildung 6: Zunahme an ZEV im Fahrzeugbestand der schweren Nutzfahrzeuge für verschiedene Szenarien (ohne Verkehrszunahme).....	27
Abbildung 7: Brennstoffzellenfahrzeuge können durch ihre spezifischen Eigenschaften einen wichtigen Beitrag zum emissionsfreien Verkehr leisten.....	29

# 1. ÜBERBLICK

Der Deutsche Wasserstoff-Verband e.V. (DWV) möchte die Verkehrswende in Deutschland voranbringen und dabei gezielt die Umstellung auf emissionsfreie Mobilität zur Reduzierung der Treibhausgasemissionen durch den vermehrten Einsatz von grünem Wasserstoff als Kraftstoff für den Einsatz in Brennstoffzellen unterstützen.

Mit der Gründung der Fachkommission HyMobility wurde hierzu durch den DWV und relevante Unternehmen und Organisationen entlang der Wasserstoff-Wertschöpfungskette in der Mobilität ein Forum geschaffen, um durch konkrete Empfehlungen und Maßnahmen die erforderlichen Rahmenbedingungen für die Wasserstoffmobilität zu beschleunigen. Dabei soll etwa die Bedeutung von Brennstoffzellenfahrzeugen für die Erreichung der Klimaschutzziele und der Dekarbonisierung des Straßenverkehrs, insbesondere für Nutzfahrzeuge, aufgezeigt werden.

Brennstoffzellen-Nutzfahrzeuge (BZ-Nfz) mit grünem Wasserstoff (H<sub>2</sub>) bieten aufgrund der hohen Leistungsdichten und schnellen Betankungszeiten einen attraktiven Lösungsansatz für die Dekarbonisierung und auch Elektrifizierung des Verkehrssektors. Zudem bietet grüner Wasserstoff aus erneuerbaren Energiequellen den weiteren Vorteil der Versorgungssicherheit im Energiemarkt aufgrund der guten Speicherfähigkeit von Wasserstoff und einer flexiblen Produktionsmöglichkeit. Obwohl technisch bereits erprobt und entwickelt, stellen die noch hohen Kosten ein Hemmnis für eine schnelle und breite Einführung von BZ-Nutzfahrzeugen mit grünem Wasserstoff dar. Wie in der Studie „Wasserstoffmobilität in Deutschland: Umweltanalyse“<sup>1</sup> aufgezeigt, ist für die Erreichung der kurzfristigen Klimaschutzziele bis 2030 jedoch ein rascher Markthochlauf von Brennstoffzellenfahrzeugen mit grünem Wasserstoff im schweren Nfz-Segment unbedingt erforderlich. Zudem konnte mit der „HyMobility Technologiestudie 2023“<sup>2</sup> des DWV aufgezeigt werden, dass erhebliche Skaleneffekte zur Kostensenkung von Brennstoffzellen-Nutzfahrzeugen (BZ-Nfz) mit dem Einstieg der Serienfertigung von Komponenten von Brennstoffzellen, H<sub>2</sub>-Tanks, Elektrolyseuren sowie H<sub>2</sub>-Tankstellen bestehen und erschlossen werden können. Der Beginn des gezielten Markthochlaufs bis 2030 schafft nicht nur die wesentliche Voraussetzung für eine Wirtschaftlichkeit von BZ-Nfz gegenüber Dieselfahrzeugen, sondern auch die Vertiefung der Wertschöpfung durch die Produktion von relevanten Komponenten und Systemen am Wirtschaftsstandort Deutschland.

Im Folgenden wird ein Update der Umweltstudie bezüglich der regulatorischen Rahmenbedingungen und zum Markthochlauf von BZ-Nfz gegeben.

Im Gesetzesentwurf zur Änderung des Bundes-Klimaschutzgesetzes hält die Bundesregierung an den Treibhausgasminderungszielen von -65 % bis 2030, -88 % bis 2040 im Vergleich zu 1990 und Klimaneutralität bis 2045 fest, fordert aber gleichzeitig eine Auflösung der Sektorenziele. Mit dem Green Deal der EU und der Effort Sharing Regulation ist Deutschland zu einer THG-Minderung von mindestens 50 % bis 2030 in den Bereichen verpflichtet, die nicht vom Emissionshandelssystem (dt. EHS, engl. ETS) erfasst sind.

Im Klimaschutzprogramm 2023 werden u. a. die Zulassung von E-Fuels-betriebenen Fahrzeugen auch jenseits des Verbrenner-Aus, der Aufbau der Infrastruktur für alternative Kraftstoffe gemäß AFIR und ein

<sup>1</sup> [https://dwv-info.de/wp-content/uploads/2023/04/DWV\\_HyMobility\\_Umweltstudie\\_LBST\\_2023-04-12\\_final.pdf](https://dwv-info.de/wp-content/uploads/2023/04/DWV_HyMobility_Umweltstudie_LBST_2023-04-12_final.pdf), zuletzt abgerufen am 15.11.2023.

<sup>2</sup> <https://dwv-info.de/studien/hymobility-technologiestudie-2023-2/>, zuletzt abgerufen am 20.12.2023.

CO<sub>2</sub>-Aufschlag auf die Lkw-Maut als Klimaschutzmaßnahmen genannt. Auf EU-Ebene gibt es Zustimmung vom Rat und dem Europäischen Parlament zu Flottengrenzwerten bei neu zugelassenen Fahrzeugen. So müssen ab 2025 insgesamt 15 % der Neuzulassungen emissionsfrei sein, ab 2030 nun 45 %, ab 2035 65 % und ab 2040 90 %. Bei Fahrzeuganschaffungen von öffentlichen Auftraggebern gelten eigene Grenzen. Bezüglich eingesetzter Kraftstoffe schreibt die Erneuerbare-Energien-Richtlinie (RED III) eine THG-Emissionsreduktion von 14,5 % oder den Anteil von mindestens 29 % an erneuerbaren Energien am Endenergieverbrauch bis 2030 vor, wobei 5,5 % an fortschrittlichen Biokraftstoffen und RFNBOs (Renewable fuels of non-biological origin – Erneuerbare Kraftstoffe nicht-biologischen Ursprungs) eingesetzt werden müssen. Ab 2027 wird der Straßenverkehr zudem in das Europäische Emissionshandelssystem II aufgenommen. Hierunter sollen CO<sub>2</sub>-Emissionen fallen, die durch die Verbrennung von Kraftstoffen entstehen. Aktuell werden kraftstoffbezogene CO<sub>2</sub>-Zertifikate bereits im Rahmen des nationalen Brennstoffhandelsgesetzes gehandelt. Bei der Abgasnorm Euro 7 stehen noch Verhandlungen zwischen Europäischem Parlament, dem Rat und der Europäischen Kommission aus.

Diese Studie zeigt auf, dass bisherige Maßnahmen und Rahmenbedingungen nicht ausreichen, um die Klimaschutzziele bis 2030 zu erreichen. Der steigende Handlungsdruck auf Kommunen, Bund, OEMs und Betreiber erfordert entschiedene Maßnahmen vor 2030. Vor allem im Segment der Nutzfahrzeuge kann die Brennstoffzellenmobilität eine sinnvolle Ergänzung zur batterieelektrischen Mobilität darstellen und einen wesentlichen Beitrag für den Hochlauf der Elektromobilität in Deutschland leisten. Der Wirtschaftsstandort Deutschland sollte den Markthochlauf von BZ-Mobilität nicht verpassen, um Technologieführerschaft und Wertschöpfung zu erhalten. Ohne rasches und entschlossenes gesetzgeberisches Handeln und verlässliche Rahmenbedingungen für Investitionsentscheidungen werden Verkehrs- und Umweltschutzziele verfehlt werden.



## 2. UPDATE POLITISCHER UND GESETZLICHER ZIELE UND RAHMENBEDINGUNGEN

Zur Erreichung der Klimaneutralität bis 2045 und zur schrittweisen Minderung der THG-Emissionen stellen politische und gesetzliche Vorgaben sowie Instrumente einen entscheidenden Rahmen für Technologie- und Marktentwicklungen sowie Investitionsentscheidungen dar. Jedoch reichen die bisherigen Klimaschutzmaßnahmen nicht aus, um die erforderlichen Beiträge zur Emissionsminderung und eine Umstellung auf erneuerbare Energien zu erreichen. 2021 war eine Klimaschutzlücke von kumuliert 1,1 Mrd. t<sub>CO<sub>2e</sub></sub> bis 2030 festgestellt worden.<sup>3</sup> Insbesondere im Verkehrssektor sind deutlich höhere Ambitionen erforderlich. So urteilte beispielsweise im November 2023 das Oberverwaltungsgericht Berlin-Brandenburg, dass der deutsche Verkehrs- und Bausektor gegen das Klimaschutzgesetz verstößt und ein ambitionierteres Vorgehen erforderlich ist. Das Gericht fordert die Bundesregierung auf, Sofortmaßnahmen zu ergreifen, um die Klimaziele für die Jahre 2024 bis 2030 sicher zu erreichen.<sup>4</sup>

Zusätzlich konnte die Regierung nun Ende des Jahres wegen der Schuldenbremse knapp 60 Mrd. Euro, die für den Klima- und Transformationsfonds (KTF) vorgesehen waren, nicht erbringen und musste über Einsparungen im Haushaltsplan 2024 verhandeln. Eine Studie des Forums Ökologisch-Soziale Marktwirtschaft<sup>5</sup> zeigt in diesem Zusammenhang, dass allein durch den Abbau klimaschädlicher Subventionen über 65 Mrd. Euro pro Jahr eingespart werden könnten. Dazu zählt zum Beispiel die Energiesteuervergünstigung für Diesel mit einem Subventionsvolumen von 5,7 Mrd. Euro pro Jahr. In einer Erklärung vom 13. Dezember 2023 offenbarte die Regierung ihre Pläne zur Haushaltseinsparung. Demnach sollen zwar klimaschädliche Subventionen im Umfang von 3 Mrd. Euro abgebaut werden und der CO<sub>2</sub>-Preis für das Tanken und Heizen mit fossilen Energien auf 45 Euro pro Tonne steigen, gleichzeitig sind aber Kürzungen für den KTF um 45 Mrd. Euro bis zum Jahr 2027 vorgesehen sowie die Laufzeitverkürzung bei der E-Auto-Kaufprämie und der Solarförderung.<sup>6</sup>

Im Folgenden werden wesentliche Klimaschutzziele Deutschlands und der EU und gesetzliche Rahmenbedingungen für die Dekarbonisierung des Straßenverkehrs mit dem Fokus auf schwere Nutzfahrzeuge zusammengefasst und ein Überblick erstellt.

### 2.1. Klimaschutzziele

#### Bundes-Klimaschutzgesetz

Im Juni 2023 beschloss die Bundesregierung einen zweiten Gesetzesentwurf zur Änderung des Bundes-Klimaschutzgesetzes<sup>7</sup>. Der Bundestag setzte sich damit im Rahmen einer ersten Lesung im September auseinander und auch der Ausschuss für Klimaschutz und Energie nahm dazu im November 2023 Stellung.<sup>8</sup>

<sup>3</sup> <https://www.bundesregierung.de/breg-de/aktuelles/klimaschutzprogramm-2023-2226992>, zuletzt abgerufen am 15.01.2024.

<sup>4</sup> <https://www.handelsblatt.com/politik/deutschland/abmahnung-gericht-verpflichtet-regierung-zu-zusaetzlichen-klima-massnahmen/100001820.html>, zuletzt abgerufen am 13.12.2023.

<sup>5</sup> [FÖSM 2023]

<sup>6</sup> <https://www.bundesfinanzministerium.de/Content/DE/Video/2023/2023-12-13-Einigung-Bundshaushalt-2024/2023-12-13-einigung-bundshaushalt-2024.html>, zuletzt abgerufen am 14.12.2023.

<sup>7</sup> [KSG 2023]

<sup>8</sup> <https://www.bundestag.de/dokumente/textarchiv/2023/kw38-de-bundesklimaschutzgesetz-965094>, zuletzt abgerufen am 11.12.2023.

Mit der Erneuerung des Klimaschutzgesetzes will die Bundesregierung an den bisherigen übergeordneten Zielen zur Treibhausgasreduktion festhalten:

Tabelle 1: Treibhausgas-Minderungsziele des Bundes-Klimaschutzgesetzes im Vergleich zum Jahr 1990

	Bis 2030	Bis 2040	Bis 2045
<b>THG-Minderungsziele</b>	-65 %	-88 %	Klimaneutralität

Im Gegensatz dazu sollen jedoch die sektorspezifischen Ziele aufgehoben werden. Begründet wird dies damit, die Flexibilität und Effizienz erhöhen zu wollen und Treibhausgasemissionen insbesondere in Bereichen mit den größten Einsparpotenzialen zu reduzieren. Gleichzeitig soll aber Transparenz über verursachte und eingesparte Treibhausgasemissionen<sup>9</sup> in den einzelnen Sektoren gewahrt werden sowie die Verpflichtung der verantwortlichen Bundesministerien, angemessen zur Erreichung der Klimaschutzziele beizutragen.

Anstatt bisher verfehlte Klimaschutzmaßnahmen zu evaluieren, sieht der Gesetzesentwurf vor, in Zukunft Maßnahmen zur Erreichung der Klimaschutzziele anhand von erwarteten zukünftigen Entwicklungen zu treffen. Dabei soll dem Expertenrat für Klimafragen die zentrale Rolle zukommen, Zukunftsprognosen zu validieren sowie eigene Vorschläge zur Anpassung und Weiterentwicklung von Klimaschutzmaßnahmen zu präsentieren. Im Falle von verfehlten Klimaschutzziele soll die Regierung weiterhin verpflichtet sein, ein Sofortprogramm vorzulegen und durchzuführen.

