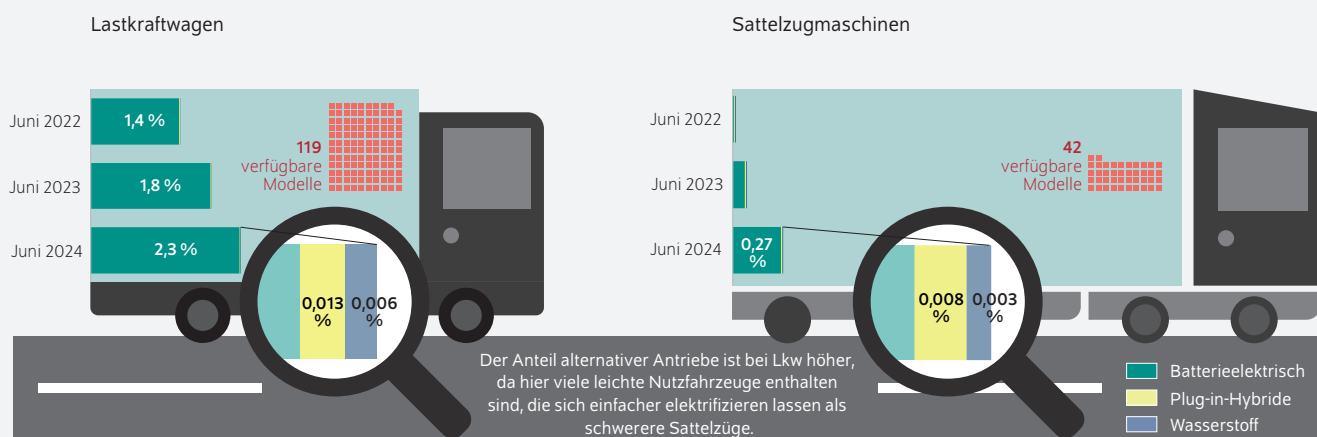


Klimaschutz im Straßengüterverkehr: Die Zukunft ist batterieelektrisch

Von Wolf-Peter Schill, Julius Jöhrens, Dominik Räder, Hendrik Beeh, Josef Klingl und Markus Werner

- Straßengüterverkehr mit schweren Lkw war 2022 für rund sechs Prozent der gesamten deutschen Treibhausgasemissionen verantwortlich
- Flotte batterieelektrischer Lkw wächst von niedrigem Niveau aus, Wasserstoff-Antriebe stagnieren
- Zahl verfügbarer Modelle gewachsen, große Hersteller bieten vor allem Batterieantriebe an
- Marktentwicklungen, Kosten und Effizienzvorteile sprechen klar für stationär geladene Batterie-Lkw
- Ausbau der Ladeinfrastruktur mit Schnellademöglichkeiten für Lkw sollte weiterhin staatlich flankiert werden

Marktentwicklung spricht für batterieelektrische Antriebe im Straßengüterverkehr



Quellen: Daten des Kraftfahrt-Bundesamts, aggregiert und visualisiert im Open Energy Tracker; Lkw-Datenbank des ifeu-Instituts.

© DIW Berlin 2024

ZITAT

„Die Marktentwicklung sowie Vorteile bei Energieeffizienz und Kosten sprechen eindeutig für batterieelektrische Antriebe im Straßengüterverkehr. Die Politik sollte nun klar auf diese Technologie setzen und Engpässe beim Ausbau der Ladeinfrastruktur gezielt beseitigen, um Investitionssicherheit für Hersteller und Logistiker zu schaffen.“

— Wolf-Peter Schill —

Klimaschutz im Straßengüterverkehr: Die Zukunft ist batterieelektrisch

Von Wolf-Peter Schill, Julius Jöhrens, Dominik Räder, Hendrik Beeh, Josef Klingl und Markus Werner

ABSTRACT

Für den Klimaschutz im Straßengüterverkehr ist eine Antriebswende erforderlich. Hierfür werden neben batterieelektrischen Fahrzeugen auch wasserstoffbasierte Antriebe diskutiert. Zwischenergebnisse eines laufenden Forschungsprojekts zeigen, dass sowohl der Bestand batterieelektrischer Lkw als auch die Zahl verfügbarer Fahrzeugmodelle in Deutschland zuletzt deutlich gewachsen sind, wenn auch von einem sehr niedrigen Niveau aus. Dies ist bei Wasserstoff-Lkws nicht der Fall. Bei der Ladeinfrastruktur sind derzeit zudem erhebliche privatwirtschaftliche Investitionen im Gange. Batterieelektrische Fahrzeuge haben gegenüber Wasserstoff-Lkw weiterhin große Vorteile bei der Energieeffizienz, den absehbaren Energiekosten sowie dem realistisch erwartbaren Beitrag zum Klimaschutz. Der politische Fokus sollte daher klar auf dem Hochlauf batterieelektrischer Lkw in Kombination mit dem Ausbau der Ladeinfrastruktur liegen. Insbesondere sollte die Erweiterung des Schnellladenetzes energisch vorangebracht werden. Um möglichen Herausforderungen insbesondere bei den Netzanschlüssen zu begegnen, könnten ergänzend auch Batteriewechsel- oder Oberleitungssysteme weiter erprobt werden, die technologisch große Schnittmengen mit Batterie-Lkw haben. Darüber hinaus sollten die Energieeffizienz-Vorteile batterieelektrischer Lkw in der Systematik der Treibhausgasminderungsquote berücksichtigt werden.

Deutschland soll bis zum Jahr 2045 klimaneutral werden. Dies erfordert entsprechende Maßnahmen in allen Wirtschaftssektoren, so auch im Straßengüterverkehr. Eine wesentliche Strategie hierfür ist der Ersatz von Diesel-Lkw durch andere Technologien wie batterieelektrische oder auch wasserstoffbasierte Antriebe.

In diesem Bericht wird ein Überblick über aktuelle Trends bei der Flotten- und Marktentwicklung von batterieelektrischen und wasserstoffbasierten Lkw sowie beim Aufbau der Lade- beziehungsweise Tankinfrastruktur gegeben. Danach werden Vor- und Nachteile sowie mögliche Beiträge anderer Technologien diskutiert. Grundlage hierfür sind Zwischenergebnisse eines laufenden Forschungsprojekts des ifeu-Instituts, der TU Dresden und des DIW Berlin.¹

Notwendigkeit und Optionen für Klimaschutz im Straßengüterverkehr

Der Straßengüterverkehr reicht vom urbanen Verteiler- und Lieferverkehr mit leichten Nutzfahrzeugen bis hin zum grenzüberschreitenden Schwerlastverkehr. Hierfür wird eine große Vielfalt von Fahrzeugen genutzt, die sich unter anderem durch ihren Aufbau und das zulässige Gesamtgewicht unterscheiden. Sind Fahrzeuge schwerer als 3,5 Tonnen, wird auch von schweren Nutzfahrzeugen gesprochen. Die Statistik des Kraftfahrtbundesamts unterscheidet dabei „Lastkraftwagen“ mit festem Aufbau und „Zugmaschinen“. Besonders relevant für den Schwerlastverkehr ist die Untergruppe der Sattelzugmaschinen, umgangssprachlich auch als „Sattelschlepper“ bezeichnet.² Diese Fahrzeuggruppe fährt mit 400 bis 500 Kilometer im Schnitt deutlich längere tägliche Distanzen als sonstige Lkw (rund 300 Kilometer).

