

Stiftung ADAC Nordrhein

Wegweiser

Elektromobilität

**Alles rund um E-Mobilität  
und alternative Antriebe**



## Impressum

Herausgeber  
ADAC Nordrhein Stiftung  
Luxemburger Straße 169, 50939 Köln  
T 0221 47 27 551  
F 0221 47 27 518  
E-Mail: info@stiftung-adac-nordrhein.de

## Redaktion

Dr. Judith Kurte und Dr. Klaus Esser (KE-CONSULT),  
Univ.-Prof. Dr. Wolfgang Schulz, Oliver Franck und Stanley  
Smolka vom Center for Mobility Studies der Zeppelin Univer-  
sität sowie Julius Jöhrens und Hinrich Helms vom ifeu-Institut  
für Energie- und Umweltforschung.

Antriebsarten und Modelle: Zeppelin Uni (ZU)  
Entwicklung der E-Mobilität: KE-CONSULT (KE)  
Laden- und Batterie: KE-CONSULT und Zeppelin Uni  
Kosten und Finanzierung: KE-CONSULT  
Nachhaltigkeitsaspekte: ifeu  
SWOT-Analysen: Zeppelin Uni

## Fotos

ADAC, ADAC Nordrhein e.V., AdobeStock (S. 1: ©zinkevych, S. 4: ©stock57, ©Michael Eichhammer, ©Slavun, ©1StunningART,  
©svetlana, ©nateejindakum, S. 6: ©stock57, S. 8: ©RS-Studios, S. 9: ©Alexander Limbach, S. 11: ©bluedesign, S.14: ©Michael  
Eichhammer, ©Bildwerk, S. 17 ©mphoto, S. 22: ©Slavun, S. 25: © MATTHIAS BUEHNER, S. 29: ©mpix-foto, S. 32: ©Stephan  
Dinges, ©teksomolika, S. 33: ©Tomasz Zajda, S. 34: ©1StunningART, S. 40: ©Svetlana, S.46: ©nateejindakum, S.52: ©VadimGuz-  
hva), IStock (S. 26: ©dusanpetkovic, S.27: SUNGSU HAN), dpa (S. 28: ©Ole Spata), S. 15: ©Porsche AG

Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit Quellenangabe gestattet.

Lediglich aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird im Text auf unterschiedliche  
Geschlechterbezeichnungen verzichtet. Bilder von Personengruppen ohne Masken  
wurden vor Beginn der Corona-Pandemie aufgenommen.

Stand: April 2021

# Vorwort

Individuelle Mobilität spielt in unserer Gesellschaft eine bedeutende Rolle. Einmal mehr wird dies in der gegenwärtigen Corona-Krise deutlich: Der Wunsch nach einem sicheren, eigenen und jederzeit verfügbaren Fahrzeug ist stärker als sonst. Selbst in der wirtschaftlich unsicheren Situation des vergangenen Jahres ist der Pkw-Bestand um 1,1 Prozent gestiegen.

In aller Munde sind derzeit alternative Antriebe, allen voran die Elektromobilität. Aber auch bei den Verbrennungsmotoren findet eine Weiterentwicklung statt. Die „klassischen“ Pkw verbrauchen in der Regel weniger Treibstoff als früher, sind schadstoffärmer und neue Brennstoffe wie Bio- und synthetische Kraftstoffe werden weiterentwickelt.

Klimawandel, Verkehrswende, Elektromobilitätsziele der Bundesregierung, Förderprogramme, Kaufprämien, Vergünstigungen für Dienstwagen, Privilegierungen

von E-Autos oder Aussagen der Automobilindustrie zum Ausstieg aus der Verbrennungstechnik zeigen, vor welchem Umbruch die individuelle Mobilität steht. Dabei den Überblick zu behalten, fällt nicht immer leicht.

Die vorliegende Broschüre beleuchtet auf verständliche Weise die verschiedenen Antriebsarten. Sie stellt dabei wesentliche Informationen zusammen, die in der derzeitigen Diskussion wissenswert sind. Im Mittelpunkt steht die Elektromobilität. Hier ist der Beratungsbedarf der Autofahrer\*innen bzgl. Modellvarianten, Reichweiten, Zuverlässigkeit und auch Förderung derzeit besonders hoch. Potenziellen Pkw-Käufern\*innen bietet die Broschüre eine gute Wissensgrundlage für die persönliche Entscheidung, zum Beispiel für oder gegen ein Elektroauto.

Die Broschüre wurde von einem breit aufgestellten wissenschaftlichen, aber auch



praxisorientierten Team erstellt: Besonderer Dank gilt Dr. Judith Kurte und Dr. Klaus Esser (KE-CONSULT), Univ.-Prof. Dr. Wolfgang Schulz, Oliver Franck und Stanley Smolka vom Center for Mobility Studies der Zeppelin Universität sowie Julius Jöhrens und Hinrich Helms vom ifeu-Institut für Energie- und Umweltforschung.

Peter Meyer  
Vorsitzender Stiftung ADAC Nordrhein

# Inhalt



## Antriebsarten und Modelle

Überblick über die Antriebsarten .....	7
E-Fuels .....	9
Brennstoffzellenfahrzeug .....	11
Modelle .....	12



## Entwicklung der E-Mobilität

Von den Anfängen bis heute .....	15
Zukunft der E-Mobilität .....	18



## Laden und Batterie

Verbrauch und Reichweite .....	23
Ladeinfrastruktur und .....	24
Abrechnungssysteme	
Batterie .....	28



## Kosten und Finanzierung

Anschaffung und Wertverlust .....	35
Kosten und steuerliche .....	37
Vergünstigungen	
Vollkostenvergleich: Elektroauto .....	38
versus Verbrenner	



## Nachhaltigkeitsaspekte

Elektromobilität und Klimawandel ...	41
Rohstoffe und Batterieproduktion: ...	45
soziale und ökologische Aspekte	



## SWOT Analysen

<b>Stärken und Schwächen, Chancen und Risiken</b>	
Verbrenner .....	48
Batterieelektrisches Auto .....	49
Plug-In-Hybrid .....	50
Brennstoffzellenfahrzeuge .....	51

---

Impressum .....	2
Vorwort .....	3

<b>SPECIAL: Checkliste für den Autokauf .....</b>	<b>52</b>
Quellen und weiterführende Infos .....	54

# Antriebsarten und Modelle

Dieses Kapitel bietet einen Überblick über die wichtigsten Begriffe, Antriebsarten und Modelle.

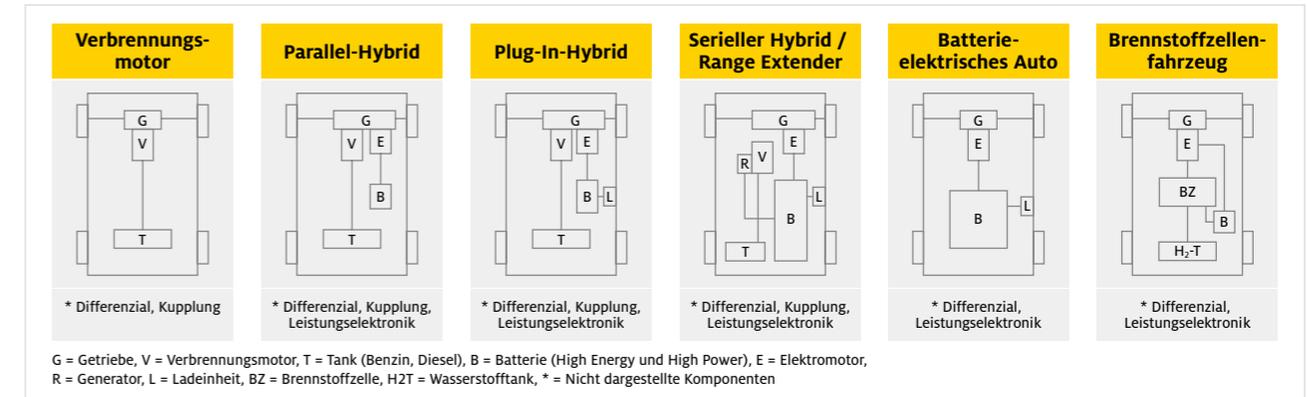


Ein ausführliches Glossar, mit Begriffsbestimmungen finden Sie auf der Homepage des ADAC (Q 1).



## Überblick über die Antriebsarten

- » **Verbrennungsmotor:** Verbrenner wandeln die im Kraftstoff gebundene chemische Energie in Wärme und mechanische Arbeit über Kolben, Pleuel und Kurbelwelle um. Es haben sich die Bauformen des Otto- und Dieselmotors durchgesetzt, die sich insbesondere über die Art der Zündung (Selbst- und Fremdzündung) unterscheiden.
- » **Mild-Hybrid:** Der Mild-Hybrid ist ein Parallelhybridkonzept, das über eine Batterie verfügt, die nicht extern geladen wird. Die Batterie wird über die Roll- und Bremsleistung des Fahrzeugs wiederaufgeladen. Der Elektromotor wird lediglich als Unterstützung für den Verbrennungsmotor eingeschaltet, um diesen bei Beschleunigungsvorgängen zu entlasten.
- » **Vollhybrid:** Der Vollhybrid ist ebenfalls ein Parallelhybrid. Er verfügt über eine Batterie mit ausreichend Kapazität, um das Fahrzeug vollelektrisch und ohne aktiven Verbrennungsmotor einige Kilometer zu bewegen. Die Batterie wird über Brems- und Rolleleistungen sowie durch Unterstützung des Verbrennungsmotors aufgeladen. Sowohl der Mildhybrid als auch der Vollhybrid sind in sich geschlossene Systeme, so dass ein externes Aufladen der Batterien nicht notwendig ist.



Quelle: Kreyenberg (2015)



- » **Plug-In-Hybrid:** Die Plug-In-Hybrid-Electric-Vehicles (PHEV) gehören zur Kategorie der Mischhybride. Sie besitzen eine Batterie, die extern über Ladekabel (Plug-In) geladen werden kann. Mit Hilfe der größeren Batterie und einem relativ leistungsstarken Elektromotor schaffen die neuesten Modelle 40 bis 60 Kilometer ohne Verbrennungsmotor.
- » **Batterieelektrisches Auto:** Battery-Electric-Vehicles (BEV) zeichnen sich durch einen relativ einfachen Systemaufbau (Energiespeicher, Elektromotor und Steuergeräte) aus. Der Strom wird dabei in der Ladeinheit über einen Wechselrichter in Gleichstrom umgewandelt und in die Batterie geladen. Ein anderer Energiespeicher (wie bei den Hybriden) befindet sich nicht an Bord.

» **Brennstoffzellenfahrzeuge:** Fuel Cell Electric Vehicles (FCEV) haben wie PHEVs zwei Energiespeicher (Wasserstofftank und Batterie) und zwei Energiewandler (Brennstoffzelle und Elektromotor). Mit Hilfe der Brennstoffzelle wird der Wasserstoff unter Zuführung von Sauerstoff verbrannt, so dass Wasser und elektrische Energie für den Antrieb entstehen. Die Batterie wird aufgeladen und die Nebenverbraucher werden ebenfalls mit dem notwendigen Strom versorgt.

» **Serieller Hybrid / Range Extender:** Range-Extender-Electric-Vehicles (REEV) nutzen für die Traktion einen Elektromotor, der über eine ausreichende Leistung verfügt, um das Fahrzeug anzutreiben. Der Verbrennungsmotor dient lediglich der Wiederaufladung der Batterie, wenn die Leistung der Batterie unter einen bestimmten kritischen Wert fällt. Die Batterie besitzt einen deutlich höheren Energieinhalt als bei den PHEVs. Aufgrund dessen können Reichweiten von mehr als 80 km mit einem rein elektrischen Antrieb absolviert werden. Der Range Extender hat den entscheidenden Vorteil, dass der Verbrennungsmotor die Batterie in einem unter Verbrauch- und Emissionsgesichtspunkte optimalen Drehzahlbereich wiederauflädt, so dass der Gesamtverbrauch des Fahrzeugs weit unterhalb des gewöhnlichen Verbrauchs liegt.

## Motorsport als Innovator

Der Motorsport ist bekannt für technische Meisterleistung. In kaum einem anderen Sport werden so viele Innovationen entwickelt, getestet und zur Marktreife geführt wie im Motorsport.



Ein Beispiel ist die 2014 ins Leben gerufene **Formel E**, in der Rennwagen mit Elektromotoren starten. Hier werden die Stärken und die Möglichkeiten der Elektromobilität nicht nur für die Fahrerinnen und Fahrer sondern auch für ein breites Publikum unmittelbar spürbar. Die **Hyraze League** setzt auf Wasserstoff als Energieträger und auf ein hoch-innovatives und umweltfreundliches Bremssystem, bei dem der Bremsstaub nicht entweicht. Außerdem werden Reifen aus nachwachsenden Rohstoffen verwendet. 2023 wird die weltweit erste Wasserstoff-Rennserie starten. Die Forderung nach emissionsfreier Formel 1 stärkt die Entwicklung sogenannter E-Fuels, mit denen auch Verbrennungsmotoren umweltfreundlich angetrieben werden können.

## E-Fuels

Zukünftig können auch Verbrennungsmotoren durch den Einsatz sogenannter E-Fuels helfen, die Klimaschutzziele im Verkehr zu erreichen. Zunehmend erforschen Experten die Verwendung synthetischer Kraftstoffe, die auf Wasserstoff als Grundprodukt setzen. Der primäre Vorteil von Wasserstoff ist dessen unendliches Vorkommen in der Natur und dessen klimaneutrale Herstellung. Da Wasserstoff per Elektrolyse von Wasser mithilfe von Strom freigesetzt wird, wird hier oftmals auch von „strombasierten Kraftstoffen“ bzw. von E-Fuels gesprochen. Hierbei



handelt es sich um synthetischen Diesel, synthetisches Benzin oder synthetisches Gas.

Sämtlicher Wasserstoff und alle auf Wasserstoff basierenden E-Fuels können ohne Mengenbegrenzung erzeugt werden. Im Vergleich zu den gewöhnlichen Verbrennern können e-Fuels „sauber“ erzeugt werden. Vorteilhaft ist, wenn die synthetischen Kraftstoffe über das bestehende Tankstellennetz vertrieben werden könnten. Die derzeitige Tankstelleninfrastruktur kann weitergenutzt werden.

Für eine emissionsfreie Erzeugung von E-Fuels ist die Verwendung von regenerativem Strom, wie zum Beispiel Wind- oder Solarstrom notwendig. Hierbei wird Wasser über den chemischen Prozess der Elektrolyse in Sauerstoff und Wasserstoff gespalten, um den Wasserstoff zu erhalten. In einem weiteren Schritt ist der Wasserstoff mit Kohlendioxid zu verbinden.

Zum jetzigen Zeitpunkt würde ein Liter synthetischen Kraftstoffs an der Zapfsäule ca. das Drei- bis Vierfache gegenüber dem heutigen Tankstellenabgabepreis für herkömmliche Kraftstoffe (Benzin, Diesel) kosten. Bis zum Jahr 2030 könnte dies auf das Zweifache sinken. Trotz des gewachsenen ökologischen Bewusstseins ist die Akzeptanz der Kunden hinsichtlich E-Fuels nur dann gegeben, wenn der Preis stimmt. Die Höhe der Kraftstoffpreise ist primär von der staatlichen Besteuerung abhängig. Die Besteuerung für E-Fuels ist noch nicht abschließend geklärt. Weitere Informationen finden Sie unter Q1a.

