

Durchwachsene Bilanz

Jedes Auto verbraucht Energie – und belastet deshalb das Klima. Eine neue Analyse untersucht, ob Elektro-, Wasserstoff- oder Erdgas-Pkw besser sind als normale Verbrenner



Verbrennt nicht unsere Zukunft! So lautet eine Parole der Schülerbewegung „Fridays for Future“: Die Politiker sollen alles dafür tun, die globale Erwärmung auf unter zwei Grad im Vergleich zum vorindustriellen Zeitalter zu begrenzen – so wie im Pariser Klimaschutzabkommen von 2015 beschlossen. Um das Ziel zu erreichen, muss auch der Straßenverkehr klimafreundlich werden. Der

Plan: Fossile Kraftstoffe, bei deren Verbrennung das klimaschädliche Kohlendioxid (CO₂) entsteht, sollen bis 2050 durch erneuerbare Energie ersetzt werden.

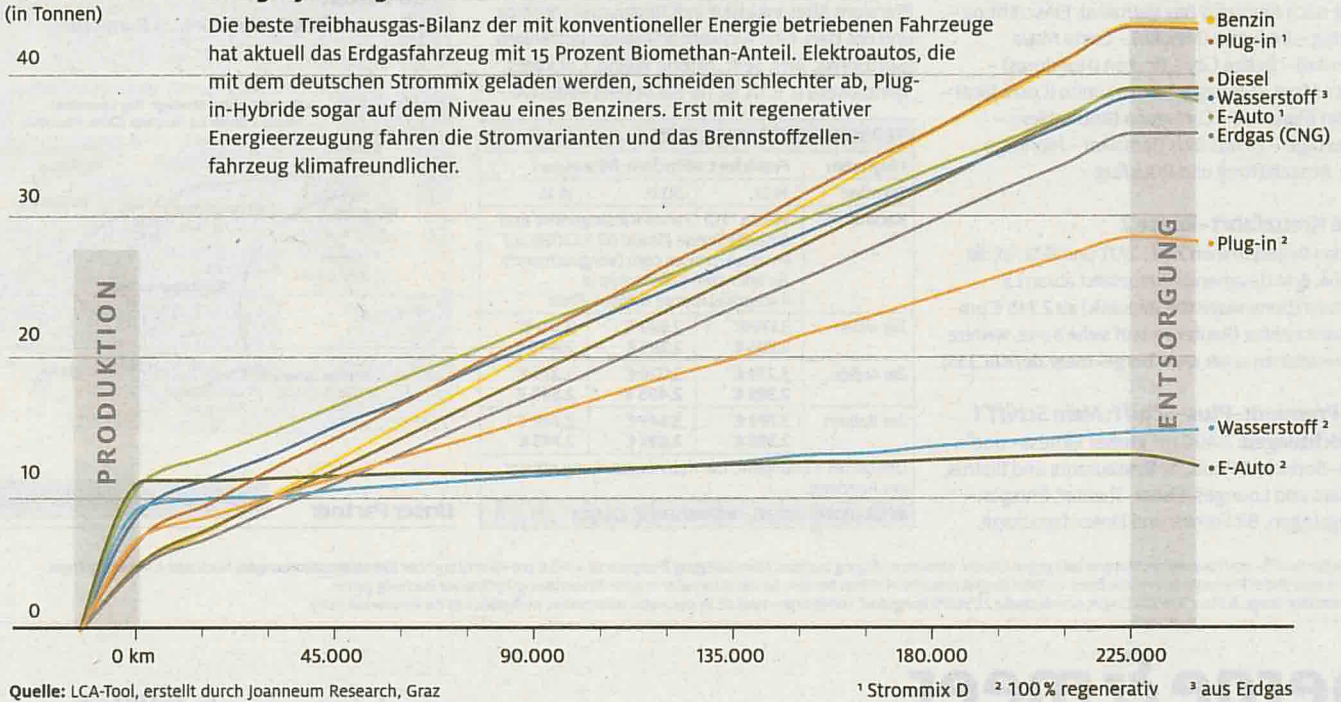
Um das zu erreichen, setzen Politik und immer mehr Fahrzeughersteller auf Elektrofahrzeuge, die während der Fahrt emissionsfrei sind. Doch ist das wirklich umweltfreundlich? Und wären nicht Energieträger wie Wasserstoff oder synthetische Kraftstoffe, die sogenannten E-Fuels, bessere Alternativen?