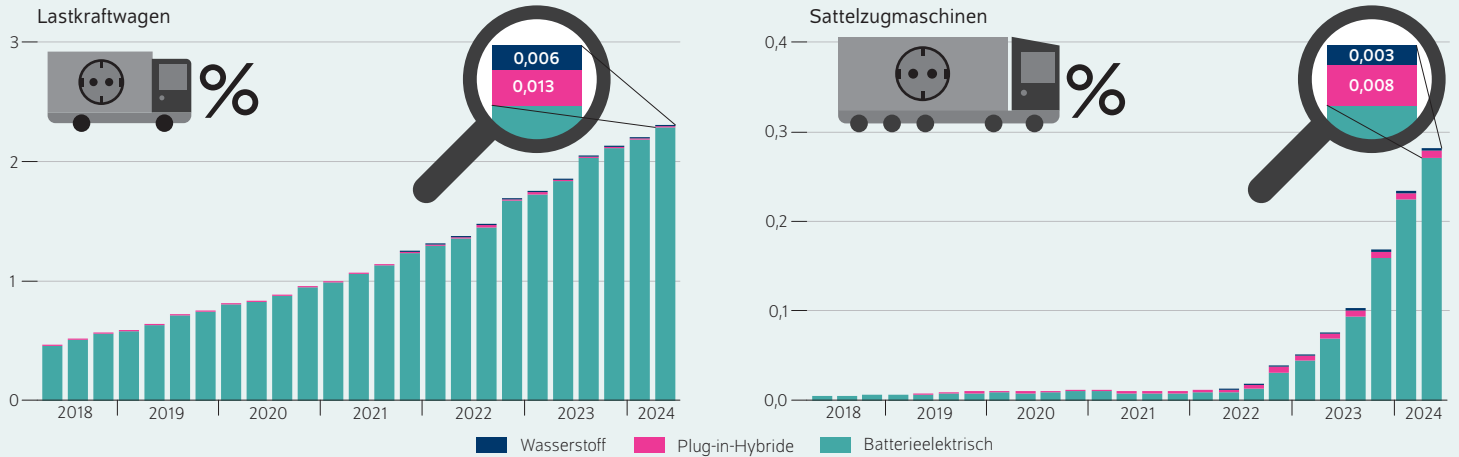
¹ Die Grundlage dieses Berichts bilden zwei kürzlich erschienene Projektberichte: Julia Pelzer et al. (2024): Bewertung von Technologiekonfigurationen für den Straßengüterverkehr. ifeu, TU Dresden, DIW Berlin (online verfügbar, abgerufen am 28. Oktober 2024). Dies gilt auch für alle anderen Online-Quellen dieses Berichts, sofern nicht anders vermerkt; sowie Julius Jöhrens et al. (2024): Komplementärtechnologien zu BEV-Lkw – ein techno-ökonomischer Vergleich. ifeu, TU Dresden, DIW Berlin (online verfügbar).

² Umgangssprachlich und auch in diesem Bericht wird die Abkürzung „Lkw“ so gebraucht, dass sie sowohl Lastkraftwagen als auch Zugmaschinen im Sinne der amtlichen Statistik miteinschließt.

Abbildung 1

Bestand von Fahrzeugen des Straßengüterverkehrs in Deutschland

Anteile alternativer Antriebe in Prozent



Anmerkung: Wasserstoff beinhaltet Brennstoffzellen und Wasserstoff-Verbrenner.

Quellen: Daten des Kraftfahrt-Bundesamt, aggregiert und visualisiert im Open Energy Tracker (online verfügbar).

© DIW Berlin 2024

Der Bestand batterieelektrischer Fahrzeuge wächst von einem niedrigen Niveau aus, der von Wasserstoff-Fahrzeugen dagegen kaum.

Der Straßengüterverkehr verursacht in Deutschland erhebliche und zuletzt sogar noch steigende Treibhausgasemissionen. Nutzfahrzeuge über 3,5 Tonnen waren 2022 für 28 Prozent der Emissionen des Verkehrssektors und für rund sechs Prozent der gesamten deutschen Treibhausgasemissionen verantwortlich.³ Rund zwei Drittel davon entfielen auf Fahrzeuge über 26 Tonnen, die überwiegend auf der Langstrecke genutzt werden.

Verschiedene Optionen für die Antriebswende

Mögliche Strategien für den Klimaschutz im Straßengüterverkehr sind die Verkehrsvermeidung, die Verlagerung auf die Schiene sowie der Antriebswechsel. Die Potenziale für Vermeidung und Verlagerung erscheinen begrenzt.⁴ Im Fokus steht daher der Ersatz von Diesel-Lkw durch batterieelektrische Fahrzeuge, was auch einen Ausbau der Schnellladeinfrastruktur erfordert. Daneben gibt es zwei wasserstoffbasierte Optionen: Fahrzeuge mit Brennstoffzellen, die ebenfalls einen elektrischen Motor haben, sowie Wasserstoff-Verbrennungsmotoren. Beide benötigen Wasserstoff-Tankstellen.

Teilweise wird auch ein Festhalten am Dieselantrieb in Kombination mit Biokraftstoffen oder synthetischen Kraftstoffen auf Basis von grünem Wasserstoff (sogenannte E-Fuels)

diskutiert. Da diese Optionen jedoch nicht kostengünstig skalierbar erscheinen, werden sie im Folgenden nicht weiter betrachtet.⁵

Bisher keine technologiespezifischen Ziele

Das „Klimaschutzprogramm 2030“ der Bundesregierung sieht vor, dass bis zum Jahr 2030 etwa ein Drittel der Fahrleistung im schweren Straßengüterverkehr elektrisch oder mit strombasierten Kraftstoffen erbracht werden soll.⁶ Ein Antriebswechsel im Straßengüterverkehr stellt einen besonders großen Hebel für die Dekarbonisierung dar.⁷ Konkrete Ziele für die Neuzulassungen oder den Bestand elektrischer Lkw gibt es jedoch – im Gegensatz zu Elektro-Pkw – bisher nicht.

Auf europäischer Ebene wurden im Jahr 2024 verschärfte Flottengrenzwerte für die CO₂-Emissionen von neu zugelassenen schweren Nutzfahrzeugen beschlossen.⁸ Demnach sollen im Jahr 2030 neu zugelassene Lkw über 7,5 Tonnen 45 Prozent geringere Emissionen gegenüber 2019 aufweisen. In den Jahren 2035 und 2040 sollen die Einsparungen

³ Eigene Berechnungen auf Basis des Transport Emission Model (TREMOD) Version 6.61 sowie Daten des Umweltbundesamts (online verfügbar).

⁴ Vgl. Sachverständigenrat für Wirtschaftsfragen (2024): Güterverkehr zwischen Infrastrukturanforderungen und Dekarbonisierung. Kapitel 2 des Frühjahrsgutachtens (online verfügbar).

⁵ Wolf-Peter Schill (2021): E-Fuels: Ja, aber nicht für Pkw. Kommentar im DIW Wochenbericht Nr. 17, 304 (online verfügbar); sowie Falko Ueckerdt und Adrian Odenweller (2023): E-Fuels – Aktueller Stand und Projektionen (online verfügbar).

⁶ Bundesregierung (2019): Klimaschutzprogramm 2030 der Bundesregierung zur Umsetzung des Klimaschutzplans 2050 vom 8. Oktober 2019 (online verfügbar).

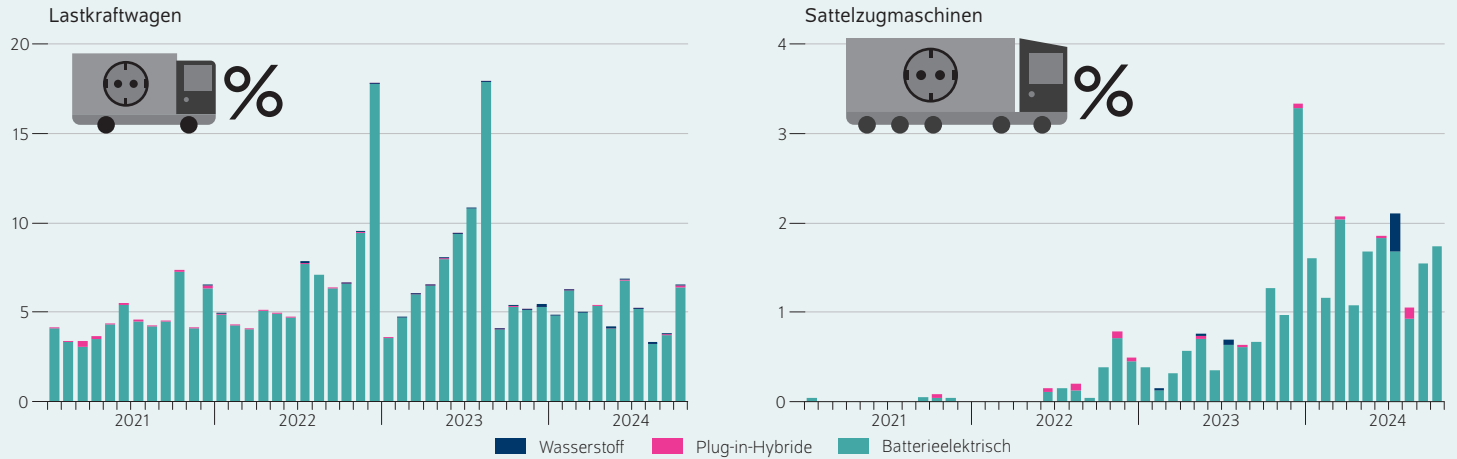
⁷ Sachverständigenrat für Wirtschaftsfragen (2024), a. a. O.

⁸ Amtsblatt der Europäischen Union (2024): Verordnung (EU) 2024/1610 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 14. Mai 2024 (online verfügbar).

