



Faktencheck E-Mobilität

Was das Elektroauto
tatsächlich bringt

Vollständig
überarbeitete
Neuaufgabe
2024

KEA-BW
DIE LANDESENERGIEAGENTUR



NACHHALTIGE
Mobilität

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	3
Einleitung	4
1. Sind Elektroautos klimafreundlicher als Verbrenner?	7
2. Sind Elektroautos effizienter als Verbrenner?	10
3. Sind Elektroautos oder Verbrenner günstiger?	12
4. Gebrauchte Elektroautos – eine gute Entscheidung?	14
5. Schränken mich Ladedauer und Reichweite von Elektroautos ein?	16
6. Gibt es genug Ladeinfrastruktur?	18
7. Reichen Strom und Netzkapazitäten für eine vollständige Elektrifizierung des Pkw-Verkehrs?	19
8. Welche Rolle spielen Rohstoffe bei der Herstellung von Batterien?	20
9. Sind Elektroautos so sicher wie Verbrenner?	23
10. Welche Auswirkungen hat Elektromobilität auf den Wirtschaftsstandort Deutschland?	24
Literaturverzeichnis	26

Vorwort

Liebe Leserin, lieber Leser,

während die Elektromobilität global an Fahrt gewinnt und sich in immer mehr Ländern durchsetzt, zeigt sich in Deutschland ein anderes Bild: Elektroautos machen hier knapp drei Prozent des Bestandes aus und die Neuzulassungszahlen stagnieren in der ersten Jahreshälfte 2024. Dies wirft Fragen auf, nicht nur für potenzielle Autokäuferinnen und Autokäufer, sondern auch für Politik, Wirtschaft und Gesellschaft. Denn Elektrofahrzeuge sind ein wichtiger Baustein für die Dekarbonisierung des Verkehrssektors und zur Erreichung der Klimaziele in Deutschland und Baden-Württemberg.

Die E-Mobilität hat sich in den letzten Jahren enorm weiterentwickelt. Inzwischen sind viele alltagstaugliche Elektroautos auf dem Markt, die Modellvielfalt steigt und der Ausbau der Ladeinfrastruktur schreitet voran. Die technischen Hemmnisse sinken also stetig. Das macht deutlich, dass ein Teil der Hürden und Hemmnisse nur in unseren Köpfen besteht. Um einen Blick auf die aktuellen Fakten zu werfen und Mythen zu entkräften, zeigt der vorliegende Faktencheck auf, wo die E-Mobilität im Jahr 2024 tatsächlich steht.

In den folgenden Kapiteln beleuchten wir für Sie die Fakten und Aspekte rund um Elektrofahrzeuge – von der Effizienz und den Kosten über den Gebrauchtwagenmarkt bis hin zur Sicherheit und den wirtschaftlichen Auswirkungen für Deutschland und Baden-Württemberg.

Lassen Sie uns im Austausch bleiben – und bis dahin wünsche ich Ihnen zunächst ein offenes Ohr und einen klaren Blick für die Verkehrswende.

Ihr Dr.-Ing. Volker Kienzlen



Dr.-Ing. Volker Kienzlen

Geschäftsführer der KEA Klimaschutz- und Energieagentur
Baden-Württemberg GmbH

Einleitung

Die Elektrifizierung der Fahrzeugflotte ist ein wichtiger Baustein, um die Verkehrswendeziele bis 2030 zu erreichen. Dabei ist die Akzeptanz der Elektromobilität die Voraussetzung dafür, dass eine schnelle Verbreitung gelingen kann. Hier soll der Faktencheck ansetzen und über Fragen zu Elektromobilität und der benötigten Ladeinfrastruktur aufklären.

Mobilität gehört zu den Grundbedürfnissen des modernen Menschen. Sie bildet eine wichtige Voraussetzung für soziale Teilhabe und ist ein zentraler Faktor wirtschaftlicher Entwicklung. Gleichzeitig gehören verkehrsbedingte Emissionen von Kohlenstoffdioxid (CO₂), Luftschadstoffen und Lärm zu den drängendsten Herausforderungen beim

Umwelt- und Klimaschutz.¹ So verursachte der Verkehrssektor 2023 32 Prozent der Treibhausgase in Baden-Württemberg.² Weltweit fahren im Straßenverkehr etwa 1,2 Milliarden Pkw, bis 2035 wird die Zahl voraussichtlich weiter auf zwei Milliarden steigen.³

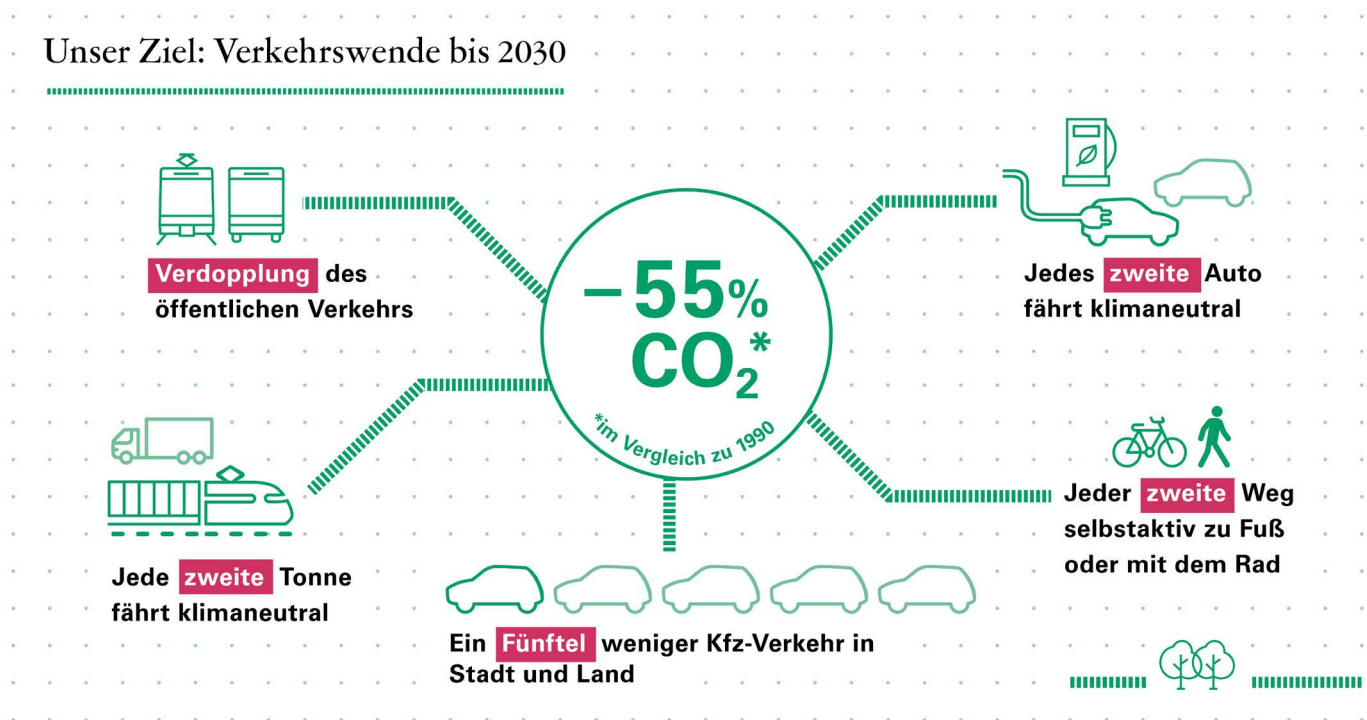


Abb. 1: Die Verkehrswendeziele des Landes Baden-Württemberg

Quelle: Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg (2024)

1) Agora Verkehrswende (2017)

2) Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (2023)

3) OICA (2020)

Ambitionierte Klima- und Umweltschutzziele können nur erreicht werden, wenn auch der Verkehrssektor einen wesentlichen Beitrag zur Senkung des CO₂-Ausstoßes leistet. Die Verkehrswende baut dabei sowohl auf der Mobilitätswende als auch auf der Antriebswende auf. Die Mobilitätswende senkt zum Beispiel durch die verstärkte Nutzung von öffentlichen Verkehrsmitteln, Fahrradfahren und Fußgängerfreundlichkeit den Endenergieverbrauch und die Treibhausgasemissionen im Verkehrssektor. Allerdings werden trotzdem viele Menschen auch in Zukunft auf das Auto angewiesen sein. Deshalb ist es unabdingbar, dass auch der Straßenverkehr selbst klimafreundlicher wird, mit weniger Auswirkungen auf Umwelt und Gesundheit.

Die Elektromobilität ist der wesentliche Baustein der Antriebswende und trägt maßgeblich zur Treibhausgasreduktion im Verkehrsbereich bei. Dies liegt daran, dass zwei Drittel der Emissionen des Verkehrssektors durch den motorisierten Individualverkehr verursacht werden.

Abbildung 1 zeigt, wie Baden-Württemberg die Verkehrswende umsetzen will. Um das Ziel von 55 Prozent CO₂-Reduktion im Verkehrssektor in Baden-Württemberg zu erreichen, muss deswegen bis 2030 jedes zweite Auto klimaneutral fahren.

Allerdings wird eine schnelle Verbreitung der E-Mobilität auch durch Skepsis und Vorbehalte gebremst. Der vorliegende Faktencheck in zweiter Auflage wurde vollständig überarbeitet. In dieser Neuauflage sollen häufig gestellte Fragen zur Elektromobilität beantwortet werden, um mit weit verbreiteten Mythen aufzuräumen.



1. Sind Elektroautos klimafreundlicher als Verbrenner?

01

Elektrofahrzeuge fahren lokal emissionsfrei, das heißt, sie stoßen weder CO₂ noch gesundheitsschädliche Luftschadstoffe wie Stickoxide aus. Selbst mit dem aktuellen Strommix in Deutschland verursachen Elektrofahrzeuge über ihre gesamte Lebensdauer ca. 30 bis 50 Prozent weniger CO₂-Emissionen als vergleichbare Verbrenner. Mit steigendem Anteil erneuerbarer Energien wird sich dieser Klimavorteil weiter vergrößern.

Die Klimabilanz von Fahrzeugen wird maßgeblich durch die Art der verwendeten Antriebsstoffe und deren Erzeugung bestimmt. Batterieelektrische Fahrzeuge (BEV) fahren lokal emissionsfrei, denn die bei der Elektromobilität anfallenden CO₂-Emissionen entstehen nicht im Fahrzeugbetrieb, sondern bei der Produktion des Stroms, mit dem sie betrieben werden.

Mit zunehmendem Anteil an erneuerbaren Energien im Strommix werden auch Elektrofahrzeuge klimafreundlicher. Neben dem Fahrzeugbetrieb haben die Produktion sowie das Recycling des Fahrzeugs einen erheblichen Einfluss auf die Klimabilanz. So weist ein BEV zu Beginn seiner Nutzungsphase aufgrund der CO₂-intensiven Batterieherstellung zwar deutlich höhere Emissionen

auf als ein vergleichbarer Verbrenner, die Treibhausgas-Emissionen während der Nutzungsphase sind jedoch geringer.

Betrachtet man den gesamten Lebenszyklus, einschließlich Fahrzeug- und Batterieherstellung, Betrieb mit Strom und Kraftstoffen sowie deren Erzeugung, Wartung, Entsorgung und Recycling aller Fahrzeugkomponenten, zeigt sich ein Klimavorteil von Elektrofahrzeugen gegenüber Verbrennern. Ein Elektroauto erreicht in Deutschland einen Klimavorteil gegenüber einem Benzinernach etwa vier Jahren oder 59.000 Kilometern Fahrleistung. Gegenüber einem Diesel erreicht ein Elektroauto diesen Vorteil nach etwa fünfeneinhalb Jahren oder 71.000 Kilometern Fahrleistung (siehe Abbildung 2).



Zum Vertiefen:

Welche Antriebskonzepte gibt es bei Elektrofahrzeugen eigentlich?

Battery Electric Vehicles (BEVs) sind vollelektrische Fahrzeuge, die ausschließlich von einem Elektromotor angetrieben werden. Die benötigte Energie wird in einer Batterie gespeichert, die über das Stromnetz aufgeladen wird.

Hinweis: In dieser Publikation beziehen sich alle Erwähnungen von Elektrofahrzeugen ausschließlich auf vollelektrische Fahrzeuge.

Unterschiede zu Plug-in-Hybrid-Elektrofahrzeugen (PHEV) und Wasserstofffahrzeugen (FCEV):

Plug-in-Hybrid-Elektrofahrzeuge: PHEVs verfügen über einen Elektromotor und einen Verbrennungsmotor. Sie können sowohl über das Stromnetz als auch durch Betanken mit fossilen Brennstoffen aufgeladen werden. Im Gegensatz zu BEVs sind sie nicht vollständig elektrisch, haben eine kleine Batterie und daher eine geringe elektrische Reichweite.

Wasserstofffahrzeuge: Diese Fahrzeuge nutzen Brennstoffzellen, um Wasserstoff in elektrische Energie umzuwandeln, die den Elektromotor antreibt. Sie unterscheiden sich von BEVs, da sie keine Batterien zur Energiespeicherung nutzen, sondern Wasserstoff als Energiequelle.