### Europäischer Green Deal und Effort Sharing Regulation

Auf Europäischer Ebene verpflichtet sich die EU mit dem Europäischen Green Deal<sup>10</sup> zur Klimaneutralität bis 2050 mit dem Zwischenziel, bis 2030 die Treibhausgasemissionen um 55 % gegenüber den Emissionen des Jahres 1990 zu senken. Im Rahmen der im April 2023 geänderten Effort Sharing Regulation<sup>11</sup> als Teil des Maßnahmenpakets „Fit for 55“<sup>12</sup> verfolgt die Europäische Union in den Sektoren, die nicht unter das Europäische Emissionshandelssystem<sup>13</sup> fallen, das Ziel einer EU-weiten Treibhausgasreduzierung bis 2030 um 40 % gegenüber dem Jahre 2005. Dabei sind die Umsetzungsverpflichtungen unter Berücksichtigung ihrer jeweiligen wirtschaftlichen Stärke auf die Mitgliedsstaaten verteilt. Deutschland ist demnach verpflichtet, seine Treibhausgasemissionen bis 2030 um mindestens 50 % gegenüber 2005 zu mindern. Vor der Änderung der Verordnung waren nur 38 % THG-Minderung verlangt. Zur Überwachung der Fortschritte sind jedem Staat zusätzlich jährliche, sich weiter verringernde erlaubte Emissionsmengen zugewiesen. Allerdings erlauben die folgenden Möglichkeiten eine Abfederung der Zielvorgaben:

- Vorwegnahme von Emissionszuweisungen aus den Folgejahren
  - 2021 bis 2025: bis zu 10 % der jährlichen Emissionszuweisungen
  - 2026 bis 2030: bis zu 5 % der jährlichen Emissionszuweisungen
- Übertrag auf Folgejahre bei Übererfüllung

<sup>9</sup> Darunter Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>), Methan (CH<sub>4</sub>), Distickstoffoxid (N<sub>2</sub>O), Schwefelhexafluorid (SF<sub>6</sub>), Stickstofftrifluorid (NF<sub>3</sub>) sowie teilfluorierte Kohlenwasserstoffe (HFKW) und perfluorierte Kohlenwasserstoffe (PFKW).

<sup>10</sup> [EGD 2019]

<sup>11</sup> [ESR 2023]

<sup>12</sup> [Ff55 2021]

<sup>13</sup> [ETS 2023]

- 2021: Übertrag auf Folgejahre bis 2030
- 2022 bis 2029: Übertrag von max. 30 % der jährlichen Emissionszuweisungen auf das jeweils nachfolgende Jahr
- Übertrag auf andere Mitgliedsstaaten
  - 2021 bis 2025: Übertrag von bis zu 5 % der eigenen jährlichen Emissionszuweisungen
  - 2026 bis 2030: Übertrag von bis zu 10 % der eigenen jährlichen Emissionszuweisungen
  - Übertrag auf betreffendes Jahr oder auf Folgejahre bis 2030

Die Verordnung findet unter anderem Anwendung im Straßenverkehrssektor. Da dieser jedoch unter die Kategorie „Energie“ nach dem Intergovernmental Panel on Climate Change<sup>14</sup> (IPCC) fällt, können die Vorgaben nicht als sektorspezifisch gewertet werden.

## 2.2. Instrumente zur Erreichung der Klimaschutzziele

### Klimaschutzprogramm

Im Zusammenhang mit der Änderung des Bundes-Klimaschutzgesetzes legte die Bundesregierung ein umfassendes Klimaschutzprogramm<sup>15</sup> vor. Diesem wird u. a. vom Expertenrat für Klimafragen eine „erhebliche Minderungswirkung“ zugeschrieben. Allerdings werden gleichzeitig kumuliert bis 2030 etwa 200 Mio. Tonnen Treibhausgasemissionen insbesondere im Verkehrssektor noch nicht adressiert.<sup>16</sup>

Für den Verkehrssektor wird die Transformation der Antriebstechnologien im Straßenverkehr als zentraler Hebel für die Dekarbonisierung des Sektors gesehen. Somit sollen unter anderem folgende Maßnahmen ergriffen werden:

- Zulassung von E-Fuel-betriebenen Fahrzeugen auch nach 2035 (siehe auch „Flottengrenzwerte für schwere Nutzfahrzeuge“)
- CO<sub>2</sub>-Aufschlag auf die Lkw-Maut und Erweiterung auf Lkw ab 3,5 t zulässiger Gesamtmasse (siehe „Lkw-Maut“)
- Aufbau von Infrastruktur-Grundnetzen für batterie- und brennstoffzellenelektrische Lkw und Einsatz für ambitionierte Ausbauziele auf europäischer Ebene (siehe „AFIR“)
- Verlängerung der Förderung von leichten und schweren Nutzfahrzeugen mit alternativen Antrieben sowie von Tank- und Ladeinfrastruktur bis 2028
- Emissionsfreie Busse
- Förderung von Effizienzmaßnahmen bei schweren Nutzfahrzeugen
- Stärkung von Innovationsclustern zur technologieübergreifenden Erprobung alternativer Antriebstechnologien

<sup>14</sup> Siehe <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/guidelin/ch1ri.pdf>, zuletzt abgerufen am 14.12.2023.

<sup>15</sup> [KSP 2023]

<sup>16</sup> <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2023/10/20231004-bundeskabinett-verabschiedet-umfassendes-klimaschutzprogramm-2023.html>, zuletzt abgerufen am 11.12.2023.

## Flottengrenzwerte für neue schwere Nutzfahrzeuge

Zum Vorschlag der Europäischen Kommission vom Februar 2023 zur Verschärfung der Flottengrenzwerte für neu eingeführte schwere Nutzfahrzeuge<sup>17</sup> legten der Rat<sup>18, 19</sup> im Oktober und das Europäische Parlament<sup>20, 21</sup> im November 2023 ihre Positionen dar. Zustimmung findet der Vorschlag der EU-Kommission, den EU-gesamten Flottengrenzwert für neu eingeführte schwere Nutzfahrzeuge gegenüber dem Level von 2019 folgendermaßen – und damit deutlich stärker als bisher – zu senken sowie auf 2040 und Folgejahre zu erweitern:

Tabelle 2: Durchschnittliche CO<sub>2</sub>-Minderungsvorgabe neuer schwerer Nutzfahrzeuge der Unionsflotte gegenüber den durchschnittlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen des Jahres 2019

	Ab 2025	Ab 2030	Ab 2035	Ab 2040
<b>CO<sub>2</sub>-Minderungsvorgabe</b>	15 %	45 %	65 %	90 %

Im weiteren Verlauf müssen nun die Rahmenbedingungen verhandelt werden. Je nach Fahrzeugtyp sieht der Vorschlag der Kommission spezifische Zielvorgaben vor:

Tabelle 3: Fahrzeugspezifische Flottengrenzwerte gegenüber 2019 nach dem Vorschlag der EU-Kommission

Fahrzeugklasse	2025 – 2029	2030 – 2034	2035 – 2039	Ab 2040
<b>Mittelschwere Lkw</b>				
<b>Schwere Lkw &gt; 7,4 t</b>				
<b>Schwere Lkw &gt; 16 t mit besonderen Achsenkonfigurationen</b>	0 %	43 %	64 %	90 %
<b>Reisebusse</b>				
<b>Schwere Lkw &gt; 16 t mit 4x2- und 6x4-Achsenkonfigurationen</b>	15 %	43 %	64 %	90 %
<b>Anhänger</b>	0 %	7,5 %	7,5 %	7,5 %
<b>Sattelanhänger</b>	0 %	15 %	15 %	15 %
<b>Schwere Stadtbusse</b>	0 %	100 %	100 %	100 %

Einen Diskussionsgegenstand stellt insbesondere noch die Nutzung von E-Fuels als Erfüllungsoption dieser sehr ambitionierten Ziele dar. Laut Kommission sollen Fahrzeuge als „emissionsfrei“ gelten, wenn sie nicht mehr als 5 g THG pro Tonnenkilometer (tkm) bzw. pro Personenkilometer (pkm) ausstoßen. Das Europäische Parlament lehnt dies ab und lieferte den Gegenvorschlag, eine neue schwere Nutzfahrzeugklasse zu schaffen, die ausschließlich mit E-Fuels betrieben wird. Der Rat setzt in ähnlicher Weise die Begrenzung auf nur 1 g CO<sub>2</sub> pro tkm bzw. pkm.

<sup>17</sup> [EC 2023]

<sup>18</sup> <https://www.consilium.europa.eu/en/press/press-releases/2023/10/16/council-agrees-on-new-rules-to-strengthen-co2-emission-standards-for-heavy-duty-vehicles/>, zuletzt abgerufen am 12.12.2023.

<sup>19</sup> Allgemeine Ausrichtung des Rats verfügbar unter <https://data.consilium.europa.eu/doc/document/ST-14284-2023-INIT/en/pdf>, zuletzt abgerufen am 15.12.2023.

<sup>20</sup> <https://www.europarl.europa.eu/news/en/press-room/20231117IPR12204/parliament-backs-new-rules-to-reduce-air-pollution-from-trucks-and-buses>, zuletzt abgerufen am 12.12.2023.

<sup>21</sup> Position des Europäischen Parlaments verfügbar unter [https://www.europarl.europa.eu/docoe/document/TA-9-2023-0403\\_EN.html](https://www.europarl.europa.eu/docoe/document/TA-9-2023-0403_EN.html), zuletzt abgerufen am 15.12.2023.

## Einführung der CO<sub>2</sub>-Maut

Zum 1. Dezember 2023 erfolgte die Umsetzung einer ersten Neuerung der Lkw-Maut: Mit einem Aufschlag in Höhe von 200 €/t<sub>CO2</sub> werden nun auch CO<sub>2</sub>-Ausstöße von Lkw in die Maut mit aufgenommen. Weitere Kosten entfallen wie ursprünglich auf Infrastrukturnutzung, Luftverschmutzung und Lärmbelästigung. Damit setzt die Bundesregierung die Eurovignetten-Richtlinie<sup>22</sup> um, die im März 2022 in Kraft getreten ist.

Ab dem 1. Juli 2024 wird nach dem Dritten Gesetz zur Änderung mautrechtlicher Vorschriften<sup>23</sup> die Mautpflicht auf Lkw mit mehr als 3,5 t zulässiger Gesamtmasse erweitert. Ausgenommen davon sind Handwerksfahrzeuge unter 7,5 t zulässigem Gesamtgewicht.

Um Anreize für einen schnellen Hochlauf von emissionsfreien schweren Nutzfahrzeugen zu schaffen, sind ebensolche bis zum 31. Dezember 2025 von der Maut befreit. Ab dem 1. Januar 2026 müssen nur um 75 % reduzierte Mautteilsätze für die Infrastrukturnutzung sowie geringe Mautteilsätze für Luftverschmutzung und Lärmbelästigung entrichtet werden.

## RED III und BImSchG § 37a

Die Novelle der Erneuerbare-Energien-Richtlinie (RED III)<sup>24</sup> trat am 20. November 2023 in Kraft. Für den Verkehrssektor enthält diese die folgenden Zielvorgaben:

- Anteil erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch von mindestens 29 % bis 2030 oder
- Reduktion der Intensität von Treibhausgasemissionen um 14,5 % bis 2030 durch die Verwendung emissionsarmer und -freier Kraftstoffe.

Verbindlich ist dabei die Vorgabe, insgesamt 5,5 % an fortschrittlichen Biokraftstoffen und RFNBOs einzusetzen, mit einem RFNBO-Mindestanteil von 1 %. Unter die RFNBOs fällt unter anderem auch grüner Wasserstoff. Erfüllungsverpflichtet sind die Kraftstoffanbieter eines jeden Mitgliedsstaats.

Um Anreize zur Einführung von erneuerbaren Kraftstoffen und E-Mobilität zu schaffen, sieht die RED III eine sog. THG-Quote vor: Für den Straßenverkehr eingeführte fortgeschrittene Biokraftstoffe und RFNBOs können mit dem Doppelten ihres Energiegehalts verbucht werden. Für die Nutzung von Elektrizität aus erneuerbaren Quellen im Straßenverkehr wird sogar das Vierfache veranschlagt.

Auf nationaler Ebene ist eine entsprechende Neuerung in § 37a des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (BImSchG)<sup>25</sup> noch ausstehend. Bisher gilt hier die Vorgabe, dass Erfüllungsverpflichtete die Treibhausgasemissionen ihrer in Summe in den Verkehr gebrachten Kraftstoffe ab 2030 um 25 % mindern müssen. In den Vorjahren erfolgt hierbei eine stetige Erhöhung der Zielvorgaben.

