



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Energie BFE
Office fédéral de l'énergie OFEN
Ufficio federale dell'energia UFE
Swiss Federal Office of Energy SFOE

Roadmap
Elektromobilität
2022



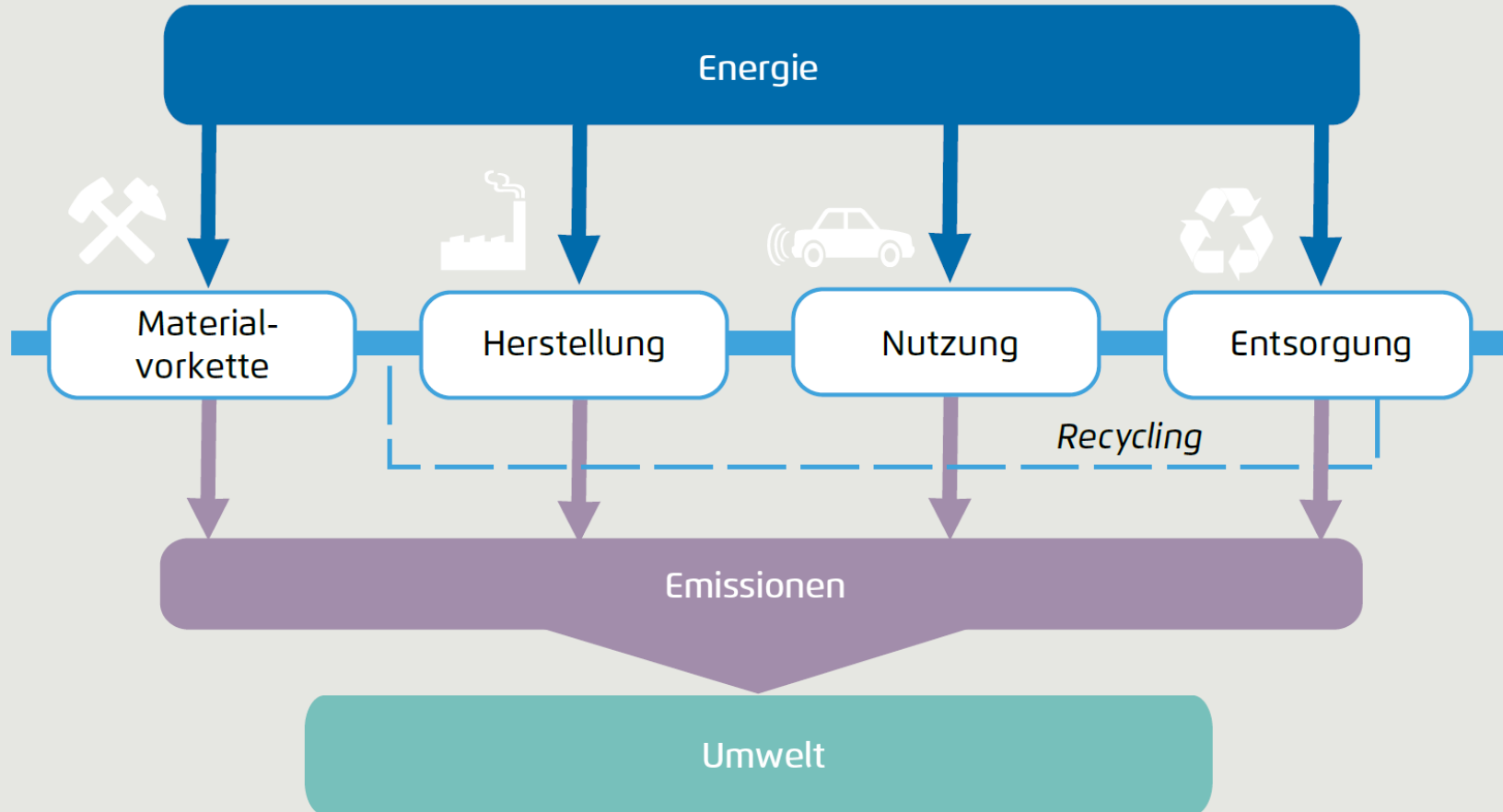
San Pedro de Atacama © Christoph Schreyer

WIE UMWELTFREUNDLICH SIND E-FAHRZEUGE? VON MYTHEN UND FAKTEN



ÖKOBILANZ ELEKTROAUTOS ZENTRALE EINFLUSSPARAMETER

Roadmap
Elektromobilität
2022



*Quelle: Agora Verkehrswende (2019):
Klimabilanz von Elektroautos.
Einflussfaktoren und
Verbesserungspotenzial.*



NEUE ÖKOBILANZSTUDIEN 2018–2020 GROSSE BANDBREITE DER ERGEBNISSE

Roadmap Elektromobilität 2022



treeze Ltd., Kandelstrasse 4, CH-18

Klimabilanz von Elektroautos Einflussfaktoren und Verbesserungspotenzial



FORSCHUNGSERGEBNISSE

Kohle- und Dieselmotoren, Windmotoren und Dieselmotoren: Was zeigt die CO₂-Bilanz?

Dieser Artikel vergleicht aufgrund offizieller Messdaten zwei Mittelklasseautos, den Mercedes C 230 d und den neuen Tesla Model 3, bezüglich ihres Verbrauchs an Diesel bzw. Strom. Dabei werden alternative marginale Energiequellen für den Strom sowie der tatsächliche Strommix Deutschlands um den günstigsten Fall um etwa ein Zehntel im Vergleich zum Dieselantrieb über dem Ausstoß des Dieselmotors liegt ist der mit Methan betriebene Verbrennungsmotor, der auch dann, wie die Vorherberechnungen beim Methan berücksichtigt, um ein klein wenig niedriger liegt. Auf die Wasserstoff-Methan-Technologie zu setzeln. Zum einen ist sie langfristig der einzig funktionierende Weg zur überschneidenden Stromspitzen des Wind- und Sonnenstroms, die erforderlich sind, um diese Form regenerativen Stroms auszuweiten werden, so bietet sie schon aus dem Stand heraus die Möglichkeit einer erheblichen Reduktion der CO₂-Emissionen.

