



EUROPÄISCHE
KOMMISSION

Brüssel, den 27.5.2025
COM(2025) 260 final

**MITTEILUNG DER KOMMISSION AN DAS EUROPÄISCHE PARLAMENT UND
DEN RAT**

über die Technologie- und Marktreife schwerer Straßenfahrzeuge

1 Einführung

Mit den geänderten CO₂-Emissionsnormen für neue schwere Nutzfahrzeuge¹ wurden ehrgeizige Emissionsreduktionsziele für neue Lastkraftwagen, Stadtbusse und Reisebusse für 2030 und darüber hinaus festgelegt. Damit diese Ziele erreicht werden können, wird eine rasche Markteinführung emissionsfreier Fahrzeuge erforderlich sein. Um die Bedingungen dafür zu schaffen, dass diese emissionsfreien Fahrzeuge auf den Markt gelangen können, werden in der Verordnung (EU) 2023/1804² über den Aufbau der Infrastruktur für alternative Kraftstoffe verbindliche Mindestziele für den Aufbau einer ausreichenden, speziellen öffentlich zugänglichen Lade- und Wasserstoffbetankungsinfrastruktur entlang des TEN-V-Sträßennetzes, an städtischen Knoten und auf sicheren und gesicherten Parkflächen festgelegt.

Um der raschen Entwicklung der Nachfrage nach alternativen Kraftstoffen Rechnung zu tragen, muss die Kommission gemäß Artikel 24 Absatz 1 der genannten Verordnung einen Bericht über die Technologie- und Marktreife schwerer Nutzfahrzeuge annehmen. Ferner sollte in dem Bericht gemäß diesem Artikel ersten Hinweisen auf Präferenzen des Marktes Rechnung getragen werden. Außerdem sollten darin die in naher Zukunft zu erwartenden technologischen Entwicklungen betrachtet werden, insbesondere in Bezug auf Lade- und Tanknormen und entsprechende Technologien, etwa Normen für das Schnellladen, elektrische Straßensysteme (electric road systems, ERS) und die Verwendung von Flüssigwasserstoff. In Bezug auf Wasserstofftankstellen sollte in dem Bericht analysiert werden, inwieweit die in Artikel 6 der Verordnung (EU) 2023/1804 genannten technischen Anforderungen mit den Technologie- und Marktentwicklungen im Einklang stehen.

Dementsprechend enthält dieser Bericht eine Analyse der Technologie- und Marktreife emissionsfreier schwerer Nutzfahrzeuge unter Berücksichtigung der beobachteten technologischen Entwicklungen der Antriebstechniken und der Marktentwicklungen sowie des entsprechenden Aufbaus der Lade- und Betankungsinfrastruktur seit der politischen Einigung über die Verordnung (EU) 2023/1804. Die in diesem Bericht vorgestellte Bewertung stützt sich auf Informationen aus Beratungen in der Expertengruppe „Forum für nachhaltigen Verkehr“ der Kommission sowie auf eine externe Begleitstudie³, in deren Rahmen auch die einschlägigen Marktteilnehmer konsultiert wurden.

¹ Verordnung (EU) 2024/1610 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 14. Mai 2024 zur Änderung der Verordnung (EU) 2019/1242 im Hinblick auf die Verschärfung der CO₂-Emissionsnormen für neue schwere Nutzfahrzeuge und die Einbeziehung von Meldepflichten, zur Änderung der Verordnung (EU) 2018/858 und zur Aufhebung der Verordnung (EU) 2018/956 (Text von Bedeutung für den EWR) (ABl. L, 2024/1610, 6.6.2024, ELI: <http://data.europa.eu/eli/reg/2024/1610/oj>).

² 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 (Text von Bedeutung für den EWR) (ABl. L 234 vom 22.9.2023, S. 1, ELI: <http://data.europa.eu/eli/reg/2023/1804/oj>).

³ Transport & Mobility Leuven, Ramboll & University of Antwerp, „Market Readiness Analysis: Expected uptake of alternative fuel heavy-duty vehicles until 2030 and their corresponding infrastructure needs“, Amt für Veröffentlichungen der Europäischen Kommission, 2025.

2 Rechtlicher Kontext

Im Einklang mit der Verpflichtung der EU, bis 2050 klimaneutral zu werden, wurden in den überarbeiteten CO₂-Emissionsnormen für neue schwere Nutzfahrzeuge⁴ Emissionsreduktionsziele für neue Lastkraftwagen, Stadtbusse und Reisebusse festgelegt. Eine Zusammenfassung der rechtsverbindlichen, von den Herstellern bei Neuzulassungen zu erfüllenden Zielvorgaben, die in den geänderten CO₂-Emissionsnormen festgelegt sind, ist Table 1 zu entnehmen.

Anwendungsbereich	Zieljahr	CO ₂ -Emissionsreduktionszielvorgaben im Vergleich zum Stand von 2019
Neue Kraftfahrzeuge in der Flotte (Lastkraftwagen > 5 t; Stadt- und Reisebusse > 7,5 t)	2030	45 %
	2035	65 %
	2040	90 %
Stadtbusse > 7,5 t (emissionsfrei)	2030	90 % (emissionsfrei)
	2035	100 % (emissionsfrei)

Tabelle 1: Überblick über die in den überarbeiteten CO₂-Normen für schwere Nutzfahrzeuge festgelegten Zielvorgaben

Um die Reduktionsziele für 2030⁵ zu erreichen, müssen die Hersteller fast alle Fahrzeugkategorien einbeziehen, insbesondere fast alle Lastkraftwagen mit mehr als 16 t, die 75 % des Absatzes schwerer Nutzfahrzeuge in der EU ausmachen.

Um sicherzustellen, dass das Fehlen einer öffentlich zugänglichen Lade- und Wasserstoffbetankungsinfrastruktur nicht zu einem Engpass bei der erforderlichen Markteinführung emissionsfreier schwerer Nutzfahrzeuge führt, enthält die Verordnung (EU) 2023/1804 verbindliche Ziele für den Aufbau einer speziellen Infrastruktur für schwere Nutzfahrzeuge. Mit den für dieses Jahr, 2025 und 2027 festgelegten anfänglichen Zielvorgaben für das Laden von Strom soll das Hauptverkehrsnetz der EU (das TEN-V-Sträßennetz)⁶ bis 2030 vollständig mit einer speziellen Lade- und Wasserstoffbetankungsinfrastruktur ausgestattet werden. Dies sollte den Einsatz emissionsfreier Straßenfahrzeuge in der gesamten

⁴ Verordnung (EU) 2019/1242 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 20. Juni 2019 zur Festlegung von CO₂-Emissionsnormen für neue schwere Nutzfahrzeuge und zur Änderung der Verordnungen (EG) Nr. 595/2009 und (EU) 2018/956 des Europäischen Parlaments und des Rates sowie der Richtlinie 96/53/EG des Rates

(ABl. L 198 vom 25.7.2019, S. 202, ELI: <http://data.europa.eu/eli/reg/2019/1242/oj>).

⁵ Arbeitsfahrzeuge und einige kleinere VECTO-Gruppen fallen nicht unter die CO₂-Emissionsnormen.

⁶ Verordnung (EU) 2024/1679 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 13. Juni 2024 über Leitlinien der Union für den Aufbau des Transeuropäischen Verkehrsnetzes, zur Änderung der Verordnungen (EU) 2021/1153 und (EU) Nr. 913/2010 und zur Aufhebung der Verordnung (EU) Nr. 1315/2013 (Text von Bedeutung für den EWR) (ABl. L, 2024/1679, 28.6.2024, ELI: <http://data.europa.eu/eli/reg/2024/1679/oj>).

