

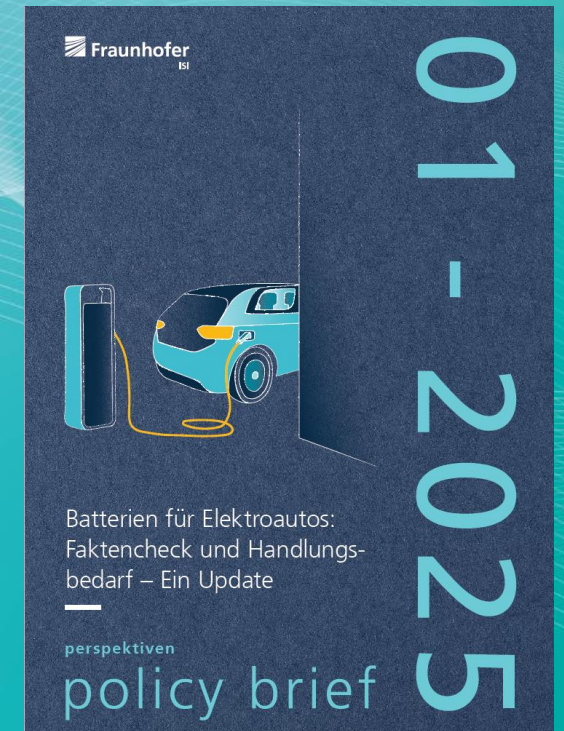
Das Neueste über E-Autos: Effizienz, Klimafreundlichkeit, Ressourcen und Sicherheit (Metastudie)

Martin Wietschel

Wissen für Aktive
Online-Seminarreihe vom VCD
25.08.2025



Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI



Weltweit wächst der E-Pkw-Markt, aber Deutschland verliert aktuell

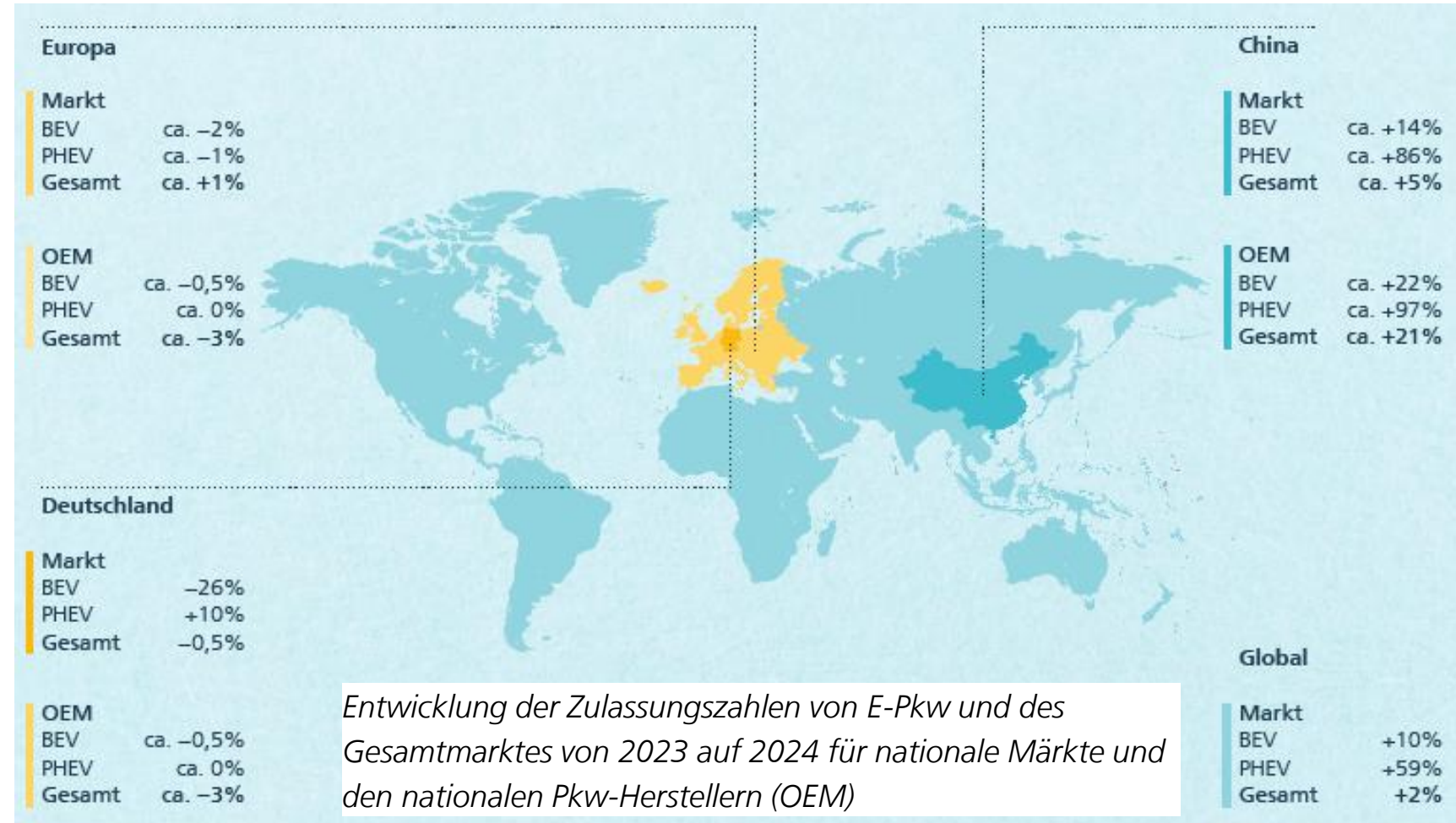
Entwicklung der E-Pkw-Neuzulassungen (BEV, PHEV)*