Abbildung 2

Monatliche Neuzulassungen von Fahrzeugen des Straßengüterverkehrs in Deutschland

Anteile alternativer Antriebe in Prozent



Anmerkung: Wasserstoff beinhaltet Brennstoffzellen und Wasserstoff-Verbrenner.

Quellen: Daten des Kraftfahrt-Bundesamts, aggregiert und visualisiert im Open Energy Tracker (online verfügbar).

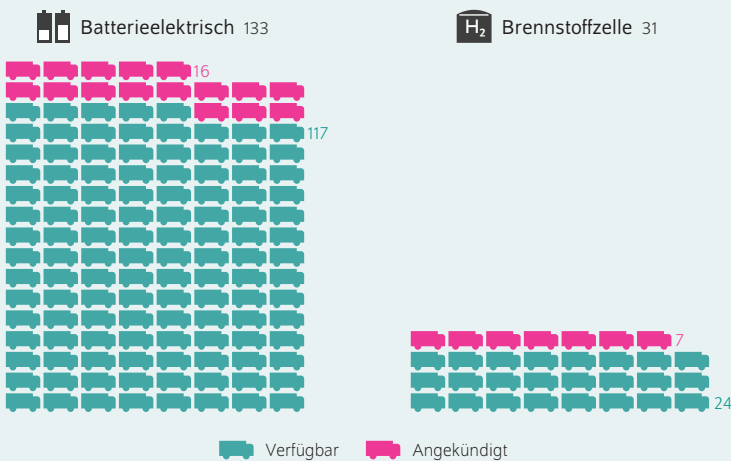
© DIW Berlin 2024

Die Anteile an den Neuzulassungen sind bei den schweren Sattelzugmaschinen zuletzt deutlich gestiegen.

Abbildung 3

Angekündigte und verfügbare Fahrzeugmodelle in Deutschland

Anzahl (Stand: Oktober 2024)



Anmerkung: Da es zum Teil viele unterschiedliche Konfigurationen je Modell gibt, wurden jeweils nur die höchste Batteriekapazität sowie die kleinste Anzahl der Achsen als separate Modelle gewertet. Wasserstoff-Verbrenner sind in diesen Zahlen nicht enthalten.

Quelle: Lkw-Datenbank des ifeu-Instituts.

© DIW Berlin 2024

Die meisten Modelle sind batterieelektrisch.

65 beziehungsweise 90 Prozent gegenüber 2019 betragen.⁹ Diese Ziele sind voraussichtlich nur mit einer schnellen Steigerung elektrischer Antriebe an den Neuzulassungen erreichbar.¹⁰

Aktuelle Marktentwicklung spricht für batterieelektrische Fahrzeuge

Derzeit gibt es in Deutschland gut 3,8 Millionen Lkw, von denen rund 530 000 schwerer als 3,5 Tonnen sind, sowie etwa 236 000 Sattelzugmaschinen (Abbildung 1).¹¹ In beiden Segmenten dominiert noch klar der Dieselmotor (92 Prozent bei Lkw, 97 Prozent bei Sattelzugmaschinen). Unter den Lkw sind derzeit rund 2,3 Prozent rein batterieelektrisch. Die meisten davon sind leichte Nutzfahrzeuge unter 3,5 Tonnen. Unter den Sattelzugmaschinen sind es lediglich 0,3 Prozent.

Allerdings sind die batterieelektrischen Anteile an den Neuzulassungen deutlich höher, so dass ihr Bestand – wenn auch von niedrigem Niveau aus – zuletzt deutlich gewachsen ist

⁹ Dabei gibt es Ausnahmen für Kleinserienhersteller, für Bergbau, Land- oder Forstwirtschaft, sowie Fahrzeuge für Militär, Zivilschutz, öffentliche Sicherheit und medizinische Versorgung.

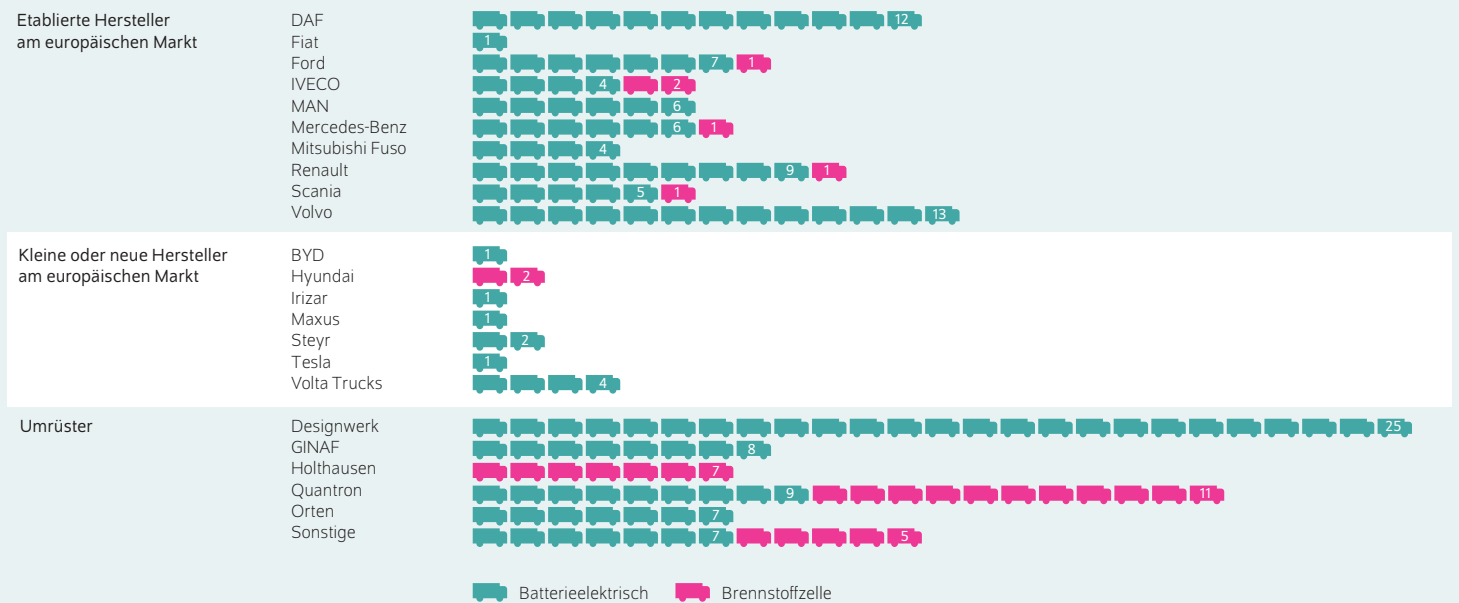
¹⁰ Zur Dekarbonisierung des Straßengüterverkehrs und der möglichen Rolle verschiedener Technologien vgl. auch Alexander Roth und Wolf-Peter Schill (2024): Elektro-Lkw, Teil 1: Batterien oder Wasserstoff?, fossilfrei-Podcast Folge 18 vom 14. Juni 2024 (online verfügbar), sowie Alexander Roth und Wolf-Peter Schill (2024): Elektro-Lkw: Technologieoffenheit als Kampfbegriff?, fossilfrei-Podcast Folge 19 vom 28. Juni 2024 (online verfügbar).

¹¹ Datengrundlage für diesen Abschnitt ist die Statistik des Kraftfahrt-Bundesamtes zu Nutzfahrzeugen (FZ 25, online verfügbar), zum vierteljährlichen Fahrzeugbestand (FZ 27, online verfügbar) sowie zu den monatlichen Neuzulassungen (FZ 28, online verfügbar). Diese Daten werden regelmäßig im Open Energy Tracker ausgewertet und visualisiert (online verfügbar).

Abbildung 4

Fahrzeugmodelle aufgeschlüsselt nach Herstellern

Anzahl (Stand: Oktober 2024)



Anmerkungen: Umrüster sind Spezialfirmen mit üblicherweise geringen Stückzahlen, die sich auf die Umrüstung von Fahrzeugen anderer Hersteller konzentrieren. Wasserstoff-Verbrenner sind in diesen Zahlen nicht enthalten.

Quelle: Lkw-Datenbank des ifeu-Instituts.

© DIW Berlin 2024

Die großen Hersteller bieten überwiegend Batterie-Lkw an. Die meisten Brennstoffzellen-Lkw werden von Umrüstern angeboten.

(Abbildung 2). Im Mittel der letzten zwölf Monate waren fünf Prozent aller neuen Lkw sowie 1,6 Prozent aller neuen Sattelzugmaschinen rein batterieelektrisch.¹²

Wasserstoff spielt bisher im Straßengüterverkehr – trotz häufiger Nennung in der politischen Debatte – keine nennenswerte Rolle. Im Bestand kommen auf einen wasserstoffbasierten Lkw derzeit rund 400 rein batterieelektrische Lkw und auch bei den schwereren Sattelzugmaschinen gibt es mehr als hundertmal so viele batterieelektrische wie wasserstoffbasierte Fahrzeuge. Auch bei den Neuzulassungen ist kein positiver Trend bei Wasserstoff-Fahrzeugen zu erkennen.