ADAC

Rund ums Fahrzeug | Verkehr | Reise & Freizeit | Produkte | Mitgliedschaft | Der ADAC

München | 12.09.2019

Klima-Studie: Elektroautos brauchen die Energiewende

Treibhausgase

CH₄

Treibhausgasbilanz 2019

Aktualisierung Umweltasp. von Elektroautos

Ein Argumentarium

Ausgearbeitet durch
Rolf Frischknecht, Annika Messmer, Philippe Stolte



Determining the environmental impacts of conventional and alternatively fuelled vehicles through LCA



Life cycle environmental and cost comparison of current and future passenger cars under different energy scenarios

Brian Cox^{1,2}, Christian Bauer^{3,4}, Angelica Mendoza Beltran⁵, Dierck P. van Vuuren^{6,7}, Christopher L. Muiel⁸

¹Shell Global Energy Services, Energy Systems Analysis, 5212 Hilgen, P.O. Neerfeld, 48126 Essen, Germany; ²IEA, Energy Systems Modelling, 1515 rue de la Fontaine, Ottawa, Ontario, Canada; ³IEA, Energy Systems Modelling, 1515 rue de la Fontaine, Ottawa, Ontario, Canada; ⁴IEA, Energy Systems Modelling, 1515 rue de la Fontaine, Ottawa, Ontario, Canada; ⁵IEA, Energy Systems Modelling, 1515 rue de la Fontaine, Ottawa, Ontario, Canada; ⁶IEA, Energy Systems Modelling, 1515 rue de la Fontaine, Ottawa, Ontario, Canada; ⁷IEA, Energy Systems Modelling, 1515 rue de la Fontaine, Ottawa, Ontario, Canada; ⁸IEA, Energy Systems Modelling, 1515 rue de la Fontaine, Ottawa, Ontario, Canada

HIGHLIGHTS

- European environmental and total cost of ownership (TCO) of current and future passenger cars under different energy scenarios
- Future LCA datasets reveal rising TCOs for internal combustion engines (ICE) and battery electric vehicles (BEV) under 2040 climate policy scenarios
- BEV TCOs are lower than ICE TCOs under 2040 climate policy scenarios
- BEV TCOs are lower than ICE TCOs under 2040 climate policy scenarios
- BEV TCOs are lower than ICE TCOs under 2040 climate policy scenarios

ARTICLE INFO

Received 14 February 2020; Received in revised form 2 April 2020; Accepted 19 April 2020
Available online 29 April 2020
© 2020 The Author(s). Published by Elsevier Ltd. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

TREIBHAUSGAS-EMISSIONEN FÜR BATTERIE- UND BRENNSTOFFZELLENFAHRZEUGE MIT REICHWEITEN ÜBER 300 KM

Studie im Auftrag der H2 Mobility



André Sternberg, Christoph Hank und Christopher Hebling
Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE

Freiburg, 13.07.2019

www.ise.fraunhofer.de



Comparing the lifetime green house gas emissions of electric cars with the emissions of cars using gasoline or dies

Auke Hoekstra, researcher and senior advisor electric mobility
Prof Maarten Steenhuis, founder of the Master Automotive Technology
Eindhoven University of Technology

TEXTE
156/2020

Ökologische Bewertung von Verkehrsarten

Abschlussbericht

Martin Wietzel
Mathias Kühnrich
David Rüdiger

Die aktuelle Treibhausgasemissionsbilanz von Elektrofahrzeugen in Deutschland

Umwelt Bundesamt

Working Paper Sustainability and Innovation
No. S 02/2019

Martin Wietzel
Mathias Kühnrich
David Rüdiger

Die aktuelle Treibhausgasemissionsbilanz von Elektrofahrzeugen in Deutschland



Umwelt- und Gesundheitsschutz, Stadt Zürich
Tiefbauamt, Stadt Zürich
Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft, Kanton Zürich

Umweltauswirkungen von Fahrzeugen im urbanen Kontext

Schlussbericht
Forschungsprojekt
Bern, Villigen, Zürich, 28. Juni 2020
Dr. Brian Cox, Dr. Hans-Jörg Althaus, INFRAS
Christian Bauer, Dr. Romain Sacchi, Dr. Chris Muiel, PSI
Dr. Mirielle Faust-Emmenegger, Barbara Spiegel, Quantis

How clean are electric cars?

T&E's analysis of electric car lifecycle CO₂ emissions

April 2020

Summary

As carmakers rush to reduce CO₂ emissions from their vehicles to comply with EU car regulations in 2020 and 2021, the offer and sales of electric vehicles (EVs) are rapidly growing. In the 2020s, electric car sales will reach the mass market with the total number of EVs on the road expected to increase by more than 30 times across Europe by 2030. This means that 37% of the electric cars that will be on the road in 2030 have not yet been sold (from 1.1 million EVs in the end of 2019 to 4.4 million in 2030). The arrival of the electric car has brought with it an array of lifecycle analyses estimating CO₂ emissions of electric cars including battery and charging, and comparing those to conventional cars. While many researchers have to rely on outdated data or evidence, some (LCA) for their interpretation) are deliberately misleading. A lot of these rely on outdated data to compare fast-developing EVs with mature petrol or diesel technology that has little room for improvement. To bring clarity and transparency to this debate, T&E has produced a comprehensive and forward-looking comparison of electric, petrol and petrol engines in different car sizes for 2020 and 2030. The [analysis tool](https://www.transportenvironment.com/analysis/electric-cars-2020-2030) published alongside this paper, is based on the latest evidence that shows that an average EU electric car is already **cleaner to drive three times better than an equivalent conventional car today**. Crucially, electric cars will get considerably cleaner in the next few years as the EU economy decarbonises, with average EVs more than four times cleaner than conventional equivalents in 2030.

¹ Transport & Environment (2020), Recharge EU: How many charge points will EU countries need by 2030? [https://www.transportenvironment.com/analysis/electric-cars-2020-2030/](https://www.transportenvironment.com/analysis/electric-cars-2020-2030)
² 2.8 times less than diesel and 2.3 times less than gasoline (EVs on an average of 75kWh/100km)





GRUNDREGEL:
ZUERST DIE ANNAHMEN
PRÜFEN, DANN DIE
RESULTATE.
DAS SPART ZEIT.