Weltweit

- Deutliche Anstieg knapp 20 %
- Bei Beibehaltung der Klimaschutzanstrengungen:
2030: 40%
2035: > 50 %

Deutschlandweit

- 2024 ein Rückgang
- 2025 Trendwende - Nachhaltig?



*BEV: Battery Electric Vehicle – Reine Batterie-Pkw / PHEV: Plug-In-Hybride – Batterie mit Verbrennungsmotor kombiniert

Der Energieeffizienz entlang der ganzen Erzeugungskette spricht für E-PKW

Energiequelle	Umwandlung	Fahrzeug (Wirkungsgrad)	Wirkungsgrad Quelle-Antriebsrad
Erdöl	Raffinerie	Diesel Pkw	24%
Erdgas		Gas-Pkw	24%
	H ₂ -Erzeugung	Brennstoffzellen (BZ)-Pkw	35%
Strommix		Batterie (E)-Pkw	45%
	H ₂ -Erzeugung	Brennstoffzellen (BZ)-Pkw	20%
	Methanisierung	Syn. Methan Pkw	8%
Erneuerbare Strom (EE)		Batterie (E)-Pkw	75%
	H ₂ -Erzeugung	Brennstoffzellen (BZ)-Pkw	35%
	Methanisierung	Syn. Methan Pkw	15%
NaWaro, Stroh, Gülle, ...	Rohgaserzeugung, Aufbereitung	Syn. Methan Pkw	



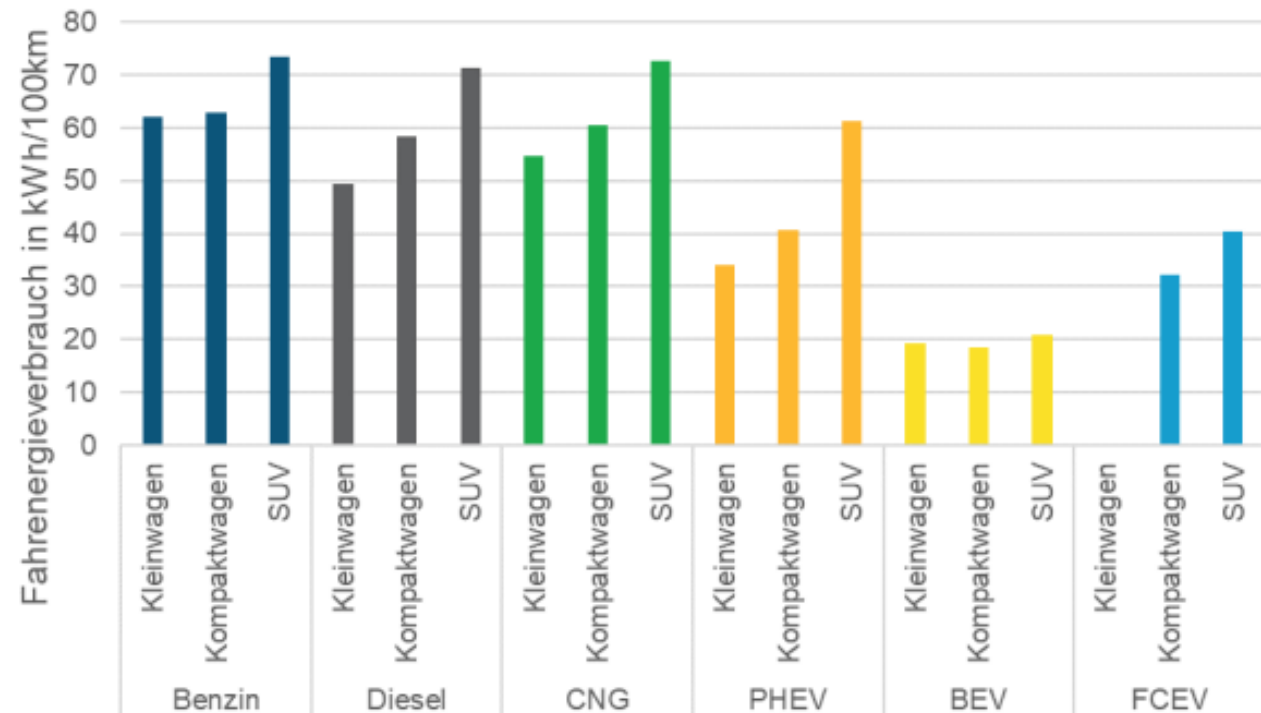
2 mal mehr Erneuerbare für BZ-Pkw

5 mal mehr Erneuerbare für eFuels (synthetische Kraftstoffe)