Zahl elektrischer Fahrzeugmodelle stark gestiegen

Für die Marktchancen elektrisch angetriebener Lkw ist die Verfügbarkeit von verschiedenen Fahrzeugmodellen ein wichtiger Faktor. Gründe dafür sind unter anderem unterschiedliche Anforderungen im Logistikbereich aufgrund verschiedener Güterarten und Tourenprofile oder auch eine oftmals starke Markenbindung der Lkw-Betreiber.

Insgesamt konnten im Oktober 2024 für den deutschen Markt 164 elektrisch angetriebene Fahrzeugmodelle im Segment der schweren Lkw und Sattelzüge über 3,5 Tonnen identifiziert werden (Abbildung 3).¹³ Davon sind 141 Modelle (86 Prozent) bereits verfügbar und 23 sind angekündigt (14 Prozent). Im Vergleich zu einer früheren Auswertung im Oktober 2022 hat sich die Zahl der verfügbaren Modelle von damals 65 somit mehr als verdoppelt.

Rund 80 Prozent der Modelle sind batterieelektrisch und 20 Prozent haben eine Brennstoffzelle. Damit sind Wasserstofffahrzeuge beim Modellangebot im Vergleich zu ihrer derzeitigen Nischenrolle bei Bestand und Neuzulassungen vergleichsweise stark vertreten.¹⁴ Allerdings entfällt dabei ein großer Teil der Wasserstoff-Lkw auf wenige Spezialfirmen, die sich überwiegend auf die Umrüstung von Fahrzeugen anderer Hersteller konzentrieren. Von den großen, am europäischen Markt etablierten Herstellern werden dagegen lediglich sechs Brennstoffzellenfahrzeuge angeboten oder angekündigt (Abbildung 4).

¹² Zu den Gründen für Ausreißer in einzelnen Monaten zählen unter anderem Änderungen bei den Flottengrenzwerten für Neuzulassungen sowie bei Förderprogrammen. So gab es auf Bundesebene bis 2023 eine aus dem Klima- und Transformationsfonds finanzierte Förderung für den Kauf von batterie- oder wasserstoffelektrischen Nutzfahrzeugen. Diese wurde nach dem Urteil des Bundesverfassungsgerichts vom 15. November 2023 und der folgenden Haushaltskonsolidierung ersatzlos gestrichen. Auf Ebene der Bundesländer gibt es jedoch noch einzelne Förderprogramme, vgl. Übersicht des ifeu (online verfügbar).

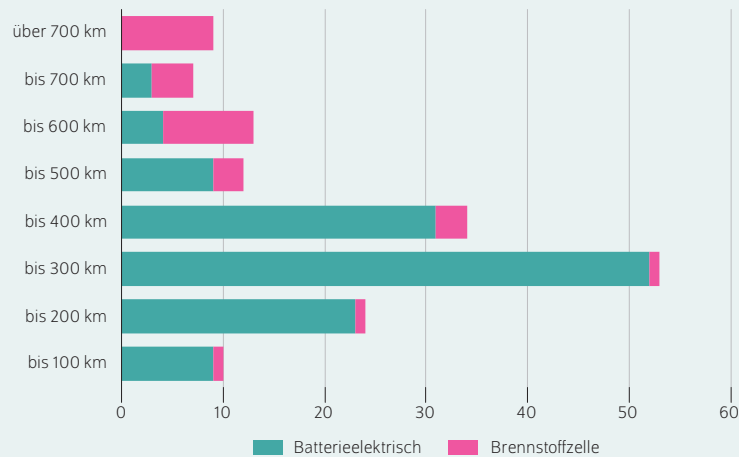
¹³ Ein Fahrzeugmodell wird durch die Parameter Hersteller, Antriebssystem, Antriebsleistung, Batteriekapazität, Wasserstofftank-Kapazität, Leistung der Brennstoffzelle und Zahl der Achsen bestimmt. Da es zum Teil viele unterschiedliche Konfigurationen je Modell gibt (zum Beispiel bei der Batteriekapazität oder der Anzahl der Achsen), wurden jeweils nur die höchste Batteriekapazität sowie die kleinste Anzahl der Achsen als separate Modelle gewertet.

¹⁴ Dies gilt auch im Vergleich zum ungleich größeren Pkw-Markt, in dem derzeit nur zwei Brennstoffzellen-Modelle in Deutschland verfügbar sind.

Abbildung 5

Reichweiten der verfügbaren und angekündigten Fahrzeugmodelle

Anzahl von Modellen (Stand: Oktober 2024)



Anmerkung: Die Abbildung zeigt die Summe der verfügbaren und angekündigten Modelle

Quelle: Lkw-Datenbank des ifeu-Instituts.

© DIW Berlin 2024

Die meisten Fahrzeuge werden mit Reichweiten für den Regionalverkehr angeboten.

Gut 80 Prozent der Modelle, fast ausschließlich Batterie-Lkw, haben weniger als 500 km Reichweite. Der Schwerpunkt liegt auf Reichweiten von 200 bis 300 km, womit der Regionalverkehr bedient werden kann (Abbildung 5).¹⁵ Oberhalb von 500 km Reichweite gibt es zwar noch einzelne batterieelektrische Modelle, die meisten sind aber mit einer Brennstoffzelle ausgestattet. Der in der Diskussion zu Brennstoffzellenfahrzeugen oft stark im Vordergrund stehende Reichweitenaspekt spiegelt sich also deutlich im Modellangebot wider.

Die angebotenen Fahrzeugmodelle erstrecken sich auf sämtliche Größenklassen von Nutzfahrzeugen.¹⁶ Über die Hälfte der Lkw-Modelle hat ein zulässiges Gesamtgewicht von über zwölf Tonnen. Zwar gibt es bei den größeren Fahrzeugen eine Tendenz zu etwas höheren Reichweiten, insgesamt ist das Reichweitenprofil aber für alle Größenklassen ähnlich. Dies gilt auch für die im Fernverkehr üblicheren Sattelzugmaschinen, da diese derzeit meist nur mit den gleichen Batteriegrößen bestellt werden können wie Lkw über zwölf Tonnen.

Unterschiedliche Strategien der Hersteller

Die strategische Bedeutung, die wasserstoffbasierten Antrieben beigemessen wird, unterscheidet sich zwischen einzelnen

¹⁵ Die Reichweiten wurden fahrzeugmodellspezifisch anhand der Netto-Batteriekapazitäten sowie eines typischen Energieverbrauchs berechnet (Batteriekapazität/Energieverbrauch=Reichweite).

¹⁶ Betrachtet werden hier die Größenklassen N2 (< zwölf Tonnen) und N3 (> zwölf Tonnen). Leichte Nutzfahrzeuge (N1) werden hier nicht betrachtet.

Herstellern deutlich. Während etwa die TRATON-Gruppe (MAN/Scania) in den vergangenen Jahren stark die wirtschaftlichen Vorteile von Batteriefahrzeugen betont hat und dort den klaren Fokus der Firmenstrategie sieht¹⁷, verfolgt Daimler eine „Doppelstrategie“ mit batterieelektrischen Antrieben und der Brennstoffzelle als Basis für den schweren Fernverkehr.¹⁸ Andere Hersteller sehen die Frage noch offener und sprechen von einem „Drei-Säulen-Modell“ unter Einbezug erneuerbarer Kraftstoffe (Volvo)¹⁹ oder von einem „technologieneutralen Multi-Antriebs-Ansatz“ (Iveco).²⁰ Explizit ausgeschlossen werden fossil betriebene Verbrennungsmotoren lediglich von Renault Trucks für die Zeit nach 2040.²¹ Volvo, MAN, DAF und Iveco beziehen zudem in unterschiedlichem Maße auch den Wasserstoff-Verbrennungsmotor als Option mit ein.

Angaben der Hersteller im Rahmen sogenannter Cleanroom-Gespräche²² zeigen, dass bei den schweren Nutzfahrzeugen in den kommenden Jahren deutlich steigende Marktanteile rein batterieelektrischer Antriebe erwartet werden. Sie werden demnach bis zum Jahr 2030 rund die Hälfte der Verkäufe im Segment über zwölf Tonnen ausmachen. Verschiedenen anderen Technologien kommt eine eher ergänzende Rolle zu.

