

10 Fakten zur Umweltverträglichkeit von Elektrofahrzeugen

Wie die Elektromobilität zum
Umwelt- und Ressourcenschutz
beitragen kann



Wie die Elektromobilität zum Umwelt- und Ressourcenschutz beitragen kann

10 Fakten zur Umweltverträglichkeit von Elektrofahrzeugen

Seit 1990 hat der Verkehrssektor lediglich eine marginale Reduzierung seiner Treibhausgasemissionen verzeichnet. Zwischen 1990 und 2022 sanken die durch den Verkehr verursachten Treibhausgasemissionen in Deutschland gerade einmal um 10 Prozent, von 164 Millionen Tonnen auf etwa 148 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente.^{1,2} Damit Deutschland klimaneutral wird, müssen aber die Emissionen des Verkehrs bis zum Jahr 2030 auf 84 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente und bis 2045 auf Null sinken.³ Die aktuellen Maßnahmen im Verkehrssektor sind dazu nicht ansatzweise ausreichend. Noch größer ist die Lücke zur Einhaltung der 1,5 Grad-Grenze, derzeit befindet sich der Verkehrssektor in Deutschland auf etwa 3-Grad-Kurs.⁴

Angesichts dieser Herausforderungen ist ein beschleunigter Übergang zu einem klimaverträglichen Verkehrssektor dringend notwendig. Einen wesentlichen Beitrag kann der Umstieg auf elektrische Antriebe leisten, die gegenüber dem Verbrennungsantrieb große

Vorteile hinsichtlich der Effizienz, geringerer Treibhausgasemissionen sowie lokaler Lärm- und Luftschadstoffemissionen bieten können. Jedoch ist die Produktion und Nutzung von Elektrofahrzeugen mit Umweltauswirkungen verbunden und kein Allheilmittel, insbesondere im Hinblick auf die ressourcenintensive Batterieherstellung. Neben der Klimakrise, sind zunehmend auch die Rohstoffversorgung und die ganzheitlich nachhaltige Ausgestaltung des Verkehrssektors zu berücksichtigen.

Dieses Faktenpapier analysiert die Umweltverträglichkeit von Elektrofahrzeugen im Pkw-Segment ganzheitlich und räumt mit den häufigsten Mythen der Elektromobilität auf. Weiterhin stellt es Möglichkeiten vor, den Ressourcenbedarf und weitere Umweltfolgen beim Umstieg auf elektrische Antriebe auf ein Minimum zu reduzieren. Denn nur durch die richtigen Rahmenbedingungen kann der Verkehrssektor nachhaltig aufgestellt werden und einen wirksamen Beitrag zur Erreichung von Klimazielen leisten, ohne Umweltfolgen in andere Problemfelder zu verlagern.

Fakten

Fakt 1: Fahrzeuge mit Elektroantrieb sind in der Gesamtbetrachtung umweltverträglicher als Fahrzeuge mit Verbrennungsantrieb.

Die Herstellung, Nutzung und Entsorgung eines jeden Fahrzeugs belastet die Umwelt. Dennoch zeigen Ökobilanzen, dass das Elektroauto über seinen gesamten Lebenszyklus (Herstellung, Nutzung und Entsorgung) das Klima und die Umwelt weniger belastet als ein vergleichbares Fahrzeug mit Verbrennungsantrieb.^{5, 6, 7, 8} Während der Nutzung stoßen Elektroautos keine gesundheitsschädlichen Abgase aus und können bei geringen Geschwindigkeiten weniger Lärm

verursachen. Mit dem aktuellen Strommix ist ein Mittelklasse-Elektroauto gegenüber einem vergleichbaren Verbrennungsfahrzeug nach ca. 60.000 Kilometern klimaschonender. Über den gesamten Lebensweg ergeben sich bereits heute Treibhausgaseinsparungen von 66 bis 69 Prozent.^{9, 10, 11} Steigt der Ökostromanteil bei der Batterieherstellung und für die Ladevorgänge weiter, reduzieren sich die Treibhausgasemissionen zusätzlich.¹² Elektrofahrzeuge enthalten aufgrund ihrer Batterie kritische Ressourcen wie Lithium, Kobalt und Nickel, deren Gewinnung mit großen Umweltschäden verbunden ist. Allerdings können die Batterierohstoffe im Gegensatz zu fossilen Kraftstoffen durch ein effektives Kreislaufwirtschaftssystem erneut genutzt werden. Somit können die Umweltauswirkungen der Gewinnung gemildert werden. Zudem werden in Zukunft sehr wahrscheinlich andere Batterietypen eingesetzt, die weniger Metalle wie Lithium, Nickel und Kobalt benötigen, was zu einer weiteren Verringerung von Umweltfolgen führt. Vor diesem Hintergrund stellt der Elektroantrieb die vielversprechendste Antriebsmethode für eine umweltschonendere Mobilität dar.