FEHLER 1: ZU HOHE CO₂-EMISSIONEN BEI DER BATTERIEHERSTELLUNG

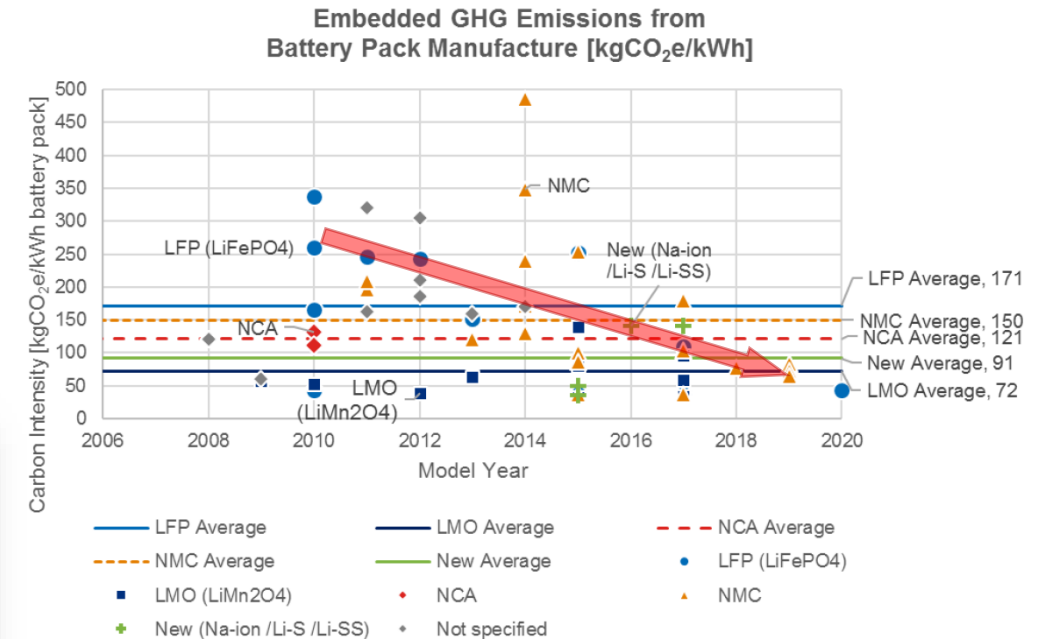
- Aktuelle Studie zeigen deutlich tieferen Energieverbrauch + tiefere CO₂-Emissionen bei der Batterieherstellung

Table 8. The sum of the results of the two scenarios for cell production and pack assembly from Table 7 and the upstream material GWP from Dai et al. (2019) which was 59kg CO₂-eq/kWh consumed.

Scenario	Energy sources of cell and pack manufacture	Sum GWP from cell and pack manufacture [kg CO ₂ -eq/kWh]	Total GWP [kg CO ₂ -eq/kWh capacity]
Scenario 1	Electricity: Renewable mix – fossil-fuel rich mix Heat: Electricity, Renewable mix – fossil-fuel rich mix	2–47	61-106
Scenario 2	Electricity: Renewable mix – fossil-fuel rich mix Heat: Natural gas with boiler efficiency 80%.	11-18	70-77

Quelle: IVL 2019 <https://www.ivl.se/english/ivl/topmenu/press/news-and-press-releases/press-releases/2019-12-04-new-report-on-climate-impact-of-electric-car-batteries.html>

Figure A14: GHG impacts from battery production for different battery chemistries from the literature



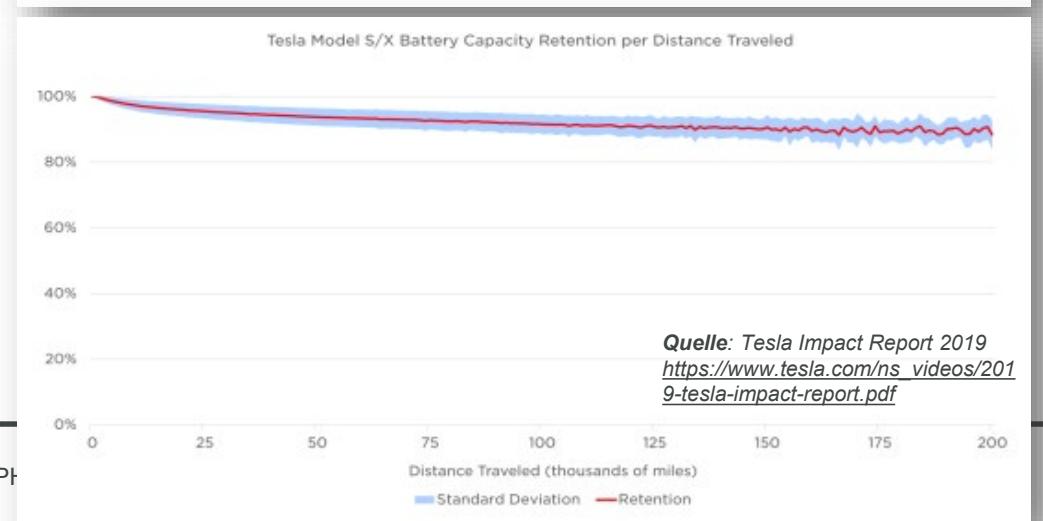
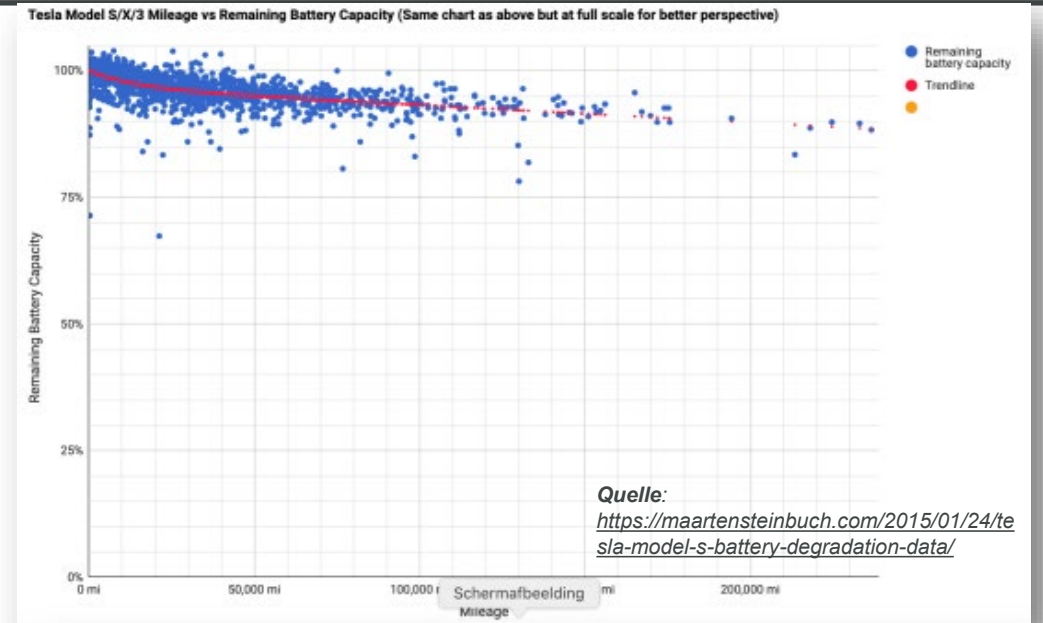
Source: Ricardo, compiled from the literature. New chemistries include Li-SS = Lithium solid-state, Li-S = Lithium Sulphur, and Na-ion = Sodium-ion chemistries.