Mehr Informationen zu den verschiedenen Antriebskonzepten gibt es zum Beispiel bei der e-mobil BW.



www.e-mobilbw.de

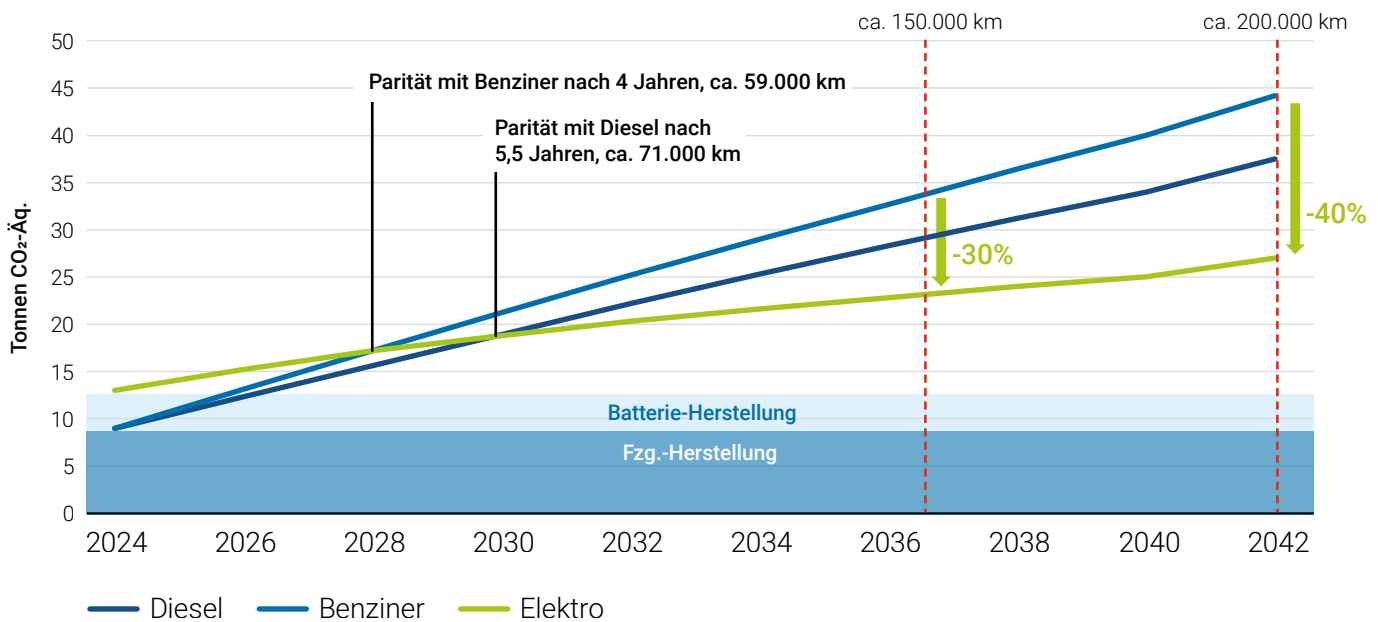


Abb. 2: Vergleich der Treibhausgasemissionen verschiedener Antriebsarten über die Fahrleistung

Die Emissionen aus der Fahrzeugherstellung sind bereits zum Beginn der Fahrleistung (2024) integriert (blauer und hellblauer Bereich).

Die End-of-Life-Emissionen werden im letzten Jahr (2042) der dargestellten Fahrleistung addiert.

Quelle: eigene Darstellung auf Basis des ifeu Institut für Energie und Umweltforschung Heidelberg gGmbH (2020)

Über den gesamten Lebenszyklus von durchschnittlich ca. 220.000 Kilometern Laufleistung sind die Gesamtemissionen eines Elektroautos etwa 48 Prozent niedriger als bei einem Benziner⁴ sowie ca. 33 Prozent niedriger als bei einem Dieselfahrzeug. Mit weiter zunehmendem Anteil erneuerbarer Energien an der Stromerzeugung wird dieser Klimavorteil von Elektrofahrzeugen weiter wachsen. Wird zur Berechnung der europäische Strommix herangezogen, erreicht man laut einer Studie des International Council on Clean Transportation (ICCT) bereits heute einen Klimavorteil von knapp 70 Prozent.⁵

Der Anteil der erneuerbaren Energien an der Netto-Stromerzeugung in Deutschland steigt seit Jahren und hat heute bereits einen Anteil von rund 60 Prozent erreicht.⁶ Durch die Energiewende und zu erwartende Verbesserungen bei der Batterietechnik

wird ein Elektroauto in Zukunft einen immer größeren Klimavorteil gegenüber Verbrennerfahrzeugen aufweisen. Im Idealfall wird bereits heute nur Ökostrom geladen, z. B. über einen entsprechenden Anbieter oder über eine eigene Photovoltaikanlage. So wird eine positive Klimabilanz bereits nach etwa 40.000 Kilometern erreicht.

Unter Betrachtung der gesamten Lebensdauer von Neufahrzeugen ist es aus Klimasicht bis auf Ausnahmen (z. B. Jahresfahrleistung unter 3.000 Kilometern) besser, ein neues Elektrofahrzeug anzuschaffen, statt einen alten Verbrenner weiterzufahren.⁷

Neben der besseren Klimabilanz haben Elektrofahrzeuge weitere Umweltvorteile. So haben viele Städte mit einer hohen Feinstaub- und Stickoxidbelastung zu kämpfen. Die entsprechenden Luftqualitätsgrenzwerte werden dabei überwiegend in der Nähe

4) Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg (2023)

5) International Council on Clean Transportation (2021)

6) Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (2024)

7) Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg (2023)

stark frequentierter Straßen überschritten. Hier summieren sich die Abgase der Fahrzeuge mit der Hintergrundbelastung aus Industrie und Kraftwerksabgasen sowie von Heizungen und Kaminen. Diese Luftschadstoffe haben erhebliche Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit, etwa auf die Lunge und das Herz-Kreislauf-System.⁸ Da Elektrofahrzeuge, abgesehen von den durch Reifen- und Bremsabrieb erzeugten Partikelemissionen, keine Schadstoffe ausstoßen, können sie somit erheblich zur Verbesserung der Luftqualität in Städten und damit der Gesundheit der Anwohnenden beitragen.

Ein weiteres Problem des motorisierten Straßenverkehrs ist die Lärmbelastung, die auf Menschen und Umwelt gleichermaßen negative Auswirkungen hat. So kann Lärm zu Schlafstörungen, Herz-Kreislauf-Erkrankungen, mentalen und kognitiven Beeinträchtigungen führen.⁹

Für die Lärmentwicklung ist bei niedrigen Geschwindigkeiten vor allem der Motor verantwortlich, bei höheren Geschwindigkeiten wiederum die Reifengeräusche. Elektroautos können durch ihren vergleichsweise leisen Motor in Gebieten, in denen mit geringer Geschwindigkeit gefahren wird, Lärmbelastungen reduzieren. Dies sind beispielsweise Wohngebiete oder Kreuzungen, an denen der Anfahrvorgang die Lärmemissionen dominiert. Vor allem bei Nutzfahrzeugen, also Bussen, Räum- oder Müllfahrzeugen, sind die rein elektrisch betriebenen Varianten im gesamten Geschwindigkeitsspektrum des Stadtverkehrs deutlich leiser. Das gilt auch für elektrisch angetriebene Mopeds und Motorräder.

8) Deutsche Gesellschaft für Pneumologie und Beatmungsmedizin (2018)
9) Wothge, Niemann (2020)

2. Sind Elektroautos effizienter als Verbrenner?

Elektrofahrzeuge zeichnen sich durch einen hohen Wirkungsgrad aus und sind deutlich energieeffizienter als Fahrzeuge mit Verbrennungsmotoren. Auch gegenüber anderen alternativen Antriebstechnologien weisen sie einen klaren Effizienzvorteil auf.

Beim Vergleich verschiedener Antriebsarten hinsichtlich ihres Wirkungsgrades, also dem Verhältnis von eingesetzter zu nutzbarer Energie, zeigen sich erhebliche Unterschiede. Vor allem aufgrund von Wärmeverlusten erreicht ein konventionell betriebenes Fahrzeug nur einen Wirkungsgrad von etwa 40 Prozent, Elektromotoren schaffen hingegen 80 bis 90 Prozent.¹⁰ Zusätzlich können Elektrofahrzeuge durch Rekuperation die Bewegungsenergie bei Bremsvorgängen teilweise wieder in Strom für die Batterie zurückwandeln. Allerdings müssen Verluste

berücksichtigt werden, die beim Laden der Batterie entstehen. Dennoch kommt ein Elektroauto auf einen Gesamtwirkungsgrad von über 60 Prozent und ist damit etwa dreimal so effizient wie ein vergleichbares Verbrennerfahrzeug.¹¹ Abbildung 3 zeigt für Elektrofahrzeuge, Brennstoffzellen-Pkw, Benziner und E-Fuels das Verhältnis von Energie, die im Prozess zwischen Produktion und Fahrzeug verloren geht, sowie der Energie, die tatsächlich zur Fortbewegung genutzt wird.

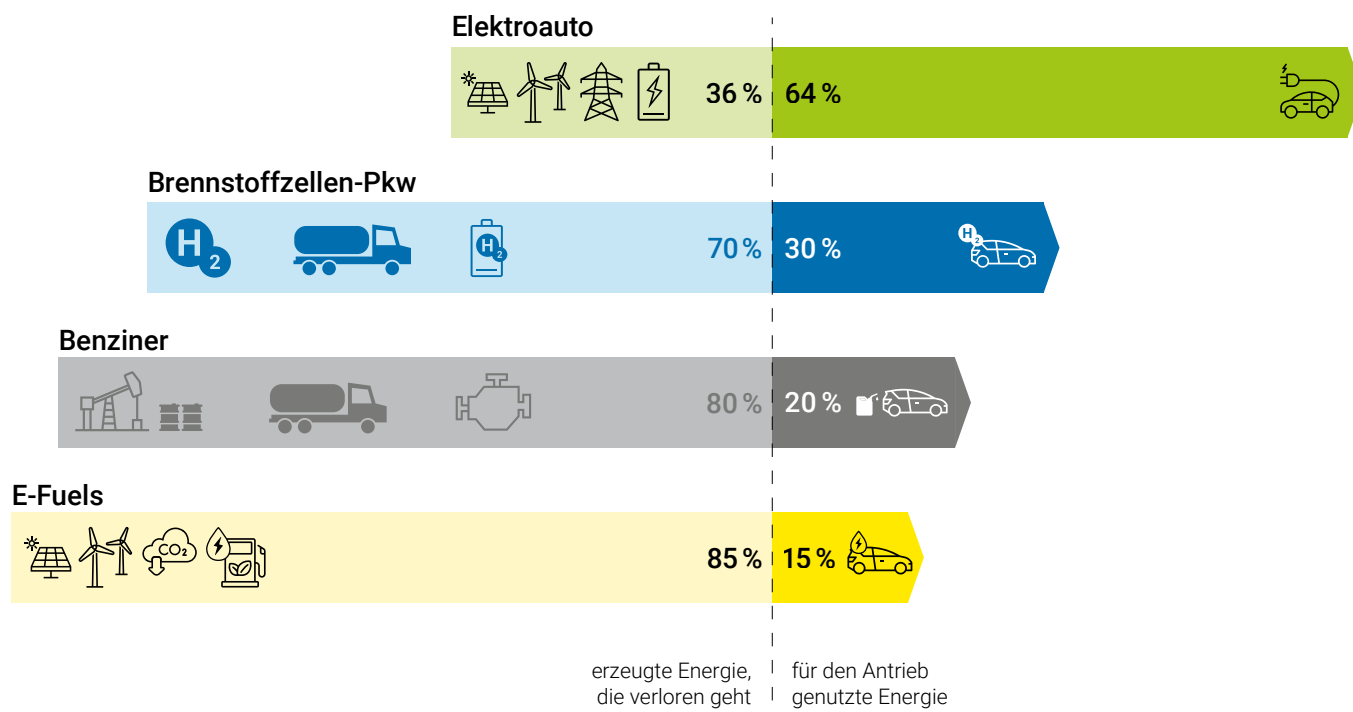


Abb. 3: Gesamtwirkungsgrade verschiedener Antriebstechnologien

Links wird der Anteil der Energie gezeigt, der zwischen Produktion und Fahrzeug („Well-to-Wheel“) verloren geht. Rechts ist der Anteil der Energie abgebildet, der tatsächlich zur Fortbewegung genutzt wird.

Quelle: eigene Darstellung auf Basis von Daten der Agora Verkehrswende (2019) und Deutsche Umwelthilfe e.V. (2024)

¹⁰) Spektrum (2000)

¹¹) BMUV (2021)

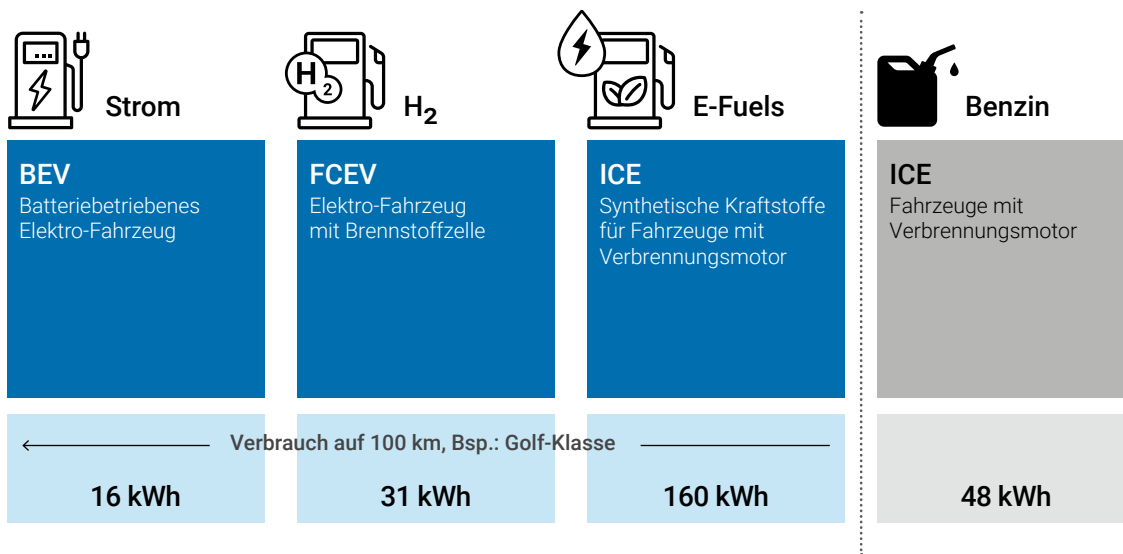


Abb. 4: Verbrauch unterschiedlicher Fahrzeugantriebe
 Quelle: eigene Darstellung auf Basis von e-mobil BW (2024)

Auch gegenüber synthetischen Kraftstoffen haben rein elektrisch betriebene Fahrzeuge einen deutlichen Effizienzvorteil. Synthetische Kraftstoffe ersetzen Erdöl als Rohstoff durch nachwachsende Rohstoffe oder durch den Einsatz von elektrischer Energie. Beispiele dafür sind E-Fuels, die unter Einsatz von Strom aus Wasser und Kohlenstoffdioxid gewonnen werden, oder Kraftstoffe aus recyceltem Frittierfett.