EU ermöglichen. Eine Zusammenfassung der Anforderungen an die Lade- und H₂-Betankungsinfrastruktur ist in Table 2 enthalten.

Zieljahr	Anwendungsbereich	Mindestanforderungen an die Kapazität	Anforderungen an die Entfernung
2030	TEN-V-Kernnetz	Ein spezieller Ladestandort für schwere Nutzfahrzeuge mit mindestens 3 600 kW Gesamtladeleistung mit mindestens zwei Ladepunkten mit mindestens 350 kW	Alle 60 km in jeder Fahrtrichtung
		H ₂ -Tankstellen für Personenkraftwagen und Lastkraftwagen mit einer Mindestkapazität von 1 t pro Tag, die über mindestens eine 700-bar-Zapfsäule verfügen	Alle 200 km
	TEN-V-Gesamtnetz	Ein Ladestandort mit mindestens 1 500 kW Gesamtladeleistung mit mindestens einem Ladepunkt mit mindestens 350 kW	Alle 100 km in jeder Fahrtrichtung
	Städtische Knoten	Ladepunkte mit jeweils mindestens 150 kW und einer Gesamtladeleistung von mindestens 1 800 kW	
		Eine Wasserstofftankstelle für Personenkraftwagen und Lastkraftwagen	
	Sichere und gesicherte Parkflächen	Mindestens vier Ladestationen mit einer Leistung von mindestens 100 kW auf allen sicheren und gesicherten Parkflächen	

Tabelle 2: Anforderungen der Verordnung über den Aufbau der Infrastruktur für alternative Kraftstoffe an die spezielle Ladeinfrastruktur für schwere Nutzfahrzeuge bis zum 31. Dezember 2030

3 Bewertung der Marktreife emissionsfreier schwerer Nutzfahrzeuge

Im Jahr 2023 wurden in der EU insgesamt knapp 6,7 Millionen schwere Nutzfahrzeuge wie Lastkraftwagen, Stadtbusse und Fernreisebusse zugelassen, davon rund 6 Millionen Lastkraftwagen über 3,5 t⁷. Im selben Jahr wurden rund 380 000 neue schwere Nutzfahrzeuge zugelassen. Auf diese Fahrzeuge entfallen 28 % der Treibhausgasemissionen des Straßenverkehrs in der EU und mehr als 6 % der gesamten Treibhausgasemissionen der EU-27⁸.

Emissionsfreie schwere Nutzfahrzeuge werden gemäß den CO₂-Emissionsnormen für schwere Nutzfahrzeuge als Fahrzeuge ohne Verbrennungsmotor oder mit einem Verbrennungsmotor, der sehr wenig CO₂ emittiert⁹, definiert.

Derzeit gibt es zwei Technologiegruppen, die diese Anforderungen erfüllen können: batteriebetriebene Elektrofahrzeuge (battery electric vehicles, BEV) und mit Wasserstoff (H₂)

⁷ https://www.acea.auto/files/ACEA_Report_-_Vehicles_on_European_roads_2025.pdf.

⁸ <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data-viewers/greenhouse-gases-viewer>.

⁹ Höchstens 3 g CO₂/(tkm) oder 1 g CO₂/(pkm) gemäß der Verordnung (EU) 2017/2400 oder nicht mehr als 1 g/kWh CO₂ gemäß der Verordnung (EG) Nr. 595/2009 oder höchstens 1 g/km CO₂ gemäß der Verordnung (EG) Nr. 715/2007.

betriebene Fahrzeuge. Wasserstoffbetriebene Fahrzeuge weisen sowohl Brennstoffzellen (H₂-Brennstoffzellen) als auch Verbrennungsmotoren (H₂-Verbrennungsmotoren) auf. Die Zahlen für emissionsarme Plug-in-Hybridfahrzeuge (plug-in hybrid vehicles, PHEV) – auch wenn diese nicht als emissionsfreie Fahrzeuge gelten – werden gegebenenfalls auch in diesem Abschnitt dargestellt, da sie zur Nachfrage nach Ladeinfrastruktur beitragen¹⁰.

3.1 Status quo und jüngste Marktentwicklungen

Der Anteil emissionsfreier Fahrzeuge an der gesamten Flotte schwerer Nutzfahrzeuge ist zwar nach wie vor sehr gering, doch ist er in den letzten Jahren rasch gewachsen, was vor allem auf die Zunahme von batteriebetriebenen Elektrofahrzeugen zurückzuführen ist, von denen nun Modelle für alle Anwendungsfälle verfügbar sind. So können Fahrzeuge mit unterschiedlichen Reichweiten für verschiedene Arten von Diensten sowohl für den Güter- als auch für den Personenverkehr eingesetzt werden.

3.1.1 Lastkraftwagen

Ende 2024 umfasste die Flotte emissionsfreier in der EU zugelassener Lastkraftwagen mehr als 15 000 batteriebetriebene (batterieelektrische) Lastkraftwagen und 170 wasserstoffbetriebene Lastkraftwagen. Darüber hinaus waren in der gesamten EU mehr als 300 emissionsarme Plug-in-Hybrid-Lastkraftwagen zugelassen¹¹.

Im Jahr 2024 wurden mehr als 7 500 batteriebetriebene Lastkraftwagen neu zugelassen, was 2,3 % aller Zulassungen entspricht. Von den in diesem Zeitraum zugelassenen Lastkraftwagen waren nur 106 wasserstoffbetriebene Lastkraftwagen. Der höchste gemeldete Anteil batteriebetriebener Lastkraftwagen betraf die Kategorie der mittelschweren Lastkraftwagen mit einer technisch zulässigen Gesamtmasse von mehr als 5 t, jedoch höchstens 7,4 t (5,4 % der Gesamtzulassungen)¹².

¹⁰ Andere alternative Antriebs- und Kraftstofftechnologien (LNG, CNG, Biokraftstoffe, E-Fuels) waren nicht Teil des geforderten Schwerpunkts dieses Berichts.

¹¹ Sofern nicht anders angegeben, stammen alle in dieser Mitteilung verwendeten Zahlen von der Europäischen Beobachtungsstelle für alternative Kraftstoffe (EAFO), www.eafo.eu.

¹² Transport & Mobility Leuven, Ramboll & University of Antwerp, „*Market Readiness Analysis: Expected uptake of alternative fuel heavy-duty vehicles until 2030 and their corresponding infrastructure needs*“, Amt für Veröffentlichungen der Europäischen Kommission, 2025.

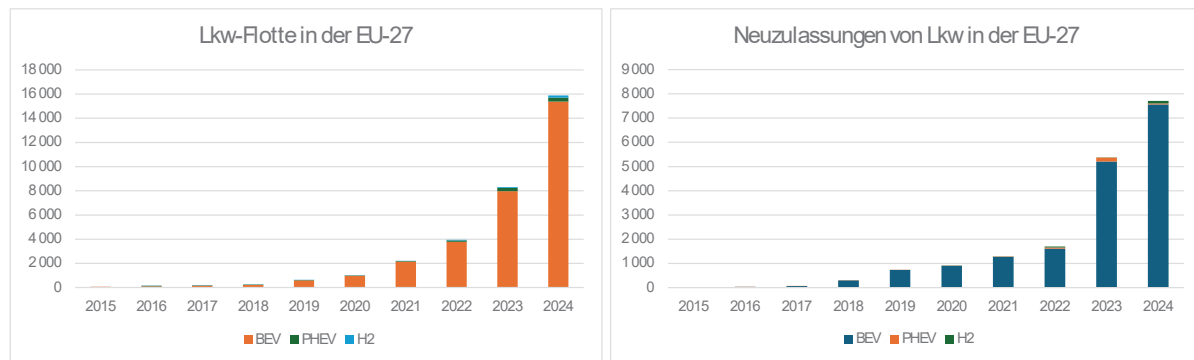


Abbildung 1: Flotte und Neuzulassungen von Lastkraftwagen. Quelle: EAFO, Ende 2024