Im Kabinettsbeschluss vom 13. Dezember 2023 einigte sich die Bundesregierung auf eine Novellierung der 37. Bundes-Immissionsschutzverordnung (37. BImSchV) zur Umsetzung der RED III THG-Quote, die nun vom Bundestag beschlossen werden muss. Der Referentenentwurf sieht dabei für die Verwendung von RFNBOs als Kraftstoff im Straßenverkehr sogar eine dreifache Anrechenbarkeit bezogen auf den Energiegehalt vor. Dabei entfallen strenge Anforderungen auf die Produktion von Wasserstoff und anderen strombasierten

---

<sup>22</sup> [EVR 2022]

<sup>23</sup> [Maut 2023]

<sup>24</sup> [RED III 2023]

<sup>25</sup> [BImSchG 2023]

Kraftstoffen, um als erneuerbar zu gelten. Die Produktion dieser darf nur mit 100 % erneuerbaren Strom erfolgen und durch die Nutzung von erneuerbaren Kraftstoffen nicht-biogenen Ursprungs muss eine Treibhausgasreduzierung<sup>26</sup> von mindesten 70 % gegenüber dem Komparator für fossile Kraftstoffe gewährleistet sein. Für elektrischen Strom als Kraftstoff ist keine Anrechenbarkeit auf die THG-Quote genannt.<sup>27</sup>

### EU-Emissionshandelssystem II (EU-ETS II) und Brennstoffemissionshandelsgesetz (BEHG)

Mit der separaten Erweiterung des Europäischen Emissionshandelssystems (deutsch: EU-EHS II, englisch: EU-ETS II)<sup>28</sup> vom 10. Mai 2023 werden ab 2027 u.a. CO<sub>2</sub>-Emissionen aus dem Straßenverkehr gehandelt, die durch die Verbrennung von Kraftstoffen entstehen. Diese sind bisher von der CO<sub>2</sub>-Kappung und Handelsmöglichkeit von Emissionszertifikaten ausgenommen. Für eine geordnete Einführung des Systems soll in den ersten Jahren ein Preisstabilitätsmechanismus mit 20 Mio. zusätzlich verfügbaren EHS-II-Zertifikaten zur Anwendung kommen, wenn der Preis für ein solches Zertifikat 45 € übersteigt. Außerdem soll die Einführung im Falle hoher Energiepreise auf 2028 verschoben werden. Die jährliche Obergrenze von sich im Umlauf befindlichen EHS-II-Zertifikaten soll stetig sinken, sodass bis 2030 eine Treibhausgasreduktion von 42 % gegenüber 2005 in den teilnehmenden Sektoren erreicht werden kann.

Ergänzend zum ursprünglichen EHS wurde 2021 mit dem Brennstoffemissionshandelsgesetz (BEHG)<sup>29</sup> der nationale Emissionshandel für die Sektoren Wärme und Verkehr eingeführt und 2023 zudem auf Kohle und zur Verbrennung aufbereitete Abfälle erweitert. Dabei entfällt eine CO<sub>2</sub>-Abgabe auf in den Verkehr gebrachte Brennstoffe. Dementsprechend können etwa Raffinerien diese in Form eines Preisaufschlags an die Endkunden weitergeben. In den Anfangsjahren ist die CO<sub>2</sub>-Bepreisung noch wie folgt festgelegt:

Tabelle 4: CO<sub>2</sub>-Preise bis 2025 des Brennstoffemissionshandelsgesetzes<sup>29</sup>

	2021	2022	2023	2024	2025
<b>CO<sub>2</sub>-Preis [€/t<sub>CO2</sub>]</b>	25	30	30 <sup>30</sup>	45	55

Ab 2026 ergibt sich der Preis aus der Versteigerung der Zertifikate, jedoch soll dieser innerhalb eines Preiskorridors von 55 bis 65 €/t<sub>CO2</sub> liegen. Des Weiteren wird es ab 2026 eine Emissionsoberbegrenzung geben, in den Vorjahren entfällt diese.

### Abgasnorm Euro 7

In den Diskussionen rund um die Abgasnorm Euro 7<sup>31</sup>, die von der Europäischen Kommission im November 2022 vorgeschlagen wurde, hat das Europäische Parlament im November 2023 in seiner Verhandlungsposition seine Zustimmung zu den vorgesehenen Grenzwerten für Schadstoffemissionen ausgedrückt und plädiert sogar für strengere Grenzwerte für Abgasemissionen von schweren

<sup>26</sup> Bezogen auf Well-to-Wheel Emissionen

<sup>27</sup> [37. BImSchV 2023]

<sup>28</sup> [ETS 2023]

<sup>29</sup> [BEHG 2022]

<sup>30</sup> Ursprünglich waren 35 €/t<sub>CO2</sub> festgelegt, jedoch wurde der CO<sub>2</sub>-Preis zur Entlastung während der Energiekrise auf dem Niveau des Vorjahres belassen.

<sup>31</sup> [Euro 7 2023]

Nutzfahrzeugen.<sup>32,33</sup> Dahingegen einigte sich der Rat auf eine deutlich abgeschwächte Abgasnorm.<sup>34,35</sup> So sollen die Abgasgrenzwerte nur für mittlere und schwere Nutzfahrzeuge leicht angepasst werden und E-Fuels nicht unter die Euro 7 fallen. Einig sind sich die Verhandlungspartner dabei, Schadstoffemissionen miteinzubeziehen, die durch Bremsen und Reifenabrieb verursacht werden.

Die Vorgaben zu Schadstoffemissionen beziehen sich im Kommissionsvorschlag auf alle Fahrzeuge, unabhängig vom verwendeten Kraftstoff. Dabei sollen nun auch Emissionen von Distickstoffoxid (N<sub>2</sub>O, „Lachgas“) adressiert werden. Außerdem sind erstmals Anforderungen an die Lebensdauer von Batterien festgelegt, die in batterieelektrischen Fahrzeugen verbaut sind. Insgesamt müssten Neufahrzeuge die Anforderungen der Euro 7 über einen längeren Zeitraum und eine längere Gesamtstrecke als bisher erfüllen. Für schwere Nutzfahrzeuge der Klasse N3 über 16 Tonnen zugelassener Gesamtmasse und M3 über 7,5 Tonnen liegen die Anforderungen an die Lebensdauer für Fahrzeuge, Motoren und Emissionsminderungssysteme bei 700.000 km oder 15 Jahre, je nachdem, was zuerst eintritt.

### Beschaffung neuer Fahrzeuge von öffentlichen Auftraggebern

Gemäß der Clean Vehicles Directive<sup>36</sup> muss seit 2021 eine Quote an sauberen Fahrzeugen bei neu angeschafften Straßenfahrzeugen von öffentlichen Auftraggebern erfüllt werden. Bei den schweren Nutzfahrzeugen gelten folgende Vorgaben:

Tabelle 5: Quote für saubere Fahrzeuge bei Anschaffung durch öffentliche Auftraggeber<sup>36</sup>

Fahrzeugklasse	2021 – 2025	2026 – 2030
<b>Lkw (N2 und N3)</b>	10 %	15 %
<b>Busse (M3)</b>	45 %	65 %
<b>Leichte Nutzfahrzeuge (M1, M2, N1)</b>	38,5 %	38,5 %

Die Umsetzung in der nationalen Gesetzgebung erfolgte mit dem Saubere-Fahrzeuge-Beschaffungsgesetz<sup>37</sup>. Darin gelten schwere Nutzfahrzeuge als sauber, wenn ausschließlich alternative Kraftstoffe gemäß Art. 2 der Alternative Fuel Infrastructure Development Directive (AFIR)<sup>38</sup> genutzt werden. Konkret fallen hierunter Strom, Wasserstoff, Erdgas, synthetische Kraftstoffe und Biokraftstoffe.

### Infrastrukturaufbau für alternative Kraftstoffe (AFIR)

Im Oktober 2023 trat die novellierte Verordnung zum Aufbau der Infrastruktur für alternative Kraftstoffe (AFIR)<sup>38</sup> in Kraft. Damit gelten für Mitgliedsstaaten die Verpflichtungen, die Infrastruktur von Wasserstofftankstellen und Ladestationen folgendermaßen auszubauen:

<sup>32</sup> Position des Europäischen Parlaments verfügbar unter [https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/TA-9-2023-0394\\_DE.html](https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/TA-9-2023-0394_DE.html), zuletzt abgerufen am 15.12.2023.

<sup>33</sup> <https://www.europarl.europa.eu/news/de/press-room/20231106IPR09026/euro-7-neue-vorschriften-zur-verringerung-der-emissionen-im-strassenverkehr>, zuletzt abgerufen am 13.12.2023.

<sup>34</sup> <https://www.consilium.europa.eu/en/press/press-releases/2023/09/25/euro-7-council-adopts-position-on-emissions-from-cars-vans-buses-and-trucks/>, zuletzt abgerufen am 15.12.2023.

<sup>35</sup> Allgemeine Ausrichtung des Rats verfügbar unter <https://data.consilium.europa.eu/doc/document/ST-13084-2023-INIT/en/pdf>, zuletzt abgerufen am 15.12.2023.

<sup>36</sup> [CVD 2019]

<sup>37</sup> [SaubFahrzeugBeschG 2021]

<sup>38</sup> [AFIR 2023]

- Ausbau der Schnellladeinfrastruktur für Personenkraftwagen und leichte Nutzfahrzeuge bis 2025 mit 150 kW-Schnellladestationen alle 60 km entlang des transeuropäischen Verkehrsnetzes<sup>39</sup> (TEN-T)
- Ausbau der Ladeinfrastruktur für schwere Nutzfahrzeuge mit Ladestationen mit einer Mindestkapazität von 350 kW alle 60 km entlang des TEN-T-Kernnetzes und alle 100 km entlang des TEN-T-Gesamtnetzes bis 2025 und vollständige Netzabdeckung bis 2030
- Ausbau der Infrastruktur von öffentlichen Wasserstofftankstellen für Pkw und schwere Nutzfahrzeuge alle 200 km entlang des TEN-T-Kernnetzes und in allen städtischen Knoten bis 2030

---

<sup>39</sup> Regulation (EU) No 1315/2013 und COM/2021/812 final.



### 3. UMWELTZIELE UND DIE ELEKTRIFIZIERUNG DES VERKEHRSEKTORS

Dieses Kapitel untersucht unterschiedliche Zukunftsszenarien zur Entwicklung der Dekarbonisierung im Verkehrssektor und deren Wirksamkeit zur Erreichung der oben genannten Klimaschutzziele bzw. des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes des gesamten Straßenverkehrs. Dafür werden alle betrachteten Fahrzeugklassen jeweils als bipolare Gruppe mit ZEV<sup>40</sup>- und Non-ZEV-Fahrzeugen modelliert. Bei den Non-ZEV-Fahrzeugen erfolgt keine Unterscheidung nach Antriebsart (Benzin, Diesel, (P)HEV, Erdgas). Als ZEV können batterieelektrische Fahrzeuge (Battery Electric Vehicle – BEV) und Brennstoffzellenfahrzeuge (Fuel Cell Electric Vehicle – FCEV) verstanden werden ebenso wie Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor, die mit emissionsfreien Kraftstoffen (E-Fuels) betankt werden.

In Abschnitt 3.1 wird zunächst der Status quo des straßengebundenen Verkehrs in Deutschland zusammengefasst und aktuelle Fahrzeugbestände, deren jährliche Fahrleistungen sowie die daraus resultierenden CO<sub>2</sub>-Emissionen werden ausgewertet. Die Abschnitte 3.2 und 3.3 fassen die Rahmenbedingungen dieser Szenarien zusammen und zeigen die prognostizierte Entwicklung der Verkehrsleistung<sup>41</sup> in Deutschland sowie die Entwicklung der Zielpfade des Umweltbundesamtes (UBA) zu den Treibhausgasemissionen des Verkehrssektors. Auf dieser Datenbasis erfolgen in Abschnitt 3.4 entsprechend ausgewählten Szenarien Zukunftsprojektionen und Ableitungen der erforderlichen Elektrifizierung des Verkehrs zur Erreichung der Klimaschutzziele.

#### 3.1. Status quo Verkehrssektor

Für die Modellierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen des straßengebundenen Verkehrs werden in dieser Studie die Flottengrößen aller Fahrzeugklassen mit ihren jeweiligen durchschnittlichen Jahresfahrleistungen und ihren spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen verrechnet. Diese Methode unter Verwendung der Flottengrößen und Fahrleistungen erlaubt die anschließende Prognose der CO<sub>2</sub>-Emissionen unter Berücksichtigung eines zunehmenden Verkehrsaufkommens<sup>42</sup>. Der aktuelle straßengebundene Verkehr in Deutschland setzt sich basierend auf den Zahlen des Kraftfahrtbundesamtes (KBA) wie in Tabelle 6 aufgeführt zusammen. Daraus wird berechnet, dass die CO<sub>2</sub>-Emissionen des Straßenverkehrs zum Zeitpunkt der Datenerhebung bei etwa 163 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub> lagen. Aus den Daten lässt sich ableiten, dass der Pkw-Sektor bezogen auf die Fahrleistung 86 % des gesamten straßengebundenen Verkehrs einnimmt (siehe Abbildung 1). Da die Fahrzeuge der Nutzfahrzeugklassen höhere spezifische CO<sub>2</sub>-Emissionen aufweisen, verschiebt sich dieses Verhältnis bei den kumulierten CO<sub>2</sub>-Emissionen ein wenig, sodass der Pkw-Sektor immerhin noch 66 % der CO<sub>2</sub>-Emissionen des gesamten straßengebundenen Verkehrs ausmacht. Hier wird bereits ersichtlich, dass Verfehlungen in den Elektrifizierungszielen des Pkw-Sektors einen besonders großen Einfluss haben und durch die anderen Fahrzeugklassen nur schwer zu kompensieren sind. Bezogen auf einzelne Fahrzeuge zeigt sich jedoch auch deutlich der „Hebel“ bei einer Umrüstung von schweren Nfz - so entsprechen die CO<sub>2</sub>-Emissionen beispielsweise einer Sattelzugmaschine (SZM) den jährlichen Emissionen von ca. 50 Pkw.

---

<sup>40</sup> Zero Emission Vehicle: Emissionsfreies Fahrzeug.