## Entwicklungstrends



Elektrofahrzeuge haben immer weniger ein Reichweitenproblem, weil die Batteriekapazität zunimmt. Eine zunehmende Batteriekapazität führt zu einer höheren CO<sub>2</sub>-Emission bei der Produktion. Weiterhin wird das Elektrofahrzeug dadurch schwerer und der Durchschnittsverbrauch steigt. PHEVs haben inzwischen so große Akkus wie frühere BEVs. Der Hauptantrieb erfolgt jedoch weiterhin über den Verbrennungsmotor.

PHEVs sind aktuell stark nachgefragt, da Verbraucher die Vorteile des Verbrenners mit dem des Elektroantriebs kombinieren möchten. Der PHEV stellt somit eine Übergangstechnologie dar, bis die BEVs eine angemessene Reichweite für längere Distanzen ermöglichen und eine entsprechend flächendeckende Ladeinfrastruktur ausgebaut ist.

## Brennstoffzellenfahrzeug

Fahrzeuge mit Brennstoffzellen, die mit Wasserstoff angetrieben werden, gelten als saubere Alternative zu den konventionellen Verbrennungsmotoren. Im Grunde genommen handelt es sich hierbei um Elektrofahrzeuge, die über eine Brennstoffzelle inkl. Wasserstofftank verfügen, die den Strom für den Antrieb des Fahrzeugs erzeugen.

Die Brennstoffzelle gewinnt elektrischen Strom aus Wasserstoff, der durch die Umkehrung der Elektrolyse erzeugt wird. Im Gegensatz zu Batterien muss eine Brennstoffzelle nicht aufgeladen werden, sie arbeitet leise und effizient, und – wenn Wasserstoff als Brennstoff verwendet wird – erzeugt sie ausschließlich Strom, Wasser und etwas Wärme, ohne weitere Emissionen. Daher wird sie gelegentlich auch als Nullemissionsmotor bezeichnet.

Bereits im Jahr 1838 fand Christian Friedrich Schönbein heraus, dass Elektrizität freigesetzt wird, wenn Wasserstoff mit Sauerstoff oder Chlor reagiert. Sein Kollege William Grove erbaute im Jahr 1839 eine Apparatur zur effektiven Erzeugung elektrischer Energie – die weltweit erste Brennstoffzelle, an dessen prinzipieller Funktionsweise sich bis heute nichts geändert hat.

Auch hier gilt der Grundsatz: Je stärker die Brennstoffzelle verbreitet ist, desto geringer werden die Kosten. Das Haupthindernis ist die unzureichende Tankstelleninfrastruktur, die für Brennstoffzellenfahrzeuge geeignet ist. Derzeit existiert kein flächendeckendes Wasserstofftankstellennetz in Deutschland und Europa. In Deutschland gibt es aktuell ca. 100 Wasserstofftank-



stellen. Aktuell existieren Bestrebungen dieses Netzwerk auf 130 zu erweitern. Ob Wasserstofffahrzeuge emissionsfrei sind, hängt von der Produktion des Wasserstoffs ab. Als langfristiger Ersatz bieten Brennstoffzellenfahrzeuge einige Chancen, insbesondere wenn die Energie aus erneuerbaren Energiequellen (Photovoltaik, Wind- und Solarthermie) stammen. Die Sicherheit eines Brennstoffzellenfahrzeugs stellt oftmals die Entwickler vor große Herausforderungen. So ist festzustellen, dass Wasserstoff allgemein deutlich reaktionsfreudiger (entzündbarer) ist als andere

Kraftstoffarten. Hierfür wurden allerdings die notwendigen Vorkehrungen getroffen, um die gesetzlichen Sicherheitsstandards einzuhalten. Das Thema Sicherheit ist im Kontext von Wasserstoff unumgänglich. In der Öffentlichkeit hat sich der Eindruck festgesetzt, Wasserstoff sei gefährlich. Einerseits liegt das wohl an der recht banalen Tatsache, dass die allermeisten Menschen im Umgang mit Wasserstoff keinerlei praktische bzw. alltägliche Erfahrungen haben. Zum anderen scheint es bis heute vor allem mit dem tragischen Unglück des Luftschiff-Zepplins Hindenburg des Jahres 1937 zu tun zu haben.

Wasserstofffahrzeuge sind Stand heute für den privaten Gebrauch viel zu teuer. Die gewerbliche Nutzung (Lkw und Busse) ist zukunftsfähiger. Weitere Informationen finden Sie unter Q1b.

## Modelle

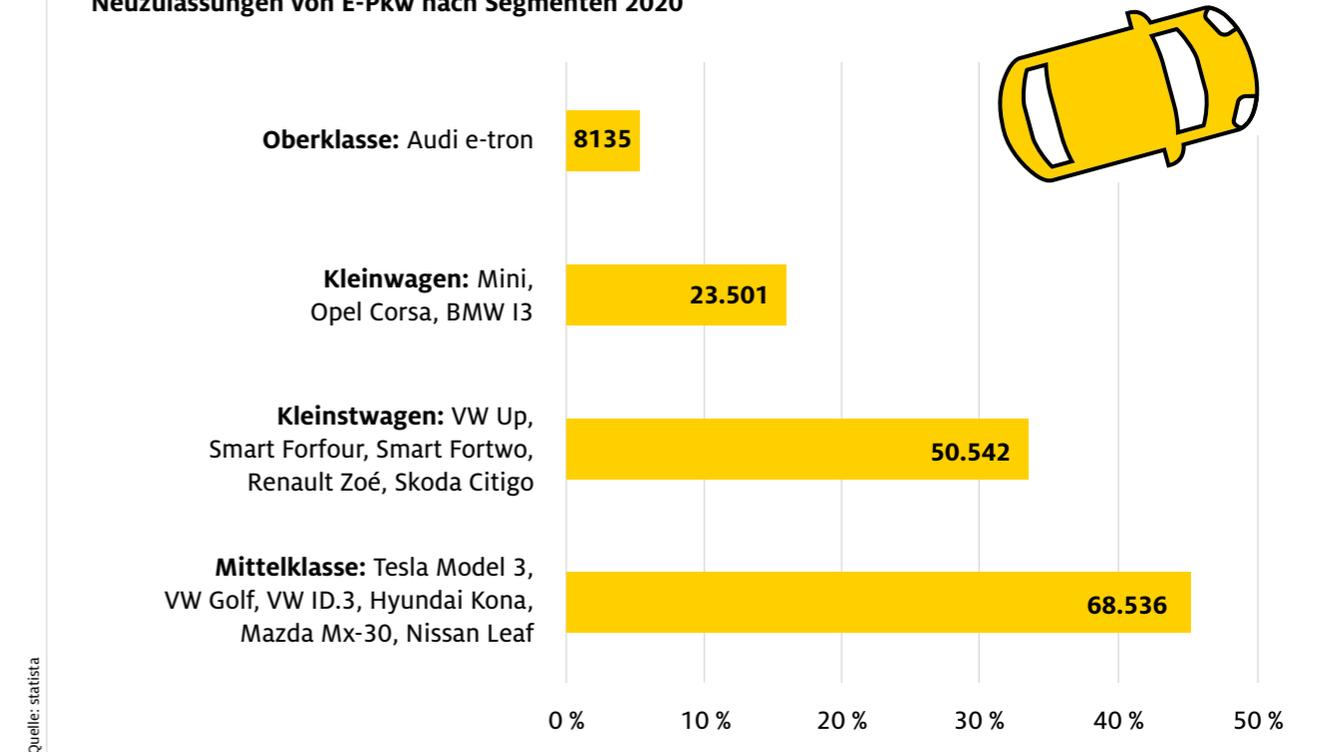
In der deutschen Automobilindustrie zeichnet sich ein Trend ab. In den kommenden Jahren werden überwiegend elektrisch betriebene Fahrzeugmodelle auf den Markt kommen. Damit wird auf die Neu- und Weiterentwicklung konventioneller Verbrennungsantriebe verzichtet. So hat beispielsweise Audi beschlossen, bis zum Jahr 2025 mehr als 20 Elektrofahrzeugmodelle anzubieten. Alle Fahrzeugklassen werden durch Elektrofahrzeuge ergänzt, um unterschiedliche Käufergruppen anzusprechen. Da das Kundeninteresse für Benzin- und Dieselfahrzeuge nach wie

vor sehr hoch ist, wird diese Antriebsart weiterhin von den deutschen Automobilherstellern angeboten. Insgesamt besteht der Trend bei allen Automobilherstellern, vor allem Elektrofahrzeuge zu entwickeln (Q2).

Derzeit ist das Angebot von Elektrofahrzeugen in der Oberklasse und in der Sparte der Klein- und Kleinstwagen am umfangreichsten. In der Oberklasse und der oberen Mittelklasse werden Stand März 2021 insbesondere vollelektrische Fahrzeuge wie z. B. der Tesla Model S, die Modelle EQA, EQC und EQV von Mercedes-Benz sowie der Porsche Taycan oder der jüngst erschienene Audi e-tron GT angeboten. Darüber hinaus gibt es klassische Plug-In-Hybrid Fahrzeuge, die über einen Verbrennungsmotor und einen Elektromotor verfügen. Weiterhin werden Verbrenner mit einem Benzin- oder Dieselmotor angeboten. Erdgasbetriebene Fahrzeuge haben nur einen Anteil von einem Prozent und sind aus heutiger Sicht für die künftige Entwicklung unbedeutend.

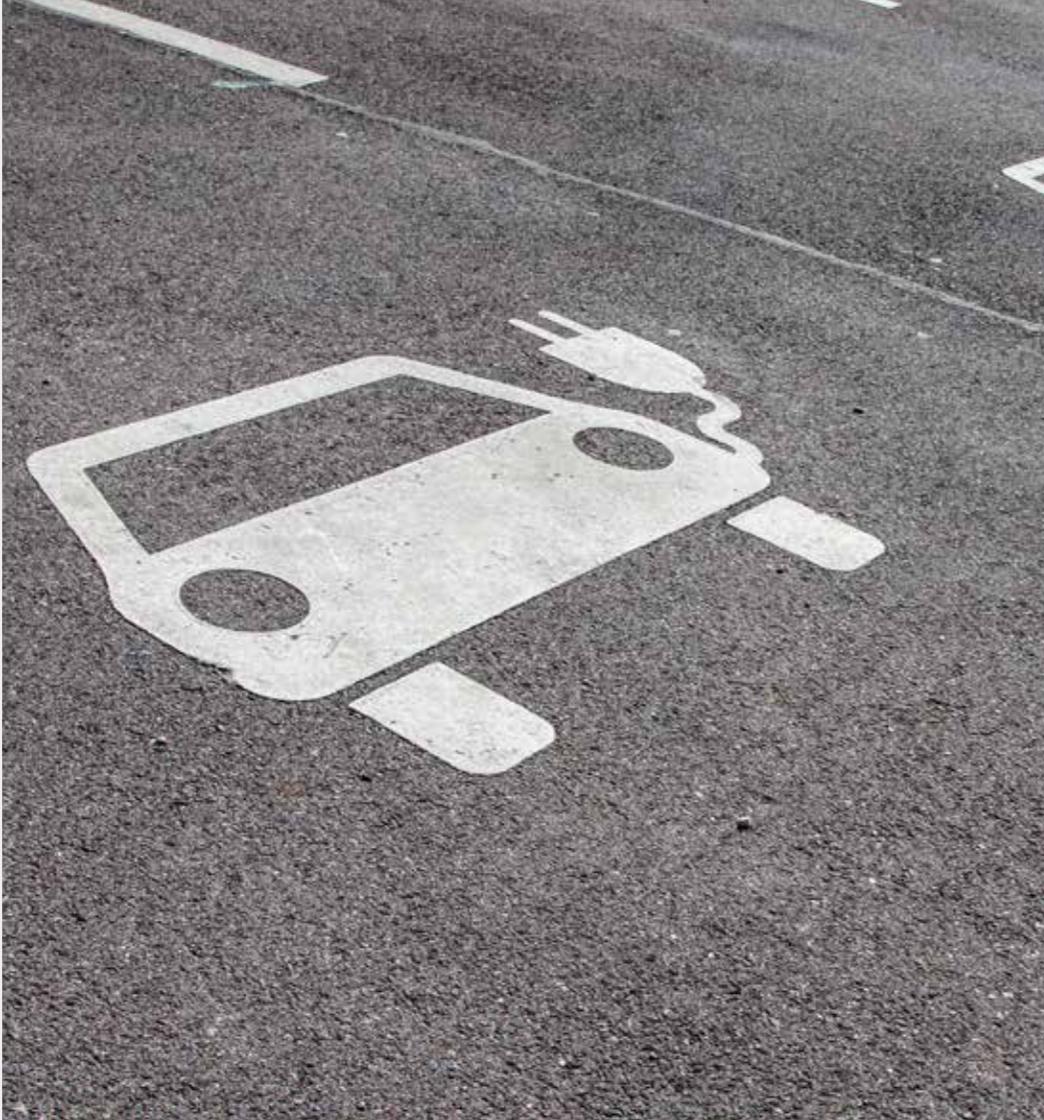
Die folgende Grafik verdeutlicht, dass von den Neuzulassungen (gemäß Klassifizierung der Europäischen Kommission) circa 33 Prozent auf Kleinstwagen, 16 Prozent auf Kleinwagen, 46 Prozent auf Mittelklassewagen und fünf Prozent die Oberklassewagen entfallen.

Neuzulassungen von E-Pkw nach Segmenten 2020



## Entwicklung der E-Mobilität

In diesem Kapitel dreht sich alles um die Geschichte der E-Mobilität. Wann und wie ist E-Mobilität entstanden und wie hat sie sich entwickelt? Welche Bedeutung hat sie für die heutige Zeit? Und wie wichtig wird sie für die Zukunft?



## Von den Anfängen bis heute



Bereits im Jahr 1900 stellte Ferdinand Porsche den Lohner Porsche auf der Pariser Weltausstellung vor. Getrieben wurde die Entwicklung damals bereits von der Befürchtung, dass die Luft von „in großer Anzahl auftretenden Benzinmotoren erbarmungslos verdorben“ würde (Q3). Zu Beginn des 20. Jahrhunderts waren verschiedene Antriebe auf den Straßen vertreten. „Around 1912 in many cities, world-wide full competition in the private car market existed. E.g. in Chicago, Boston

and New York steam-powered cars, BEVs and petrol vehicles had almost the same market shares and were exerting heavy competition.” (Q4)

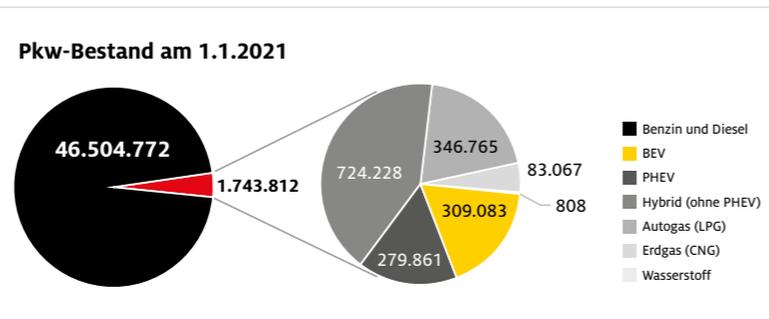
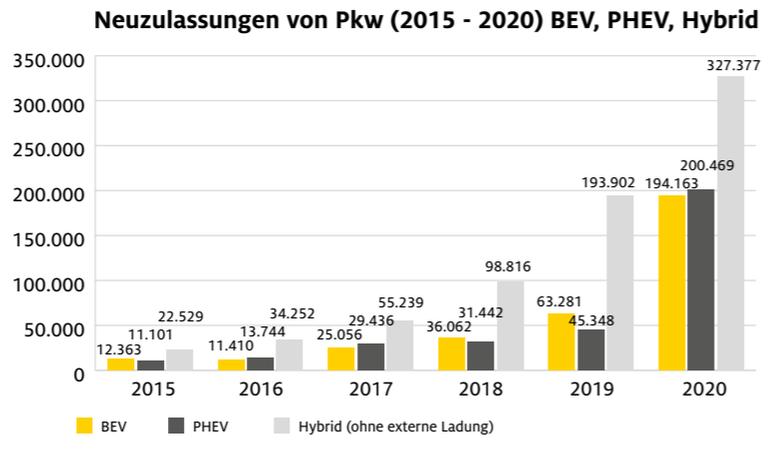
Ein Jahrhundert später setzen Politik, Automobilindustrie und auch Pkw-Käufer wieder auf Elektromobilität. Einen weltweit großen Schub bekam die Elektromobilität 2008 durch die Übernahme des Elektroautopioniers Tesla durch Elon Musk (Q5); in Deutschland löste BMW mit dem i3 in den frühen 2010er Jahren



einen Schub aus. Zu dieser Zeit formulierte die Bundesregierung das Ziel „Eine Million Elektroautos bis 2020“. Zu bedenken ist die Gefahr, dass einseitige Förderprogramme für Technologien immer zu Pfadabhängigkeiten führen. Diese wiederum kann zukunftsfähige Technologien benachteiligen. Dies sollte bei der Förderung der Elektromobilität auf politischer Ebene stets berücksichtigt werden.

