



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und nukleare Sicherheit



Wie umweltfreundlich sind Elektroautos?

Eine ganzheitliche Bilanz

Impressum

Herausgeber

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU)
Referat Öffentlichkeitsarbeit, Online-Kommunikation, Social Media · 11055 Berlin
E-Mail: buergerinfo@bmu.bund.de · Internet: www.bmu.de

Redaktion

BMU, Referat IG I 5 - Umwelt und Verkehr; Elektromobilität

Gestaltung

VDI/VDE Innovation + Technik GmbH, Berlin

Druck

Druck- und Verlagshaus Zarbock GmbH & Co. KG, Frankfurt am Main

Bildnachweise

Siehe Seite 23

Stand

Januar 2021

5. aktualisierte Auflage

2.000 Exemplare (gedruckt auf Recyclingpapier)

Bestellung dieser Publikation

Publikationsversand der Bundesregierung
Postfach 48 10 09 · 18132 Rostock
Telefon: 030 / 18 272 272 1 · Fax: 030 / 18 10 272 272 1
E-Mail: publikationen@bundesregierung.de
Internet: www.bmu.de/publikationen

Hinweis

Diese Publikation wird vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit kostenlos herausgegeben. Sie ist nicht zum Verkauf bestimmt und darf nicht zur Wahlwerbung politischer Parteien oder Gruppen eingesetzt werden. Mehr Informationen unter: www.bmu.de/publikationen

Inhalt

Einstieg	4
<hr/>	
Sind Elektrofahrzeuge umweltfreundlicher als Verbrenner?	
Klimafreundlichkeit	6
<hr/>	
Wie viele Treibhausgase verursachen Elektroautos?	
Lautstärke	10
<hr/>	
Sind Elektroautos leiser als normale Autos?	
Gesundheit	12
<hr/>	
Welche weiteren Umweltwirkungen hat Elektromobilität?	
Ressourcen	15
<hr/>	
Welchen Ressourcenbedarf haben Elektroautos?	
Alternativen	18
<hr/>	
Fazit	21
<hr/>	



Einstieg

Sind Elektrofahrzeuge umweltfreundlicher als Verbrenner?

Elektroautos gelten als eine Möglichkeit, negative Umweltfolgen des Autoverkehrs zu vermindern. Vor allem als Lösung für die Klimaprobleme werden sie häufig genannt, also zur Minderung der Treibhausgasemissionen aus dem Straßenverkehr. Darüber hinaus werden sie im Zusammenhang mit der Luftreinhaltung diskutiert. Insbesondere die Reduzierung der Feinstaub- und Stickoxidemissionen als wesentliche Luftschadstoffe spielt hier eine Rolle. Angesichts der Vielzahl von sich zum Teil auch widersprechenden Pressemeldungen und Studien zur Umweltbilanz von Elektrofahrzeugen kommen immer wieder ähnliche Fragen auf:

- Welche Informationen und Studien sind eigentlich verlässlich?
- Sind Elektrofahrzeuge tatsächlich umweltfreundlicher als moderne Benziner und Diesel?

- Wie sieht die Bewertung aus, wenn man nicht auf Herstellerangaben und Prospekte zurückgreift, sondern Daten aus dem Alltagsbetrieb heranzieht?
- Und wie ist das Elektroauto zu bewerten, wenn man nicht nur auf die Emissionen „am Auspuff“ schaut, sondern auch die Emissionen der Strombereitstellung und Herstellung des Fahrzeugs (insbesondere der Batterie) sowie den Rohstoffbedarf berücksichtigt?

Diese Fragen können nur mithilfe einer umfassenden Umweltbilanz beantwortet werden. Dabei wird der gesamte Lebensweg von Fahrzeugen berücksichtigt: die Herstellung aller Bauteile, der Betrieb des Fahrzeugs und die dafür benötigte Energie, der Wartungsaufwand und schließlich die Entsorgung des Autos. In all diesen „Lebensphasen“ wird auch berücksichtigt, welche Umweltwirkungen die Rohstoffe und Energieträger bei ihrer Gewinnung und Verarbeitung verursachen. Neben den Angaben von Fahrzeugherstellern werden dabei viele weitere Datenquellen genutzt, um eine sinnvolle und möglichst realistische, alltagsnahe Bilanz zu erstellen. Außerdem sollen die betrachteten Fahrzeugtypen gut miteinander vergleichbar sein. Ziel ist eine Bruttobetachtung der Umweltlasten in der gesamten Bilanz.

