



STUDIE

Hochlauf der BEV-Lkw Industrie und der Ladeinfrastruktur in Deutschland von 2025 bis 2045

Intelligent Energy System Services GmbH
Eberhardstraße 65
D 70173 Stuttgart
Im Weiteren IE2S

Veröffentlichung 2026

iE2S
Intelligent Energy System Services

Inhaltsverzeichnis

1 Ausgangssituation und Zielsetzung	5
2 Methodik	6
2.1 Szenarienentwicklung	6
2.2 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung	7
2.3 EU-Emissionshandelssystem (EU-ETS2)	9
2.4 Hemmnisse und Einflussfaktoren	10
2.5 Berechnung des Ladebedarfs	11
3 Ergebnisse	12
3.1 Entwicklung der Fahrzeugflotte	12
3.1.1 Total Cost of Ownership (TCO) – Vergleich BEV-Lkw und Verbrenner-Lkw	12
3.1.1.1 Grundsätzliche Definitionen und Erläuterungen	12
3.1.1.2 Ergebnisse der Vergleiche nach Fahrzeugklasse und Szenario	12
3.1.2 Aktueller Stand des BEV-Lkw Bestands	15
3.1.3 Szenarienvergleich: Optimistisches Szenario	15
3.1.4 Szenarienvergleich: Pessimistisches Szenario	16
3.2 Hochlauf der Ladeinfrastruktur	17
3.2.1 Energiebedarf	17
3.2.1.1 Vergleich des Energiezuwachses (2025–2035 und 2035–2045)	18
3.2.2 Leistungsbedarf	20
3.2.2.1 Vergleich der installierten Ladeleistung (2025–2035 und 2035–2045)	20
3.2.2.2 Unterscheidung nach Ladearten	21
4 Diskussion	24
4.1 Erkenntnisse aus der Prognose des Ladeinfrastrukturhochlaufs	24
4.2 Ausblick: Zukünftige Fragen und Handlungsbedarfe	25

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Drei Schritte zur Berechnung der Ladeinfrastrukturbedarfe der BEV-Lkw Flotte in Deutschland	6
Abbildung 2: Szenario 1: Gesamtkostenvergleich Verbrenner-Lkw gegenüber BEV-Lkw	13
Abbildung 3: Szenario 2: Gesamtkostenvergleich Verbrenner-Lkw gegenüber BEV-Lkw	13
Abbildung 4: Szenario 1: Gesamtkostenvergleich Verbrenner-Lkw gegenüber BEV-Lkw.....	14
Abbildung 5: Szenario 2: Gesamtkostenvergleich Verbrenner-Lkw gegenüber BEV-Lkw	14
Abbildung 6: Neuzulassungen klimafreundlicher Lkw und Sattelzugmaschinen.....	15
Abbildung 7: Szenario 1: %-Verteilung BEV-Lkw gegenüber Verbrenner-Lkw bis 2045.....	16
Abbildung 8: Szenario 2: %-Verteilung BEV-Lkw gegenüber Verbrenner-Lkw bis 2045.....	17
Abbildung 9: Benötigte Energiemenge pro Jahr der BEV-LKW für die Szenarien optimistisch und pessimistisch in Deutschland für die Jahre 2025 bis 2045	18
Abbildung 10: Entwicklung der Energiebedarfe der BEV-Lkw in Deutschland als unterschied zum Bedarf 5 Jahre zuvor zwischen den Jahren 2025 und 2045.....	19
Abbildung 13: Jährliche in Deutschland benötigte installierte BEV-Lkw Ladeleistung nach Ladeart: Depotladen, öffentliches Langsamladen und öffentliches Schnellladen für das optimistische Szenario	22
Abbildung 14: Jährliche in Deutschland benötigte installierte BEV-Lkw Ladeleistung nach Ladeart: Depotladen, öffentliches Langsamladen und öffentliches Schnellladen für das pessimistische Szenario.....	23

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Berücksichtigte Parameter für die Wirtschaftlichkeitsberechnung der Lkw.....	7
Tabelle 2: Kostenkomponenten in der TCO Analyse für beide Lkw Arten	8
Tabelle 3: Entscheidungsmatrix zur Gewichtung der Einflussfaktoren bei der Kaufentscheidung aus Kundenperspektive	10

1 Ausgangssituation und Zielsetzung

Die Elektrifizierung des Straßengüterverkehrs ist ein zentraler Baustein zur Erreichung der Klimaziele und zur Reduktion der Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen. Mit dem erwarteten Hochlauf der Elektromobilität im Nutzfahrzeugbereich gewinnt die Frage nach der benötigten Ladeinfrastruktur zunehmend an Bedeutung. Insbesondere für schwere Nutzfahrzeuge, die lange Strecken zurücklegen und hohe Ladeleistungen benötigen, stellt die Bereitstellung einer ausreichenden und zuverlässigen Ladeinfrastruktur eine entscheidende Herausforderung dar.

Diese Studie untersucht den zukünftigen Bedarf an Ladeinfrastruktur für batterieelektrische Lkw (BEV-Lkw) in Deutschland bis zum Jahr 2045. Im Fokus steht die Prognose des Ladebedarfs, sowohl hinsichtlich der benötigten Energiemenge (kWh) als auch der erforderlichen Ladeleistung (kW). Die Analyse differenziert zwischen zwei Fahrzeugklassen: N2 (3,5t - 12t) für den regionalen Transport und Lieferdienste sowie N3 (>12t) für den Schwerlast- und Fernverkehr.

Da die zukünftigen Entwicklungen in der Elektrifizierung des Straßengüterverkehrs unsicher sind, wurden im Rahmen der vorliegenden Studie zwei Szenarien entwickelt: ein optimistisches Szenario, welches niedrige Kosten und niedrige Nutzung berücksichtigt, und ein pessimistisches Szenario, welches mit hohen Kosten und hoher Nutzung belastet ist, so dass die Extrembedingungen abgebildet werden können. Diese Szenarien basieren auf unterschiedlichen Annahmen zu technologischen Fortschritten, regulatorischen Rahmenbedingungen und wirtschaftlichen Faktoren. Die Studie quantifiziert den Ladebedarf für beide Szenarien und liefert somit entsprechende Entwicklungspfade.

Ziel ist die Entwicklung einer aussagekräftigen Prognose, die maßgeblich aus der Kundenperspektive – also der Sicht potenzieller Käufer von BEV-Lkw – abgeleitet wird. Da die Kaufentscheidung stark ökonomisch geprägt ist, beginnt die dreistufige Modellierung des Hochlaufs der BEV-Lkw-Industrie und der Ladeinfrastruktur in Deutschland mit einer Wirtschaftlichkeitsbetrachtung. Im zweiten Schritt werden zusätzliche Einflussfaktoren und Hemmnisse einbezogen, die das Kaufverhalten beeinflussen. Auf dieser Grundlage wird im dritten und damit finalen Schritt über den prognostizierten Fahrzeugbestand der notwendige Ladeinfrastrukturbedarf hinsichtlich Energiemengen und Anschlussleistungen abgeleitet.

Die Ergebnisse dieser Studie sind insbesondere für Übertragungs- und Verteilnetzbetreiber sowie weitere Akteure im Energiesystem von Interesse. Sie liefern eine Einordnung möglicher Entwicklungen der zukünftigen Nachfrage nach Ladeleistung für BEV-Lkw und können damit als ergänzende Perspektive für strategische Überlegungen im Kontext der Transformation des Straßengüterverkehrs dienen.

2 Methodik

Dieses Kapitel erläutert die angewandte Methodik, die auf einer szenario-basierten Prognose des BEV-Lkw-Hochlaufs und des resultierenden Ladebedarfs basiert. Die Studie umfasst die Entwicklung zweier unterschiedlicher Szenarien (optimistisch und pessimistisch), eine detaillierte Wirtschaftlichkeitsbetrachtung (TCO-Analyse), die Berechnung des Energie- und Leistungsbedarfs sowie die Berücksichtigung des EU-Emissionshandelssystems (EU-ETS2) und relevanter Hemmnisse und Einflussfaktoren.

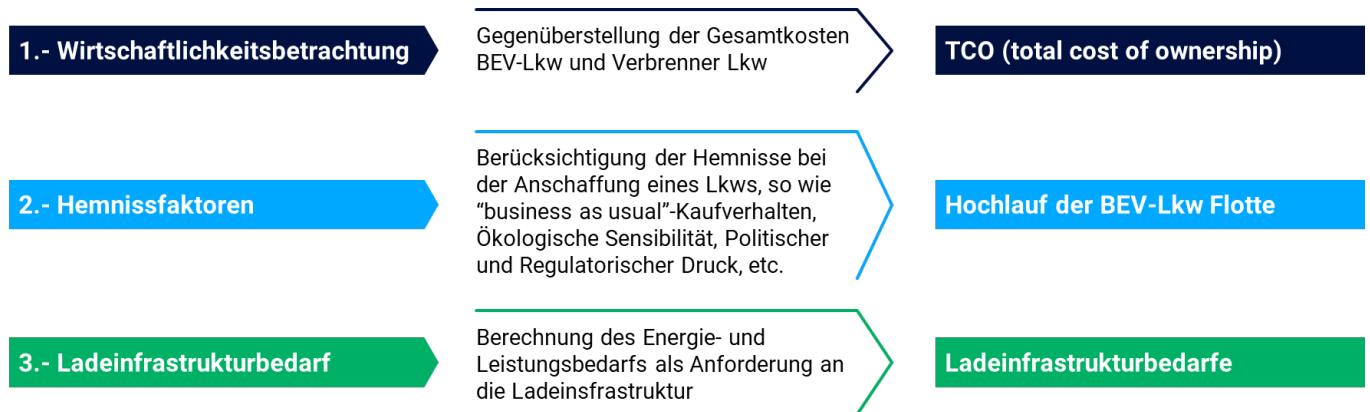


Abbildung 1: Drei Schritte zur Berechnung der Ladeinfrastrukturbedarfe der BEV-Lkw Flotte in Deutschland

2.1 Szenarienentwicklung

Um die Unsicherheiten der zukünftigen Entwicklung abzubilden bzw. zu berücksichtigen und entsprechende Entwicklungspfade aufzuzeigen, wurden zwei unterschiedliche Szenarien entwickelt: ein optimistisches und ein pessimistisches Szenario. Diese Szenarien unterscheiden sich in ihren Annahmen hinsichtlich verschiedener Faktoren, die die Verbreitung von BEV-Lkw und den Bedarf an Ladeinfrastruktur beeinflussen.

Das optimistische Szenario zeichnet ein Bild eines beschleunigten Übergangs zur Elektromobilität im Straßengüterverkehr. Es geht von günstigen Rahmenbedingungen aus, wie z.B. niedrigen Strompreisen, sinkenden Batteriekosten, attraktiven Förderprogrammen und einer schnelleren Marktdurchdringung von BEV-Lkw. Zusätzlich werden positive Entwicklungen bei den regulatorischen Rahmenbedingungen, wie z.B. eine ambitionierte CO₂-Bepreisung und eine frühzeitige Anpassung der Mautsätze, angenommen.

Das pessimistische Szenario hingegen skizziert einen langsameren Hochlauf der BEV-Lkw-Flotte. Es basiert auf weniger günstigen Annahmen, wie z.B. höheren Strompreisen, einem langsameren Rückgang der Batteriekosten, geringeren Fördermitteln und einer zögerlichen Marktakzeptanz von BEV-Lkw. Auch die regulatorischen Rahmenbedingungen entwickeln sich in diesem Szenario weniger dynamisch, was zu einem langsameren Umstieg auf Elektromobilität führt.