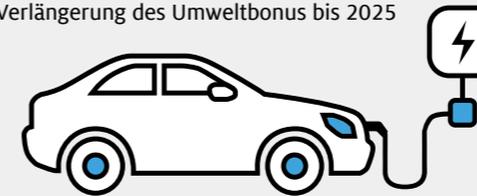
## Elektromobilitätsgesetz

Das in 2015 verabschiedete Elektromobilitätsgesetz (EmoG) ermöglicht die Bevorzugungen von Elektroautos (BEVs, PHEVs und FCEVs) in Bezug auf das Parken im öffentlichen Raum, die Aufhebung von Zufahrtsbeschränkungen und Durchfahrverboten sowie die Erhebung von Parkgebühren. Die Umsetzung des Gesetzes obliegt den Kommunen.



## Bundesweite Bedeutung der Elektromobilität

- 2007:** Energie- und Klimaprogramm der Bundesregierung
- 2008:** Nationale Strategiekonferenz Elektromobilität
- 2009:** Bereitstellung von Fördermitteln; bis heute drei Milliarden Euro
- 2010:** Einrichtung der Nationalen Plattform Elektromobilität (NPE); Ziel: eine Millionen Elektrofahrzeuge in 2020
- 2013:** Förderprogramm Schaufenster Elektromobilität
- 2015:** Elektromobilitätsgesetz (EmoG)
- 2016:** Ladesäulenverordnung (LSV); Einführung von Kaufprämien
- 2017:** Förderrichtlinie Ladeinfrastruktur
- 2019:** Masterplan Ladeinfrastruktur
- 2020:** Einführung des Umweltbonus; Förderung von privaten Ladestationen
- 2021:** Verlängerung des Umweltbonus bis 2025



Während vor allem die Elektrifizierung der Zweiräder (Pedelecs, E-Bikes, E-Lastenräder, E-Motorroller) seit 2010 in großen Schritten vorangeht (im Vergleich zu 2010 ist die Anzahl der verkauften E-Bikes heute zehnmal so hoch Q6), beobachten wir in Deutschland erst seit 2015 nennenswerte E-Pkw-Zulassungszahlen. Während zunächst nur die großen Pkw-Flotten (Carsharing, Taxi, Dienstwagen) mit Elektroautos ausgestattet wurden, ändert sich dies vor allem in der jüngsten Vergangenheit. Die wachsende Modellvielfalt, Prämienprogramme der Bundesregierung und auch das steigende Umweltbewusstsein lassen die E-Autos für private Pkw-Käufer immer interessanter werden. In 2020 entfielen bereits 49 Prozent der Neuzulassungen von E-Pkw auf private Pkw-Besitzer.

Der Anteil der E-Pkw am gesamten Pkw-Bestand ist zwar immer noch gering, in absoluten Zahlen erreichen die E-Pkw jedoch durchaus nennenswerte Größenordnungen. Begleitet wurde diese Entwicklung von zahlreichen Initiativen der Bundesregierung von umfangreichen Forschungsprogrammen bis hin zu den heutigen Umweltprämien beim Kauf eines Elektro-Pkw.

## Zukunft der E-Mobilität

Nach Ansicht des Center of Automotive Management (CAM) war das Jahr 2020 der Wendepunkt für die Elektromobilität. Das CAM rechnet damit, dass der Anteil der Elektroautos an den Neuzulassungen bis 2025 kontinuierlich ansteigen wird und dass bis 2030 der „Verbrennungsmotor zunehmend in eine Nischenrolle gedrängt“ wird (Q7).

Zu einer ähnlichen Zukunftseinschätzung kommt die Prognose von Price Waterhouse Coopers, die davon ausgehen, dass der

Marktanteil der ausgelieferten Elektroautos in der EU 2028 über dem der Pkw mit Verbrennungsmotoren sein werden (Q8).

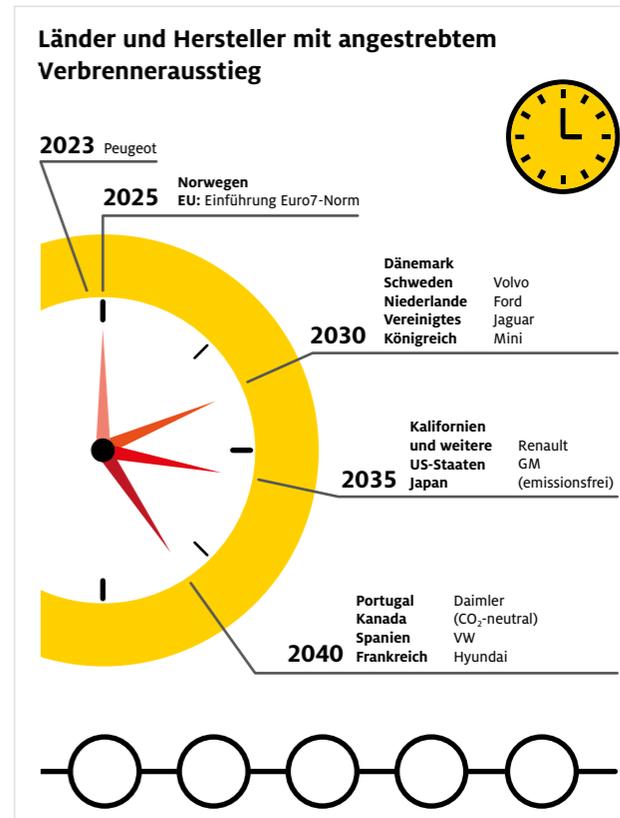
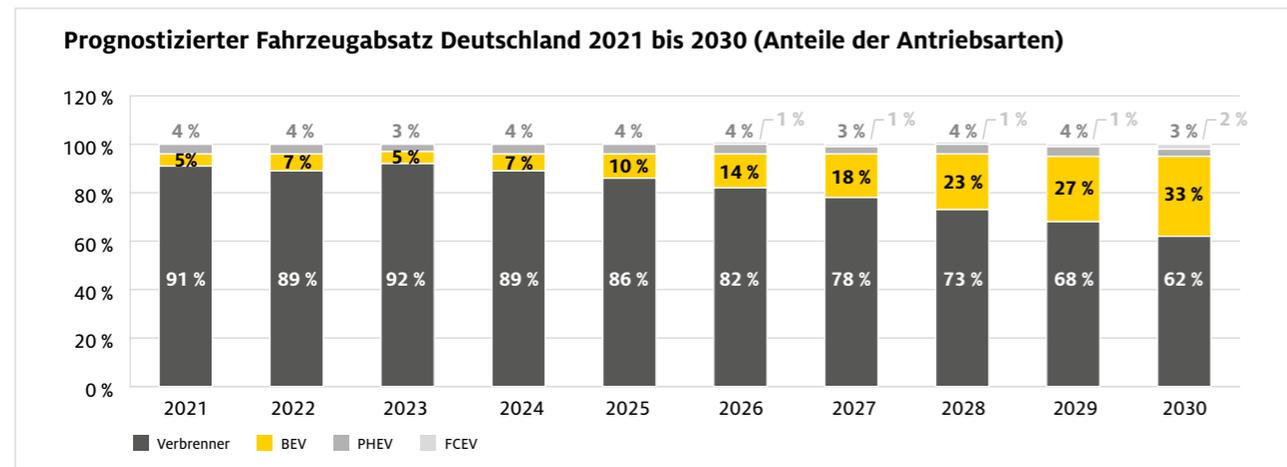
Die Fachzeitschrift Autohaus sieht in ihrer Prognose das Jahr 2030 als das Jahr an, in dem die neuzugelassenen BEVs und PHEVs mit einem Anteil von 50 Prozent die Verbrenner überholen (Q9).

Etwas später siedelt Deloitte den Umschwung an. Nach einer Prognose aus dem November 2020 machen die Verbrenner in 2030 noch 62 Prozent des Pkw-Absatz in Deutschland aus. In den

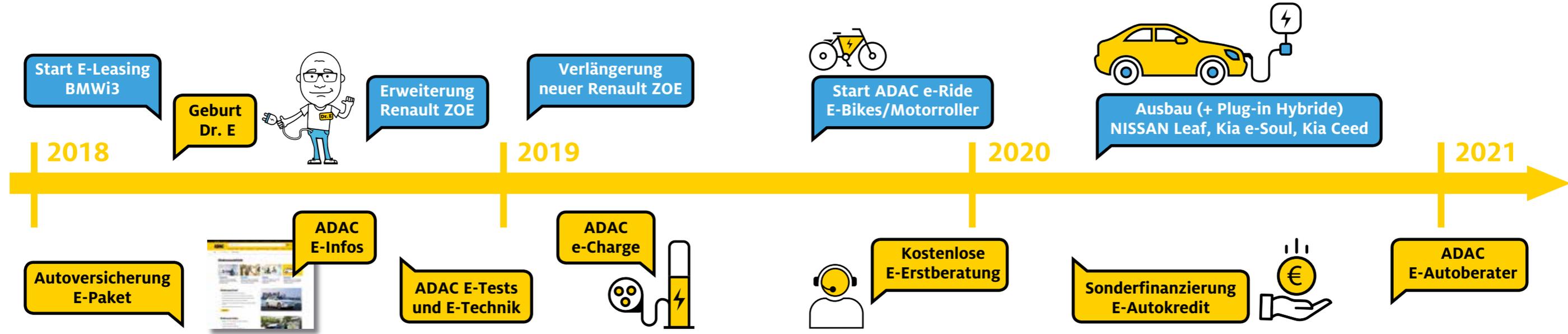
Jahren nach 2030 werden die Verbrenner nach und nach durch vor allem BEVs verdrängt, so dass in 2040 der Anteil der Verbrenner an den Neuzulassungen in Deutschland im einstelligen Prozentbereich liegen wird (Q10). Während der Verbrennerausstieg in Deutschland noch diskutiert wird, haben einige Länder und Hersteller bereits ein Ausstiegsdatum festgelegt. Den Start macht Norwegen, wo bereits heute die Neuzulassungen von BEVs einen Anteil von mehr als 50 Prozent ausmachen (Q11), mit einem Ausstieg bis 2025. Es folgen Dänemark, Schweden, die Niederlande und das Vereinigte Königreich, die einen Ausstieg bis 2030 ankündigen.

Bei den Herstellern werden ebenfalls Ausstiegsabsichten angekündigt. So vermeldete beispielsweise Volvo ab 2030 nur noch vollelektrische Fahrzeuge anzubieten. Daimler kündigt eine emissionsfreie Flotte ab 2039 an.

Allerdings wird der Siegeszug der Elektromobilität kein Selbstläufer sein. Noch sind Hemmnisse bei den Käufern vorhanden und auch Probleme nicht zufriedenstellend gelöst. Dies betrifft neben Reichweiten und Kosten auch die Ladeinfrastruktur einschließlich des privaten Ladens, Sicherheitsbedenken und auch Bedenken bezüglich der Batterieproduktion und -entsorgung. Aber auch wenn keine Pkw mit Verbrennungsmotor mehr produziert und zugelassen werden, werden sie weiterhin eine Rolle spielen. Auch nach einem Ausstieg werden noch jahrelang gebrauchte Autos und Oldtimer mit Verbrennermotor auf der Straße sein.



Seit drei Jahren bietet der ADAC Angebote und Informationen zur Elektromobilität



Quelle: ADAC

## Laden und Batterie

Die größte Herausforderung bei der E-Mobilität ist für die Verbraucher die Reichweite und das Laden.

Wie groß muss meine Batterie sein?  
Wie groß ist die Reichweite? Wie und wo kann ich sie unterwegs aufladen?  
Und nicht zuletzt: Wie steht es um die Sicherheit?



## Verbrauch und Reichweite

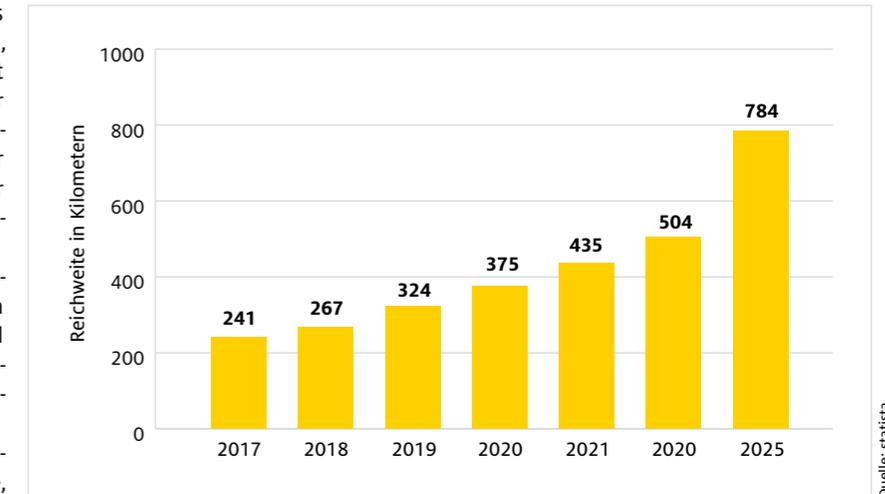
Ob ein Elektroauto für die Zwecke der Autofahrer geeignet ist, ist stark von der Reichweite abhängig. Diese wird bestimmt durch die Leistungsfähigkeit der Batterie und durch den spezifischen Verbrauch des Fahrzeugs.

Vielfach wird die Reichweite als Argument gegen den Kauf eines Elektroautos genannt. In der Regel wird dabei die benötigte Reichweite überschätzt: Der weitaus größte Teil der Mobilität findet in den nahen und mittleren Entfernungsbereichen statt. Darüber hinaus zeigt die Entwicklung der Reichweiten, dass bereits in der jüngsten Vergangenheit große Fortschritte gemacht wurden. Für die Zukunft werden aufgrund leistungsstärkerer Batterien und dem Trend zur Leichtbauweise und anderer technischer Innovationen erhebliche Reichweitensteigerungen erwartet.