Um die Klimawirkung der verschiedenen Antriebsarten beurteilen zu können, müssen alle relevanten Energieaufwendungen über den gesamten Lebenszyklus eines Fahrzeugs berechnet werden. Dazu gehören zum einen die Treibhausgas-Emissionen, die bei der Herstellung und beim Recycling eines Fahrzeugs →

CO₂-Äquivalent
(in Tonnen)

Der große Vergleich: Alle Antriebsarten im Klima-Check

Die beste Treibhausgas-Bilanz der mit konventioneller Energie betriebenen Fahrzeuge hat aktuell das Erdgasfahrzeug mit 15 Prozent Biomethan-Anteil. Elektroautos, die mit dem deutschen Strommix geladen werden, schneiden schlechter ab, Plug-in-Hybride sogar auf dem Niveau eines Benziners. Erst mit regenerativer Energieerzeugung fahren die Stromvarianten und das Brennstoffzellenfahrzeug klimafreundlicher.



Quelle: LCA-Tool, erstellt durch Joanneum Research, Graz

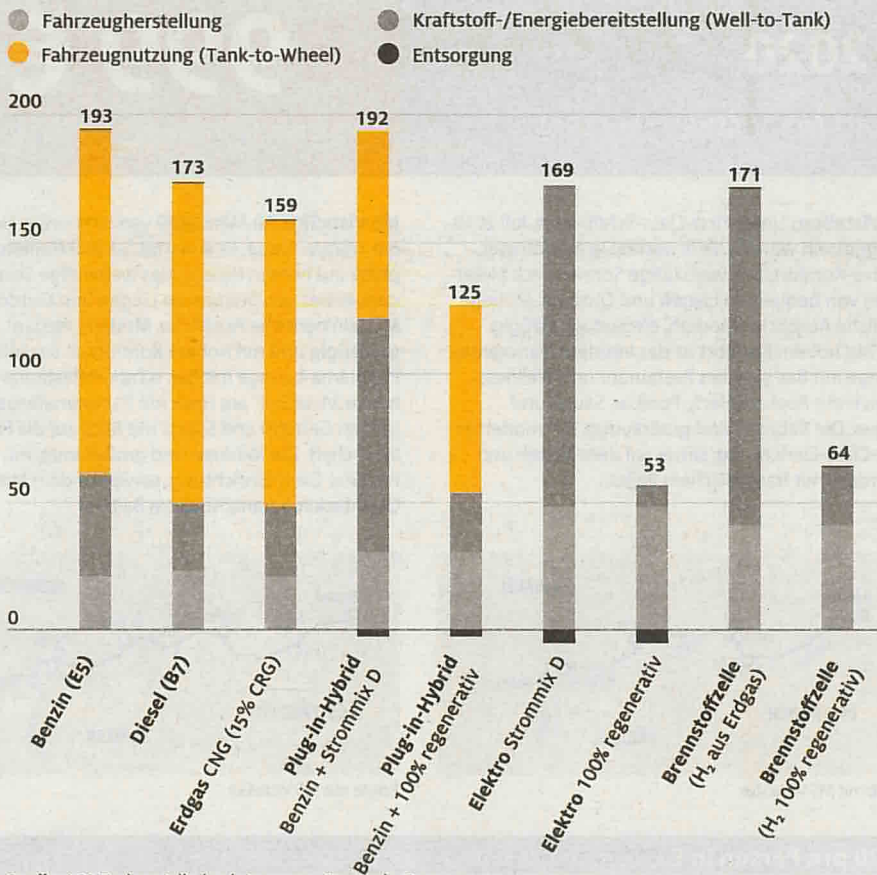
¹ Strommix D ² 100% regenerativ ³ aus Erdgas

Foto: Shutterstock/NASA/Johan Swanepoel

Beispiel Golfklasse: Die Klimabilanz der gängigen Antriebsarten

Erst mit Nutzung von regenerativem Strom weisen Elektro- und Brennstoffzellenfahrzeuge mit Wasserstoff eine deutlich bessere Bilanz auf als alle anderen Antriebsarten.

CO₂-Äquivalent-Emissionen in g/km



Quelle: LCA-Tool, erstellt durch Joanneum Research, Graz

Vergleich: Ab wann fahren Elektroautos klimafreundlicher?

KOMPAKTKLASSE MIT	ELEKTRO (STROMMIX D)	ELEKTRO (100% REGENERATIV)
Benzin (mit 5% Bioethanol)	ab 127.500 km	ab 37.500 km
Diesel (mit 7% Biodiesel)	ab 219.000 km	ab 40.500 km
Erdgas CNG (mit 15% Biomethan)	nie	ab 48.000 km
Plug-in-Hybrid (Benzin/Strommix D)	ab 103.500 km	ab 25.500 km
Plug-in-Hybrid (Benzin/100% regener.)	nie	ab 46.500 km
Brennstoffzelle (H ₂ aus Erdgas)	am Ende des Autolebens	ab 15.000 km
Brennstoffzelle (H ₂ 100% regenerativ)	nie	ab 115.000 km