Der Fahrenergieverbrauch von E-Pkw ist deutlich niedriger

- Der reale Fahrenergieverbrauch von E-Pkw (BEV) beträgt rund 1/3 des Verbrauchs von Verbrenner-Pkw.
- Die PHEV reduzieren den Energiebedarf deutlich weniger, weil im realen Fahrbetrieb der Verbrennungsmotor oft genutzt wird (was sich auch negativ auf die Klimabilanz auswirkt).
- Das Gewicht spielt bezüglich des Energieverbrauchs bei BEV aufgrund der hohen Effizienz eine untergeordnete Rolle (da es oftmals mit größeren Batterien einhergeht wirkt es sich aber u.a. negativ auf den kritischen Ressourcenverbrauch aus).

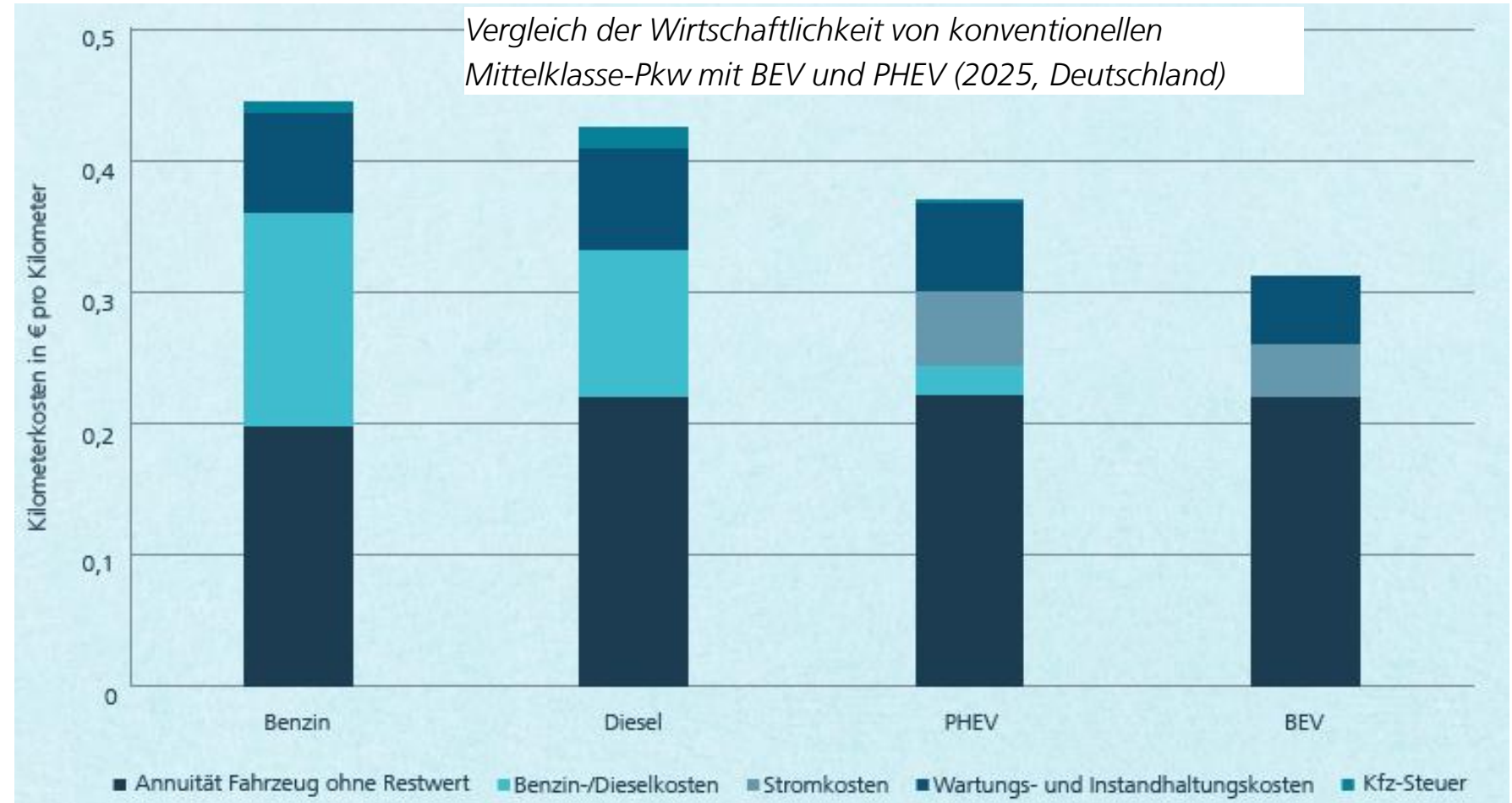
Reale Fahrenergiebedarfe verschiedener Antriebssysteme und Fahrzeugklassen (Durchschnitt der meistverkauften Fahrzeuge der Klasse in Deutschland (2020))



CNG: Gas-Pkw, PHEV: Plug-in-Hybrid, BEV: Batterie-Pkw, FCEV: Brennstoffzellen-Pkw)

E-Pkw sind heute schon bei einer Gesamtkosten-Betrachtung oft wirtschaftlich

Aufgrund des Trends hin zum gesteuerten und bidirektionalen Laden sowie sinkender Verkaufspreise dürfte sich diese positive Tendenz in Zukunft fortsetzen.