Für die in dieser Broschüre enthaltenen Darstellungen der Umweltwirkungen wurden typische moderne Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor mit einem typischen aktuellen Elektroauto verglichen. Alle Angaben werden dabei am Beispiel eines Autos der Kompaktklasse (ähnlich einem VW Golf) gemacht.



Zu den häufigsten Ursachen für irreführende oder sich widersprechende Meldungen zur Umweltfreundlichkeit von Elektroautos zählen der Vergleich unterschiedlicher Fahrzeugeigenschaften (beispielsweise Klassen, Motorisierungen und Batteriegrößen), Betrachtung unterschiedlicher Bilanzabschnitte (beispielsweise nur die Fahrzeugherstellung) sowie verschiedene Annahmen zum Strommix in der E-Auto-Herstellung und -Nutzung. Zudem werden teilweise auch veraltete Daten genutzt (insbesondere bei Batterien).

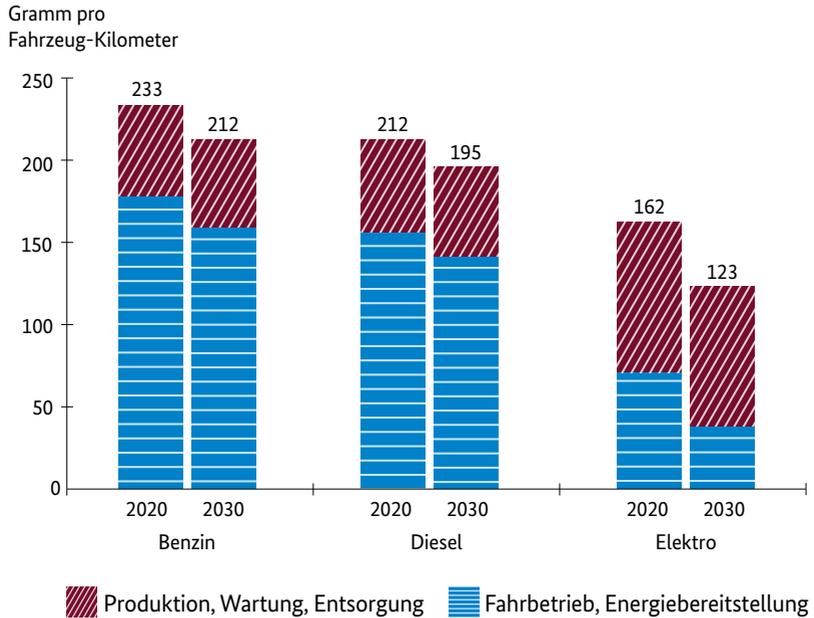


Klimafreundlichkeit

Wie viele Treibhausgase verursachen Elektroautos?

Vor allem der Strommix entscheidet, ob ein Elektrofahrzeug in der Klimabilanz besser abschneidet als ein Verbrenner. Denn während es zwar abgasfrei fährt, stoßen Kraftwerke bei der Bereitstellung des Ladestroms durchaus Treibhausgase aus, jedenfalls wenn dabei fossile Energieträger zum Einsatz kommen. Der Betrieb von Elektrofahrzeugen ohne erneuerbaren Strom würde die Klimabilanz daher deutlich verschlechtern. Glücklicherweise werden in Deutschland immer mehr erneuerbare Energien zur Stromerzeugung genutzt. 2019 betrug ihr Anteil bereits rund 42 Prozent und in Kürze dürfte erstmals mehr als die Hälfte des Stroms in Deutschland aus erneuerbaren Quellen stammen. Daher fahren Elektroautos schon mit dem aktuellen deutschen Strommix deutlich klimafreundlicher als Verbrennerfahrzeuge. Doch was ist mit der energieintensiven Herstellung der Batterien? Wie wirkt sich diese auf die Gesamtbilanz aus?

Abbildung 1: Kohlenstoffdioxid-Emissionen über den gesamten Lebenszyklus am Beispiel eines Pkw der Kompaktklasse



Quelle: eigene Darstellung auf Basis von Daten des ifeu

Abbildung 1 zeigt die Klimabilanz für ein Fahrzeug der Kompaktklasse mit Diesel-, Benzin- und Elektroantrieb. Dabei werden die folgenden realitätsnahen Annahmen berücksichtigt.

Im Ergebnis liegen die Treibhausgasemissionen eines heutigen Elektrofahrzeugs der Kompaktklasse über den gesamten Lebensweg niedriger als bei vergleichbaren Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor. Es erzeugt gegenüber einem Benzinerverkehr etwa 30 Prozent weniger Klimagas. Gegenüber einem vergleichbaren Diesel sind es etwa 23 Prozent weniger.

Welche Annahmen liegen der Berechnung zugrunde?

