

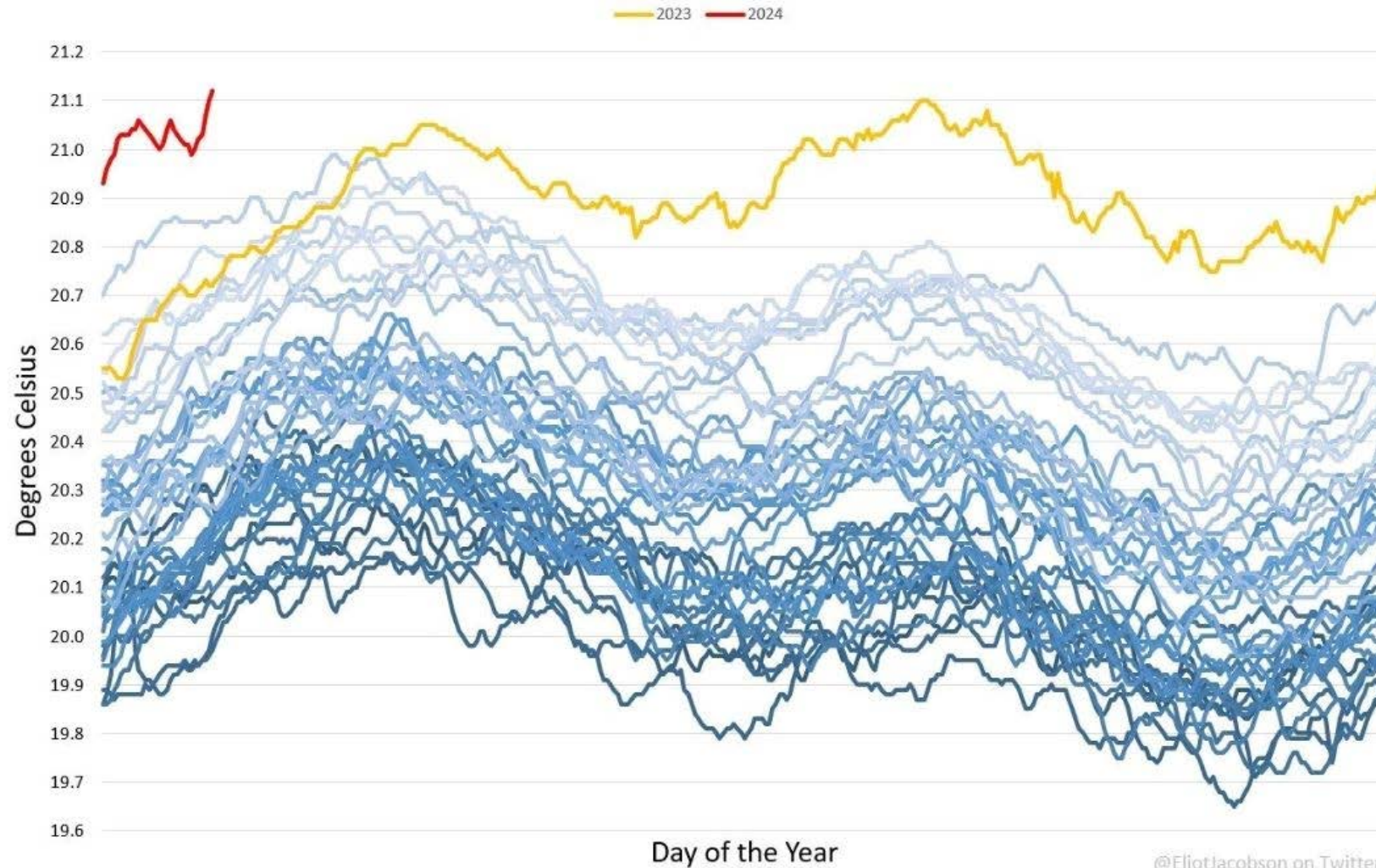
Maximilian Fichtner

Die Antriebswende im Feuer der Netzwerke

CAU Kiel
28.11.2024

Global Sea-Surface Temperatures (60°S-60°N): 1982-2024

Data: https://climateresearcher.org/clim/sst_daily/json/oisst2.1_world2_sst_day.json