Quelle: European Commission: Determining the environmental impacts of conventional and alternatively fueled vehicles through LCA, Ricardo, E4tech, IFEU, July 2020: https://ec.europa.eu/clima/sites/clima/files/transport/vehicles/docs/2020_study_main_report_en.pdf



FEHLER 2: UNTERSCHÄTZTE BATTERIELEBENSDAUER

- Batterien moderner E-Fahrzeuge halten deutlich länger als früher angenommen
- Gründe:
 - moderne Batteriechemie
 - Batteriemanagement
 - Ladeverhalten
 - Thermomanagement

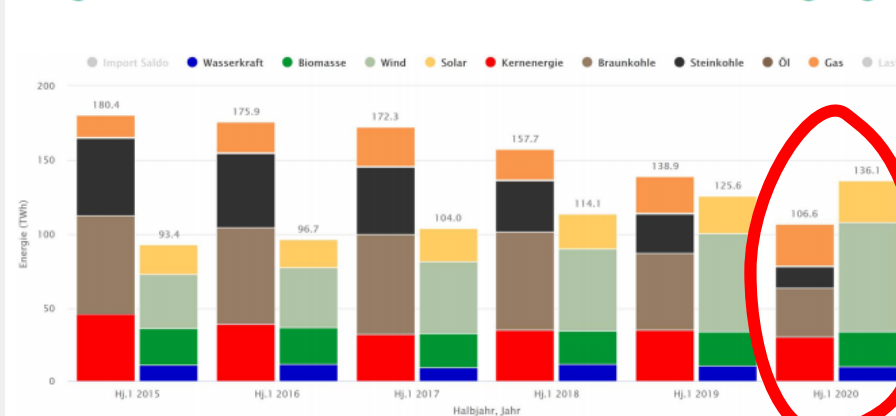




FEHLER 3: ZU HOHE BZW. KONSTANTE CO₂-EMISSIONEN DER STROMHERSTELLUNG

- Energiewende in Europa verbessert die Klimabilanz des Elektroautos (+ der Batterien!)

Nettostromerzeugung zur öffentlichen Stromversorgung Vergleich nicht erneuerbare und erneuerbare Erzeugung



Die Grafik zeigt die Nettostromerzeugung aus Kraftwerken zur öffentlichen Stromversorgung. Das ist der Strommix, der tatsächlich aus der Steckdose kommt. Die Erzeugung aus Kraftwerken von „Betrieben im verarbeitenden Gewerbe sowie im Bergbau und in der Gewinnung von Steinen und Erden“, d.h. die industrielle Erzeugung für den Eigenverbrauch, ist bei dieser Darstellung nicht berücksichtigt.

Grafik: B. Burger, Fraunhofer ISE; Daten: DESTATIS und Leipziger Strombörse EEX, energetisch korrigierte Werte

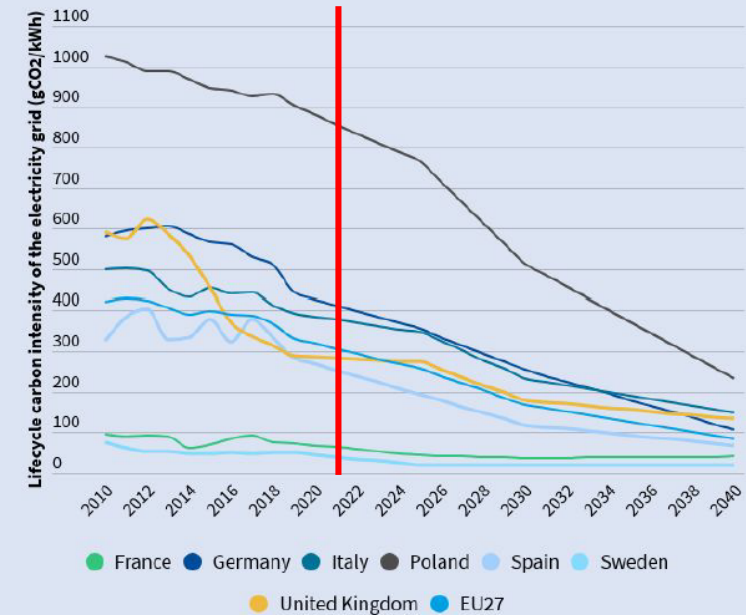
8

© Fraunhofer ISE



Quelle:
https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/presseinformationen/2020/Stromerzeugung_2020_Halbjaehr_1a.pdf

Lifecycle carbon intensity of the electricity grid in key EU countries



Source: Future electricity generation from ENTSO-E (Global Action scenario) from the 2020 TYNDP, Historic data from Sandbag and Eurostat (up to 2019), lifecycle emissions factors from IPCC Fifth Assessment Report 2016 and transmission & distribution losses from IEA.



Figure 9: Lifecycle carbon intensity of the electricity grid in key EU countries

Quelle: T&E How clean are electric cars?
<https://www.transportenvironment.org/news/how-clean-are-electric-cars>



FEHLER 4: UNREALISTISCHE VERBRAUCHSANGABEN

- Bei Vergleichen von E-Autos mit Verbrennern sollten realistische Verbrauchsdaten verwendet werden
- Diese weichen im Schnitt um knapp 40% von NEFZ-Daten ab, mit dem neuen Messzyklus WLTP reduzieren sich die Abweichungen
- Gilt auch für E-Autos

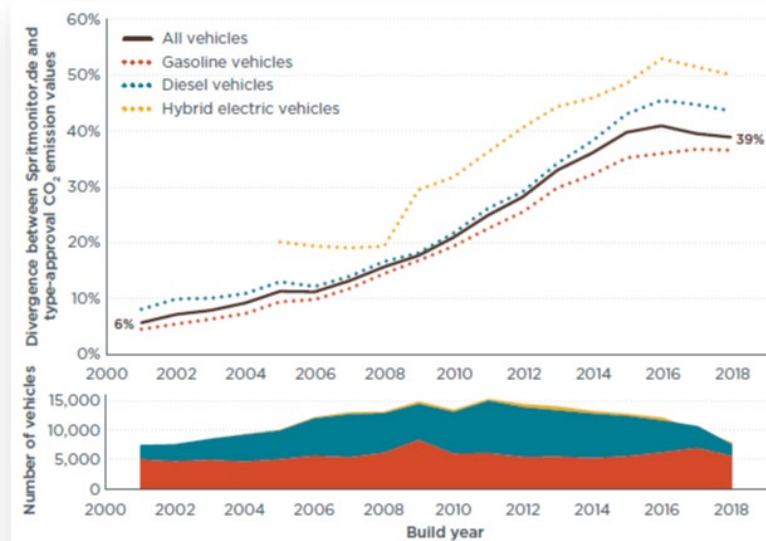
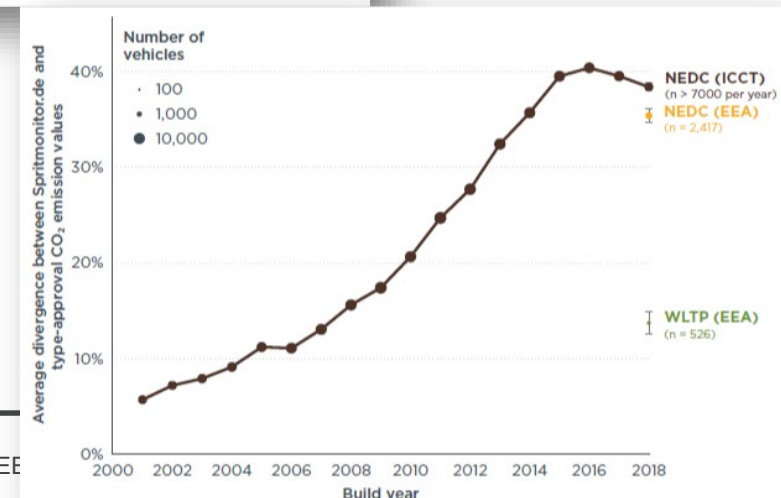