Fakt 2: Der Umstieg vom Verbrennungs- zum Batterieantrieb ist nicht ausreichend, um die Umweltprobleme zu lösen – er muss mit einer grundlegenden Mobilitätswende und mehr Ressourcen- und Energieeffizienz einhergehen.

Um die Erderwärmung auf möglichst 1,5°C zu begrenzen, muss Deutschland bereits 2031 klimaneutral sein.¹³ In Deutschland verursacht allein der Verkehr bisher rund ein Fünftel der gesamten Klimaemissionen. Für die notwendige Reduktion dieser Emissionen ist ein deutlich beschleunigter Verbrennerausstieg erforderlich – der Verkauf von Verbrennungsfahrzeugen muss bereits 2025 beendet werden. Gleichzeitig muss der Wechsel zum Batterieantrieb mit einer umfassenden *Mobilitätswende* einhergehen, im Rahmen derer Verkehr vermieden bzw. weitgehend verlagert wird – weg vom motorisierten Individualverkehr und hin zu Fuß-, Rad- und öffentlichem Verkehr.^{14, 15, 16} Denn auch die Produktion von Ökostrom, Fahrzeugen und Batterien ist mit Umweltfolgen verbunden, die auf ein Mindestmaß begrenzt werden müssen. Hinzu kommen noch negative Effekte durch den hohen Platzbedarf des Individualverkehrs, insbesondere in den Städten. Das Umweltbundesamt empfiehlt als Zielmarke einen Motorisierungsgrad von maximal 150 Pkw pro 1000 Einwohner:innen (inklusive Carsharing und Taxifahrzeugen), während derzeit über 570 Pkw/1000 Einwohner:innen gezählt werden.¹⁷ Im Rahmen einer Mobilitätswende muss der Fuß- und Rad- und öffentliche Personennahverkehr deutlich stärker gefördert und attraktiver gestaltet werden. Für den verbleibenden unvermeidlichen motorisierten Individualverkehr sind Elektrofahrzeuge eine umweltverträgliche Lösung, sofern kleine und leichte Fahrzeuge mit einem möglichst geringen Strom-, Material- und Ressourcenverbrauch eingesetzt werden. Hierfür braucht es regulatorische Vorgaben, die den seit Jahren zu beobachtenden Trend zu immer größeren, schwereren, übermotorisierten Fahrzeugen umkehren.

Fakt 3: Batteriefahrzeuge und Verbrennungsfahrzeuge belasten beide unsere Wasserressourcen.

Elektrofahrzeuge werden aufgrund der Batterieherstellung oft mit einem hohen Wasserverbrauch assoziiert. Doch auch bei der Gewinnung von Rohöl für die Benzin- oder Dieselproduktion, werden große Mengen an Wasser verbraucht. Ein Mittelklassewagen mit Verbrennungsantrieb und einer Fahrleistung von 200.000 km benötigt durch den Treibstoffverbrauch etwa 170.000 bis 407.000 Liter Wasser.¹⁸ Ein vergleichbarer Wagen mit Batterieantrieb verbraucht während der Nutzung über dieselbe Strecke nur etwa 27.000 Liter Wasser.¹⁹ Dieser Wasserverbrauch ist auf die Strombereitstellung zurückzuführen und wird durch den vermehrten Einsatz von Ökostrom noch weiter sinken. Im eigentlichen Betrieb beanspruchen Elektroautos also verhältnismäßig wenig Wasserressourcen. Allerdings ist zu beachten, dass die Herstellung einiger Batterierohstoffe zusätzlich einen hohen Wasserbedarf verursacht. Daraus resultiert, dass für die Herstellung einer durchschnittlichen Batterie für einen Mittelklassewagen und für die Extraktion und Verarbeitung der darin enthaltenen Batterierohstoffe ungefähr zusätzliche 50.000 Liter Wasser verbraucht werden.²⁰ Lithium beispielsweise kommt global nur in wenigen meist wasserknappen Regionen vor und benötigt bei der Gewinnung (über den Sole- oder Bergabbau) große Mengen an Wasser.²¹ Es zeigt sich, dass Verbrennungs- und Batterieantrieb gleichermaßen eine Belastung der lokalen und globalen Wasserressourcen mit sich bringen. Deswegen ist es beim Umstieg auf den Batterieantrieb besonders wichtig, wasserintensive Ressourcen wie Lithium in der Batterieherstellung effizient einzusetzen und am Lebensende zurückzugewinnen.