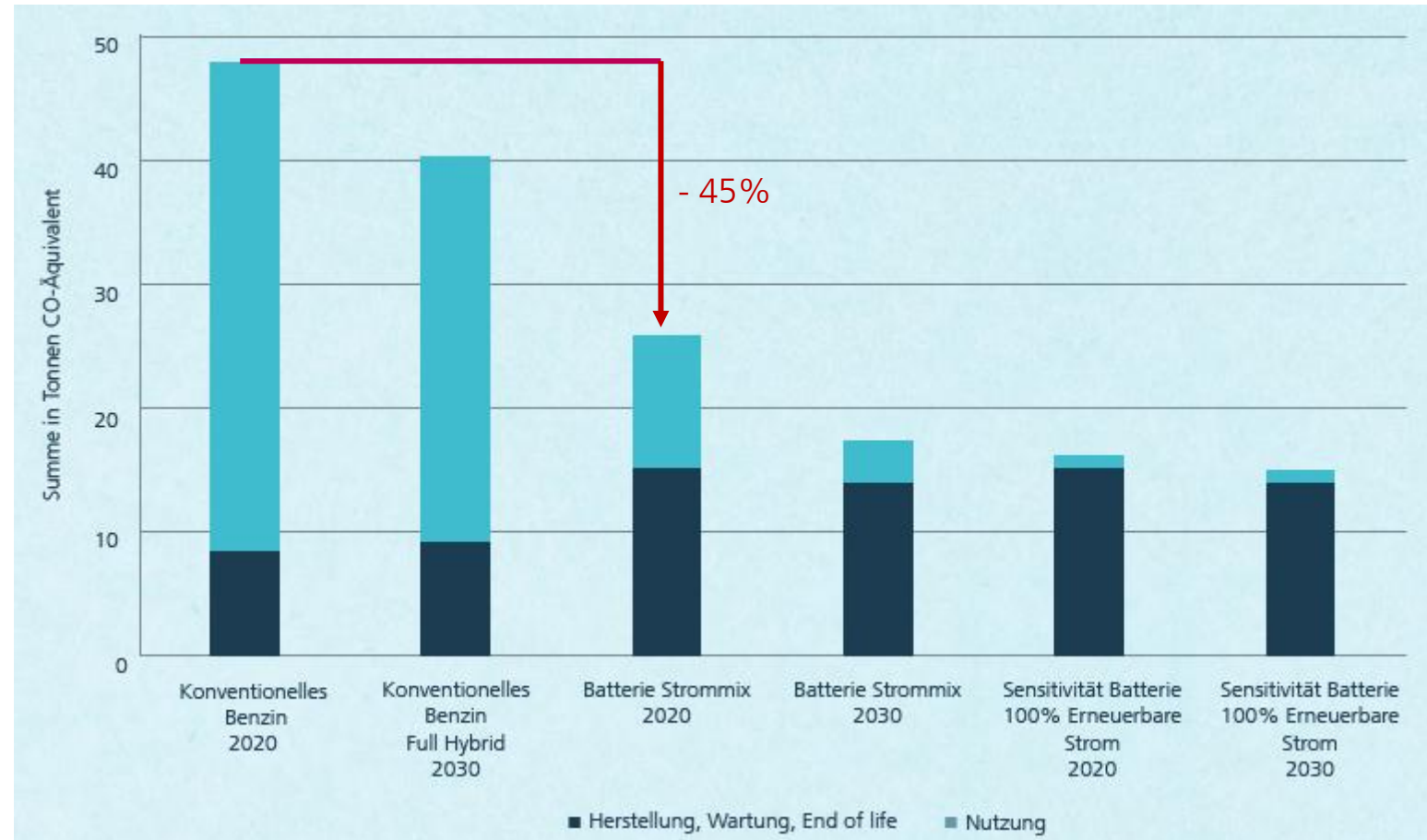
E-Pkw weisen heute schon eine deutlich bessere Klimabilanz auf

Die höheren Emissionen in der Herstellung der Fahrzeuge werden in der Nutzungsphase überkompensiert.

Künftige Verbesserungen der Klima –und Umweltbilanz:

- Energieeffiziente und auf erneuerbare Energiequellen fokussierte Batterieproduktion,
- mehr erneuerbarer Strom beim Laden,
- gesteuertes und bidirektionales Laden und
- ein geschlossener Ressourcenkreislauf.