1. Es wird der gesamte Lebensweg der Fahrzeuge betrachtet. Neben dem Betrieb gehören dazu auch die Herstellung, Wartung, Entsorgung und Recycling von Fahrzeug und Batterie sowie Verbrauch und Aufwände zur Bereitstellung von Strom und Kraftstoffen.
2. Für die Fahrzeugherstellung wird die Produktion in Europa angenommen, während die Batterieherstellung für die heutige Situation entsprechend dem aktuellen Mix der Herstellungsländer berücksichtigt wird. Für den Ausblick auf 2030 wird dann von einer europäischen Batterieproduktion ausgegangen.
3. Es wird berücksichtigt, dass sowohl der Strom als auch die Kraftstoffe in Zukunft klimafreundlicher werden, weil der Anteil von erneuerbaren Energien bei beidem steigt. Auch die Beimischung von Biokraftstoffen zu Diesel und Benzin gemäß den nationalen Zielen und der europäischen Vorschriften fließen in die Berechnungen ein.
4. Es wird auch angenommen, dass neue Fahrzeuge tendenziell häufiger genutzt werden als ältere.
5. Für den Strom- und Kraftstoffverbrauch werden realitätsnahe Daten von typischen Beispielfahrzeugen aus dem ADAC EcoTest verwendet, die deutlich über den offiziellen Herstellerangaben liegen. Flottendurchschnittswerte werden nicht berücksichtigt.
6. Um einen fairen Vergleich zwischen verschiedenen Nutzungsarten zu ermöglichen, werden die Gesamtemissionen auf eine durchschnittliche Lebensfahrleistung von 150.000 Kilometern umgelegt.

In Zukunft wird der Anteil erneuerbarer Energien am deutschen Strommix weiter steigen, in 2030 gemäß dem Ziel der Bundesregierung auf mindestens 65 Prozent. Zudem sind Verbesserungen bei der Batterieherstellung zu erwarten, sowohl bei der Materialeffizienz als auch beim Energieeinsatz. Wird erneuerbarer Strom zur Herstellung verwendet, verkleinert sich allein dadurch der Kohlenstoffdioxid-Rucksack der Batterie um rund die Hälfte. Eine vergleichbare Entwicklung bei Benzin und Diesel ist dagegen eher unwahrscheinlich. Zwar wurde berücksichtigt, dass deren Motoren sparsamer werden. Das Potenzial nachhaltiger Biokraftstoffe ist jedoch begrenzt und die Bilanz fossiler Kraftstoffe könnte sich künftig sogar verschlechtern, etwa bei einer verstärkten Förderung von Teersanden oder mittels „Fracking“. Unter diesen Annahmen steigt der Vorteil des Elektroautos gegenüber einem Benziner auf 42 Prozent und gegenüber einem Diesel auf 37 Prozent.



Ein ausführlicheres Papier zur Klimabilanz von Elektroautos ist auf den Internetseiten des BMU zu finden.



Lautstärke

Sind Elektroautos leiser als normale Autos?

Lärm nervt und kann krank machen. Viele Menschen in Deutschland sind von Verkehrslärm betroffen. Laut einer Umfrage des Umweltbundesamts im Jahr 2018 fühlten sich 75 Prozent der Befragten in ihrem Wohnumfeld durch Straßenverkehr gestört oder belästigt. Lärm im Straßenverkehr verursacht jedoch nicht allein der Motor, sondern er entsteht auch im Zusammenspiel von Reifen und Fahrbahn oder – bei hohen Geschwindigkeiten – durch aerodynamische Geräusche. Bei diesen Faktoren gibt es keine prinzipiellen Unterschiede zwischen Elektroauto und Verbrenner.

Ein paar Unterschiede bleiben jedoch: Erst ab ungefähr 25 Kilometer pro Stunde sind beim Autofahren die Rollgeräusche entscheidend. Unterhalb dieser Geschwindigkeit, also bei langsamer Fahrt oder beim Anfahren, sind die Motorgereusche die bestimmende Lärmquelle. Elektromotoren arbeiten weitaus leiser als

Verbrennungsmotoren. Daher sind Elektroautos in Gebieten geringer Geschwindigkeit (zum Beispiel in Wohngebieten) oder beim Anfahren an Kreuzungen und Ampeln tendenziell leiser. Sie haben also durchaus das Potenzial, die Lärmbelastung zu senken.