Fakt 4: Wasserstoff ist als alternativer Kraftstoff ineffizient und teuer und daher für den PKW-Sektor ungeeignet.

Wasserstoff wird als alternativer Kraftstoff für den Brennstoffzellenantrieb verwendet. Dies ist eine Technologie, bei der Wasserstoff Strom erzeugt, die wiederum einen Elektromotor antreibt. Wasserstoff wird bisher fast ausschließlich aus fossilem Erdgas hergestellt. Diese Herstellung ist mit hohen Klimaemissionen verbunden und birgt keine Vorteile gegenüber dem Verbrennungsantrieb. Umweltverträglicher ist die Herstellung von Wasserstoff per Elektrolyse mit Strom, wenn dieser zu 100 Prozent aus zusätzlich bereitgestelltem Ökostrom stammt. Man spricht dann von „grünem“ Wasserstoff.²² Allerdings ist die Elektrolyse sowie die Speicherung und Verteilung des Wasserstoffs mit hohen Energieverlusten verbunden. Deswegen ist eine direkte Nutzung des Stroms in einem batterieelektrischen Fahrzeug deutlich effizienter. So kommt ein batteriebetriebenes Elektroauto mit derselben Menge an Strom inklusive Ladeverlusten mehr als doppelt so weit wie ein Wasserstofffahrzeug (siehe Fakt 6).²³



Da erneuerbare Energien äußerst knapp und kostbar sind, wäre ein großflächiger Einsatz von Wasserstoff im Straßenverkehr massive Energieverschwendung.¹⁷ Brennstoffzellenfahrzeuge haben trotz enormer staatlicher Förderung seit Jahren am Markt lediglich eine Nischenrolle, kein deutscher Automobilhersteller bietet ein Brennstoffzellenauto in Serie an. Batterieelektrische Fahrzeuge sind hingegen marktreif, deutlich günstiger und können so bereits jetzt eine schnelle Minderung der CO₂-Emissionen im PKW-Segment bewirken.

Fakt 5: Agrokraftstoffe und E-Fuels machen den Verbrennungsmotor nicht umweltverträglich.

Agrosprit bezeichnet Kraftstoffe, die aus eigens angebauten Pflanzen gewonnen werden. E-Fuels hingegen werden mit hohem Stromverbrauch synthetisch aus Wasserstoff und CO₂ hergestellt. Beide Kraftstofftypen sind also nicht fossil, haben aber ähnliche Eigenschaften wie Benzin oder Diesel und können damit grundsätzlich in üblichen Verbrennungsfahrzeugen eingesetzt werden. Was vielversprechend klingt, entpuppt sich bei näherer Betrachtung jedoch als Scheinlösung:

Für die Agrosprit-Herstellung werden auf großen Flächen Nahrungs- und Futtermittelpflanzen wie Soja, Raps und Getreide angebaut. Die Kraftstoffproduktion steht damit in direkter Konkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion und verschärft die globale Ernährungs-krise. Mit den Flächen, die alleine im Jahr 2020 weltweit für die Produktion von Agrokraftstoffen für den deutschen Markt dienen, hätte der Kalorienbedarf von bis zu 35 Millionen Menschen gedeckt werden können.²⁴ Dieser enorme Flächenverbrauch und die intensive Landwirtschaft auf den Anbauflächen befeuern außerdem die Klimakrise, das Artensterben und belasten Wasser, Luft und Böden. Berücksichtigt man das Problem des Flächenverbrauchs in der Klimabilanz, sind Agrokraftstoffe insgesamt sogar noch klimaschädlicher als fossile Kraftstoffe, denn die riesigen Anbauflächen verschlingen kostbares Land, das ansonsten als natürliche CO₂-Senke fungieren würde.^{25, 26}