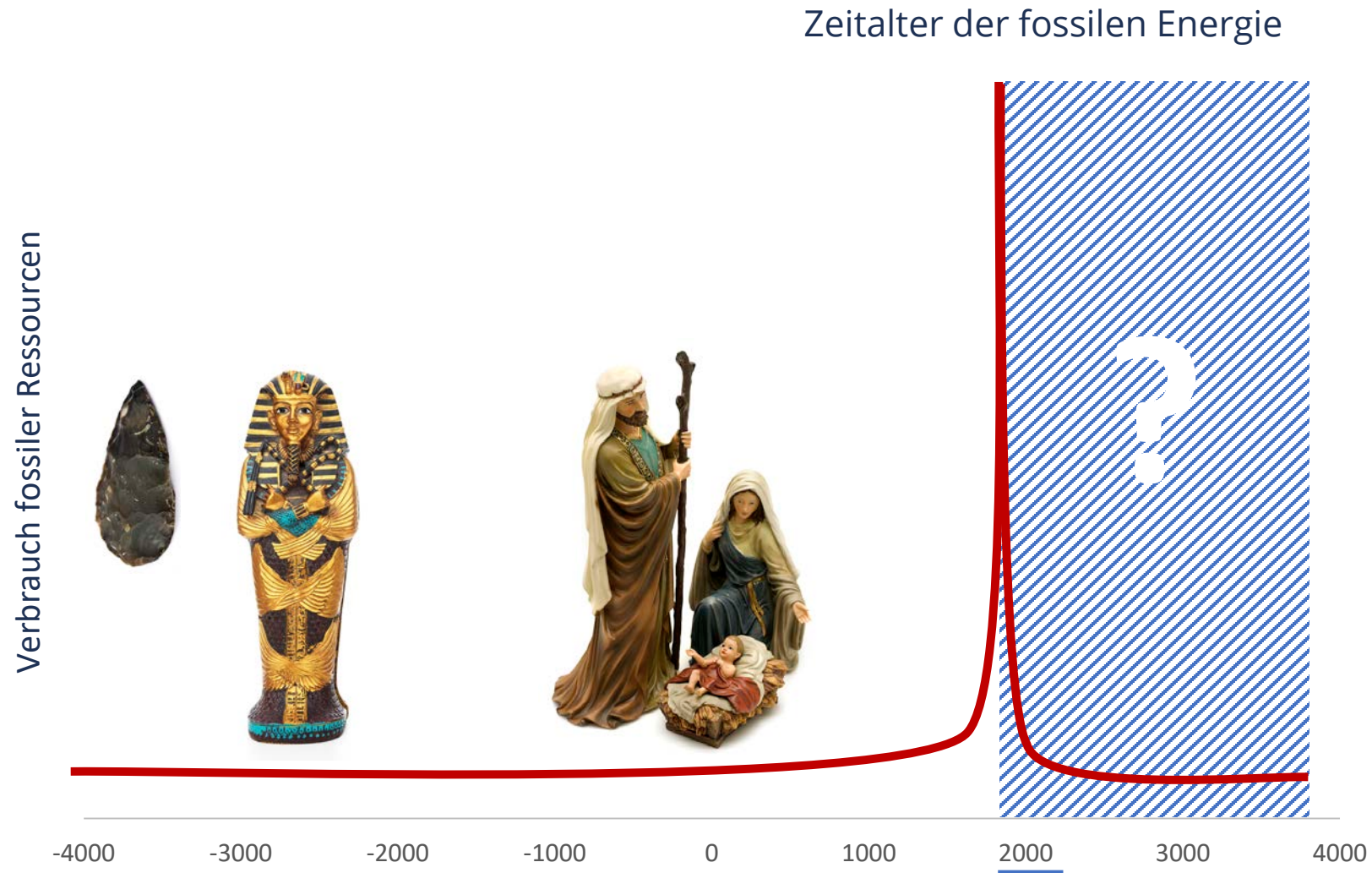


Die Erderwärmung seit 1900 verläuft 10x schneller und ist 6x höher als jedes bisher je gemessene Event.

1,5 °C global (inkl. Weltmeere) bedeutet
6-8 °C in Mitteleuropa

Ab 3 °C global sind die Tropen nicht mehr bewohnbar
→ 2,3 Mrd Flüchtlinge

Verbrauch fossiler Energieträger auf historischer Zeitskala...



WIRTSCHAFT

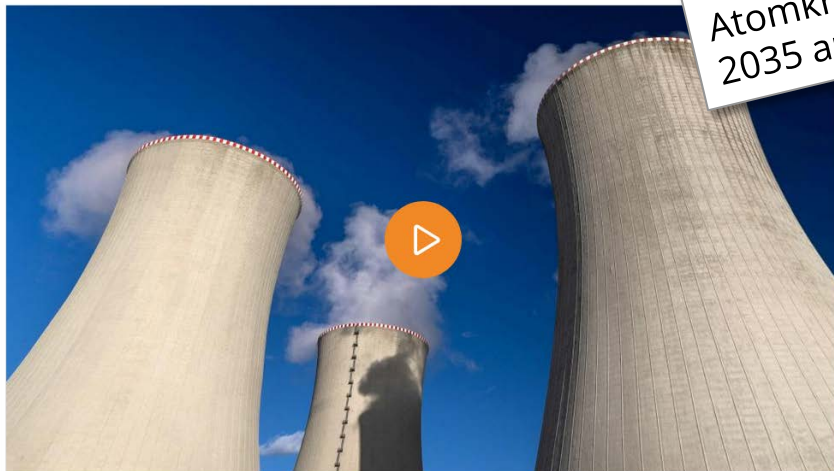
STELLENMARKT GELD MOTOR-NEWS KARRIERE DIGITAL SMART LIVING MITTELSTAND KÜNSTLICHE INTELLIGENZ

AUSSENSEITER DEUTSCHLAND

Europas große Rückkehr zur Atomkraft

Von **Daniel Wetzel**
Wirtschaftsredakteur

Veröffentlicht am 27.03.2024 | Lesedauer: 7 Minuten



Rund 30 Staaten wollen sich weltweit für den schnelleren Ausbau von Kernenergie einsetzen. Das wurde auf dem ersten internationalen Gipfeltreffen für Atomenergie in Brüssel beschlossen.

Quelle: WELT TV / Nele Würzbach

AUTOPLAY

EUROPA:
Vor Deutschland sind bereits Italien, Norwegen und Österreich aus der Atomkraft ausgestiegen. Spanien steigt nach derzeitiger Planung bis 2035 aus.

Schweden

Wie der Plan für zehn neue Atomreaktoren plötzlich wieder verschwand

Vor Kurzem kündigte Schwedens Klimaministerin an, den Strom aus Kernkraft bis 2045 zu verdreifachen. Doch nun gibt es von der Meldung keine Spur mehr.

Anna Gauto
01.09.2023 - 19:05 Uhr

Atomkraft: Polen verschiebt Termin für sein erstes AKW um Jahre

Mit Hilfe von Atomkraft will Polen vom Energieträger Kohle weggkommen. Das wird wohl später als ursprünglich geplant passieren.