Quelle: Joanneum Research, Graz. Datenbasis: Fahrzeug Golfklasse, Verbrauch Benzin (E5) 6 l (= 0,52 kWh/km), Diesel (B7) 5,2 l (= 0,50 kWh/km), CNG 4,1 kg/100 km (= 0,63 kWh/km), H₂ 1,02 kg/100 km (= 0,34 kWh/km), Strom 0,19 kWh/km, Plug-in gesamt 0,37 kWh/km. Pkw-Lebensdauer 15 Jahre, jährl. Fahrleistung 15.000 km, Batteriekapazität 40 kWh, Batterielebensdauer 150.000 km. CO₂-Äquivalenzwert 580 g/kWh (CO₂, Methan CH₄, Distickstoffmonoxid N₂O) aus Strommix Deutschland, veröffentl. im Bundesanzeiger am 30.10.2018, gültig für 2019

entstehen. Zusätzlich schlagen alle Emissionen zu Buche, die bei der Herstellung und dem Transport des Kraftstoffs bzw. Stroms frei werden (Well-to-Tank, also von der Quelle bis zum Tank). Und zu guter Letzt alle Schadstoffe, die bei der Fahrzeugnutzung anfallen (Tank-to-Wheel, vom Tank bis an das Rad).

Eine erste Ökobilanz veröffentlichte der ADAC im April 2018 (Motorwelt 4/18). Jetzt liegt eine neue Lebenszyklus-Analyse (Life Cycle Assessment) vor, das LCA-Tool. Um die verschiedenen Antriebstechnologien vergleichbar zu ma-

Weil der Strom noch nicht sauber ist: Die beste Treibhausgas-Bilanz hat aktuell das Erdgasfahrzeug

chen, rechneten die Forscher mit dem sogenannten CO₂-Äquivalent. Es fasst folgende Gase zusammen: Kohlendioxid, Methan und Lachgas. Methan kann beispielsweise bei der Förderung von Erdgas austreten, Lachgas entsteht oft, wenn Felder gedüngt werden, auf denen Soja oder Mais für Biokraftstoff wachsen. Erstellt wurde das LCA-Tool von der Forschungsgesellschaft Joanneum Research. Die FIA und der Österreichische Automobil- und Touringclub (ÖAMTC) hatten es in Auftrag gegeben, ADAC und Touring Club Schweiz (TCS) unterstützten das Projekt.

Das Ergebnis: Die beste Treibhausgas-Bilanz über den gesamten Lebenszyklus hat bei den gängigen Antriebsarten das Erdgasauto mit 15 Prozent Biomethan – zumindest in der Golfklasse und bei Nutzung des deutschen Strommix (siehe Grafik auf Seite 24).

Das Elektroauto kann seine Vorteile im Vergleich zu Benzin und Diesel erst nach ca. 127.500 km oder 8,5 Betriebsjahren bzw. ca. 219.000 km oder 14,6 Betriebsjahren ausspielen. Der Grund: die aufwendige Produktion der Batterien, die bereits einen großen „Treibhausgas-Rucksack“ mit sich bringt. Dieser muss über die Zeit der Fahrzeugnutzung erst amortisiert werden. Durch die hohen Treibhausgas-Emissionen des deut- →

schen Strommix mit immer noch großem Kohleanteil dauert das sehr lang.

Der vergleichsweise schmutzige Strom und die große Antriebsbatterie sind auch schuld daran, dass der Plug-in-Hybrid mit einem angenommenen Durchschnittsverbrauch von 2,95 l Super und

11 kWh pro 100 Kilometer gegenüber einem ganz normalen Benziner keinen Vorteil hat. In puncto Treibhausgas ist ein Plug-in deshalb keine Lösung.

Erst mit Nutzung von regenerativem Strom weist das Elektrofahrzeug eine deutlich bessere Bilanz auf wie alle an-