Für die Produktion von E-Fuels wird Wasserstoff benötigt, dessen Herstellung große Mengen Ökostrom benötigt und sehr ineffizient ist (siehe Fakt 4). E-Fuels haben mit ca. 15 Prozent sogar einen noch geringeren Wirkungsgrad als der Brennstoffzellenantrieb und benötigen im Vergleich zum batterieelektrischen Fahrzeug etwa 5-6 Mal so viel Strom für die gleiche Strecke.²⁷ Was den Ausstoß giftiger Stickoxide angeht, sind E-Fuel-betriebene Fahrzeuge genauso schlecht wie fossil betriebene.²⁸ Aktuell werden E-Fuels weltweit nur in äußerst geringen Mengen und wenigen Demonstrationsanlagen produziert. E-Fuels sind daher aktuell nicht kommerziell verfügbar und werden voraussichtlich auch für viele Jahre nur in geringen Mengen vorhanden sein. Selbst wenn alle aktuell angekündigten E-Fuel-Projekte realisiert werden sollten, könnte die gesamte globale E-Fuel-Produktion in 2035 zusammen nur etwa 10 Prozent der heutigen E-Fuel-Bedarfe Deutschlands in den Sektoren Chemie, Schiff- und Luftfahrt abdecken.²⁹ Für den Einsatz von E-Fuels im Straßenverkehr gibt es also keine Kapazitäten. Es zeigt sich anhand dieser zahlreichen Probleme, dass der Umstieg auf andere Kraftstoffe im Verbrennungsmotor ein Irrweg ist und nicht die erforderliche schnell verfügbare Umwelt- und Klimaentlastung bringen würde.

Fakt 6: Der Elektroantrieb hat im Vergleich zu anderen Antriebsmethoden den höchsten Wirkungsgrad

Auch die Gewinnung von Ökostrom ist nicht unbegrenzt möglich und geht mit Umweltbelastungen wie Flächen- oder Ressourcenverbrauch einher. Aus diesem Grund muss der Energiebedarf im Verkehr durch eine konsequente Mobilitätswende minimiert und die produzierte Energie so effizient wie möglich genutzt werden. Für den unvermeidbaren PKW-Verkehr sollte daher die Antriebsmethode mit dem geringsten Energiebedarf pro Strecke bevorzugt werden. Der Wirkungsgrad eines Antriebs gibt an, welcher Anteil der zugeführten Energie in nutzbringende Energie umgewandelt wird. Bei einem Dieselmotor liegt der Wirkungsgrad bei circa 45 Prozent, bei einem Benziner sogar nur bei 20 Prozent. Ein Elekt-

rofahrzeug kommt hingegen inklusive Ladeverlusten auf etwa 64 Prozent. Andere sogenannte alternative Antriebsmethoden sind hinsichtlich des Wirkungsgrades dem Elektroantrieb deutlich unterlegen: So erreicht die Brennstoffzelle lediglich 27 Prozent und E-Fuels 15 Prozent.^{18, 30}

Fakt 7: Mobilitätswende und Elektromobilität können gerade im städtischen Raum die Lebensqualität deutlich verbessern.

Das dichte Verkehrsaufkommen im städtischen Raum schränkt – durch hohe Lärmbelastungen, schlechter Luftqualität und versiegelte Flächen – die Lebensqualität vieler Menschen erheblich ein. Elektrofahrzeuge emittieren im Vergleich zu Verbrennungsfahrzeugen während des Fahrbetriebs keine direkten Luftschadstoffe, wie Stickoxide, und können so mittel- bis langfristig zu einer Verbesserung der Luftqualität in städtischen Gebieten beitragen.^{5, 31, 32} Zudem sind Fahrzeuge mit einem Elektromotor bei langsamen Geschwindigkeiten deutlich leiser als herkömmliche Verbrennungsfahrzeuge. Doch lärmfrei sind auch Elektrofahrzeuge nicht. Zudem bleiben erhebliche Feinstaubemissionen durch den Brems- und Reifenabrieb und das Problem der Flächeninanspruchnahme bestehen. Der Rad-, Fuß- und öffentliche Nahverkehr beansprucht deutlich weniger Fläche als der PKW-Individualverkehr und führt zu geringeren Lärm- und Schadstoffemissionen. Ein Umstieg vom Verbrennungs- zum Batterieantrieb ist also nicht die Lösung. Um die Lebensqualität zu verbessern, ist insbesondere in Städten eine umfassende Mobilitätswende notwendig. Dabei muss sich die Anzahl der Fahrzeuge auf den Straßen deutlich reduzieren und die verbleibenden unvermeidlichen Autos müssen kleiner, leichter, effizienter und lokal emissionsfrei werden.^{8, 9, 10}

Fakt 8: Der Ausbau der Elektromobilität benötigt viele Ressourcen, im Gegensatz zum Verbrennungsantrieb kann dieser Ressourcenbedarf aber durch Kreislaufwirtschaft erheblich gesenkt werden.