Seitens des ADAC wurde ein umfangreicher Test durchgeführt, der die aktuellen Elektroautos verschiedener Größen und Preisklassen aufgreift und diese insbesondere hinsichtlich Verbrauch und Reichweite untersucht (Q12).

Große und schwere Fahrzeuge verbrauchen naturgemäß mehr Energie als kleine,

leichte Fahrzeuge. Der ADAC Vergleich zeigt deutlich, wie hoch dieser Unterschied ist. Der Kompaktwagen Hyundai Ioniq Elektro weist einen Verbrauch in Höhe von 16,3 kWh/100 km auf. Der Audi e-tron 55 quattro, Jaguar i-Pace und Mercedes EQC sind aufgrund ihrer Masse deutlich weniger sparsam und weisen einen Verbrauch in Höhe von 25,8 (Audi) und 27,6 (Jaguar i-Pace und Mercedes EQC) kWh/100 km auf.



Quelle: statista

## Ladeinfrastruktur und Abrechnungssysteme

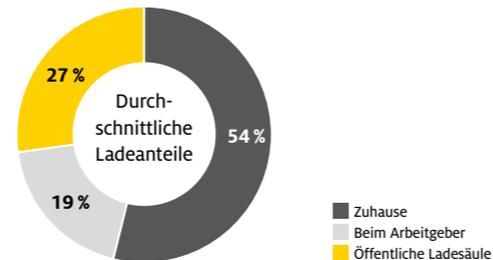
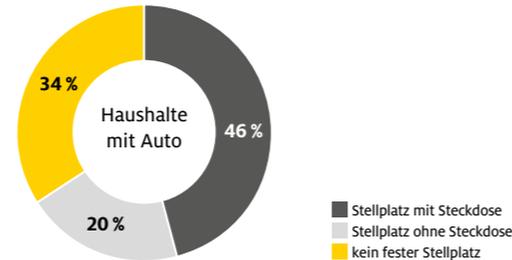
Anders als Verbrennungsfahrzeuge können E-Autos zu Hause oder am Arbeitsplatz geladen werden. Die Bundesregierung geht im Masterplan Ladeinfrastruktur davon aus, dass etwa zwei Drittel der Ladeinfrastruktur an privaten Aufstellorten verfügbar sein müssen.

Derzeit wird etwa ein Viertel der Ladevorgänge an öffentlich zugänglichen Ladestationen durchgeführt; es dominiert eindeutig das Laden zu Hause mit etwa 50 Prozent. Für private Aufstellorte eignen sich Ladesäulen oder Wallboxen. Zur Realisierung und Installation, der Auswahl der geeigneten Technik, den rechtlichen und organisatorischen Rahmenbedingungen beraten die Energieversorger vor Ort und der ADAC (Q 13).

Viele Pkw-Fahrer sind jedoch auf die öffentliche Ladeinfrastruktur angewiesen, sei es, weil sie über keinen festen Stellplatz mit Stromversorgung verfügen, sei es, weil sie auf langen Fahrten unterwegs tanken müssen.

Laut Monitoringbericht Energie 2020 der Bundesnetzagentur sind in NRW derzeit (Stand Juli 2020) 3057 Ladeeinrichtungen mit 5992 Ladepunkten (davon 636 Schnellladepunkte) als öffentlich zugänglich gemeldet. Damit steht je sechs E-Autos (BEV, PHEV) ein Ladepunkt zur Verfügung. Der Masterplan Ladeinfrastruktur der Bundesregierung gibt ein Ziel von einer Millionen öffentlich zugänglicher Ladepunkte bis 2030 vor, so dass je zehn E-Autos

### Wo wird geladen?



Quelle: KfW

### In 6 Schritten zu eigenen Wallbox

- 1  Informieren Sie die Miteigentümer bzw. den Vermieter und suchen Sie Mitstreiter.
- 2  Wählen Sie geeignete Ladelösungen aus und bereiten Sie Vorteile, Nachteile und Kosten strukturiert auf.
- 3  Stellen Sie den Antrag.
- 4  Eigentümerversammlung bzw. Vermieter fassen einen Beschluss.
- 5  Elektrofachbetrieb installiert die ausgewählte Ladelösung.
- 6  Laden Sie das Elektroauto an der eigenen Wallbox.

Quelle: ADAC



ein Ladepunkt zur Verfügung steht. Zum Vergleich: Die Anzahl der Tankstellen in Deutschland liegt bei etwa 14.000, wobei seit 1969 (46.684 Tankstellen) ein kontinuierlicher Rückgang zu beobachten ist (Q 14). Geht man von zehn Tankpunkten je Tankstelle aus, steht für etwa 300 Pkw ein Zapfpunkt zur Verfügung.

Nach Bayern sind in NRW die meisten öffentlich zugänglichen Ladepunkte gemeldet. Die räumliche Dichte der öffentlichen

Versorgung ist mit 3057 Ladeeinrichtungen (Stand Juli 2020) hoch (BNetzA Monitoringbericht 2020). Der ADAC Routenplaner (Q 15) hilft bei der Suche nach Elektrotankstellen.

Als wenig transparent werden vielfach die Abrechnungssysteme und die Kosten für das Laden an öffentlichen Ladepunkten empfunden. Zum Teil werden Chipkarten verwendet, zum Teil Apps. Es kann Grundgebühren oder Pauschalen geben genauso wie Abrechnung nach Zeit oder abgegebener Energiemenge. Einen Überblick gibt der ADAC (Q 16).



### Ziel der Bundesregierung für 2030:

**10 Millionen E-Fahrzeuge  
und 1 Millionen Ladepunkte**

#### zugelassene E-Fahrzeuge

derzeit **220.000**

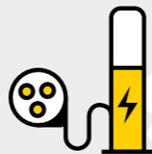
bis 2030 **10 Millionen**



#### öffentlich zugängliche Ladepunkte

derzeit **21.000**

bis 2030 **1 Millionen**

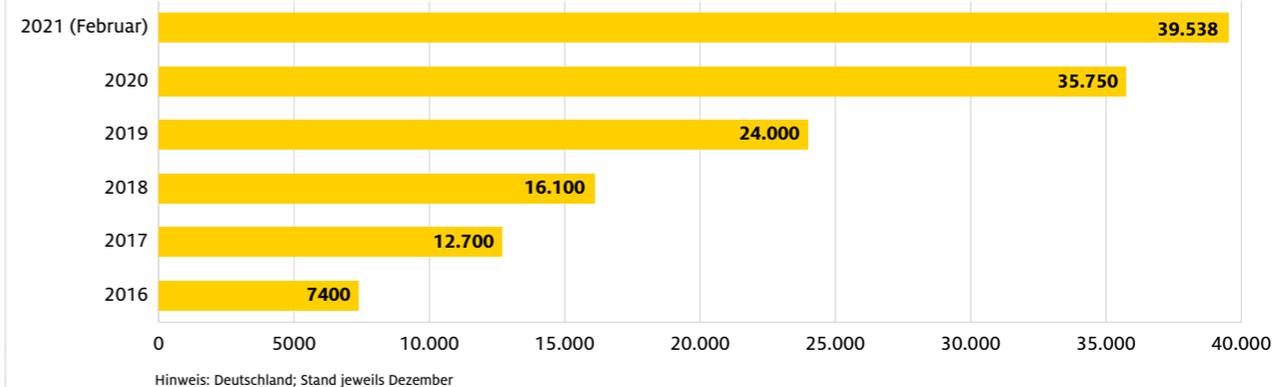


Quelle: Bundesregierung

**Ladeinfrastruktur** Der überwiegende Anteil der Ladevorgänge der Elektrofahrzeuge geschieht am Arbeitsplatz oder privat, weil die meisten Elektrofahrzeughalter das Fahrzeug über Nacht aufladen. Das private Aufladen wird meistens durch die Wallbox oder eine an der hauseigenen Elektroinstallation (beispielsweise über eine speziell dafür ausgelegte „Schuko-Dose“) realisiert. Im öffentlichen Raum können vorhandene Anschlüsse und speziell hierfür installierte Ladesäulen genutzt werden (Q 17).



### Anzahl der öffentlich zugänglichen Ladepunkte für Elektrofahrzeuge in Deutschland von 2011 bis 2021



Quelle: BDEW

# Batterie

Um ein Fahrzeug kontinuierlich antreiben zu können, ist es erforderlich, dass Energie entweder permanent zugeführt oder mittels Speichermedium mitgeführt wird. Kann dieser Speicher über einen elektrisch-chemischen Wandler wieder aufgeladen werden, spricht man im Fachjargon von einem Akkumulator (Akku). Im Gegensatz zu einem Akku kann eine Batterie nicht wieder aufgeladen werden. Genau genommen müssten Elektroautos „akku-elektrisch“ und nicht „batterieelektrisch“ heißen. Im allgemeinen Sprachgebrauch hat sich jedoch genauso wie bei der „Autobatterie“ der Begriff „Batterie“ durchgesetzt. Zu dem Batteriemangement gehört das Zellmonitoring, die Elektronik, die Sensorik, die Sicherheitselemente sowie das Kühlsystem und das Gehäuse.



Drei Steckertypen: Chademo, Combo2, Typ2

60 Prozent bis 80 Prozent der ökonomischen Wertschöpfung entfallen auf die Zellen. Aktuell werden hauptsächlich Lithium-Ionen-Akkus bei Elektrofahrzeugen verwendet. Weiterführende Informationen finden Sie unter Q20.

Ein Auto kann über Wechselstrom (AC) langsam und über Gleichstrom (DC) schnell geladen werden. Beide Systeme erfordern zwar einen spe-

## Induktives Laden

ziellen Steckertyp, sind aber in der gesamten EU standardisiert. Für das AC-Laden wird der „Typ2“-Stecker verwendet, während das DC-Laden über den „CCS“ oder auch „Combo2“ genannten Stecker erfolgt. Viele japanische Fahrzeuge haben für das AC-Laden ebenfalls einen „Typ2“-Stecker, während für das Schnellladen der „Chademo“-Stecker zum Einsatz kommt.

Wie lange es dauert, ein Auto zu laden, ist von der Größe der Batterie, vom Ladezustand und von der maximalen Leistung, mit der geladen werden kann, abhängig. Eine Vollladung eines Autos mit großer Batterie kann zu Hause bis zu 15 Stunden, eine Schnellladung wesentlich kürzer dauern. Allerdings beeinträchtigen Schnellladevorgänge die Lebensdauer der Batterie deutlich mehr als langsam stattfindende Ladevorgänge.

Für die Zukunft wird erwartet, dass die Fahrzeuge induktiv geladen werden können. Induktives Laden kann die Akzeptanz für das Elektrofahrzeug erhöhen, weil der Ladevorgang deutlich vereinfacht wird und die vielen Steckerlösungen überflüssig werden. Durch die verbesserte magnetische Kopplung kann sowohl der Wirkungsgrad als auch die Übertragungsgeschwindigkeit verbessert werden, was zu kürzeren Ladezeiten der Batterie führen kann. Die automatische Netzanbindung, ohne dass ein Nutzer



eingriff notwendig ist, bedeutet den Verzicht auf Ladekabel, die Wartungs- und Verschleißfreiheit, die Integration in die Stadt-/Straßeninfrastruktur sowie die hohe Sicherheit gegenüber Vandalismus (Q18). Momenten gibt es Forschungsprojekte zum induktiven Laden über die Fahrbahn und zum Laden über Oberleitungen für Lkw und Busse.

Ein weiteres Konzept, das einen raschen „Betankungsvorgang“ des Elektrofahrzeuges gewährleistet, ist der Austausch der leeren Batterie gegen eine volle Batterie. Die Ladung könnte sowohl im als auch außerhalb des Fahrzeuges erfolgen. Die hohen Investitionskosten in Tauschstationen sowie die Lagerhaltungskosten von Tauschbatterien sind als wesentliche Nachteile zu nennen, weshalb sich diese Batteriewechselsysteme in der automobilen Anwendung bisher noch nicht durchsetzen konnten (Q19). Darüber hinaus besteht die Möglichkeit, dass Elektrofahrzeuge Teil des sogenannten „Smart Grids“, also des intelligenten Stromnetzes, werden können. Sie können zeit- und lastgesteuert geladen werden bzw. Energie in das Netz zurückspeisen. Diese Technologie befindet sich in der Entwicklungsphase.

## Lebensdauer der Batterie

Langzeiterfahrungen mit Elektroautos sind naturgemäß noch selten. Der ADAC führt Dauertests zur Lebensdauer von Akkus durch (Q23). Zu einzelnen Modellen sind dort Ergebnisse abrufbar. Die Hersteller haben die Befürchtungen der Autofahrer bezüglich nachlassender Leistung oder kostspieliger Defekte des teuersten Bauteils erkannt und bieten entsprechende Garantien und/oder Akku-Mietsysteme an. Um den Akku zu schonen und seine Lebensdauer zu verlängern, müssen sowohl eine Tiefentladung auf null Prozent sowie eine Vollladung auf 100 Prozent vermieden werden. Das Elektrofahrzeug sollte folglich nicht erst dann geladen werden, wenn der Akku bereits leer ist. Ein Akkustand zwischen 20 und 80 Prozent ist zu empfehlen (Q24).

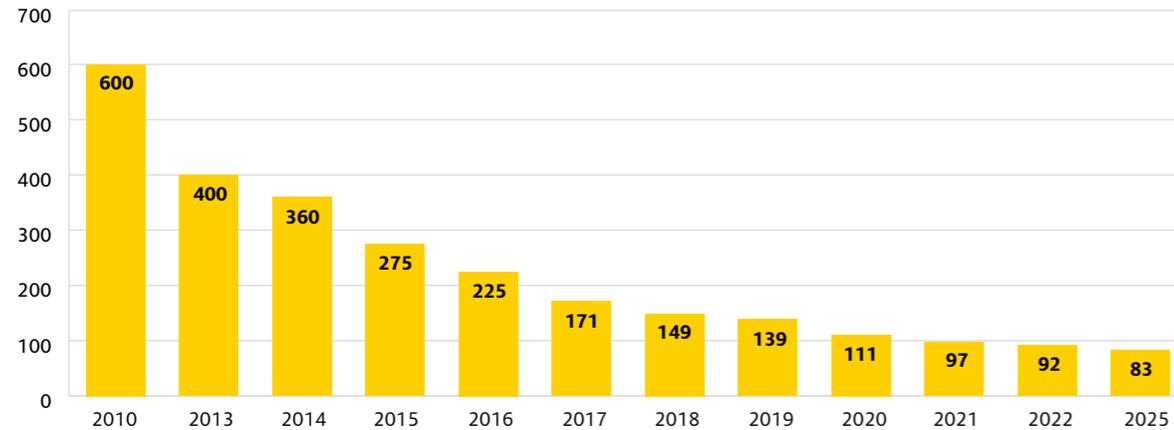


### Batteriekosten

Der Akku ist das teuerste Bauteil eines Elektrofahrzeugs, obwohl die Kosten für die gängigen und hauptsächlich verwendeten Lithium-Ionen-Akkus innerhalb der letzten zehn Jahre um 80 Prozent gesunken sind. 2010 lagen die Kosten für einen Lithium-Ionen-

Akku bei 600 Euro pro Kilowattstunde (kWh). Im Jahr 2020 lag der Preis pro Kilowattstunde bei circa 111 Euro (Q21). Für das Jahr 2025 wird ein Preis pro Kilowattstunde von 83 Euro prognostiziert. Weiterführende Informationen finden Sie unter Q22.