Hochlauf der Lade- und Tankstelleninfrastruktur

Hinsichtlich der öffentlichen Energieversorgungsinfrastruktur stehen Batterie- und Wasserstoff-Antriebe vor unterschiedlichen Herausforderungen. Batterie-Lkw können – sofern Netzanschlüsse und Fahrzeugprofile es erlauben – in vielen Fällen im Depot aufgeladen werden und dort einen großen Teil ihrer Antriebsenergie aufnehmen. Vor allem im Fernverkehr ist jedoch ein gewisser Anteil an Schnellladung erforderlich.²³ Wasserstoff-Lkw sind dagegen in aller Regel auf öffentliche Wasserstoff-Tankstellen angewiesen, da Bau und Betrieb solcher Tankstellen im Vergleich zu Depotladepunkten teuer ist.

Vielfältige Aktivitäten bei Schnellladesäulen

Bei der Ladeinfrastruktur gibt es bis zu einer Ladeleistung von 400 Kilowatt den bereits etablierten CCS-Standard.

¹⁷ MAN (2024): Strategie – MAN auf einen Blick (online verfügbar); Scania (2021): Das Bekenntnis von Scania zu batteriebetriebenen Elektrofahrzeugen (online verfügbar).

¹⁸ Daimler Truck (2022): Diskussion Batterie vs. Wasserstoff: Daimler Truck setzt mit beiden Technologien konsequent auf Doppelstrategie (online verfügbar).

¹⁹ Volvo Trucks (2024): Gemeinsam in Richtung null Emissionen: Unser Weg zur Dekarbonisierung des Transports (online verfügbar).

²⁰ IVECO Group (2024): Iveco Group präsentiert Multi-Antriebs-Strategie und stellt innovative Lösungen auf der IAA TRANSPORTATION 2024 vor (online verfügbar).

²¹ Renault Trucks (2021): Renault Trucks bietet ab 2023 eine elektrische Baureihe für jedes Marktsegment an (online verfügbar); vgl. auch Renault Trucks (2024): Towards low-carbon transport (online verfügbar).

²² NOW (2024): Marktentwicklung klimafreundlicher Technologien im schweren Straßengüterverkehr. Nationale Organisation Wasserstoff und Brennstoffzellentechnologie (online verfügbar).

²³ Daniel Speth, Patrick Plötz (2024): Depot slow charging is sufficient for most electric trucks in Germany. Transportation Research Part D: Transport and Environment. 128, 104078.

Tabelle

Aktivitäten zum Ausbau der Ladeinfrastruktur für Lkw

Stand Oktober 2024

	Staatlich	Privatwirtschaftlich				
	Initiales Ladenetz (BMDV, BMWK)	e.On, MAN	Milence	Aral Pulse	TST+EWB (PVSM Energy)	CityWatt
Standorte geplant	350	125 (D), 170 (EU + UK)	25 (D), 70 (EU)	30	41	k.A.
Ladepunkte geplant	4200	400	570 bis 2025, 1700 bis 2027 (EU)	k. A.	k. A.	k.A.
Standorte realisiert	0	1 (D)	0 (D) / 4 (EU)	25 (D) / 26 (EU)	1	50
Standorttyp	Raststätten	Autobahnnähe (erster Standort)	Autobahnnähe, Autohöfe, innerstädtisch	Aral-Autohöfe	Autobahnnähe	Innerstädtisch/Industriegebiet, Autobahnnähe, Bundesstraße
Geplante Fertigstellung	Bis 2030	Noch offen	2025	2024	2025	2024
Ladeleistung	1 800 x MCS, 2 400 x CCS	Zunächst 400 kW CCS, Nachrüstung MCS geplant	CCS+MCS (zunächst an fünf Altstandorten)	CCS 300 kW	CCS 400 kW	CCS 300 kW

Quelle: Eigene Recherchen.

© DIW Berlin 2024

Derzeit sind gut 31 000 CCS-Ladepunkte öffentlich zugänglich.²⁴ Sie sind in der Regel für Pkw ausgelegt, können in einzelnen Fällen jedoch auch von Lkw genutzt werden. Für eine weitgehende Aufladung der Batterien von schweren Lkw im Fernverkehr während der vorgeschriebenen Lenkzeitpausen des Fahrpersonals können jedoch deutlich höhere Ladeleistungen notwendig sein. Hierfür befindet sich ein neuer Schnellladestandard in Entwicklung und kurz vor der Einführung, das sogenannte Megawatt Charging System (MCS). Es soll Ladeleistungen bis zu 3,75 Megawatt (3 750 Kilowatt) erlauben.²⁵

Zuletzt haben verschiedene privatwirtschaftliche Akteure Planungen für den Aufbau spezifischer Lkw-Ladepunkte für insgesamt über 200 Standorte bekannt gegeben und teils bereits umgesetzt (Tabelle). Auf staatlicher Seite haben die Bundesministerien für Wirtschaft und Klimaschutz sowie für Digitales und Verkehr eine Initiative für ein Lkw-Schnellladenetz gestartet.²⁶ Dabei geht es um etwa 350 Standorte an Bundesautobahnen. Eine erste Ausschreibung für Lkw-Ladepunkte an rund 130 unbewirtschafteten Rastanlagen wurde bereits gestartet, eine weitere soll folgen.²⁷ Für sämtliche vorgesehenen Standorte wurden die benötigten elektrischen Anschlussleistungen abgeschätzt und entsprechende Netzanschlüsse bereits beantragt.

Benötigt wird die öffentliche Schnellladeinfrastruktur in erster Linie, um typische Fernverkehrs-Profile für Batterie-Lkw zu ermöglichen. Dies wird voraussichtlich für die Einhaltung

der verschärften europäischen CO₂-Flottenzielwerte ab dem Jahr 2030 von großer Bedeutung sein. Solange öffentliche Lkw-Ladeinfrastruktur noch nicht flächendeckend bereitsteht, können vor allem im Regionalverkehr viele Einsatzprofile von Batterie-Lkw auf Basis von Depotladeinfrastruktur realisiert werden, was ihren Markthochlauf befördern kann.²⁸

Herausforderungen bei Wasserstoff-Tankstellen

Wasserstoff-Tankstellen wurden bisher hauptsächlich für Pkw mit einem Druckniveau von 700 bar geplant. Für Lkw wird jedoch ein niedrigerer Druck von 350 bar benötigt, was nur rund die Hälfte der existierenden Tankstellen derzeit leisten kann, im September 2024 waren dies 42 Standorte.²⁹ Einige Hersteller erwägen zudem den Einsatz von flüssigem Wasserstoff in zukünftigen Fahrzeugmodellen, was entsprechende Unsicherheit für die Errichtung neuer Tankstellen mit sich bringt.³⁰ Die vormals existierende Förderung für Wasserstoff-Tankstellen aus Mitteln des Klima- und Transformationsfonds wurde wegen Finanzierungsproblemen eingestellt.

Während bei Ladeinfrastruktur für Batterie-Lkw also konkrete privatwirtschaftliche Aktivitäten zu beobachten sind, die durch staatliche Ausschreibungen flankiert werden, gibt es beim Aufbau von Wasserstoff-Tankstellen deutlich größere Planungsunsicherheiten. Von staatlicher Seite geht es hier hauptsächlich um die Frage, wie die Einhaltung der europäischen Mindestanforderungen an die Infrastruktur gewährleistet werden kann³¹ und ob die Ziele an eine geänderte Marktrealität anzupassen sind.³²

²⁴ Bundesnetzagentur (2024): Ladeinfrastruktur in Zahlen. Stand: 1. September 2024 (online verfügbar). Informationen zur Ladeinfrastruktur werden auch regelmäßig im Open Energy Tracker aufbereitet (online verfügbar).

²⁵ Die Leistung der Ladeinfrastruktur für Pkw ist dagegen deutlich geringer. Gleichstrom-Schnellladepunkte erreichen bisher maximal 0,4 Megawatt, typische Wechselstrom-Ladepunkte nur 0,022 Megawatt.

²⁶ BMWK und BMDV (2024): Gemeinsame Pressemitteilung vom 3. Juli 2024 (online verfügbar).

²⁷ BMDV (2024): Pressemitteilung vom 16. September 2024 (online verfügbar); sowie Nationale Leitstelle Ladeinfrastruktur: Standorte für das LKW-Schnellladenetz an Rastanlagen mit benötigten Netzanschlussleistungen (online verfügbar).

²⁸ Julia Pelzeter et al. (2024), a. a. O.

²⁹ BMDV (2024): Informationsveranstaltung zum nationalen Strategierahmen gemäß EU-Verordnung über den Aufbau der Infrastruktur für alternative Kraftstoffe (AFIR) (online verfügbar).

³⁰ Vgl. auch Sachverständigenrat (2024), a. a. O.

³¹ Dabei geht es um die Dichte der Standorte sowie Abgabemengen vgl. BMDV (2024), a. a. O.