Diese synthetischen Kraftstoffe können in Verbrennungsmotoren eingesetzt werden. Die industrielle Erzeugung von Wasserstoff und synthetischen Kraftstoffen ist sehr energieintensiv, weshalb Brennstoffzellenfahrzeuge und mit synthetischen Kraftstoffen betriebene Fahrzeuge für die gleiche Strecke ein Vielfaches an Gesamtenergie benötigen.

Beim Einsatz von E-Fuels werden beispielsweise weniger als 15 Prozent der eingesetzten elektrischen Energie zur Bewegung des Fahrzeuges verwendet.¹² Der Rest wird für energieintensive Umwandlungsprozesse, unter anderem bei der Herstellung von Wasserstoff, aufgewandt. Abbildung 4 zeigt den Energieverbrauch verschiedener alternativer Antriebstechnologien für eine Strecke von 100 Kilometern im Vergleich.

¹² Agora Energiewende (2018)

3. Sind Elektroautos oder Verbrenner günstiger?

Elektroautos können aufgrund ihrer wesentlich geringeren Unterhaltskosten über ihre Lebensdauer einen klaren Kostenvorteil gegenüber Verbrennern aufweisen.

In den vergangenen Jahren sind sowohl die Anschaffung als auch die Nutzung von batterieelektrischen Fahrzeugen deutlich günstiger geworden. Hauptgründe sind sinkende Batteriekosten, eine effizientere Produktion sowie der im Vergleich zu Benzin oder Diesel verhältnismäßig günstige Strom. Zudem gibt es verschiedene Förderungen und Subventionen für Elektroautos sowie die dazugehörige Ladeinfrastruktur. Beispielhaft dafür sind der niedrigere Satz bei der Dienstwagenbesteuerung oder nationale und regionale Förderprogramme zur Ladeinfrastruktur.

In der Regel liegt der Brutto-Listenpreis von Elektroautos aktuell noch über dem von vergleichbaren Verbrennern. Allerdings führt die kontinuierliche Entwicklung der Technologie sowie der steigende Absatz in Zukunft voraussichtlich zu sinkenden Produktionskosten.

Zudem haben Elektrofahrzeuge finanzielle Vorteile, die sich auch im Kaufpreis widerspiegeln werden. Wie relevant eine Gesamtkostenbetrachtung über mehrere Jahre ist, wird in Abbildung 5 deutlich. Einen großen Teil der Gesamtkosten von Pkw machen Betriebskosten (z. B. Kraftstoff), Reparaturkosten und Steuern und Versicherungen aus. Hier sind Elektroautos oftmals günstiger. In der Gesamtkostenbetrachtung schneiden Elektrofahrzeuge im Kostenvergleich damit oft günstiger ab.¹³

Gesamtkosten (nach fünf Jahren)

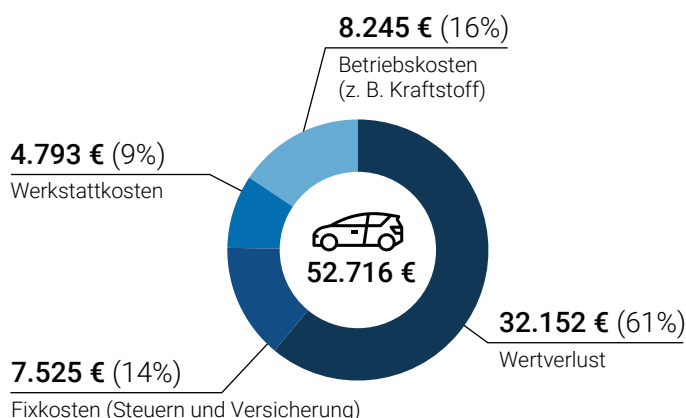


Abb. 5: Gesamtkosten von Pkw (Verbrenner und Elektrofahrzeuge)

Medianwerte für alle im Juli 2021 in Deutschland verfügbaren Neuwagen; Kosten nach fünf Jahren bei 15.000 km jährlicher Fahrleistung.

Quelle: eigene Darstellung auf Basis von Agora Verkehrswende (2021)

¹³ ADAC (2024)

Ein weiterer Grund für die geringeren Betriebskosten bei Elektroautos ist die Befreiung von der Kfz-Steuer. Die Steuerbefreiung gilt dabei für bis zu 10 Jahre und wird längstens bis zum 31. Dezember 2030 gewährt, wobei die Erstzulassung bis Ende 2025 erfolgen muss (siehe § 3 KraftStG). Daran anschließend wird die zu zahlende Kraftfahrzeugsteuer um 50 Prozent ermäßigt (siehe § 9 Abs. 2 KraftStG).

Der Kostenvorteil wird in den kommenden Jahren aufgrund der durch die CO₂-Bepreisung zu erwartenden Preissteigerungen bei Diesel und Benzin voraussichtlich weiter zunehmen. Die laufenden Kosten von Elektroautos können durch die Verwendung von selbst erzeugtem Strom aus einer PV-Anlage nochmals deutlich verringert werden. Zudem können Halterinnen und Halter von Elektrofahrzeugen über die Treibhausgas-Minderungsquote am Quotenhandel teilnehmen und eine finanzielle Prämie für das Senken der Emissionen erhalten.¹⁴



Zum Vertiefen:

Fuhrparkplattform: Die Elektrifizierung von Fahrzeugflotten spielt eine zentrale Rolle für nachhaltige Mobilität und für das Erreichen der Klimaziele. Zu diesem Zweck stellt die KEA-BW Kommunen und Unternehmen eine innovative digitale Fuhrparkplattform zur Verfügung. Die Fuhrparkplattform bietet unter anderem ein Fuhrparkanalyse-Tool zur Ermittlung von Elektrifizierungspotenzialen in Fahrzeugflotten, einen Marktüberblick über batterieelektrische und Plug-In-Hybridfahrzeuge und einen Kostenrechner zur Ermittlung der Investitionskosten für Ladeinfrastrukturprojekte.



www.kea-bw.de

Kostenvergleich Elektroauto, Benziner oder Diesel: Unter anderem der ADAC bietet einen Kostenvergleich. In der Berechnung sind Kaufpreis, Wertverlust, Kraftstoff- und Schmierstoffkosten, Haftpflicht- und Vollkaskoversicherung sowie Kfz-Steuer berücksichtigt.



www.adac.de

Die tatsächlichen Kosten des Autofahrens sind erheblich höher als oftmals angenommen:

So hat ein Forscher*innen-Team in einer Studie errechnet, dass ein Opel Corsa über ein komplettes Autoleben von 50 Jahren mit 15.000 Kilometer jährlicher Fahrleistung 599.082 Euro kosten würde. Diese Kosten trägt jedoch nicht nur der Autofahrende allein. Sie belasten auch die Gesellschaft, denn berücksichtigt sind dabei auch externe Kosten wie Luftverschmutzung, die verbrauchten Flächen und die Instandhaltung der notwendigen Infrastruktur. Der Anteil der Gesellschaft an den Gesamtkosten liegt bei 41 Prozent. Jährlich entspräche das bei einem Opel Corsa ca. 4.700 Euro.



www.sciencedirect.com

¹⁴) Stiftung Warentest (2023)

4. Gebrauchte Elektroautos – eine gute Entscheidung?

Im noch jungen Markt der gebrauchten Elektroautos bewegt sich etwas: Das Angebot wird größer und die Preise sinken.

Auch wenn der Gebrauchtwagenmarkt der Elektroautos im Vergleich zu den Verbrennern noch klein ist, wächst er beständig. So ist beispielsweise der Anteil von Elektroautos am gesamten Gebrauchtwagenangebot auf AutoScout24 von 1,8 Prozent im Jahr 2021 auf 5,4 Prozent im Jahr 2023 gestiegen.¹⁵ Diese Entwicklung spiegelt sich auch in den Besitzumschreibungen wider, die eine Zulassung des Fahrzeugs auf eine neue Halterin oder einen neuen Halter bedeuten. Hier zeigt Abbildung 6, dass die Besitzumschreibungen zwischen Februar 2023 und Februar 2024 um 120 Prozent gestiegen sind. Im Vergleich dazu sind Besitz-Umschreibungen von Benzinern im gleichen Zeitraum nur um 15 Prozent gestiegen, wenn auch auf höherem Gesamtniveau.¹⁶

Die Anzahl an verfügbaren Elektrofahrzeugen auf dem Gebrauchtwagenmarkt steigt also stetig. Die Gründe dafür sind unter anderem, dass ab dem Baujahr 2019 viele alltagstaugliche Elektroautos auf den Markt gekommen sind. Diese Fahrzeuge wurden in hohen Stückzahlen verkauft und kommen nun als junge Gebrauchte oder als Leasing-Rückläufer in einem Alter von 2 bis 4 Jahren auf den Gebrauchtwagenmarkt.¹⁷

Gleichzeitig sinken die Preise für gebrauchte Elektrofahrzeuge. Das hat vor allem zwei Gründe. Zum einen sorgt das wachsende Angebot für sinkende Preise. Zum anderen gab es zum Teil deutliche Preisreduzierungen im Neuwagensegment, die sich jetzt auch auf dem Gebrauchtwagenmarkt widerspie-

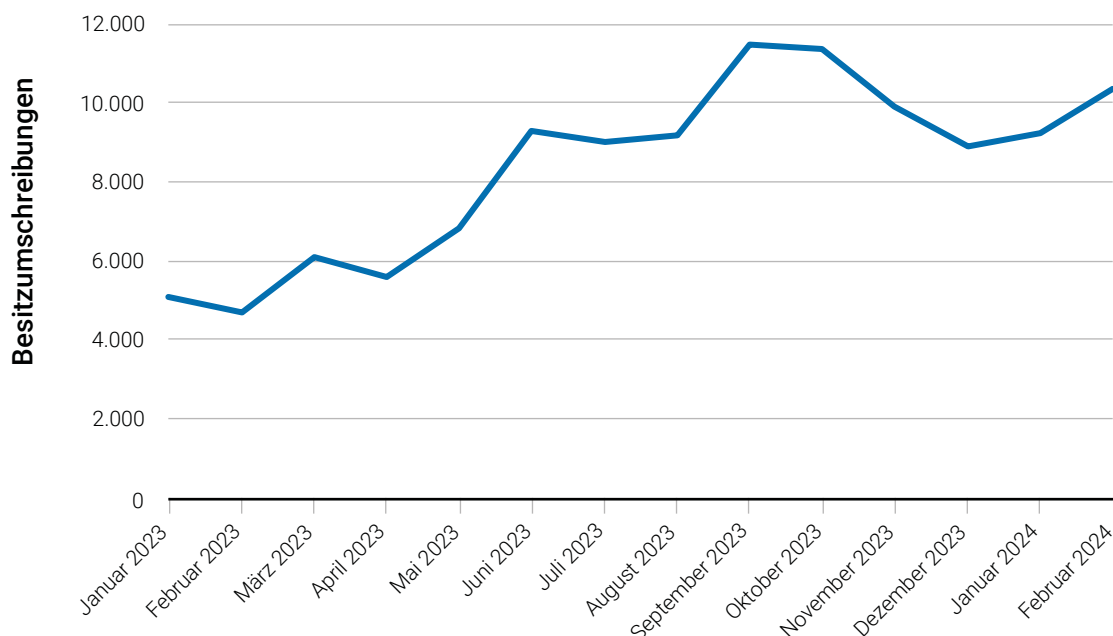


Abb. 6: Entwicklung von Besitzumschreibungen bei Elektroautos zwischen 2023 und 2024

In der Abbildung werden die Besitzumschreibungen von batterieelektrischen Fahrzeugen dargestellt. Die Besitzumschreibung ist eine Zulassung des Fahrzeugs auf einen neuen Halter.

Quelle: eigene Darstellung auf Basis von KBA-Daten (2024)

¹⁵ AutoScout24 (2024)

¹⁶ KBA (2024)

¹⁷ ADAC (2023)

geln.¹⁸ So berichtet das Handelsblatt, dass die Durchschnittspreise der Elektrofahrzeuge 2023 über alle Segmente hinweg um mehr als ein Viertel gesunken sind.¹⁹

Für potenzielle Käuferinnen und Käufer werden Elektrofahrzeuge auf dem Gebrauchtwagenmarkt damit zunehmend attraktiv, da mehr Autos verfügbar sind und die Gebrauchtwagenpreise oftmals auf dem Niveau vergleichbarer Verbrenner liegen. Zudem verfügen Elektroautos im Vergleich zu Verbrennerfahrzeugen bei Motor und Antriebsstrang aufgrund eines einfacheren technischen Aufbaus über deutlich weniger Teile, die aufgrund von Verschleiß ersetzt werden müssen.²⁰

Da die Batterie das wichtigste und teuerste Bauteil eines Elektrofahrzeugs ist, haben viele Käuferinnen und Käufer Sorgen über den Zustand der Batterie bei Gebrauchtwagen. Die gute Nachricht ist, dass die Batterien eine hohe Lebensdauer aufweisen und die Hersteller lange Garantien bieten. Mit wenigen Ausnahmen geben die Hersteller aktuell eine Batteriegarantie von acht Jahren und 160.000 Kilometern.²¹ Die Langlebigkeit wird auch durch Langzeittests von Elektrofahrzeugen auf der Straße nachgewiesen. So zeigt eine Studie, die sich auf die Daten von 15.000 Elektrofahrzeugen in den USA stützt, eine hohe Lebensdauer der Batterien von Elektrofahrzeugen. Die meisten haben nach 160.000 Kilometern noch 90 Prozent ihrer ursprünglichen Kapazität.²² Zudem bieten manche Hersteller von Elektrofahrzeugen oder Unternehmen Batterie-Zertifikate an, die den Gesundheitszustand der Batterie objektiv nachweisen.^{23 24}



Zum Vertiefen:

Warum kann ein Batterie-Zertifikat sinnvoll sein?