**Weltweite Preisentwicklung für Lithium-Ionen-Akkus in ausgewählten Jahren von 2010 bis 2019 und eine Prognose bis 2025 (in Euro/kWh)**

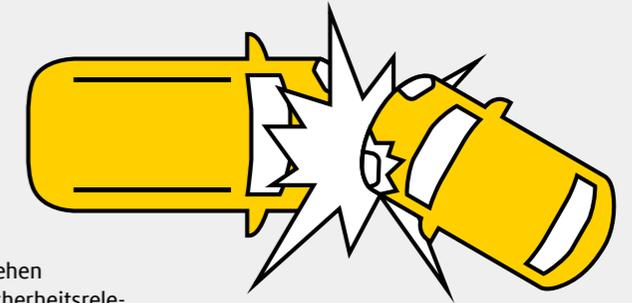


Hinweis: Deutschland; Stand jeweils Dezember

Quelle: BDEW

### Sicherheit von Elektrofahrzeugen - Crash-Sicherheit

Ein wesentliches Entscheidungskriterium für ein Antriebssystem ist die Sicherheit. Der Umgang mit konventionellen Verbrennungsmotoren ist den meisten Fahrzeugführern bestens bekannt und Unterschiede zwischen Benzinern und Diesel sind dank neuer Technologien kaum noch spürbar. Rein elektrisch betriebene Fahrzeuge stellen hier eine Besonderheit dar. Elektrofahrzeuge müssen ausnahmslos die gleichen gesetzlichen Standards erfüllen wie die konventionell angetriebenen Fahrzeuge. Für die Hochvoltkomponenten gelten ergänzende Auflagen. Diese beziehen sich vor allem auf die unfallsichere Unterbringung aller sicherheitsrelevanten Hochvoltkomponenten und Energiespeicher, damit eine Gefährdung von



Insassen beispielsweise durch Brand, Kurzschlüsse oder Elektrifizierung des Fahrzeuges ausgeschlossen wird. Gleichzeitig sollen die Auflagen potenzielle Auswirkungen und Gefahren eines Unfalls auf die Umgebung außerhalb des Fahrzeuges minimieren. Hierbei geht es vor allem um den Austritt von Elektrolyten sowie die Brandprävention (Q25, Q26).

Für den Fahrzeugführer und die Insassen bedeutet dies im Endeffekt, dass die elektrischen Komponenten im Falle eines Unfalls „eigensicher“ sind. Dies bedeutet, dass der Stromfluss der Batterie direkt unterbunden wird, wenn im Energiesystem ein Defekt auftritt. Bei einem Crash wird somit die Batterie sofort automatisch von den anderen Hochvoltkomponenten und Hochvoltkabeln getrennt, sodass keine Spannung mehr anliegt.

Bei einem plötzlich auftretenden Schaden oder einer technischen Störung besteht erfahrungsgemäß keine elektrische Gefährdung, da die Elektrofahrzeuge durch Sicherheitsmaßnahmen abgesichert sind, so wie dies bei konventionellen Antrieben ebenfalls der Fall ist. Eine Pannenhilfe ist grundsätzlich möglich. Jedoch dürfen Arbeiten an Elektrofahrzeugen aus Sicherheitsgründen lediglich von eigens dafür ausgebildetem Fachpersonal durchgeführt werden. Allgemein gilt: Achtung vor den Hochvoltkomponenten und vor allen orangefarbenen Leitungen (Q27).

## Elektrofahrzeug und Brandgefahr



Generell gilt, dass die Wahrscheinlichkeit eines Fahrzeugbrandes bei einem Elektrofahrzeug genau so hoch ist wie bei einem Verbrennungsfahrzeug. Eine höhere Brandgefahr besteht bei einem Elektrofahrzeug nicht. Kritisch kann es dann werden, wenn die Schutzmechanismen der Antriebsbatterie infolge eines schweren Crashes verformt und beeinträchtigt worden sind. Im schlimmsten Fall können die Zellen der Antriebsbatterie „durchgehen“. Dies nennt man im Fachjargon „Thermal Runaway“. Bei einem „Thermal Runaway“ brennt die Antriebsbatterie und muss von der Feuerwehr mit viel Wasser gelöscht werden. In diesem Fall werden mindestens 11.000 Liter Wasser benötigt. Bei einem

Brand eines Verbrennungsmotors werden für den Löschvorgang maximal 2000 Liter Wasser benötigt. Aus diesem Grund wird die Feuerwehr bei einem Brand eines Elektrofahrzeuges mehr Einsatzkräfte und Löschwagen benötigen als bei einem Brand eines Verbrennungsfahrzeuges (Q28).

Ängste, Sorgen oder Zweifel im Hinblick auf die Sicherheit von Elektrofahrzeugen in Unfallsituationen sollten nicht bestehen. Im Vergleich zu konventionellen Verbrennungsfahrzeugen befinden sich Elektrofahrzeuge auf Augenhöhe und gewährleisten bei Unfallsituationen nicht weniger Sicherheit.

### Temperaturempfindlichkeit von Batterien

Bei niedrigen Außentemperaturen ist es empfehlenswert, die Batterie direkt nach der Fahrt zu laden, da die Batterie noch nicht ausgekühlt ist und beim Ladevorgang weniger belastet wird.

Sowohl Hitze als auch Kälte im Minusbereich mindern die Kapazitätsfähigkeit der Batterie. Im Sommer sollte das Elektrofahrzeug nicht in der prallen Mittagssonne stehen. Bei Temperaturen nahe 0 Grad Celsius und niedriger empfiehlt sich ein geschützter Abstellplatz. Eine Garage ist sehr von Vorteil (Q29).



## Feststoffbatterien

Feststoffbatterien haben das Potenzial, Gefahren wie Auslaufen, oder auch in Brand zu geraten, zu eliminieren, da sie ohne flüssige Elektrolyte auskommen. Damit einhergehend können die Aufwendungen für Schutz und Temperaturmanagement entfallen. Aufgrund dessen sind sie leichter und kostengünstiger im Vergleich zu den Lithium-Ionen-Batterien. Bis dato sind Akkus mit Feststoffspeicher noch nicht für den alltäglichen Einsatz in Elektrofahrzeugen geeignet. Der Grund hierfür liegt in der noch viel zu hohen Ladedauer und dem sehr rapiden Abbau der Kapazität (Q30). Neben den asiatischen Herstellern (in China ist die Produktion bereits 2018 angelaufen) setzen auch deutsche Hersteller, wie bspw. Volkswagen, in Zukunft auf die Feststoffbatterie.

### Elektroauto und Camping/Lastenziehen

Camper, Handwerker und Fahrradfreunde sollten beachten: Die meisten E-Fahrzeuge haben keine Anhängerkupplung. Der Grund dafür ist der hohe Stromverbrauch im Anhängerbetrieb, der die Reichweite zu sehr schmälern würde. Dies wird sich aber sicher in naher Zukunft infolge der steigenden Leistungsfähigkeit der Akkus ändern.

Bei einigen E-Autos (bspw. von Nissan, Renault und Tesla) ist auch derzeit schon ein Anhängerbetrieb möglich. Für einige E-Fahrzeuge ist zumindest die Montage einer Anhängerkupplung erlaubt, sofern sie ausschließlich für den Fahrradtransport eingesetzt wird.



## Kosten und Finanzierung

Kosten und Finanzierung sind wesentliche entscheidungsrelevante Aspekte bei der E-Mobilität. Anschaffungskosten, Wertverluste und Fördermöglichkeiten, steuerliche Vergünstigungen, Kosten für Wallboxen und Stromkosten - es gibt viel zu berücksichtigen. In diesem Abschnitt werden all diese Punkte beleuchtet.



## Anschaffung und Wertverlust

Bei der Betrachtung der Kosten ist es wichtig, alle Faktoren zu berücksichtigen. Den größten Teil machen die Anschaffungskosten aus. Da nach Nutzungsende ein Verkaufspreis erzielt werden kann (Restwert), ist die zu betrachtende Größe der Wertverlust (Differenz zwischen Anschaffungs- und Verkaufspreis). Neben dem Wertverlust sind auch Ausgaben für die Versicherung, Kfz-Steuer, Wartung und Reparaturen, Reifenverschleiß, Wagenpflege sowie Kraftstoff- bzw. Stromkosten zu berücksichtigen. Falls eine neue Wallbox für das Laden zu Hause notwendig ist, sollten auch deren Kosten in das Kalkül einfließen. Beim ADAC liegt eine umfangreiche Datenbank zum Kostenvergleich vor (Q31).

Die Anschaffungskosten für Elektroautos liegen in der Regel mehrere Tausend Euro über denen eines Autos mit Verbrennungsmotor. Der Grund dafür sind vor allem die Batterien, die bis zu einem Drittel des Kaufpreises ausmachen. Allerdings wird dieser Nachteil durch die Umwelt- und Innovationsprämien des Bundes und der Hersteller ausgeglichen.

Dabei betrifft die Förderung nicht nur Neuwagen, sondern auch unter gewissen Umständen sogenannte „junge Gebrauchte“, die nicht länger als zwölf Monate zugelassen waren. Nähere Infos bietet der ADAC (Q32). An dieser Stelle warnt der ADAC zu Vorsicht vor Scheingeschäften.

### Umwelt- und Innovationsprämien des Bundes und der Hersteller



#### Förderung bei Kauf:

Batterieelektrisches Auto: 7500 Euro bzw. 9000 Euro \*  
Plug-In-Hybrid: 5625 Euro bzw. 6750 Euro \*

#### Förderung bei Leasing:

Batterieelektrisches Auto: 1875 Euro bis 4500 Euro \*\*  
Plug-In-Hybrid: 1406 Euro bis 3375 Euro \*\*



\* je nach Netto-Listenpreis  
\*\* je nach Listenpreis und Leasingdauer

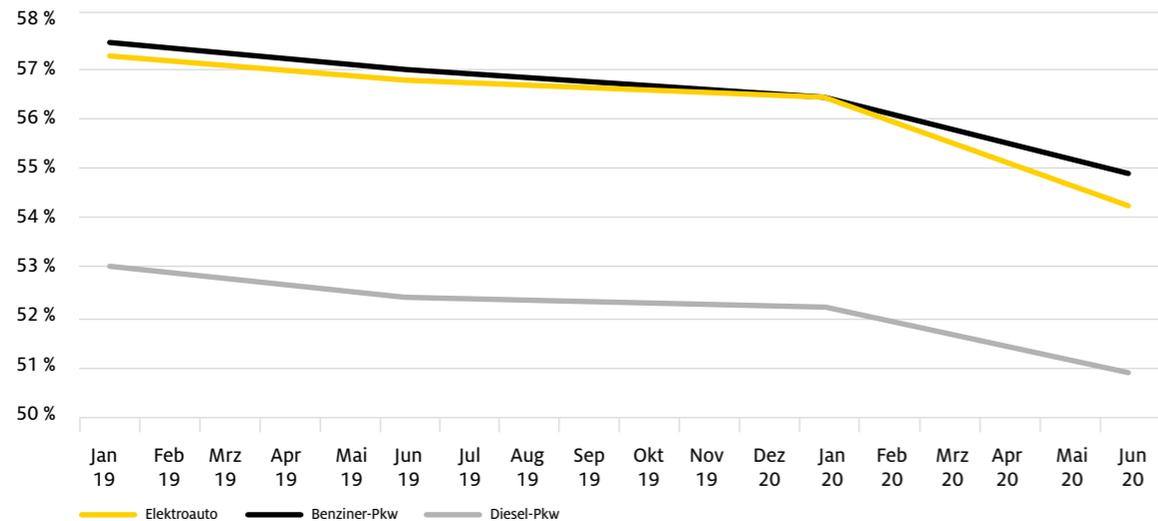
Quelle: ADAC

### Wertverluste bei E-Fahrzeugen

Aus dem Preis für gebrauchte Fahrzeuge lassen sich die Wertverluste ablesen. Diese sind bei Dieselfahrzeugen etwas höher; Benziner und Elektroautos liegen in etwa gleich auf. Allerdings ist auf dem Gebrauchtwagenmarkt infolge der Innovations- und Umweltprämie mit Verwerfungen zu rechnen. Es lässt sich seit

Einführung der Innovationsprämie beobachten, dass elektrische Gebrauchtwagen zum Teil massiv an Wert verlieren. Der Leiter der DAT-Marktbeobachtung rechnet mit einem nachhaltig sinkenden Wertniveau gebrauchter Elektrofahrzeuge (Q33).

Wertentwicklung dreijähriger Gebrauchtwagen (Gebrauchtwagenpreis zu Listenpreis)



Quelle: DAT

## Kosten und steuerliche Vergünstigungen

### Kosten – Steuern und Versicherung

Während reine Elektroautos ganz von der Kfz-Steuer befreit sind, fällt für PHEV die Kfz-Steuer an. Diese ist jedoch aufgrund des geringeren CO<sub>2</sub>-Wertes niedriger als die eines vergleichbaren Pkw mit reinem Verbrennungsmotor. Auch in der Kfz-Haftpflicht- und Kasko-Versicherung verursachen die BEV und PHEVs weniger Kosten als die Verbrenner. In aller Regel geben die Versicherer Rabatte auf Elektroantriebe.

### Kosten – Dienstwagenregelung

Für die Nutzung des Elektroautos als Dienstwagen fallen weitere Vergünstigungen an: während Benziner und Diesel-Pkw nach der 1 %-Regelung versteuert werden, gilt für ein BEV die 0,25 %-Regelung und für ein PHEV die 0,5 %-Regelung (bei einer elektrischen Reichweite von mehr als 40 km).

### Kosten – Energie

Die Kosten für den Energieverbrauch von Elektroautos sind entscheidend von der Größe des Fahrzeugs abhängig. Vom ADAC liegen für viele Modelle Testergebnisse zum Verbrauch vor (Q34). Die Autozeitung führte im September 2020 für verschiedene Fahrzeuge Vergleiche durch. Ergebnis: Das Elektrofahrzeug ist vor allem dann günstiger, wenn es zu Hause

geladen wird. Das Laden an öffentlichen Ladesäulen ist in der Regel teurer als das Tanken (Q35). Zu beachten ist, dass beim Laden sogenannte Ladeverluste entstehen. Diese sind die Differenz aus verbrauchter Energie und der Energie, die effektiv im Elektromotor ankommt. Die Ladeverluste sind zum Teil erheblich und müssen in der Gesamtkostenkalkulation ebenfalls berücksichtigt werden.

### Kosten – Wallboxen

Für das Laden zu Hause sind Wallboxen notwendig. Dafür gibt es unterschiedliche Modelle. Je nach Ladegeschwindigkeit schwanken die Preise zwischen 500 und 2000 Euro. Der Bund, teilweise aber auch Länder, Gemeinden und Stromanbieter, fördern den Einbau von Wallboxen. Der ADAC bietet umfangreiche Informationen zu Wallboxen (Q36).



# Vollkostenvergleich Elektroauto versus Verbrenner

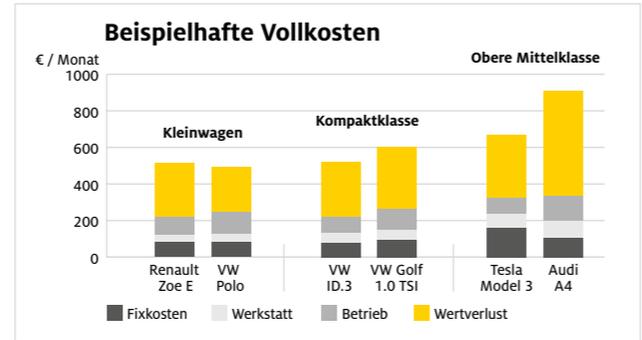
Ausgewählte Modelle werden nun hinsichtlich ihrer Vollkosten für den Nutzer verglichen. Die Berechnung folgt der Methodik der ADAC Autokosten (Q37). Es wird eine jährliche Fahrleistung von 15.000 km und eine Haltedauer von fünf Jahren unterstellt.