Treibhausgasemissionen von Batterie-Pkw, die im Jahre 2020 angeschafft wurden, im Vergleich zu konventionellen Pkw (Kompaktklasse) über den gesamten Lebenszyklus für Deutschland

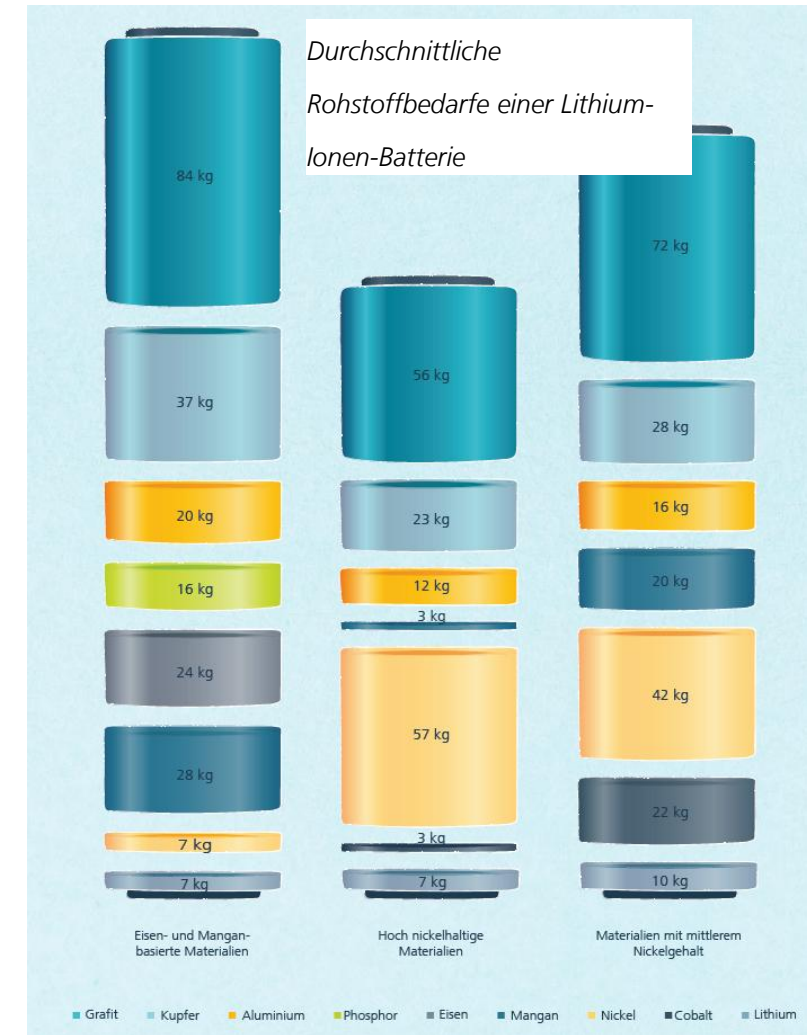


Allerdings gibt es auch bei E-Pkw eine Reihe an Umweltproblemen

- Wie bei jedem motorisierten Individualverkehr geht allerdings auch die Nutzung von E-Pkw mit nennenswerten Umweltbelastungen einher.
- Negative ökologische Auswirkungen haben die E-Pkw unter anderem bei Versauerung, Überdüngung und der Nutzung kritischer Rohstoffe.
- Durch neue Batterietypen und Recycling sind zumindest einigen der kritischen Rohstoffe eine deutliche Reduzierung des Einsatzes kritischer Rohstoffe oder sogar deren vollkommenen Vermeidung möglich.
- Hier sollten die Regularien entsprechend gesetzt werden.
- Eine Verkehrswende muss auch ein verändertes Mobilitätsverhalten (unter anderem weniger und kleinere Fahrzeuge, weniger Fahrten, Umstieg auf den ÖPNV,....) beinhalten.