3.1.2 Stadt- und Reisebusse

Emissionsfreie Stadt- und Reisebusse (Fahrzeuge der Klassen M2 und M3)¹³ machten einen deutlich größeren Anteil aus, doch entfiel dieser fast ausschließlich auf das Segment der Stadtbusse, während es nur wenige emissionsfreie Reisebusse auf dem Markt gibt. Der Gesamtbestand an batteriebetriebenen (batterieelektrischen) Stadt- und Reisebussen belief sich im Jahr 2024 auf 23 000, während die Zahl der wasserstoffbetriebenen Stadt- und Reisebusse bei etwa 500 lag. Emissionsarme Plug-in-Hybridfahrzeuge spielten mit einem Fahrzeugbestand von 1 000 Fahrzeugen Ende 2024 im Bussegment eine etwas größere Rolle als im Lastkraftwagensegment.

Im Jahr 2024 wurden etwa 6 600 neue BEV verkauft, fast alle davon Stadtbusse. 18,4 % aller im Jahr 2024 neu zugelassenen Stadt- und Reisebusse (40 % aller Stadtbusse) waren batteriebetriebene Elektrofahrzeuge. Im selben Zeitraum wurden insgesamt 113 wasserstoffbetriebene Stadt- und Reisebusse zugelassen.

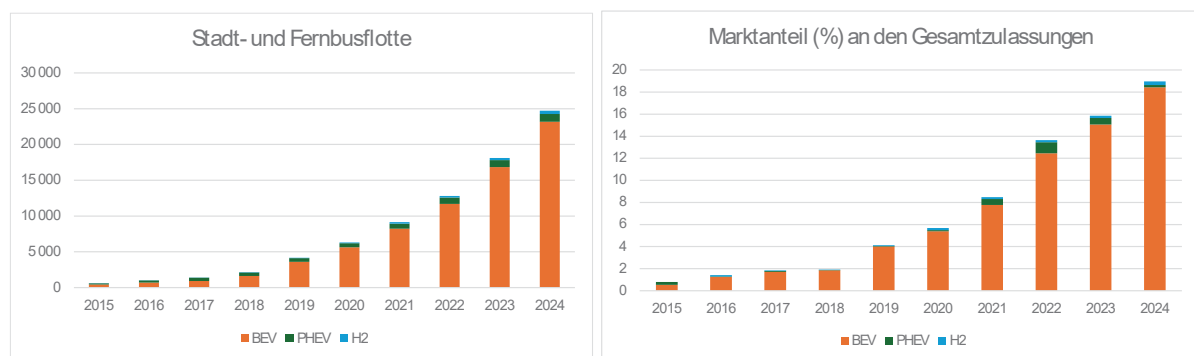


Abbildung 2: Flotten- und Marktanteil an den Gesamtzulassungen von Stadt- und Reisebussen. Quelle: EAFO, Ende 2024

¹³ Anhang II der Richtlinie 2007/46/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 5. September 2007 zur Schaffung eines Rahmens für die Genehmigung von Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhängern sowie von Systemen, Bauteilen und selbstständigen technischen Einheiten für diese Fahrzeuge (Rahmenrichtlinie) (Text von Bedeutung für den EWR) (ABl. L 263 vom 9.10.2007, S. 1, ELI: <http://data.europa.eu/eli/dir/2007/46/oj>).

3.2 Marktverfügbarkeit emissionsfreier Fahrzeuge

Gemäß öffentlich zugänglichen Daten und einer Umfrage, die im Rahmen der Begleitstudie zu diesem Bericht durchgeführt wurde, entwickeln Fahrzeughersteller, die gemeinhin als Erstausrüster (OEM) bezeichnet werden, ein breites Spektrum von Technologien und Antriebssystemen, um ihre Flotte zu dekarbonisieren, und tätigen entsprechende Investitionen. Gemessen an der Zahl der auf dem Markt verfügbaren Modelle entscheiden sich die Hersteller jedoch eindeutig für die Investition in batteriebetriebene Elektrofahrzeuge. Im Jahr 2024 standen mehr als 100 Modelle gegenüber nur etwa 20 Modellen von Brennstoffzellen-Elektrofahrzeugen (fuel cell electric vehicles, FCEV) zur Verfügung; 2025 kommen auch erste Modelle mit H₂-Verbrennungsmotoren in Kleinserienproduktion auf den Markt. Im Marktsegment der Lastkraftwagen über 7,4 t sind rund 40 BEV-Modelle für schwere Nutzfahrzeuge und 6 FCEV-Modelle verfügbar. Für mittelschwere Lastkraftwagen gibt es etwa 15 BEV-Modelle und ein FCEV-Modell. Der größte Teil der emissionsfreien Modelle entfällt auf das Bussegment, mit rund 60 verfügbaren BEV-Busmodellen und rund 15 verfügbaren FCEV-Busmodellen. Das Spektrum emissionsfreier Modelle im Reisebussegment ist nach wie vor begrenzt, wobei derzeit drei BEV-Modelle und ein FCEV-Modell verfügbar sind¹⁴. Die von der EU finanzierte Forschung und Innovation hat seit dem RP7 technologische Entwicklungen hin zu emissionsfreien Antriebstechniken für schwere Nutzfahrzeuge unterstützt, wobei der Schwerpunkt sowohl auf Lastkraftwagen als auch auf Bussen und in letzter Zeit auf dem Langstreckenbetrieb schwerer Nutzfahrzeuge und dem Megawatt-Ladesystem liegt.¹⁵

Die von allen großen OEM veröffentlichte Investitionsplanung zeigt, dass batterieelektrische Lösungen bei emissionsfreien Antriebstechniken für den Schwerlastverkehr zumindest während des restlichen Jahrzehnts weiterhin stark vorherrschend sein werden. In allen Kategorien werden neue Modelle für die Serienproduktion zwischen 2025 und 2030 angekündigt, wodurch insbesondere die Bandbreite der Modelle in den Fern- und Überlandbussegmenten erweitert wird. Die meisten Fahrzeughersteller haben jedoch auch künftige Investitionen in Wasserstoffmodelle für alle Segmente angekündigt. Dazu gehören neue Wasserstoff-Brennstoffzellenfahrzeuge und Brennstoffzellenlösungen mit flüssigem Wasserstoff, aber auch Fahrzeuge mit wasserstoffbetriebenen Verbrennungsmotoren.

3.3 Verfügbarkeit und Leistung der derzeitigen emissionsfreien Technologien

Batterieelektrisch

BEV-Modelle stehen für alle Anwendungsfälle der Personen- und Güterverkehrsdienste zur Verfügung. Die derzeitigen batteriebetriebenen Stadtbusse haben in der Regel eine Reichweite von etwa 300-400 km. Batteriebetriebene Lastkraftwagen für den städtischen Lieferverkehr haben in der Regel eine Reichweite von etwa 100 km, während batteriebetriebene Lastkraftwagen für die regionale Verteilung eine Reichweite von 300-400 km haben. Derzeit

¹⁴ CALSTART, „ZETI Data Explorer“. 2024. Abgerufen am: 11. September 2024. [Online]. Abrufbar unter: <https://globaldrivetozero.org/tools/zeti-data-explorer/>.