### Wesentliche Bestandteile der Autokosten sind:

- » Fixkosten (nutzungsunabhängig, v.a. Versicherung und Kfz-Steuer)
- » Werkstattkosten (Inspektion und Reparaturen)
- » Betriebskosten (Kraftstoff / Strom)
- » Wertverlust (Differenz von Kaufpreis und Wiederverkaufswert, umgelegt auf die Haltedauer). Die aktuell gewährte staatliche Umweltprämie für Elektrofahrzeuge ist hierbei berücksichtigt.

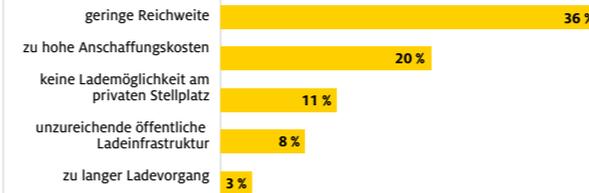
staatliche Förderung spielt dabei eine Rolle, der gezeigte Tesla wäre allerdings auch ohnedies mit dem Otto-Vergleichsfahrzeug konkurrenzfähig. Zusammen mit deutlich geringeren Betriebskosten ergibt sich so ein veritabler Gesamtkostenvorteil für die betrachteten Batteriefahrzeugmodelle von bis zu 27 Prozent. Kosten werden stark vom Nutzungsprofil bestimmt. Mithilfe von Softwaretools können Fahrzeugkäufer individuelle Informationen auf Basis ihrer persönlichen Nutzungsgewohnheiten erhalten. Hierzu kann beispielsweise das von ifeu und ADAC gemeinsam entwickelte Tool „My E-Drive“ verwendet werden, mit dem die täglichen Fahrten aufgezeichnet und anhand dessen aktuelle Elektrofahrzeugmodelle hinsichtlich ihrer Eignung bewertet werden können (Q38).

Galten Elektrofahrzeuge bis vor Kurzem noch als ökonomisch unattraktiv, so zeigt der Kostenvergleich, dass dies für derzeitige Modelle unter den aktuellen Rahmenbedingungen nicht mehr zutrifft. Im Kleinwagensegment sind die gewählten Beispielmodelle bei den Kosten in etwa gleichauf. Der noch spürbar höhere Anschaffungspreis wird durch Einsparungen bei den Betriebskosten in etwa kompensiert. In der Kompaktklasse und noch einmal mehr in der oberen Mittelklasse sind die Kosten durch Anschaffungspreis/Wertverlust hingegen für die Elektromodelle im Vergleich zum Verbrenner deutlich geringer. Die



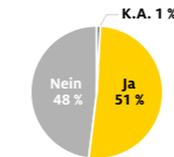
## Umfrage zu E-Antrieb & Co: Was sich Autofahrer wünschen

### Was sind bzw. waren für Sie die größten Hürden beim Kauf eines E-Autos?

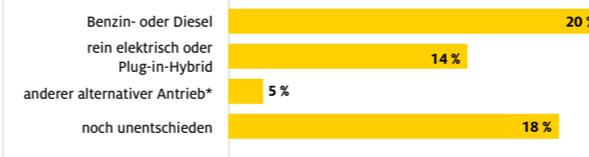


Datenbasis: 1035 Elektroantriebs-Interessierte; weitere Nennungen möglich

### Planen Sie in den nächsten zwei Jahren den Kauf eines Pkw?



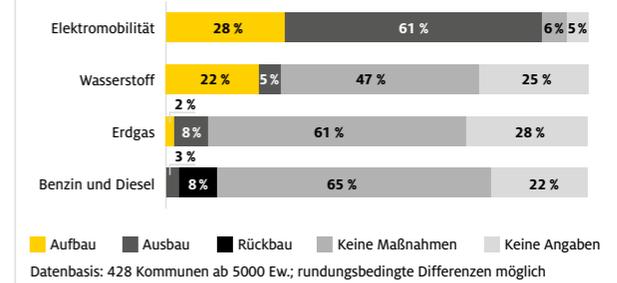
### Falls ja, welchen Antrieb wird er wahrscheinlich haben?



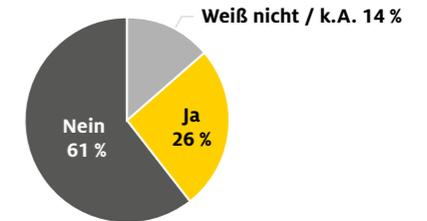
\* (z.B. Erdgas, Wasserstoff etc.)  
 Datenbasis: Bevölkerung in Deutschland ab 16 Jahren, n=2638; rundungsbedingte Differenzen möglich

Quelle: ADAC Markt- und Meinungsforschung

### Was planen Sie in den nächsten fünf Jahren bei der Infrastruktur für folgende Antriebe?



### Gibt es wohnungsnah eine E-Ladesäule im öffentlichen Straßenraum?



Datenbasis: Bevölkerung in Deutschland ab 16 Jahren, n=2638; rundungsbedingte Differenzen möglich

## Nachhaltigkeitsaspekte

Der wichtigste Grund für die Einführung elektrischer Antriebe ist die notwendige Minderung der CO<sub>2</sub>-Emissionen. Der nachfolgende Abschnitt untersucht die Klimabilanz heutiger Elektroautos und vergleicht sie mit Verbrennungsfahrzeugen.

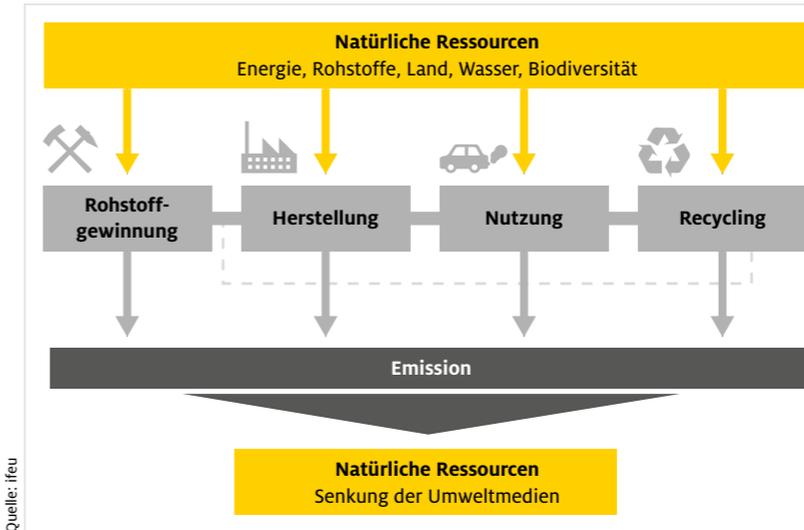


## Elektromobilität und Klimawandel

Umfassende Umweltbilanzen von Fahrzeugen mit verschiedenen Antrieben müssen den gesamten Lebensweg der Fahrzeuge betrachten – also inklusive Fahrzeugherstellung und -entsorgung sowie der Energiebereitstellung in allen Bereichen (ökobilanzieller Ansatz). Das Schaubild zeigt die verschiedenen Stationen des Fahrzeug-Lebensweges.

Die Herstellung eines Fahrzeugs schließt den Abbau der benötigten Materialien (oder die Wiederaufbereitung, wenn es sich um wiederverwendete Rohstoffe handelt), die Herstellung aller Komponenten (wie z.B. Karosserie und Getriebe) sowie die Fahrzeugfertigung ein. Bei Elektrofahrzeugen fallen zwar der Verbrennungsmotor, das Schaltgetriebe und die Abgasnachbehandlung weg, dafür kommen ein Elektromotor und eine Traktionsbatterie hinzu. Auch die Entsorgung nicht wiederverwendbarer Bestandteile am Lebensende des Fahrzeugs wird bilanziert. Der wichtigste Faktor für die herstellungsbedingten Umweltwirkungen eines Fahrzeugs ist seine Größe, weil ein Großteil der Wirkungen proportional zum Materialeinsatz ist. Bei Elektroautos ist die Batteriekapazität (und damit die Reichweite) jedoch ebenfalls ein entscheidender Faktor.

Für die Nutzungsphase der Fahrzeuge werden die Auspuffemissionen von Verbrennungsfahrzeugen, die Emissionen durch die Bereitstellung des Kraftstoffs (Förderung, Transport und Raffination) sowie natürlich die Erzeugung des Stroms für Elektrofahrzeuge im Kraftwerk bilanziert.

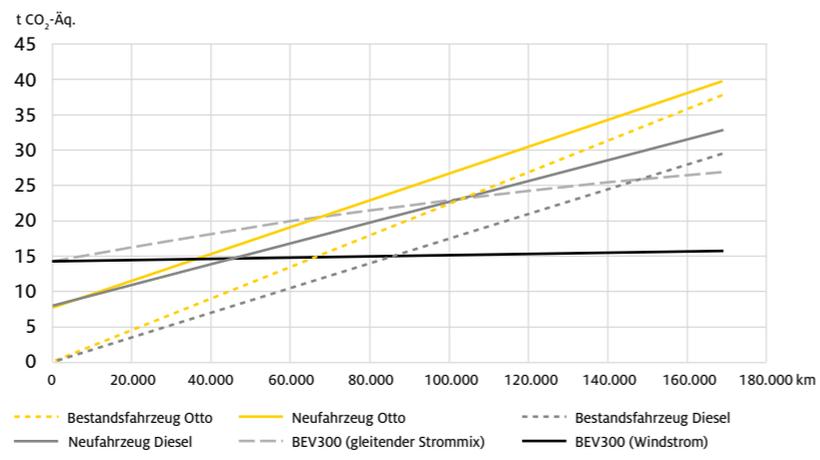


Bei der Bilanzierung der Stromerzeugung sind in der Regel anteilig alle Kraftwerke zu berücksichtigen, die in das Stromnetz einspeisen, also der sogenannte „Strommix“. Da der Anteil erneuerbarer Energien im Strommix in den vergangenen Jahren erheblich gestiegen ist (im Jahr 2020 lag er bei etwa 46 Prozent (Q39)), ist auch der CO<sub>2</sub>-Ausstoß pro kWh gesunken. Aufgrund der gesetzlichen Ausbauziele für den weiteren Ausbau erneuerbarer Stromerzeugung wird sich dieser Trend fortsetzen, so dass heute gebaute Elektrofahrzeuge während ihres Fahrzeuglebens im Durchschnitt einen deutlich CO<sub>2</sub>-ärmeren Strom laden werden, als er heute aus der Steckdose kommt.

In der nebenstehenden Abbildung der kumulierten CO<sub>2</sub>-Emissionen während des Fahrzeuglebens ist dieser Effekt berücksichtigt. Es ist ersichtlich, dass die höheren CO<sub>2</sub>-Emissionen bei der Herstellung eines Elektroautos (bedingt v.a. durch die Batterieherstellung) im Laufe des Fahrzeuglebens überkompensiert werden können. Im gezeigten Beispiel (typisches E-Auto der Kompaktklasse mit etwa 300 Kilometer realer Reichweite, entspricht etwa 57 kWh Batteriekapazität) ist dies gegenüber einem Benziner ab etwa

65.000 gefahrenen Kilometern, gegenüber einem Diesel ab gut 100.000 Kilometern der Fall. Fährt das Elektroauto hingegen vollständig mit Windstrom, so spart es gegenüber Benziner und Diesel bereits ab 35.000 bzw. 45.000 Kilometer CO<sub>2</sub>-Emissionen ein. Zum Vergleich sind auch die CO<sub>2</sub>-Emissionen durch Weiternutzung eines jeweils etwa 15 Jahre alten Otto- und Diesel-Fahrzeugs gezeigt, deren Herstellungsemissionen hier bereits als „abgeschrieben“ betrachtet werden.

**Kumulierte Treibhausgasemissionen eines Kompaktklassenfahrzeugs mit verschiedenen Antrieben in Abhängigkeit der Fahrleistung**



Quelle: ifeu

Nachfolgend betrachten wir die Klimabilanz über den Fahrzeug-Lebensweg beispielhaft für einige marktgängige Fahrzeugmodelle verschiedener Segmente. Dabei handelt es sich um überschlägige Abschätzungen anhand gemessener realitätsnaher Verbräuche (ADAC EcoTest) sowie der Batteriegröße. Die Methodik folgt dabei der in (Q40) beschriebenen Bilanzierung. Für jedes Segment werden drei Fälle gegenübergestellt:

- » Ein Batteriefahrzeug, das über eine angenommene Lebensdauer von 13 Jahren mit deutschem Strommix betankt wird.
- » Ein aktuelles Neufahrzeug mit Benzinmotor und vergleichbaren Eigenschaften.

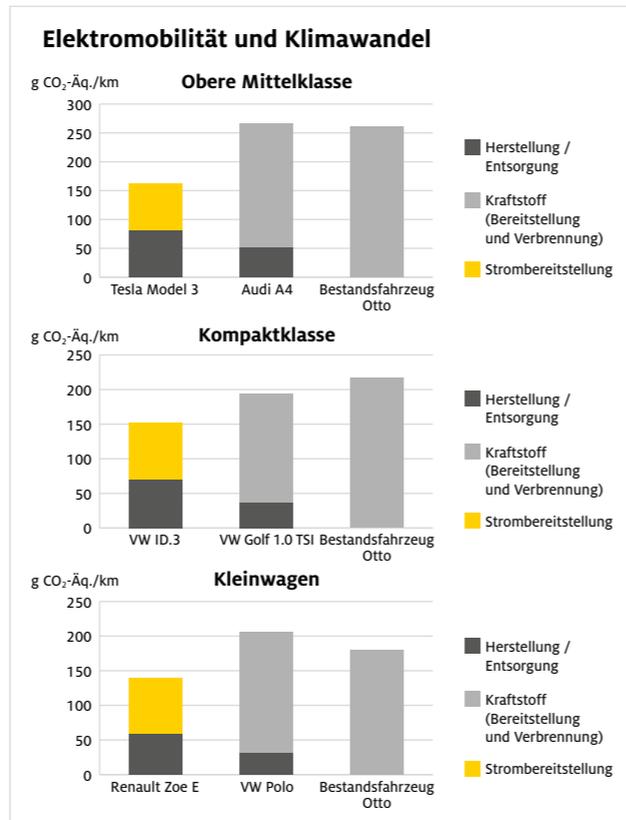
» Die Weiternutzung eines älteren Benzinfahrzeugs, das zum jetzigen Zeitpunkt bereits eine durchschnittliche Fahrzeuglebensdauer absolviert hat.

Für die Klimabilanz werden die folgenden Annahmen unterstellt: Das Fahrzeug fährt im Schnitt 15.000 km pro Jahr und im Laufe seines 13-jährigen Fahrzeuglebens somit 195.000 km. Im Betriebszeitraum (Jahre 2021-2034) wird eine mittlere CO<sub>2</sub>-Intensität der Stromerzeugung von 420 g CO<sub>2</sub>-Äq./kWh (Windstrom: 11 g CO<sub>2</sub>-Äq./kWh) unterstellt. Für die CO<sub>2</sub>-Emissionen aus Bereitstellung und Verbrennung von Benzin werden 2780 g CO<sub>2</sub>-Äq./Liter angenommen.

