

Ökologie und Nachhaltigkeit

Das Thema Nachhaltigkeit ist bei Elektrofahrzeugen ein stark umstrittenes Thema. Einerseits wird Elektromobilität vor dem Hintergrund der nationalen Klimaziele als eine zentrale Option gesehen, die seit Jahren auf hohem Niveau stagnierenden Emissionswerte des Verkehrssektors zu senken. Andererseits sind Rohstoffherkunft und mangelnde Recyclingfähigkeit Kritikpunkte, die die Nachhaltigkeit von E-Fahrzeugen in Frage stellen. Dieses Infoblatt gibt eine grobe Einordnung von Elektromobilität in Bezug auf die Themen Emissionen (insbesondere CO₂-Emissionen) über den gesamten Lebenszyklus, die Rohstoff-Herkunft sowie die Weiterverwendbarkeit und Recycelbarkeit der Akkus.

Emissionen

Elektrofahrzeuge haben gegenüber dem Verbrenner den entscheidenden Vorteil, dass sie **keine lokalen Emissionen** wie Kohlenstoffdioxid (CO₂) oder Stickstoffoxide (NO_x) ausstoßen. Aus diesem Grund eignen sie sich auch besonders für den Einsatz in der Stadt und in dicht besiedelten Gebieten, wo Emissionsgrenzwerte oftmals überschritten werden. Auch emittieren E-Fahrzeuge im Gegensatz zu herkömmlichen Verbrennern **keine Motorengeräusche**, wohingegen die Abrollgeräusche nahezu identisch sind und bei steigender Geschwindigkeit zunehmen.

CO₂-Emissionen im Betrieb

Bei den CO₂-Emissionen im Betrieb handelt es sich um Emissionen, die erzeugt werden, um das Fahrzeug anzutreiben. Diese Emissionen entstehen bei Verbrenner-Fahrzeugen sowohl bei der Herstellung des Kraftstoffs als auch bei der Verbrennung des Kraftstoffs im Fahrzeug. Bei Elektrofahrzeugen dagegen entstehen Emissionen nur bei der Herstellung des Fahrstroms. Bei der Fahrt selbst sind E-Fahrzeuge emissionsfrei. Die CO₂-Einsparung im Betrieb der Fahrzeuge ist abhängig vom Verbrauch und der Fahrleistung der Fahrzeuge sowie dem CO₂-Ausstoß pro kWh der jeweiligen Kraftstoffe. Die folgende Berechnung zeigt beispielhaft die CO₂-Einsparung durch Elektrifizierung am Beispiel des VW up! bei Ersatz durch einen VW e-up!.

CO ₂ -Ausstoß von Herstellung bis Fahrzeugbetrieb (Well – to – Wheel)	
Strom: 0,42 kg CO ₂ / kWh	Strommix 2019 [1] + Übertragungsverluste [2]
Diesel: 3,31 kg CO ₂ / Liter	Förderung, Raffinierung, Lieferkette, Tankstelle, Verbrennung [3]
Benzin: 3,14 kg CO ₂ / Liter	Förderung, Raffinierung, Lieferkette, Tankstelle, Verbrennung [3]
<u>Verbrenner-Fahrzeug</u> VW up! 1.0 Benzin Verbrauch: 5,4 Liter pro 100 km	<u>Elektro-Fahrzeug</u> VW e-up! Strom Verbrauch: 14,5 kWh pro 100 km
CO₂-Ausstoß pro 100km:	→ Einsparung von ca. 10,9 kg CO₂ auf 100 km durch Elektrifizierung
<ul style="list-style-type: none"> Benzin: 5,4 Liter * 3,14 kg CO₂/ Liter = 16,95 kg CO₂ Strom: 14,5 kWh * 0,42 kg CO₂/ kWh = 6,09 kg CO₂ 	
CO₂-Ausstoß bei 15.000 km Jahreslaufleistung:	→ Einsparung von ca. 1.630 kg CO₂ pro Jahr pro Fahrzeug durch Elektrifizierung
<ul style="list-style-type: none"> Benzin: 16,95 kg CO₂ * 150 = 2.543 kg CO₂ Strom: 6,09 kg CO₂ * 150 = 913 kg CO₂ 	

Das Beispiel zeigt auf, dass E-Fahrzeuge im Betrieb bei der Nutzung des heutigen deutschen Strommixes deutlich weniger CO₂-Emissionen ausstoßen, als vergleichbare Verbrenner-Fahrzeuge. Dieser Vorteil der Elektroautos wird noch verstärkt, wenn E-Fahrzeuge ausschließlich mit Strom aus Erneuerbaren Energien betrieben werden.