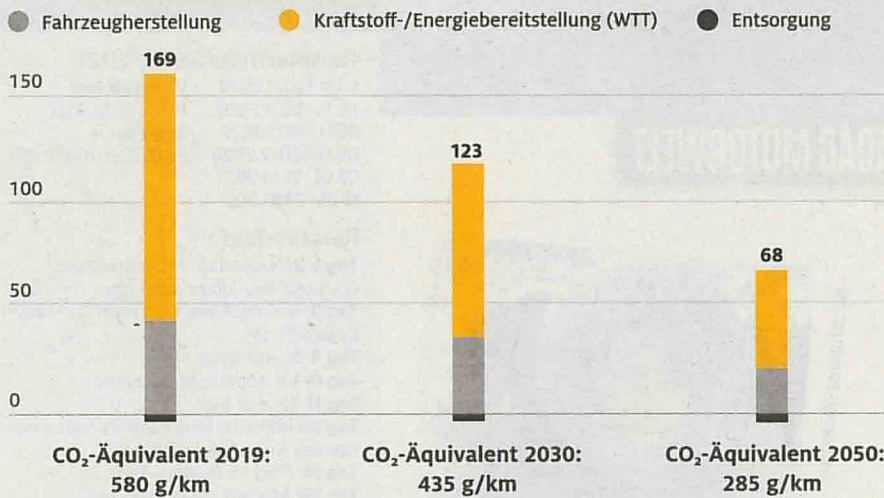
deren Antriebsarten. Bei 100 Prozent regenerativem Anteil erfolgt die Amortisation der hohen Treibhausgas-Emissionen aus der Produktion bereits nach ca. 37.500 km gegenüber dem Benziner bzw. ca. 40.500 km gegenüber dem Diesel. Und jetzt hat auch das beste Erdgasfahrzeug (mit 15 Prozent Biomethan) keine Chance mehr: Das Elektroauto hat es schon bei ca. 48.000 km eingeholt.

Mit erneuerbarem Strom ist auch das Brennstoffzellenfahrzeug konkurrenzfähig. Allerdings wird Wasserstoff aktuell noch energieintensiv per sogenannter Dampfreformierung aus Erdgas herge-

Prognose: Der Strom für E-Autos wird sauberer

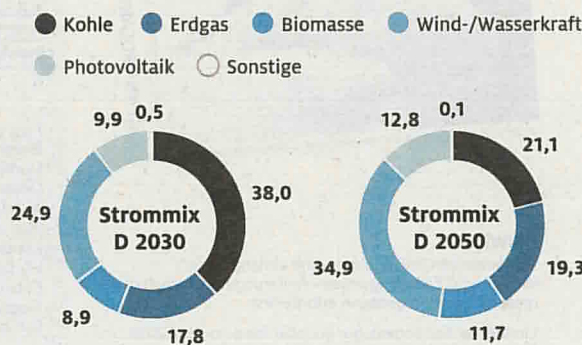
Die Treibhausgas-Bilanz von Elektroautos wird sich in Zukunft deutlich verbessern. Denn voraussichtlich wird der Anteil erneuerbarer Energien am deutschen Strommix stetig steigen. Wichtig wird auch, dass Fahrzeug- und Batterieproduktion CO₂-neutral sind, so wie es VW für den ID.3 angekündigt hat.

CO₂-Äquivalent-Emissionen in g/km



Erklärung: Die Daten für die künftige Zusammensetzung des Strommix wurden von Joanneum Research auf Basis von EU-Szenarien für Deutschland errechnet. Demnach bleibt zum Beispiel der Anteil an den fossilen Brennstoffen Kohle und Erdgas 2030 deshalb hoch, weil der beschlossene Ausstieg aus der Kernenergie ausgeglichen werden muss.

Der deutsche Strommix der Zukunft in Prozent



Quelle: Joanneum Research, Graz. Der CO₂-Äq-Wert 2019 ist im Bundesanzeiger am 30.10.2018 veröffentlicht und gültig für 2019. Die CO₂-Äq-Werte für 2030 und 2050 (gerundet) wurden berechnet aus Strommix-Szenarien der EU

Synthetische Kraftstoffe (E-Fuels) sind klimafreundlich, benötigen zur Herstellung aber viel Strom

stellt, weshalb der derzeit zapfbare Wasserstoff keine Alternative ist.

Und wie verhält es sich mit synthetischen Kraftstoffen? E-Fuels können aus elektrischer Energie und CO₂ (z. B. aus Kraftwerkabgasen) hergestellt und mit wenig Aufwand in modifizierten Verbrennungsmotoren eingesetzt werden. Doch das ist leider noch Zukunftsmusik. Die Treibhausgas-Bilanz der gut speicher- und transportierbaren E-Fuels wäre – produziert mit Wind- und Wasserkraft – zwar besser als mit regenerativem Strom und Wasserstoff. Jedoch verschlingt ihre Produktion viel zu viel Energie.

Fazit: Egal, ob es um Elektro-, Wasserstoff-, E-Fuel- oder Gasantrieb geht – es müssen wesentlich mehr erneuerbare Quellen zur Stromerzeugung erschlossen werden. Nur so lassen sich all diese alternativen Motoren klimaneutral betreiben. Und: Kapazitätsstarke Versorgungsnetze müssen her, die den neuen Anforderungen angepasst sind. Denn sonst wird der Individualverkehr nie und nimmer klimaneutral – und die Verbrennung fossiler Energien weitergehen.

Text: Thomas Kroher

Mehr zum Thema: adac.de/klimabilanz