Die Batterie ist das teuerste Bauteil in einem Elektroauto. Deswegen können Batterie-Zertifikate beim Kauf von gebrauchten Elektroautos Sicherheit und Transparenz bieten. Das Batterie-Zertifikat informiert über den Gesundheitszustand der Batterie, auch bekannt als State of Health (SoH), sowie die daraus resultierende Reichweite. Der SoH ist entscheidend für die Funktionalität und Leistungsfähigkeit von Elektrofahrzeugen. Ein niedrigerer SoH bedeutet eine reduzierte Reichweite und mögliche Einschränkungen beim Schnellladen.

Es gibt verschiedene Anbieter für Batterie-Zertifikate: Prüforganisationen wie der TÜV Rheinland und Dekra, Anbieter wie Aviloo oder der ADAC und manche Autohersteller selbst stellen Zertifikate aus. Weitere Informationen gibt es z. B. beim Online-Fahrzeugmarkt mobile.de oder beim ADAC.



www.adac.de



www.mobile.de

18) ADAC (2023)
19) Handelsblatt (2024)
20) ADAC (2023)

21) ADAC (2022)
22) Recurrent (2024)
23) ADAC (2022)
24) AUTO BILD (2024)

5. Schränken mich Ladedauer und Reichweite von Elektroautos ein?

Elektrofahrzeuge haben in Bezug auf Reichweite und Ladedauer erhebliche Fortschritte gemacht. Die Realität zeigt, dass sie bereits heute eine praktikable Option für viele Fahrerinnen und Fahrer sind, und die Reichweite einem Vielfachen der durchschnittlichen Tagesstrecke entspricht.

Die Reichweite von Elektrofahrzeugen hat sich dank technologischer Entwicklungen in den letzten Jahren erheblich verbessert. Dabei können die meisten modernen Modelle mit einer einzigen Akkuladung zwischen 200 und 500 Kilometer zurücklegen. Der Spitzenwert liegt aktuell bei 790 Kilometern.²⁵ Fahrzeuge mit bis zu 1.000 Kilometer Reichweite sind in der Entwicklung.²⁶ Der Reichweitenvorsprung von Verbrennern verringert sich also. Dieser Fortschritt ist auf die Entwicklung leistungsfähigerer Batterien zurückzuführen, die eine höhere Energiedichte bieten. Die Reichweite wird dabei oft nach dem WLTP-Standard gemessen. Dieser Standard steht für „Worldwide harmonized Light vehicles Test Procedure“ und soll unter anderem in einem realistischen Messverfahren die Reichweite von Elektroautos vergleichbar machen. Allerdings ist es wichtig zu beachten, dass die tatsächliche Reichweite neben der Batteriekapazität von weiteren Faktoren abhängt. Insbesondere die Wetterbedingungen²⁷, aber auch der individuelle Fahrstil und

die Nutzung elektrischer Ausstattung wie Heizung oder Klimaanlage beeinflussen die Fahrzeugreichweite.²⁸ So hat beispielsweise der ADAC in einem Test mit verschiedenen Elektroautos bei 0 Grad Außentemperatur einen Mehrverbrauch von 25 bis 31 Prozent gemessen.²⁹ Im Vergleich ist aber ebenfalls zu berücksichtigen, dass der Realverbrauch von Verbrennerfahrzeugen im Schnitt um 14 Prozent höher liegt als die angegebenen Testwerte.³⁰

Eine vollgeladene durchschnittliche Batterie (ca. 40 Kilowattstunden) deckt bei einer durchschnittlichen Tagesstrecke von 36,9 Kilometern³¹ ohne Nachladen den Mobilitätsbedarf für eine Woche. Die meisten Elektrofahrzeuge bieten daher eine mehr als ausreichende Reichweite für den täglichen Gebrauch. Da 93,7 Prozent aller Pendlerstrecken weniger als 50 Kilometer lang sind, bietet das Elektroauto für die allermeisten Nutzungsmuster genügend Reichweite.³² Auch für längere Strecken wird das Angebot

Zum Vertiefen:



abetterrouteplanner.com



www.adac.de

Tool zur Routenplanung: Unter anderem der „A Better Routeplanner“ bietet eine Webseite und App zur Planung von Reisen mit dem Elektroauto. Das eigene Fahrzeugmodell lässt sich auswählen und anhand des Ziels wird dann automatisch ein vollständiger Reiseplan mit Ladestopps ermittelt.

Gibt es die ideale Batteriegröße? Beim Kauf von Elektroautos ist zu bedenken, dass größere Batterien teurer sind und gleichzeitig einen größeren ökologischen Rucksack haben. Gleichzeitig sorgt die größere Batterie für Mehrgewicht und einen höheren Energieverbrauch beim Fahren. Für kürzere Strecken bieten sich deswegen Elektroautos mit kleineren Akkus an. Mehr Informationen gibt es zum Beispiel beim ADAC.



25) Carwow (2024)

26) Auto Motor Sport (2022)

27) ICCT (2023)

28) Merkur tz (2022)

29) ADAC (2023)

30) ICCT (2024)

31) Moto Integrator (2022)

32) Statistisches Bundesamt (2022)

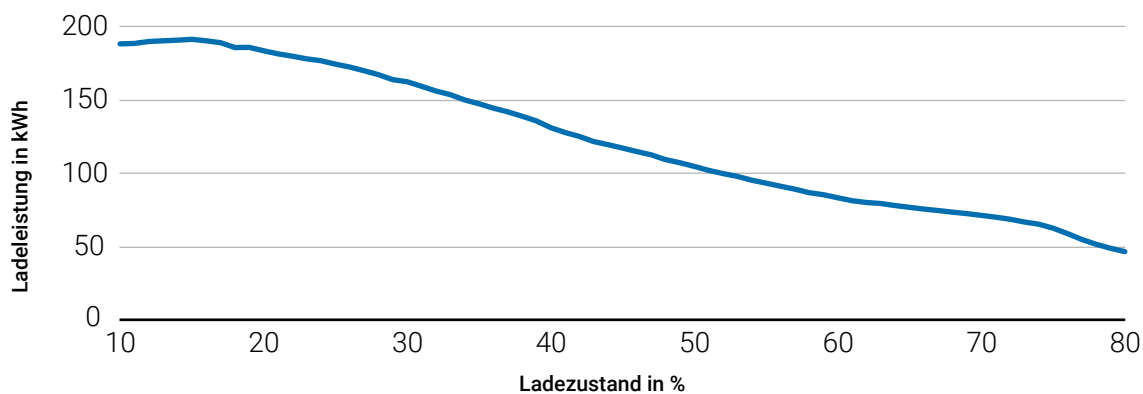


Abb. 7: Ladekurve eines Tesla Model Y an einem 300 kW HPC-Ladepunkt

Die mittlere Ladeleistung beträgt 91,5 kW.

Quelle: eigene Darstellung auf Basis von Daten des ADAC (2024)

für Schnellladeinfrastruktur immer weiter verdichtet. Bereits jetzt wird die EU-Vorgabe erfüllt, die bis 2025 einen Schnellladepunkt alle 60 Kilometer entlang der Autobahn vorschreibt.³³

Die Ladedauer von batterieelektrischen Fahrzeugen hat sich ebenfalls deutlich verkürzt. Moderne Elektrofahrzeuge sind häufig mit Schnellladesystemen ausgestattet, die es ermöglichen, die Batterien in kurzer Zeit aufzuladen. Schnellladestationen mit hoher Leistung sind in städtischen Gebieten und

entlang von Autobahnen häufiger verfügbar. Diese ermöglichen es den Fahrerinnen und Fahrern, ihre Fahrzeuge in wenigen Minuten aufzuladen, was die Praktikabilität und Attraktivität von Elektrofahrzeugen für viele erhöht (siehe Abbildung 8). Außerdem sinkt damit die mögliche Einschränkung von geringen Reichweiten mancher Automodelle. Die Ladedauer hängt dabei maßgeblich von den Faktoren Ladeleistung, Batteriekapazität und Ladezustand ab.³⁴ Mit zunehmendem Ladezustand steigt die Ladedauer bis zur vollständigen Ladung (siehe Abbildung 7).

Nr.	Modell	Fahrreichweite in km nach einer Ladezeit von...*		
		10 min	20 min	30 min
1	Tesla Model Y	142	231	295
2	VW ID.4/ID.5	120	228	309
3	Skoda Enyaq	128	214	278
4	Fiat 500e	87	153	191
5	VW ID.3	131	223	292
6	Audi Q4 e-tron	126	194	259
7	Cupra Born	94	154	200
8	Tesla Model 3	124	222	281
9	BWM iX1	121	220	282
10	Mini Cooper SE	max. 50 kWh, nach 45 min. ca. 150 km		

Abb. 8: Reichweite der Top-10 verkauften Elektroautos 2023 in Deutschland abhängig von der Ladedauer

Die 10 meistverkauften Elektroauto Modelle 2023 in Deutschland und die Fahrreichweite nach 10, 20 und 30 Minuten laden.

*an einem 300 kW HPC-Ladepunkt.

Quelle: eigene Darstellung auf Basis von Daten des ADAC (2024) und der EnBW (2024)

33) BDEW (2023)

34) The Mobility House (2021)

6. Gibt es genug Ladeinfrastruktur?

Es gibt bereits eine Vielzahl an öffentlichen Lademöglichkeiten sowie zahlreiche Förderprogramme von Bund und Ländern mit dem Ziel, den Ausbau der Ladeinfrastruktur weiter zu beschleunigen.

Für eine alltagstaugliche Elektromobilität braucht es eine ausreichende Anzahl von Lademöglichkeiten. Elektroautos können schon jetzt an einer Vielzahl von unterschiedlichen Orten aufgeladen werden: an Normalladepunkten, zu Hause, am Straßenrand, in Tiefgaragen oder an Schnellladestationen, etwa an Autobahnen oder auf Parkplätzen von Geschäften.

Die öffentliche Ladeinfrastruktur wurde in den vergangenen Jahren bereits massiv ausgebaut. Inzwischen sind mit Stand 1. Januar 2024 123.449 öffentliche Ladepunkte (davon 25.233 Schnellladepunkte) in Deutschland verfügbar, von denen 21.812 (davon 3.375 Schnellladepunkte) in Baden-Württemberg installiert sind.³⁵ Das von der Europäischen Union formulierte Ziel von einem Ladepunkt je zehn Elektroautos wird aktuell bei einem Bestand von rund 1,4 Millionen Fahrzeugen bisher noch nicht erreicht. Bundesweite und landesspezifische Förderprogramme und Projekte wie das Deutschlandnetz sollen jedoch helfen, eine entsprechende Bedarfsdeckung zu erreichen.

Die Nationale Organisation Wasserstoff und Brennstoffzellentechnologie (NOW) zeigt in ihrer aktualisierten Studie „Ladeinfrastruktur nach 2025/2030“, dass bei einem Bestand von ca. 17 Millionen Elektroautos im Jahr 2030 (davon ca. 13,4 Millionen batterieelektrische Fahrzeuge (BEV) und 3,2 Millionen Plug-in-Hybridfahrzeuge (PHEV)) mehrere Hunderttausend öffentlich zugängliche Ladepunkte benötigt werden. Gleichzeitig sollen bis dahin über 60 Prozent der privaten Stellplätze am Wohnort mit einem Ladepunkt ausgestattet sein.³⁶

Um den Ausbau der Ladeinfrastruktur zu fördern, regeln europäische und nationale Vorgaben (Europäische Richtlinie über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden „EPBD“ und Gebäude-Elektromobilitätsinfrastruktur-Gesetz „GEIG“) den Ausbau der Leitungs- und Ladeinfrastruktur für die Elektromobilität in neuen und bestehenden Gebäuden. Die Gebäude schließen dabei sowohl Wohngebäude als auch Nicht-Wohngebäude ein. So soll das Laden von Elektrofahrzeugen zu Hause, am Arbeitsplatz oder bei alltäglichen Besorgungen vereinfacht werden.

Zum Vertiefen:



www.adac.de

Tipps zum Laden des Elektroautos: Elektroautos können zu Hause, am Arbeitsplatz, am Supermarkt oder im öffentlichen Raum geladen werden. Dabei stellen sich viele Fragen: Kann das Auto an der Steckdose laden, benötigt man eine Wallbox und welche Stecker funktionieren an der öffentlichen Ladesäule? Unter anderem der ADAC bietet hierzu eine Übersicht mit Antworten auf viele Fragen.



www.dke.de

Was ist bei der Planung, Errichtung und dem Betrieb von Ladeinfrastruktur zu beachten?

Antworten auf diese Frage gibt es z. B. im „Technischen Leitfaden Ladeinfrastruktur Elektromobilität“. Der Leitfaden ist ein gemeinsames Projekt von DKE, BDEW, ZVEH, ZVEI, VDE FNN und VDA.



Wo gibt es überall Ladeinfrastruktur?

Unter anderem die Bundesnetzagentur stellt alle in Deutschland verfügbaren öffentlichen Ladepunkte auf einer Onlinekarte dar.



³⁵) Bundesnetzagentur (2023)

³⁶) Nationale Leitstelle (2020)

7. Reichen Strom und Netzkapazitäten für eine vollständige Elektrifizierung des Pkw-Verkehrs?

Der Strommehrbedarf stellt im Kontext des Gesamtstromverbrauchs keine Hürde für eine vollständige Elektrifizierung des Pkw-Verkehrs in Deutschland dar. Auch das deutsche Stromnetz kann grundsätzlich den Strommehrbedarf decken, wenn die nötigen Investitionen in den lokalen Netzausbau und die Modernisierung des Stromnetzes getätigt werden.