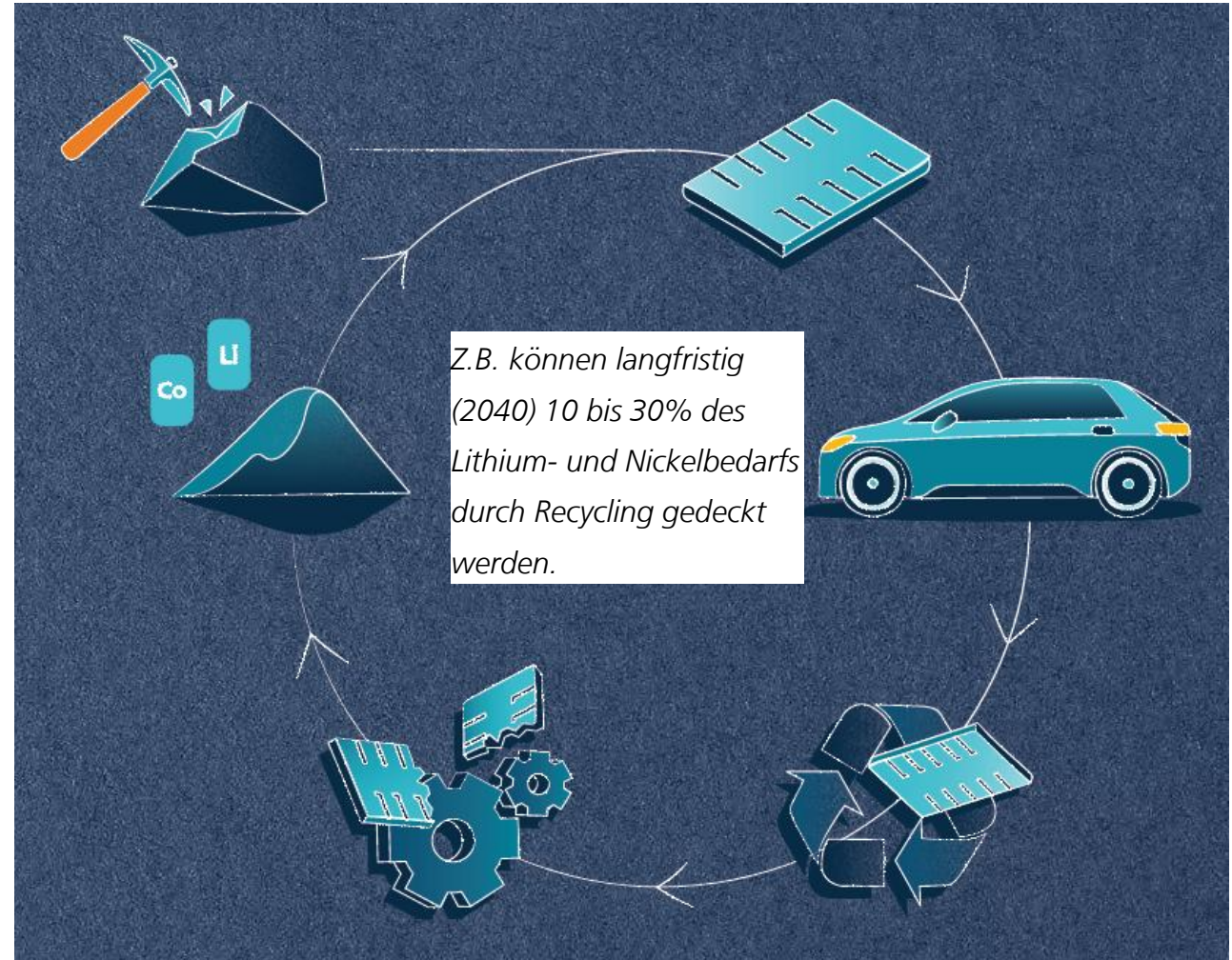
Insbesondere kritische Rohstoffe bleiben eine Herausforderung

- Kritische Rohstoffe für Batterien wie Lithium, Kobalt, Nickel, Mangan und Graphit sind weltweit ausreichend vorhanden, jedoch sind temporäre Lieferengpässe oder Preissteigerungen auch mittelfristig nicht auszuschließen.
- Hohe Markkonzentration und Importabhängigkeit Deutschlands und der EU aufgrund geringer bis fehlender Eigenproduktion dieser Rohstoffe.
- Kernherausforderungen inländische Gewinnung:
 - Finanzierungsbedarf, die Umsetzung eines schnellen Aufbaus der Bergbauprojekte und die Akzeptanz für diese im Inland.
- Zur Reduzierung des Problems:
 - neue (eisen- und manganbasierte oder kobaltfreie) Lithium-Ionen-Batteriechemien sowie alternative Technologien wie Natrium-Ionen Batterien an.



Insbesondere kritische Rohstoffe bleiben eine Herausforderung

- Recycling in Europa kann dazu beitragen, die Rohstoffversorgung aus dem Bergbau zu ergänzen.
- Die Abhängigkeit von Rohstoffimporten ist jedoch nicht vollständig vermeidbar.



Bei den Fahrzeugbatterien sind deutliche Entwicklungen zu erwarten

- Bis 2030 ist bei der Energiedichte nochmals ein großer Fortschritt von bis zu 30 Prozent zu erwarten.
- Dies macht Batterien leichter und kleiner oder kann die Fahrzeugreichweite erhöhen.
- Dahinter stehen Innovationen wie hoch-nickelreiche Kathodenmaterialien, Silziumanoden und neue Zell- und Packdesigns zur besseren Systemintegration.
- Letztere optimieren neben dem Platzbedarf auch das thermische Management und die Sicherheit der Batteriesysteme.
- Mit diesen Fortschritten ändern sich auch die Schnellademöglichkeiten für Batterien.
 - Ladefenster im Bereich von 10 bis 20 Minuten sind realisierbar, bei gleichzeitig hohen Lebensdauern (15 Jahren) – wichtige Themen für eine Erhöhung der Nutzerakzeptanz

Maßnahmen zur Verbesserung der sozialen und ökologischen Auswirkungen bei der Rohstoffgewinnung für E-Pkw sollten ergriffen werden

- Beispielhafte Herausforderungen: Sozialen Auswirkungen durch Korruption, Kinderarbeit, Wasserverbrauch, Konflikte mit indogener Bevölkerung,....
- Negativen Folgen fallen um so gravierender aus, je schwächer die Gesetzgebung und staatliche Institutionen in den jeweiligen Ländern sind.
- Gesetzliche Vorgaben zu unternehmerischen Sorgfaltspflichten schaffen einheitliche Voraussetzungen für mehr Transparenz und eine Verbesserung der sozialen und ökologischen Konditionen entlang der Wertschöpfungsketten.
- Da ein Boykott von Regionen mit ökologischen und sozialen Risiken die Situation der betroffenen Menschen oft verschlimmert, gilt es sich auf eine Verbesserung der Bedingungen auf Kontrolle und Unterstützung zu fokussieren.
- Aber: Auch bei den herkömmlichen Pkw gibt es eine Reihe an schädlichen ökologischen und sozialen Auswirkungen, z.B. belastet die Erdölgewinnung, der Transport sowie die Unfälle mit Öl die Ökosysteme signifikant – sie werden wenig wahrgenommen.