<sup>41</sup> Die Verkehrsleistung beschreibt die in einem Jahr insgesamt gefahrene Strecke. Sie kann für den gesamten Verkehrssektor oder für einzelne Fahrzeugklassen angegeben werden.

<sup>42</sup> In der kürzlich erschienenen Studie [Agora 2024] bewertet Agora Energiewende die Emissionen des Verkehrssektors auf Basis der insgesamt in Deutschland verkauften Kraftstoffmenge.

Tabelle 6: Status quo des straÙengebundenen Verkehrs in Deutschland, eigene Auswertungen

	Anzahl Fahrzeuge <sup>43</sup>	Laufleistung pro Fahrzeug <sup>44</sup> [km/a]	Kumulierte Laufleistung <sup>44</sup> [Mio. km/a]	Spez. CO <sub>2</sub> -Emissionen Non-ZEV <sup>45,46</sup> [g/km]	CO <sub>2</sub> -Emissionen [t/a]	Spez. CO <sub>2</sub> -Emissionen pro Fahrzeug [t/Fzg.]
<b>Pkw</b>	48.752.416	12.471	607.972	180	107.628.395	2
<b>N1 (bis 3,5 t)</b>	3.110.652	18.583	57.805	292	16.850.229	5
<b>N2 (3,5–12 t)</b>	291.329	19.543	5.693	539	3.068.191	11
<b>N3 (12 t +)</b>	238.546	33.492	7.989	885	7.071.848	30
<b>SZM (40 t)</b>	227.938	89.392	20.376	1.087	22.138.343	97
<b>Busse</b>	82.932	52.297	4.337	1.405	6.091.450	73
<b>Gesamt</b>	<b>52.703.813</b>	<b>13.361<sup>47</sup></b>	<b>704.173</b>	<b>231<sup>47</sup></b>	<b>162.848.457</b>	<b>3</b>

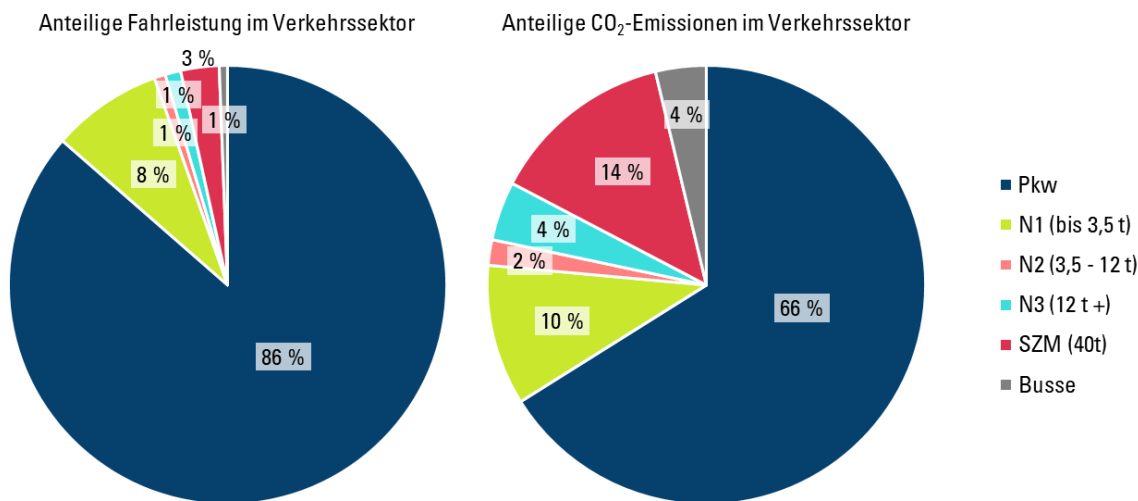


Abbildung 1: Fahrleistung und CO<sub>2</sub>-Emissionen der Verkehrsklassen, eigene Auswertung nach Tabelle 2

### 3.2. Entwicklung des Verkehrsaufkommens

Bereits bei einem auf aktuellem Niveau verbleibenden Verkehrsaufkommen stellt die Erreichung der Klimaschutzziele des Bundes bis 2030 und darüber hinaus eine enorme Herausforderung hinsichtlich der erforderlichen Elektrifizierung des Verkehrs dar, wie in Abschnitt 3.4 herausgearbeitet wird. Diese Anspannung bezüglich des Elektrifizierungsgrades der Neuzulassungen verschärft sich noch, wenn man die Zunahme der Verkehrsleistung berücksichtigt, wie sie vom Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV) erwartet wird und in [BMDV 2023] publiziert ist (siehe Tabelle 7). Dort wird die erwartete

<sup>43</sup> [KBA\_FZ1 2023], [KBA\_FZ13 2023]

<sup>44</sup> [KBA\_VK 2022]

<sup>45</sup> [Stat\_2023], [WFBlog\_2023], [MOPO 2018]

<sup>46</sup> Innerhalb der Fahrzeugklassen wurden gewichtete Mittelwerte über die Unterklassen gebildet bzw. bei den Pkw über die verschiedenen nicht-elektrischen Antriebsformen (Benzin, Diesel, (P)HEV, Erdgas).

<sup>47</sup> Gewichteter Mittelwert

Entwicklung der Verkehrsleistung zwischen 2019 und 2051 beschrieben. Für die Modellierung in dieser Studie wird die Verkehrsleistung zu den betrachteten Zeitpunkten linear aus den BMDV-Prognosen interpoliert.

Tabelle 7: Prognose der Verkehrsleistung nach [BMDV 2023]

	Entwicklung Verkehrsleistung 2019 → 2051	Entwicklung Verkehrsleistung 2023 → 2030 (linear interpoliert)
<b>Pkw</b>	+4 %	+0,9 %
<b>Leichte Nfz</b>	+78 %	+17,1 %
<b>Schwere Nfz</b>	+52 %	+11,4 %
<b>ÖSPV48 (Busse)</b>	+25 %	+5,5 %

Insbesondere die Segmente der leichten und schweren Nutzfahrzeuge mit ihren hohen spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen wachsen demnach in den nächsten Jahren erheblich. Dies stellt den Verkehr vor eine zusätzliche Herausforderung, da beispielsweise eine Sattelzugmaschine im Jahr etwa 50-mal so viel CO<sub>2</sub> emittiert wie ein Benzin-Pkw<sup>49</sup>, ein Nutzfahrzeug aus der Klasse N2 etwa 4- bis 11-mal so viel. Die zusätzliche Anspannung, die sich aus dem Wachstum des Nfz-Segments für die Erreichung der Klimaschutzziele ergibt, wird in Abschnitt 3.4 herausgearbeitet.

### 3.3. THG-Zielpfad des Umweltbundesamtes für den Verkehrssektor in Deutschland

Die Bundesregierung plant mit ihrem Gesetzesentwurf vom April 2023 zur Änderung des Bundes-Klimaschutzgesetzes die Sektorenziele aufzuheben. Da sie dennoch eine sinnvolle Leitlinie darstellen, um die erforderliche Transition des Verkehrssektors zur Erreichung der übergeordneten Klimaschutzziele zu beschreiben und zu quantifizieren, wird der Zielpfad des UBA<sup>50</sup> in dieser Studie weiterhin als Referenz herangezogen. Dieser sieht bis zum Jahr 2030 eine Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen des Verkehrssektors um 48 % gegenüber dem Niveau von 1990 vor, was einem Zielwert von 84 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub> pro Jahr entspricht. Eine Gegenüberstellung der Berechnungen dieser Studie mit den historischen Daten und dem Zielpfad des UBA erfolgt in Abschnitt 3.4.2.

## 3.4. Modellierung Elektrifizierungsszenarien

### 3.4.1. Erläuterung Szenarien

Die Entwicklung der Elektrifizierung und deren Auswirkung auf die jährlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen des Verkehrssektors werden mithilfe einzelner und ausgewählter Szenarien betrachtet (siehe Tabelle 8).

<sup>48</sup> Öffentlicher straßengebundener Personenverkehr.

<sup>49</sup> [https://dvv-info.de/wp-content/uploads/2023/04/DWV\\_HyMobility\\_Umweltstudie\\_LBST\\_2023-04-12\\_final.pdf](https://dvv-info.de/wp-content/uploads/2023/04/DWV_HyMobility_Umweltstudie_LBST_2023-04-12_final.pdf), zuletzt abgerufen am 09.01.2024

<sup>50</sup> [UBA 2023]

Tabelle 8: Zukunftsszenarien und Modellierungsansätze dieser Studie

	Kurztitel	Kernfrage	Randbedingungen, Annahmen
<b>Szenario A.1</b>	Erfüllungsszenario Klimaschutzziel „-48 %“	Welcher Elektrifizierungsgrad muss bis zum Jahr 2030 im gesamten Verkehr zur Erfüllung des Sektor-Zielwertes von 48 % CO <sub>2</sub> -Minderung gegenüber dem Wert von 1990 erreicht werden?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verkehrsleistung und Flottengrößen bleiben konstant (gemäß Tabelle 6)</li> <li>• Der anteilige CO<sub>2</sub>-Ausstoß der Sektoren am Gesamtverkehr [%] bleibt unverändert (gemäß Abbildung 1, rechtes Diagramm)</li> </ul>
<b>Szenario A.2</b>	Erfüllungsszenario Klimaschutzziel „-65 %“	Welcher Elektrifizierungsgrad muss bis zum Jahr 2030 im gesamten Verkehr zur Erfüllung des Klimaschutzzielwertes von 65 % CO <sub>2</sub> -Minderung gegenüber dem Wert von 1990 erreicht werden?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wie Szenario A.1</li> </ul>
<b>Szenario B.1</b>	1/3-Elektrifizierung	Welchen CO <sub>2</sub> -Ausstoß erreicht der Straßenverkehr, wenn im Jahr 2030 1/3 des gesamten Straßenverkehrs emissionsfrei sind?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verkehrsleistung und Flottengrößen bleiben konstant (gemäß Tabelle 6)</li> <li>• Elektrifizierungsgrad nimmt bis 2030 auf 33 % zu</li> </ul>
<b>Szenario B.2-15</b>	Elektrifizierung: 15 Mio. E-Pkw und 45 % neue emissionsfreie Nfz	Welchen CO <sub>2</sub> -Wert erreicht der gesamte Verkehrssektor in seiner heutigen Zusammensetzung, wenn bis 2030 15 Mio. emissionsfreie Pkw und im Nfz-Segment ein Elektrifizierungsgrad von 45 % der Neuzulassungen erzielt werden?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verkehrsleistung und Flottengrößen bleiben konstant (gemäß Tabelle 6)</li> <li>• 15 Mio. E-Pkw im Bestand im Jahr 2030</li> <li>• Bei Nfz lineare Zunahme des ZEV-Anteils der Neuzulassungen auf 45 % bis 2030</li> </ul>
<b>Szenario B.2-10</b>	Elektrifizierung: 10 Mio. E-Pkw und 45 % neue emissionsfreie Nfz	Welchen CO <sub>2</sub> -Wert erreicht der gesamte Verkehrssektor in seiner heutigen Zusammensetzung, wenn bis 2030 10 Mio. emissionsfreie Pkw und im Nfz-Segment ein Elektrifizierungsgrad von 45 % der Neuzulassungen erzielt werden?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verkehrsleistung und Flottengrößen bleiben konstant (gemäß Tabelle 6)</li> <li>• 10 Mio. E-Pkw im Bestand im Jahr 2030</li> <li>• Bei Nfz lineare Zunahme des ZEV-Anteils der Neuzulassungen auf 45 % bis 2030</li> </ul>
<b>Szenario B.3-15</b>	Verkehrszunahme + Elektrifizierung: 15 Mio. E-Pkw und 45 % neue emissionsfreie Nfz	Welchen CO <sub>2</sub> -Wert erreicht der gesamte Verkehrssektor, wenn dieser gemäß BMDV-Prognose wächst und wenn bis 2030 15 Mio. emissionsfreie Pkw und im Nfz-Segment ein Elektrifizierungsgrad von 45 % der Neuzulassungen erzielt werden?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verkehrsleistung und Flottengrößen nehmen gemäß Tabelle 7 zu</li> <li>• 15 Mio. E-Pkw im Bestand im Jahr 2030</li> <li>• Bei Nfz lineare Zunahme des ZEV-Anteils der Neuzulassungen auf 45 % bis 2030</li> </ul>

Szenario	Kurztitel	Kernfrage	Randbedingungen, Annahmen
<b>B.3-10</b>	Verkehrszunahme + Elektrifizierung: 10 Mio. E-Pkw und 45 % neue emissionsfreie Nfz	Welchen CO <sub>2</sub> -Wert erreicht der gesamte Verkehrssektor, wenn er gemäß BMDV-Prognose wächst und wenn bis 2030 10 Mio. emissionsfreie Pkw und im Nfz-Segment ein Elektrifizierungsgrad von 45 % der Neuzulassungen erzielt werden?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verkehrsleistung und Flottengrößen nehmen gemäß Tabelle 7 zu</li> <li>• 10 Mio. E-Pkw im Bestand im Jahr 2030</li> <li>• Bei Nfz lineare Zunahme des ZEV-Anteils der Neuzulassungen auf 45 % bis 2030</li> </ul>

Für alle Szenarien gilt, dass die Laufleistung pro Fahrzeug innerhalb der Klassen als konstant angenommen wird. ZEV-Pkw haben demnach im Jahr 2023 die gleiche Fahrleistung wie fossile Pkw im Jahr 2030. Die Zunahme der Verkehrsleistung schlägt sich somit unmittelbar in der Fahrzeuganzahl nieder.