Figure 11. Divergence between Spritmonitor.de and type-approval NEDC CO₂ emission values by fuel/power train type. The bottom graph displays the number of vehicles per fuel/power train type and build year.

Quelle: ICCT 2020: On the way to "real-world" CO₂-Values: the European passenger car market in its first year after introducing the WLTP, Jan Dornoff, Uwe Tietge, Peter Mock





FEHLER 5: EMISSIONEN BEI DER TREIBSTOFFHERSTELLUNG VERNACHLÄSSIGEN

- Umweltbelastung bei der Förderung, Verarbeitung und beim Transport der Treibstoffe ist relevant!

Fahrzeugvergleich

VW ID.3 Pro Performance Family

VW Golf 2.0 TDI SCR 150 DSG Style

VW ID.3

Pro Performance Family

CHF 45'550

VW Golf

2.0 TDI SCR 150 DSG Style

CHF 41'150



CO₂-Emissionen Stromherstellung:

25 g CO₂/km



CO₂-Emissionen Dieselpreparierung:

26 g CO₂/km

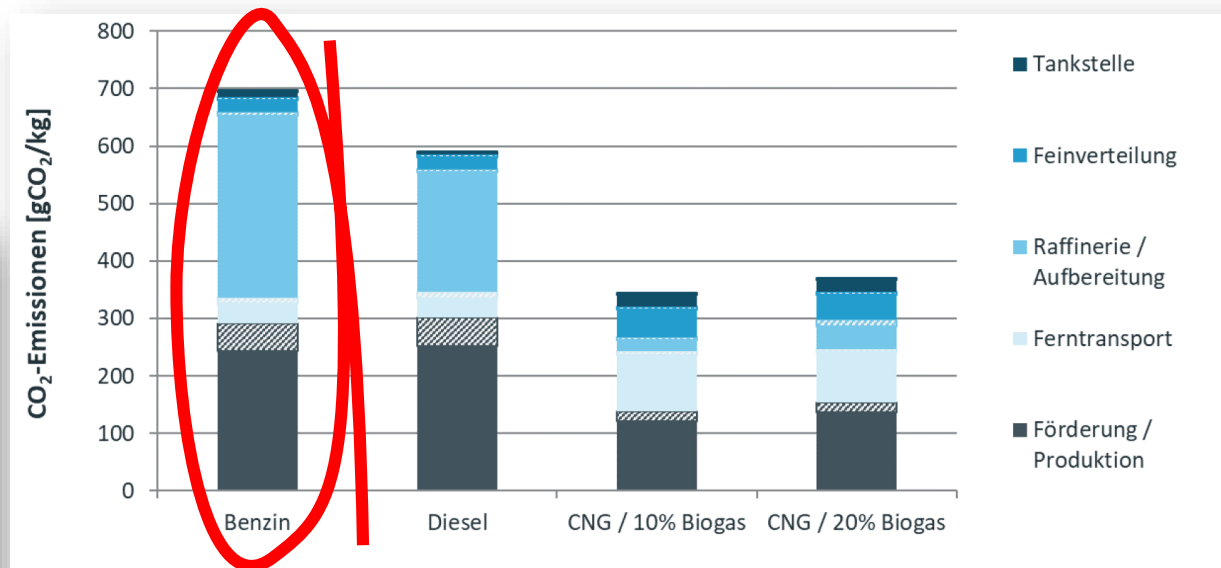


Fig. 4.2 Beiträge der wichtigsten Prozesse zu den fossilen CO₂-Emissionen der Treibstoffe Benzin, Diesel, CNG / 10 % Biogas und CNG / 20 % Biogas. Die Beiträge der Infrastruktur werden für jeden Prozess separat als schraffierte Flächen dargestellt.

Quelle: BFE 2020 Energieetikette für Personenwagen: Umweltkennwerte 2020 der Strom- und Treibstoffbereitstellung. [Download](#)

Quelle: TCS 2021 Autosuche: <https://www.tcs.ch/de/testberichte-ratgeber/ratgeber/fahrzeug-kaufen-verkaufen/autosuche-vergleich.php>



FEHLER 6: ÄPFEL MIT BIRNEN VERGLEICHEN

- Häufiges Phänomen bei Ökobilanzen (z.B. Vergleiche zwischen Tesla S und VW-Golf)