Die beiden Szenarien berücksichtigen explizit die folgenden Parameter:

Verbrenner Lkw		BEV-Lkw	
Dieselpreis		Strompreis	
Dieselverbrauch		Stromverbrauch	
Kategorie N2	Kategorie N3	Kategorie N2	Kategorie N3
Fahrleistung		Fahrleistung	
Kategorie N2	Kategorie N3	Kategorie N2	Kategorie N3
Wartungskosten		Wartungskosten	
Betriebszeit		Betriebszeit	
Inflation		Inflation	
CO2-Bepreisung		-	
Mautkosten		Mautkosten	
Kaufpreis		Kaufpreis	
Kategorie N2	Kategorie N3	Kategorie N2	Kategorie N3
-		Fördermittel	
-		Ladeinfrastruktur: Kaufpreis	
-		Ladeinfrastruktur: Installation	
-		Ladeinfrastruktur: Betrieb	

Tabelle 1: In der Studie berücksichtigte Parameter für die Wirtschaftlichkeitsberechnung der Lkw

Für jeden Parameter wurden im optimistischen und pessimistischen Szenario unterschiedliche Werte angenommen, um die Bandbreite möglicher Entwicklungen abzubilden. Darüber hinaus wird die jährliche Veränderung der Parameter über den gesamten Betrachtungszeitraum berücksichtigt, um Trends wie technologischen Fortschritt oder politische Entwicklungen abzubilden. Durch die Gegenüberstellung dieser beiden unterschiedlichen Szenarien wird die Bandbreite möglicher Entwicklungen des Ladeinfrastrukturbedarfs für BEV-Lkw in Deutschland aufgezeigt.

2.2 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung bildet das Fundament der Modellierung des Hochlaufs von BEV-Lkw und der damit verbundenen Ladeinfrastrukturbedarfe. Zentrales Instrument ist die Total Cost of Ownership (TCO)-Analyse, welche sämtliche über die Lebensdauer eines Fahrzeugs entstehenden Kosten erfasst und einen Vergleich zwischen batterieelektrischen Lkw (BEV-Lkw) und konventionellen Verbrenner-Lkw ermöglicht.

Kostenkomponenten in der TCO-Analyse

Für beide Antriebsarten werden Investitionskosten (Capex) und Betriebskosten (Opex) berücksichtigt.

BEV-Lkw	Capex	Kaufpreis Lkw	Kaufpreis des Fahrzeugs abzüglich möglicher Fördermittel
		Kaufpreis Ladeinfrastruktur	Zusätzliche Investitionen zum Kauf der Ladeinfrastruktur (z. B. 50kW-DC-Ladestationen).
		Installation Ladeinfrastruktur	Installationskosten der Ladeinfrastrukturpunkte
		Fördermittel	Förderung bzw. Zuschüsse zu den Kaufpreisen eines elektrisch betriebenen Lkw durch der Regierung.
	Opex	Strompreis	Ladepreise für Strom, inklusive Veränderung in den angegebenen Jahren, für hohe und niedrige Kosten
		Stromverbrauch	Bereich des Stromverbrauchs für beide Lkw-Kategorien, N2 und N3, als kWh/100km
		Fahrleistung	Bereich der pro Jahr gefahrene Kilometer für beide Lkw-Kategorien, N2 und N3, als km/Jahr
		Mautkosten	Gebühren für die Nutzung von Straßen und Autobahnen. Derzeit niedrigere Mautkosten für elektrisch betriebene Lkw.
		Inflation	Berücksichtigte Durchschnittliche Erhöhung der Preise
		Wartung Lkw	Geringer als bei Verbrennern, da BEV-Lkw weniger verschleißanfällige Komponenten besitzen. (Quelle: ICCT, 2021, Total cost of ownership for tractor-trailers in Europe: Battery electric versus diesel)
		Wartung und Betrieb Ladeinfrastruktur	Instandhaltungskosten der Ladeinfrastruktur und laufende Kosten für die dazugehörige Services
Verbrenner-Lkw	Capex	Kaufpreis Lkw	Kaufpreis des Fahrzeugs, hier ohne Fördermittel, da diese zurzeit in die Investitionen für BEV-Lkw reinfließen. Die Capex eines Verbrenner Lkw ist zurzeit erheblich geringer als die eines BEV-Lkw.
	Opex	Dieselpreis	Kraftstoffpreisverlauf für den betrachteten Zeitraum
		Dieserverbrauch	Durchschnittlicher Kraftstoffverbrauch der einzelnen Modelle (N2 und N3) in L/100km
		Fahrleistung	Bereich der pro Jahr gefahrene Kilometer für beide Lkw-Kategorien, N2 und N3, als km/Jahr
		Mautkosten	Gebühren für die Nutzung von Straßen und Autobahnen. Derzeit noch unterschiedlich reguliert, langfristig jedoch ein relevanter Kostenfaktor.
		Inflation	Berücksichtigte Durchschnittliche Erhöhung der Preise
		Wartung Lkw	Regelmäßige Wartung und Reparaturen mit höherem Niveau als bei BEV-Lkw. (Quelle: ICCT, 2021, Total cost of ownership for tractor-trailers in Europe: Battery electric versus diesel)
		CO2-Bepreisung	Inklusion der CO2 Preise als Kostenfaktor für die Emissionen, sowie auch bereits für Stromproduktion.

Tabelle 2: Kostenkomponenten in der TCO (Total Cost of Ownership) Analyse für beide Lkw Arten

Die TCO-Analyse ermöglicht einen direkten Vergleich der Gesamtkosten von BEV-Lkw und Verbrennern über einen definierten Zeitraum. Berechnungen zeigen, dass die Anschaffungskosten von BEV-Lkw aktuell noch über denen konventioneller Lastkraftwagen liegen. Demgegenüber stehen jedoch deutlich niedrigere Betriebskosten, insbesondere im Hinblick auf Energie- und Wartungskosten.

Die Entscheidungsmatrix (siehe Tabelle 3 unter 2.4 Hemmnisse und Einflussfaktoren) fließt in die TCO-Analyse ein, indem die einzelnen Faktoren mit ihrer jeweiligen Gewichtung multipliziert und zu einem Gesamtwert aufsummiert werden. Dieser Gesamtwert repräsentiert den nicht-monetären Nutzen eines BEV-Lkw und wird in der TCO-Analyse berücksichtigt, um die Kaufentscheidung zu modellieren. Beispielsweise führt ein hoher Wert für "Externe Einflussfaktoren" zu einer höheren Attraktivität von BEV-Lkw.

2.3 EU-Emissionshandelssystem (EU-ETS2)

Das Europäische Emissionshandelssystem (EU-ETS) ist das zentrale klimapolitische Instrument der Europäischen Union zur Reduktion von Treibhausgasemissionen. Es basiert auf dem Prinzip „Cap and Trade“: Für bestimmte Sektoren wird eine jährliche Obergrenze an Emissionen festgelegt. Unternehmen müssen für jede ausgestoßene Tonne CO₂ ein Zertifikat vorweisen. Diese Zertifikate sind handelbar, was einen Marktpreis für CO₂-Emissionen schafft und dadurch ökonomische Anreize zur Emissionsminderung setzt.

Um die Klimaziele der EU weiter zu verschärfen und zusätzliche Sektoren in die Bepreisung einzubeziehen, wird das System um ein zweites Emissionshandelssystem (EU-ETS2) erweitert. Dieses soll ab 2027 (ggf. mit einer Übergangsphase ab 2026) die Bereiche Straßenverkehr und Gebäude einbeziehen. Damit würde erstmals auch der Verbrauch von fossilen Energieträgern wie Benzin und Diesel direkt von der CO₂-Bepreisung betroffen sein.

Für den Straßengüterverkehr hätte dies weitreichende Folgen: Da die Emissionen von Diesel-Lkw künftig über den ETS2 mit Zertifikaten belegt würden, ist mit einem deutlichen Preisanstieg von Diesel zu rechnen. Die Höhe hängt maßgeblich von der Entwicklung der Zertifikatspreise ab, die in der Vergangenheit stark schwankten, zuletzt jedoch einen deutlichen Aufwärtstrend verzeichneten. Entsprechend ist ab dem Start des EU-ETS2 mit einer zusätzlichen Belastung für Diesel-Lkw-Betreiber zu rechnen, die die operativen Kosten (OPEX) der konventionellen Flotte erheblich erhöhen dürfte.

Sollte das EU-ETS2 wie geplant umgesetzt werden, könnte der Wettbewerbsvorteil von BEV-Lkw bereits ab Ende der 2020er-Jahre deutlich wachsen, da diese Fahrzeuge nicht von der CO₂-Bepreisung fossiler Kraftstoffe betroffen sind. Umgekehrt würde ein Aussetzen oder Verzögern des ETS2 dazu führen, dass Diesel-Lkw im OPEX-Bereich länger konkurrenzfähig bleiben und sich der Hochlauf der Elektromobilität im Schwerlastverkehr entsprechend verzögern könnte.

Die Bepreisung von Dieselkraftstoffen im Rahmen des EU-ETS 2 ist daran geknüpft, dass ab dem Jahr 2027 die Inverkehrbringer von Brennstoffen zur Abgabe von Emissionszertifikaten verpflichtet werden. Die konkrete Kostenwirkung ergibt sich aus dem dann geltenden Marktpreis der Zertifikate, dessen Ausgestaltung (z. B. Auktionsverfahren, Preisstabilisierungsmechanismen oder eine mögliche Verschiebung des Startzeitpunkts) durch Entscheidungen der EU-Kommission und des Rates im Zuge der noch ausstehenden Umsetzungs- und Durchführungsrechtsakte bis spätestens 2026 festgelegt wird.

2.4 Hemmnisse und Einflussfaktoren

Neben den rein wirtschaftlichen Aspekten der TCO-Analyse werden im Folgenden qualitative Faktoren berücksichtigt, die die Marktdurchdringung von BEV-Lkw beeinflussen. Diese Faktoren werden über die Entscheidungsmatrix in das Modell integriert. Die Gewichtungen der einzelnen Faktoren in der Entscheidungsmatrix verändern sich über den betrachteten Zeitraum, um die dynamische Entwicklung des Marktes abzubilden.

- | Verfügbarkeit von Ladeinfrastruktur: Eine unzureichende Ladeinfrastruktur kann die Adoption von BEV-Lkw hemmen. Im Modell wird dieser berücksichtigt, indem die Gewichtung dieses Faktors in der Entscheidungsmatrix zu Beginn des Betrachtungszeitraums höher ist und mit zunehmendem Ausbau der Ladeinfrastruktur abnimmt.
- | Gewohnheitskäufe und Nischenprodukt: Der bestehende Bestand an konventionellen Verbrenner-Lkw stellt eine Hürde für den Umstieg auf BEV-Lkw dar. Dieser Effekt wird im Modell durch eine zunächst hohe Gewichtung des Faktors „Gewohnheitskäufer“ in der Entscheidungsmatrix berücksichtigt, die sich mit zunehmender Vertrautheit mit der BEV-Lkw-Technologie sukzessive verringert. Gleichzeitig wird davon ausgegangen, dass der Verbrenner-Lkw im betrachteten Zeitraum nicht vollständig vom Markt verschwindet, sondern als Nischenprodukt bestehen bleibt. Das Mobilitätssystem wird sich somit bis 2045 zu einem heterogenen Markt entwickeln, dessen Schwerpunkt jedoch klar auf elektrifizierten Antrieben liegt.
- | Externe Einflussfaktoren (PR und Compliance): Öffentliche Wahrnehmung, Image und regulatorische Anforderungen beeinflussen die Nachfrage nach BEV-Lkw. Die zunehmende Bedeutung von Umweltaspekten und die Einführung von CO₂-Flottengrenzwerten führen zu einer steigenden Gewichtung dieses Faktors in der Entscheidungsmatrix über die Zeit.
- | Politische und ökologische Rahmenbedingungen: Förderprogramme und politische Vorgaben können die Verbreitung von BEV-Lkw beschleunigen. Im Modell werden diese durch die Höhe der Fördermittel und die CO₂-Bepreisung berücksichtigt.