Es ist unstrittig, dass der Batterieantrieb große Mengen an Metallen wie Lithium, Kobalt, Nickel und Kupfer für die Batterie und seltene Erden für den Elektromotor verbraucht.³³ Die Nachfrage nach diesen Metallen wird u.a. durch den Ausbau der Elektromobilität in den nächsten Jahrzehnten weiter steigen.^{34, 35} Allerdings werden zukünftige Effizienzsteigerungen, neue Batterietechniken und eine Ausweitung der Kreislaufwirtschaft dazu beitragen, den Bedarf an neu zu gewinnenden Rohstoffen deutlich zu senken (siehe Fakten



9 und 10).²⁸ Auch wenn sich beim Batterieantrieb ein kurz- bis mittelfristig erhöhter Metallbedarf ergibt, trägt dies langfristig zu einer erheblich geringeren Verwendung fossiler Kraftstoffe bei: Ein klassisches Verbrennungsfahrzeug benötigt über den Lebensweg etwa 15.000 Liter Kraftstoff und die Gewinnung dieser fossilen Rohstoffe geht mit massiven ökologischen Schäden einher.^{36, 37} Im Vergleich dazu, können die Metalle in der Elektromobilität zunehmend reduziert, substituiert oder im Kreislauf geführt werden.^{38, 39, 40}

Fakt 9: Effizienz und Kreislaufwirtschaft sind der Schlüssel für eine ressourcenschonende Elektromobilität.

Rohstoffe wie Lithium oder Kobalt müssen bei der Produktion von Fahrzeugen und Batterien auf das absolut notwendige Maß reduziert werden, um den weiteren Abbau von Primärrohstoffen einzudämmen. Zunächst muss sich im Rahmen einer konsequenten Mobilitätswende die Anzahl der PKW auf den Straßen deutlich reduzieren (siehe Fakt 2). Auch durch die Nutzung kleinerer, leichter und weniger stark motorisierter PKW mit einer hohen Nutzungsfrequenz können erhebliche Ressourcen eingespart werden. Fahrzeuge und Batterien brauchen zudem ein ressourceneffizientes, langlebiges und reparaturfreundliches Design. Zuerst müssen kritische Materialien wie Kobalt oder seltene Erden minimiert oder substituiert werden. Durch eine lange Nutzung können die Umweltauswirkungen der Fahrzeugherstellung und die verbauten Batterien erheblich abgemildert werden. Hierfür ist ein langlebiges und gut reparierbares Design sowie gute Reparaturbedingungen entscheidend. Batterien können nach der Nutzung als Antriebsbatterie sehr gut in einem „zweiten Leben“ wiederverwendet werden: Mit einer Restkapazität von etwa 70 Prozent können sie beispielsweise für weitere 7 bis 10 Jahre als stationäre Energiespeicher oder für weniger anspruchsvolle Mobilitätsanwendungen genutzt werden.^{32, 41, 42} Zusätzlich bietet das Recycling die Möglichkeit, wichtige Schlüsselrohstoffe wie Nickel, Kobalt, Kupfer, Eisen und Aluminium aus Batterien zurückzugewinnen.^{43, 44} Allerdings ist es entscheidend, bereits zum Zeitpunkt der Produktion von Fahrzeugen und Batterien gute Voraussetzungen für Wiederverwendung, Reparatur und Recycling zu schaffen. Nur so kann das volle Potential der Kreislaufwirtschaft ausgeschöpft werden.



**Fakt 10: Im Vergleich zu Verbrennungs-
fahrzeugen gibt es viele Möglichkeiten die
Umweltbelastungen durch E-Autos in
Zukunft noch weiter zu reduzieren.**