¹⁵ Siehe beispielsweise die EGVI- und 2Zero-Partnerschaftsprojekte ZeEUS, TRANSFORMERS, LONGRUN, AEROFLEX, NextETRUCK, ESCALADE, EMPOWER, ZEFES, EBRT2030, MACBETH, FLEXMCS sowie das Gemeinsame Unternehmen FCH und die Projekte der Partnerschaft für sauberen Wasserstoff StaSHH, CoacHyfied, H2Haul, H2Accelerate unter <https://cordis.europa.eu/>.

haben batteriebetriebene Fernverkehrs-Lastkraftwagen in der Regel eine Reichweite von etwa 500 km, aber bei Nachweisprüfungen wurden bereits Reichweiten von bis zu 800 km und mehr erreicht. Die meisten Verkehrsdienste mit Lastkraftwagen decken eine Entfernung von 600 km oder weniger ab. Diese Reichweiten ermöglichen es bereits, den betrieblichen Erfordernissen der überwiegenden Mehrheit der Betreiber gerecht zu werden, abhängig von der Verfügbarkeit von Ladeinfrastruktur und unter Berücksichtigung der Lenkzeitvorschriften und der vorgeschriebenen Ruhezeiten. Für batteriebetriebene Fernverkehrs-Lastkraftwagenmodelle mit einer Reichweite von 700-800 km wurde die Serienfertigung ab 2025 angekündigt.

Unter dem Gesichtspunkt der Gesamtbetriebskosten (total cost of ownership, TCO) können batteriebetriebene Elektrofahrzeuge in mancherlei Hinsicht bereits mit konventionellen Fahrzeugen konkurrieren. Dies gilt insbesondere für Stadtbusse und Fahrzeuge für den städtischen Lieferverkehr. Ihre deutlich höheren Anschaffungskosten – die mehr als doppelt so hoch sein können wie bei einem vergleichbaren Fahrzeug mit Verbrennungsmotor – stellen jedoch nach wie vor ein erhebliches Hindernis für ihre Einführung dar, insbesondere für KMU mit begrenztem Zugang zu Finanzmitteln.

Das kombinierte Ladesystem (combined charging system, CCS) ist die derzeit für das Aufladen von batteriebetriebenen Elektrofahrzeugen verfügbare Ladetechnologie. Die Norm für das Megawatt-Ladesystem (megawatt charging system, MCS) sollte 2025 von den internationalen Normungsorganisationen fertiggestellt und angenommen werden. Das CCS ist die Gleichstrom-Ladenorm, die derzeit für jegliches Laden von batteriebetriebenen Elektrofahrzeugen mit Gleichstrom in der EU gilt. Die MCS-Norm ermöglicht eine wesentlich höhere Ladeleistung von bis zu 1 MW¹⁶ und zusätzliche Sicherheitsmerkmale. Mehrere OEM und Betreiber von Ladepunkten erwarten, dass die MCS-Norm das CCS im Laufe der Zeit sowohl bei den Fahrzeugsteckern als auch bei der Ladeinfrastruktur vollständig ersetzen wird. Langfristig erwarten diese Interessenträger, dass alle neuen schweren Nutzfahrzeuge mit MCS-Steckern ausgestattet werden und dass sich der Markt für das Laden schwerer Nutzfahrzeuge vollständig in Richtung MCS entwickeln wird, auch bei Ladepunkten mit einer Leistung von weniger als 400 kW. Es ist jedoch nicht klar, wie lange dieser Übergang dauern wird. Zumindest kurz- und mittelfristig wird allgemein erwartet, dass sowohl CCS als auch MCS als Normen für das Laden von batteriebetriebenen Elektrofahrzeugen nebeneinander bestehen werden.

Wasserstoff

Im Allgemeinen haben wasserstoffbetriebene schwere Nutzfahrzeuge längere Reichweiten als die meisten batteriebetriebenen schweren Nutzfahrzeuge. Ein in Serienproduktion verfügbarer Lastkraftwagen mit H₂-Brennstoffzelle hat eine Reichweite von bis zu 800 km, und ein Prototyp wird voraussichtlich eine Reichweite von 1 000 km erreichen. Derzeit haben FCEV-Stadtbusse eine Reichweite von etwa 400 km, was mit ähnlichen BEV-Bussen vergleichbar ist.

¹⁶ Obwohl die MCS-Norm das Laden mit bis zu 3 MW ermöglichen wird, wird eine solch hohe Ladeleistung für Straßenfahrzeuge derzeit nicht als notwendig erachtet. Eine Ladeleistung von bis zu 1 MW wird als ausreichend angesehen, um den Ladebedarf während der vorgeschriebenen Ruhezeiten der Fahrer solcher Fahrzeuge zu decken.

Wie in Abschnitt 3.2 dargelegt, gibt es derzeit weitaus weniger wasserstoffbetriebene als batteriebetriebene (batterieelektrische) schwere Nutzfahrzeuge auf dem Markt. Im Bussegment kommen im Allgemeinen mehr Wasserstofffahrzeuge als im Lastkraftwagensegment zum Einsatz, jedoch sind die Preise nach wie vor hoch und die Produktionskapazität ist in allen Segmenten weiterhin begrenzt. Bei den meisten Fahrzeugen handelt es sich um Brennstoffzellenfahrzeuge, die mit komprimiertem Wasserstoff mit 350 oder 700 bar betrieben werden. Um die Reichweite zu erhöhen und die Betankungszeiten zu verkürzen, haben einige Hersteller jedoch ihre Absicht erklärt, schwere Nutzfahrzeuge zu entwickeln, die mit flüssigem Wasserstoff betrieben werden. Gleichzeitig haben einige Hersteller angekündigt, dass sie Fahrzeuge mit Wasserstoff-Verbrennungsmotoren herstellen werden. Zwar sind Fahrzeuge mit Wasserstoffverbrennung viel weniger effizient als Brennstoffzellenfahrzeuge, doch ist ihre Herstellung billiger und die Technologie gilt als einfacher zu handhaben. Hinsichtlich der Technologieoptionen für Wasserstofffahrzeuge hat die politische Einigung über die Verordnung (EU) 2023/1804 nicht dazu beigetragen, die Marktunsicherheit zu verringern. Dies führt weiterhin zu Problemen beim Aufbau der entsprechenden Betankungsinfrastruktur, da die verschiedenen Technologien unterschiedliche Infrastrukturkonfigurationen erfordern.

Die anfänglichen Anschaffungs- und Betriebskosten von Wasserstoff-Brennstoffzellenfahrzeugen sind derzeit deutlich höher als die von konventionellen Fahrzeugen und batteriebetriebenen Elektrofahrzeugen, was in allen Anwendungsfällen zu höheren Gesamtbetriebskosten führt. Es wird erwartet, dass Fahrzeuge mit Wasserstoff-Verbrennungsmotor niedrigere Anschaffungskosten, aber deutlich höhere Betriebskosten verursachen werden, wobei das genaue Niveau von den Kosten der Wasserstoffherzeugung und den Marktpreisen abhängt. Wasserstofffahrzeuge können jedoch betriebliche Vorteile bieten, die sie in bestimmten Anwendungsfällen gegenüber BEV begünstigen könnten, z. B. ihre höhere Drehmomentleistung, die für die Beförderung sehr schwerer Güter unerlässlich ist.