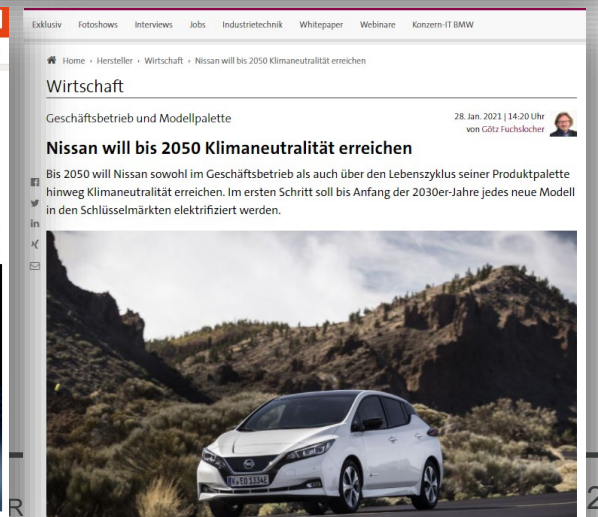
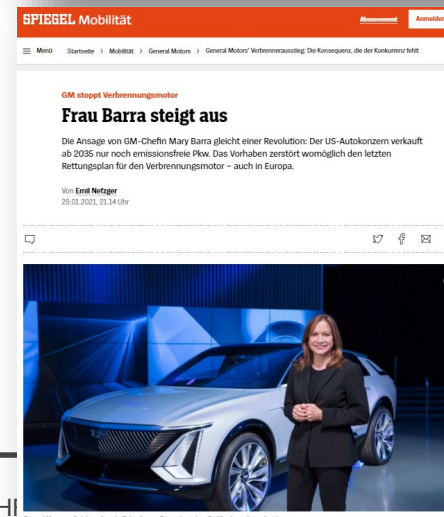
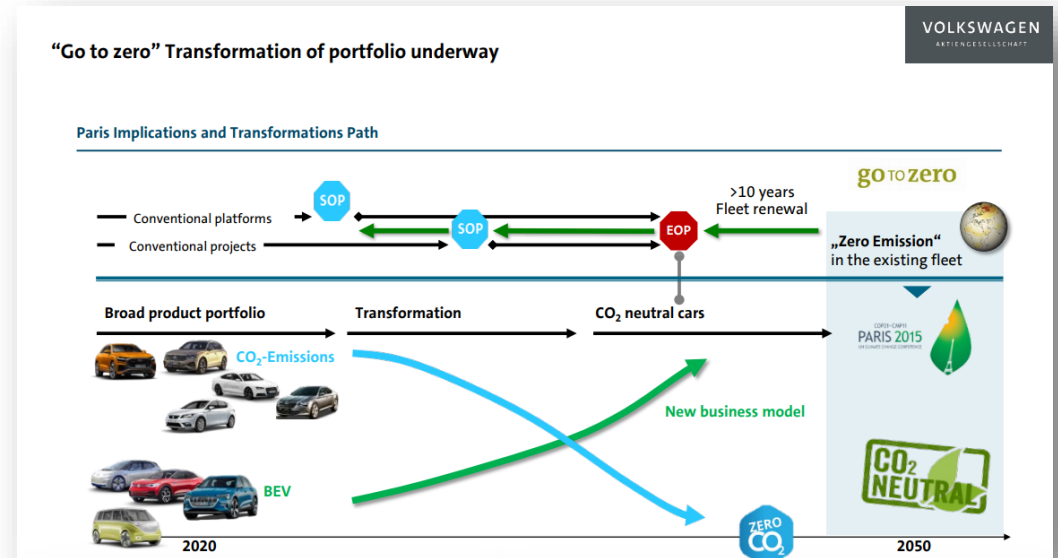




«FEHLER» 7: FEHLENDES SYSTEMDENKEN

**Roadmap
Elektromobilität
2022**

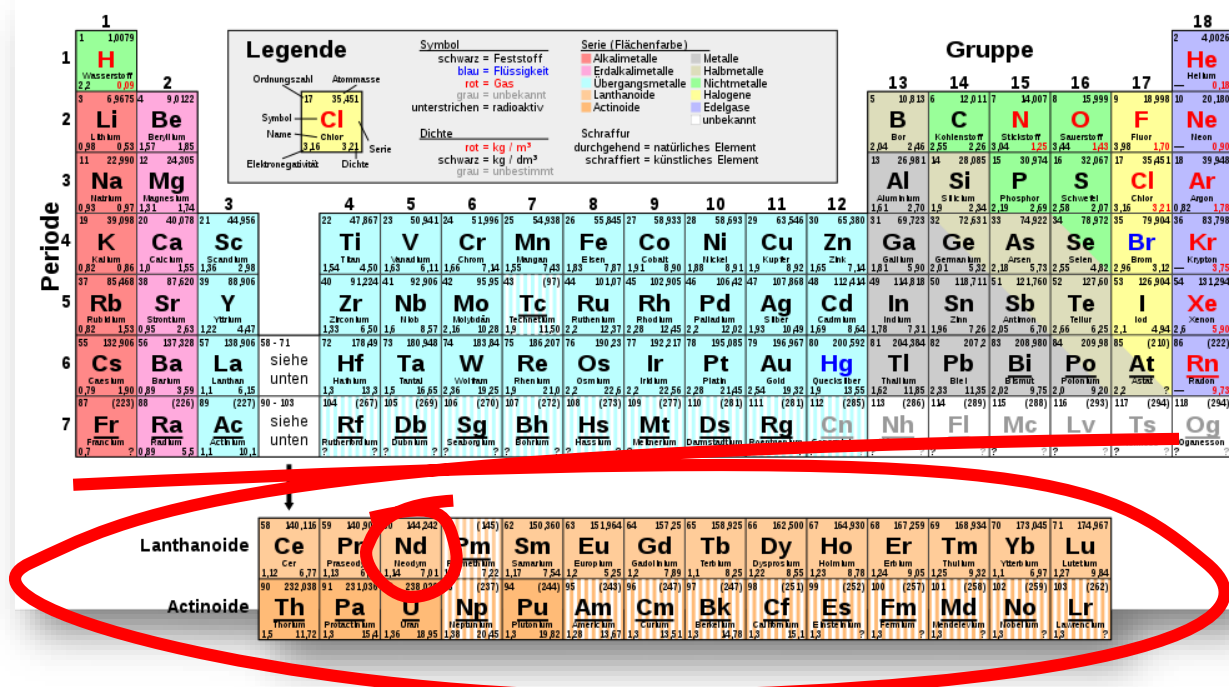
- E-Mobilität hat grosses Potenzial für die Decarbonisierung, v.a. wenn die gesamte Produktionskette mit erneuerbaren Energien erfolgt
- Viele grosse Hersteller streben Klimaneutralität bis 2050 auch in der Supply Chain an.