Durch die Berücksichtigung der gewichteten Entscheidungskriterien als Zusatz zu dem rein wirtschaftlichkeitsbasierten Kaufansatz, sowie die Berücksichtigung der zeitlichen Entwicklung der Einflussfaktoren, wird ein realistisches Bild der Marktentwicklung und des Ladeinfrastrukturbedarfs für BEV-Lkw erstellt.

Entscheidungskriterium	Gewichtung 2025	Gewichtung 2045
Preisvorteil CAPEX	30%	20%
Preisvorteil OPEX	20%	30%
Ladeinfrastruktur	30%	15%
Gewohnheitskäufer/Nischenprodukt	10%	5%
Externe Einflussfaktoren (bspw. PR & Compliance)	10%	30%

Tabelle 3: Entscheidungsmatrix zur Gewichtung der Einflussfaktoren bei der Kaufentscheidung aus Kundenperspektive.

2.5 Berechnung des Ladebedarfs

Der Energiebedarf pro BEV-Lkw wird auf Basis der jährlichen Fahrleistung und des fahrzeugspezifischen Stromverbrauchs (kWh/100km) ermittelt. Die Berechnung erfolgt getrennt für die Fahrzeugklassen N2 (3,5t - 12t) und N3 (>12t).

Die Ladevorgänge werden in drei Kategorien unterteilt:

- | Schnellladen: Bei Langstreckenfahrten (üblicherweise N3-LKW) wird während den gesetzlichen Lenkzeitunterbrechung geladen. Die Ladedauer wird aus diesem Grund mit 45 Minuten angenommen.
- | Öffentliches Langsamladen: Bei Langstreckenfahrten (insbesondere N3-Lkw) erfolgt das Laden während der gesetzlich vorgeschriebenen Ruhezeiten in der Nacht, wobei eine Ladedauer von acht Stunden unterstellt wird. Dabei wird angenommen, dass für BEV-Lkw nachts keine Blockiergebühr anfällt. Dies würde jedoch eine Anpassung der betrieblichen Rahmenbedingungen der Ladeinfrastrukturbetreiber erfordern, die durch geeignete regulatorische Vorgaben ermöglicht werden könnte.
- | Depotladen: Bei Kurzstreckenfahrten (üblicherweise N2-LKW) wird nachts am Depotstandort geladen, um am nächsten Tag die benötigte Reichweite zur Verfügung zu haben. Die Ladedauer wird mit 8 Stunden angenommen.

Für die Berechnung der benötigten Ladeleistung wird angenommen, dass alle BEV-Lkw innerhalb eines bestimmten Zeitfensters gleichzeitig laden. Die Annahme ist dadurch begründet, dass LKW-Fahrer ihre Pausen und Ruhezeiten in der Regel zu ähnlichen Zeiten einlegen, aus Analyse der Daten der BaST zum Verkehrsaufkommen auf deutschen Autobahnen und Bundesstraßen. Da der Fokus der Studie auf der Abschätzung des maximalen Ladebedarfs liegt, stellt diese Annahme einen Ansatz dar, welcher sicherstellt, dass die Ladeinfrastruktur ausreichend dimensioniert ist.

Der Anteil der öffentlichen Schnellladeinfrastruktur wird im Modell über die Zeit erhöht, um das erwartete Wachstum dieses Segments abzubilden. Dies spiegelt die derzeitige Situation wider, in der die Schnellladeinfrastruktur für BEV-Lkw noch im Aufbau befindet. Es wird jedoch angenommen, dass der Großteil der Ladevorgänge weiterhin über langsames Laden (Depotladen und öffentliches Langsamladen) abgewickelt wird, insbesondere aufgrund der steigenden Reichweiten von BEV-Lkw und aufgrund der Strompreise, die beim Schnellladen erheblich höher sein können als beim Langsamladen.

Die Studie betrachtet somit zwei Hauptmetriken zur Quantifizierung des Ladebedarfs:

- | Energiebedarf (kWh): Gibt die gesamte Energiemenge an, die zum Laden der BEV-Lkw-Flotte benötigt wird.
- | Ladeleistung (kW): Repräsentiert die maximal benötigte Ladeleistung aller drei Ladeinfrastrukturkategorien, um den Ladebedarf aller BEV-Lkw zu decken.

3 Ergebnisse

Im Rahmen der Studie wurden die Entwicklung der BEV-Lkw-Flotte sowie die Entwicklung des damit verbundenen Ladeinfrastrukturbedarfs in Deutschland bis zum Jahr 2045 untersucht. Die Analyse erfolgte differenziert nach den Fahrzeugklassen N2 (3,5t–12t) und N3 (>12t) sowie auf Basis zweier Szenarien (optimistisch und pessimistisch), um die Bandbreite möglicher Entwicklungspfade und Unsicherheiten abzubilden.

3.1 Entwicklung der Fahrzeugflotte

3.1.1 Total Cost of Ownership (TCO) – Vergleich BEV-Lkw und Verbrenner-Lkw

3.1.1.1 Grundsätzliche Definitionen und Erläuterungen

Investitionskosten (CAPEX): Derzeit benötigen BEV-Lkw etwa das Doppelte an Investitionsaufwand gegenüber konventionellen Fahrzeugen. Förderprogramme (reduzieren diese Differenz, dennoch bleibt die anfängliche Hemmschwelle relevant.

Betriebskosten (OPEX): Bei BEV-Lkw dominieren Stromkosten, Ladeverhalten, Maut und Wartung. Für Verbrenner steigen die Betriebskosten vor allem durch CO₂-Bepreisung und sinkende Raffineriekapazitäten.

Nutzungsdauer: In Anlehnung an die Vorgaben des Bundesministeriums der Finanzen zur „Absetzung für Abnutzung“ (AfA) wird dabei von einer durchschnittlichen Nutzungsdauer von neun Jahren ausgegangen (Quelle: Juris¹). Entsprechend wird unterstellt, dass jedes Fahrzeug nach neun Jahren ersetzt wird – mit einer zum jeweiligen Jahr modellierten Wahrscheinlichkeit, dass anstelle eines Verbrenners ein BEV-Lkw angeschafft wird.

3.1.1.2 Ergebnisse der Vergleiche nach Fahrzeugklasse und Szenario

Im *Szenario 1 (optimistisch)* der Fahrzeugklasse N2 liegen die Gesamtkosten eines BEV-Lkw bereits in den kommenden Jahren unter denen eines Verbrenner-Lkw. Treiber sind vor allem hohe Förderquoten, günstige Strompreise (Depotladen) sowie niedrige Wartungskosten. Der Kostenvorteil des BEV-Lkw nimmt über den Betrachtungszeitraum kontinuierlich zu, sodass sich spätestens ab Mitte der 2030er-Jahre ein deutlicher Wettbewerbsvorteil abzeichnet (vgl. Abbildung 2). Nach neun Betriebsjahren ergibt sich ein Gesamtkostenvorteil von ca. 35.000 € in 2025 mit einem kontinuierlichen Anstieg bis 2045 (max. 250.000 €).

¹ https://www.bundesfinanzministerium.de/Content/DE/Standardartikel/Themen/Steuern/Weitere_Steuerthemen/Betriebspruefung/AfA-Tabellen/Ergaenzende-AfA-Tabellen/AfA-Tabelle_AV.pdf?__blob=publicationFile&v=5

Szenario 1 (optimistisch): Gesamtkostenvergleich Verbrenner vs. BEV-LKW (N2, 9 Betriebsjahre)

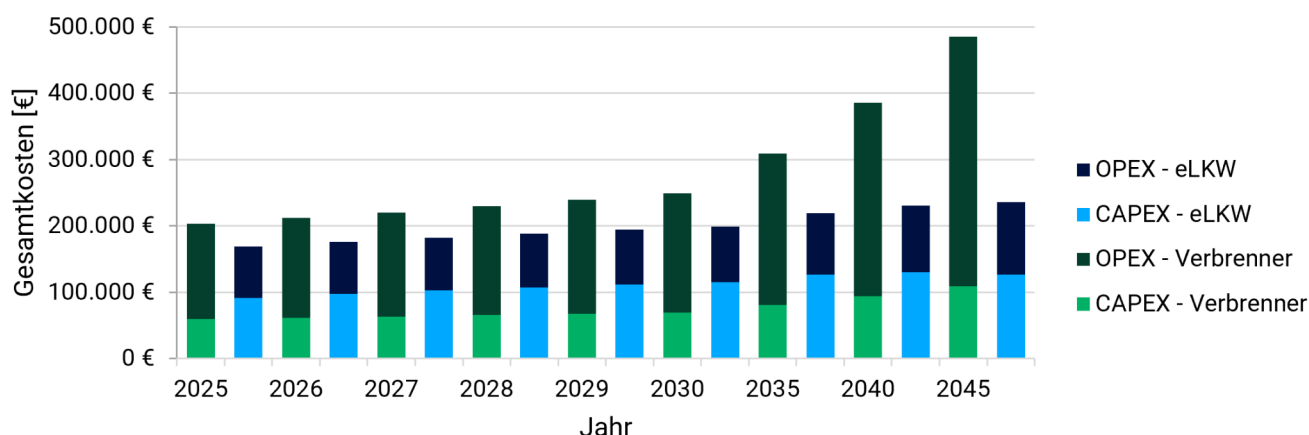


Abbildung 2: Szenario 1 (optimistisch): Gesamtkostenvergleich Verbrenner-Lkw gegenüber BEV-Lkw (Fahrzeugklasse N2, 9 Betriebsjahre)

Unter pessimistischen Annahmen (*Szenario 2 - pessimistisch der Fahrzeugklasse N2*) – insbesondere durch hohe Anschaffungskosten, geringe Förderungen, steigende Energiepreise und starke Nutzung des Fahrzeugs – bleibt der Verbrenner zunächst günstiger. Erst ab etwa 2035 verschiebt sich das Bild zugunsten des BEV-Lkw, da die Betriebskosten der Dieselmanuten durch CO₂-Bepreisung und externe Markteinflüsse (z. B. sinkende Raffineriekapazitäten) stark ansteigen (vgl. Abbildung 3). In diesem Szenario entsteht der Kostenvorteil des BEV-Lkw gegenüber dem Verbrenner erst ab 2035, weitet sich jedoch anschließend kontinuierlich aus und erreicht bis 2045 eine Differenz von bis zu 300.000 € zugunsten des BEV-Lkw.