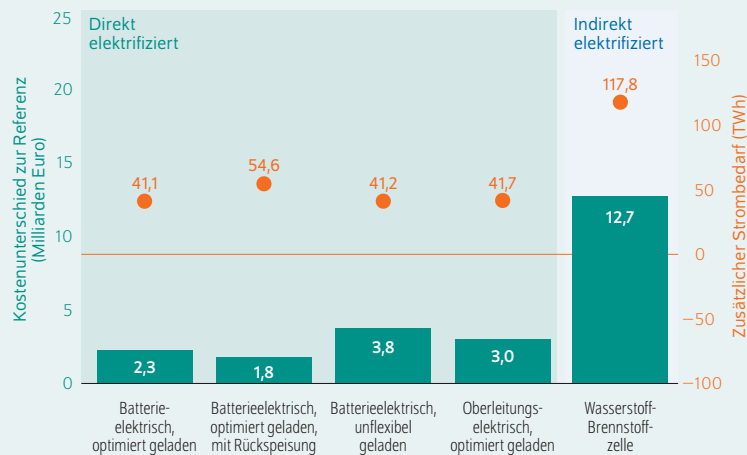
³² Vgl. Sachverständigenrat (2024), a. a. O.

Kasten

Stromsektoranalyse: Vorteile der Wasserstoff-Speicherung wiegen Energieeffizienznachteile nicht auf

Abbildung

Änderung der Stromsektorkosten gegenüber der Referenz mit Diesel-Lkw sowie Strombedarf der Fahrzeuge
Milliarden Euro (linke Achse), Terawattstunden (rechte Achse)



Anmerkungen: Berechnungen für 2030 unter der Annahme, dass der gesamte Schwerlastverkehr mit der jeweiligen Technologie elektrifiziert ist. Grüner Wasserstoff wird annahmegemäß in Deutschland erzeugt.

Quelle: Carlos Gaete-Morales et al. (2024): Power sector effects of alternative options for de-fossilizing heavy-duty vehicles—Go electric, and charge smartly. Cell Reports Sustainability 1(6), 100123 (online verfügbar).

© DIW Berlin 2024

Die Kosten der Stromversorgung sind bei Batterie-Lkw geringer als bei Brennstoffzellen-Lkw, sogar bei unflexibler Ladung der Batterien.

Eine Analyse mit dem quelloffenen Stromsektormodell DIETER des DIW Berlin zeigt, dass batterieelektrische Fahrzeuge mit Schnellladung zu den niedrigsten Stromsektorkosten aller betrachteten Optionen führen. Selbst bei nicht optimierter Aufladung der Fahrzeuge ergeben sich deutliche Vorteile gegenüber Wasserstoff-Brennstoffzellenfahrzeugen oder synthetischen, wasserstoffbasierten E-Fuels. Noch höher sind die Vorteile bei einer am Strommarktpreis orientierten Aufladung der Fahrzeugbatterien in Kombination mit einer zeitweisen Rückspeisung in das Stromnetz (Vehicle-to-Grid).

Grund hierfür ist die schlechte Energieeffizienz von Wasserstoff- und E-Fuels, die annahmegemäß heimisch produziert werden. Dies führt zu erheblichen Kosten für die zusätzliche Bereitstellung von erneuerbaren Energien. Oft wird argumentiert, dass dem jedoch eine günstige Speicherbarkeit von Wasserstoff und E-Fuels gegenüberstünde, die in einem künftigen Energiesystem mit hohen Anteilen fluktuierender Wind- und Solarenergie wichtiger wird. Die Modellanalysen zeigen jedoch, dass die Vorteile der Speicherung von Wasserstoff und E-Fuels deutlich durch ihre Energieeffizienz-Nachteile überwogen werden (Abbildung).¹

¹ Carlos Gaete-Morales et al. (2024): Power sector effects of alternative options for de-fossilizing heavy-duty vehicles—Go electric, and charge smartly. Cell Reports Sustainability 1(6), 100123 (online verfügbar). Eine deutsche Kurzfassung ist als DIW aktuell verfügbar: Wolf-Peter Schill et al. (2024): Klimaschutz im Güterverkehr: Batterieelektrische Antriebe können günstiger mit erneuerbarem Strom versorgt werden als Wasserstoff-Lkw. DIW aktuell 94 (online verfügbar).

Herausforderungen für Batterie-Lkw und mögliche Beiträge anderer Technologien

Die Entwicklungen am Fahrzeugmarkt und bei der Ladeinfrastruktur sowie Energieeffizienz- und Energiesystemanalysen legen nahe, dass stationär geladene Batteriefahrzeuge ein zentraler Baustein des klimafreundlichen Schwerlastverkehrs sein werden. Ein systematischer Vergleich verschiedener Kriterien zeigt allerdings, dass diese Technologie auch vor verschiedenen Herausforderungen steht.³³ Dazu gehören die Stromnetzintegration und Wirkungen auf die Energiesystemstabilität, der Flächenbedarf der Ladeinfrastruktur, der Rohstoffbedarf für die Fahrzeugbatterien, der operationelle Anpassungsbedarf bei Logistikern und die Fahrzeugkosten.

Einzelne Vor-, aber auch viele Nachteile beim Wasserstoff

Wasserstoffbasierte Antriebe haben Vorteile bei einzelnen der genannten Kriterien. Beispielsweise erfordern sie keinen Anschluss von Schnellladeinfrastruktur an das Stromnetz und damit gegebenenfalls einhergehenden

Verstärkungsmaßnahmen in den dahinter liegenden Netzen. Auch der Flächenbedarf und die Notwendigkeit für operationelle Anpassungen bei Logistikern wird etwas vorteilhafter bewertet als bei Batterie-Lkw.³⁴ Wasserstofffahrzeuge bringen aber auch eigene Herausforderungen beim Infrastrukturausbau und bei den Energiekosten mit sich, was letztlich an ihrer schlechten Energieeffizienz liegt (Kasten). Zudem erscheint die Energiekostenunsicherheit aufgrund des bisher kaum existierenden Wasserstoffmarkts mit einer Vielzahl zukünftiger Nachfrager deutlich höher als bei Batterie-Lkw.

Angesichts des hohen absehbaren Wasserstoffbedarfs anderer Sektoren, vor allem der Industrie, erscheint fraglich, ob mittelfristig überhaupt nennenswerte Mengen grüner Wasserstoff für den Straßenverkehr bereitgestellt werden können. Sowohl bei der heimischen Erzeugung als auch bei den geplanten Importen von Wasserstoff wurden bisher kaum Projekte konkret realisiert.³⁵

³⁴ Pelzeter et al. (2024), a. a. O.

³⁵ Vgl. Stand und Ziele für die Elektrolyse im Ampel-Monitor Energiewende (online verfügbar); sowie Martin Kittel et al. (2023): Nationale Wasserstoffstrategie konsequent und mit klarem Fokus umsetzen. DIW Wochenbericht Nr. 41, 561–571 (online verfügbar).

³³ Grundlage dieses Abschnitts ist die Analyse von Jöhrens et al. (2024), a. a. O.

In diesem Zusammenhang stellt sich auch die Frage, ob Wasserstoff-Lkw überhaupt zur schnellen Minderung der Treibhausgasemissionen in Deutschland beitragen können. Ihre Emissionsbilanz in einer Lebenszyklusbetrachtung für das Jahr 2030, die auch die Fahrzeugherstellung miteinschließt, erscheint mittelfristig wenig vorteilhaft (Abbildung 6).³⁶ Dies gilt vor allem, falls sogenannter grauer, auf Basis von Erdgas hergestellter Wasserstoff genutzt wird. Dass es dazu kommt, erscheint plausibel, da die Produktionskosten von grünem Wasserstoff noch für längere Zeit deutlich über denen von grauem Wasserstoff liegen dürften. Noch schlechter ist die Emissionsbilanz, wenn Elektrolysewasserstoff auf Basis von Netzstrom erzeugt wird. Selbst im Fall, dass die Elektrolyse vollständig mit erneuerbarem Strom betrieben wird (grüner Wasserstoff), würde sich kein Emissionsvorteil gegenüber Batterie-Lkw mit Netzstrombezug ergeben, da der Anteil erneuerbarer Energien im Stromnetz bis 2030 auf mindestens 80 Prozent steigen soll. Zumindest bis zum Jahr 2030 dürften Batterie-Lkw in einer Lebenszyklusbetrachtung somit deutliche Emissionsvorteile gegenüber Wasserstoff-Lkw haben. Die Analyse zeigt zudem, dass die Herstellung der Fahrzeuge (inklusive Batterien) im Vergleich zur Energiebereitstellung der Nutzungsphase nur einen geringen Teil der Klimabilanz ausmacht.