Gesteuertes und bidirektionales Laden bieten ökonomische und wirtschaftlich Vorteile

- Durch das bidirektionale Laden (mit Rückspeisung) von E-Pkw ergeben sich künftig Vorteile sowohl für das Stromsystem als auch für die Nutzenden, wenn die Voraussetzungen dafür geschaffen werden.
- Weiterhin lassen sich Erneuerbare Energien besser integrieren, Netzüberlastungen reduzieren und die Gesamtsystemkosten senken (bis 2024 um bis zu ca. 2,5-13 Prozent jährlich).
- Für Pkw-Nutzende besteht ebenfalls ein großes Einsparpotenzial, abhängig von Faktoren wie Fahrverhalten, Standorten, Batteriegröße und Verfügbarkeit einer Photovoltaikanlage.



- **Einsparungen für Heimanwendungen in Haushalt mit PV-Anlage: ca. 300-730 EUR pro Jahr.**
- **Bei zusätzlicher Rückspeisung ins Stromnetz: ca. 1.000 EUR pro Jahr**
- **Zusätzlichen Kosten für bidirektionale Heimpladesäulen: langfristig maximal circa 100 EUR teurer als konventionelle Ladesäulen**

Gesteuertes und bidirektionales Laden bieten ökonomische und wirtschaftlich Vorteile

- Mögliche negative Effekte auf die Batteriealterung stellen heute meist kein Hindernis (mehr) dar.
- Die künftige Verbreitung von Smart Metern, bidirektional ladefähigen Fahrzeugen und Infrastrukturen sowie dynamischen Stromtarifen steigern das technische Potenzial beziehungsweise die wirtschaftliche Attraktivität.
- Eine hohe Akzeptanz der Nutzenden ist essenziell.



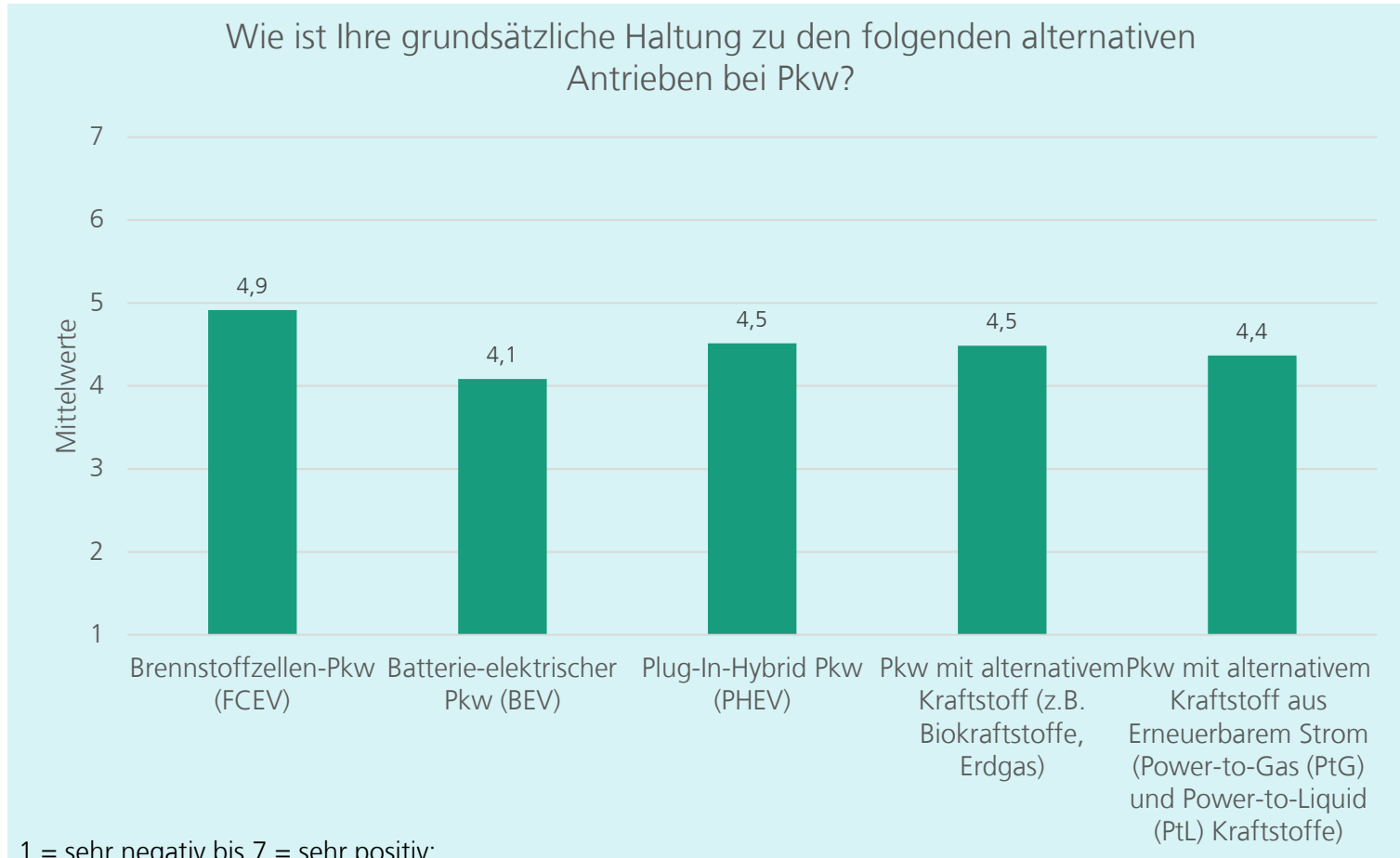
Die Brandgefahr besteht, ist aber gering und zukünftig noch niedriger