Szenario 2 (pessimistisch): Gesamtkostenvergleich Verbrenner vs. BEV-LKW (N2, 9 Betriebsjahre)

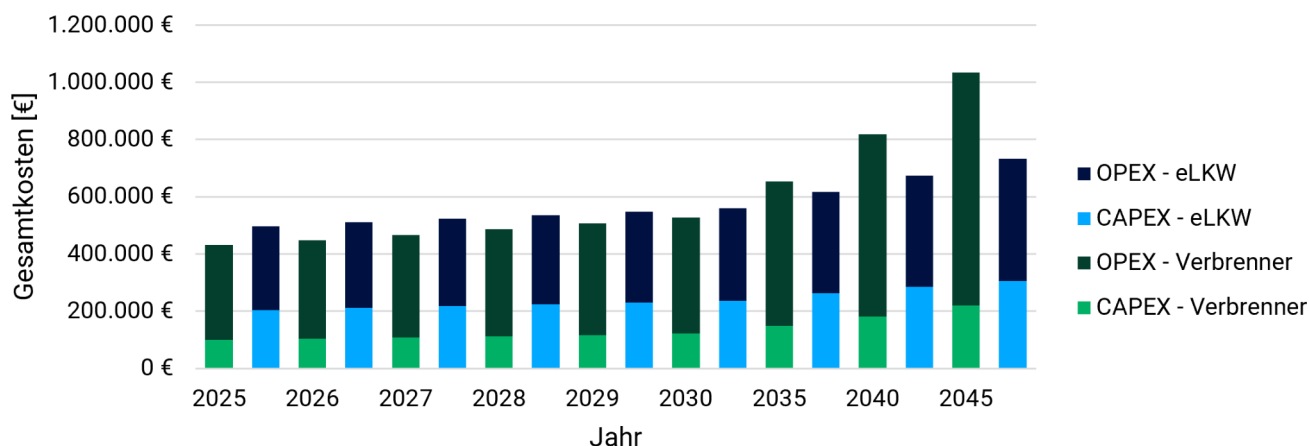


Abbildung 3: Szenario 2 (pessimistisch): Gesamtkostenvergleich Verbrenner-Lkw gegenüber BEV-Lkw (Fahrzeugklasse N2, 9 Betriebsjahre)

Auch im schweren Segment (*Fahrzeugklasse N3*) zeigen die Ergebnisse, dass der BEV-Lkw im *optimistischen Szenario* bereits heute in vielen Anwendungen kostengünstiger betrieben werden kann. Durch die Kombination aus hohen Fördermitteln, günstigen Stromkosten und niedrigeren Wartungsausgaben ergibt sich ein stetig wachsender Kostenvorteil gegenüber dem Verbrenner, der sich ab den frühen 2030er-Jahren klar manifestiert (vgl. Abbildung 4). Bereits im Jahr 2025 kann somit unter optimalen Bedingungen ein Gesamtkostenvorteil von ca. 430.000 € nach neun

Betriebsjahren erzielt werden. Bis 2045 wächst der Gesamtvorteil eines BEV-Lkw ggü. eines Verbrenner Lkw auf fast 1,7 Mio. €.

Szenario 1 (optimistisch): Gesamtkostenvergleich Verbrenner vs. BEV-LKW (N3, 9 Betriebsjahre)

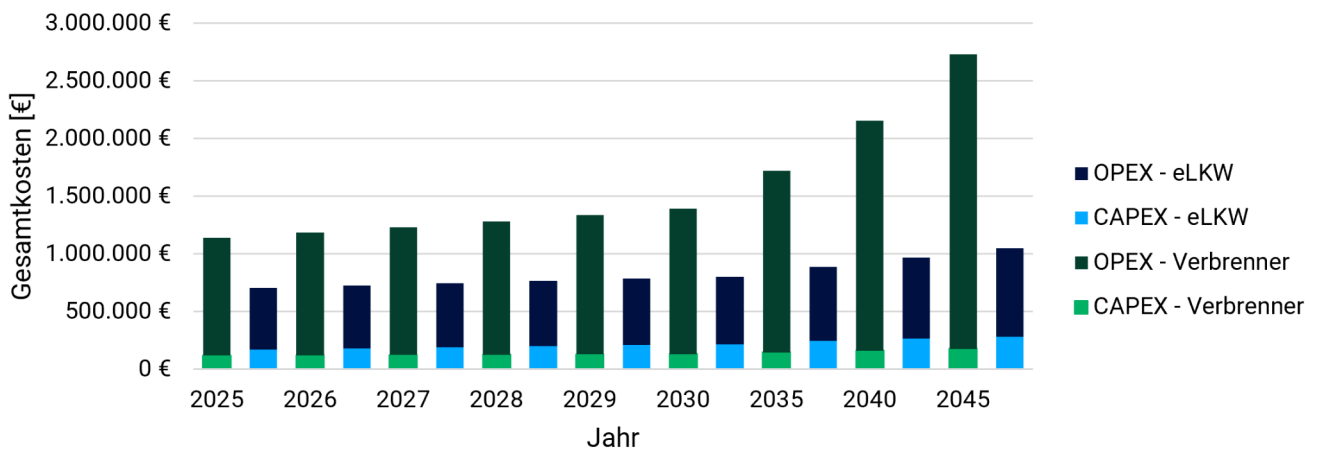


Abbildung 4: Szenario 1 (optimistisch): Gesamtkostenvergleich Verbrenner-Lkw gegenüber BEV-Lkw (Fahrzeugklasse N3, 9 Betriebsjahre).

Im *pessimistischen Szenario der Fahrzeugklasse N3* bewegen sich Verbrenner-Lkw und BEV-Lkw zunächst auf einem ähnlichen Gesamtkostenniveau. Mit Annäherung an das Jahr 2030 öffnet sich die Kostenschere jedoch zunehmend. Ab 2035 sind in den Fünfjahresschritten deutliche Sprünge erkennbar, da sich die Vorteile der Elektromobilität verstärkt durchsetzen. Während der BEV-Lkw im Jahr 2025 erst einen vergleichsweise geringen Kostenvorteil von rund 110.000 € gegenüber dem Verbrenner erzielt, steigt dieser bis 2045 auf bis zu 2,3 Mio. € an – wovon etwa 80 % auf reduzierte Betriebskosten, insbesondere bei Maut und Wartung, zurückzuführen sind (vgl. Abbildung 5).

Szenario 2 (pessimistisch): Gesamtkostenvergleich Verbrenner vs. BEV-LKW (N3, 9 Betriebsjahre)

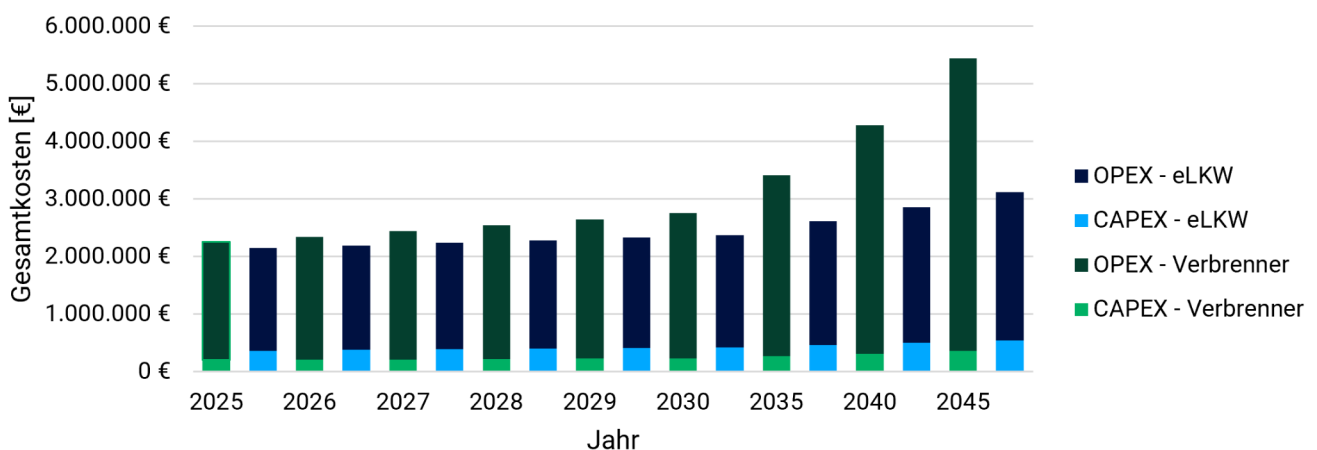


Abbildung 5: Szenario 2 (pessimistisch): Gesamtkostenvergleich Verbrenner-Lkw gegenüber BEV-Lkw (Fahrzeugklasse N3, 9 Betriebsjahre)

Neben den monetären Faktoren wurden in der Modellierung der Kaufentscheidung auch externe Einflussgrößen wie regulatorische Vorgaben (Compliance), die Verfügbarkeit von Ladeinfrastruktur sowie Image- und Reputationsaspekte berücksichtigt und in einer Gewichtung integriert. Auf Basis dieser erweiterten Kaufentscheidung wird der Anteil der jährlichen Neuzulassungen zwischen Verbrenner- und BEV-Lkw ermittelt.

3.1.2 Aktueller Stand des BEV-Lkw Bestands

Der Anteil von batterieelektrischen Lkw (BEV-Lkw) in Deutschland beträgt Mitte 2025 etwa 2,7 % bei der Fahrzeugklasse N2 und etwa 0,4 % bei N3 (Quelle: NOW¹). Diese niedrigen Ausgangswerte verdeutlichen das erhebliche Wachstumspotenzial in den kommenden Jahrzehnten.

Gleichzeitig zeigt ein Blick auf die Neuzulassungen der letzten Jahre bereits eine klare Dynamik: Während 2020 der Anteil klimafreundlicher Lkw und Sattelzugmaschinen noch bei etwa 1,2 % lag, ist dieser bis 2024 auf 4,6 % und im laufenden Jahr 2025 auf 6,7 % angestiegen (vgl. Abbildung 6). Diese Entwicklung belegt den Beginn eines strukturellen Wandels, auch wenn der absolute Bestand im Markt derzeit noch gering ist.

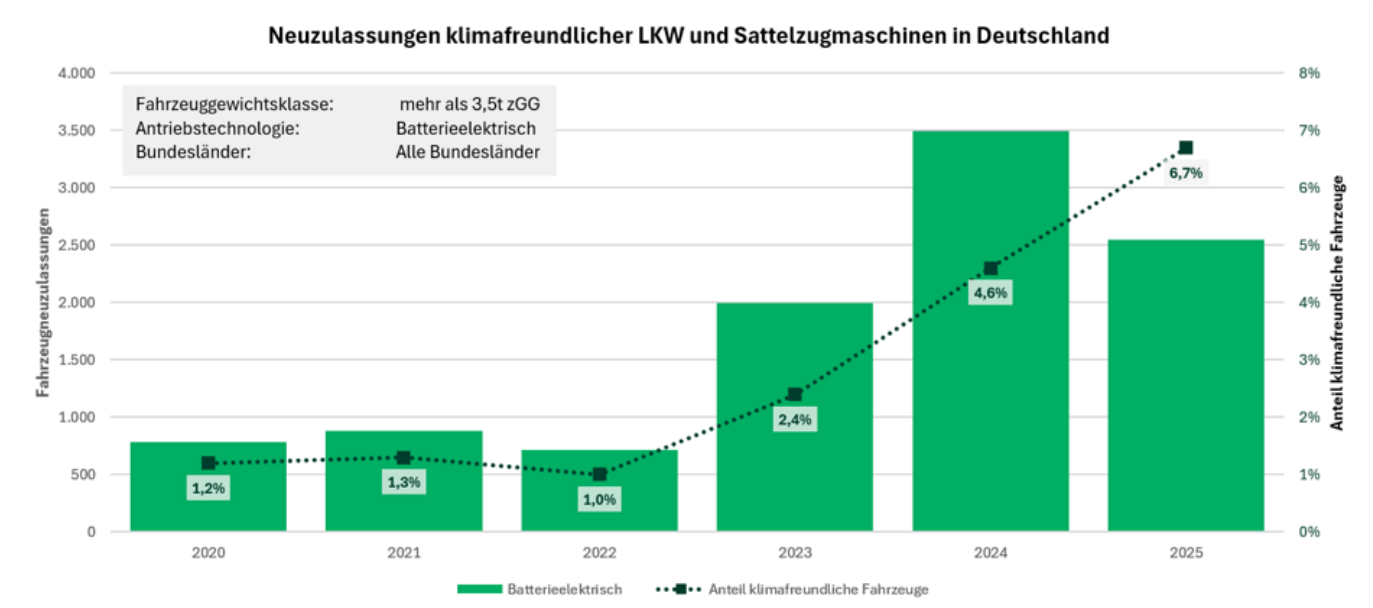


Abbildung 6: Neuzulassungen klimafreundlicher Lkw und Sattelzugmaschinen in Deutschland (Quelle: NOW¹)