Weitere elektrische Technologien in Teilbereichen vorteilhaft

Andere elektrische Technologien, die derzeit noch kaum am Markt verbreitet, aber technisch erprobt sind, könnten manche Schwachstellen von rein batterieelektrischen Lkw teilweise ausgleichen. Dazu gehören sogenannte elektrische Straßensysteme wie Oberleitungen oder Stromschienen, mit denen elektrische Lkw während der Fahrt dynamisch mit Strom versorgt werden können und die eine Verkleinerung der Fahrzeugbatterien erlauben. Oberleitungssysteme für Lkw wurden in Deutschland bereits umfassend erprobt.³⁷ Daneben werden Batteriewechselsysteme für Lkw diskutiert. Diese sind in China bereits sehr verbreitet, in Deutschland jedoch bisher kaum erprobt. Eine weitere Möglichkeit sind Sattelaufzieger mit elektrischen Antriebsachsen und eigener Batterie (E-Trailer), die zunächst auch in Kombination mit Diesel-Zugmaschinen eingesetzt werden könnten.

Diese Technologien werden teilweise als vorteilhaft bewertet in Hinblick auf einzelne Aspekte, bei denen der Markthochlauf von Batterie-Lkw mit Schnellladung vor Herausforderungen steht (Abbildung 7).³⁸ Besonders ausgeprägt ist dies bei den Kriterien Netzintegration, Beitrag zur Stabilität des Energiesystems sowie Flächenbedarf. Es gibt jedoch bisher keine Technologie, die alle Nachteile von Batterie-Lkw gleichermaßen adressiert. Zudem bringt jede Technologie

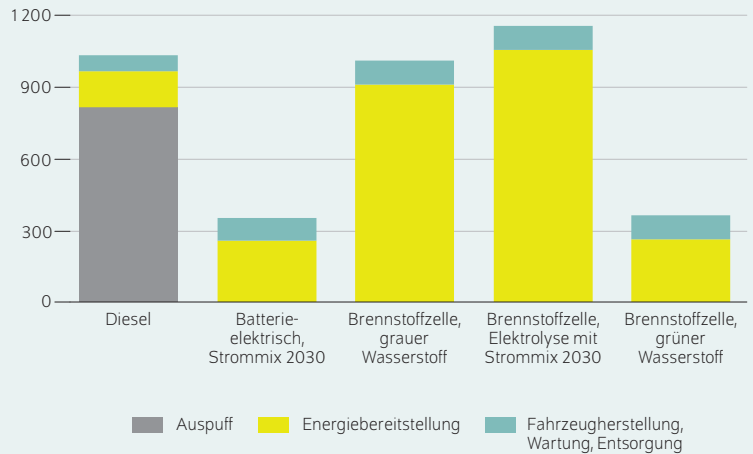
³⁶ Julius Jöhrens et al. (2024): Perspektivische Kosten und Klimabilanz von Lkw mit alternativen Antrieben 2030. enERSyn Schwerpunktpaper #2 (im Erscheinen).

³⁷ Julius Jöhrens et al. (2022): Current technical findings on the eHighway system from field tests and accompanying research in Germany. Working paper compiled by the German cross-project Working Group on eHighway Technology (AG Technikbewertung) (online verfügbar).

³⁸ Jöhrens et al. (2024), a. a. O.

Abbildung 6

Klimabilanz von Sattelzugmaschinen im Fernverkehr 2030 Gramm CO₂-Äquivalente pro Kilometer



Anmerkung: Betrachtung des gesamten Lebenszyklus.

Quelle: Julius Jöhrens et al. (2024): Perspektivische Kosten und Klimabilanz von Lkw mit alternativen Antrieben 2030. enERSyn Schwerpunktpaper #2 (im Erscheinen).

© DIW Berlin 2024

Auch bei Nutzung von grünem Wasserstoff verursachen Brennstoffzellenfahrzeuge über den Lebenszyklus keine geringeren Emissionen als Batteriefahrzeuge.

eigene Herausforderungen mit sich, beispielsweise hohe Anfangsinvestitionen für ein Kernnetz bei Oberleitungen oder die nötigen Standardisierungen bei Batteriewechselsystemen.

Treibhausgasminderungsquote könnte starke Anreize für Wasserstoffnutzung schaffen

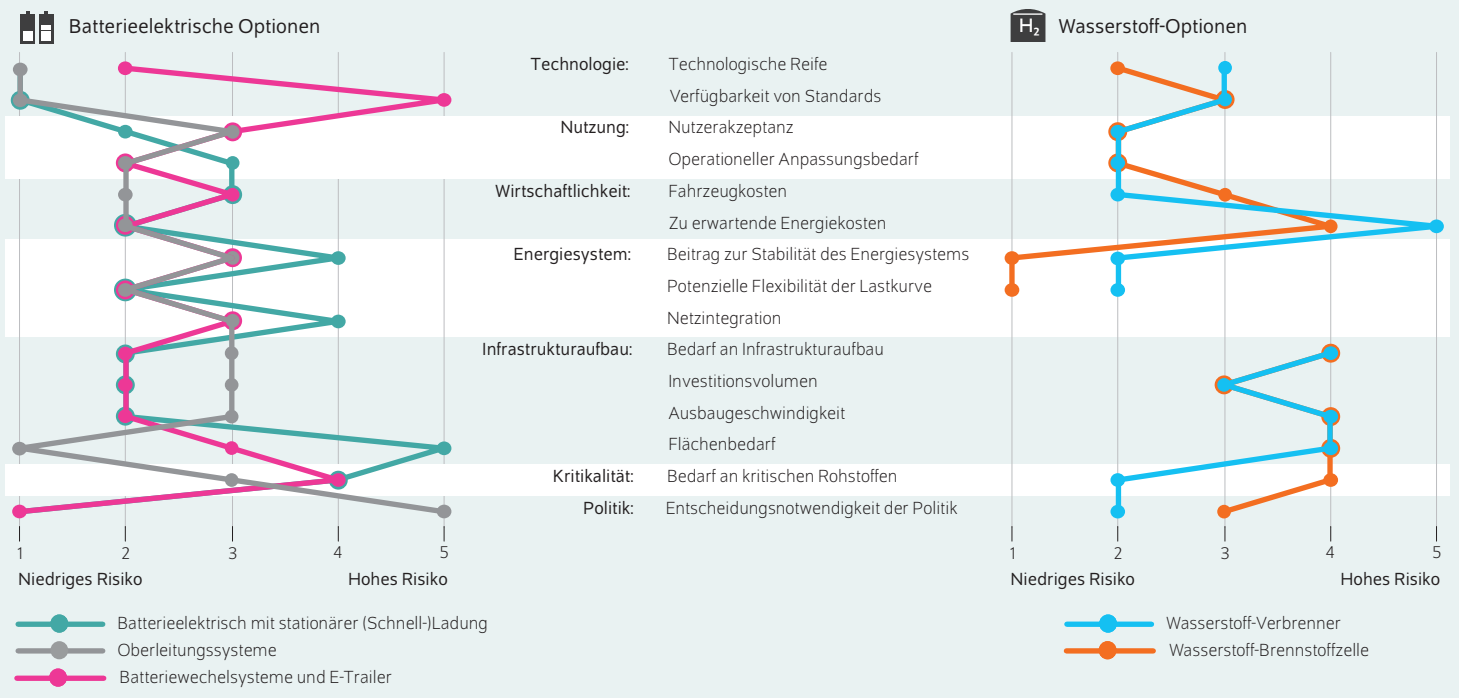
Die Treibhausgasminderungsquote (THG-Quote) ist ein marktbasierendes Klimaschutzinstrument, mit dem die Nutzung fossiler Kraftstoffe im Verkehrssektor verringert werden soll. Unternehmen, die fossile Kraftstoffe in den Verkehr bringen, werden verpflichtet, die durch diese Kraftstoffe verursachten Emissionen (inklusive Kraftstoffherstellung) zu verringern. Die Minderungsquote steigt dabei Jahr für Jahr. Derzeit liegt sie bei 9,35 Prozent gegenüber dem fossilen Referenzwert, im Jahr 2030 sind es 25,1 Prozent.³⁹ Zur Minderung können verschiedene sogenannte Erfüllungsoptionen gewählt werden, unter anderem die Nutzung von elektrischem Strom als Antriebsenergie oder das Inverkehrbringen von strombasierten Kraftstoffen wie Wasserstoff. Die Quoten müssen nicht von jedem Unternehmen selbst erbracht werden, sondern können über Zertifikate gehandelt werden.