Die Umweltverträglichkeit der Elektromobilität hängt stark von dem für die Beladung und Produktion verwendeten Energiemix sowie den verwendeten Rohstoffen ab. In Zukunft wird allerdings ein höherer Anteil von Ökostrom im Energiemix die Umweltbelastung von Elektroautos sowohl während der Nutzung als auch bei der Herstellung erheblich reduzieren. Zudem wird der Rohstoffbedarf für die Produktion von Batterien und E-Fahrzeugen durch effizientere Herstellungsverfahren, neue Batterietypen sowie eine Etablierung von Wiederverwendungs- und Recyclingstrukturen weiter sinken.^{5, 6, 7} Der Einsatz problematischer Rohstoffe kann so in Zukunft wahrscheinlich deutlich reduziert und zum Teil ganz vermieden werden, wie vielversprechende aktuelle Innovationen wie die Natriumionenbatterie, die Lithium-Eisenphosphat-Batterie, die Festkörperbatterie oder Fahrzeuge ohne seltene Erden andeuten.^{45, 46} Die massiven Umwelt- und Klimabelastungen durch Verbrennungsfahrzeuge lassen sich dagegen nicht reduzieren. Denn der fossile Kraftstoff wird verbrannt und nicht wiederverwendet oder zurückgewonnen. Die Umweltschäden bei der Ölförderung werden sich künftig sogar noch erhöhen, da Erdöl zunehmend aus schwerer zu erschließenden Quellen – wie Ölsanden, Ölschiefer und der Tiefsee – gewonnen werden muss.⁴⁷

Fazit

Batteriebetriebene Fahrzeuge können im Rahmen einer umfassenden Mobilitätswende dazu beitragen, die CO₂-Emissionen im Verkehrssektor zu senken. Dieser wesentliche Beitrag zum Klimaschutz kann durch den konsequenten Ausbau der erneuerbaren Energien im Stromsektor und Vorgaben für energieeffiziente und ressourcenschonende Fahrzeuge und Batterien weiter vorangetrieben werden.⁴⁸ Um allerdings zu verhindern, dass sich durch den Ausbau

der Elektromobilität Umweltprobleme lediglich in andere Bereiche verlagern, muss der Umstieg auf den Batterieantrieb so ressourcenschonend wie möglich erfolgen. Hierfür ist in erster Linie eine deutliche Reduktion des PKW-Individualverkehrs im Rahmen einer konsequenten Mobilitätswende sowie eine Trendwende zu kleinen, leichten und weniger stark motorisierten Fahrzeugen notwendig. Zusätzlich sollten für die Herstellung, Nutzung und Entsorgung von Elektrofahrzeugen und Batterien frühzeitig hohe gesetzliche Anforderungen gelten, um die Ressourcenbeanspruchung und weitere Umweltbelastungen so gering wie möglich zu halten. Wichtige Kriterien hierbei sind die Langlebigkeit, die Förderung der Wiederverwendung, die Reparierbarkeit sowie ein hochwertiges Recycling von Batterien und Fahrzeugen. Unter einem Rechtsrahmen, der diesen Anforderungen gerecht wird, wird die Elektromobilität langfristig einen wertvollen Beitrag zum Umwelt- und Ressourcenschutz leisten können.