3.1.3 Szenarienvergleich: Optimistisches Szenario

In diesem Szenario zeichnen sich beschleunigte Fortschritte bei Rahmenbedingungen, Fördermitteln und Strompreisen ab. Bereits ab 2025 erreichen BEV-Lkw in beiden Klassen einen wirtschaftlichen Kostenvorteil gegenüber konventionellen Verbrenner-Lkw (siehe TCO-Analyse in Kapitel 3.1.1). Der Flottenhochlauf verläuft dynamisch:

¹ <https://www.klimafreundliche-nutzfahrzeuge.de/wissen/marktentwicklung>; Datenquelle: Kraftfahrtbundesamt; Datenstand: 2025 / 07

Szenario 1 (optimistisch): %-Verteilung BEV-Lkw zu Verbrenner-Lkw

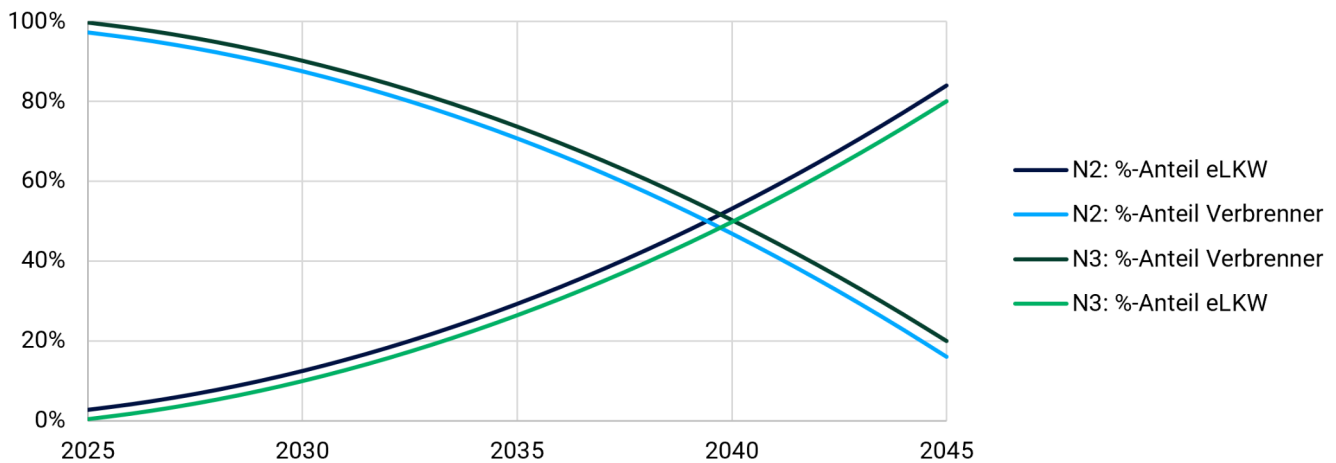


Abbildung 7: Szenario 1 (optimistisch): %-Verteilung BEV-Lkw gegenüber Verbrenner-Lkw bis 2045

Die Modellierung zeigt, dass der Anteil der batterieelektrischen Lkw (BEV-Lkw) in Deutschland in den kommenden zwei Jahrzehnten stark ansteigen wird. Abhängig von der Fahrzeugklasse wird bis zum Jahr 2045 ein Marktanteil der BEV-Lkw von ca. 80 % erwartet (siehe Abbildung 7). Damit würde sich die Flotte grundlegend von einer heute noch stark verbrennerdominierten Struktur zu einem überwiegend elektrifizierten System wandeln.

In absoluten Zahlen bedeutet dies, dass die Zahl der BEV-Lkw von wenigen tausend Fahrzeugen in der Gegenwart auf ca. 82.000 Fahrzeuge im Jahr 2030 anwächst. Bereits 2035 wird ein Bestand von rund 210.000 Fahrzeugen prognostiziert. Bis 2040 steigt die Zahl auf etwa 400.000 BEV-Lkw, und im Jahr 2045 wird mit einer Flottengröße von rund 650.000 Fahrzeugen gerechnet.

Die Entwicklung wird in Abbildung 7 dargestellt: Während der Anteil der Verbrenner-Lkw sukzessive abnimmt, steigt der Anteil der BEV-Lkw kontinuierlich an und überholt diesen knapp vor dem Jahr 2040. Die Abbildung verdeutlicht damit den grundlegenden Strukturwandel der Lkw-Flotte hin zur Elektromobilität.

3.1.4 Szenarienvergleich: Pessimistisches Szenario

Im pessimistischen Szenario (Szenario 2) verläuft der Hochlauf der BEV-Lkw-Flotte deutlich langsamer als im optimistischen Fall. Wie in Abbildung 8 dargestellt, bleibt der Marktanteil der Verbrenner-Lkw noch bis in die frühen 2040er-Jahre dominant. Der entscheidende Grund liegt in den ungünstigeren Rahmenbedingungen: Vor allem höhere Strompreise sowie geringere Fördermittel verzögern die Wirtschaftlichkeit der BEV-Lkw und damit deren Marktdurchdringung. Die absoluten Flottengrößen spiegeln diese Entwicklung wider: Im Jahr 2030 werden in diesem Szenario nur etwa 19.000 BEV-Lkw im Bestand sein. Bis 2035 steigt die Zahl auf rund 110.000 Fahrzeuge, im Jahr 2040 auf etwa 284.000 Fahrzeuge und bis 2045 auf ca. 532.000 Fahrzeuge. Damit liegt die Flottenentwicklung deutlich unter den Werten des optimistischen Szenarios, in dem bereits 2030 über 80.000 Fahrzeuge erreicht werden.

Szenario 2 (pessimistisch): %-Verteilung BEV-Lkw zu Verbrenner-Lkw

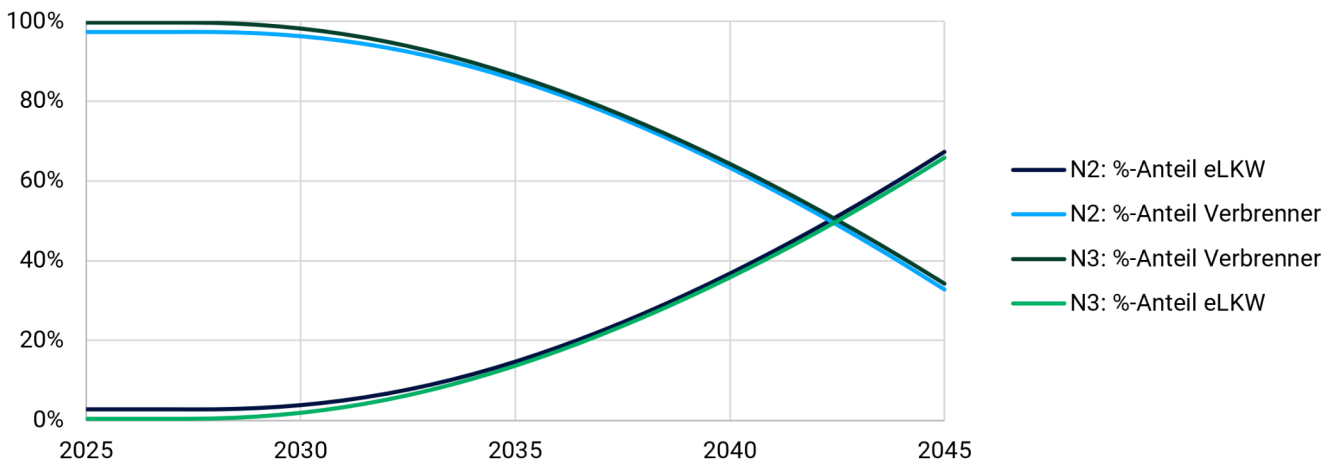


Abbildung 8: Szenario 2 (pessimistisch): %-Verteilung BEV-Lkw gegenüber Verbrenner-Lkw bis 2045

Auch die Schwellenpunkte, an denen die Zahl der BEV-Lkw erstmals die Zahl der Verbrenner übersteigt, verschieben sich nach hinten: Während dies im optimistischen Szenario je nach Fahrzeugklasse um 2039 zu erwarten ist, werden im pessimistischen Szenario erst 2042/2043 die Verbrenner-Lkw von den BEV-Lkw überholt.

Die Zulassungsentwicklung korreliert damit eng mit den jeweiligen ökonomischen Rahmenbedingungen. Insbesondere der Lebenszykluskostenvergleich zeigt, dass sich die Vorteile der Elektromobilität in diesem Szenario später durchsetzen – letztlich jedoch unumkehrbar, da die Betriebskosten der Diesel-Lkw mit zunehmender CO₂-Bepreisung und externen Markteinflüssen langfristig deutlich steigen.

3.2 Hochlauf der Ladeinfrastruktur

Die zunehmende Elektrifizierung der Lkw-Flotte macht einen erheblichen Ausbau der Ladeinfrastruktur erforderlich. Basis der Berechnung ist die jährliche Fahrleistung und der fahrzeugspezifische Stromverbrauch, getrennt nach N2 und N3. Die Ladevorgänge unterscheiden sich in Depotladen (Kurzstrecke/N2), öffentliches Langsamladen (Langstrecke/N2N3) und Schnellladen (Langstrecke/N3).

3.2.1 Energiebedarf

Abbildung 9 veranschaulicht die Entwicklung der jährlich benötigten Energiemenge für das Laden von batterieelektrischen Lkw (e-Lkw) in Deutschland im Zeitraum bis 2045, ausgewiesen sowohl für das optimistische als auch das pessimistische Szenario.

Im optimistischen Szenario steigt der jährliche Energiebedarf von zunächst 364 MWh kontinuierlich an und erreicht im Jahr 2045 einen Wert von ca. 54 GWh. Dieser deutliche Zuwachs spiegelt die Annahme eines beschleunigten Hochlaufs der e-Lkw-Flotte wider, begünstigt durch vorteilhafte Rahmenbedingungen wie sinkende Investitionskosten, attraktive Förderprogramme und einen schnellen Ausbau der Ladeinfrastruktur.

Im Gegensatz dazu verläuft der Anstieg im pessimistischen Szenario anfangs deutlich verhaltener: Hier beträgt die benötigte Energiemenge zu Beginn 729 MWh und wächst bis 2045

auf ca. 85 GWh an. Der langsamere Anstieg in den ersten Jahren ergibt sich aus weniger günstigen Annahmen hinsichtlich Marktentwicklung, Strompreisen, und Förderlandschaft, so dass sich der Bestand der BEV-Lkw langsam weiterentwickelt. Der starke Anstieg in späteren Jahren ergibt sich aus den höheren Bedarfen bei einer stärkeren Nutzung der Lkw.

Beide Verläufe machen deutlich, dass der Energiebedarf der e-Lkw-Flotte in den kommenden Jahrzehnten erheblich zunehmen wird – wenn auch abhängig vom tatsächlichen Markthochlauf. Entsprechend frühzeitig und vorausschauend muss der Ausbau der Ladeinfrastruktur und Stromversorgung gestaltet werden, um eine bedarfsgerechte Versorgung sicherzustellen.