In der Systematik der THG-Quote wird die bessere Energieeffizienz von batterieelektrischen gegenüber wasserstoffbasierten Lkw jedoch nicht ausreichend berücksichtigt. Dies führt dazu, dass mit der Inverkehrbringung von Wasserstoff höhere

³⁹ Weitere Informationen auf der Homepage des Zolls (online verfügbar).

Abbildung 7

Bewertung der Risiken für den Markthochlauf verschiedener Technologien in Hinblick auf 15 verschiedene Kriterien



Anmerkungen: Hier wird angenommen, dass Wasserstoff nicht heimisch per Elektrolyse erzeugt werden muss, sondern zum Beispiel aus dem Ausland importiert werden kann. Das Kriterium Netzintegration bezieht sich auf das Stromnetz und trifft für Wasserstoff-Antriebe nicht zu.

Quelle: Julia Pelzeter et al. (2024): Bewertung von Technologiekonfigurationen für den Straßengüterverkehr. ifeu, TU Dresden, DIW Berlin. (online verfügbar).

Bei vier Kriterien haben batterieelektrische Lkw höhere Risiken beim Markthochlauf als andere Optionen.

Zertifikatserlöse erzielt werden können als mit einer entsprechend geringeren Menge von Antriebsstrom, die die gleiche Fahrleistung ermöglicht. Werden diese Erlöse genutzt, um den Verkauf von grünem Wasserstoff an Tankstellen zu subventionieren, bedeutet dies beim aktuellen Quotenpreis von rund 70 Euro pro Tonne CO₂ eine Senkung des Wasserstoffpreises um rund zwei Euro pro Kilogramm. Falls die Zertifikatspreise aufgrund steigender Minderungsquoten in Zukunft wieder auf ein Niveau von circa 400 Euro pro Tonne steigen, auf dem sie im Jahr 2022 bereits lagen, könnte der Verkauf von grünem Wasserstoff mit rund zwölf Euro pro Kilogramm subventioniert werden. Dies liegt in der Größenordnung des heutigen Tankstellenpreises für Wasserstoff und würde die momentan sehr hohen Energiekosten von Brennstoffzellen-Lkw drastisch senken. Damit kann die THG-Quote in ihrer aktuellen Ausgestaltung stärkere Anreize für die Nutzung von Wasserstoff als von Strom als Antriebsenergie geben.

Fazit: Fokussierung auf batterieelektrische Antriebe und Schnellladung sinnvoll

In der Debatte um einen Antriebswechsel im Schwerlastverkehr wird oft argumentiert, dass ein breites Technologieportfolio erforderlich sei, um die Treibhausgasemissionen schnell und effektiv zu reduzieren. Dieses Argument

wird insbesondere von Akteuren aus der Fahrzeugherstellung, der Logistik und der Wasserstoffwirtschaft vorgetragen. Teils wird auch argumentiert, dass ein möglichst breites Technologieportfolio industriepolitisch sinnvoll sei, um langfristige Marktchancen für heimische Hersteller zu wahren.⁴⁰

Die aktuellen Marktentwicklungen sowie systematische Erwägungen zur Energieeffizienz, den Energiesystemwirkungen und den mittelfristig erwartbaren Beiträgen zur Emissionsminderung legen jedoch nahe, dass ein klarer politischer Fokus auf stationär geladene Batterie-Lkw vorteilhaft ist. Zum einen entspricht dies der Marktrealität und unterstützt somit laufende privatwirtschaftliche Aktivitäten. Zum anderen entspricht diese Technologie dem aus heutiger Sicht plausibelsten Pfad für mittel- und langfristig effektiven Klimaschutz im Schwerlastverkehr. Eine klare Kommunikation der Bundespolitik zu Batterie-Lkw als zentraler Technologie könnte Lkw-Herstellern und -Betreibern Sicherheit bei anstehenden Investitionen geben. Eine politische Förderung von zu vielen alternativen Technologieoptionen könnte dagegen zu Planungsunsicherheit bei Fahrzeugherstellern, Bereitstellern von Infrastruktur sowie Logistikern führen und damit letztlich die Antriebswende verzögern.

⁴⁰ Vgl. Sachverständigenrat (2024), a. a. O.

Die bereits laufenden privatwirtschaftlichen Aktivitäten beim Hochlauf der Ladeinfrastruktur für Batterie-Lkw sollten weiter staatlich flankiert werden. Die entsprechenden Ausschreibungen sind ein erster positiver Schritt in diese Richtung. Auch weitergehende Aktivitäten beim Bereitstellen der erforderlichen Flächen sowie der Netzanschlüsse erscheinen sinnvoll. Darüber hinaus sollten die Regelungen der Treibhausgasminderungsquote so angepasst werden, dass sie die Energieeffizienzvorteile von Batterie-Lkw angemessen berücksichtigen.

In Hinblick auf die Offenhaltung alternativer Technologien sollten Optionen im Fokus stehen, die technisch relativ eng mit Batterie-Lkw verwandt sind und möglicherweise mit

Schnelllade-Konzepten modular kombiniert werden können. Hier könnten sich Batteriewechselsysteme sowie E-Trailer zu sinnvollen Komplementärtechnologien entwickeln. Auch die technisch eng verwandte Option der Oberleitungs-Lkw könnte mit einem größeren Demonstrationsprojekt weiter offengehalten werden.

Wasserstoff-Lkw würden dagegen eine gänzlich andere Fahrzeug- und Infrastrukturtechnologie sowie entsprechende Pfadentscheidungen der Lkw-Betreiber erfordern. Um die Umsetzung der Antriebswende nicht weiter zu verschleppen und in Anbetracht der vielfältigen Herausforderungen erscheint es nicht sinnvoll, die Nutzung von Wasserstoff im Schwerlastverkehr weiter zu fördern.

Hendrik Beeh ist wissenschaftlicher Mitarbeiter im Fachbereich Mobilität des ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg gGmbH | hendrik.beeh@ifeu.de

Julius Jöhrens ist Themenfeldleiter Antriebstechnologien im Fachbereich Mobilität des ifeu-Instituts | julius.joehrens@ifeu.de

Josef Klingl ist Praktikant im Fachbereich Mobilität des ifeu-Instituts | josef.klingl@ifeu.de

Dominik Räder ist wissenschaftlicher Mitarbeiter im Fachbereich Mobilität des ifeu-Instituts | dominik.raeder@ifeu.de

Wolf-Peter Schill ist Leiter des Forschungsbereichs Transformation der Energiewirtschaft in der Abteilung Energie, Verkehr, Umwelt im DIW Berlin | wpschill@diw.de

Markus Werner ist wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Professur für Elektrische Bahnen der Technischen Universität Dresden | markus.werner@tu-dresden.de

JEL: L62, Q42, R40, R48

Keywords: road freight transport, battery-electric vehicles, electric road systems, hydrogen

This report is also available in an English version as DIW Weekly Report 47+48/2024:

www.diw.de/diw_weekly





DIW Berlin — Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung e. V.
Mohrenstraße 58, 10117 Berlin

www.diw.de

Telefon: +49 30 897 89-0 E-Mail: kundenservice@diw.de

91. Jahrgang 20. November 2024

Herausgeber*innen

Prof. Dr. Tomaso Duso; Sabine Fiedler; Prof. Marcel Fratzscher, Ph.D.;
Prof. Dr. Peter Haan; Prof. Dr. Claudia Kemfert; Prof. Dr. Alexander S. Kritikos;
Prof. Dr. Alexander Kriwoluzky; Prof. Karsten Neuhoff, Ph.D.;
Prof. Dr. Carsten Schröder; Prof. Dr. Katharina Wrohlich

Chefredaktion

Prof. Dr. Pio Baake; Claudia Cohnen-Beck; Sebastian Kollmann;
Kristina van Deuverden

Lektorat

Fernanda Ballesteros; Dr. Alexander Schiersch

Redaktion

Rebecca Buhner; Dr. Hella Engerer; Petra Jasper; Adam Mark Lederer;
Frederik Schulz-Greve; Sandra Tubik

Gestaltung

Roman Wilhelm; Stefanie Reeg; Eva Kretschmer, DIW Berlin

Umschlagmotiv

© imageBROKER / Steffen Diemer

Satz

Satz-Rechen-Zentrum Hartmann + Heenemann GmbH & Co. KG, Berlin

Der DIW Wochenbericht ist kostenfrei unter www.diw.de/wochenbericht
abrufbar. Abonnieren Sie auch unseren Wochenberichts-Newsletter unter
www.diw.de/wb-anmeldung

ISSN 1860-8787

Nachdruck und sonstige Verbreitung – auch auszugsweise – nur mit
Quellenangabe und unter Zusendung eines Belegexemplars an
den Kundenservice des DIW Berlin zulässig (kundenservice@diw.de).