04.07.2024 14:31 Uhr

Meldung drucken

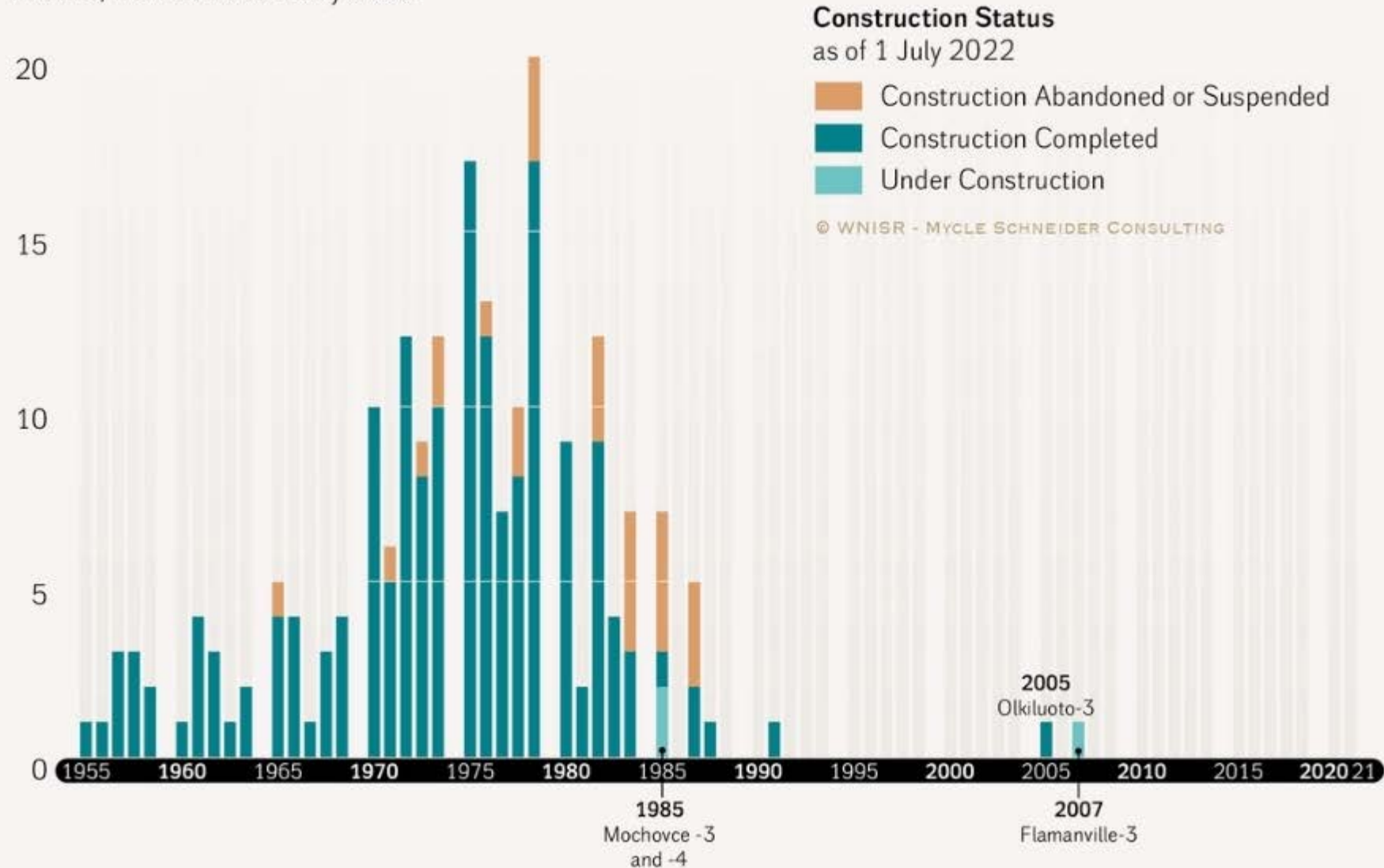
**Nuward verwirft SMR-Design
EDF stoppt Entwicklung eigener kleiner Atomkraftwerke wegen zu hoher Kosten und technischer Schwierigkeiten**

- Weltweit betreiben 32 von 195 Staaten Atomkraftwerke, eine Quote von 16,41 Prozent. Eine Mehrheit ist das nicht.
- In den Ländern die auf Atomkraft setzten, spielt diese Art der Stromerzeugung idR nicht die Hauptrolle. In China werden nur 5 % des Stroms aus Atomkraft erzeugt.
- Weltweiter Anteil Kernkraft am Strommix, ca. 9 %.

Renaissance der Kernkraft? In Europa?

Construction Starts of Nuclear Reactors in the EU27

in Units, from 1955 to 1 July 2022



📖 IAEA und Nuclear Energy Agency

Uranpreis (U_3O_8): derzeit 80 USD/lb (454 g)

Uranressourcen:

2,1 Mio Mio t (📖 World Energy Council, 2022)

Uranverbrauch:

55.000 t/Jahr

→ **Uran-Ressourcen für 38 Jahre verfügbar**



<https://www.asso-sherpa.org/health-of-uranium-miners-at-areva-sites-in-gabon-and-niger>

Mittlere Laufzeit eines AKW

43 Jahre

- es gehen immer mehr AKW altersbedingt vom Netz.
- AKW Anteil im Strommix global: von 17% (2000) auf 9% (2022) gesunken.
- es würden **bis 2050 270 neue Reaktoren gebraucht**, nur um den gegenwärtigen Anteil von Kernkraft zu halten.
- das entspricht 11 neuen Reaktoren pro Jahr!

WIRTSCHAFT

Plan für neue 1000 AKW bis 2050?

Kernkraft-Fantasie scheitert an desolater Industrie

21.12.2023, 17:29 Uhr

Stromkosten

Strompreis aus neuem AKW Hinkley Point C in Großbritannien:
ca. 14,8 Cent/kWh.

Dagegen baseload Preis am Markt: 6,2 Cent/kWh

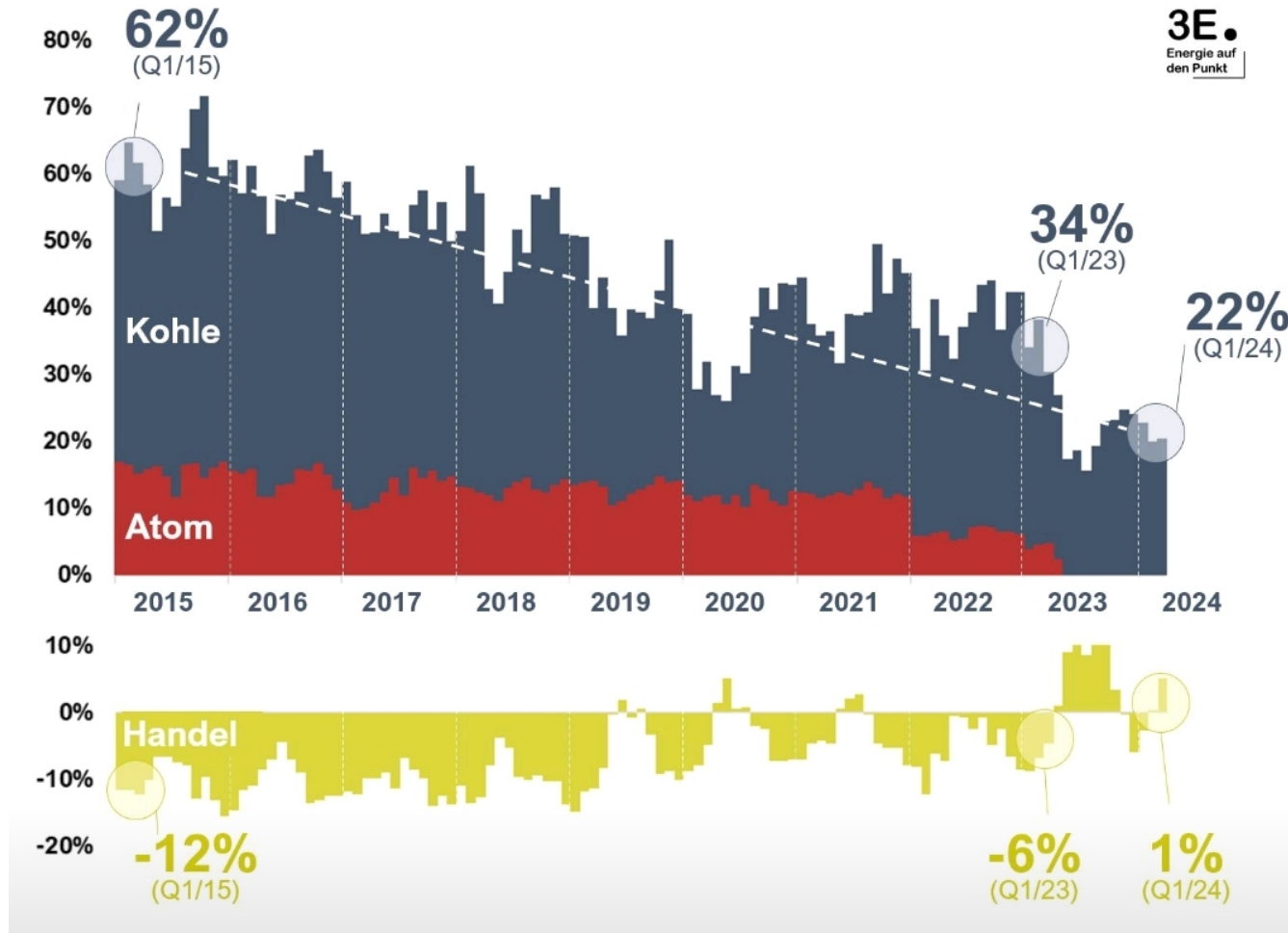
→ ca. **8 Cent/kWh Subvention** über die gesamte Laufzeit