Endnoten

- 1 Statista (2023) [Energiebedingte Treibhausgasemissionen durch den Verkehr in Deutschland in den Jahren 1990 bis 2022](#)
- 2 UBA (28.04.2023) [Emissionen des Verkehrs](#)
- 3 UBA (15.03.2023) [Klimaschutz im Verkehrssektor](#)
- 4 New Climate (2023) [Klimaschutzpolitik im deutschen Verkehrssektor entspricht weiterhin etwa 3°C globaler Erderwärmung](#)
- 5 European Environment Agency (2018) *Electric vehicles from life cycle and circular economy perspectives – TERM 2018: Transport and Environment Reporting Mechanism (TERM) report, No 13/2018*
- 6 European Commission (2020) *Determining the environmental impacts of conventional and alternatively fuelled vehicles through LCA*
- 7 Pipitone E., Caltabellotta S., Occhipinti L. (2021) *A Life Cycle Environmental Impact Comparison between Traditional, Hybrid, and Electric Vehicles in the European Context*, Sustainability 2021, 13, 10992. <https://doi.org/10.3390/su131910992>
- 8 Fritz D., Heinfellner H., Lambert S. (2021) *Die Ökobilanzen von Personenkraftwagen – Bewertung alternativer Antriebskonzepte hinsichtlich CO₂-Emissionspotential und Energieeinsparung*
- 9 The International Council on clean Transportation (2021) *A Global Comparison of the Life-Cycle Greenhouse Gas Emissions of Combustion Engine and Electric Passenger Cars*
- 10 Transport & Environment (2022) [UPDATE – T&E's analysis of electric car lifecycle CO₂ emissions](#)
- 11 Vgl. Efahrer (16.01.2023) [TV-Professor Harald Lesch rechnet nach: Seine Einschätzung zu E-Autos überrascht](#)
- 12 European Environment Agency (2018) *Electric vehicles from life cycle and circular economy perspectives – TERM 2018: Transport and Environment Reporting Mechanism (TERM) report, No 13/2018*
- 13 Sachverständigenrat für Umweltfragen (2022) *Wie viel CO₂ darf Deutschland maximal noch ausstoßen? Fragen und Antworten zum CO₂-Budget*
- 14 Deutsche Umwelthilfe (19.01.2023) [Mobilitätswende](#)
- 15 Klimareporter (25.01.2022) [15 Millionen Autos weniger!](#)
- 16 Umweltbundesamt (26.09.2022) *Die Stadt für Morgen: Die Vision*
- 17 Statistisches Bundesamt (DESTATIS) (15.09.2022) [Pkw-Dichte im Jahr 2021 auf Rekordhoch](#)
- 18 Wasserverbrauch Verbrennungsantrieb nach Eigenen Berechnungen der DUH unter folgenden Annahmen: Lebensdauer 200.000 km, Benzinverbrauch 7,4 l/100km, aus 100 l Rohöl entstehen 24 l Benzin, Wasserbedarf pro Liter Rohöl 2,8 – 6,6 l und nach: Wu, M. et al. (2009) *Water Consumption in the Production of Ethanol and Petroleum Gasoline*. <https://doi.org/10.1007/s00267-009-9370-0>; Prussi, M. et al (2020) *JEC Well-to-Tank report V5*, <http://dx.doi.org/10.2760/959137>; UBA (31.01.2022) *Kraftstoffverbrauch*
- 19 Wasserverbrauch Batterieantrieb nach eigenen Berechnungen der DUH unter folgenden Annahmen: Lebensdauer 200.000 km, Batteriekapazität 64 kWh, Stromverbrauch 14,7 kWh/100 km, Laden mit Strommix Deutschland 2022, Wasserverbrauch der Produktion 1 kWh NMC111 = 752 l und nach: Dai, Q. et al. (2019) *Life Cycle Analysis of Lithium-Ion Batteries for Automotive Applications*. <https://doi.org/10.3390/batteries5020048>; Spang, E. S., et al. (2014) *The water consumption of energy production: an international comparison* <https://doi.org/10.1088/1748-9326/9/10/105002>; Clean Energy Wire (20.02.2022) *Germany's energy consumption and power mix in charts*, EnBW (07.03.2022) *Wie hoch ist der Stromverbrauch von Elektroautos?*
- 20 Dai, Q. et al. (2019) *Life Cycle Analysis of Lithium-Ion Batteries for Automotive Applications*. <https://doi.org/10.3390/batteries5020048>
- 21 Friends of the Earth Europe (2012) [UNDER PRESSURE - How our material consumption threatens the planet's water resources](#)
- 22 Deutsche Umwelthilfe (2021) *Mythenpapier: E-Fuels für Pkw*
- 23 Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV) (01.10.2021) [Effizienz und Kosten: Lohnt sich der Betrieb eines Elektroautos?](#)
- 24 Deutsche Umwelthilfe (23.11.2022) [Umweltverbände decken auf: Anbauflächen für Agrokraftstoffe könnten Kalorienbedarf von bis zu 35 Millionen Menschen decken](#)
- 25 Fahrenbach H., Bück S. (2022) *Carbon opportunity costs of biofuels in Germany – An extended perspective on the greenhouse gas balance including foregone carbon storage*, <https://doi.org/10.3389/fclim.2022.941386>
- 26 Deutsche Umwelthilfe e.V. (2022) *Hohe Klimakosten durch vermeintlich grüne Agrokraftstoffe*
- 27 Öko Institut (2020) *Nicht die erste Wahl – Strombasierte Kraftstoffe im Verkehrssektor*
- 28 Transport & Environment (2021) [In tests, cars powered by e-petrol pollute the air as much as petrol](#)
- 29 Potsdam Institut für Klimaforschung (2023) [E-Fuels wahrscheinlich noch lange knapp: PIK Analyse-Papier](#)
- 30 TÜV Nord, [Wirkungsgrad – Die Nutzbarkeit](#)
- 31 Öko-Institut, [Elektromobilität: E-Autos, Plug-In-Hybride und Batterien](#)
- 32 Umweltbundesamt (2013) *Luft und Verkehr – Datenbankauszug aus der Umweltforschungsdatenbank UFORDAT*
- 33 Öko-Institut e.V. (2017) [FAQ Elektromobilität](#)
- 34 Deutsche Rohstoffagentur DERA (2021): *Batterierohstoffe für die Elektromobilität. – DERA Themenheft: 26 S.; Berlin*
- 35 Fraunhofer ISI (2020) *Batterien für Elektroautos: Faktencheck und Handlungsbedarf*
- 36 Greenpeace (25.10.2022) [Warum ist Erdöl schädlich für Klima und Umwelt](#)
- 37 BMUV (24.03.2017) [Fracking – Risiken für die Umwelt](#)
- 38 Öko-Institut e.V. (2021) *Resource consumption of the passenger vehicle sector in Germany until 2035 – the impact of different drive systems*