CO₂-Emissionen während des Lebenszyklus

Um die Klimawirkung von Elektrofahrzeugen im Vergleich zu einem Verbrenner realistisch abschätzen zu können, reicht es allerdings nicht, den Betrieb des Fahrzeugs anzuschauen. Stattdessen muss der gesamte Lebenszyklus eines E-Autos berücksichtigt werden. Beachtet werden müssen die Treibhausgasemissionen, welche bei der Fahrzeugherstellung und -entsorgung entstehen sowie Emissionen, die bei der Herstellung und Bereitstellung des Kraftstoffes sowie bei der Fahrzeugnutzung emittiert werden.

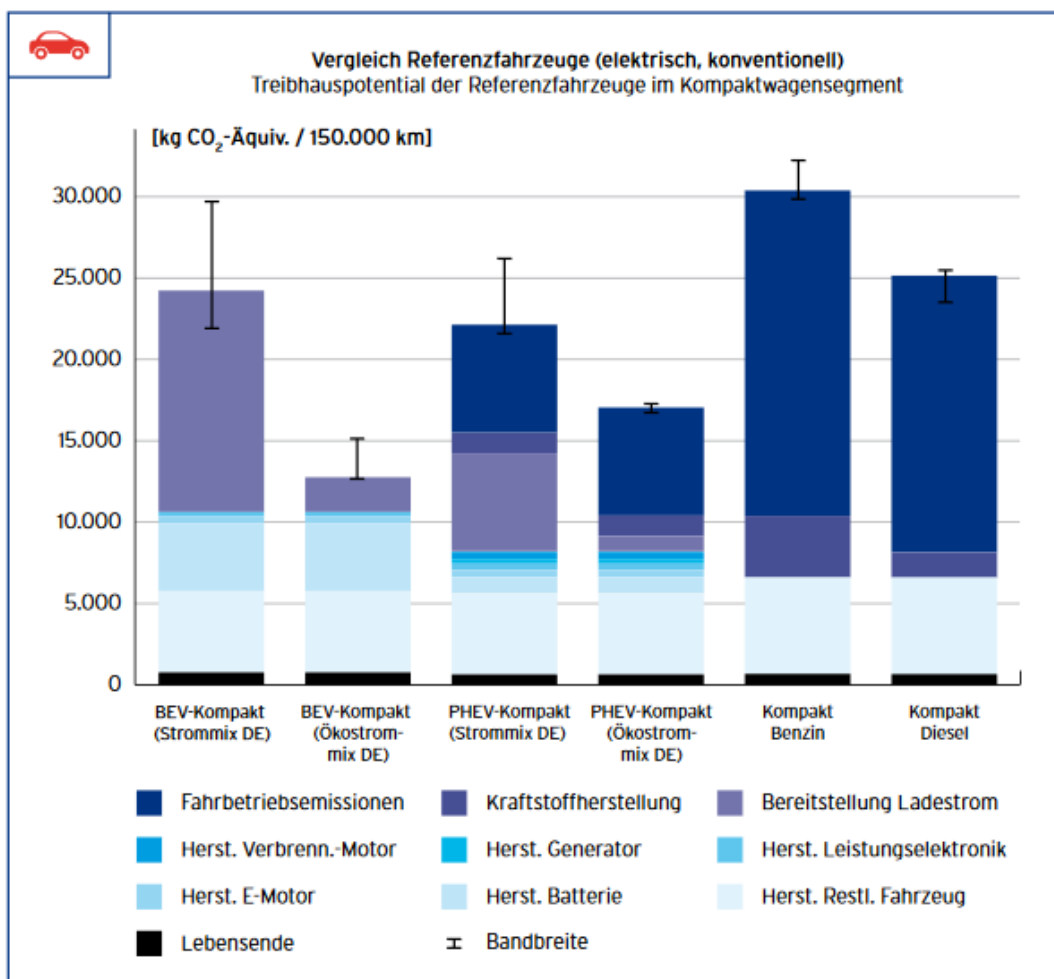


Abbildung 1: Ausstoß von CO₂-Äquivalenten bei einer Laufleistung von 150.000 km im Vergleich von rein elektrischen Modellen, Plug-in-Hybriden, Benzinern und Dieseln. (Quelle: BMVI (Hrsg.) 2016, S. 35, [4])