Für neue Elektrofahrzeuge gilt jedoch gemäß einer EU-Verordnung auch bei langsamer Fahrt eine Geräuschpflicht, vor allem um gefährdete Verkehrsteilnehmer wie eingeschränkt Sehende aufmerksam zu machen. Dafür muss ein akustisches Fahrzeug-Warnsystem im Auto vorhanden sein (Acoustic Vehicle Alerting Systems, kurz AVAS). Die Töne können jedoch als angenehmer empfunden werden als Motorengeräusche. Es ist aber auch anzumerken, dass das Geräuschempfinden sehr individuell ist und die Schallemissionen von Elektrofahrzeugen und spezifische Sounddesigns auch als fremd oder irritierend wahrgenommen werden können.

Größere Vorteile ergeben sich bei Nutzfahrzeugen wie Bussen, Räum- oder Müllfahrzeugen. Hier sind elektrische Fahrzeuge im gesamten Geschwindigkeitsspektrum des Stadtverkehrs deutlich leiser. Dasselbe gilt für Mopeds und Motorräder. Bei motorisierten Zweirädern sind der Verbrennungsmotor und die damit verbundenen weiteren Prozesse und Bauteile in der Regel so laut, dass elektrische Varianten in allen Geschwindigkeitsbereichen vorteilhaft sind.



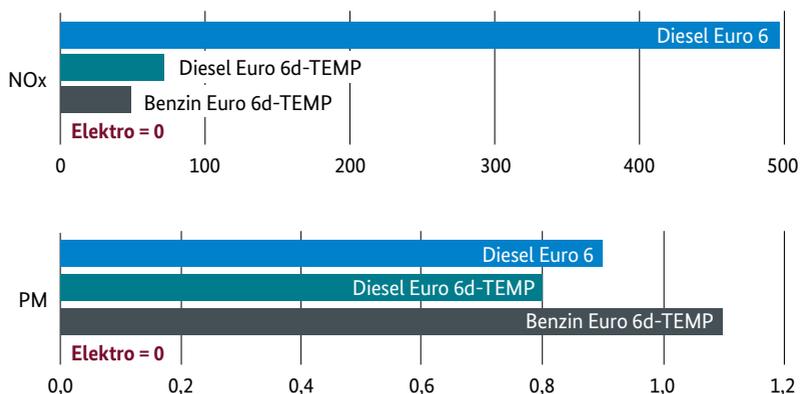
Gesundheit

Welche weiteren Umweltwirkungen hat Elektromobilität?

Rein batterieelektrische Fahrzeuge haben keinen Auspuff und fahren abgesehen von Partikelemissionen durch Reifen- und Bremsabrieb sowie die Wiederaufwirbelung von bereits am Bodenbelag befindlichen Schadstoffen, die bei allen Fahrzeugen entstehen, lokal emissionsfrei. Dies gilt für die mit Strom aufladbaren Hybridelektrofahrzeuge (Plug-in-Hybride) zumindest im elektrischen Betrieb auch. Wo verbrennungsbedingte Emissionen für gesundheitsschädliche Belastungen der Luftqualität verantwortlich sind, kann dies schon sehr zur Entlastung beitragen. Allerdings entstehen sowohl bei Elektro- als auch bei Verbrennerfahrzeugen Schadstoffemissionen bei der Fahrzeugherstellung. Daher ist auch hier der gesamte Lebenszyklus zu betrachten.

Vor allem Stickoxide und Feinstaub können als umwelt- und gesundheitsgefährdende Schadstoffe aus dem Verkehr problematisch sein. Im Straßenverkehr wer-

Abbildung 2: direkte Emissionen von Stickoxiden (NO_x) und Feinstaub (PM) in Milligramm pro Kilometer auf Basis der Flottenzusammensetzung und der Neuzulassungen im Jahr 2020



Ergänzende Informationen zur Flottenzusammensetzung/Neuzulassung:

Diesel Euro 6: Aggregation aus der Flottenzusammensetzung 2020; **Diesel Euro 6d-TEMP** aus Neuzulassungen 2020; **Benzin Euro 6d-TEMP** aus Neuzulassungen 2020

Quelle: eigene Darstellung auf Basis von Daten des ifeu

den Luftqualitätsgrenzwerte überwiegend in der Nähe viel befahrener Straßen überschritten. Denn hier summieren sich die Abgase der Autos mit der Hintergrundbelastung aus Industrie- und Kraftwerksabgasen oder von Heizungen und Kaminen. Vor allem Anwohnende, Fußgängerinnen und Fußgänger sowie Radfahrende haben darunter zu leiden. Aber auch wer im Auto sitzt, kann von einer schlechten Umgebungsluft betroffen sein. Deswegen lohnt zunächst ein Blick auf den Vergleich der verschiedenen Autos am Auspuff selbst. Abbildung 2 zeigt, dass das Elektroauto hier aus naheliegenden Gründen deutlich vorne liegt, auch wenn sich Verbrenner insbesondere hinsichtlich ihres Partikelaustrittes in den letzten Jahren deutlich verbessert haben. Bei den Stickoxidemissionen hat vor allem die Einführung der Emissionsstufe Euro 6d-TEMP nach bisherigen Erkenntnissen endlich einen deutlichen Rückgang bewirken können, während das Emissionsniveau für Diesel-Pkw mit Euro 6 a bis c noch sehr hoch lag.