Der Umstieg auf die Elektromobilität geht mit einem Mehrbedarf an Strom einher. Angesichts des Gesamtverbrauchs sowie des langfristigen Übergangszeitraums, stellt dieser Mehrbedarf jedoch nur einen geringen Anteil des Gesamtstrombedarfs dar. So wird prognostiziert, dass Elektrofahrzeuge am Gesamtstromverbrauch 2030 ungefähr 5 Prozent ausmachen werden.

Konsens ist, dass die Hauptproblematik die Netzkapazität betrifft, um das gleichzeitige Laden vieler Elektrofahrzeuge zu gewährleisten. Modellversuche zeigten jedoch, dass nicht alle Elektrofahrzeuge gleichzeitig laden müssen und die Netzkapazitäten auch in Gebieten mit hoher Elektroauto-Dichte ausreichend sind. Der Einsatz von intelligentem Lademanagement ermöglicht Netzbetreibern zudem Eingriffsmöglichkeiten, um Verbrauchsspitzen zu glätten und Engpässe zu vermeiden.³⁷ Studien zeigen, dass die aktuellen Stromnetze bereits für 45 Millionen Elektrofahrzeuge ausreichen würden (vgl. Anfang Januar 2024 waren 49 Millionen Pkw in Deutschland zugelassen³⁸), wenn ein solches Lademanagement implementiert wäre.³⁹ Allerdings ist dafür ein Ausbau des Smart Grids in Deutschland unerlässlich. Dieser ist jedoch aufgrund der Energiewende ohnehin notwendig und verpflichtend.⁴⁰ Um darüber hinaus Engpässe zu vermeiden und die Versorgungssicherheit zu gewährleisten, bedarf es zusätzlicher Investitionen in die

Verteilnetze. Zukünftig könnten Elektrofahrzeuge außerdem mithilfe des bidirektionalen Ladens als flexible Stromspeicher dienen und dazu beitragen, Netzschwankungen auszugleichen, was sie zu einem stabilisierenden Element des Stromnetzes machen würde.^{41 42}

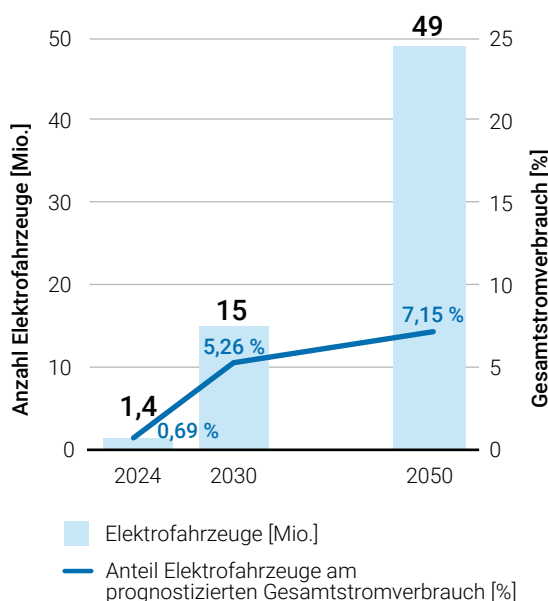


Abb. 9: Prognostizierte Anzahl Elektroautos und deren Anteil am Gesamtstromverbrauch in Deutschland bis 2050

Voraussichtliche Anzahl an Elektrofahrzeugen in den Jahren 2024, 2030 und 2050 und der entsprechende Anteil in Prozent am prognostizierten Gesamtstromverbrauch in Prozent. Die Berechnungen beruhen auf der Annahme, dass ein Pkw jährlich durchschnittlich 13.000 Kilometer fährt und ein Elektroauto im Schnitt 20 Kilowattstunden Strom pro 100 Kilometer verbraucht.

Quelle: eigene Darstellung auf Basis von Daten des KBA (2021), des Umweltbundesamtes (2024) und des Fraunhofer IEE (2020)

37) Netze BW (2019)

38) KBA (2024)

39) ZEIT Online (2019)

40) BMWK (2023)

41) WirtschaftsWoche (2022)

42) Bjørndal et al. (2023)

8. Welche Rolle spielen Rohstoffe bei der Herstellung von Batterien?

Weltweit sind genügend Ressourcen für die Pkw-Elektrifizierung vorhanden. Trotzdem ist der Rohstoffeinsatz mit ökologischen und sozialen Herausforderungen verbunden. Die Entwicklung neuer Technologien, ein geringerer Rohstoffverbrauch, mehr Recycling und die vermehrte Verwendung nachhaltiger Rohstoffe stellen Lösungsansätze dar.

Die wichtigsten Rohstoffe für die Batterien von Elektrofahrzeugen sind aktuell Kobalt für die Energiedichte, Lithium für die Speicherung und Übertragung und Nickel für die Aufnahme und Abgabe der Elektronen.

Die weltweiten Vorkommen dieser Rohstoffe übersteigen deutlich den prognostizierten Bedarf der Elektromobilität, wie Abbildung 10 zeigt.^{43 44}

Trotz der ausreichend vorhandenen Ressourcen ist der Rohstoffabbau häufig mit ökologischen und sozialen Herausforderungen verbunden. Dazu gehören der hohe Wasserverbrauch beim Lithiumabbau, welcher häufig die Landwirtschaft in trockenen Gebieten beeinträchtigt.⁴⁵ So benötigt eine Fahrzeugbatterie von 60 Kilowattstunden Energiegehalt je nach Abbaugbiet eine Wassermenge zwischen 2.400 und 12.000 Litern für

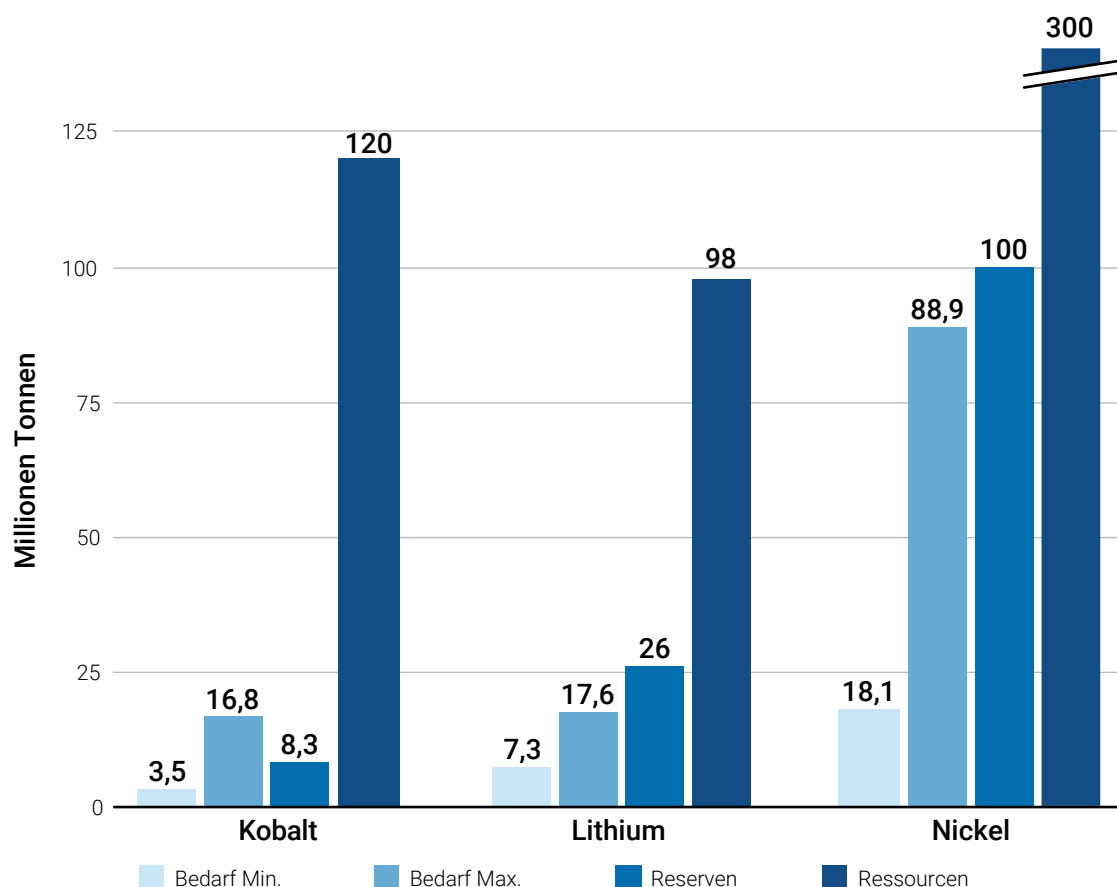


Abb. 10: Rohstoffverfügbarkeit von Kobalt, Lithium und Nickel

Minimaler Bedarf, maximaler Bedarf, aktuelle weltweite Reserven (wirtschaftlich erschlossen) und weltweite Ressourcen (wirtschaftlich nicht erschlossen) Vorkommen in Millionen Tonnen für die Rohstoffe Kobalt, Lithium und Nickel.

Quelle: eigene Darstellung auf Basis von Daten von Xu et al. (2020) und U.S. Geological Survey (2023)

⁴³) Xu et al. (2020)

⁴⁴) U.S. Geological Survey (2023)

⁴⁵) Umweltbundesamt Österreich (2023)

das enthaltene Lithium.⁴⁶ Allerdings haben Fahrzeuge mit einem klassischen Verbrennungsmotor auch einen hohen Wasserverbrauch. Derzeit werden weltweit täglich 17,5 Milliarden Liter Öl verbraucht, wobei für die Förderung 46 Milliarden Liter Wasser benötigt werden.⁴⁷

Seitens der Industrie gab es in den letzten Jahren große Anstrengungen, ihre Umwelt- und Sozialstandards zu verbessern – etwa durch Initiativen zur nachhaltigen Rohstoffversorgung (Responsible Mining)⁴⁸ und einer stärkeren Kontrolle der Lieferanten. Dies wird nun durch die kürzlich verabschiedete EU-Lieferkettenrichtlinie mit einer Sorgfalts- und Verhaltenspflicht für Unternehmen verstärkt und gesetzlich geregelt.⁴⁹ Parallel dazu wird versucht, den Rohstoffbedarf der Batterieproduktion zu senken. Dies kann durch Fortschritte der Produktionstechnik, eine höhere Materialeffizienz sowie durch verstärktes Recycling erreicht werden.^{50 51}

Darüber hinaus gibt es auch Möglichkeiten, die Rohstoffe in den Batterien durch andere Elemente zu ersetzen. So wird beispielsweise an der Entwicklung von Lithium-Eisenphosphat-Batterien (LFP) gearbeitet, die weder Kobalt noch Nickel benötigen und damit weniger starke soziale und ökologische Auswirkungen haben. Stattdessen wird auf die deutlich häufiger vorkommenden Elemente Eisen und Phosphat gesetzt, was zusätzlich den Preis senkt. Darüber hinaus zeigen aktuelle Tests, dass die Batterien eine längere Lebensdauer haben und zusätzlich feuerfest sind, wodurch es deutlich seltener zu Bränden kommt (siehe Kapitel 9).^{52 53}

Einige Hersteller setzen bereits auf die neue LFP-Batterie.⁵⁴ Neuste Entwicklungsfortschritte konnten auch das Problem der etwas geringeren Energiedichte der LFP-Batterien beheben.⁵⁵ Die Natrium-Ionen-Batterie stellt eine weitere Alternative dar. Sie verzichtet auf Lithium, Kobalt und Kupfer, wodurch ökologische und soziale Auswirkungen vermieden werden und die Rohstoffkosten deutlich sinken. Außerdem ist eine vollständige Entladung möglich, wodurch die Lagerung und der Transport sicherer werden und die Brandwahrscheinlichkeit deutlich reduziert wird. Allerdings sind die Energiedichten von Natrium-Ionen-Batterien und damit die Reichweite noch geringer.⁵⁶

Um die Umweltbilanz zu verbessern, kommt der Weiterverwendung der Batterie, nach ihrer Nutzung in Elektrofahrzeugen, eine immer größere Bedeutung zu. Im sogenannten „Second Life“ können Fahrzeugbatterien etwa als stationärer Zwischenspeicher, für die Lastspitzenkappung, zur Netzstabilisierung oder zur Pufferung an Ladesäulen verwendet werden. Dies verlängert die Lebensdauer der Batterien und erhöht die Effizienz der verwendeten Rohstoffe.^{57 58} Ab einer Restkapazität der Batterie von etwa 70 bis 80 Prozent ist eine Nutzung als stationärer Speicher sinnvoll. Entsprechende Tests haben gezeigt, dass eine Batterie im „Second Life“ nochmals bis zu 10 Jahre genutzt werden kann, wodurch die Gesamtlebensdauer verdoppelt wird. Der Markt für eine solche Weiterverwendung der Batterien wird in den nächsten Jahren parallel zum Hochlauf der Elektromobilität stark wachsen.⁵⁹

46) Deutsche Rohstoffagentur (2023)

47) Mobility House (2020)

48) InitiativeIRMA (2024)

49) Bundesministerium für Arbeit und Soziales (2024)

50) Vulcan Energie (2024)

51) Initiative IRMA (2024)

52) EnBW (2023)

53) Pozzato et al. (2024)

54) Golem (2022)

55) SVOLT (2024)

56) Cleantanking (2023)

57) DB Bahnbau Gruppe (2024)

58) EnBW (2022)

59) Agentur für Erneuerbare Energien (2023)

Gelangt die Batterie nach Ihrem „Second Life“ an ihr Lebensende, kann sie recycelt werden. Das Recycling von Batterien ist zwar noch in der Entwicklung, jedoch schreitet der Ausbau der Kapazitäten stetig voran.⁶⁰ Aufgrund der stark zunehmenden Bedeutung der Elektromobilität wird derzeit aktive Batterieindustriepolitik betrieben⁶¹ und der Aufbau von Batterie-Recyclinganlagen in hohem Maße gefördert.⁶² Die kürzlich in Kraft getretene EU-Verordnung zum Batterie-Recycling verschärft zudem die Nachhaltigkeits- und Recycling-Vorschriften und stärkt zugleich die Wettbewerbsfähigkeit der europäischen Industrie.⁶³