→ In Summe ca. 100 Mrd GBP Subvention

<https://eandt.theiet.org/2024/01/31/uk-set-refuse-request-hinkley-c-loan-guarantees>

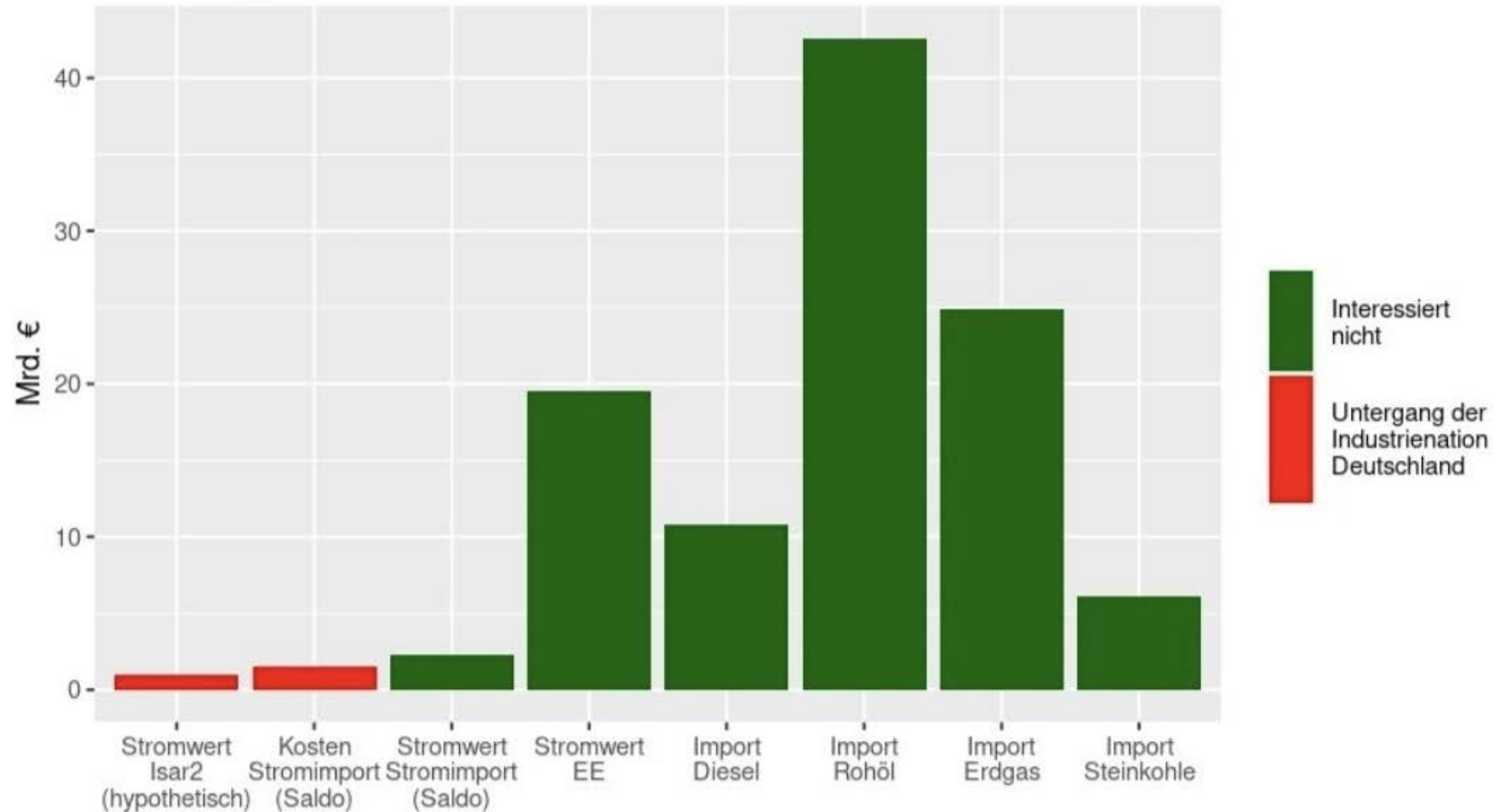
Energiewende = sauberer Strom zu Hause & weniger schmutzige Exporte

Der gleichzeitige Kohle- und Atomausstieg in Deutschland ist anspruchsvoll, aber erfolgreich: in Q1/2015 stammten 62% des deutschen Strommixes aus Kohle- und Atomkraftwerken, mit hoher CO₂-Belastung und ungelöstem Endlagerproblem. 12% dieser Menge haben deutsche Kraftwerksbetreiber ins Ausland verkauft. In Q1/2024 stammten nur noch 22% unseres Stromes aus Kohle, die schmutzigen Exporte sind verschwunden.