Elektrische Straßensysteme (ERS) und Batteriewechsel

Elektrische Straßensysteme sind so ausgelegt, dass sie Fahrzeuge während der Fahrt mit Strom versorgen. Dies ermöglicht Fahrzeugen das Auskommen mit kleineren Batterien und verringert den Bedarf an ortsfestem Laden. Es gibt mindestens drei verschiedene ERS-Technologien: Fahrleitungssysteme, induktives Laden und Laden über Bodenkontakt (z. B. durch eine Schiene). Die Erprobung der Technologie erfolgte auf der Grundlage von Pilotprojekten in verschiedenen Mitgliedstaaten (Deutschland, Frankreich, Italien, Schweden), kurzfristig wird jedoch kein breite Anwendung erwartet. Derzeit gibt es in Deutschland keine konkreten Pläne zur Ausweitung der Pilotprojekte, und das geplante Beschaffungsprogramm für elektrische Straßensysteme in Schweden wurde eingestellt, da die Risiken im Zusammenhang mit Technologie, Investitionen, Betrieb und Instandhaltung als zu hoch eingestuft wurden.

Darüber hinaus wäre es mit dieser Technologie angesichts der erforderlichen langen Planungs- und Bauzeit, die für die Abdeckung auch relativ kurze Straßenabschnitte erforderlich ist, nicht möglich, kurz- oder mittelfristig mehr als nur einen sehr kleinen Teil des europäischen TEN-V-Sträßennetzes – das sich über mehr als 100 000 km erstreckt – abzudecken. Es wird daher

nicht erwartet, dass das ERS bis 2030 einen wesentlichen Beitrag zur Dekarbonisierung des Verkehrs mit schweren Nutzfahrzeugen in Europa leistet.

In China hat der Batteriewechsel bei schweren Nutzfahrzeugen an Dynamik gewonnen, insbesondere bei großen Batterieherstellern, die in diese Technologie investieren. Der Batteriewechsel kann erhebliche Vorteile mit sich bringen: Er erleichtert durch die Erhöhung der Flexibilität die Integration batteriebetriebener Elektrofahrzeuge in das Stromsystem, da das Laden der Batterien insgesamt weniger Strom aus dem Stromnetz erfordert. Trotz eines Normungsauftrags haben die europäischen Automobilhersteller jedoch kein Interesse an der Technologie gezeigt, da es betriebliche Probleme beim Wechsel und bei der Fahrzeugkonstruktion gibt, da die Batterien oft vollständig in die Fahrzeugstruktur integriert sind. Die europäischen Hersteller schwerer Nutzfahrzeuge haben bislang auch kein Interesse an der Entwicklung eines Batteriewechsels für schwere Nutzfahrzeuge gezeigt. Im Rahmen der Überprüfung der Verordnung (EU) 2023/1804 wird die Kommission diese Technologie sowie die Relevanz und Reife im Hinblick auf die Festlegung weiterer gemeinsamer technischer Spezifikationen in der EU näher untersuchen.

3.4 Erwartete Entwicklung bei emissionsfreien Flotten

Die Hersteller haben öffentlich erklärt, dass sie sowohl den wachsenden Anteil emissionsfreier Fahrzeuge nutzen als auch die Energieeffizienz ihrer konventionellen Modelle verbessern werden, um die CO₂-Emissionsnormen für schwere Nutzfahrzeuge 2025 und 2030 zu erfüllen. In diesem Zusammenhang wiesen die Hersteller in der im Rahmen der Begleitstudie durchgeführten Konsultation der Interessenträger darauf hin, dass bis 2030 voraussichtlich etwa jedes dritte neue schwere Nutzfahrzeug emissionsfrei sein wird.

Schätzungen aus verschiedenen Quellen zufolge wird die Flotte emissionsfreier Fahrzeuge bis 2030 insgesamt 410 000 bis 600 000 Fahrzeuge umfassen (dies entspricht 5 % bis 9 % der Flotte schwerer Nutzfahrzeuge). Eine deutliche Mehrheit davon werden batteriebetriebene Elektrofahrzeuge sein: Die Schätzungen zur Marktentwicklung reichen von 65 % bis über 90 %, wobei die meisten Studien und aktuellen Analysen den Markt nun am oberen Ende der Spanne sehen. Die derzeitigen Marktanteile und die angekündigten emissionsfreien Fahrzeugmodelle deuten daher darauf hin, dass die Hersteller stark auf batteriebetriebene Elektrofahrzeuge setzen, um ihre Ziele für 2030 zu erreichen.

4 Anforderungen an die Infrastruktur

4.1 Derzeitige Entwicklung der Lade- und Wasserstoffbetankungsinfrastruktur

Bestehende Infrastruktur

Bis Ende 2024 wurden in der EU rund 140 000 öffentlich zugängliche Gleichstromladepunkte errichtet, von denen mehr als 65 000 zwischen 150 kW und 350 kW und mehr als 16 000 über 350 kW bereitstellen. Während der größte Teil dieser Ladeinfrastruktur für Personenkraftwagen und leichte Nutzfahrzeuge ausgelegt ist, kann er auch von schweren Nutzfahrzeugen mit Elektroantrieb genutzt werden, wenn die Abmessungen des Ladepunkts und der umgebende Raum dies zulassen. Dies könnte insbesondere bei kleineren

Lastkraftwagen, aber nicht bei den meisten größeren Lastkraftwagen möglich sein. Mehrere Hersteller haben bewiesen, dass batteriebetriebene schwere Nutzfahrzeuge bereits in der gesamten EU eingesetzt werden können, auch wenn dies eine große Flexibilität in Bezug auf das Laden und das Parken von Anhängern voraussetzt, was einem Betrieb in wirklich großem Maßstab noch entgegensteht.

Für den Massenmarktbetrieb ist ein spezielles öffentlich zugängliches Ladeinfrastrukturnetz für schwere Nutzfahrzeuge gemäß der Verordnung (EU) 2023/1804 erforderlich. Obwohl es derzeit kein solches Netz gibt, dürfte sich die Situation in den kommenden Jahren rasch ändern. Zahlreiche Projekte für die Einrichtung von Ladeinfrastruktur haben bereits begonnen oder werden in Kürze anlaufen. Viele von ihnen werden durch die Infrastrukturfazilität für alternative Kraftstoffe (AFIF) im Rahmen der Fazilität „Connecting Europe“ (CEF)¹⁷ unterstützt (siehe nächster Abschnitt), während andere mithilfe öffentlicher Mittel des jeweiligen Mitgliedstaats und im Rahmen der geltenden Rechtsvorschriften über staatliche Beihilfen unterstützt werden¹⁸.

Bis Ende 2024 wurden in der EU mehr als 250 Wasserstofftankstellen für insgesamt 4 700 Pkw, 320 leichte Nutzfahrzeuge, 140 Lastkraftwagen und 320 Busse errichtet. Die bestehende H₂-Betankungsinfrastruktur ist für die derzeitige Fahrzeugflotte wasserstoffbetriebener schwerer Nutzfahrzeuge im Großen und Ganzen ausreichend. Die aktuellen Markttrends und die jüngsten angekündigten Zeitpläne für die Serienproduktion neuer H₂-Fahrzeugmodelle durch OEM deuten darauf hin, dass die Zahl der auf dem Markt befindlichen wasserstoffbetriebenen schweren Nutzfahrzeuge vor 2030 wahrscheinlich kein Niveau erreichen wird, das zur Sicherstellung der Netzabdeckung wesentlich höhere Kapazitäten erfordern würde, als bereits in der Verordnung (EU) 2023/1804 vorgesehen. Die begrenzte Verfügbarkeit von Fahrzeugen und die mangelnde Verfügbarkeit und Erschwinglichkeit von Wasserstoff sind, eher als der Aufbau der Infrastruktur, derzeit die Haupthindernisse für die Markteinführung wasserstoffbetriebener Straßenfahrzeuge.

¹⁷ Verordnung (EU) 2021/1153 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 7. Juli 2021 zur Schaffung der Fazilität „Connecting Europe“ und zur Aufhebung der Verordnungen (EU) Nr. 1316/2013 und (EU) Nr. 283/2014 (Text von Bedeutung für den EWR) (ABl. L 249 vom 14.7.2021, S. 38, ELI: <http://data.europa.eu/eli/reg/2021/1153/oj>).