Welches Bild ergibt sich nun, wenn man zusätzlich die Luftschadstoffe berücksichtigt, die über den gesamten Lebensweg entstehen? Betrachtet man sowohl Emissionen aus der Fahrzeug- und Batterieherstellung als auch solche aus der Energiebereitstellung zeigt sich ein anderes Bild. Zum einen entstehen Stickoxide und Feinstaub beim Elektroauto durch den Anteil der Kohle am Fahrstrom. Allerdings haben Kohlekraftwerke aufgrund moderner Reinigungstechnik bezogen auf die wenigen in Elektroautos verbrauchten Kilowattstunden keine besonders hohen Emissionen. Was beim Elektroauto ebenso wie beim Verbrenner mehr zu Buche schlägt, ist die Fahrzeugherstellung. Insbesondere die Stahlherstellung führt zu hohen Feinstaubemissionen. Aber auch andere Metallerzeugnisse, etwa für die Batterie, sind mit hohen Feinstaubemissionen verbunden. Aus diesen Gründen sind die Gesamtemissionen dieser Schadstoffe bei allen Fahrzeugen erheblich und liegen ohne Differenzierung nach dem Ort des Ausstoßes für Elektrofahrzeuge sogar höher als für Verbrenner. Für eine abschließende Bewertung des tatsächlichen Gesundheitsrisikos sind jedoch auch andere Faktoren relevant, zum Beispiel die Partikelgröße oder wie oft und stark Menschen Schadstoffen ausgesetzt ist. So sind Herstellungsprozesse oft außerhalb der dicht bevölkerten Innenstädte lokalisiert. Für eine umfassende Bewertung des daraus entstehenden gesundheitlichen Risikos sind also weitergehende Betrachtungen notwendig.



Während bei den klimarelevanten Emissionen bereits heute ein deutlicher Vorteil des Elektroautos zu sehen ist, ergibt sich bei Feinstaub und Stickoxiden ein differenzierteres Bild. Vor allem durch die Herstellung sind die Feinstaubemissionen beim E-Auto in Summe höher. Auch bei den Stickoxidemissionen schneiden Elektroautos über den gesamten Lebensweg nicht zwangsläufig besser ab. Vor 2020 haben Diesel-Fahrzeuge mit Euro 6 a-c noch deutlich mehr Stickoxide ausgestoßen. Ab 2020 zugelassene Fahrzeuge erfüllen jedoch neuere Abgasnormen. Unter diesen Voraussetzungen liegen Elektroautos was den mengenmäßigen Ausstoß angeht sogar leicht über Verbrennern. Die Herstellungsemissionen entstehen dabei jedoch anders als die Auspuffabgase überwiegend außerhalb dicht bewohnter Gebiete. Der Vorteil der lokalen Emissionsfreiheit des Elektroautos bleibt also bestehen.



Ressourcen

Welchen Ressourcenbedarf haben Elektroautos?

Neben dem Ausstoß von umwelt- und gesundheitswirksamen Stoffen und Geräuschen wird oft auch die Entnahme oder Inanspruchnahme von nur begrenzt zur Verfügung stehenden Stoffen diskutiert. Während der mit der Rohstoffnutzung verbundene Ausstoß an Klimagasen und Schadstoffen bereits in den gezeigten Betrachtungen enthalten ist, zeigt eine weitergehende Ressourcenbewertung vor allem den effizienten Umgang mit endlichen Gütern im Sinne der Nachhaltigkeit. Zwei häufig verwendete Maße einer Ressourcenbewertung sind der kumulierte Energieaufwand und der kumulierte Rohstoffaufwand. Wie stellt sich hier die Situation für Elektroautos dar?

Beim kumulierten Energieaufwand schneiden Elektroautos besser ab als verbrennungsmotorische Fahrzeuge. Das liegt vor allem daran, dass sie aufgrund des hocheffizienten Elektromotors viel weniger Energie zum Fahren benötigen. Zwar gibt es auch relevante Energieverluste in den fossilen Kraftwerken, diese stel-

len jedoch nur einen Teil des Fahrstroms bereit und arbeiten in der Regel auch deutlich effizienter als ein Verbrennungsmotor im Fahrzeug. Dies gleicht den höheren Energieaufwand bei der Fahrzeugherstellung mehr als aus. Wenn der Anteil der erneuerbaren Energien weiter steigt, wird auch dieser Vorteil weiter zunehmen.