Außerdem darf ein wichtiger Aspekt des Rohstoffverbrauchs nicht vergessen werden: Das Erdöl für Verbrennungsmotoren wird endgültig verbraucht, wobei klimaschädliches Kohlenstoffdioxid entsteht. Umgekehrt können dagegen viele Rohstoffe einer Batterie am Lebensende recycelt und wiederverwendet werden. Pro Fahrzeugbatterie gehen aktuell 30 Kilogramm nicht recyclingfähige Rohstoffe verloren. Ein Verbrenner-Fahrzeug verbraucht hingegen etwa 17.000 Liter Benzin über seine Nutzungsdauer und damit das 300- bis 400-fache der Masse (siehe Abbildung 11).⁶⁴ Zudem birgt die Erdölförderung ein hohes Risiko für die Umwelt. Bereits ein Tropfen Erdöl verunreinigt bis zu 100 Liter Wasser.⁶⁵

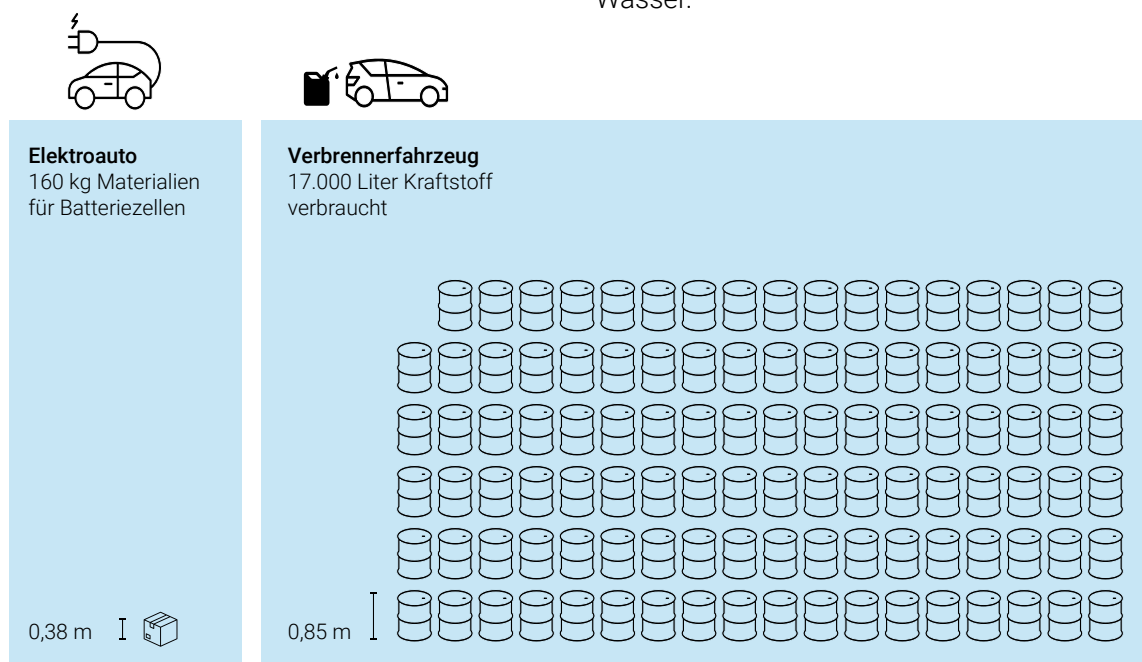


Abb. 11: Ressourcenverbrauch über die gesamte Lebensdauer: Elektroauto vs. Verbrenner

Quelle: eigene Darstellung auf Basis von Transport & Environment (2021)

60) Fraunhofer-ISI (2021)
61) Europäischer Rechnungshof (2023)
62) EUWID (2023)
63) E-mobil BW (2023)

64) Transport & Environment (2021)
65) DENIOS (2024)

9. Sind Elektroautos so sicher wie Verbrenner?

Elektrofahrzeuge müssen strenge Sicherheitsanforderungen erfüllen und unterscheiden sich hinsichtlich der Gefährdungsbeurteilung nicht von Verbrennerfahrzeugen.

Grundsätzlich kann zwar nicht vollständig ausgeschlossen werden, dass ein Fahrzeug aufgrund eines Defekts in Brand gerät – dies gilt aber für Elektrofahrzeuge und Verbrenner gleichermaßen. Empirisch gibt es bislang keine Hinweise darauf, dass bei Elektrofahrzeugen mit oder ohne Unfalleinwirkung eine höhere Brandgefahr als bei Verbrennerfahrzeugen besteht. Im Gegenteil: Nach Angaben des Versicherungsunternehmens AutoinsuranceEZ aus den USA brennen pro 100.000 verkauften Fahrzeugen 1.530 Verbrenner, aber nur 25 Elektrofahrzeuge.⁶⁶

Jedes zugelassene Fahrzeug muss gesetzliche Sicherheitsanforderungen erfüllen, die unabhängig von der Antriebsart gelten. Speziell für Elektrofahrzeuge gilt, dass die elektrischen Komponenten „eigensicher“ ausgelegt sein müssen. Dies bedeutet, dass der Stromfluss zwischen Batterie und anderen elektronischen Komponenten binnen Millisekunden unterbrochen wird, sobald im System ein Defekt erkannt wird, etwa bei einem Unfall.

Im Falle eines Brandes hängt dessen Intensität vor allem von den verbauten Materialien ab. Eine Untersuchung der Schweizerischen Eidgenössischen Material- und Prüfanstalt (EMPA) zeigte, dass Elektrofahrzeuge grundsätzlich nicht intensiver brennen als

herkömmliche Fahrzeuge.⁶⁷ Der in modernen Fahrzeugen jeglicher Antriebsart deutlich gestiegene Anteil an Kunststoffen ist ausschlaggebend für eine höhere Rauch- und Wärmefreisetzung im Vergleich zu frühen Fahrzeuggenerationen.⁶⁸

Laut des Deutschen Feuerwehrverbands unterscheiden sich Elektrofahrzeuge hinsichtlich der Gefährdungsbeurteilung bezüglich Unfall-Folgebränden insgesamt jedoch nicht von vergleichbaren Verbrennerfahrzeugen.⁶⁹ Auch in Crashtests schneiden Elektrofahrzeuge trotz ihres höheren Gewichts durch die verbauten schweren Batterien genauso gut ab wie vergleichbare Verbrenner. In unterschiedlichen Testszenarien überzeugten Elektrofahrzeuge sowohl den ADAC als auch auf europäischer Ebene das European New Car Assessment Programme (Euro NCAP) mit bestmöglichen Testergebnissen.⁷⁰

Auch hinsichtlich ihrer allgemeinen Zuverlässigkeit können Elektrofahrzeuge laut der Pannenstatistik des ADAC nach aktuellem Kenntnisstand überzeugen.⁷¹ Aufgrund des technisch erheblich einfacheren Aufbaus von Elektromotor und Antriebsstrang zeigen sich Elektrofahrzeuge bezogen auf den Antrieb deutlich weniger pannen anfällig als Verbrennerfahrzeuge.

66) AutoinsuranceEZ (2023)

67) EMPA (2020)

68) ADAC (2024b)

69) AGFBund (2018)

70) Euro NCAP (2024)

71) ADAC (2024a)

10. Welche Auswirkungen hat Elektromobilität auf den Wirtschaftsstandort Deutschland?

Mit Blick auf die Entwicklung im Weltmarkt ist die Umstellung auf elektrische Antriebe Grundvoraussetzung für eine anhaltende Wettbewerbsfähigkeit der deutschen und baden-württembergischen Automobilindustrie. Sie ist mit großen strukturellen Veränderungen im Arbeitsmarkt verbunden.

Mit klaren politischen Bekenntnissen, einem passenden regulatorischen Rahmen und entschlossenem Handeln der Wirtschaft bieten sich mit dieser Transformation jedoch vielfältige Chancen.

Wie in Kapitel 1 aufgezeigt wird, ist der Wechsel auf Elektromobilität essenziell, um die nationalen und landesweiten Klimaschutzziele umzusetzen. Der Wandel zur Elektromobilität wirft eine zentrale ökonomische Frage auf: Was bedeutet dies für den Wirtschaftsstandort Deutschland und insbesondere für Baden-Württemberg? In Baden-Württemberg sind rund 217.000 Beschäftigte direkt der Automobilindustrie zuzurechnen. Damit ist die Automobilindustrie der zweitgrößte industrielle Arbeitgeber in Baden-Württemberg und ist mit rund 135 Milliarden Euro (2022) zudem die umsatzstärkste Branche.⁷²

Die Transformation der Automobilindustrie stellt sowohl eine Herausforderung als auch eine Chance dar. Zum einen erfordert sie erhebliche Investitionen. Zum anderen bietet sie die Chance, dass sich Baden-Württemberg als Standort für Elektromobilität und autonomes Fahren etablieren kann.⁷³ Dabei gehen verschiedene Studien davon aus, dass Fahrzeughersteller ihre Gewinne nur dann signifikant steigern können, wenn sie schon heute auf die Transformation zur Elektromobilität setzen. Dies wird deutlich, wenn der prognostizierte weltweite Pkw-Absatz bis 2040 betrachtet wird. So werden 2040 voraussichtlich rund drei Viertel aller neu

verkauften PKW mit batterieelektrischem Antrieb ausgestattet sein. Dabei handelt es sich vermutlich um circa 110 Millionen Fahrzeuge. 2021 waren es mit ungefähr 4,7 Millionen Elektrofahrzeugen noch nicht einmal 7 Prozent.⁷⁴ Deutsche Automobil-Unternehmen können sich keinen nationalen Alleingang leisten, da 76 Prozent der Produktion exportiert werden.⁷⁵

Werden die Auswirkungen der Transformation der Automobilwirtschaft auf die Zahl der Arbeitsplätze betrachtet, zeigen Studien, dass der Wandel nur geringe Auswirkungen darauf hat. Es besteht sogar das Potenzial eines leichten Jobwachstums. Jedoch verbergen sich hinter dem Saldo große Umbrüche, da sich die Art der Beschäftigung grundlegend ändert. Tendenziell wird es in der klassischen Automobilindustrie zu einem Beschäftigungsabbau kommen, während die Batterieproduktion und der Sektor Ladeinfrastruktur von einem Aufbau von Arbeitsplätzen profitiert. Für eine erfolgreiche Transformation ist es dabei entscheidend, dass diese entschlossen angegangen und durch politische Ziele sowie einen regulatorischen Rahmen unterstützt wird. Dann geht die hiesige Automobilwirtschaft gestärkt aus dem Wandel hervor.⁷⁶

⁷²) Baden-Württemberg International GmbH (2021)
⁷³) E-Mobil BW (2023)

⁷⁴) Agora Verkehrswende (2023)
⁷⁵) VDA (2024)
⁷⁶) Agora Verkehrswende (2021)

Zusammenfassend stellt ein konsequenter und schneller Hochlauf der Elektromobilität neben den Vorteilen für den Klimaschutz auch Chancen für die Automobilwirtschaft dar.

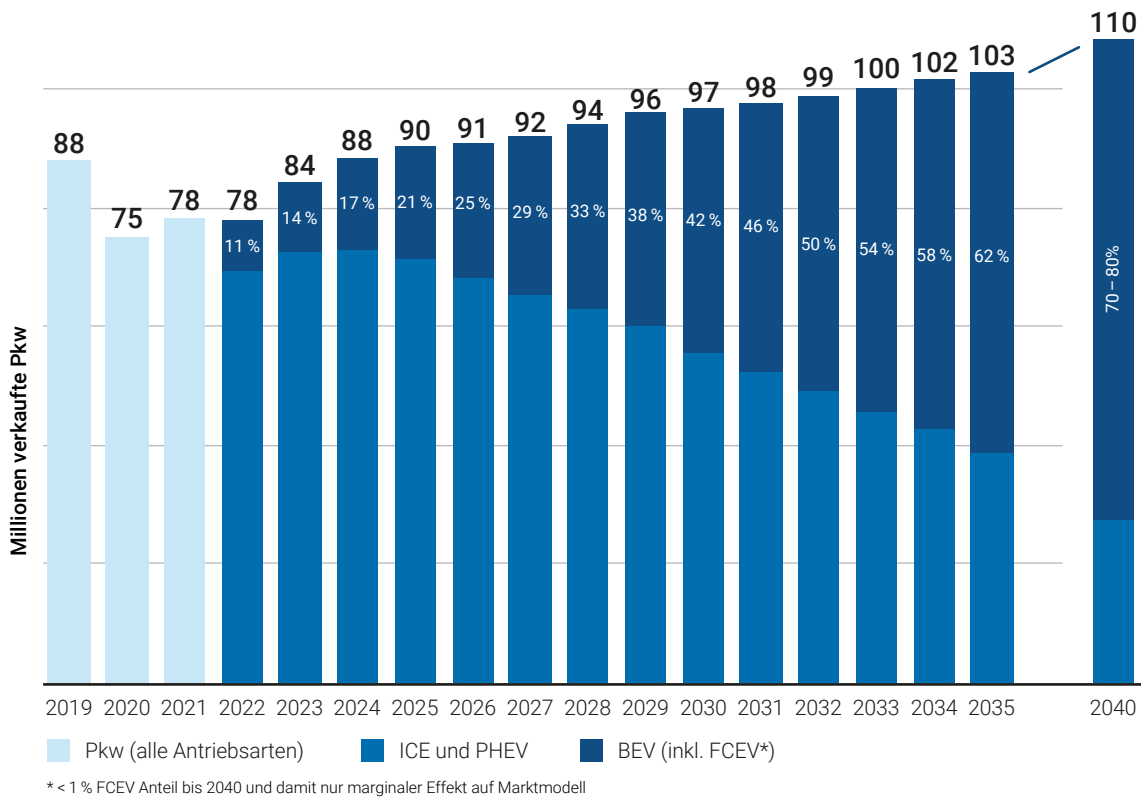


Abb. 12: Prognostizierter weltweiter Pkw-Absatz bis 2040 nach Antriebsart

Quelle: eigene Darstellung auf Basis von Daten der Agora Verkehrswende (2023)

Literaturverzeichnis

Einleitung

Agora Verkehrswende, Mit der Verkehrswende die Mobilität von morgen sichern. 12 Thesen zur Verkehrswende, 2017, abrufbar unter: https://www.agora-verkehrswende.de/fileadmin/Projekte/2017/12_Thesen/Agora-Verkehrswende-12-Thesen_WEB.pdf, zuletzt aufgerufen am 27.05.2024.