UND DANN NOCH... SELTENE ERDEN

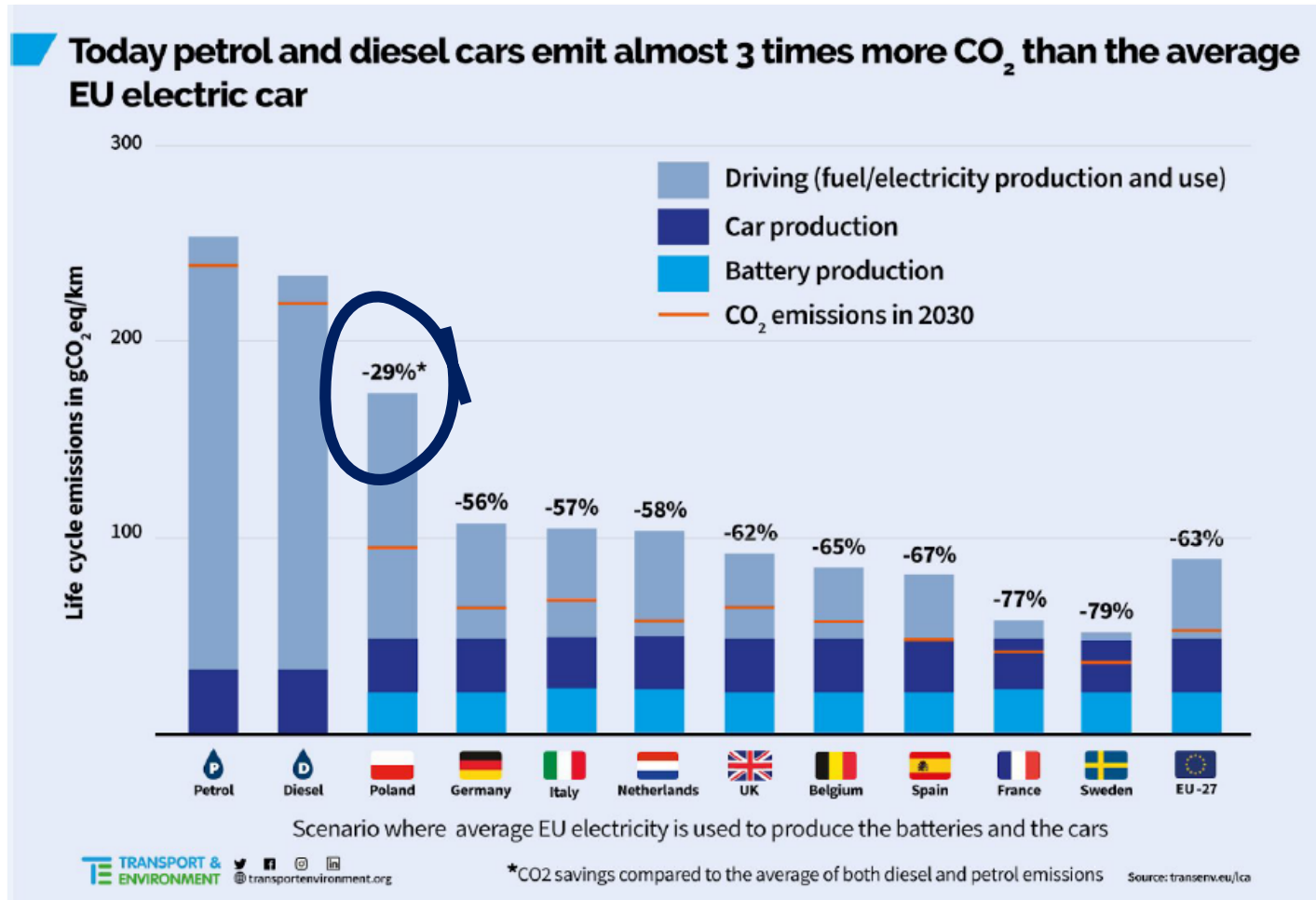
- **Nein**, in modernen Li-Ion-Batterien sind keine seltenen Erden
- **Nein**, seltene Erden sind nicht «selten», allerdings nicht sehr konzentriert in der Erdkruste
- **Ja**, in Elektromotoren gibt es seltene Erden (v.a. für Permanentmagneten)
- **Ja**, auch in Autos mit Verbrennungsmotoren werden seltene Erden benötigt: Katalysatoren, Glas, E-Motoren
- **Ja**, seltene Erden in E-Motoren lassen sich einfach recyclieren





NEUE ÖKOBILANZSTUDIE FÜR DIE EU T&E TOOL ZUR CO₂e-EMISSIONEN

Roadmap
Elektromobilität
2022



- Ein durchschnittliches EU-Elektroauto ermöglicht die Reduktion der CO₂-Emissionen um ca. 2/3.
- E-Autos lohnen sich auch auch im LCA-worst-case Poland (-29%)
- Bis 2030 sogar 4x besser (weitergehende Dekarbonisierung der Stromproduktion)

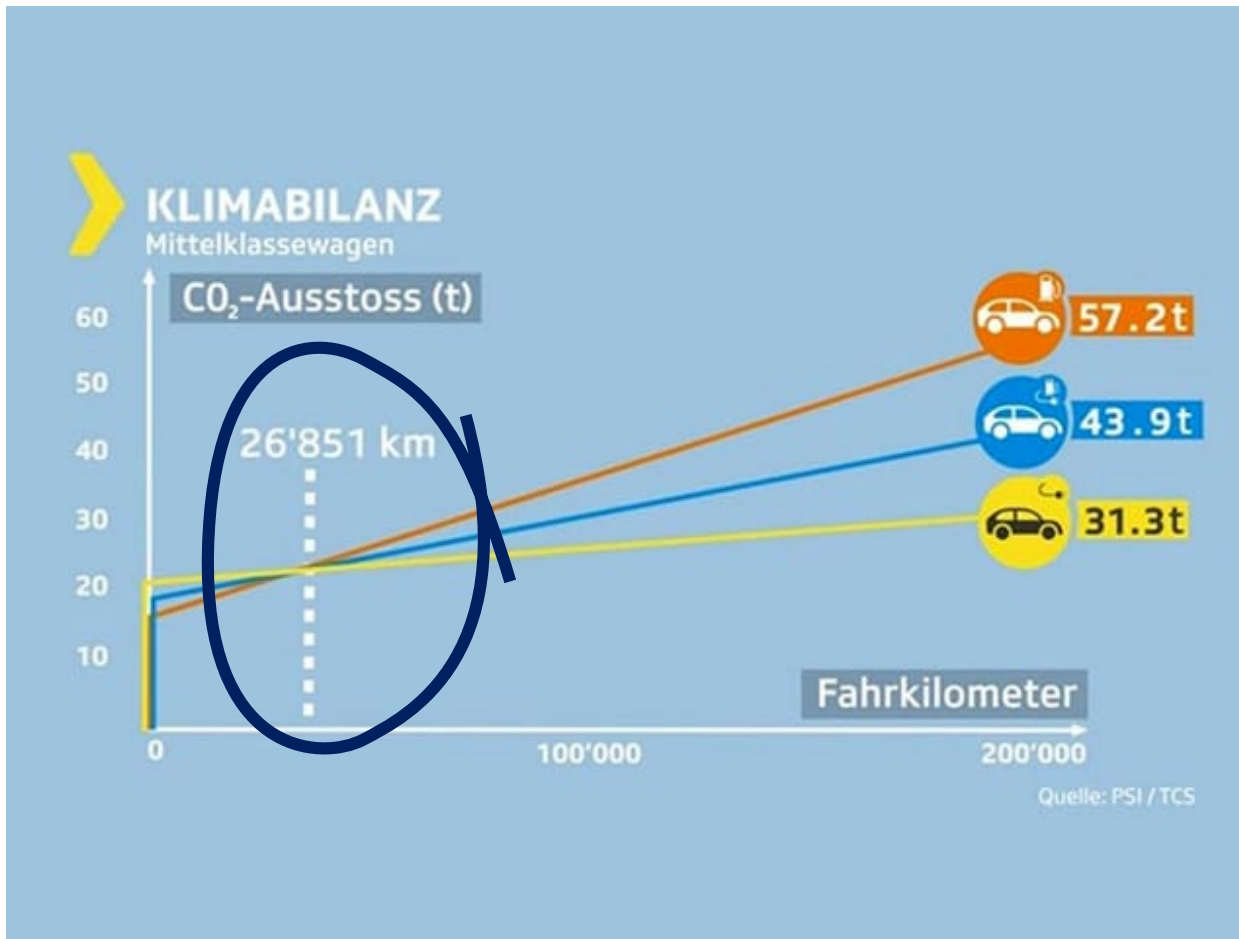
Quelle: <https://www.transportenvironment.org/news/how-clean-are-electric-cars>, April, 2020