Beim kumulierten Rohstoffaufwand schneiden Elektrofahrzeuge hingegen heute noch schlechter ab als verbrennungsmotorische Fahrzeuge. Für die Herstellung der Fahrzeugkomponenten werden schlicht mehr Rohstoffe benötigt. So kommen insbesondere für die Batterieproduktion eine Reihe von herstellungssintensiven Materialien zum Einsatz. Das führt zu Veränderungen in der Rohstoffförderung und den Zulieferketten. So benötigt die heutige Lithium-Ionen-Technologie relevante Mengen an Kobalt, welches sowohl für seine sozial und ethisch problematischen Förderbedingungen als auch für seine hohen Umweltlasten in der Kritik steht. Auch kommen in Lithium-Ionen-Batterien große Mengen an Kupfer und Nickel zum Einsatz, die ebenfalls mit Umweltlasten verbunden sind. Zuletzt wird auch bei Lithium häufig hinterfragt, welche Folgen dessen Gewinnung hat.

Mehr als die Hälfte des globalen Lithiumbedarfs wird in Australien gewonnen. Der Anteil des sogenannten südamerikanischen Lithiumdreiecks nimmt ab. Beim dortigen Lithiumabbau steht der Wasserverbrauch besonders im Fokus, da die Lithiumgewinnung aus Salzseen in einem ökologisch sensiblen Raum stattfindet. Kaum bekannt ist dabei, dass der Wasserbedarf für die Lithiummenge einer Antriebsbatterie für ein ganzes Fahrzeugleben nur etwas höher ist als für die Erzeugung von gut einem Kilogramm Rindfleisch. Jedoch kann auch dies ein Problem darstellen, wenn Wasser knapp ist.



Aufgrund der hohen Effizienz liegen Elektrofahrzeuge bezogen auf den Gesamtenergiebedarf über den Lebensweg vorn. Hinsichtlich des gesamten Rohstoffaufwandes haben Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor einen Vorteil. Hier besteht noch Verbesserungspotenzial, insbesondere im Bereich der Energiespeicher. Die Weiterentwicklung von Produktion, Materialeffizienz und Speichertechnologie wird die Bilanz aller Voraussicht nach deutlich verbessern.

Klar ist: Bei den alternativen Antrieben müssen wir Sorge tragen, dass beim Vorher schon ans Nachher gedacht wird. Deswegen hat das Bundesumweltministerium die Entwicklung von Recyclingverfahren für neue Komponenten gefördert und es gelten schon jetzt Wiederverwertungsvorgaben für Batterien und Fahrzeuge. Prozessfortschritte, eine höhere Materialeffizienz, technologische Innovationen, mehr erneuerbare Energien in der Herstellung und auch Recycling können dazu beitragen, den Rohstoffbedarf zu senken.

Bei den Antriebsbatterien ist ein solcher Trend bereits zu beobachten. So gibt es mittlerweile Batterien, die ganz ohne Kobalt auskommen und bei insgesamt geringerem Rohstoffeinsatz sogar höhere Reichweiten ermöglichen. In welchem Maße sich dies fortsetzt, muss weiter beobachtet und begleitet werden. Weiterhin ist ein verstärkter Fokus auf die Lieferketten und Sorgfaltspflichten der Unternehmen ein vielversprechender Ansatz zur Bekämpfung von Missständen. Es gibt zunehmend Initiativen und gesetzliche Anstrengungen in diesem Bereich. Diese bedürfen aber weiterhin viel zusätzlichen Engagements von den beteiligten Akteuren. Um die vorgenannten Ansätze in die Breite zu tragen, wird im Rahmen des Aktionsplans Kreislaufwirtschaft der EU ein neuer Rechtsrahmen für Batterien geschaffen werden. Darin soll es nicht nur um Recycling gehen, sondern auch um die nachhaltige Beschaffung der Rohstoffe und einen umweltfreundlichen Herstellungsprozess der Batterien.