¹⁸ Die einschlägigen Beihilfeinstrumente, die am häufigsten zur Beurteilung der Vereinbarkeit von Investitionen in Ladeinfrastruktur verwendet werden, sind die Leitlinien für staatliche Klima-, Umweltschutz- und Energiebeihilfen 2022, C/2022/481 (ABl. C 80 vom 18.2.2022, S. 1), Abschnitt 4.3, sowie die Allgemeine Gruppenfreistellungsverordnung für den Grünen Deal, die Verordnung (EU) Nr. 651/2014 vom 17. Juni 2014 zur Feststellung der Vereinbarkeit bestimmter Gruppen von Beihilfen mit dem Binnenmarkt in Anwendung der Artikel 107 und 108 des Vertrags über die Arbeitsweise der Europäischen Union, Artikel 36a und 36b.

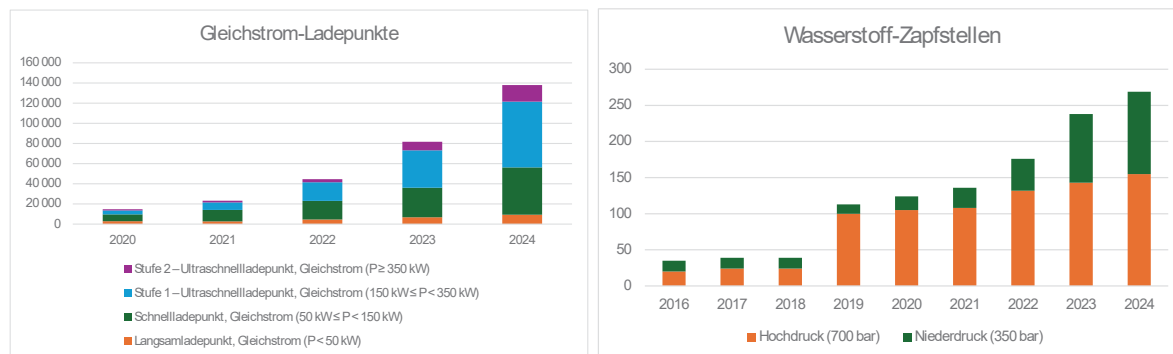


Abbildung 3: Bestehende Infrastruktur für das Laden mit Gleichstrom und die Betankung mit Wasserstoff. Quelle: EAFO, Ende 2024

Kurzfristige Trends und EU-Unterstützung

Als Reaktion auf die CO₂-Emissionsnormen für schwere Nutzfahrzeuge und die Anforderungen an eine spezielle Ladeinfrastruktur gemäß der Verordnung (EU) 2023/1804 investieren verschiedene Unternehmen sowohl in eine spezielle Ladeinfrastruktur für Lastkraftwagen als auch in die Wasserstoffbetankungsinfrastruktur. Im Rahmen des Infrastrukturfazilität für alternative Kraftstoffe unterstützt die Europäische Kommission den Aufbau dieser Infrastruktur¹⁹.

In der zweiten Phase (2024-2025) ist die Unterstützung im Rahmen der Infrastrukturfazilität für alternative Kraftstoffe speziell auf das Schnellladen batteriebetriebener Lastkraftwagen ausgerichtet. Zum ersten Stichtag bestand besonders großes Interesse an Investitionen in die Ladeinfrastruktur für schwere Nutzfahrzeuge. Es wird erwartet, dass Finanzhilfvereinbarungen für bis zu 2 070 Ladepunkte (bis zu 1 540 Punkte mit 350 kW und bis zu 530 Punkte mit mindestens 1 MW) an rund 600 Standorten in 17 Mitgliedstaaten unterzeichnet werden. Dies entspricht rund 20 % der Standorte und rund 15 % der gemäß der Verordnung (EU) 2023/1804 erforderlichen Gesamtleistung bis 2030. Für die zweite Aufforderung zur Einreichung von Anträgen im Rahmen der Infrastrukturfazilität für alternative Kraftstoffe werden zwei weitere Stichtage festgelegt. Viele Mitgliedstaaten haben nationale Programme eingerichtet, um die Industrie beim Aufbau der erforderlichen speziellen Ladeinfrastruktur für schwere Nutzfahrzeuge zu unterstützen. Diese spezielle Infrastruktur wird mehr als 2 000 bestehende Schnellladepunkte mit mindestens 360 kW ergänzen, die im Rahmen der ersten Phase der Infrastrukturfazilität für alternative Kraftstoffe finanziert wurden. Dies könnte insbesondere kleinere Lastkraftwagen unterstützen. Im Rahmen der Infrastrukturfazilität für alternative Kraftstoffe wird bereits in der ersten Phase (2022-2024) der Aufbau von 178 Wasserstofftankstellen in der gesamten EU unterstützt, wobei rund 30 weitere bis zum ersten Stichtag der zweiten Phase finanziert werden sollen.

¹⁹ Artikel 9 der Verordnung (EU) 2021/1153 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 7. Juli 2021 zur Schaffung der Fazilität „Connecting Europe“ und zur Aufhebung der Verordnungen (EU) Nr. 1316/2013 und (EU) Nr. 283/2014 (Text von Bedeutung für den EWR) (ABl. L 249 vom 14.7.2021, S. 38, ELI: <http://data.europa.eu/eli/reg/2021/1153/oj>).

Während das Interesse der Industrie an Investitionen in die Ladeinfrastruktur zunimmt, sind viele Projekte derzeit aufgrund langwieriger Genehmigungs- und Netzanschlussverfahren mit Verzögerungen konfrontiert. Sowohl aus der Begleitstudie als auch aus den Konsultationen der Interessenträger geht hervor, dass das Haupthindernis für den Aufbau eines umfassenden Ladenetzes für schwere Nutzfahrzeuge der Zugang zum Stromnetz ist und nicht die Kosten für den Aufbau der Ladeinfrastruktur. Um die Einführung emissionsfreier schwerer Nutzfahrzeuge zu beschleunigen, wird es entscheidend sein, die Stromnetze auf die gestiegene Nachfrage an Ladeknotenpunkten und in Depots vorzubereiten, indem das Netz gestärkt und Genehmigungsverfahren angegangen werden, damit sich die Vorlaufzeiten für Netzanschlüsse verkürzen. Es wird auch wichtig sein, Pläne zu erstellen, damit Ladestandorte die Anforderungen an Ladepunkte und -standorte gemäß der Verordnung (EU) 2023/1804 erfüllen können, einschließlich sicherer und gesicherter Parkflächen für Lastkraftwagen. Die Notwendigkeit, die Genehmigungsverfahren und -bestimmungen für bestimmte vorrangige Netzgebiete zu beschleunigen, wird als Teil der Pilotinitiative für europäische Verkehrskorridore berücksichtigt, die im Rahmen des Instruments zur Koordinierung der Wettbewerbsfähigkeit entwickelt wurde, wie im Aktionsplan für die europäische Automobilindustrie angekündigt²⁰.

4.2 Bedarf an Ladeinfrastruktur bis 2030

Allen Marktteilnehmern und den im Rahmen der Begleitstudie für diesen Bericht gesammelten Informationen zufolge werden batteriebetriebene schwere Nutzfahrzeuge darauf angewiesen sein, dass sie sowohl im Depot – in erster Linie an Ladegeräten mit 100-150 kW – als auch an öffentlich zugänglichen Schnellladestationen mit einer Leistung von wahrscheinlich bis zu 1 MW sowie über Nacht an Ladepunkten mit rund 100 kW aufgeladen werden können. Die Betreiber werden den Anteil des Ladens im Depot aufgrund niedrigerer Kosten pro kWh maximieren, wo immer dies möglich ist.