	Verbrauch (je 100 km)	Reichweite (Batt.kap.)	Listenpreis
<b>Kleinwagen</b>			
Renault Zoe R135 Z.E. 50 (52 kWh) Intens	19,0 kWh	335 km (52 kWh)	31.990 €
VW Polo 1.0 TSI OPF Highline DSG (7-Gang)	6,3 l	-	21.685 €
Bestandsfahrzeug Otto*	6,5 l	-	-
<b>Kompaktklasse</b>			
VW ID.3 Pro Performance (58 kWh) Tech	19,3 kWh	335 km (58 kWh)	34.995 €
VW Golf 1.0 eTSI Life DSG	5,7 l	-	28.085 €
Bestandsfahrzeug Otto*	7,8 l	-	-
<b>Obere Mittelklasse</b>			
Tesla Model 3 Standard Range Plus	19,5 kWh	305 km (53 kWh)	39.990 €
Audi A4 Avant 40 TFSI S line S tronic	7,8 l	-	44.850 €
Bestandsfahrzeug Otto*	9,4 l	-	-

Quelle: ADAC Auto-Datenbank/EcoTest; \*TREMIO

In den nachfolgenden Abbildungen sind die Treibhausgasemissionen getrennt nach den Lebenswegphasen dargestellt. Der durch die Batterieherstellung bedingte größere „CO<sub>2</sub>-Rucksack“ der Batteriefahrzeuge ist deutlich zu sehen. In Summe über den gesamten Lebensweg verursacht das Batteriefahrzeug dennoch in allen drei Fällen die mit Abstand geringsten Treibhausgasemissionen, denn beim Betrieb der Fahrzeuge wird durch den hohen Anteil erneuerbaren Stroms im Netz deutlich weniger CO<sub>2</sub> pro Kilometer frei als bei den Verbrennern. Die CO<sub>2</sub>-Einsparung gegenüber einem neuen Benziner liegt bei bis zu 39 Prozent. Durch die Weiternutzung eines älteren Verbrenners anstatt eines Neuwagenkaufs können Emissionen für die Herstellung eines Neufahrzeugs eingespart werden. Andererseits kann so nicht vom in der Regel geringeren Verbrauch eines Neuwagens profitiert werden. Für den Vergleich wurden mittlere Realverbräuche in den jeweiligen Segmenten für etwa 15 Jahre alte Fahrzeuge nach TREMOD angenommen (Q41). Die Ergebnisse zeigen, dass die alten Verbrenner in puncto CO<sub>2</sub>-Emissionen damit in etwa gleichauf mit neuen Verbrennern liegen. Bei den Luftschadstoffemissionen ist von einer deutlichen Reduktion bei neuen Verbrennungsfahrzeugen der Norm Euro 6d Temp (und besser) auszugehen, diese werden hier allerdings nicht betrachtet. Zu beachten ist, dass die Ergebnisse von den getroffenen Annahmen abhängig sind. Insbesondere die Jahresfahrleistung und das Alter des jetzigen Fahrzeugs sind individuelle Merkmale, die sich für jeden Pkw-Besitzer unterscheiden.



Es ist folgendes zu beachten: Je höher die Jahresfahrleistung ist, die hier mit 15.000 km angenommen wurde, um so besser ist die Klimabilanz des E-Autos, da die CO<sub>2</sub>-Emissionen der Produktion und der Entsorgung auf eine größere Kilometeranzahl verteilt werden können.

Je neuer der bisherige Pkw, um so geringer ist der Vorteil beim CO<sub>2</sub>-Ausstoß, der durch den Kauf eines neuen Pkws erreicht werden kann. Das Softwaretool My E-Drive (Q42) ermöglicht jedem Pkw-Besitzer einen Vergleich auf Basis seines individuellen Fahrverhaltens.

## Rohstoffe und Batterieproduktion: soziale und ökologische Aspekte



Hohe Rohstoffbedarfe und die aufwendige Herstellung der Akkus machen diese nicht nur zu einem bedeutenden Kostenblock, sondern auch zu einem bedeutenden sozialen und ökologischen Risiko. Die Gewinnung von Lithium aus den Salzseen in Chile, Argentinien und Bolivien verschärft die dort ohnehin schon bestehende Wasserknappheit. Der für die Akkuproduktion notwendige Kobalt stammt u.a. aus dem Kongo. Durch fehlenden Arbeitsschutz ist der Abbau dort oftmals mit schweren Krankheiten und Arbeitsunfällen verbunden. Kinderarbeit ist an der Tagesordnung. Allerdings ist auch die Förderung und Weiterverarbeitung von Erdöl mit gravierenden sozialen und ökologischen Nachteilen verbunden. Einen tiefen Einblick dazu gibt der World Wildlife Fund (Q43). Um die Gewinnung der Rohstoffe und die Produktion der Fahrzeuge nachhaltiger zu gestalten, können – neben internationalen Initiativen bezüglich der Batterieproduktion – die

transparente Offenlegung der Lieferketten und Verpflichtungen der Pkw-Hersteller zu Nachhaltigkeitsstandards helfen. Zudem muss vor allem die Batterieproduktion konsequent in Richtung einer Kreislaufwirtschaft weiterentwickelt werden, um den notwendigen Abbau neuer Rohstoffe zu begrenzen und Engpässe zu verhindern. Spitzenreiter bei der Batterieproduktion für Elektroautos ist derzeit China, gefolgt von den USA, Südkorea und Japan. In Europa sind die Produktionskapazitäten noch auf einem sehr niedrigen Niveau. Erwartet wird, dass sich die Produktionskapazitäten in den nächsten zehn Jahren etwa verzehnfachen (Q44). Treiber könnte hier vor allem Deutschland sein. So kündigte kürzlich der Volkswagen-Konzern an, in Europa sechs Gigafabriken mit einem Energiegesamtwert von 240 Gigawattstunden zu errichten (Q45).

# SWOT- Analysen

## Stärken und Schwächen, Chancen und Risiken

Der folgende Abschnitt liefert einen Überblick über die wichtigsten externen Einflussfaktoren auf die alternativen und konventionellen Antriebstechnologien. Mittels einer „SWOT-Analyse“ werden die wesentlichen Merkmale der verschiedenen Antriebsarten zusammengefasst dargestellt.



### Externe Einflussfaktoren auf alternative und konventionelle Antriebstechnologien

Die Stärken-Schwächen-Analyse ist eine klassische betriebswirtschaftliche Methodik, mit der die verschiedenen Antriebsarten hinsichtlich ihrer Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken beurteilt werden. Hierfür werden klassischerweise die englischen Begriffe SWOT (Strengths = Stärken, Weaknesses = Schwächen, Opportunities = Chancen, Threats = Risiken) verwendet. Bei der Herleitung der Stärken-Schwächen Analyse werden als Einflussfaktoren Klimawandel, Nachhaltigkeit, Sozialverträglichkeit, gesetzliche Rahmenbedingungen, Gesellschaft und Verkehrsmittelwahl, Geschäftsmodelle und Mobilitätsoptionen sowie Energieversorgung hinzugezogen. Mit Hilfe der Stärken-Schwächen-Matrix werden zunächst die Stärken der jeweiligen Antriebsart dargestellt. Demgegenüber werden die Schwächen gelistet, gefolgt von den Chancen, die mit diesen Antriebstechnologien verbunden sind. Schließlich werden die Risiken aufgedeckt, die vermieden werden müssen, um diese Technologien erfolgreich in den Markt einzuführen.

<b>Klimawandel</b>	Internationale Klimaschutzziele mit dem Ziel der Senkung von CO <sub>2</sub> -Emissionen im Verkehr.
<b>Nachhaltigkeit</b>	Verwendung nachhaltiger Rohstoffe für die Herstellung von Batterien und anderer Komponenten.
<b>Sozialverträglichkeit</b>	Unterbindung von sozialunverträglichen Arbeitsbedingungen in den Abbaubereichen seltener Erden und Rohstoffe.
<b>Gesetzliche Rahmenbedingungen</b>	Senkung des Energieverbrauchs sowie der CO <sub>2</sub> -Emissionen im Verkehr. Erhöhung des Anteils von erneuerbaren Energien im Verkehr. Installation von regulatorischen Instrumenten wie z. B. EU-Flottengrenzwerte, ZEV, Biokraftstoffe.
<b>Gesellschaft und Verkehrsmittelwahl</b>	Steigende Verkehrsleistung und veränderte Verkehrsmittelwahl. Erhöhung des PKW-Besetzungsgrades, Senkung der Tagesfahrweiten und Wegzwecke. Es sind Veränderungen der PKW-Nutzungsmuster zu beobachten.
<b>Geschäftsmodelle und Mobilitätsoptionen</b>	Car Sharing sowie neue Marktteilnehmer für Fahrzeug sowie Lade- bzw. Tankstelleninfrastruktur. Es gibt eine Erhöhung bzw. Veränderung der Mobilitätsoptionen und veränderte Verkehrsmittelwahl. Dies führt zu einer veränderten PKW-Nachfrage und Infrastruktur.
<b>Energieversorgung</b>	Verknappung der fossilen Ressourcen und zunehmender Fokus auf erneuerbare Energien. Ferner existieren weitere Kraftstoffoptionen wie z. B. Strom, Wasserstoff und e-Fuel für den Verkehr.
<b>Technologieoffenheit</b>	Eine einseitige Förderung von Technologien muss vermieden werden, da ansonsten Pfadabhängigkeiten entstehen können. Diese führt zur Benachteiligung zukunftsfähiger Technologien.

Quelle: in Anlehnung an Kreyenberg (2015); eigene Darstellung.

### Stärken und Schwächen, Chancen und Risiken des Verbrenners

<ul style="list-style-type: none"> <li>» Höhere Reichweite</li> <li>» Hervorragend ausgebautes Tankstellennetz</li> <li>» Hohe Produktvielfalt je Preissegment</li> <li>» Ausgereifte Technologie und Erfahrungswerte</li> <li>» Berechenbarer Wiederverkaufswert und funktionsfähiger Gebrauchtwagenmarkt</li> <li>» Bedarfsgerechte Motorisierungswahl (Benziner für Kurzstrecken und Diesel für Vielfahrer)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>» Nicht Vorhersehbarkeit der Kraftstoffbesteuerung</li> <li>» Mobilitätseinschränkung durch Fahrverbotszonen</li> <li>» CO<sub>2</sub>-Problematik des Benziners</li> <li>» NOx-Problematik des Diesels</li> <li>» Höhere Reparaturkosten durch höheren Verschleiss der Einzelteile</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>» E-Fuels setzen sich durch und bestehende Infrastruktur und Technologie kann weiter genutzt werden</li> <li>» Euro 7 wird von allen Herstellern erreicht und schafft damit eine neue Akzeptanz für Verbrennungsmotoren</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>» Fehlende gesellschaftliche Akzeptanz</li> <li>» Höhere steuerliche Belastungen für Fahrzeughaltenden</li> <li>» Neue Abgasvorschriften (Euro 7) könnte zur Einstellung der Weiterentwicklung von Verbrennungsmotoren führen</li> </ul>

### Stärken und Schwächen, Chancen und Risiken des Plug-In-Hybrids (PHEV)

<ul style="list-style-type: none"> <li>» Nicht betroffen von Einfahrverbote in Innenstädte</li> <li>» Plug-in-Hybrid-Fahrer muss nicht laden</li> <li>» Hat kein elektrisches Reichweitenproblem, da Verbrennermotor vorhanden</li> <li>» Der innerstädtische Durchschnittsverbrauch ist niedriger</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>» Batterien sind kleiner: 25 kWh, 15 kWh oder noch weniger, um 40 Kilometer-Reichweite zu ermöglichen, damit die staatliche Förderung für Firmenwagenfahrer greift</li> <li>» Es müssen zwei Motoren produziert werden (CO<sub>2</sub>-Nachteil)</li> <li>» Elektroeinheit wiegt 200 kg: bei der Langstrecke führt das zu unverhältnismäßig hohem Verbrauch des Benzinmotors</li> <li>» Einschränkungen im Kofferraum --&gt; wenig für Familien geeignet <ul style="list-style-type: none"> <li>» Batterien sind kleiner: 25 kWh, 15 kWh oder noch weniger, um 40 Kilometer-Reichweite zu ermöglichen, damit die staatliche Förderung für Firmenwagenfahrer greift</li> <li>» induktives Laden ist nicht in Sicht</li> </ul> </li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>» Sanfter Einstieg in die Elektromobilität, da als Hauptantrieb weiterhin der Verbrenner benutzt wird</li> <li>» Erhöhung der allgemeinen Akzeptanz für Elektromobilität</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>» Potentielle Verbannung sämtlicher Verbrennermotoren in Innenstädten</li> <li>» Stuck in the middle Problem bei der Technologieentscheidung. Ist nichts Halbes und nichts Ganzes</li> </ul>

### Stärken und Schwächen, Chancen und Risiken des Batterieelektrischen Autos (BEV)

<ul style="list-style-type: none"> <li>» Keine unmittelbaren Emissionen (NOx, HC, CO) am Nutzungsort des Fahrzeugs</li> <li>» Fahrspaß aufgrund eines hohen Drehmoments</li> <li>» Vernachlässigbare Lärmemissionen</li> <li>» Geringere Anzahl von Bauteilen führt zu einem geringen Wartungsaufwand, so dass die Wartungsintervalle und Wartungskosten geringer sind</li> <li>» Steuerliche Vorteile bei Dienstwagen (Geldwertenvorteil)</li> <li>» Keine Beschränkung für Fahrten in die Innenstadt</li> <li>» Beitrag zur Klimaverbesserung (weniger CO<sub>2</sub>)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>» Aufgrund der geringen Reichweite und der begrenzten Ladesäuleninfrastruktur müssen Langstreckenfahrten sorgfältig geplant werden</li> <li>» Lange Ladezeiten und fehlende Preistransparenz bei den Ladesäulen</li> <li>» Einschränkung bei der Höchstgeschwindigkeit</li> <li>» Nutzung von seltenen Rohstoffen (z. B. Kobalt und Lithium)</li> <li>» Die Kosten durch die Batterieentsorgung und Wiederverwertung sind noch ungeklärt</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>» Keine unmittelbaren Emissionen (NOx, HC, CO) am Nutzungsort des Fahrzeugs</li> <li>» Fahrspaß aufgrund eines hohen Drehmoments</li> <li>» Vernachlässigbare Lärmemissionen</li> <li>» Geringere Anzahl von Bauteilen führt zu einem geringen Wartungsaufwand, so dass die Wartungsintervalle und Wartungskosten geringer sind</li> <li>» Steuerliche Vorteile bei Dienstwagen (Geldwertenvorteil)</li> <li>» Keine Beschränkung für Fahrten in die Innenstadt</li> <li>» Beitrag zur Klimaverbesserung (weniger CO<sub>2</sub>)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>» Der Restwert des Fahrzeugs ist zum jetzigen Zeitpunkt ungeklärt</li> <li>» Zusätzliches Equipment für privates Laden des Fahrzeugs muss angeschafft werden (z. B. Wall Box)</li> <li>» Strommix in Deutschland besteht zu 50% aus fossilen Brennstoffen</li> </ul>

### Stärken und Schwächen, Chancen und Risiken des Brennstoffzellenfahrzeugs (FCEV)

<ul style="list-style-type: none"> <li>» Reichweite ähnlich wie beim Verbrennungsmotor</li> <li>» Abgasfreier Antrieb (aus dem Auspuff kommt nur Wasserdampf) und ist somit klimafreundlich</li> <li>» Doppelter Wirkungsgrad im Vergleich zu herkömmlichen Verbrennungsmotoren</li> <li>» Geräusch- und Wartungsarm</li> <li>» Geringere Besteuerung des Geldwertenvorteils</li> <li>» Zahlung einer Umweltprämie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>» Hohe Anschaffungskosten</li> <li>» Hohe Investitionskosten</li> <li>» Produktion von Wasserstoff ist sehr teuer und energieintensiv</li> <li>» Hohe Kosten für Brennstoffzellen und schlechtes Tankinfrastrukturnetzwerk</li> <li>» Es gibt keine Modellvielfalt</li> <li>» Langstreckenfahrten ist noch schwieriger als mit dem Elektroauto</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>» Positives Image in der Öffentlichkeit</li> <li>» Tendenziell positive Unterstützung in der Politik (Wasserstoffstrategie der Bundesregierung)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>» Bleibt eine ewige Zukunftstechnologie</li> <li>» Konkurrenztechnologien sind ausgereifter und billiger</li> <li>» Herstellung von Wasserstoff ist nur dann klimafreundlich, wenn hierfür Ökostrom verwendet wird. Entscheidend ist hier der Energiemix</li> </ul>

## Checkliste für den Autokauf

Nach der jüngsten Umfrage des ADAC (Q46) plant mehr als die Hälfte der Befragten die Neuanschaffung eines Pkw in den nächsten zwei Jahren; für 14 Prozent kommt ein Elektroauto in Frage (BEV, PHEV), 18 Prozent sind bei der Antriebsfrage unentschieden. Dieser Wegweiser bietet Ihnen umfangreiche Informationen zur Entscheidungsfindung.