International Organization of Motor Vehicle Manufacturers (OICA), World vehicles in use (in thousand units), 2020, <https://www.oica.net/wp-content/uploads/PC-World-vehicles-in-use-2020.pdf>, zuletzt aufgerufen am 27.05.2024.

Statistisches Landesamt Baden-Württemberg, Entwicklung der Treibhausgas-Emissionen in Baden-Württemberg 2022, Statistisches Monatsheft Baden-Württemberg 10/2023, abrufbar unter: <https://www.statistik-bw.de/Service/Veroeff/Monatshefte/20231006>, zuletzt aufgerufen am 27.05.2024.

1. Sind Elektroautos klimafreundlicher als Verbrenner?

Deutsche Gesellschaft für Pneumologie und Beatmungsmedizin, Atmen: Luftschadstoffe und Gesundheit, 2018, abrufbar unter: <https://pneumologie.de/file-download/24>, zuletzt aufgerufen am 27.05.2024.

Frauenhofer-Institut für Solare Energiesysteme – „Energy-Charts“, abrufbar unter: https://www.energy-charts.info/charts/renewable_share/chart.htm?l=de&c=DE, zuletzt aufgerufen am 27.05.2024.

Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg, Neukauf eines Elektro-Pkw oder Weiternutzung des alten Verbrenners? Ein Vergleich der Klimawirkung aus verschiedenen Bilanzierungsperspektiven, ifeu paper 02/2023, 2023, abrufbar unter: https://www.ifeu.de/fileadmin/uploads/ifeu_paper/ifeu_paper_02-2023_-_Umstieg_auf_Elektro-Pkw_rev02-2024.pdf, zuletzt aufgerufen am 27.05.2024.

International Council on Clean Transportation, A global comparison of the lifecycle greenhouse gas emissions of combustion engine and electric passenger cars, 2021, abrufbar unter: <https://theicct.org/wp-content/uploads/2021/07/Global-Vehicle-LCA-White-Paper-A4-revised-v2.pdf>, zuletzt aufgerufen am 27.05.2024.

Wothge, Niemann, Gesundheitliche Auswirkungen von Umgebungslärm im urbanen Raum, Bundesgesundheitsblatt 2020, 63:987-996, 02.07.2020, abrufbar unter: <https://doi.org/10.1007/s00103-020-03178-9>, zuletzt aufgerufen am 27.05.2024.

2. Sind Elektroautos effizienter als Verbrenner?

Agora Energiewende, Die zukünftigen Kosten strombasierter synthetischer Brennstoffe, 2018, abrufbar unter: https://www.agora-energiewende.de/fileadmin/Projekte/2017/SynKost_2050/Agora_SynCost-Studie_WEB.pdf, zuletzt aufgerufen am 27.05.2024.

Agora Verkehrswende, Klimabilanz von strombasierten Antrieben und Kraftstoffen, Dezember 2019, abrufbar unter: https://www.agora-verkehrswende.de/fileadmin/Projekte/2019/Klimabilanz_Batteriefahrzeugen/32_Klimabilanz_strombasierten_Antrieben_Kraftstoffen_WEB.pdf, zuletzt abgerufen am 10.06.2024

Deutsche Umwelthilfe, 10 Fakten zur Umweltverträglichkeit von Elektrofahrzeugen, Januar 2024, abrufbar unter: https://www.duh.de/fileadmin/user_upload/download/Projektinformation/Kreislaufwirtschaft/Batterien/240130_Umweltvertraeglichkeit_Elektrofahrzeuge_FINAL.pdf, zuletzt abgerufen am 11.06.2024

e-mobil BW, Datenmonitor – Die Wirkungsgrade strombasierter und biogener Kraftstoffe, abrufbar unter: <https://www.e-mobilbw.de/service/datencenter>, zuletzt abgerufen am 10.06.2024

BMUV, Effizienz und Kosten: Lohnt sich der Betrieb eines Elektroautos?, 2021, abrufbar unter: <https://www.bmuv.de/themen/verkehr/elektromobilitaet/effizienz-und-kosten>, zuletzt aufgerufen am 27.05.2024.

Spektrum der Wissenschaft, Lexikon der Physik – Elektroauto, 2000, abrufbar unter: <https://www.spektrum.de/lexikon/physik/elektroauto/3986>, zuletzt aufgerufen am 27.05.2024.

3. Sind Elektroautos oder Verbrenner günstiger?

Agora Verkehrswende, E-Auto-Kostencheck, Dezember 2021, abrufbar unter: https://www.agora-verkehrswende.de/fileadmin/Projekte/2021/E-Auto-Kostencheck/Agora-Verkehrswende_E-Auto-Kostencheck.pdf, zuletzt abgerufen am 10.06.2024

ADAC, ADAC Kostenvergleich: Elektrofahrzeuge und PlugIn-Hybride mit Benzinern und Dieselfahrzeugen, April 2024, abrufbar unter: <https://assets.adac.de/Autodatenbank/Autokosten/E-AutosVergleich.pdf>, zuletzt aufgerufen am 27.05.2024.

Stiftung Warentest, Mit dem E-Auto Geld verdienen – so gehts, 18.10.2023, abrufbar unter: <https://www.test.de/THG-Quote-mit-dem-E-Auto-Geld-verdienen-5848186-0/>, zuletzt aufgerufen am 27.05.2024.

4. Gebrauchte Elektroautos – eine gute Entscheidung?

ADAC, Elektroauto-Batterie: Lebensdauer, Garantie, Reparatur, 25.10.2022, abrufbar unter: <https://www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/elektromobilitaet/laden/elektroauto-batterie/>, zuletzt aufgerufen am 27.05.2024.

ADAC, Ein Elektroauto gebraucht kaufen? Das sollten Sie wissen!, 09.11.2023, abrufbar unter: <https://www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/elektromobilitaet/elektroauto/elektroautos-gebraucht-kaufen/>, zuletzt aufgerufen am 27.05.2024.

AUTO BILD, E-Autos: Batteriepass für den Akku gibt Sicherheit beim Gebrauchtkauf – Wie ein Batteriezertifikat den Wert von E-Autos steigert, 14.05.2024, abrufbar unter: <https://www.autobild.de/artikel/elektroauto-akku-batteriepass-22698055.html>, zuletzt aufgerufen am 27.05.2024.

AutoScout24, Preise, Marktwachstum, Ländervergleich: Deutschlands E-Auto Gebrauchtwagenmarkt, 10.01.2024, abrufbar unter: <https://www.autoscout24.de/elektroauto-berater/news-umfragen/e-auto-gebrauchtwagenmarkt/>, zuletzt aufgerufen am 27.05.2024.

Handelsblatt, Gebrauchte Elektroautos verlieren immer stärker an Wert, 07.02.2024, abrufbar unter: <https://www.handelsblatt.com/unternehmen/industrie/elektroauto-preise-gebrauchte-elektroautos-verlieren-immer-staerker-an-wert/100009697.html>, zuletzt aufgerufen am 27.05.2024.

Kraftfahrt-Bundesamt (KBA), Besitzumschreibungen von Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhängern (FZ 9), Monatsergebnisse Februar 2023 bis Februar 2024, abrufbar unter: https://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Besitzumschreibungen/Monatsergebnisse/monatsergebnisse_u_node.html;jsessionid=5301AB4364BDB5C3B7E469CFD6AF4956.live!11314, zuletzt aufgerufen am 27.05.2024.

Recurrent, New Updates: How Long Do Electric Car Batteries Last?, 20.05.2024, abrufbar unter: <https://www.recurrentauto.com/research/how-long-do-ev-batteries-last>, zuletzt aufgerufen am 27.05.2024.

5. Schränken mich Ladedauer und Reichweite von Elektroautos ein?

ADAC, Elektroauto: Gibt es die ideale Batteriegröße, 15.12.2023, abrufbar unter: <https://www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/elektromobilitaet/elektroauto/elektroauto-batterie-groesse/>, zuletzt aufgerufen am 28.05.2024.

ADAC, Schnellladen Elektroauto: Die besten Modelle für die Langstrecke, 11.04.2024, abrufbar unter: <https://www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/elektromobilitaet/laden/schnellladen-langstrecke-ladekurven/>, zuletzt aufgerufen am 28.05.2024.

Auto Motor Sport, Nio ET7 Elektro-Limousine, 24.11.2022, abrufbar unter: <https://www.auto-motor-und-sport.de/elektroauto/nio-et7-elektrolimousine-1000-km-reichweite-preis/#:~:text=Nio%20plant%20bis%20zu%201.000%20km%20Reichweite&text=Das%20Basismodell%20kommt%20mit%20einem,mehr%20als%201.000%20Kilometern%20erm%C3%B6glichen>, zuletzt aufgerufen am 28.05.2024.

Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft (BDEW), BDEW Elektromobilitätsmonitor 03/2023, November 2023, abrufbar unter: https://www.bdew.de/media/documents/BDEW_Elektromobilit%C3%A4tsmonitor_3_2023_final_korrigiert.pdf, zuletzt aufgerufen am 28.05.2024.

Carwow, Top 10 E-Autos 2024 mit großer Reichweite – Welches Elektroauto kommt am weitesten?, 25.04.2024, abrufbar unter: <https://www.carwow.de/ratgeber/elektroauto/top-10-e-autos-2020-elektroautos-mit-der-groessten-reichweite>, zuletzt aufgerufen am 28.05.2024.

EnBW, Verkaufszahlen E-Autos: Das sind die meistverkauften Stromer 2023, 07.03.2024, abrufbar unter: <https://www.enbw.com/blog/elektromobilitaet/fahren/verkaufszahlen-e-autos-2023-die-10-top-modelle/>, zuletzt aufgerufen am 28.05.2024.

International Council on Clean Transportation (ICCT), Getting real: Your EV's real-world range and emerging best practices, 11.05.2023, abrufbar unter: <https://theicct.org/evs-china-getting-real-range-may23/>, zuletzt aufgerufen am 28.05.2024.

International Council on Clean Transportation (ICCT), On the way to 'real-world' CO₂ values? The European passenger car market after 5 years of WLTP, 30.01.2024, abrufbar unter: <https://theicct.org/publication/real-world-CO2-emission-values-vehicles-Europe-jan24/>, zuletzt aufgerufen am 28.05.2024.

Merkur tz, Elektroauto: Wie viel Strom und Reichweite Radio, Heizung und Licht kosten, 30.09.2022, abrufbar unter: <https://www.tz.de/auto/elektroauto-strom-kosten-radio-heizung-licht-energie-kwh-reichweite-sitzheizung-zr-91814598.html>, zuletzt aufgerufen am 28.05.2024.

Moto Integrator, So hoch ist die durchschnittliche Fahrleistung eines Pkw in Deutschland, 01.11.2022, abrufbar unter: <https://www.motointegrator.de/blog/durchschnittliche-fahrleistung-pkw/>, zuletzt aufgerufen am 28.05.2024.

Statistisches Bundesamt, Erwerbstätige nach Stellung im Beruf, Entfernung, Zeitaufwand und benutztem Verkehrsmittel für den Hinweg zur Arbeitsstätte 2020 in Prozent, 31.01.2022, abrufbar unter: <https://www.destatis.de/DE/Themen/Arbeit/Arbeitsmarkt/Erwerbstaetigkeit/Tabellen/pendler1.html>, zuletzt aufgerufen am 28.05.2024.

The Mobility House, Technisches Grundwissen für das Laden von Elektroautos, 22.07.2021, abrufbar unter: https://www.mobilityhouse.com/de_de/knowledge-center/artikel/technisches-grundwissen-elektroauto-laden#:~:text=mit%20einer%20Akkuladung-,Ladeleistung%20von%20E%2DAutos,deines%20Stromanschlusses%20f%C3%BCr%20die%20Ladestation, zuletzt aufgerufen am 28.05.2024.

6. Gibt es genug Ladeinfrastruktur?

Bundesnetzagentur, Ladesäulenkarte – Ladeinfrastruktur in Zahlen, 2024, abrufbar unter: <https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthemen/ElektrizitaetundGas/E-Mobilitaet/Ladesaeulenkarte/Karte/start.html>, zuletzt aufgerufen am 27.05.2024.

Nationale Leitstelle Ladeinfrastruktur, Ladeinfrastruktur nach 2025/2030: Szenarien für den Markthochlauf, 2020, abrufbar unter: https://www.now-gmbh.de/wp-content/uploads/2020/11/Studie_Ladeinfrastruktur-nach-2025-2.pdf, zuletzt aufgerufen am 27.05.2024.

7. Reichen Strom und Netzkapazitäten für eine vollständige Elektrifizierung des Pkw-Verkehrs?

Bjørndal et al., Smart home charging of electric vehicles using a digital platform, Smart Energy 12, 2023, abrufbar unter: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666955223000254#se0090>, zuletzt aufgerufen am 27.05.2024.

Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK), Smart Meter-Gesetz final beschlossen: Flächendeckender Einsatz intelligenter Stromzähler kommt, 12.05.2023, abrufbar unter: <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2023/05/20230512-smart-meter-gesetz-final-beschlossen.html>, zuletzt aufgerufen am 27.05.2024.