Energiegrößen 2023

Daten energy-charts.info, de.statista.com, www.stromdaten.info



Speicherung von Erneuerbarer Energie



stationary / home



(www.bauen.de)

portable

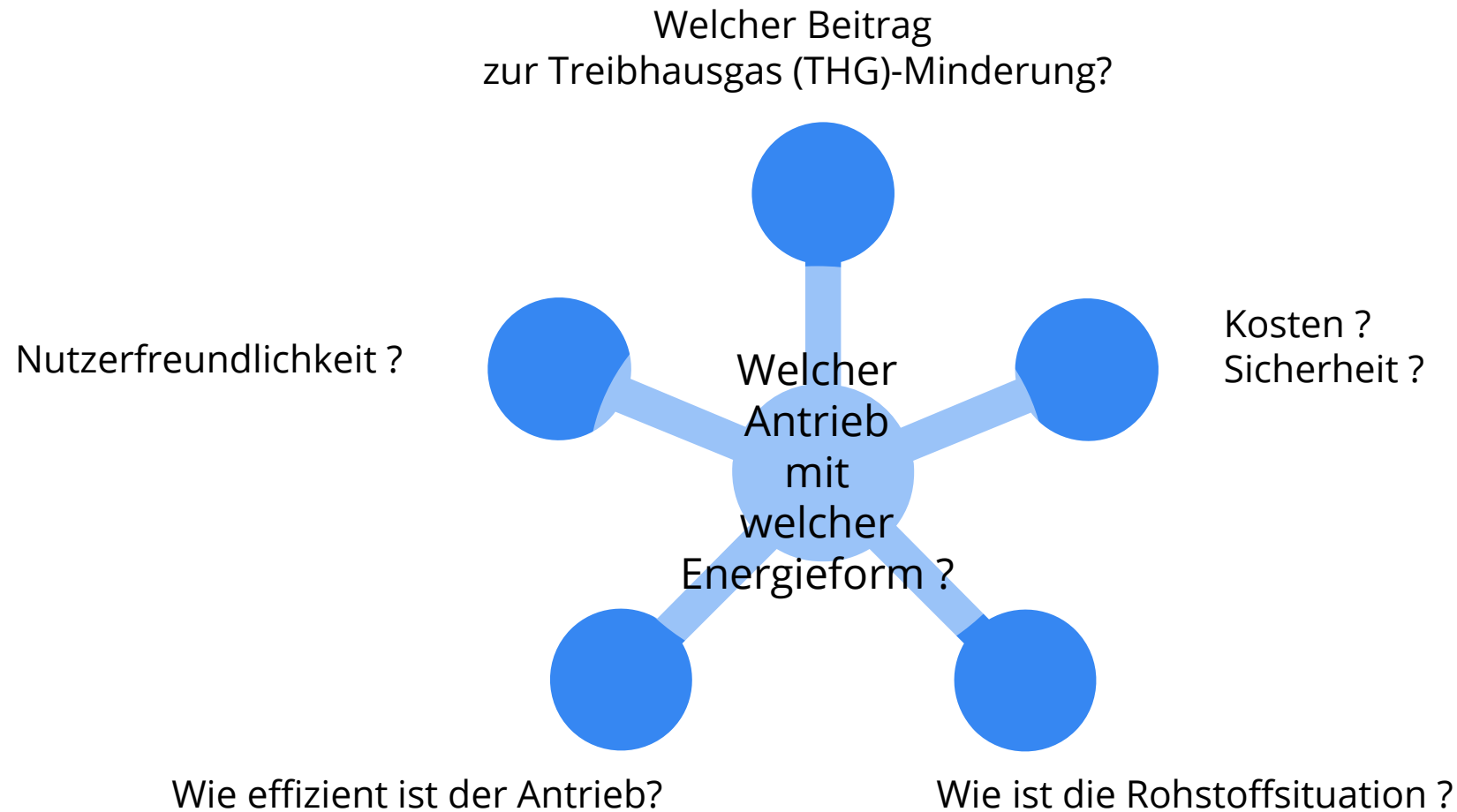


(www.hp.com)

mobile



(www.mungali.com)