Wie auf Abbildung 1 dargestellt, ist die Herstellung rein elektrischer Fahrzeuge deutlich CO₂-intensiver als bei einem Auto mit Verbrenner-Motor. Geschuldet ist dies der Herstellung der Batterie. Dieser Nachteil kann allerdings über den Nutzungszeitraum des Fahrzeugs durch die Einsparung von Emissionen im Betrieb kompensiert werden, sodass E-Fahrzeuge am Lebensende eine positivere Ökobilanz erreichen können. Der zunehmende Ausbau **Erneuerbarer Energien** wird die CO₂-Bilanz von E-Fahrzeugen weiter verbessern.

Einen ökologischen **Sonderfall** stellen **Plug-in-Hybride** dar, die sowohl einen Elektromotor, als auch einen Verbrennungsmotor besitzen. Aufgrund der geringeren Batteriegröße ist der CO₂-Fußabdruck aus der Produktion zwar geringer als bei reinelektrischen Modellen. Im Betrieb führen das hohe Gewicht aufgrund zweier Motorensysteme und die ohnehin geringe elektrische Reichweite jedoch oftmals zum Zuschalten des Verbrennungsmotors. Die fehlende Notwendigkeit des regelmäßigen Aufladens des Elektromotors resultiert außerdem oftmals darin, dass mit Plug-in-Hybriden in erster Linie konventionell gefahren wird. Die Tatsache, dass es sich bei vielen Plug-in-Hybriden um große und schwere, verbrauchsintensive SUVs handelt, verschlechtert die CO₂-Bilanz weiterhin. Aus ökologischer Sicht machen Plug-in-Hybride nur dann Sinn, wenn der Elektromotor regelmäßig geladen wird, sodass der Großteil der Strecken elektrisch gefahren werden kann. Kleine Fahrzeugmodelle und eine sparsame Fahrweise tragen zu einer im Vergleich zu reinen Verbrenner-Modellen besseren CO₂-Bilanz bei.

Wirkungsgrad

Das Elektroauto bietet einen weiteren entscheidenden Vorteil. Im Gegensatz zu Wasserstoff-Fahrzeugen und Verbrennungsfahrzeugen, die mit synthetischen Kraftstoffen betrieben werden, weist das Elektroauto den **höchsten Wirkungsgrad** auf. Grund hierfür sind die bei der Herstellung von Wasserstoff und synthetischen Kraftstoffen notwendigen Zwischenschritte bei Herstellung und Transport, während bei batterieelektrischen Fahrzeugen lediglich Verluste bei der Übertragung des Stroms auftreten. Ein batteriebetriebenes E-Fahrzeug erreicht einen Wirkungsgrad von rund 70%, während bei einem Wasserstoff-Auto nur 26% und bei einem Auto mit Verbrennung synthetischer Kraftstoffe nur 13 % der Energie in Bewegung umgesetzt wird (vgl. Tabelle 1).

Tabelle 1: Wirkungsgrad verschiedener Antriebstechnologien im Vergleich. (Quelle: eigene Darstellung auf Basis von Daten von AGORA VERKEHRSWENDE UND AGORA ENERGIEWENDE 2018 [5])

Technologie	Wirkungsgrad
Batteriebetriebenes Elektroauto	69 %
Brennstoffzellen-Auto (Wasserstoff)	26 %
Auto mit Verbrennungsmotor (synthetischer Kraftstoff)	13 %

Herkunft der Rohstoffe

Zu den bisher genannten Umwelteinflüssen muss auch die Herkunft der Rohstoffe berücksichtigt werden, welche für die Herstellung der Batterie benötigt werden. Neben den **Hauptbestandteilen** Lithium, Kobalt, Graphit und Nickel werden auch seltene Erden verwendet. Der **Abbau** geht abhängig von den sozialen und Umweltstandards der Abbauregionen oftmals mit Belastungen für die Umwelt, negativen gesundheitlichen Auswirkungen auf Angestellte und Bevölkerung und negativen sozialen Auswirkungen auf die lokale Gesellschaft einher. Transparenz zur Rohstoffherkunft und **Zertifizierungen** der Rohstoffförderung im Hinblick auf die Einhaltung von Umwelt- und Sozialstandards werden als Mittel zur Verbesserung der Abbaubedingungen angesehen.