- 39 Transport & Environment (2021) *From dirty oil to clean batteries – Batteries vs. oil: a systematic comparison of material requirements*
- 40 Springer Professional (31.08.2021) [Ressourcenverbrauch von E-Motor und Verbrenner im Vergleich](#)
- 41 McKinsey & Company (30.04.2019) [Second-life EV batteries: The newest value pool in energy storage](#)
- 42 Núria, Dr. G. G. (2022) *Upcycle batteries. Avert climate change, DUH Webconference "The EU Batteries Regulation: How can we ensure sustainable batteries for the mobility transition?"*, 05th July 2022
- 43 Öko-Institut (13.02.2018) *Recycling von Kobalt und Lithium für die Energiewende, HIF Ressource Talk*
- 44 Umweltbundesamt Wien (2023) *Batterien für E-Fahrzeuge: Nachnutzung und Recycling*
- 45 MIT Technology Review (04.01.2023) [What's next for batteries](#)
- 46 Fraunhofer ISI (12.06.2023) [Analysis of global battery production: production locations and quantities of cells with LFP and NMC/NCA cathode materials](#)
- 47 Pan, Y. et al. (2012) *Review on Technologies for Oil Shale Surface*; Finkel, M. L. (2018) *The impact of oil sands on the environment and health*
- 48 Fattler (2021) *Dissertation „Economic and Environmental Assessment of Electric Vehicle Charging Strategies“*

Bildnachweis:

Titel: Sidney vd Boogaard/stock.adobe.com; S. 3: Petair/stock.adobe.com; S. 4: mmphoto/stock.adobe.com; S. 5: sh99/stock.adobe.com;
S. 6 oben: Parilov/stock.adobe.com; S. 6 unten: elcovalana/stock.adobe.com

Stand: Januar 2024



Deutsche Umwelthilfe e.V.

Bundesgeschäftsstelle Radolfzell
Fritz-Reichle-Ring 4
78315 Radolfzell
Tel.: 07732 9995-0

Bundesgeschäftsstelle Berlin
Hackescher Markt 4
10178 Berlin
Tel.: 030 2400867-0

Ansprechpartner:innen

Dr. Marieke Hoffmann
Senior Expertin Kreislaufwirtschaft
Telefon: +49 30 2400867-467
E-Mail: hoffmann@duh.de

Thomas Fischer
Leiter Kreislaufwirtschaft
Telefon: +49 151 18256692
E-Mail: fischer@duh.de

www.duh.de [@ info@duh.de](mailto:info@duh.de) [X](#) [f](#) [@](#) [in](#) [d](#) [t](#) [u](#) [m](#) [w](#) [e](#) [l](#) [h](#) [i](#) [l](#) [f](#) [e](#)

[Wir halten Sie auf dem Laufenden: \[www.duh.de/newsletter-abo\]\(http://www.duh.de/newsletter-abo\)](#)

Die Deutsche Umwelthilfe e.V. ist als gemeinnützige Umwelt- und Verbraucherschutzorganisation anerkannt. Wir sind unabhängig, klageberechtigt und kämpfen seit über 40 Jahren für den Erhalt von Natur und Artenvielfalt. Bitte unterstützen Sie unsere Arbeit mit Ihrer Spende. www.duh.de/spenden

Transparent gemäß der Initiative Transparente Zivilgesellschaft. Ausgezeichnet mit dem DZI Spenden-Siegel für seriöse Spendenorganisationen.



Unser Spendenkonto: SozialBank | IBAN: DE45 3702 0500 0008 1900 02 | BIC: BFSWDE33XXX