A GLOBAL COMPARISON OF THE LIFE-CYCLE GREENHOUSE GAS EMISSIONS OF COMBUSTION ENGINE AND ELECTRIC PASSENGER CARS

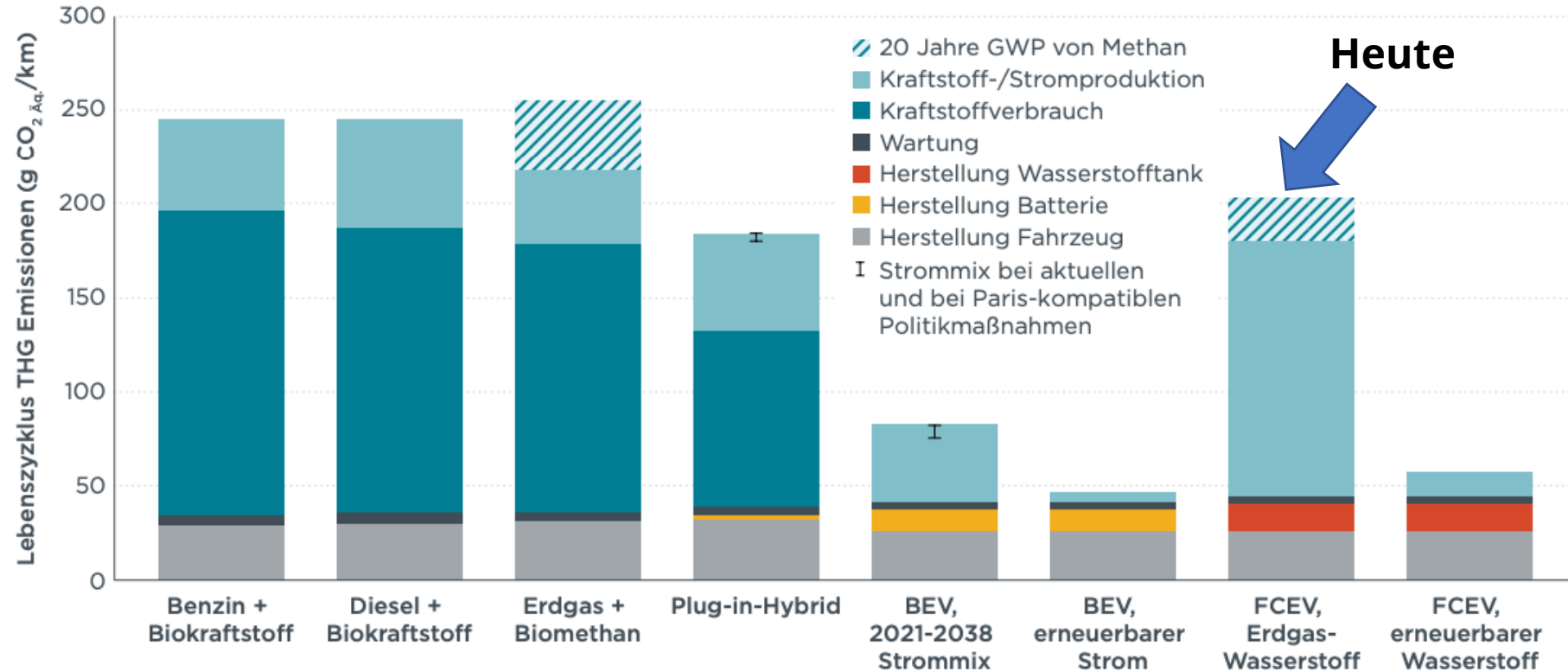


Abbildung 1. Lebenszyklus-Treibhausgas (THG)-Emissionen von durchschnittlichen neuen Benzin-, Diesel- und Erdgasfahrzeugen, Plug-in-Hybrid-Elektrofahrzeugen, Batterie-Elektrofahrzeugen (BEV) und Brennstoffzellen-Elektrofahrzeugen (FCEV) in der Kompaktklasse, die 2021 in Europa zugelassen werden. Die Fehlerbalken zeigen die Differenz zwischen der Entwicklung des Strommix gemäß der aktuellen Politikmaßnahmen (die höheren Werte) und dem, was erforderlich ist, um das Pariser Klimaabkommen zu erreichen. GWP = Treibhauspotenzial.

Source: ICCT

Argumente: Mehr Klimaschutz durch E-Fuels, E-Diesel und Biodiesel – Technologieoffenheit in der Mobilität



Handelsblatt

Verkehrspolitik

Letzte Chance für E-Fuels: Wie die CDU den Verbrennungsmotor retten will

Nach Vorstellung der EU-Kommission sollen Autos ab 2035 kein CO2 mehr ausstoßen. Die Konservativen im Europaparlament wollen das Vorhaben verhindern.

Christoph Herwartz
31.01.2022 - 04:00 Uhr

Grüner Treibstoff

Süddeutsche Zeitung

Die FDP und das E-Fuel-Märchen

28. März 2023, 9:40 Uhr | Lesezeit: 2 Min. | [32 Kommentare](#)

WIRTSCHAFT

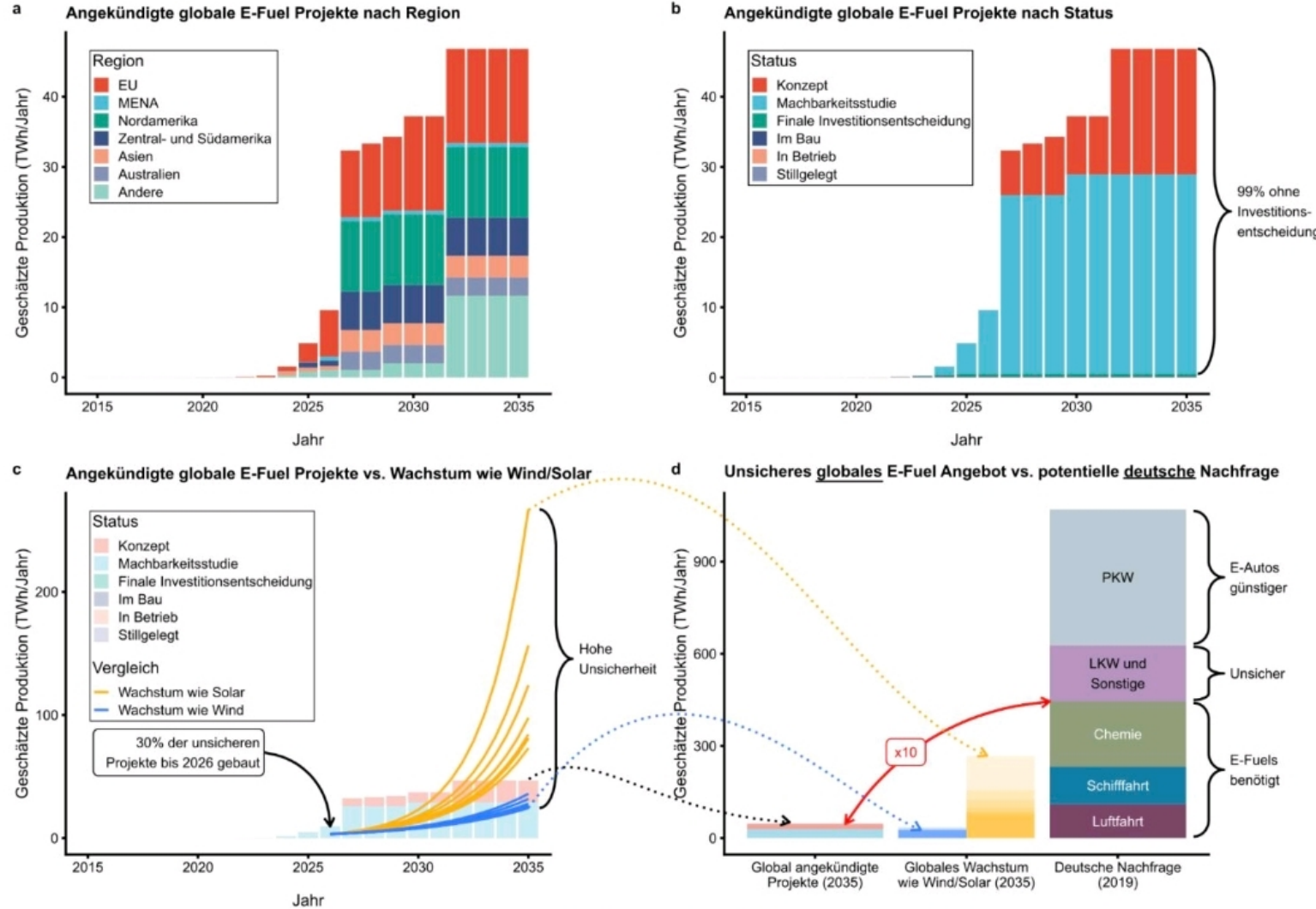


Ineffizient und kaum verfügbar

Das ist der Stand bei E-Fuels

26.03.2023, 15:50 Uhr

E-fuels: was ist geplant bis 2035?