- Beim Brand von Lithium-Ionen-Batterien werden, ebenso wie bei anderen Bränden, Atemgifte, gesundheitsschädliche Verbrennungsprodukte und -rückstände in erheblichem Maße freigesetzt.
- Die Brände von Lithium-Ionen-Batterien (LIB) können unter anderem durch mechanische Beschädigung sowie interne und externe Ereignisse (zum Beispiel Beflammung oder Kurzschlüsse) ausgelöst werden.
- Während des Brandes einer LIB kann es zum sogenannten Thermal Runaway (thermisches Durchgehen) kommen, wenn eine Zelle nach der anderen durchbrennt.
- Falls ein Elektro-Pkw brennt, kann man zwar die einzelne Zelle nicht direkt löschen, jedoch die Batterie mit Löschwasser insgesamt herunterkühlen, so dass ein Thermal Runaway vermieden wird.
- Das Löschen von Bränden bei E-Pkw ist aufwendiger und zeitintensiver, aber verschiedene Löschmöglichkeiten von Bränden stehen heute bereits zur Verfügung.
- Beim Überwachen von Fahrzeugen nach Unfällen gibt es einen höheren Aufwand.

Die Brandgefahr besteht, ist aber gering und zukünftig noch niedriger

- **Elektrofahrzeuge brennen nach heutigem Kenntnisstand nicht häufiger im Vergleich zu konventionellen Pkw.**
- **Einige internationale Studien gehen sogar von einer deutlich niedrigeren Brandgefahr aus (Vorsicht bei der Datengrundlage).**
- **Derzeit neue in den Markt kommende Batterietypen (Lithium-Eisen-Phosphat, Natrium-Ionen) weisen gegenüber den herkömmlichen LIB-Batterien bezüglich der Brandgefahr nochmals deutlich niedrigere Brandrisiken auf.**

Die öffentliche Wahrnehmung: Alle alternativen Antriebe werden als neutral bis positiv wahrgenommen, aber Brennstoffzellen-Pkw (FCEV) schneiden am besten ab



n=1776, repräsentativ für die deutsche Stadtbevölkerung 2020; Scherrer, A. (2023). How media coverage of technologies affects public opinion: Evidence from alternative fuel vehicles in Germany. Environmental Innovation and Societal Transitions, 47, 100727. <https://doi.org/10.1016/j.eist.2023.100727>

- **Der Vergleich geht von ungleichen Voraussetzungen aus:**
 - BEV breit verfügbar, FCEV und eFuels nicht (daher realistischere Auseinandersetzung mit BEV und Problemen möglich).
 - Befragung ohne Preise.
- D.h. Befragte bringen eigene Vorannahmen mit, die sich zwischen bereits verfügbaren und erst zukünftig verfügbaren Technologien unterscheiden.
- **Die Hoffnung auf eine bessere Technologie in der Zukunft, kann so ggf. die Adoption einer bereits verfügbaren Alternative einschränken**

Fazit

- In der Politik und in der Industrie besteht ein weitgehender Konsens, dass batterieelektrische Pkw (E-PKW) in der Zukunft eine sehr wichtige Rolle spielen werden.
- Betrachtet man die zentralen Fragen entlang der gesamten Batterie-Wertschöpfungskette, so zeigt sich, dass der weiter voranschreitenden breiten Marktdiffusion batterieelektrischer Pkw nichts Unüberwindbares im Weg steht.
- Jedoch gilt es noch einige technologische, ökonomische, ökologische, regulative und gesellschaftliche Herausforderungen in den kommenden Jahren anzugehen.
- Diese Herausforderungen sind, politischer Wille vorausgesetzt, zu bewältigen.
- E-Pkw werden voraussichtlich der zentrale Baustein der Antriebswende bei Pkw (und auch Lkw) sein, andere Bausteine für eine Mobilitätswende müssen aber ergänzt werden.

Mehr Information

Danke für ihre Aufmerksamkeit!

Prof. Dr. Martin Wietschel
Fraunhofer-Institut für System- und
Innovationsforschung ISI
Telefon +49 721 6809-254
martin.wietschel@isi.fraunhofer.de



Fraunhofer
ISI



Batterien für Elektroautos:
Faktencheck und Handlungs-
bedarf – Ein Update

perspektiven

policy brief

01 - 2025