Je nach betrieblichem Bedarf werden unterschiedliche Anwendungsfälle zu unterschiedlichen Ladestrategien und unterschiedlichen Anteilen des Ladens im Depot und an öffentlichen Ladestationen führen. Die Aufladung von Fahrzeugen für den städtischen Lieferverkehr wird in der Regel über Nacht im Depot stattfinden, während sie tagsüber möglicherweise nicht geladen werden müssen. In ähnlicher Weise wird das Laden von Stadtbussen fast ausschließlich an privaten Ladestationen im Depot oder gezielt an privaten Ladepunkten unterwegs erfolgen. Fahrzeuge für den regionalen Lieferverkehr werden in der Regel über Nacht geladen werden, aber möglicherweise während ihrer Fahrt eine zusätzliche Aufladung benötigen, die entweder während eines planmäßigen Halts an einem Lager oder an einem öffentlich zugänglichen Ladepunkt auf der Strecke erfolgen kann. Andererseits werden schwere Nutzfahrzeuge im Fernverkehr (Lastkraftwagen und Reisebusse), die Strecken zurücklegen, die für das Laden im Depot zu weit sind, regelmäßig unterwegs aufladen. Sie benötigen ein öffentlich zugängliches

²⁰ Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen vom 5. März 2025, Aktionsplan für die europäische Automobilindustrie, COM(2025) 95 final. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=celex:52025DC0095>.

Ladenetz mit Schnellladegeräten, sodass die Fahrer ihr Fahrzeug während ihrer vorgeschriebenen Ruhezeiten oder bei mehrtägigen Strecken über Nacht aufladen können.

In der Verordnung (EU) 2023/1804 sind verbindliche Ziele für die vollständige EU-weite Abdeckung mit Ladeinfrastruktur entlang des TEN-V-Straßennetzes – sowohl für das Schnellladen als auch für das Laden über Nacht auf sicheren und gesicherten Parkflächen – sowie an städtischen Knoten festgelegt. Mit diesen Zielen soll nur eine grundlegende Infrastruktur entlang des Hauptverkehrsnetzes der EU bereitgestellt werden, und es wird erwartet, dass sich dort zusätzliche Infrastrukturen durch Marktkräfte entwickeln, wo eine zusätzliche Nachfrage besteht. Der im Rahmen der Begleitstudie durchgeführten Analyse zufolge sollten die vorgeschriebenen speziellen Ladestationen für schwere Nutzfahrzeuge ausreichen, um mindestens 47 % des für 2030 erwarteten Gesamtenergiebedarfs für öffentlich zugängliches Laden durch die Flotte batteriebetriebener schwerer Nutzfahrzeuge zu decken. Der genaue Anteil hängt in hohem Maße von einer Reihe von Faktoren ab, u. a. vom Anteil batteriebetriebener Fernverkehrs-Lastkraftwagen, ihren Fahrmustern und der Möglichkeit des Ladens im Depot.

4.3 Bedarf an Wasserstoffbetankungsinfrastruktur bis 2030

Im Gegensatz zu Elektrofahrzeugen werden Wasserstofffahrzeuge für alle Anwendungsfälle weitgehend auf eine öffentlich zugängliche Betankung angewiesen sein. Die Kosten für die Einrichtung und den Betrieb der Wasserstoffbetankungsinfrastruktur und die damit verbundenen Sicherheitsanforderungen sind für den privaten Infrastrukturbetrieb unerschwinglich hoch.

Gemäß der Verordnung (EU) 2023/1804 müssen zur Unterstützung des Fernverkehrs alle 200 km entlang des TEN-V-Kernnetzes und an städtischen Knoten für die Betankung am Bestimmungsort Wasserstofftankstellen errichtet werden. Der im Rahmen der Begleitstudie durchgeführten Analyse zufolge sollten diese Wasserstofftankstellen je nach Verfügbarkeit der privaten Betankung und der für die Fahrzeuge gewählten Technologie bis 2030 mindestens 48 % des Gesamtbedarfs an öffentlich zugänglicher Infrastruktur decken. Es gibt jedoch weitere technische Komplikationen, da sich der Markt, wie in Abschnitt 3.3 dargelegt, derzeit nicht zu einem einheitlichen Ansatz für die Betankungstechnologie tendiert. Darüber hinaus könnte eine weitere Anpassung der Spezifikation der Kapazität von Tankstellen, die derzeit auf 1 t/Tag für Tankstellen entlang des TEN-V-Straßennetzes festgelegt ist, nötig werden, um der Notwendigkeit schnell aufeinanderfolgender Betankungen Rechnung zu tragen. Die Kommission wird im Rahmen des Forums für nachhaltigen Verkehr weiterhin zusammen mit Interessenträgern an diesen technischen Aspekten arbeiten.

Es bestehen nach wie vor große Unsicherheiten in Bezug auf die Einführung von wasserstoffbetriebenen schweren Nutzfahrzeugen und die Technologieoptionen und technischen Anforderungen, die sich daraus für die Betankungsinfrastruktur ergeben. Da nach Artikel 24 Absatz 1 der Verordnung (EU) 2023/1804 eine Prüfung der Ausweitung des Anwendungsbereiches der Ziele erfolgen muss, erscheint es zum gegenwärtigen Zeitpunkt der Marktentwicklung verfrüht, den Anwendungsbereich der verbindlichen Anforderungen der genannten Verordnung auf die Infrastruktur für flüssigen Wasserstoff oder andere neue

Technologien auszuweiten. Angesichts der langsamen Einführung von wasserstoffbetriebenen schweren Nutzfahrzeugen und der begrenzten allgemeinen Verfügbarkeit von Wasserstoff-Fahrzeugmodellen in Serienproduktion erscheint es ebenso verfrüht, den Anwendungsbereich der Ziele für die Wasserstoffbetankungsinfrastruktur auf das TEN-V-Gesamtnetz auszuweiten. Die Marktentwicklung muss weiter beobachtet werden, um Schlussfolgerungen zu weiteren politischen Erfordernissen ziehen zu können. Dies wird bei der Überprüfung der Verordnung (EU) 2023/1804 berücksichtigt.

5 Schlussfolgerungen

Die Fahrzeugmarktanalyse zeigt, dass der Übergang zu emissionsfreien schweren Nutzfahrzeugen rasch voranschreitet, wenngleich nach wie vor Herausforderungen bestehen. Um die Zielvorgaben für 2030 im Rahmen der CO₂-Emissionsnormen für schwere Nutzfahrzeuge zu erreichen, gehen die Hersteller davon aus, dass bis 2030 in allen Segmenten jeder dritte neue Lastkraftwagen emissionsfrei auf den Markt gebracht wird. Auch wenn die Preise für emissionsfreie schwere Nutzfahrzeuge in den kommenden Jahren voraussichtlich sinken und die Gesamtbetriebskosten deutlich geringer werden, würde dies in sehr kurzer Zeit einen stark wachsenden Marktanteil auf einem Markt bedeuten, der durch geringe Gewinnspannen und viele KMU-Betreiber mit begrenztem Kapital für Investitionen sowie durch einen sehr geringen Anteil emissionsfreier Fahrzeuge im Jahr 2025 gekennzeichnet ist. Ende 2024 lag der Anteil emissionsfreier Fahrzeuge bei den Neukäufen in der EU bei 2,09 %, fast alle davon waren batteriebetriebene Elektrofahrzeuge. Um diesen Markthochlauf zu erleichtern, ist eine verstärkte Unterstützung für den Aufbau der Ladeinfrastruktur und die Netzmodernisierung erforderlich.