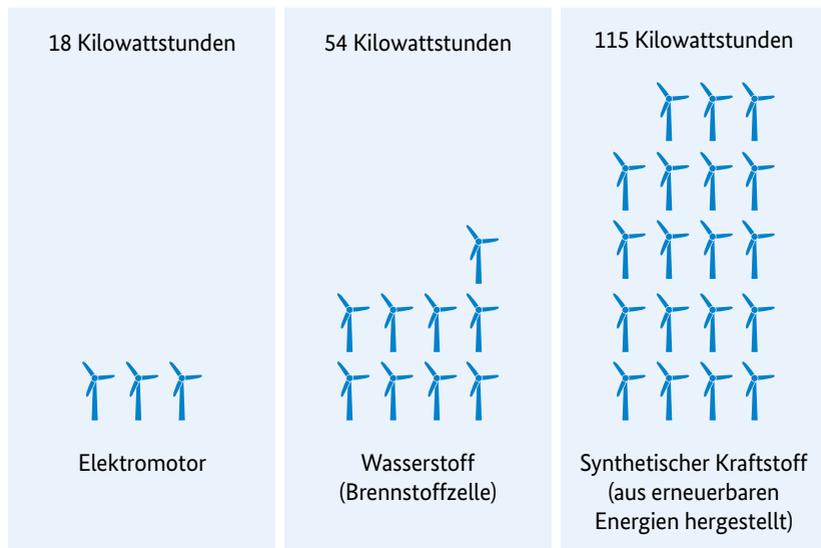
Alternativen

Das Elektroauto steht mit vielen positiven Umwelteigenschaften nicht alleine da. Brennstoffzellen-Pkw fahren zum Beispiel ebenfalls lokal emissionsfrei und klimaneutral, sofern der Wasserstoff mit erneuerbarem Strom erzeugt wird. Synthetische Kraftstoffe – häufig E-Fuels oder Power-to-Liquid/Power-to-Gas genannt – können bei Produktion mit Strom aus erneuerbaren Energien sogar Benzin- und Diesel-Pkw klimaneutral machen, auch wenn dann die Probleme der Luftreinhaltung im Fahrbetrieb bestehen bleiben. Um deren Potenzial zum Klimaschutz einordnen zu können, werden im Folgenden zwei Kernfragen beantwortet:

Wieviel Energie braucht man für Mobilität mit solchen Technologien?

Vor allem E-Fuels haben einen systembedingten Nachteil: Die Nutzung in Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor ist im Vergleich zum E-Motor weitaus weniger

Abbildung 3: Strombedarf aus erneuerbaren Energien für verschiedene theoretische Antriebs- und Kraftstoffkombinationen pro 100 Kilometer für aktuelle Fahrzeuge



Quelle: eigene Darstellung auf Basis von Daten des ifeu

effizient. Zudem verbraucht die Erzeugung der Kraftstoffe mehr Energie als anschließend als Kraftstoff zur Verfügung steht. Denn um aus Strom, Wasser und Kohlendioxid Flüssigkraftstoff herzustellen, sind mehrere Umwandlungsschritte nötig, die jeweils erhebliche Energieverluste mit sich bringen. Mit Abstrichen gilt das auch für Wasserstoff- und Brennstoffzellenfahrzeuge. Weil diese elektrisch fahren, ist der bloße Antrieb zwar ähnlich effizient wie beim Elektroauto. Aber die Erzeugung des Wasserstoffs und die anschließende Wiederverstromung in der Brennstoffzelle sind ebenfalls mit Verlusten verbunden. Im Endeffekt braucht die Nutzung all dieser Varianten daher mehr Energie als die direkte Nutzung des Stroms im Elektroauto. Abbildung 3 veranschaulicht die Unterschiede am Beispiel von 100 Kilometern Fahrstrecke. Im Vergleich zum Elektroauto benötigt ein Brennstoffzellenfahrzeug dreimal mehr Energie und die Nutzung synthetischer Kraftstoffe bis zu sechsmal so viel.

Kein Problem, sollte man denken, so lange der eingesetzte Strom erneuerbar ist. Fahrzeuge, für die Wasserstoff und synthetische Kraftstoffe in Deutschland hergestellt werden, nutzen immerhin zum gleichen Teil erneuerbaren Strom wie batterieelektrische Fahrzeuge. Durch den höheren Energieverbrauch in Kraftstoffbereitstellung und Verbrennung potenziert sich die Klimalast der Strommix-Anteile aus Steinkohle-, Braunkohle- und Erdgaskraftwerken aber mit jedem gefahrenen Kilometer. Daher haben heutige Brennstoffzellenfahrzeuge, für die Wasserstoff mit deutschem Strom produziert wird, auch über den gesamten Lebensweg deutlich höhere Treibhausgasemissionen als batterieelektrische und sogar konventionelle Fahrzeuge. Und auch wenn synthetische Kraftstoffe die Produktion neuer Elektro- oder Brennstoffzellenautos nicht notwendig macht, ist die Klimawirkung über den Lebensweg mit dem deutschen Strommix etwa dreimal so hoch wie bei batterieelektrischen Fahrzeugen.