Für die Szenarien der Gruppe A erfolgen die Simulationen jeweils anhand einer CO<sub>2</sub>-Zielvorgabe, woraus sich der erforderliche Elektrifizierungsbedarf bestimmt. Als CO<sub>2</sub>-Zielwerte werden zum einen das bis April 2023 von der Bundesregierung verfolgte Sektorziel für den Verkehrssektor von 48 % CO<sub>2</sub>-Minderung gegenüber dem Referenzwert von 1990 herangezogen, zum anderen das sektorübergreifende Klimaschutzziel der Bundesregierung von 65 % CO<sub>2</sub>-Minderung. Für die Szenarien in Gruppe A wird von einer gleichbleibenden Verkehrsleistung ausgegangen. Die Anzahl an Fahrzeugen und deren jeweilig jährliche Laufleistung bleiben also innerhalb aller betrachteten Fahrzeugklassen für den modellierten Betrachtungszeitraum konstant. Innerhalb dieser konstanten Verkehrsleistung werden lediglich die erforderlichen Anteile emissionsfreier Fahrzeuge modelliert.

Für die Szenarien der Gruppe B wird mit umgekehrter Blickrichtung verglichen zu Gruppe A modelliert und die Frage, welche CO<sub>2</sub>-Emissionen für verschiedene Elektrifizierungsszenarien erreicht werden, adressiert. Die ersten drei Szenarien der Gruppe B – B.1, B.2-15 und B.2-10 – gehen, wie Gruppe A, von einer konstanten Verkehrsleistung aus. Für die letzten beiden Szenarien B.3-15 und B.3-10 wird eine Zunahme der Verkehrsleistung gemäß [BMDV 2023] zugrunde gelegt.

Im Wesentlichen werden folgende Elektrifizierungsszenarien bzw. -ansätze betrachtet:

- „Ein-Drittelziel“: Ein Drittel aller Fahrzeuge im Straßenverkehr ist bis 2030 elektrifiziert. Dieses Szenario wurde aus dem inzwischen aufgehobenen Ziel der Bundesregierung abgeleitet, bis zum Jahr 2030 ein Drittel des Bestands schwerer Nutzfahrzeuge zu elektrifizieren.
- 45 % ZEV-Quote unter den neu zugelassenen Nutzfahrzeugen der Klassen N1 bis N3 sowie Sattelzugmaschinen (SZM) und Bussen im Jahr 2030. Der in Tabelle 2 genannte EU-Zielwert für schwere Nutzfahrzeuge (N3 + SZM) wird für die Modellierung demnach auch für leichte und mittlere Nutzfahrzeuge sowie für Busse zugrunde gelegt. Der Hochlauf auf 45 % ZEV-Quote ist in den Berechnungen als linear angenommen, also 6 % ZEV-Quote im Jahr 2024, 13 % im Jahr 2025 usw.
- 15 Mio. elektrische Pkw im Fahrzeugbestand im Jahr 2030 gemäß dem Zielwert der Bundesregierung. Das Festhalten an diesem ambitionierten Zielwert wurde zuletzt im November 2023 bekräftigt<sup>51</sup>.

<sup>51</sup> <https://www.tagesspiegel.de/wirtschaft/autogipfel-im-kanzleramt-15-millionen-e-autos-bis-2030-nicht-zu-erreichen-10845847.html> zuletzt abgerufen am 19.12.2023.

- 10 Mio. elektrische Pkw im Fahrzeugbestand im Jahr 2030. Verschiedene Schätzungen und Publikationen<sup>52</sup> erwarten unter den aktuellen Rahmenbedingungen eine Verfehlung des 15-Millionen-Ziels und prognostizieren eher 8 bis 10 Mio. ZEV-Pkw im Bestand im Jahr 2030.

### 3.4.2. Auswertung der CO<sub>2</sub>-Modellierung

Die Verläufe der CO<sub>2</sub>-Emissionen bis zum Jahr 2030 für die erläuterten Szenarien sind in Abbildung 2 dargestellt und den historischen Emissionen des Verkehrs gemäß [UBA 2023] sowie dem Zielpfad des UBA gegenübergestellt. Nach den Berechnungen dieser Studie, die auf aktuellen Zulassungszahlen des KBA beruhen, ergeben sich aktuell für den Verkehrssektor kumulierte CO<sub>2</sub>-Emissionen von etwa 163 Mio. t<sub>CO2</sub>/a (siehe auch Tabelle 6). Im Vergleich mit den historischen UBA-Daten zeigt sich, dass die CO<sub>2</sub>-Emissionen wieder das Vorkrisenniveau der Coronapandemie erreicht haben – aber auch dem Niveau des Referenzjahres 1990 entsprechen. Vor allem aufgrund des gestiegenen Verkehrsaufkommens konnten in den drei Jahrzehnten seit 1990 trotz erheblicher Fortschritte in den Antriebstechnologien keine CO<sub>2</sub>-Minderungen erreicht werden. Bereits heute ist eine erhebliche Abweichung vom UBA-Zielpfad von 30 Mio. t<sub>CO2</sub>/a zu verzeichnen, die den Bedarf nach erhöhten Anstrengungen zur Dekarbonisierung des Verkehrs offenlegt.

---

<sup>52</sup> Bspw. [EKM 2023] und [UBA 2023a]

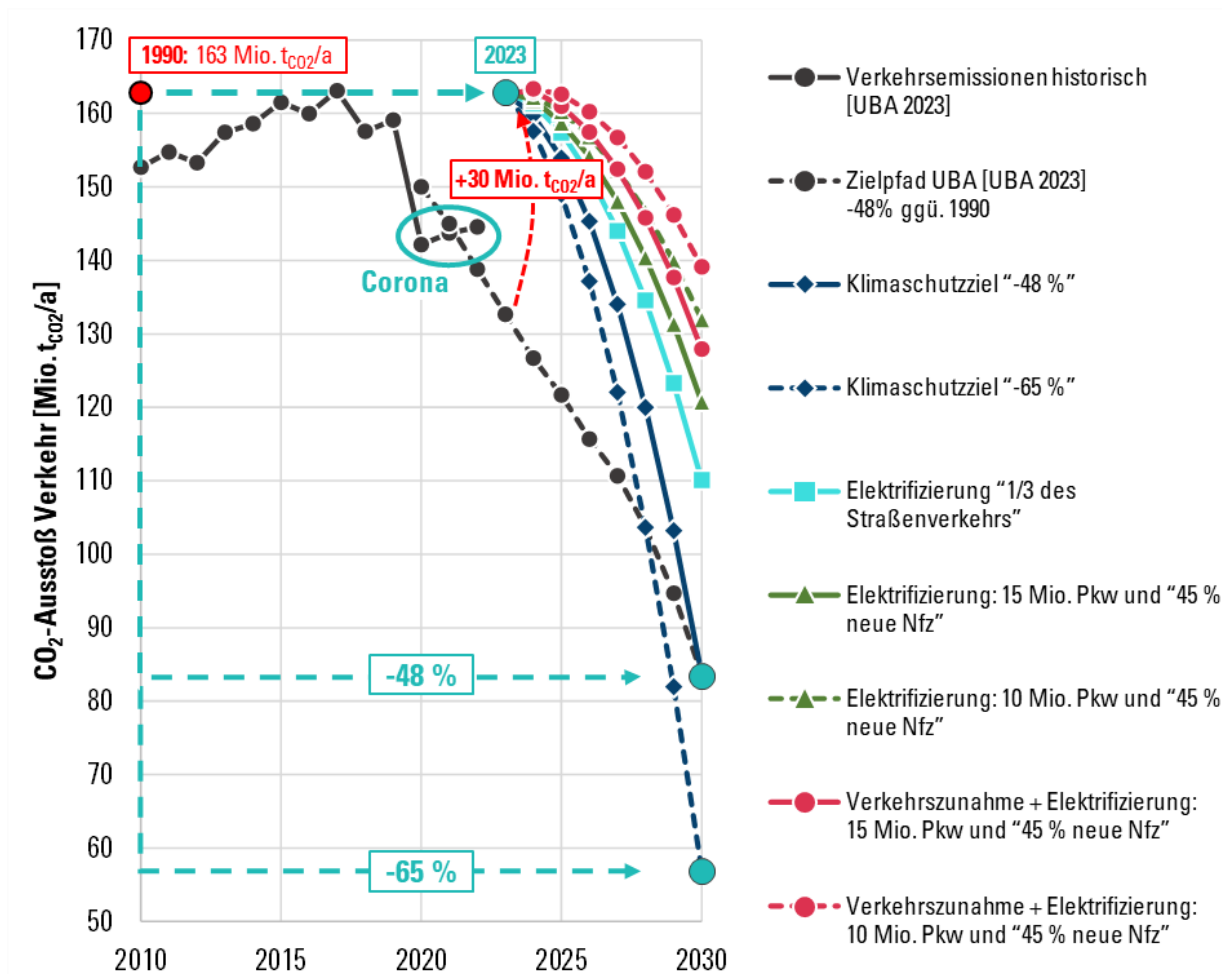


Abbildung 2: CO<sub>2</sub>-Emissionen des Verkehrssektors für verschiedene Szenarien

Der Zielwert von 84 Mio. t<sub>CO2</sub>/a im Jahr 2030 entspricht vom heutigen Niveau ausgehend einer Reduktion um ca. 49 %, die sich in einen erforderlichen Elektrifizierungsgrad von 49 % des gesamten Verkehrs übersetzen lässt. Zum Vergleich: Lediglich im Pkw-Segment ist heute eine gewisse Elektrifizierung durch batterie- und brennstoffzellenelektrische Pkw zu verzeichnen – in Höhe von etwa 2,7 %<sup>53</sup>. Die prozentualen Elektrifizierungsgrade des Jahres 2030 innerhalb der verschiedenen Fahrzeugsegmente für die in dieser Studie betrachteten Szenarien sind in Abbildung 3 dargestellt. Bezogen auf die in Tabelle 3 aufgeführten Fahrzeugbestände folgt, dass zur Erfüllung des UBA-Zielwertes bei konstant bleibendem Verkehrsaufkommen allein 24 Mio. elektrische Pkw bis zum Jahr 2030 zugelassen sein müssten. Schon das schwer erreichbare Ziel der Bundesregierung von 15 Mio. E-Pkw im Fahrzeugbestand reicht demnach bei Weitem nicht zur Einhaltung des UBA-Zielwertes aus. Zur Einordnung: Im Jahr 2022 wurden laut KBA etwa 2,65 Mio. Pkw neu zugelassen, das Vor-Corona-Niveau lag bei etwa 3,5 Mio. Pkw pro Jahr. Daraus lassen sich die enorm hohen ZEV-Quoten bei Neuzulassungen ableiten, die ab sofort zur Erreichung von 15 oder sogar 24 Mio. ZEV-Pkw im Jahr 2030 erforderlich wären.

Vergleicht man in den CO<sub>2</sub>-Verläufen die Szenarien, die jeweils das Erreichen von 15 und 10 Mio. E-Pkw gegenüberstellen, spiegelt sich das enorme Gewicht wider, welches das Pkw-Segment an den CO<sub>2</sub>-

<sup>53</sup> [KBA\_FZ28 2023]

Emissionen des gesamten Straßenverkehrs hat (vgl. Abbildung 1). Größere Zielverfehlungen des Pkw-Segments sind auch durch hohe Elektrifizierungsgrade der anderen Fahrzeugklassen kaum zu kompensieren.

Beim aktuellen Bestand von knapp 49 Mio. Pkw in Deutschland entspricht der Zielwert der Bundesregierung von 15 Mio. E-Pkw im Jahr 2030 einem Elektrifizierungsgrad von etwa 31 %, wie in Abbildung 3 für die Szenarien B.2-15 und B.3-15<sup>54</sup> abzulesen ist. Bei den Nutzfahrzeugen sind die im Jahr 2030 erreichten Elektrifizierungsgrade im Bestand von den zugrunde gelegten Hochlaufkurven bis zur Erreichung der Quote von 45 % ZEV-Neufahrzeugen und den jeweiligen Umwälzungsgraden, also der Anzahl an Neuzulassungen pro Jahr bezogen auf den Fahrzeugbestand, abhängig.