Vor einer endgültigen Entscheidung für ein Elektroauto sollten Sie sich die folgenden Fragen stellen:

- » Nutzen Sie das Auto vor allem für kurze und mittlere Strecken? Wie hoch muss die Reichweite Ihres neuen Autos sein? Passt zu Ihnen eher ein rein batterieelektrisches Auto, ein Plug-In-Hybrid oder doch ein klassischer Verbrenner? Kommen Sie mit einem kleinen Auto aus? Bitte schätzen Sie Ihren persönlichen Bedarf realistisch ein. Beachten Sie, dass die Reichweite eines Autos auch von dessen Größe und Gewicht abhängig ist.
- » Wo können Sie das Auto laden? Gibt es Möglichkeiten bei Ihnen zu Hause oder an Ihrer Arbeitsstelle? Denken Sie bitte auch an Fördermöglichkeiten für die Installation einer Wallbox.
- » Gibt es in Ihrer Umgebung und auf Ihren Wegen öffentliche Ladeinfrastruktur? Beachten Sie bitte, dass derzeit in vielen Kommunen neue öffentliche Ladeinfrastruktur entsteht.
- » Brauchen Sie das Auto um einen Anhänger oder einen Wohnwagen zu ziehen? Beachten Sie, dass es nur wenige E-Modelle gibt, die das gewährleisten.
- » Wie teuer soll Ihr nächstes Auto sein? Soll es ein neues oder ein gebrauchtes Auto sein? Bitte berücksichtigen Sie die Innovations- und Umweltprämien auf neue und auf junge gebrauchte Elektroautos.
- » Nutzen Sie das Auto als Dienstwagen? Dann können Sie von der niedrigeren Besteuerung profitieren?
- » Haben Sie sich einen Überblick über die derzeitigen Modelle verschafft? Bitte denken Sie an die umfangreichen Fahrberichte und Tests des ADAC unter [adac.de/tags/elektroauto/](https://adac.de/tags/elektroauto/)



Haben Sie weitere Fragen? Sind Sie noch unsicher? Brauchen Sie mehr Informationen?

Der ADAC bietet umfangreiche Informationen rund um die Elektromobilität unter [adac.de/elektromobilitaet](https://adac.de/elektromobilitaet) und berät Mitglieder persönlich.  
QR-Code scannen und direkt online informieren!



## Weiterführende Informationen und Quellen

- Q1: [adac.de/rund-ums-fahrzeug/elektromobilitaet/info/glossar-elektromobilitaet/](https://www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/elektromobilitaet/info/glossar-elektromobilitaet/)
- Q1a: [adac.de/verkehr/tanken-kraftstoff-antrieb/alternative-antriebe/synthetische-kraftstoffe/](https://www.adac.de/verkehr/tanken-kraftstoff-antrieb/alternative-antriebe/synthetische-kraftstoffe/)
- Q1b: [adac.de/verkehr/tanken-kraftstoff-antrieb/alternative-antriebe/wasserstoffauto-so-funktioniert-es/](https://www.adac.de/verkehr/tanken-kraftstoff-antrieb/alternative-antriebe/wasserstoffauto-so-funktioniert-es/)
- Q2: Interview mit Markus Duesmann durchgeführt von Sven Astheimer und Hennings Peitsmeier, in FAZ: Nr. 63, S. 26 vom 16. März 2021
- Q3: [presskit.porsche.de/anniversaries/de/70-years-porsche-sports-cars/topic/category/elektroantriebe-bei-porsche/items/de-porsche-hybrid-fahrzeuge-331.html](https://presskit.porsche.de/anniversaries/de/70-years-porsche-sports-cars/topic/category/elektroantriebe-bei-porsche/items/de-porsche-hybrid-fahrzeuge-331.html)
- Q4: Ajanovic, A. The future of electric vehicles: prospects and impediments. WIREs Energy Environ 2015.
- Q5: [welt.de/wirtschaft/webwelt/article193002869/Elon-Musks-Tesla-Das-sind-die-eigentlichen-Gruender.html](https://www.welt.de/wirtschaft/webwelt/article193002869/Elon-Musks-Tesla-Das-sind-die-eigentlichen-Gruender.html)
- Q6: ZIV, Zahlen-Daten-Fakten zum Fahrradmarkt in Deutschland 2020
- Q7: [automobilwoche.de/article/20201214/NACHRICHTEN/201219973/cam-prognose-bis--die-e-mobilitaet-verlaesst--die-nische](https://www.automobilwoche.de/article/20201214/NACHRICHTEN/201219973/cam-prognose-bis--die-e-mobilitaet-verlaesst--die-nische)
- Q8: [gtue.de/sixcms/70640.html?nav=59912](https://gtue.de/sixcms/70640.html?nav=59912)
- Q9: [autohaus.de/nachrichten/autohandel/prognose-mehr-als-elf-millionen-elektroautos-und-plug-ins-bis-2030-2697632](https://autohaus.de/nachrichten/autohandel/prognose-mehr-als-elf-millionen-elektroautos-und-plug-ins-bis-2030-2697632)
- Q10: [deloitte.com/de/de/pages/consumer-industrial-products/articles/elektromobilitaet-in-deutschland.html](https://www.deloitte.com/de/de/pages/consumer-industrial-products/articles/elektromobilitaet-in-deutschland.html)
- Q11: [handelsblatt.com/politik/international/elektromobilitaet-warum-e-autos-in-norwegen-so-populaer-sind/26830672.html?ticket=ST-15315767-ykGb0WG-1q2IBGZX9KxKH-ap1](https://www.handelsblatt.com/politik/international/elektromobilitaet-warum-e-autos-in-norwegen-so-populaer-sind/26830672.html?ticket=ST-15315767-ykGb0WG-1q2IBGZX9KxKH-ap1)
- Q12: [adac.de/rund-ums-fahrzeug/tests/elektromobilitaet/stromverbrauch-elektroautos-adac-test/](https://www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/tests/elektromobilitaet/stromverbrauch-elektroautos-adac-test/)
- Q13: [adac.de/rund-ums-fahrzeug/elektromobilitaet/laden/](https://www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/elektromobilitaet/laden/)
- Q14: [adac.de/verkehr/tanken-kraftstoff-antrieb/deutschland/tankstellen-in-deutschland/](https://www.adac.de/verkehr/tanken-kraftstoff-antrieb/deutschland/tankstellen-in-deutschland/)
- Q15: [maps.adac.de/](https://maps.adac.de/)
- Q16: [adac.de/rund-ums-fahrzeug/elektromobilitaet/laden/elektroauto-ladesaehlen-strompreise/](https://www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/elektromobilitaet/laden/elektroauto-ladesaehlen-strompreise/)
- Q17: Linnemann, M., & Nagel, C. (2020). Elektromobilität und die Rolle der Energiewirtschaft. Wiesbaden: Springer Vieweg
- Q18: Lenz, H.-P., & Tober, W. (2016). Praxisbericht Elektromobilität und Verbrennungsmotor. Wiesbaden: Springer Vieweg.
- Q19: Lenz, H.-P., & Tober, W. (2016). Praxisbericht Elektromobilität und Verbrennungsmotor. Wiesbaden: Springer Vieweg
- Q20: [adac.de/verkehr/tanken-kraftstoff-antrieb/alternative-antriebe/elektroantrieb/](https://www.adac.de/verkehr/tanken-kraftstoff-antrieb/alternative-antriebe/elektroantrieb/)
- Q21: [glinicke.de/elektromobilitaet/batterie/#:~:text=In%20aktuellen%20Elektroautos%20werden%20Batterien,und%20die%20Lithium%2DPolymer%20Batterie.](https://www.glinicke.de/elektromobilitaet/batterie/#:~:text=In%20aktuellen%20Elektroautos%20werden%20Batterien,und%20die%20Lithium%2DPolymer%20Batterie.)
- Q22: [adac.de/verkehr/tanken-kraftstoff-antrieb/alternative-antriebe/elektroantrieb/](https://www.adac.de/verkehr/tanken-kraftstoff-antrieb/alternative-antriebe/elektroantrieb/)
- Q23: [adac.de/rund-ums-fahrzeug/autokatalog/marken-modelle/auto/dauertest-elektroauto-leaf-i3-ampera/](https://www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/autokatalog/marken-modelle/auto/dauertest-elektroauto-leaf-i3-ampera/)
- Q24: [glinicke.de/elektromobilitaet/batterie/#:~:text=In%20aktuellen%20Elektroautos%20werden%20Batterien,und%20die%20Lithium%2DPolymer%20Batterie.](https://www.glinicke.de/elektromobilitaet/batterie/#:~:text=In%20aktuellen%20Elektroautos%20werden%20Batterien,und%20die%20Lithium%2DPolymer%20Batterie.)
- Q25: Marx, B., Kalka, D., & Jankowski, U. (2014). Crash-Sicherheit von Elektrofahrzeugen: Herausforderungen und Lösungsansätze. In G. T. (Hrsg.), Karosseriebauwerke Hamburg, 13. ATZ-Fachtagung (S. 43-52). Wiesbaden: Springer
- Q26: [adac.de/rund-ums-fahrzeug/elektromobilitaet/info/sicherheit-elektroauto/](https://www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/elektromobilitaet/info/sicherheit-elektroauto/)
- Q27: [adac.de/rund-ums-fahrzeug/elektromobilitaet/info/sicherheit-elektroauto/](https://www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/elektromobilitaet/info/sicherheit-elektroauto/)
- Q28: [elektroauto-news.net/2020/unfall-elektroauto-sicherheit](https://www.elektroauto-news.net/2020/unfall-elektroauto-sicherheit)
- Q29: [glinicke.de/elektromobilitaet/batterie/#:~:text=In%20aktuellen%20Elektroautos%20werden%20Batterien,und%20die%20Lithium%2DPolymer%20Batterie.](https://www.glinicke.de/elektromobilitaet/batterie/#:~:text=In%20aktuellen%20Elektroautos%20werden%20Batterien,und%20die%20Lithium%2DPolymer%20Batterie.)
- Q30: [glinicke.de/elektromobilitaet/batterie/#:~:text=In%20aktuellen%20Elektroautos%20werden%20Batterien,und%20die%20Lithium%2DPolymer%20Batterie.](https://www.glinicke.de/elektromobilitaet/batterie/#:~:text=In%20aktuellen%20Elektroautos%20werden%20Batterien,und%20die%20Lithium%2DPolymer%20Batterie.)
- Q31: [adac.de/rund-ums-fahrzeug/auto-kaufen-verkaufen/autokosten/elektroauto-kostenvergleich/](https://www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/auto-kaufen-verkaufen/autokosten/elektroauto-kostenvergleich/)
- Q32: [adac.de/rund-ums-fahrzeug/elektromobilitaet/kaufen/foerderung-elektroautos/](https://www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/elektromobilitaet/kaufen/foerderung-elektroautos/)
- Q33: [dat.de/news/auswirkung-der-foerderpraemien-auf-den-gebrauchtwagenmarkt/](https://www.dat.de/news/auswirkung-der-foerderpraemien-auf-den-gebrauchtwagenmarkt/)
- Q34: [adac.de/rund-ums-fahrzeug/tests/elektromobilitaet/stromverbrauch-elektroautos-adac-test/](https://www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/tests/elektromobilitaet/stromverbrauch-elektroautos-adac-test/)
- Q35: [autozeitung.de/kostenvergleich-benziner-diesel-elektroauto-198187.html](https://www.autozeitung.de/kostenvergleich-benziner-diesel-elektroauto-198187.html)
- Q36: [adac.de/rund-ums-fahrzeug/elektromobilitaet/laden/elektroauto-laden-wallbox-faq/](https://www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/elektromobilitaet/laden/elektroauto-laden-wallbox-faq/)
- Q37: [adac.de/\\_mmpm/pdf/autokosten\\_grundlagen\\_47084.pdf](https://www.adac.de/_mmpm/pdf/autokosten_grundlagen_47084.pdf)
- Q38: [my-e-drive.de/#/start/fuer\\_privatnutzer](https://www.my-e-drive.de/#/start/fuer_privatnutzer)
- Q39: [bmw.de/Redaktion/DE/Dossier/erneuerbare-energien.html](https://www.bmw.de/Redaktion/DE/Dossier/erneuerbare-energien.html)
- Q40: [agora-verkehrswende.de/fileadmin/Projekte/2018/Klimabilanz\\_von\\_Elektroautos/Agora-Verkehrswende\\_22\\_Klimabilanz-von-Elektroautos\\_WEB.pdf](https://www.agora-verkehrswende.de/fileadmin/Projekte/2018/Klimabilanz_von_Elektroautos/Agora-Verkehrswende_22_Klimabilanz-von-Elektroautos_WEB.pdf)
- Q41: ifeu (2020): Aktualisierung der Modelle TREMOD/TREMOD-MM für die Emissionsberichterstattung 2020 (Berichtsperiode 1990-2018) – Berichtsteil „TREMODO“. Heidelberg.)
- Q42: [my-e-drive.de/#/start/fuer\\_privatnutzer](https://www.my-e-drive.de/#/start/fuer_privatnutzer)
- Q43: [wwf.de/fileadmin/fm-wwf/Publikationen-PDF/WWF-Hintergrundinformation-Profit-um-jeden-Preis-OEfoerderung-in-Naturregionen.pdf](https://www.wwf.de/fileadmin/fm-wwf/Publikationen-PDF/WWF-Hintergrundinformation-Profit-um-jeden-Preis-OEfoerderung-in-Naturregionen.pdf)
- Q44: [elektronikpraxis.vogel.de/batterieproduktion-in-europa-holt-auf-und-schafft-bis-zu-70000-neue-jobs-a-981593/](https://www.elektronikpraxis.vogel.de/batterieproduktion-in-europa-holt-auf-und-schafft-bis-zu-70000-neue-jobs-a-981593/)
- Q45: [reuters.com/article/deutschland-volkswagen](https://www.reuters.com/article/deutschland-volkswagen)
- Q46: [adac.de/rund-ums-fahrzeug/elektromobilitaet/info/umfrage-elektromobilitaet/](https://www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/elektromobilitaet/info/umfrage-elektromobilitaet/)