AKTUELLE ÖKOBILANZSTUDIEN CH

STUDIE PSI

Roadmap
Elektromobilität
2022



Quelle: <https://www.srf.ch/news/panorama/klimabilanz-von-autos-elektroautos-lassen-hybride-und-verbrenner-locker-stehen>

Faktenblatt

UMWELTAUSWIRKUNGEN

VON PERSONENWAGEN – HEUTE UND MORGEN

Dieses Faktenblatt und der zugehörige [Hintergrundbericht](#) geben einen Überblick über Umweltbelastungen, die von heutigen und zukünftigen Personewagen verursacht werden. Und zwar auf der Basis von Ökobilanzen. Das heisst, dass der gesamte Lebenszyklus der Autos betrachtet wird: Produktion, Betrieb und Entsorgung inklusive Bereitstellung der Treibstoffe Benzin, Diesel und Gas, Strom und Wasserstoff (H₂) sowie der gesamten Infrastruktur. Diese Ökobilanzperspektive ist wichtig, weil bei Batterie- und Brennstoffzellenautos zwar keine Schadstoffe aus dem Auspuff kommen, die Umweltbelastungen bei der Herstellung der Fahrzeuge und bei der Produktion von Strom- und Wasserstoff aber beträchtlich sein können.

DAS WICHTIGSTE IN KÜRZE:

- Falls Batterie- und Brennstoffzellenautos mit Strom und Wasserstoff aus CO₂-armen Quellen betrieben werden, verursachen sie deutlich weniger Treibhausgasemissionen als Benzin-, Diesel- und Gasfahrzeuge (Abbildung 1, Treibhausgasemissionen, sowie Abbildung 4).
- Das bedeutet, dass parallel zur Einführung der Elektromobilität ein Ausbau der erneuerbaren Stromproduktion erfolgen sollte. Gleichzeitig sollte Strom in anderen Sektoren effizienter genutzt werden.
- Elektrofahrzeuge verursachen keine direkten Schadstoffemissionen und helfen so, die Luftqualität in verkehrsbelasteten Ballungsräumen zu verbessern.
- Die Produktion von Batterie- und Brennstoffzellenfahrzeugen ist aufwendiger als jene von Autos mit Verbrennungsmotoren und mit höheren Umweltbelastungen verbunden. Die höheren Treibhausgasemissionen aus der Produktion können – sauberen Strom und Wasserstoff vorausgesetzt – dank der geringeren Emissionen im Betrieb nach rund 50'000 Kilometern kompensiert werden (Abbildung 3).
- Für die CO₂-Bilanz von Batteriefahrzeugen ist der CO₂-Gehalt des Stroms entscheidend (Abbildung 4). Dies gilt auch für Brennstoffzellenautos sowie Fahrzeuge mit Verbrennungsmotoren, die Wasserstoff bzw. synthetisches Erdgas aus «Power-to-Gas»-Verfahren nutzen.
- Batteriefahrzeuge weisen die höchste Energieeffizienz auf. Brennstoffzellen- und Gasfahrzeuge, die mit synthetischem Gas betrieben werden, sind weniger effizient, da bei der Herstellung der Treibstoffe deutlich höhere Energieverluste auftreten.
- Demnach sind Batteriefahrzeuge die beste Option unter den emissionsarmen Fahrzeugen, um erneuerbaren Strom möglichst effizient zu nutzen.

Fahrzeugtechnologien und Treibstoffe

Konventionelle Autos mit Verbrennungsmotoren (ICEV) werden heute mit Benzin, Diesel oder Gas betrieben. Alternativen sind Batterie- und Brennstoffzellenfahrzeuge (BEV bzw. FCEV), bei denen ein Elektromotor die Räder antreibt. Als «Treibstoff» dient bei diesen Autos Strom, der in einer Batterie gespeichert wird, oder Wasserstoff, der von einer Brennstoffzelle in Strom umgewandelt wird. Sowohl eine Batterie, die aus dem Stromnetz geladen werden kann, als auch einen Verbrennungsmotor haben so genannte «Plug-In»-Hybridautos an Bord. Sie können also mit Strom und Benzin betrieben werden. In Zukunft könnte Strom auch indirekt genutzt werden, indem mittels Elektrolyse Wasserstoff erzeugt und dieser mit CO₂ in «synthetisches Erdgas» (SNG) umgewandelt wird.

Der Inhalt dieses Faktenblatts basiert auf der Dissertation von Brian Cox und den Ökobilanz-Aktivitäten des Paul Scherrer Instituts (<https://www.psi.ch/tar>) im Rahmen des SCCER Mobility (<https://www.sccer-mobility.ch/>).
Direkter Ansprechpartner: Christian Bauer (christian.bauer@psi.ch)



Quelle: Faktenblatt EnergieSchweiz/PSI:
<https://pubdb.bfe.admin.ch/de/publication/download/9460>



FAZIT

1. Aktuelle Publikationen zeigen, dass Elektrofahrzeuge (europaweit) **klare Umweltvorteile** aufweisen. Für die **Schweiz mit dem hohen Anteil an erneuerbaren Energien im Strommix** gilt dies besonders.
 2. Die **Umweltbilanz für E-Fahrzeuge verbessert sich im Zeitverlauf v.a.** durch den Zubau erneuerbarer Energien in der Schweiz wie in Europa. Dieser Zubau ist auch nötig.
 3. Aber: auch die **Herstellung und der Betrieb von E-Fahrzeugen ist mit Umweltbelastungen verbunden**, die E-Mobilität ist daher nicht die Lösung für alle Umweltprobleme im Mobilitätsbereich.
 4. **Das gesamte Mobilitätssystem muss effizienter werden:** d.h. Fahrzeuge effizienter einsetzen und teilen, Fahrten teilen, möglichst oft den öV nutzen sowie zu Fuss gehen und Velo fahren.
-



Vielen Dank

Christoph Schreyer
Leiter Energieeffizienter Verkehr

Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK
Bundesamt für Energie BFE, Sektion Energieeffizienter Verkehr

Pulverstrasse 13, 3063 Ittigen, Postadresse: Bundesamt für Energie, 3003 Bern

Tel. +41 58 463 04 76

christoph.schreyer@bfe.admin.ch

www.bfe.admin.ch / www.energieschweiz.ch