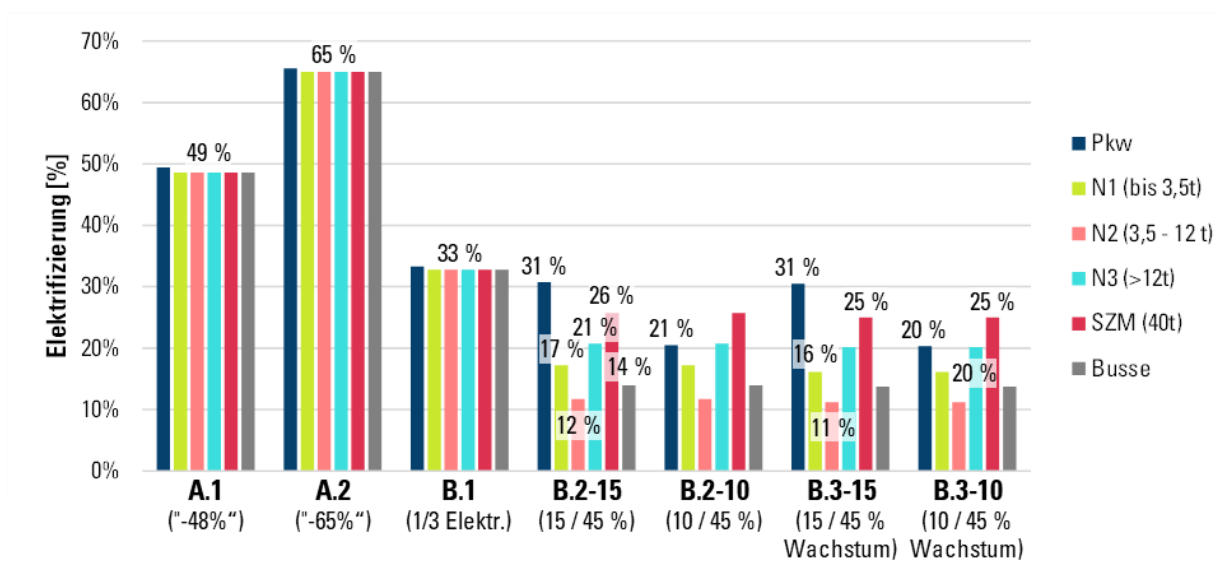


Abbildung 3: Elektrifizierungsgrade im Bestand der Fahrzeugsegmente für verschiedene Szenarien im Jahr 2030

Die in dieser Studie zugrunde gelegten Hochlaufkurven unterliegen Annahmen und somit Ungenauigkeiten, haben jedoch besonders großen Einfluss auf den Grad der Elektrifizierung zum Ende der betrachteten Zeitspanne. Um keinen zu pessimistischen Eindruck zu erzeugen, wird daher mit einem als optimistisch eingeschätzten linearen Hochlauf auf 45 % elektrische Neuzulassungen im Jahr 2030 modelliert. Daraus ergeben sich für die Nfz-Klassen stark unterschiedliche Elektrifizierungsgrade, die jedoch allesamt deutlich sowohl hinter dem sogenannten „Drittelziel“ sowie hinter den Elektrifizierungsbedarfen zur Erreichung der Klimaschutzziele zurückbleiben. Es ist unter den aktuellen Rahmenbedingungen und in der Kürze der Zeit nicht zu erwarten, dass die hier gewählten Szenarien hinsichtlich der CO<sub>2</sub>-Minderung übererfüllt werden, sodass bereits heute eine Zielverfehlung von über 40 Mio. t<sub>CO2</sub>/a im Jahr 2030 zu erwarten ist.

Die Analyse und Auswertung der oben beschriebenen Szenarien und Maßnahmen zur Elektrifizierung des Straßenverkehrs werden in der folgenden Abbildung 4 zusammengefasst.

Um die heutigen CO<sub>2</sub>-Emissionen des Straßenverkehrs (ca. 163 Mio. t<sub>CO2</sub>/a) um 49 % (auf ca. 84 Mio. t<sub>CO2</sub>/a bis 2030) zu senken, reichen die betrachteten Ziele und Maßnahmen zur Elektrifizierung bzw. Einführung emissionsarmer Fahrzeuge nicht aus. Die Diskrepanz zwischen dem Bedarf an 49 % Elektrifizierung in der gesamten Fahrzeugflotte und den politischen Zielen von gut 30 % elektrischen Pkw und 45 %

<sup>54</sup> Das Pkw-Segment wächst nur sehr geringfügig, vgl. Tabelle 7. Daher ergeben sich hier gerundet die gleichen Elektrifizierungsgrade wie in den Szenarien ohne Verkehrszunahme.



Elektrifizierungsgrad in den SNZ-Neuzulassungen im Jahr 2030 ist offensichtlich. Selbst wenn bis zum Jahr 2030 ca. 10–15 Mio. aller Pkw auf emissionsarme Antriebe umgestellt wären und 45 % aller neu zugelassenen Nutzfahrzeuge und Busse über einen emissionsarmen Elektro- oder Brennstoffzellenantrieb verfügten, ließen sich die CO<sub>2</sub>-Emissionen nur um ca. 15–27 % senken. Die Auswertung zeigt auch, dass eine Zunahme der Verkehrsleistung bis 2030 in den betrachteten Szenarien zusätzlich etwa 7 Mio. t<sub>CO2</sub>/a verursacht und die Zielerreichung weiter erschwert.

Allgemein ist zu berücksichtigen, dass der verzögerte Hochlauf der Elektromobilität kein fahrzeugklassenspezifisches Phänomen ist oder fahrzeugklassenspezifische Ursachen hat. Teilweise noch zu hohe Fahrzeugpreise, Unklarheiten bezüglich der Fahrzeugrestwerte und ihrer Wiederverkäuflichkeit sowie insbesondere ein schleppender Infrastrukturausbau (Ladestationen, Netzausbau, ...) hemmen nach wie vor den Absatz von Elektrofahrzeugen – und diese Hemmnisse gelten über alle Klassen hinweg. Diesen begründeten Vorbehalten den Boden zu entziehen und die emissionsfreie Mobilität zur ökonomisch besseren Alternative gegenüber der konventionellen fossilen Mobilität zu entwickeln, muss die Aufgabe von Politik und Industrie sein.

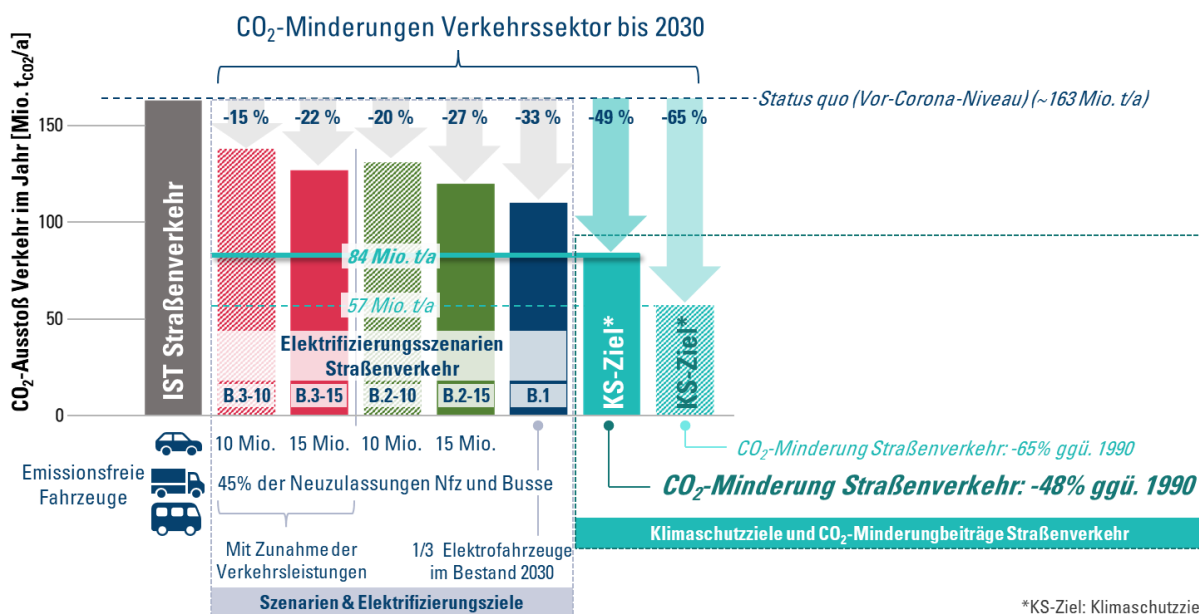


Abbildung 4: Bisherige Ziele zur Elektrifizierung des Straßenverkehrs reichen nicht aus, um die Klimaschutzziele zu erreichen und die CO<sub>2</sub>-Emissionen bis 2030 zu senken

### 3.4.3. Markthochlauf im Segment schwerer Nutzfahrzeuge

In Abbildung 5 ist dargestellt, wie viele ZEV-Fahrzeuge absolut sowie relativ zur Gesamtflotte zur Erfüllung ausgewählter Szenarien in den Jahren bis 2030 im Bestand sein müssen. Ergänzend dazu zeigt Abbildung 6, um welchen Betrag sich die Anzahl an ZEV-Fahrzeugen im SNZ-Segment jährlich erhöhen müsste, mathematisch also die Ableitung der Daten aus Abbildung 5. In den beiden Abbildungen sind zur besseren Vergleichbarkeit lediglich Szenarien ohne Zunahme der Verkehrsleistung dargestellt. Zur Einordnung: Im Januar 2023 waren laut KBA<sup>55</sup> in Summe 466.484 schwere Nutzfahrzeuge (SNZ) aus den Klassen N3 und SZM registriert, vgl. Tabelle 6. Gemäß den Schätzungen des BMDV wird sich diese Zahl bis zum Jahr 2030

<sup>55</sup> [KBA\_FZ1 2023], [KBA\_FZ13 2023]

auf etwa 520.000 Fahrzeuge erhöhen. Wie bereits erwähnt, verschärft sich die Anspannung vor allem im Nutzfahrzeugsegment mit seinen hohen erwarteten Verkehrszuwächsen gegenüber den Werten in diesen Diagrammen noch deutlich. Anders ausgedrückt: Jedes zusätzliche Fahrzeug im Markt, welches nicht emissionsfrei ist, trägt zu einer noch größeren Verfehlung der Klimaschutzziele bei.

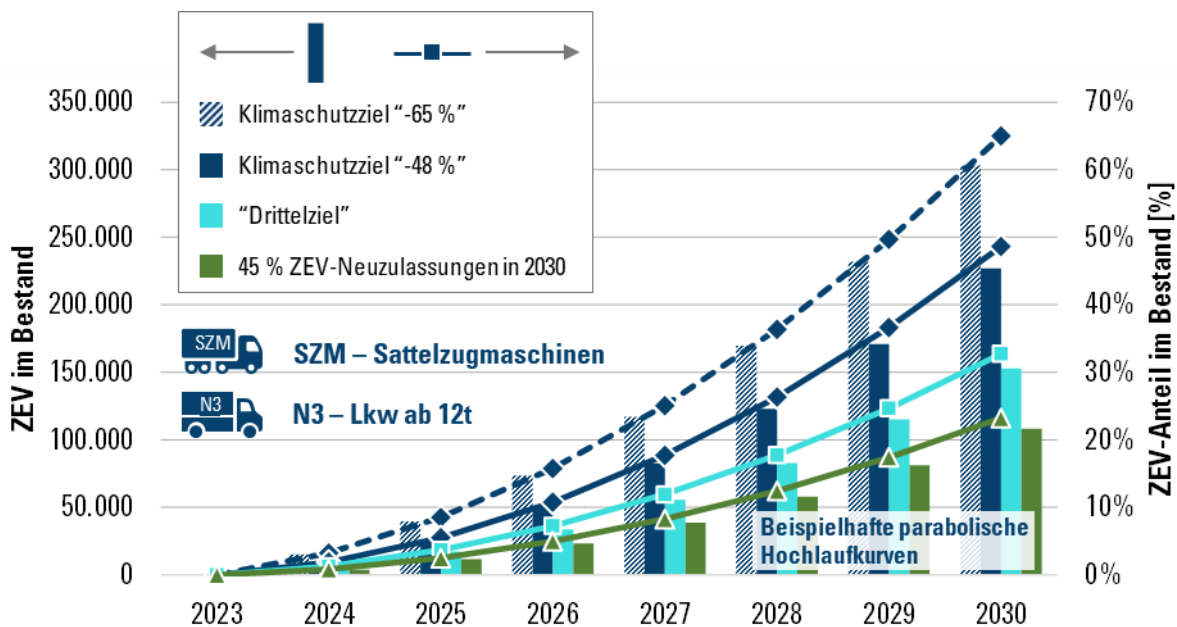


Abbildung 5: Hochlaufkurven für ZEV bei schweren Nutzfahrzeugen für verschiedene Szenarien (ohne Verkehrszunahme)

Die Zahlen in Abbildung 6 sind nicht gleichbedeutend mit den tatsächlich erforderlichen ZEV-Neuzulassungen, da nicht modelliert wird, wie viele (ZEV-)Fahrzeuge in dem gleichen Zeitraum den Markt verlassen und zu ersetzen sind. Zur Einordnung der Zahlen sei angemerkt, dass vor der Coronakrise etwa 60.000 schwere Nutzfahrzeuge pro Jahr neu zugelassen wurden, was einer Quote von etwa 13 % bezogen auf den Bestand an schweren Nutzfahrzeugen entspricht. Mit den hier zugrunde gelegten beispielhaften Hochlaufkurven müssten im 48%-Szenario im Jahr 2026 bereits über 50.000 ZEV-SNZ im Fahrzeugbestand sein. Und um bei einer ZEV-Quote von 45% der Neuzulassungen bspw. auf den Wert von etwa 55.000 neuen ZEV-Fahrzeugen im Jahr 2030 zu kommen, wie es das 48%-Szenario erfordert, müssten die Neuzulassungen insgesamt bis zu diesem Zeitpunkt auf über 120.000 gesteigert – also verdoppelt – werden. Alternativ müssten sich Preise und Rahmenbedingungen zugunsten emissionsfreier Fahrzeuge in einem solchen Umfang ändern, dass die gesetzliche Vorgabe von 45 % deutlich übertroffen wird und über 90 % der neu zugelassenen SNZ im Jahr 2030 emissionsfrei sind. Es ist offensichtlich, dass es für diesen steilen Markthochlauf weiteren Infrastrukturausbau sowie entschiedene politische Incentivierung und Regulierung bräuchte, um auch nur in die Nähe dieser Ziele zu gelangen und eine derart rasche Erneuerung der Bestandsflotte zu erreichen.