EnBW, Wie hoch ist der Stromverbrauch von Elektroautos?, 26.05.2023, abrufbar unter: <https://www.enbw.com/blog/electromobilitaet/laden/wie-hoch-ist-der-stromverbrauch-von-elektroautos/>, zuletzt aufgerufen am 27.05.2024.

Fraunhofer-Institut für Energiewirtschaft und Energiesystemtechnik (Fraunhofer IEE), Barometer der Energiewende, 2020, abrufbar unter: https://www.barometer-energiewende.de/de/barometer_2020/energiebilanz.html, zuletzt aufgerufen am 27.05.2024.

Kraftfahrt-Bundesamt (KBA), Entwicklungen der Fahrleistungen nach Fahrzeugarten seit 2016, 23.06.2021, abrufbar unter: https://www.kba.de/DE/Statistik/Kraftverkehr/VerkehrKilometer/vk_inlaenderfahrleistung/2020/2020_vk_kurzbericht.html;jsessionid=4F36E05DBD88B227F02DDA2968F72035.live11314?nn=3517388#Start, zuletzt aufgerufen am 27.05.2024.

Kraftfahrt-Bundesamt (KBA), Fahrzeugbestand aller Kraftfahrzeuge, 01.01.2024, abrufbar unter: https://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/bestand_node.html, zuletzt aufgerufen am 27.05.2024.

Netze BW, Netze BW sieht sich für Elektromobilität gut gerüstet, 28.10.2019, abrufbar unter: <https://www.netze-bw.de/News/Netze-BW-f%C3%BCr-Elektromobilitaet-gut-geruestet>, zuletzt aufgerufen am 27.05.2024.

Umweltbundesamt (UBA), Stromverbrauch in Deutschland, 02.04.2024, abrufbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/energie/stromverbrauch>, zuletzt aufgerufen am 27.05.2024.

WirtschaftsWoche, Die (fast) kostenlose Riesenbatterie, 11.04.2022, abrufbar unter: <https://www.wiwo.de/my/technologie/mobilitaet/hajeks-high-voltage-28-die-fast-kostenlose-riesenbatterie/28235462.html>, zuletzt aufgerufen am 27.05.2024.

Zeit Online, Genug Strom für Millionen E-Autos, 20.07.2019, abrufbar unter: <https://www.zeit.de/mobilitaet/2019-06/verkehrswende-elektromobilitaet-ladeinfrastruktur-elektroautos/komplettansicht>, zuletzt aufgerufen am 27.05.2024.

8. Welche Rolle spielen Rohstoffe bei der Herstellung von Batterien?

Agentur für Erneuerbare Energien, Second-Life Stromspeicher: Wie ausgediente Elektroauto-Batterien die Energiewende voranbringen, 2023, abrufbar unter: https://www.unendlich-viel-energie.de/media/file/5791.AEE_Renews_Spezial_93_Second-Life-Stromspeicher.pdf, zuletzt aufgerufen am 28.05.2024.

Bundesministerium für Arbeit und Soziales, EU-Lieferkettengesetz, 18.03.2024, abrufbar unter: <https://www.csr-in-deutschland.de/DE/Wirtschaft-Menschenrechte/Europa/Lieferketten-Gesetzesinitiative-in-der-EU/lieferketten-gesetzesinitiative->

der-eu-art.html, zuletzt aufgerufen am 28.05.2024.

Cleantanking, Faradion und CATL produzieren lithiumfreie E-Auto-Akkus, 14.02.2023, abrufbar unter: <https://www.cleantanking.de/faradion-catl-lithiumfreie-eauto-akkus/>, zuletzt aufgerufen am 28.05.2024.

DB Bahnbau Gruppe GmbH, encore – extending battery life, 2024, abrufbar unter: <https://encore.deutschebahn.com/encore-de>, zuletzt aufgerufen am 28.05.2024

DENIOS, Richtig handeln bei Ölunfällen, 2024, abrufbar unter: <https://www.denios.de/services/denios-magazin/richtig-handeln-bei-oelunfaellen>, zuletzt aufgerufen am 28.05.2024.

Deutsche Rohstoffagentur, Rohstoffrisikobewertung – Lithium, 2023, abrufbar unter: https://www.deutsche-rohstoffagentur.de/DE/Gemeinsames/Produkte/Downloads/DERA_Rohstoffinformationen/rohstoffinformationen-54.pdf?__blob=publicationFile&v=2, zuletzt aufgerufen am 28.05.2024.

E-mobil BW, Europäische Verordnung zum Batterierecycling, 03.08.2023, abrufbar unter: <https://www.e-mobilbw.de/service/meldungen-detail/europaeische-verordnung-zum-batterierecycling>, zuletzt aufgerufen am 28.05.2024.

EnBW, Second-Life-Batterie: Stromspeicher aus gebrauchten E-Auto-Akkus, 19.05.2022, abrufbar unter: <https://www.enbw.com/unternehmen/eco-journal/second-life-batterien.html>, zuletzt aufgerufen am 28.05.2024.

EnBW, LFP-Akkus für E-Autos: Vor- und Nachteile im Überblick, 23.10.2023, abrufbar unter: <https://www.enbw.com/blog/elektromobilitaet/laden/lfp-akkus-fuer-e-autos-vor-und-nachteile-im-ueberblick/>, zuletzt aufgerufen am 28.05.2024.

Europäischer Rechnungshof, EU-Industriepolitik im Bereich Batterien: Neuer strategischer Impuls erforderlich, 2023, abrufbar unter: https://www.eca.europa.eu/ECAPublications/SR-2023-15/SR-2023-15_DE.pdf, zuletzt aufgerufen am 28.05.2024.

EUWID Europäischer Wirtschaftsdienst, BASF erhält über 100 Mio € Fördergeld für Batterierecyclinganlage in Spanien, 18.12.2023, abrufbar unter: <https://www.euwid-recycling.de/news/wirtschaft/basf-erhaelt-ueber-100-mio-eur-foerdergeld-fuer-batterierecyclinganlage-in-spanien-181223/>, zuletzt aufgerufen am 28.05.2024.

Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI, Recycling von Lithium-Ionen-Batterien: Chancen und Herausforderungen für den Maschinen- und Anlagenbau, 2021, abrufbar unter: <https://publica.fraunhofer.de/entities/publication/0c148c12-7da6-4db5-87ea-344b24adb8b/details> zuletzt aufgerufen am 28.05.2024.

Golem, Fast jeder zweite Tesla kommt schon mit LFP-Akku, 23.04.2022, abrufbar unter: <https://www.golem.de/news/ohne-kobalt-und-nickel-fast-jeder-zweite-tesla-kommt-schon-mit-lfp-akku-2204-164801.html>, zuletzt aufgerufen am 28.05.2024.

Initiative for Responsible Mining Assurance (IRMA), Standards that Dig Deeper & Assurance at Every Level, 2024, abrufbar unter: <https://responsiblemining.net/>, zuletzt aufgerufen am 28.05.2024.

Pozzato et al, Accelerating the transition to cobalt-free batteries: a hybrid model for LiFePO4/graphite chemistry, 17.01.2024, npj Computational Materials, 10, 2024, abrufbar unter: <https://www.nature.com/articles/s41524-024-01197-7>, zuletzt aufgerufen am 28.05.2024.

SVOLT Energy Technology, Questions and Answers, 2024, abrufbar unter: <https://www.svolt-eu.com/en/q-a/>, zuletzt aufgerufen am 28.05.2024.

The Mobility House, Märchen der Elektromobilität: Es war einmal... das schmutzige Geschäft mit den Rohstoffen, 09.09.2020, https://www.mobilityhouse.com/de_de/knowledge-center/artikel/dreckige-rohstoffe-lithium-und-kobalt-fuer-saubere-elektroautos, zuletzt aufgerufen am 28.05.2024.

Transport & Environment, From dirty oil to clean batteries – Batteries vs. Oil: a systemic comparison of material requirements, 2021, abrufbar unter: https://www.transportenvironment.org/wp-content/uploads/2021/07/2021_02_Battery_raw_materials_report_final.pdf, zuletzt aufgerufen am 28.05.2024.

Umweltbundesamt Österreich, Rohstoffe der Elektromobilität, 2023, abrufbar unter: <https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/rep0850.pdf>, zuletzt aufgerufen am 28.05.2024.

U.S. Geological Survey, Mineral Commodity Summaries 2023, 31.01.2023, abrufbar unter: <https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2023/mcs2023.pdf>, zuletzt aufgerufen am 28.05.2024.

Vulcan Energie, Zero Carbon Lithium, abrufbar unter: <https://v-er.eu/de/>, 2024, zuletzt aufgerufen am 28.05.2024.

Xu et al., Future material demand for automotive lithium-based batteries, 09.12.2020, Communications Materials, abrufbar unter: <https://www.nature.com/articles/s43246-020-00095-x>, zuletzt aufgerufen am 28.05.2024.

9. Sind Elektroautos so sicher wie Verbrenner?

ADAC (2024a); Pannenstatistik 2024: Welches simple Bauteil Autos am häufigsten lahmlegt, 08.05.2024, abrufbar unter: <https://www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/unfall-schaden-panne/adac-pannenstatistik/>, zuletzt aufgerufen am 27.05.2024.

ADAC (2024b), E-Auto brennt: So löscht die Feuerwehr, 10.05.2024, abrufbar unter: <https://www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/elektromobilitaet/elektroauto/e-auto-loeschen/>, zuletzt aufgerufen am 27.05.2024.

Arbeitsgemeinschaft der Leiter der Berufsfeuerwehren und Deutscher Feuerwehrverband (AG-BFbund), Risikoeinschätzung Lithium-Ionen Speichermedien, 2018, abrufbar unter: https://www.feuerwehrverband.de/app/uploads/2020/05/2018-01_Fachempfehlung_Risikoeinschaetzung-Lithium-Ionen-Speichermedien.pdf, zuletzt aufgerufen am 27.05.2024.

AutoInsuranceEZ, Gas vs. Electric Car Fires (2024 Findings), 19.12.2023, abrufbar unter: <https://www.autoinsurenceez.com/gas-vs-electric-car-fires/>, zuletzt aufgerufen am 27.05.2024.

Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (EMPA), Risikominimierung von Elektrofahrzeugbränden in unterschiedlichen Verkehrsinfrastrukturen, 2020, abrufbar unter: https://plus.empa.ch/images/2020-08-17_Brandversuch-Elektroauto/AGT_2018_006_EMob_RiskMin_Unterird_Infrastr_Schlussbericht_V1.0.pdf, zuletzt aufgerufen am 27.05.2024.

Euro NCAP, Latest Safety Ratings, 2024, abrufbar unter: <https://www.euroncap.com/en/ratings-rewards/latest-safety-ratings>, zuletzt aufgerufen am 27.05.2024.

10. Welche Auswirkungen hat Elektromobilität auf den Wirtschaftsstandort Deutschland?

Agora Verkehrswende, Autojobs unter Strom, 2021, abrufbar unter: https://www.agora-verkehrswende.de/fileadmin/Projekte/2021/BCG-Jobstudie/64_Jobeffekte.pdf, zuletzt aufgerufen am 27.05.2024.

Agora Verkehrswende, Vorteil für Vorreiter, 2023, abrufbar unter: https://www.agora-verkehrswende.de/fileadmin/Projekte/2023/BCG-Gewinne-Hersteller/93_BCG-Gewinne-Hersteller.pdf, zuletzt aufgerufen am 27.05.2024.

Baden-Württemberg International GmbH, Baden-Württemberg – Wo intelligente Mobilität zuhause ist, 2021, abrufbar unter: https://www.bw-invest.de/fileadmin/user_upload/bw-invest/downloads/Branchen_Cluster/Bwi_Factsheet_Mobilitaet_2023_10_DE.pdf, zuletzt aufgerufen am 27.05.2024.

E-Mobil BW, Strukturstudie BW, 2023, abrufbar unter: https://www.e-mobilbw.de/fileadmin/media/e-mobilbw/Publikationen/Studien/e-mobil_BW_Strukturstudie_BW_2023.pdf zuletzt aufgerufen am 27.05.2024.

Verband der Automobilindustrie (VDA), Export-Zahlen, 2024, abrufbar unter: <https://www.vda.de/de/aktuelles/zahlen-und-daten/jahreszahlen/export>, zuletzt aufgerufen 27.05.2024

Impressum

Titel

Faktencheck E-Mobilität – Was das Elektroauto tatsächlich bringt
(Vollständig überarbeitete Neuauflage 2024)

Herausgeberin

KEA Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg GmbH
Bereich Nachhaltige Mobilität
Rotebühlstraße 81
70178 Stuttgart
mobilitaet@kea-bw.de

Autoren

Luis Karcher
Simon Kaser
Julian Lotz

Redaktion

Franziska Gromann
Richard Kaum
Dr.-Ing. Volker Kienzlen

Gestaltung & Layout

tippingpoints GmbH
Bonngasse 23
53111 Bonn
www.tippingpoints.de

Bezug www.kea-bw.de/publikationen

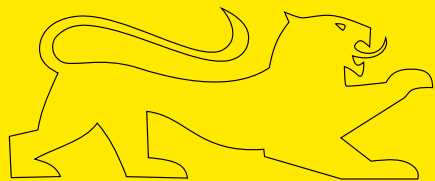
Veröffentlichung 23.07.2024

Berichtsumfang 32 Seiten

Bildnachweis Deckblatt: iStock, S. 3 Foto Herr Dr. Kienzlen: KEA-BW, S. 6 AdobeStock

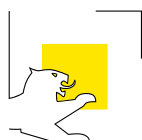
Weitere Grafiken, Tabellen eigene Darstellungen, siehe BU

© KEA Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg GmbH



KEA Klimaschutz- und Energieagentur
Baden-Württemberg GmbH
Kaiserstraße 94a
76133 Karlsruhe

info@kea-bw.de
Tel.: (0721) 98471-0
Fax: (0721) 98471-20
www.kea-bw.de



KEA-BW
DIE LANDESENERGIEAGENTUR