Second Life und Recycling

Auch die Akkus von E-Fahrzeugen verlieren mit der Zeit an Kapazität. Entscheidende Faktoren sind hier die Nutzungsintensität und die Entladungszyklen, die sich auf die Kapazität der Akkus auswirken. Allerdings gibt es verschiedene Ansätze, wie ein „alter“ Akku eines E-Fahrzeuges weiter sinnvoll benutzt, beziehungsweise recycelt werden kann.

Second Life

Den Akku im „Second Life“ zu verwenden bietet die Möglichkeit, diesen als Batteriespeicher für Wohngebäude oder Firmen zu nutzen. Hiermit kann die Lebensdauer eines Akkus erheblich gesteigert werden, nämlich auf bis zu 20 Jahre. Hierfür sind Akkus nach 8-10 Jahren im E-Fahrzeug geeignet oder mit einem Energiegehalt von minimal 70%.

Recycling

Nach der Verwendung als stationärer Speicher stellt sich die Frage nach Recyclingmöglichkeiten, um an die wertvollen Rohstoffe des E-Auto-Akkus zu kommen. Bislang sind viele Recyclingprozesse aufgrund eines hohen manuellen Aufwands noch unwirtschaftlich und sehr energieintensiv. Es ist jedoch zu erwarten, dass ein weiterhin steigender Bedarf diesen Rohstoffen sich positiv auf die Recyclingquote auswirkt. Kobalt und Nickel werden bereits heute recycelt, da beide Materialien sehr teuer sind und sich somit der Recyclingprozess lohnt. Seltene Erden werden zum gegenwärtigen Zeitpunkt keinem Recyclingkreislauf zugeführt.

Quellen:

- [1] UMWELTBUNDESAMT (2020): Bilanz 2019: CO₂-Emissionen pro Kilowattstunde Strom sinken weiter. Online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/presse/pressemitteilungen/bilanz-2019-co2-emissionen-pro-kilowattstunde-strom>; zuletzt abgerufen am 17.12.2020
- [2] STATISTISCHES BUNDESAMT (2020): Bilanz Monatsbericht über die Elektrizitätsversorgung. Online verfügbar unter <https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Energie/Erzeugung/Tabellen/bilanz-elektrizitaetsversorgung.html>; zuletzt abgerufen am 17.12.2020
- [3] HOEKSTRA, A. (2020): Die Herstellung von Benzin und Diesel verursacht mehr CO₂-Emissionen als wir dachten. Online verfügbar unter <https://innovationorigins.com/de/die-herstellung-von-benzin-und-diesel-verursacht-mehr-co2-emissionen-als-wir-dachten/>
- [4] BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR UND DIGITALE INFRASTRUKTUR (BMVI) (HRSG.) (2016): Abschlussbericht: Bewertung der Praxistauglichkeit und Umweltwirkungen von Elektrofahrzeugen. Modellregionen Elektromobilität. Innovative Antriebe und Fahrzeuge – Elektro-Pkw und Nutzfahrzeuge. Online verfügbar unter https://www.starterset-elektromobilitaet.de/content/3-Infothek/2-Publikationen/68-abschlussbericht-bewertung-der-praxistauglichkeit-und-umweltwirkungen-von-elektrofahrzeugen/now_handbuch_elektrofahrzeuge_web.pdf; zuletzt abgerufen am 24.02.2021
- [5] AGORA VERKEHRSWENDE UND AGORA ENERGIEWENDE (2018): Die zukünftigen Kosten strombasierter synthetischer Brennstoffe: Schlussfolgerungen aus Sicht von Agora Verkehrswende und Agora Energiewende. In: Agora Verkehrswende, Agora Energiewende und Frontier Economics (2018): Die zukünftigen Kosten strombasierter synthetischer Brennstoffe.