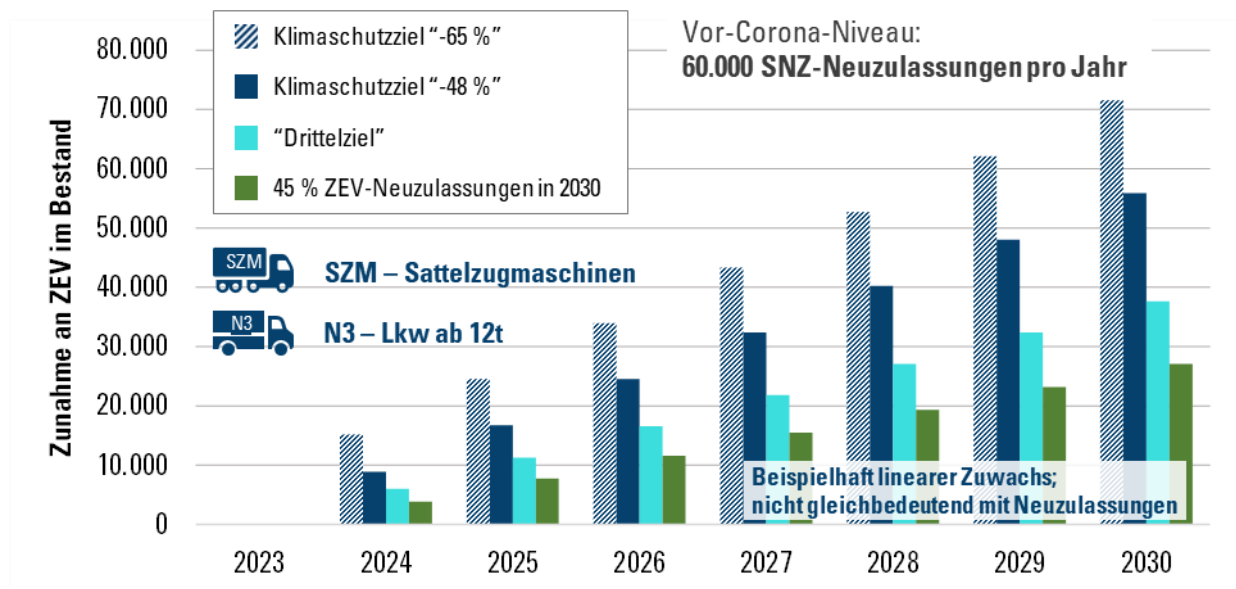


Abbildung 6: Zunahme an ZEV im Fahrzeugbestand der schweren Nutzfahrzeuge für verschiedene Szenarien (ohne Verkehrszunahme)

## 4. ZUSAMMENFASSUNG UND FAZIT

Zur Erreichung der Klimaneutralität bis 2045 und zur schrittweisen Minderung der THG-Emissionen müssen konkrete und wirkungsvolle Maßnahmen bereits vor 2030 entschieden und umgesetzt werden. Dies wird anhand der untersuchten Szenarien zu den Entwicklungen der Treibhausgasemissionen im Straßenverkehr auf Basis bestehender und diskutierter gesetzlicher Klimaschutzziele und Rahmenbedingungen deutlich. Der UBA-Zielpfad hin zu einer CO<sub>2</sub>-Minderung von 48 % gegenüber dem Niveau von 1990 (auf 84 Mio. t<sub>CO2</sub>/a) bis 2030 kann bereits heute nicht eingehalten werden. Die CO<sub>2</sub>-Emissionen des Straßenverkehrs werden im Jahr 2023 etwa 30 Mio. t<sub>CO2</sub>/a höher ausfallen als vom UBA-Zielpfad vorgesehen. Bis 2030 droht eine Verfehlung des Klimaschutzziels von 84 Mio. t<sub>CO2</sub>/a um über 40 Mio. t<sub>CO2</sub>/a.

Für diese Studie wurden verschiedene Elektrifizierungsszenarien untersucht, welche aktuell gültige oder inzwischen aufgehobene politische Ziele und Regelungen (in vereinfachter Form) nachbilden. So wurde unter anderem untersucht, wie sich die Elektrifizierung eines Drittels des gesamten Straßenverkehrs oder das Erreichen von 10 bzw. 15 Mio. E-Pkw sowie eine ZEV-Quote von 45 % bei neu zugelassenen Fahrzeugen im Nutzfahrzeugsegment auf die CO<sub>2</sub>-Emissionen des Straßenverkehrs im Jahr 2030 auswirken würden. Die CO<sub>2</sub>-Minderung der betrachteten Szenarien gegenüber dem Jahr 2023 beträgt 15–33 % und fällt damit weit geringer aus als die 49 %, die zur Erreichung der Klimaschutzziele erforderlich wären.

In einigen Szenarien wurde auch die vom BMDV erwartete Zunahme der Verkehrsleistung berücksichtigt. In diesem Fall droht sogar ein zusätzlicher CO<sub>2</sub>-Ausstoß von etwa 7 Mio. t<sub>CO2</sub>/a. Somit ergibt sich zur Erreichung der Klimaschutzziele ein dringender Handlungsbedarf im Sektor Straßenverkehr insbesondere bereits vor 2030.

In den letzten Jahren ist dementsprechend auch eine Verschärfung der politischen und gesellschaftlichen Diskussionen zum Klimaschutz zu verzeichnen. Zur Schaffung von Rahmenbedingungen für einen 1,5-Grad-Zielpfad gemäß dem Pariser Klimaschutzabkommen zeigen sich vermehrt Ambitionen vonseiten der Politik. So ist bei Verfehlungen bei der Umsetzung der Klimaschutzmaßnahmen zunehmend ein erhöhter Druck für die Schaffung und Umsetzung gesetzlicher und regulatorischer Rahmenbedingungen zu erwarten und notwendig. Schon heute besteht zunehmend Handlungsdruck für den Bund, OEMs und Flottenbetreiber, auf emissionsarme Fahrzeuge umzustellen. Ein klarer regulatorischer Rahmen ist in einer solchen Hochlaufphase unerlässlich, um Investitionsentscheidungen in neue Technologien, Antriebe und Infrastrukturen zu fördern und den klimaschonenden Technologien zum Durchbruch zu verhelfen.

Brennstoffzellenelektrische Antriebe, neben batterieelektrischen Antrieben, stellen eine Schlüsseltechnologie für die Dekarbonisierung des Straßenverkehrs dar. Eine Umstellung auf alternative Antriebstechnologien wesentlicher Teile des Nutzfahrzeugsegments hätte eine große Hebelwirkung, da beispielsweise eine Sattelzugmaschine im Jahr etwa 40- bis 50-mal so viel CO<sub>2</sub> emittiert wie ein Pkw. Dem gegenüber steht das enorme Verkehrsaufkommen im Pkw-Segment, sodass hier zwei Drittel der CO<sub>2</sub>-Emissionen des Verkehrs entstehen. Zudem konnte mit der „HyMobility Technologiestudie 2023“<sup>56</sup> des DWV aufgezeigt werden, dass erhebliche Skaleneffekte zur Kostensenkung von Brennstoffzellen-Nutzfahrzeugen (BZ-Nfz) mit dem Einstieg der Serienfertigung von Komponenten von Brennstoffzellen, H<sub>2</sub>-Tanks, Elektrolyseuren sowie H<sub>2</sub>-Tankstellen bestehen und erschlossen werden können.

<sup>56</sup> <https://dvw-info.de/studien/hymobility-technologiestudie-2023-2/>, zuletzt abgerufen am 20.12.2023.

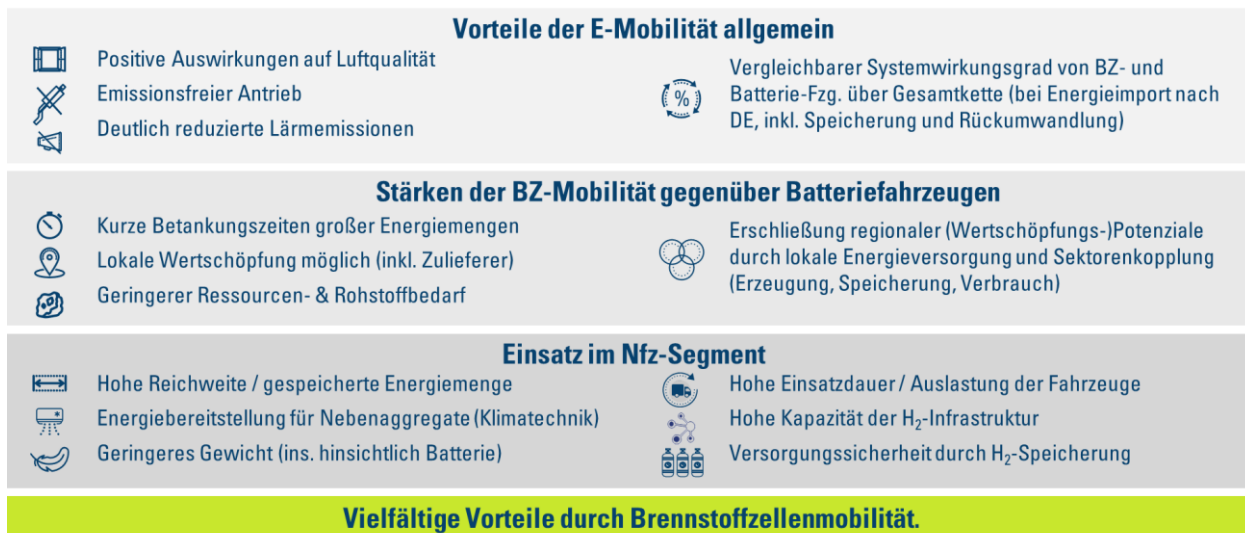


Abbildung 7: Brennstoffzellenfahrzeuge können durch ihre spezifischen Eigenschaften einen wichtigen Beitrag zum emissionsfreien Verkehr leisten

Konkret deuten die Modellierungen darauf hin, dass unter aktuellen Bedingungen die Klimaschutzziele im Verkehrssektor um über ca. 50 % verfehlt werden. Somit ist ein beschleunigter Markthochlauf von emissionsfreien Fahrzeugen dringend notwendig, um den erforderlichen Elektrifizierungsgrad von fast 50% in der gesamten Verkehrsflotte im Jahr 2030 zu erreichen<sup>57</sup>. Um dies zu ermöglichen und zu unterstützen, müssen wiederum Rahmenbedingungen geschaffen und Maßnahmen implementiert werden, die unter anderem die Wirtschaftlichkeit der Nullemissionsfahrzeuge erhöhen und den Infrastrukturausbau beschleunigen.

Verschiedenste bereits eingeführte Maßnahmen zur CO<sub>2</sub>-Bepreisung tragen wesentlich zur Wettbewerbsfähigkeit von BZ- und batterieelektrischen Nfz bei und schaffen Anreize für Flottenbetreiber, auf Nullemissionsfahrzeuge umzusteigen. Darunter zählen der neueingeführte CO<sub>2</sub>-Aufschlag auf die Lkw-Maut, CO<sub>2</sub>-Begrenzungen und Zertifikatehandel im Rahmen von ETS II und dem Brennstoffemissionshandelsgesetz sowie die doppelte Anrechenbarkeit von grünem Wasserstoff bei der Emissionsberechnung im Straßenverkehr nach RED III. Auch etwa die Verpflichtung zum Infrastrukturausbau für alternative Kraftstoffe (AFIR) fördert die Sicherheit bei Investitionsentscheidungen.

Trotz verschärfter Maßnahmen droht der Verkehrssektor einen nur unterdurchschnittlichen Beitrag bei der Erreichung der Klimaschutzziele zu erbringen und dies sogar zu gefährden. Rasches und entschlossenes gesetzgeberisches Handeln ist zwingend erforderlich, um unter anderem einen Hochlauf der BZ-Technologie voranzutreiben. Des Weiteren können nur so die Wertschöpfung in Deutschland und Deutschlands Führungsrolle in der Brennstoffzellentechnologie erhalten werden.

<sup>57</sup> Das entspricht einem Bedarf von über 24 Mio. emissionsfreien Pkw und über 250.000 emissionsfreien schweren Nutzfahrzeugen im Bestand im Jahr 2030.