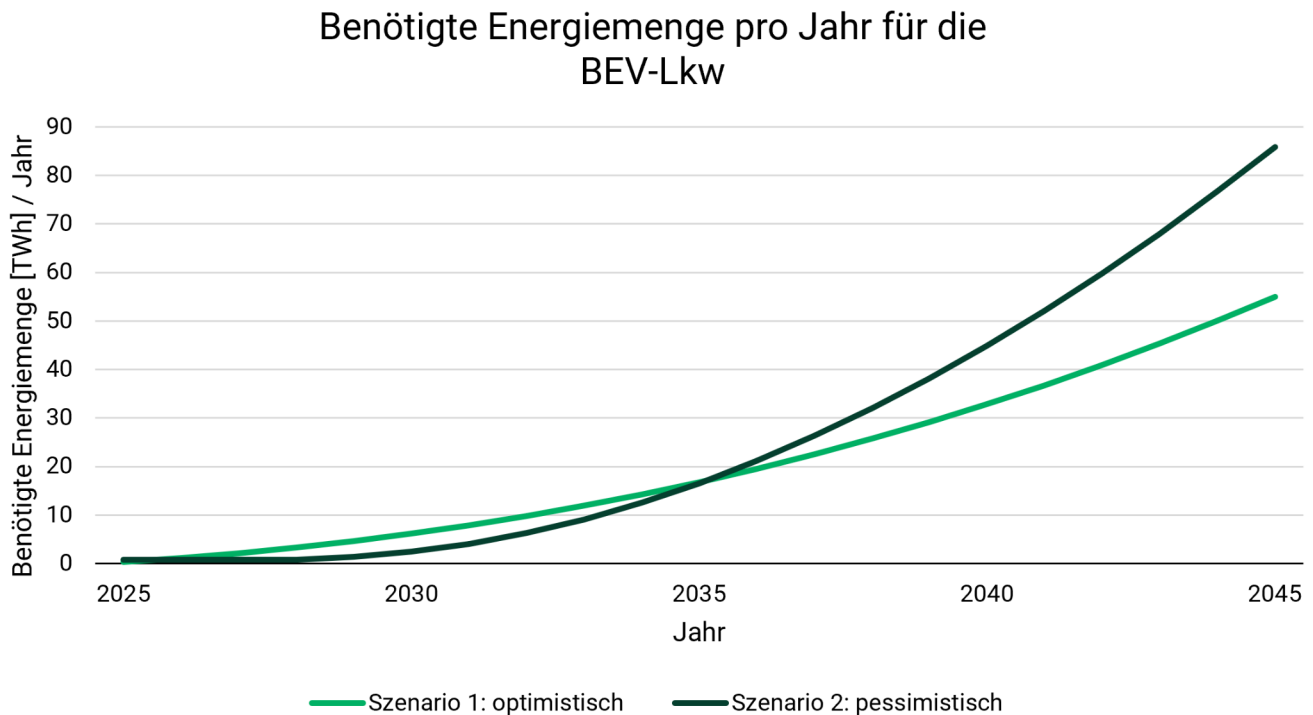


Abbildung 9: Benötigte Energiemenge pro Jahr der BEV-LKW für die Szenarien optimistisch und pessimistisch in Deutschland für die Jahre 2025 bis 2045

3.2.1.1 Vergleich des Energiezuwachses (2025–2035 und 2035–2045)

Mit zunehmendem BEV-Lkw-Bestand steigt der Energiebedarf proportional, wobei folgende Entwicklungen projiziert werden:

| Optimistisches Szenario

Periode 2025 bis 2035: Der jährliche Energiebedarf steigt im optimistischen Szenario von 364 MWh im Jahr 2025 auf 19.549 MWh im Jahr 2035. Das bedeutet, innerhalb der ersten zehn Jahre verfünffzigfacht sich der Energiebedarf (Faktor ≈ 54).

| Optimistisches Szenario

Periode 2035 bis 2045: Von 2035 bis 2045 wächst der Energiebedarf dann weiter auf 54.933 MWh an. Das ist erneut eine Verdreifachung des jährlichen Energiebedarfs (Faktor $\approx 2,8$) innerhalb der folgenden zehn Jahre.

| Pessimistisches Szenario

Periode 2025 bis 2035: Im pessimistischeren Szenario steigt der jährliche Energiebedarf von 729 MWh im Jahr 2025 auf 21.037 MWh im Jahr 2035. Hier beträgt der Zuwachsfaktor rund 29, das heißt, der jährliche Bedarf wird etwa neunundzwanzigmal so hoch wie zu Beginn des Betrachtungszeitraums.

| Pessimistisches Szenario

Periode 2035 bis 2045: Von 2035 bis 2045 folgt eine Zunahme auf 85.163 MWh. Auch hier ist das fast eine Vervierfachung (Faktor $\approx 4,0$) des Energiebedarfs innerhalb dieser Dekade.

Entwicklung der Energiebedarfe als Vergleich zum Bedarf 5 Jahre zuvor

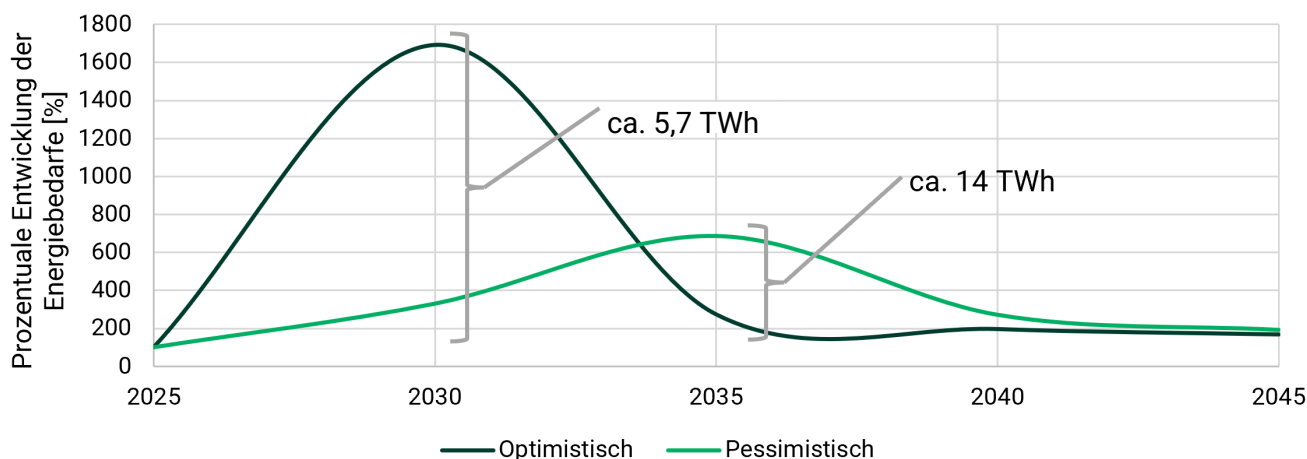


Abbildung 10: Entwicklung der Energiebedarfe der BEV-Lkw in Deutschland als unterschied zum Bedarf 5 Jahre zuvor zwischen den Jahren 2025 und 2045

Die Unterschiede in den beiden Szenarien ergeben sich im Wesentlichen aus den verschiedenen Annahmen zu Marktentwicklung, technologischen, regulatorischen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen:

Im optimistischen Szenario wird ein schneller Technologiefortschritt angenommen. Sinkende Anschaffungskosten für e-Lkw, attraktive Förderprogramme, günstige Strompreise und eine rasche Einführung regulatorischer Anreize (z. B. CO₂-Bepreisung, Mautanpassungen) sorgen für einen beschleunigten Markthochlauf. Dadurch wächst die e-Lkw-Flotte frühzeitig und die Fahrleistungen elektrischer Lkw nehmen kontinuierlich und steil zu, was sich in einem sehr starken Anstieg des Energiebedarfs in beiden Zeiträumen widerspiegelt.

Im pessimistischen Szenario dagegen hemmen höhere Strompreise, geringere Fördermittel, langsam sinkende Anschaffungskosten und eine zögerliche Anpassung regulatorischer Vorgaben die Marktentwicklung. Dadurch verläuft der Hochlauf zunächst verhaltener; der Energiebedarf steigt in den ersten zehn Jahren weniger stark als im optimistischen Szenario. Im zweiten Zeitraum (2035–2045) beschleunigt sich der Wachstumspfad jedoch deutlich, da ab diesem Punkt selbst unter ungünstigen Bedingungen die Verbreitung der Technologie voranschreitet und die Flottenumstellung – auch getrieben durch zunehmenden regulatorischen Druck – schneller erfolgt.

Während das optimistische Szenario einen raschen und stetigen Anstieg ab den ersten Jahren zeigt, startet das pessimistische Szenario mit einem langsamerem Zuwachs, zieht jedoch im Zeitraum 2035–2045 deutlich an. Die Szenarien verdeutlichen, wie sensibel die Entwicklung des Energiebedarfs auf politische, technologische und wirtschaftliche Randbedingungen reagiert und wie wichtig frühzeitige Maßnahmen für einen planbaren Infrastrukturaufbau sind.

3.2.2 Leistungsbedarf

Analog zum Energiebedarf, zeigt Abbildung 11 die kumulierte in Deutschland bis 2045 benötigte installierte Ladeleistung für das Laden von batterieelektrischen Lkw in den beiden Szenarien optimistisch und pessimistisch. Die Ladeleistung ergibt sich aus dem parallel abgedeckten Ladebedarf, der sich wiederum an der jährlichen Fahrleistung, den Einsatzprofilen der e-Lkw-Flotte sowie dem Verhältnis von Schnell- zu Depotladen orientiert.

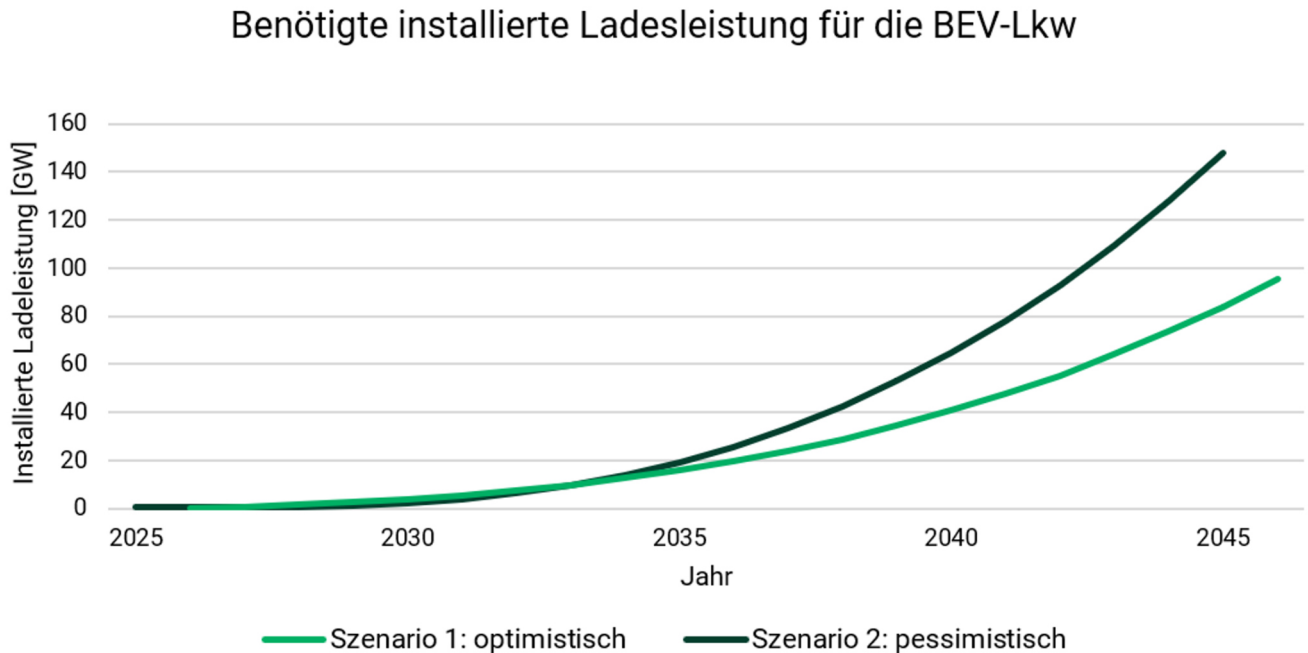


Abbildung 11: Benötigte installierte Leistung der BEV-LKW-Ladeinfrastruktur für die Szenarien optimistisch und pessimistisch in Deutschland