Und wenn man diese Kraftstoffe ausschließlich aus erneuerbarem Strom herstellt?

Dann wären sie klimafreundlich. Die dargestellten Unterschiede beim Energiebedarf schlagen sich jedoch nicht nur in der Umweltbilanz, sondern auch in den Kosten nieder. Kraftstoffe, für die viel mehr neue Windräder errichtet werden müssten, wären in der Herstellung viel teurer – nicht nur als Benziner und Diesel, sondern auch als Strom für die Batterie (siehe Abbildung 3). Dies gilt selbst dann, wenn für die E-Fuels besonders günstige Standorte für erneuerbare Energien genutzt werden können.

Zudem ist zu berücksichtigen, dass auch Anlagen zur Aufspaltung von Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff, sogenannte Elektrolyseure, und die weiteren Anlagen zur Synthetisierung zu Kraftstoffen erhebliche Rohstoff- und Ressourcenbedarfe nach sich ziehen. Und auch die lokalen Umweltwirkungen durch Schadstoffe bleiben bei Verbrennungsmotoren selbst bei Verwendung von E-Fuels zu großen Teilen bestehen. Auch wenn synthetische Kraftstoffe damit für den Einsatz in Pkw weniger geeignet sind, können sie in Bereichen, in denen die direkte Nutzung von Strom bzw. Speicherung in einer Batterie nicht möglich ist, zum Beispiel im Luftverkehr, zukünftig notwendig und sinnvoll sein.



Fazit

Elektrofahrzeuge können nicht die einzige Strategie sein, um den Zielen des Klima- und Umweltschutzes im Straßenverkehr gerecht zu werden. Eine nachhaltige Verkehrswende gelingt nur, wenn der Fokus auch auf Vermeidung und Verlagerung gelegt wird. Das entspricht auch dem Bild der lebenswerten Stadt mit einem attraktiven öffentlichen Personennahverkehr, mehr Rad- und Fußverkehr und kurzen Wegen zwischen Arbeiten, Wohnen und Versorgung. Dennoch wird voraussichtlich ein erheblicher Teil der Verkehrsleistung auch künftig mit motorisierten Fahrzeugen erbracht werden.

Deshalb muss der Autoverkehr klima- und umweltfreundlicher werden. Hierzu kann das Elektroauto einen zunehmend wichtigen Beitrag leisten. Das gilt besonders für den Klimaschutz, wo das Elektroauto bereits heute deutliche Vorteile hat. Dieser Vorsprung wird weiter zunehmen, denn der Anteil erneuerbarer Energien an der Stromerzeugung wächst stetig. Heute neu zugelassene Fahrzeuge sind höchstwahrscheinlich 2030 noch auf der Straße, wenn schon mindestens 65 Prozent des Stroms aus erneuerbaren Quellen stammen sollen.

Bei den anderen Umweltwirkungen ergibt sich ein differenzierteres Bild: Der Rohstoffaufwand ist bei Elektroautos höher als bei konventionellen Fahrzeugen, ebenso die Masse des insgesamt ausgestoßenen Feinstaubes. Bei den Stickoxidemissionen stehen insbesondere Dieselfahrzeuge mittlerweile besser da, da sie mit Neuzulassung ab 2020 die gesetzlichen Grenzwerte auch im realen Betrieb weitgehend einhalten. Jedoch hängt die tatsächliche Gesundheitsbelastung auch vom Ort der Emissionen ab. Es spielt also eine Rolle, „was direkt am Auspuff rauskommt“. Hier haben Elektrofahrzeuge wegen ihrer lokalen Emissionsfreiheit weiterhin Vorzüge im belasteten Stadtverkehr.

Insgesamt kommt es also darauf an, wie Gewichtung, Abwägung und Zeitrahmen bei einer Gesamtbetrachtung angesetzt werden. Wiegt Klimaschutz schwerer als der Rohstoffverbrauch? Welchen Wert hat Gesundheitsschutz vor Ort gegenüber Emissionen außerhalb der Innenstädte? Und: Welche klimafreundlichen Alternativen gibt es eigentlich, wenn uns das Auto erhalten bleiben soll?

Bildnachweise

Titelseite: © Tomwang112/iStock

Seite 4: © Michael Flippo/Fotolia

Seite 6: © Miredi/Fotolia

Seite 10: © Matthias Buehner/Fotolia

Seite 12: © a-wrangler/iStock

Seite 15: © Tom Bayer/Fotolia

Seite 18: © Stephen/AdobeStock

Seite 19: © salim138/Fotolia

Seite 21: © Vincent/AdobeStock