Die derzeitigen Entwicklungen zeigen deutliche Unterschiede in Bezug auf die technologische Reife und die Marktinvestitionen zwischen der batterieelektrischen Technologie einerseits und Wasserstoff-Brennstoffzellen- und Verbrennungstechnologien andererseits. Die derzeitigen Marktanteile und angekündigten Fahrzeugmodelle deuten darauf hin, dass der Beitrag von H₂-Brennstoffzellen und H₂-Verbrennungsmotoren zur Verringerung der Emissionen bis 2030 begrenzt sein wird und dass die OEM bei der Erreichung ihrer Ziele für 2030 hauptsächlich auf batteriebetriebene Elektrofahrzeuge setzen werden. Schätzungen aus verschiedenen Quellen zufolge wird die Flotte emissionsfreier schwerer Nutzfahrzeuge in der EU bis 2030 insgesamt zwischen 410 000 und 600 000 Fahrzeuge umfassen. Die deutliche Mehrheit davon werden batteriebetriebene Elektrofahrzeuge sein, die voraussichtlich rund 90 % der Flotte emissionsfreier schwerer Nutzfahrzeuge ausmachen werden.

Die in der Verordnung (EU) 2023/1804 festgelegten Gesamtziele werden EU-weit zu einer flächendeckenden speziellen Lade- und Wasserstoffbetankungsinfrastruktur für schwere Nutzfahrzeuge entlang des TEN-V-Kernetzes – und im Falle des elektrischen Ladens des TEN-V-Gesamtstraßennetzes – sowie an städtischen Knoten führen. Um diese Ziele zu erreichen, müssen in den nächsten fünf Jahren erhebliche Investitionen getätigt werden. Ziel ist jedoch die Bereitstellung grundlegender Infrastruktur entlang des Hauptverkehrsnetzes der EU. Die zusätzliche Nachfrage, insbesondere in stark genutzten Netzsegmenten, wird zusätzliche Infrastruktur erfordern, die von den Märkten bereitgestellt werden wird. Der im Rahmen der

Begleitstudie durchgeführten Analyse zufolge dürften die Anforderungen der Verordnung (EU) 2023/1804 jedoch bereits für die Bereitstellung von fast 50 % der bis 2030 benötigten öffentlich zugänglichen Infrastruktur sorgen. Dies bietet eine solide Grundlage für weitere marktorientierte Investitionen.

Ende 2024 wurden bereits mehr als 16 000 öffentlich zugängliche Ladepunkte über 350 kW errichtet. Nur ein kleiner Teil davon ist für schwere Nutzfahrzeuge vorgesehen und uneingeschränkt zugänglich. Dennoch haben zahlreiche Unternehmen umfangreiche Investitionspläne ausgearbeitet, und im Rahmen der ersten Aufforderung zur Einreichung von Anträgen im Rahmen der Infrastrukturfazilität für alternative Kraftstoffe werden bis zu 2 070 spezielle Ladepunkte bis zum ersten AFIF-Stichtag finanziert. Was die Technologieausoptionen betrifft, so werden CCS und MCS zumindest in den kommenden Jahren voraussichtlich nebeneinander bestehen. Es bleibt abzuwarten, ob sich die Branche in Zukunft auf MCS für alle Ladevorgänge einigen wird. Die Haupthindernisse für die Einführung batteriebetriebener schwerer Nutzfahrzeuge sind hohe Gesamtbetriebskosten und eine begrenzte Verfügbarkeit öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur im Verhältnis zur Zahl der bis 2030 auf der Straße erwarteten Fahrzeuge. Der Aufbau einer speziellen Ladeinfrastruktur muss gemäß der Verordnung (EU) 2023/1804 von jetzt an bis 2030 erheblich beschleunigt werden. Die Haupthindernisse für diesen notwendigen Aufbau zusätzlicher Ladeinfrastruktur sind begrenzte Netzaufnahmekapazitäten und Mängel bei den damit verbundenen Verwaltungsverfahren für den Netzanschluss. Beschränkungen der Netzkapazität stellen den größten Engpass für den ungehinderten Ausbau der Ladeinfrastruktur dar, da sie die potenzielle Größe von Ladestandorten begrenzen, was sich unmittelbar auf die Anzahl der errichteten Ladestationen entlang wichtiger Verkehrskorridore auswirkt. Beschränkungen der Netzkapazität behindern nicht nur den Aufbau öffentlich zugänglicher Infrastrukturen. Sie können sich auch auf den Ausbau des privaten Ladens in Depots auswirken. Bidirektionales Laden könnte in diesem Zusammenhang hilfreich sein, doch bestehen nach wie vor wirtschaftliche und regulatorische Hürden.

In der EU gibt es bereits 270 Wasserstofftankstellen, mehr als ausreichend für die rund 500 in der EU zugelassenen wasserstoffbetriebenen schweren Nutzfahrzeuge und 5 000 wasserstoffbetriebenen Pkws. Die Verfügbarkeit von Fahrzeugen sowie die Verfügbarkeit und die Kosten von Wasserstoff stellen noch vor dem Aufbau der Infrastruktur den größten Engpass für die Wasserstoffnutzung im Straßenverkehr dar, und Investitionen in die Betankung mit Wasserstoff sind aufgrund der Unsicherheit in Bezug auf die Einführung der Fahrzeuge und Technologieoptionen riskant. Verschiedene Technologien für Wasserstofffahrzeuge befinden sich in der Entwicklung, und es gibt derzeit keine klare Marktkonvergenz zwischen den Herstellern. Dies wirft Fragen zu künftigen Betankungsanforderungen und den Technologien auf, die an öffentlich zugänglichen Zapfstellen verfügbar sein sollten (700 bar, 350 bar, flüssiger Wasserstoff). Die Kosten für den Aufbau paralleler Wasserstoffbetankungsinfrastrukturen für diese verschiedenen Technologien wären sehr hoch und mit einem erheblichen Risiko des Verlusts von Vermögenswerten verbunden. Angesichts der bis 2030 erwarteten begrenzten Verfügbarkeit von Modellen, der sehr hohen Fahrzeugkosten und der Unsicherheit in Bezug auf die Bepreisung und die

Technologien für Wasserstoff dürfte sich das erforderliche Tempo des Ausbaus der Wasserstoffinfrastruktur bis dahin nicht erheblich beschleunigen.

Obwohl einige ERS-Pilotprojekte abgeschlossen wurden, zeigten die am weitesten entwickelten Initiativen die hohen Investitions-, Betriebs- und Wartungsrisiken auf, durch die die allgemeine wirtschaftliche Tragfähigkeit der Technologie zum gegenwärtigen Zeitpunkt infrage gestellt wird. Darüber hinaus wäre es angesichts der langen Planungs- und Bauzeit, die erforderlich ist, um auch nur relativ kurze Straßenabschnitte abzudecken, nicht möglich, kurz- oder mittelfristig mehr als einen sehr kleinen Teil des europäischen TEN-V-Straßennetzes abzudecken. Es ist daher nicht davon auszugehen, dass ERS bis 2030 eine Lösung für die Dekarbonisierung des Verkehrs schwerer Nutzfahrzeuge in der EU bieten werden. Darüber hinaus wird in China in die Batteriewechsel-Technologie investiert. Für die Industrie dürfte es von Interesse sein, ob diese Technologie künftig bei schweren Nutzfahrzeugen in der EU eine Rolle spielen wird. Ein solcher Technologieansatz würde jedoch eine weitgehende Harmonisierung zwischen den Fahrzeugherstellern voraussetzen.