3.2.2.1 Vergleich der installierten Ladeleistung (2025–2035 und 2035–2045)

| Optimistisches Szenario: Periode 2025 bis 2035

In den ersten zehn Jahren steigt die installierte Ladeleistung von einem vergleichsweise niedrigen Ausgangswert auf einen deutlich höheren Rahmen. Die jährlichen Wachstumsraten sind dabei – analog zum Flottenhochlauf – sehr hoch, bedingt durch ein kontinuierliches Anwachsen der e-Lkw-Flotte, eine frühzeitige Netzanbindung und durch einen ambitionierten Aufbau von Ladeinfrastruktur. Die installierte Ladeleistung vergrößert sich bis 2035 auf einen erheblichen Anteil des Endwertes (2045: 95 GW).

| Optimistisches Szenario: Periode 2035 bis 2045

Im folgenden Jahrzehnt wächst die installierte Ladeleistung von diesem erreichten Zwischenstand bis auf den Zielwert von rund 95 GW im Jahr 2045 weiter. Der Zuwachs bleibt zwar betragsmäßig hoch, aber die Zunahme ist, wegen des bereits erreichten hohen Ausgangsniveaus, im Verhältnis geringer als im vorangegangenen Zeitraum. Das Wachstum ist in dieser Phase weiterhin getrieben durch die zunehmende Elektrifizierung auch des Fernverkehrs und den wachsenden Bedarf an leistungsfähigen Schnellladepunkten.

| Pessimistisches Szenario: Periode 2025 bis 2035

Im pessimistischen Szenario erfolgt der Ausbau der Ladeinfrastruktur in den ersten zehn Jahren deutlich zurückhaltender. Die installierte Leistung nimmt zunächst nur verhalten zu, da die Flotte an e-Lkw langsamer wächst und auch das Investitionsklima sowie die regulatorischen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen den forcierten Ausbau von Ladepunkten bremsen.

| Pessimistisches Szenario: Periode 2035 bis 2045

Im Folgejahrzehnt zwischen 2035 und 2045 verstärkt sich der Hochlauf spürbar. Die installierte Ladeleistung steigt dynamisch und erreicht bis 2045 den Wert von etwa 148 GW – also sogar einen höheren Bedarf als im optimistischen Szenario. Dies ist darauf zurückzuführen, dass mit zunehmender Marktdurchdringung und regulatorischem Nachdruck die Umstellung auf e-Lkw im zweiten Zeitraum massiv anzieht und dadurch ein nachholender Aufbau an Hochleistungsladeinfrastruktur erforderlich wird, insbesondere im Fernverkehr.

Entwicklung der Leistungsbedarfe als Vergleich zum Bedarf 5 Jahre zuvor

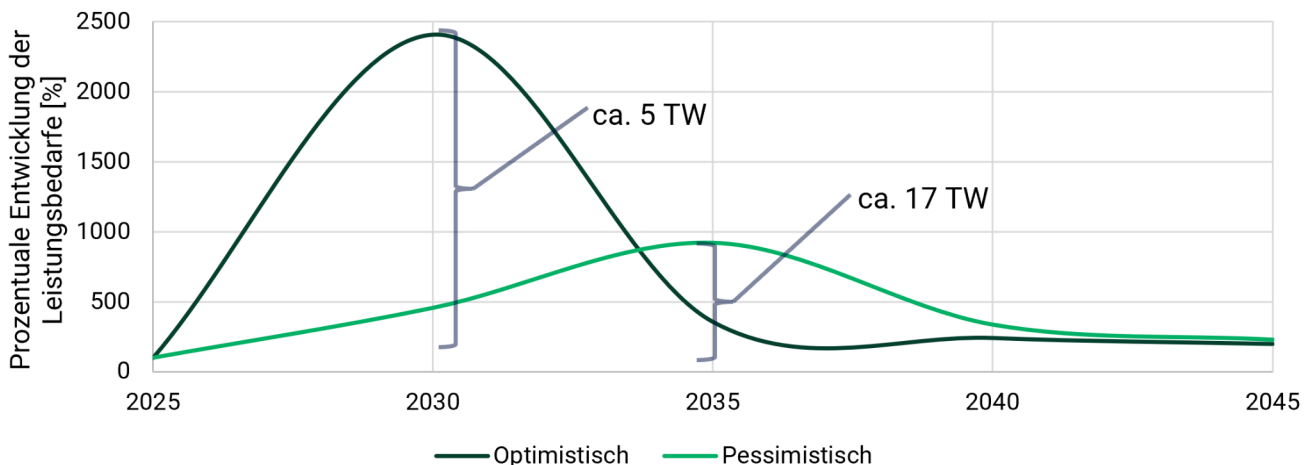


Abbildung 12: Entwicklung der Leistungsbedarfe der BEV-Lkw in Deutschland als unterschied zum Bedarf 5 Jahre zuvor zwischen den Jahren 2025 und 2045

3.2.2.2 Unterscheidung nach Ladearten

Die Analyse der erforderlichen installierten Ladeleistung für batterieelektrische Lkw differenziert den Bedarf nach drei zentralen Anwendungsfällen: Depotladen (privates oder unternehmensinternes Langsamladen), öffentliches Langsamladen und öffentliches Schnellladen. Diese Differenzierung wird bereits in der Methodik beschrieben und erlaubt eine differenzierte Infrastrukturplanung, die den unterschiedlichen betrieblichen Einsatzprofilen sowie Ruhe- und Standzeiten im Güterverkehr berücksichtigt.

Szenario 1: Optimistisch

Im optimistischen Szenario, das in Abbildung 14 dargestellt ist, steigt die erforderliche Anschlussleistung über alle Ladearten hinweg stetig an, wobei insbesondere das öffentliche Schnellladen mit zunehmender Flottengröße und Reichweitensteigerung einen signifikanten Anteil am Gesamtleistungsbedarf gewinnt. Während das Depotladen – als Ausdruck eines frühen Markthochlaufs regional und lokal eingesetzter e-Lkw – zu Beginn des Zeitraums die zentrale Rolle einnimmt (2025: 0,11 GW), steigt dessen Anteil bis zum Jahr 2045 (2,78 GW) zwar kontinuierlich, verliert jedoch relativ betrachtet an Gewicht. Das öffentliche Langsamladen (2025: 0,12 GW auf 25,24 GW in 2045) bildet eine wichtige Säule insbesondere für Lkw mit längeren Standzeiten etwa über Nacht. Am dynamischsten entwickelt sich jedoch der Bedarf nach öffentlicher Schnellladeleistung: Von nahezu vernachlässigbarer Größenordnung im Jahr 2025 (nur vereinzelt vorhanden) wächst dieser bis 2045 auf 67,31 GW an. Die Entwicklung reflektiert den Hochlauf elektrifizierter Fernverkehrsflotten und die zunehmende Bedeutung der schnellen Zwischenladung entlang der Hauptverkehrsachsen.

Benötigte installierte Ladeleistung für BEV-Lkw in Deutschland nach Ladeart: Szenario 1 (optimistisch)

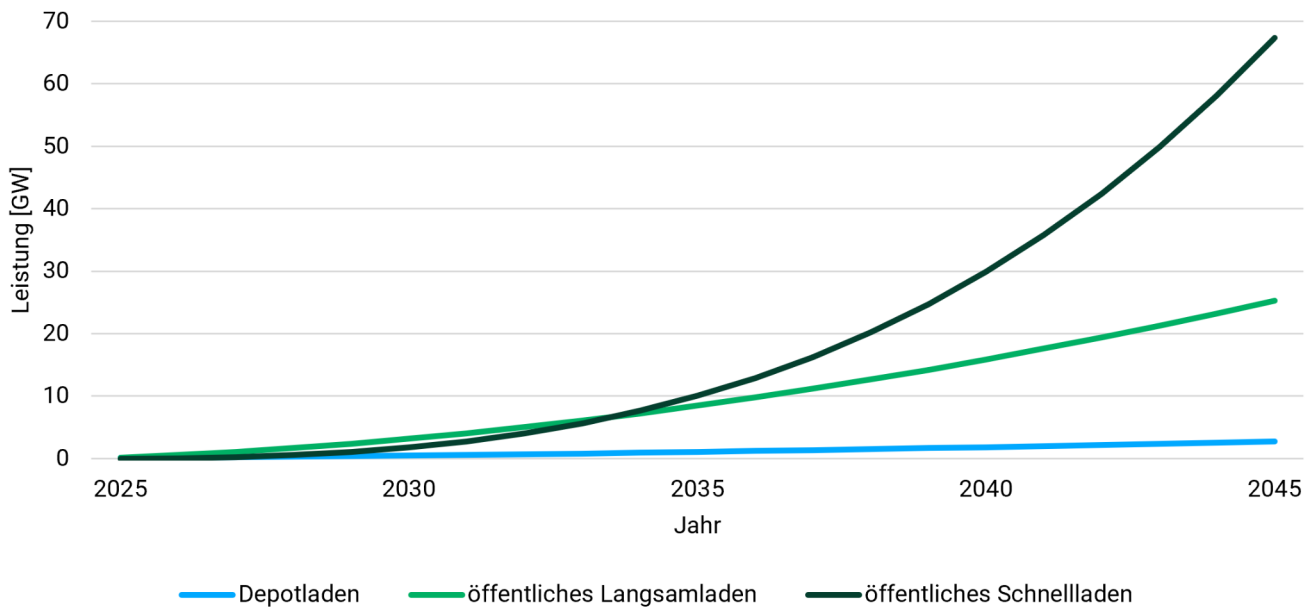


Abbildung 13: Jährliche in Deutschland benötigte installierte BEV-Lkw Ladeleistung nach Ladeart: Depotladen, öffentliches Langsamladen und öffentliches Schnellladen für das optimistische Szenario

Szenario 2: Pessimistisch

Im pessimistischen Szenario ist das Wachstum der installierten Ladeleistung in den ersten Jahren merklich moderater ausgeprägt. Der Anschlussleistungsbedarf für Depot- und öffentliches Langsamladen steigt bis Mitte der 2030er Jahre nur leicht, mit Werten von circa 0,23 GW (Depot) und 0,22 GW (öffentlich langsam) im Jahr 2025 und moderatem Anstieg auf 1,08 GW (Depot) und 8,29 GW (öffentlich langsam) bis 2035. Erst im Zeitraum nach 2035 tritt ein deutlicher Wandel ein: Die Anschlussleistungserfordernisse, insbesondere für das öffentliche Schnellladen, steigen exponentiell an und erreichen bis 2045 mit 104,47 GW ein Niveau, das die Anforderungen des optimistischen Szenarios noch übertrifft. Diese Entwicklung ist Folge des verzögerten, dann aber beschleunigten Markthochlaufs und der damit verbundenen Notwendigkeit, den Ausbau der Schnellladeinfrastruktur in kurzer Zeit nachzuholen.