## 5. ABKÜRZUNGEN

BEHG	Brennstoffemissionshandelsgesetz
BEV	Battery electric vehicle – Batterieelektrische Fahrzeuge
E-Fuels	Strombasierte synthetische Kraftstoffe
EU-ETS / EU-EHS	European Emission Trading System / Europäisches Emissionshandelssystem
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
KBA	Kraftfahrtbundesamt
LNZ	Leichte Nutzfahrzeuge (N1 und N2)
pkm	Personenkilometer
RED III	Novelle der Erneuerbare-Energien-Richtlinie
RFNBO	Erneuerbarer Kraftstoff nicht-biogenen Ursprungs
SZM	Sattelzugmaschinen
SNZ	Schwere Nutzfahrzeuge (umfasst N3 und Sattelzugmaschinen)
THG	Treibhausgase
tkm	Tonnenkilometer
UBA	Umweltbundesamt
ZEV	Zero Emission Vehicle – Nullemissionsfahrzeuge

## 6. LITERATUR

- [37. BImSchV 2023] Referentenentwurf der Bundesregierung: Verordnung zur Neufassung der siebenunddreißigsten Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung zur Anrechnung von strombasierten Kraftstoffen und mitverarbeiteten biogenen Ölen auf die Treibhausgasquote – 37. BImSchV). Verfügbar unter [https://www.bmuv.de/fileadmin/Daten\\_BMU/Download\\_PDF/Glaeserne\\_Gesetze/20\\_Lp/37\\_bimschv\\_revidierte\\_neufassung/Entwurf/37\\_bimschv\\_revidierte\\_neufassung\\_refe\\_bf.pdf](https://www.bmuv.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Glaeserne_Gesetze/20_Lp/37_bimschv_revidierte_neufassung/Entwurf/37_bimschv_revidierte_neufassung_refe_bf.pdf) (zuletzt abgerufen am 11.01.2024)
- [AFIR 2023] Verordnung (EU) 2023/1804 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 13. September 2023 über den Aufbau der Infrastruktur für alternative Kraftstoffe und zur Aufhebung der Richtlinie 2014/94/EU. Verfügbar unter <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX%3A32023R1804&qid=1702636429356> (zuletzt abgerufen am 15.12.2023)
- [AGORA 2024] Agora Energiewende: Die Energiewende in Deutschland: Stand der Dinge 2023. Rückblick auf die wesentlichen Entwicklungen sowie Ausblick auf 2024, 2024. Verfügbar unter [https://www.agora-energiewende.de/fileadmin/Projekte/2023/2023-35\\_DE\\_JAW23/A-EW\\_317\\_JAW23\\_WEB.pdf](https://www.agora-energiewende.de/fileadmin/Projekte/2023/2023-35_DE_JAW23/A-EW_317_JAW23_WEB.pdf) (zuletzt abgerufen am 11.01.2024)
- [BEHG 2022] Brennstoffemissionshandelsgesetz vom 12. Dezember 2019 (BGBl. I S. 2728), das zuletzt durch Artikel 2 des Gesetzes vom 9. November 2022 (BGBl. I S. 2006) geändert worden ist. Verfügbar unter <https://www.gesetze-im-internet.de/behg/BJNR272800019.html> (zuletzt abgerufen am 14.12.2023)
- [BImSchG 2023] Bundes-Immissionsschutzgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 17. Mai 2013 (BGBl. I S. 1274; 2021 I S. 123), das zuletzt durch Artikel 11 Absatz 3 des Gesetzes vom 26. Juli 2023 (BGBl. 2023 I Nr. 202) geändert worden ist, § 37a. Verfügbar unter <https://www.gesetze-im-internet.de/bimschg/BJNR007210974.html> (zuletzt abgerufen am 15.12.2023)
- [BMDV23] Bundesministeriums für Digitales und Verkehr (Hrsg.): „Prognose 2022“ – Gleitende Langfrist-Verkehrsprognose 2021-2022, 2023. Verfügbar unter <https://bmdv.bund.de/SharedDocs/DE/Anlage/K/prognose-berichtgleitende-langfrist-verkehrsprognose.pdf>  
<https://bmdv.bund.de/SharedDocs/DE/Pressemitteilungen/2023/017-wissing-pk-verkehrsentwicklung-deutschland.html> (zuletzt abgerufen am 07.12.2023)
- [EC 2023] Europäische Kommission: Vorschlag für eine Verordnung des Europäischen Parlaments und des Rates zur Änderung der Verordnung (EU) 2019/1242 im Hinblick auf die Verschärfung der CO<sub>2</sub>-Emissionsnormen für neue schwere Nutzfahrzeuge und die Einbeziehung von Meldepflichten sowie zur Aufhebung der Verordnung (EU) 2018/956 (COM(2023) 88 final). Verfügbar unter <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/ALL/?uri=COM%3A2023%3A88%3AFIN> (zuletzt abgerufen am 15.12.2023)

- [CVD 2019] Richtlinie (EU) 2019/1161 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 20. Juni 2019 zur Änderung der Richtlinie 2009/33/EG über die Förderung sauberer und energieeffizienter Straßenfahrzeuge. Verfügbar unter <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX:32019L1161> (zuletzt abgerufen am 15.12.2023)
- [EGD 2019] Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Europäischen Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen: Der europäische Grüne Deal (COM/2019/640 final). Verfügbar unter <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=COM%3A2019%3A640%3AFIN> (zuletzt abgerufen am 12.01.2024)
- [EKM 2023] Expertenbeirat Klimaschutz in der Mobilität (Hrsg.): Den Hochlauf der Elektromobilität stärken: Instrumente zur Erreichung des 15 Millionen-Ziels, 2023. Verfügbar unter <https://expertenbeirat-klimamobilitaet.de/media/pages/home/c4197f3146-1701253980/ekm-policy-brief-den-hochlauf-der-elektromobilitat-starken-instrumente-zur-erreichung-des-15-millionen-ziels.pdf> (zuletzt abgerufen am 13.12.2023)
- [ESR 2023] Verordnung (EU) 2023/857 des Europäischen Parlamentes und des Rates vom 19. April 2023 zur Änderung der Verordnung (EU) 2018/842 zur Festlegung verbindlicher nationaler Jahresziele für die Reduzierung der Treibhausgasemissionen im Zeitraum 2021 bis 2030 als Beitrag zu Klimaschutzmaßnahmen zwecks Erfüllung der Verpflichtungen aus dem Übereinkommen von Paris sowie zur Änderung der Verordnung (EU) 2018/1999. Verfügbar unter <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX%3A32023R0857> (zuletzt abgerufen am 14.12.2023)
- [ETS 2023] Richtlinie (EU) 2023/959 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 10. Mai 2023 zur Änderung der Richtlinie 2003/87/EG über ein System für den Handel mit Treibhausgaszertifikaten in der Union und des Beschlusses (EU) 20215/1814 über die Einrichtung und Anwendung einer Marktstabilitätsreserve für das System für den Handel mit Treibhausgaszertifikaten in der Union. Verfügbar unter <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32023L0959> (zuletzt abgerufen am 14.12.2023)
- [Euro 7 2023] Vorschlag für eine Verordnung des Europäischen Parlaments und des Rates über die Typp Genehmigung von Kraftfahrzeugen und Motoren sowie von Systemen, Bauteilen und selbstständigen technischen Einheiten für diese Fahrzeuge hinsichtlich ihrer Emissionen und der Dauerhaltbarkeit von Batterien (Euro 7) und zur Aufhebung der Verordnungen (EG) Nr. 715/2007 und (EG) Nr. 595/2009 (COM/2022/586 final). Verfügbar unter <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX%3A52022PC0586&qid=1702635211228> (zuletzt abgerufen am 15.12.2023)
- [EVR 2022] Richtlinie (EU) 2022/362 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 24. Februar 2022 zur Änderung der Richtlinien 1999/62/EG, 1999/37/EG und (EU) 2019/520 hinsichtlich der Erhebung von Gebühren für die Benutzung bestimmter Verkehrswege durch Fahrzeuge. Verfügbar unter <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX%3A32022L0362> (zuletzt abgerufen am 15.12.2023)



- [Ff55 2021] Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen: „Fit für 55“: auf dem Weg zur Klimaneutralität – Umsetzung des EU-Klimaziels für 2030 (COM/2021/550 final). Verfügbar unter <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX%3A52021DC0550> (zuletzt abgerufen am 12.01.2024)
- [FÖSM 2023] F. Zerkawy et al. (Forum Ökologisch-Soziale Marktwirtschaft): Kurzfristiges finanzielles Potential durch den Abbau umweltschädlicher Subventionen. Kurzexpertise, 07.12.2023. Verfügbar unter [https://foes.de/publikationen/2023/2023-11\\_FOES\\_Subventionsabbau\\_KTF-Luecke.pdf](https://foes.de/publikationen/2023/2023-11_FOES_Subventionsabbau_KTF-Luecke.pdf) (zuletzt abgerufen am 13.12.2023)
- [KBA\_FZ1 2023] Kraftfahrtbundesamt KBA: Produkte der Statistik - Bestand nach Zulassungsbezirken (FZ 1), 2023. Verfügbar unter [https://www.kba.de/DE/Statistik/Produktkatalog/produkte/Fahrzeuge/fz1\\_b\\_uebersicht.html?nn=3514348](https://www.kba.de/DE/Statistik/Produktkatalog/produkte/Fahrzeuge/fz1_b_uebersicht.html?nn=3514348) (zuletzt abgerufen am 06.12.2023)
- [KBA\_FZ13 2023] Kraftfahrtbundesamt KBA: Produkte der Statistik - Bestand nach Umwelt-Merkmalen (FZ 13), 2023. Verfügbar unter [https://www.kba.de/DE/Statistik/Produktkatalog/produkte/Fahrzeuge/fz13\\_b\\_uebersicht.html?nn=3514348](https://www.kba.de/DE/Statistik/Produktkatalog/produkte/Fahrzeuge/fz13_b_uebersicht.html?nn=3514348) (zuletzt abgerufen am 06.12.2023)
- [KBA\_FZ28 2023] Kraftfahrtbundesamt KBA: Produkte der Statistik - Neuzulassungen von Kraftfahrzeugen mit alternativem Antrieb - Monatsergebnisse (FZ 28), 2023. Verfügbar unter [https://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Neuzulassungen/Umwelt/n\\_umwelt\\_node.html](https://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Neuzulassungen/Umwelt/n_umwelt_node.html) (zuletzt abgerufen am 23.11.2023)
- [KBA\_VK 2022] Kraftfahrtbundesamt KBA: Verkehr in Kilometern, 2022. Verfügbar unter [https://www.kba.de/DE/Statistik/Produktkatalog/produkte/Fahrzeuge/fz13\\_b\\_uebersicht.html?nn=3514348](https://www.kba.de/DE/Statistik/Produktkatalog/produkte/Fahrzeuge/fz13_b_uebersicht.html?nn=3514348) (zuletzt abgerufen am 06.12.2023)
- [KSG 2023] Bundesregierung: Entwurf eines Zweiten Gesetzes zur Änderung des Bundes-Klimaschutzgesetzes, Stand September 2023. Verfügbar unter <https://dserver.bundestag.de/btd/20/082/2008290.pdf> (zuletzt abgerufen am 14.12.2023)
- [KSP 2023] Bundesregierung: Klimaschutzprogramm 2023 der Bundesregierung, 2023. Verfügbar unter [https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/klimaschutz/20231004-klimaschutzprogramm-der-bundesregierung.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=4](https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/klimaschutz/20231004-klimaschutzprogramm-der-bundesregierung.pdf?__blob=publicationFile&v=4) (zuletzt abgerufen am 14.12.2023)
- [Maut 2023] Drittes Gesetz zur Änderung mautrechtlicher Vorschriften vom 21. November 2023. Verfügbar unter [https://www.recht.bund.de/bgbl/1/2023/315/regelungstext.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=2](https://www.recht.bund.de/bgbl/1/2023/315/regelungstext.pdf?__blob=publicationFile&v=2) (zuletzt abgerufen am 15.12.2023)
- [MOPO 2018] Berliner Morgenpost: Busse liegen bei Ökobilanz deutlich vor Autoverkehr, 2018. Verfügbar unter

<https://www.morgenpost.de/berlin/article214667817/Busse-liegen-bei-Oekobilanz-deutlich-vor-Autoverkehr.html>

(zuletzt abgerufen am 11.12.2023)

[RED III 2023] Richtlinie (EU) 2023/2413 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 18. Oktober 2023 zur Änderung der Richtlinie (EU) 2018/2001, der Verordnung (EU) 2018/1999 und der Richtlinie 98/70/EG im Hinblick auf die Förderung von Energie aus erneuerbaren Quellen und zur Aufhebung der Richtlinie (EU) 2015/652 des Rates. Verfügbar unter <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX%3A32023L2413&qid=1702633916935> (zuletzt abgerufen am 15.12.2023)

[SaubFahrzeugBeschG 2021] Saubere-Fahrzeuge-Beschaffungs-Gesetz vom 9. Juni 2021 (BGBl. I S. 1691). Verfügbar unter <https://www.gesetze-im-internet.de/saubfahrzeugbeschg/SaubFahrzeugBeschG.pdf> (zuletzt abgerufen am 15.12.2023)

[Stat 2023] Statista: Durchschnittlicher Kraftstoffverbrauch der in Deutschland zugelassenen Pkw in den Jahren von 2011 bis 2021, 2023. Verfügbar unter <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/484054/umfrage/durchschnittsverbrauch-pkw-in-privaten-haushalten-in-deutschland/> (zuletzt abgerufen am 11.12.2023)

[UBA 2023] Umweltbundesamt: Entwicklung und Zielpfad der Treibhausgas-Emissionen in Deutschland, 2023. Excel-Tabelle verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/daten/klima/treibhausgasminderungsziele-deutschlands#nationale-treibhausgasminderungsziele-und-deren-umsetzung> (zuletzt abgerufen am 12.12.2023)

[UBA 2023a] Umweltbundesamt: Projektionsbericht 2023 für Deutschland, 2023. Verfügbar unter [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/11850/publikationen/39\\_2023\\_cc\\_projektionsbericht\\_2023.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/11850/publikationen/39_2023_cc_projektionsbericht_2023.pdf) (zuletzt abgerufen am 13.12.2023)

[WFblog 2023] Webfleet-Blog: Lkw-Verbrauch: Kraftstoffverbrauch bei Lkw verstehen und senken, 2023. Verfügbar unter [https://www.webfleet.com/de\\_de/webfleet/blog/so-viel-kraftstoff-verbrauchen-lkw/](https://www.webfleet.com/de_de/webfleet/blog/so-viel-kraftstoff-verbrauchen-lkw/) (zuletzt abgerufen am 11.12.2023)



Ludwig Bolkow Systemtechnik

LUDWIG-BÖLKOW-SYSTEMTECHNIK GMBH (LBST)  
DAIMLERSTR. 15 | 85521 OTTOBRUNN | GERMANY  
[WWW.LBST.DE](http://WWW.LBST.DE)