Benötigte installierte Ladeleistung für BEV-Lkw in Deutschland nach Ladeart: Szenario 2 (pessimistisch)

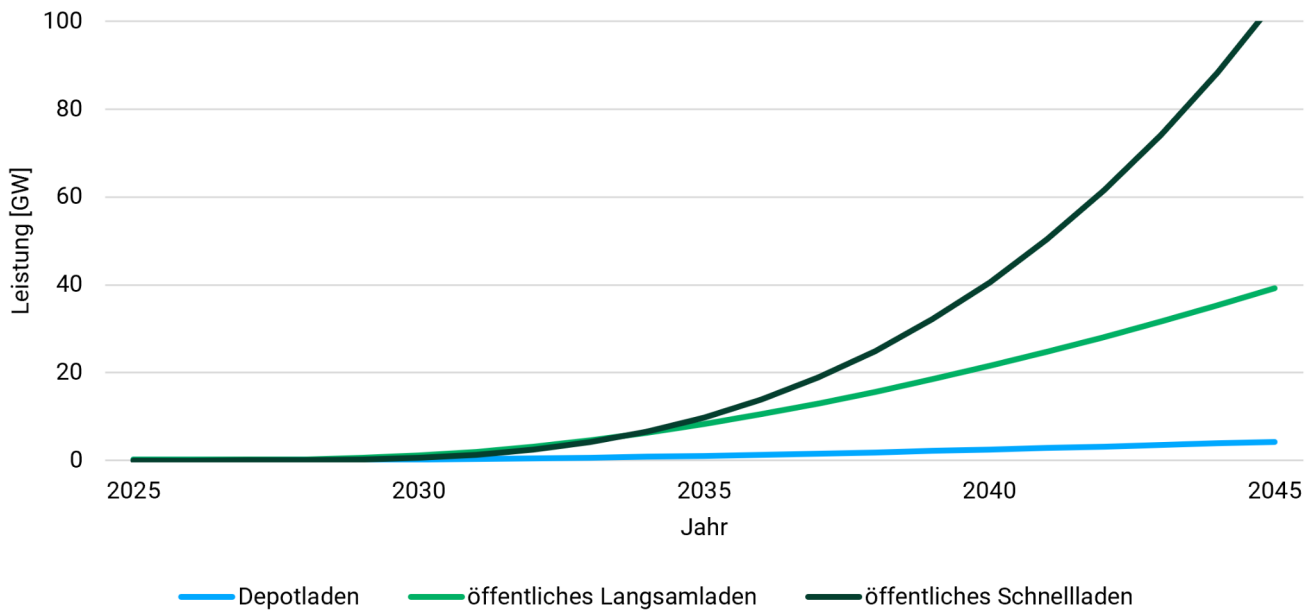


Abbildung 14: Jährliche in Deutschland benötigte installierte BEV-Lkw Ladeleistung nach Ladeart: Depotladen, öffentliches Langsamladen und öffentliches Schnellladen für das pessimistische Szenario

Die unterschiedliche Dynamik und Struktur der Ladeleistungsbedarfe in den beiden Szenarien lassen sich durch das Zusammenspiel verschiedener Einflussfaktoren erklären, wie bereits in dieser Studie erwähnt. Das optimistische Szenario ist von günstigen ökonomischen Rahmenbedingungen, technologiegetriebener Kostenreduktion, frühem regulatorischem Impuls und Marktsicherheit geprägt. Diese Konstellation erlaubt einen kontinuierlichen, planbaren und sektoral ausgewogenen Ausbau der Ladeinfrastruktur, wobei die einzelnen Ladearten ihre Rolle analog zum Nutzungsmix und den betrieblichen Erfordernissen entwickeln. Im Gegensatz dazu hemmen im pessimistischen Szenario anfängliche Unsicherheiten bezüglich Technologie, Kosten und regulatorischer Unterstützung den Markthochlauf der e-Lkw-Flotte und damit auch den Ausbau der Ladeinfrastruktur. Erst mit wachsendem politischem und wirtschaftlichem Druck, aber ab einem Zeitpunkt zwischen 2030 und 2035, wird der Ausbau insbesondere bei der Schnellladeinfrastruktur mit hoher Geschwindigkeit nachgeholt. Das führt zu deutlich höheren Anforderungen an das Stromnetz und riskiert Engpässe sowie Ineffizienzen.

4 Diskussion

4.1 Erkenntnisse aus der Prognose des Ladeinfrastrukturhochlaufs

Die umfassende Analyse der Entwicklung des Energie- und Ladeinfrastrukturbedarfs für e-Lkw zeigt, wie stark die Elektrifizierung des Straßengüterverkehrs die Anforderungen an das Energiesystem verändern wird. Beide betrachteten Szenarien – sowohl der optimistische als auch der pessimistische Pfad – prognostizieren einen drastischen Anstieg des jährlichen Strombedarfs für e-Lkw bis 2045. Selbst unter konservativen Annahmen vervielfacht sich der Energiebedarf innerhalb von zwei Jahrzehnten und erreicht je nach Marktdynamik zwischen dem 100- und 150-fachen des Ausgangswerts von 2025. Dieser Trend verdeutlicht die Dynamik des steigenden Energiebedarfs im Zuge des Hochlaufs batterieelektrischer Lkw und macht die damit verbundenen Entwicklungen im Bereich der Ladeinfrastruktur und Energieversorgung sichtbar.

Zentral ist dabei, dass sich der Hochlauf der Ladeinfrastruktur keinesfalls linear vollzieht. Im optimistischen Szenario führt ein früher Marktdurchbruch der e-Lkw, flankiert von Fördermaßnahmen sowie technischen und regulatorischen Impulsen, zu einem stetig ansteigenden Ausbau von Ladepunkten mit wachsender installierter Leistung. Dadurch wird kontinuierlich Kapazität geschaffen, die dem steigenden Bedarf entspricht und Belastungsspitzen im Netz besser abgefedert werden können. Das Beispiel dieses Szenarios verdeutlicht die möglichen Effekte eines proaktiven und koordinierten Vorgehens im Zusammenspiel von Ladeinfrastrukturentwicklung und Energieversorgung.

Im Kontrast dazu erwartet das pessimistische Szenario zunächst einen zögerlichen Ausbau der Energie- und Ladeinfrastruktur infolge zurückhaltender Markt- und Förderbedingungen. Erst mit deutlicher Verzögerung setzt dann ein sprunghafter Anstieg der Ladeleistungsnachfrage ein, was zeitlich komprimierte Großinvestitionen und erhebliche logistische sowie technische Herausforderungen nach sich zieht. Der sogenannte „Nachholeffekt“ in der späten Phase dieses Szenarios legt offen, dass ein verspäteter Infrastrukturaufbau zu Kostensteigerungen, Engpässen sowie Risiken für Versorgungssicherheit und Verlässlichkeit im Güterverkehr führen kann.

Insgesamt unterstreicht die Analyse, dass sowohl die absolute Höhe als auch die Verteilung und das zeitliche Muster des Ladeleistungsbedarfs im hohen Maße von politischen, ökonomischen und technologischen Rahmenbedingungen beeinflusst werden. Ein frühzeitiger, gestaffelter Ausbau aller Ladearten gemäß der zu erwartenden Flottenstruktur und der spezifischen Einsatzprofile ermöglicht nicht nur die Sicherstellung einer bedarfsgerechten Energieversorgung, sondern trägt auch zur Entlastung der Netzinfrastuktur und zur Kosteneffizienz bei. Hingegen erzeugt ein verzögerter, dann aber abrupt notwendiger Infrastrukturausbau erhebliche Herausforderungen für Planung, Genehmigung und Umsetzung sowie für die Systemintegration in die bestehende Energieversorgung.

Zusammengefasst zeigt die Szenarienanalyse, dass die Dekarbonisierung des Nutzfahrzeugsektors erhebliche Anpassungen im Stromversorgungssystem erfordert – sowohl hinsichtlich der Energievolumina als auch der benötigten Lade- und Netzkapazitäten. Die rechtzeitige und vorausschauende Ausrichtung von Infrastrukturprojekten, unterstützt von klaren politischen Signalen und regulatorischen Weichenstellungen, ist für einen erfolgreichen Hochlauf essentiell. Nur so lässt sich gewährleisten, dass der zukünftige Energie- und Ladebedarf der e-Lkw-Flotten zuverlässig, wirtschaftlich effizient und nachhaltig gedeckt werden kann.

4.2 Ausblick: Zukünftige Fragen und Handlungsbedarfe

Angesichts der prognostizierten Entwicklung von Energiebedarf und Ladeinfrastruktur für BEV-Lkw in Deutschland ergeben sich mehrere praxisrelevante Fragestellungen und konkrete Handlungsbedarfe für die kommenden Jahre. Im Mittelpunkt stehen dabei die nachhaltige Planung, der effiziente Ausbau der Infrastruktur sowie deren erfolgreiche Integration in das bestehende Energie- und Mobilitätssystem, beides gefördert durch starke politische und regulatorische Rahmenbedingungen.

Ein zentraler Bedarf besteht darin, gemeinsam mit Netzbetreibern regionale und zeitliche Lastprofile zu verfeinern, um die Anforderungen an das Stromnetz präziser vorhersehen zu können. Dabei ist insbesondere das Zusammenspiel von Ladeverhalten der Flottenbetreiber, Verkehrsströmen und betrieblichen Abläufen zu untersuchen. Ebenso ist die Frage zu klären, wie eine intelligente Steuerung von Ladevorgängen über Lastmanagement beitragen kann, Systemkosten zu senken und den Ausbaubedarf an Netzkapazitäten zu begrenzen.

Handlungsbedarf besteht insbesondere darin, die Zusammenarbeit zwischen Logistik- und Flottenbetreibern, Netzbetreibern und politischen Entscheidungsträgern weiter zu stärken, um Planungsprozesse zu beschleunigen und Genehmigungsverfahren für Ladeinfrastruktur zu vereinfachen. Gleichzeitig gilt es, klare regulatorische Rahmenbedingungen zu schaffen, die sowohl Investitionssicherheit bieten als auch einen Anreiz für Innovationen – etwa im Bereich neuer Ladesysteme, Betriebsmodelle oder digitaler Plattformen für das Lade- und Flottenmanagement.

Abschließend sollten künftige Analysen verstärkt Rückkopplungseffekte zwischen Energie-, Verkehrs- und Umweltpolitik berücksichtigen. Hierzu zählen etwa die Wechselwirkungen von Flottenumstellungen mit dem Ausbau erneuerbarer Energien oder die Synergien zwischen öffentlicher Ladeinfrastruktur für Nutz- und Individualverkehr. Insgesamt bleibt das Ziel, die Transformation des Güterverkehrs pragmatisch, wirtschaftlich tragfähig und im Einklang mit den Klimaschutzzielen voranzutreiben.



Web: www.ie2s.com

Herausgeber:
IE2S – Intelligent Energy System Services GmbH

Alle Rechte vorbehalten. Copyright 2026 Intelligent Energy System Services GmbH. Die Inhalte dieses Whitepapers sind urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte, einschließlich der Vervielfältigung, Verbreitung und öffentlichen Wiedergabe, liegen bei der IE2S. Die Verwendung von Teilen oder des gesamten Inhalts dieses Dokuments ist ohne die ausdrückliche Zustimmung der IE2S nicht gestattet.

Diese Studie wurde im Rahmen des Forschungsprojektes BANULA als externes Beratungsmandat im Auftrag der TransnetBW durchgeführt. Die Intelligent Energy System Services GmbH hat im Zuge einer marktoffenen Ausschreibung den Zuschlag erhalten. Alle Ergebnisse, Interpretationen und Schlussfolgerungen sind das Ergebnis von kollaborativer Arbeit mit den Projektauftraggebern der TransnetBW und der Konsortial-Partner des BANULA Projektes. Die Ergebnisse wurden nach bestem Wissen und unter Einhaltung der nötigen Sorgfalt erstellt. Die in dieser Studie dargestellten Inhalte stellen weder die Meinung noch zukünftige Handlungsstränge von BANULA dar. Sie sind lediglich die derzeitigen Ergebnisse der Auswertungen durch die Intelligent Energy System Services GmbH und dienen als Orientierungspunkt für den weiteren Projektverlauf BANULAs.

ie2s

Intelligent Energy System Services