Bis 2035 ist geplant:

- 45 TWh/a **globale** Produktion
- Entspricht 1/1000 der Ölproduktion
- Entspricht ca. 8% des (ausschließlich) **deutschen** Spritverbrauchs
- davon ca. 1% mit Investment
- 99% der Projekte bisher ohne Investitionsentscheidung
- **Gesicherte Projekte bis 2035** umfassen ca. 1/100.000 der aktuellen Ölproduktion

Daten:
Internationale Energie Agentur (IEA) 2023

Abbildung 1: (a) global angekündigte E-Fuel-Projekte (flüssige strombasierte Kohlenwasserstoffe) nach Region und (b) nach Projektstatus. (c) Hochlaufszenerarien mit historischen Wachstumsraten⁵ von Windkraft und Solar-Photovoltaik. (d) Vergleich der globalen Ankündigungen und Hochlaufszenerarien (für 2035) mit dem Bedarf Deutschlands⁶ an flüssigen Kohlenwasserstoffen (2019). Daten: IEA, AG Energiebilanzen, Destatis.

360 PS



Bewegte Teile:
ca. 1300

Nicht gezeigt:

- Getriebe
- Transmission
- Tanksystem
- Auspuffanlage

560 PS

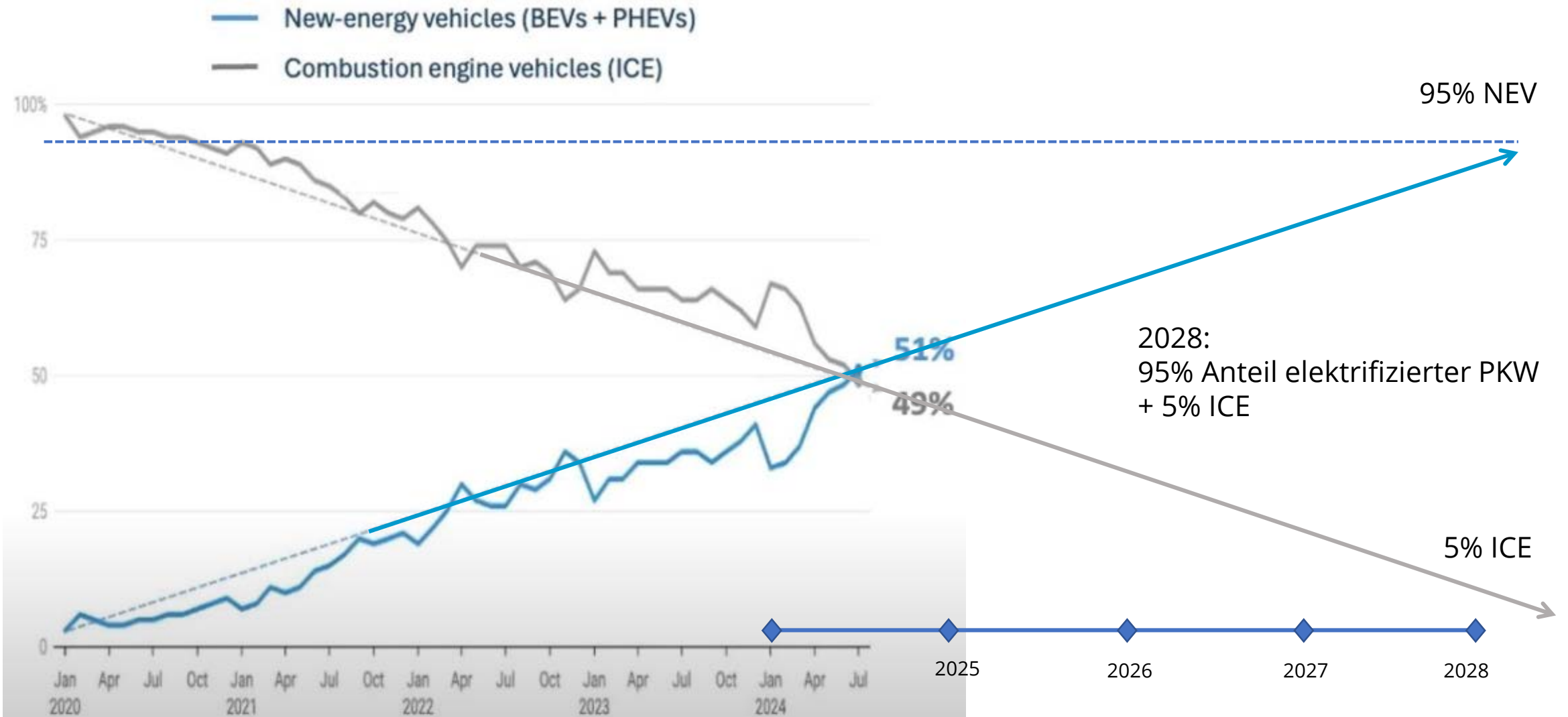


Bewegte Teile:
ca. 40

Nicht gezeigt:

- Batterie
- Leistungselektronik

Anteil Elektro-PKW am Gesamt-PKW-Verkauf in China

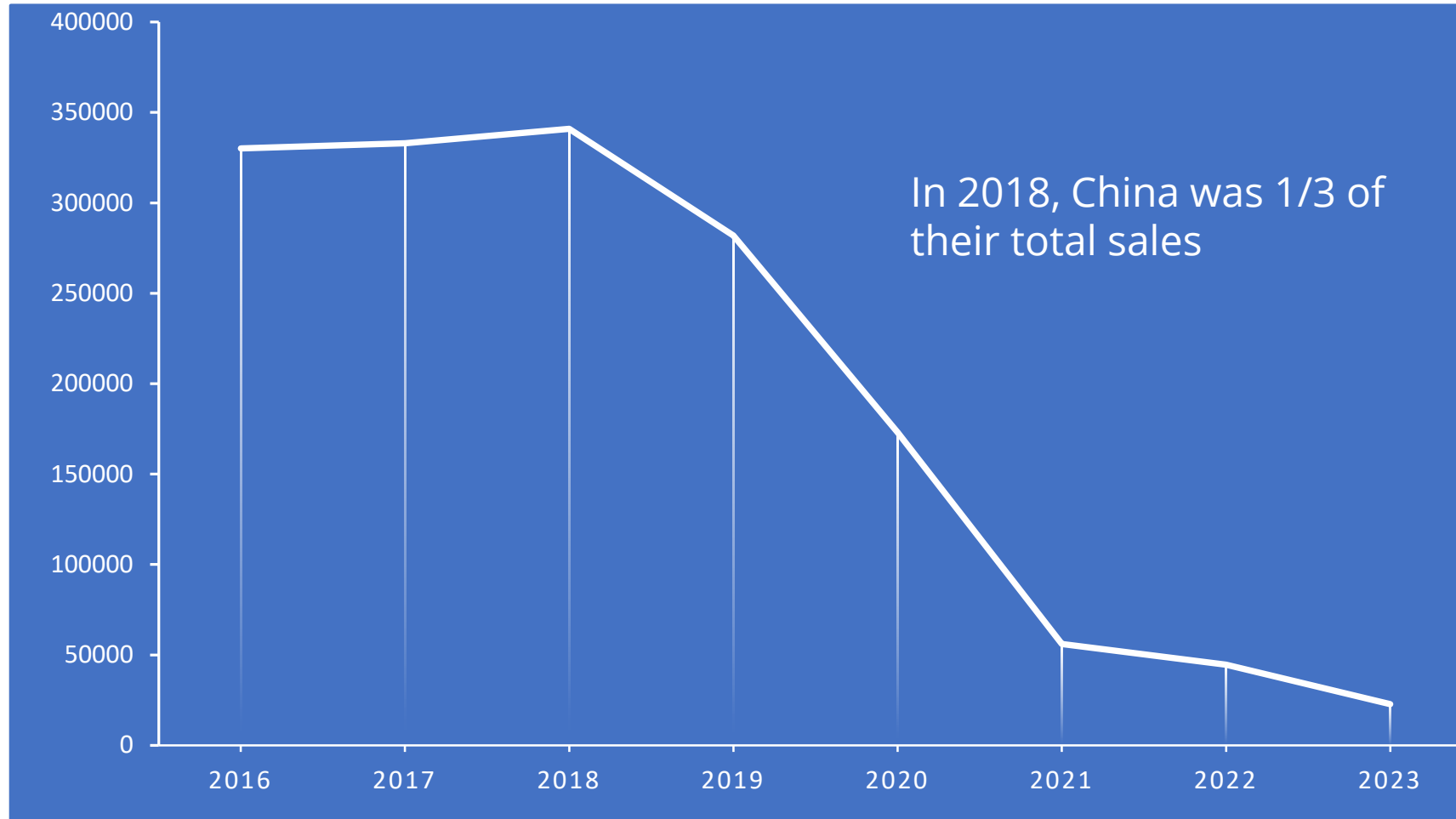


Data source: China Passenger Car Association
Chart: Carbon Brief

CarbonBrief
CLEAR ON CLIMATE

@gavinmooney

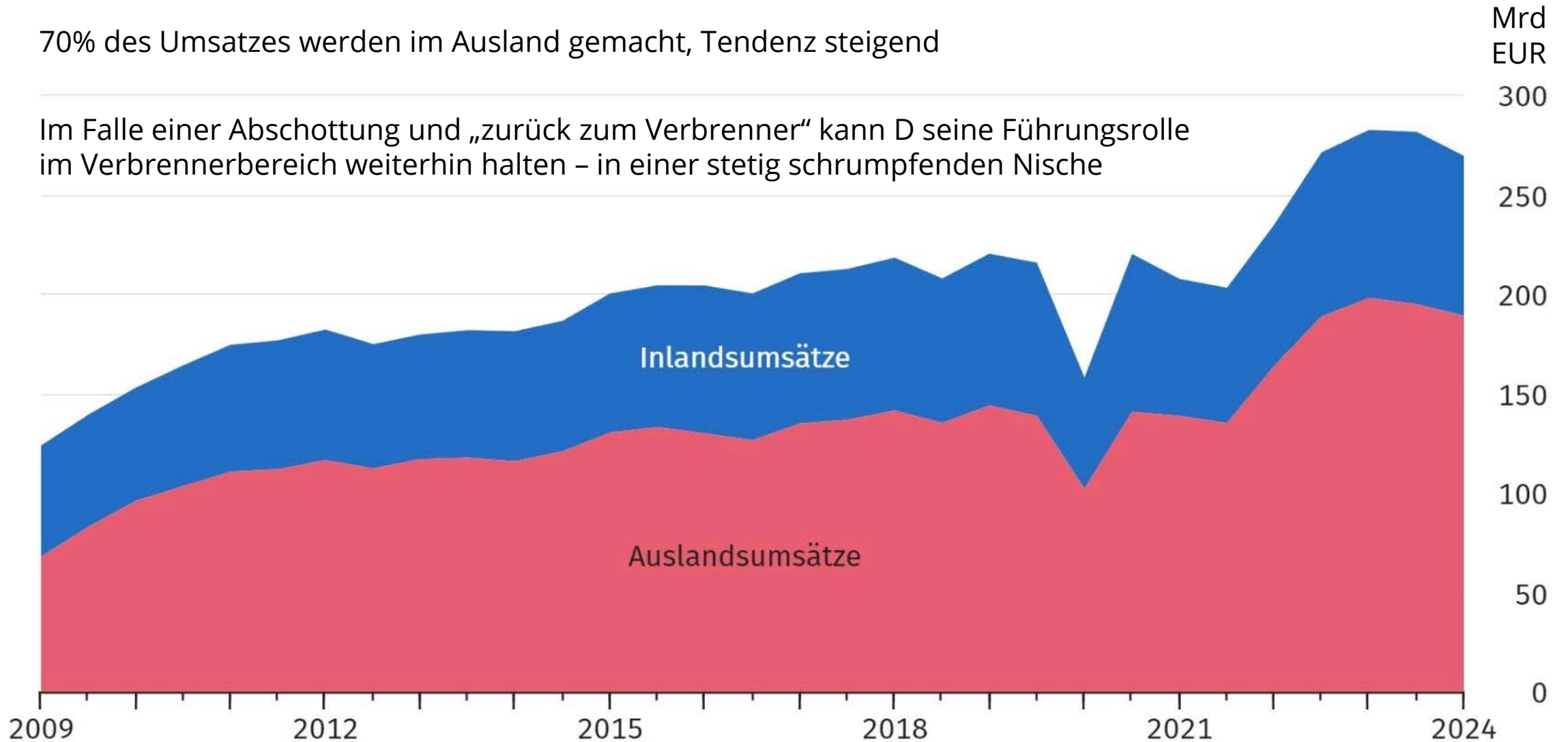
The beginning dusk of ICE cars



Umsätze der Automobilindustrie

70% des Umsatzes werden im Ausland gemacht, Tendenz steigend

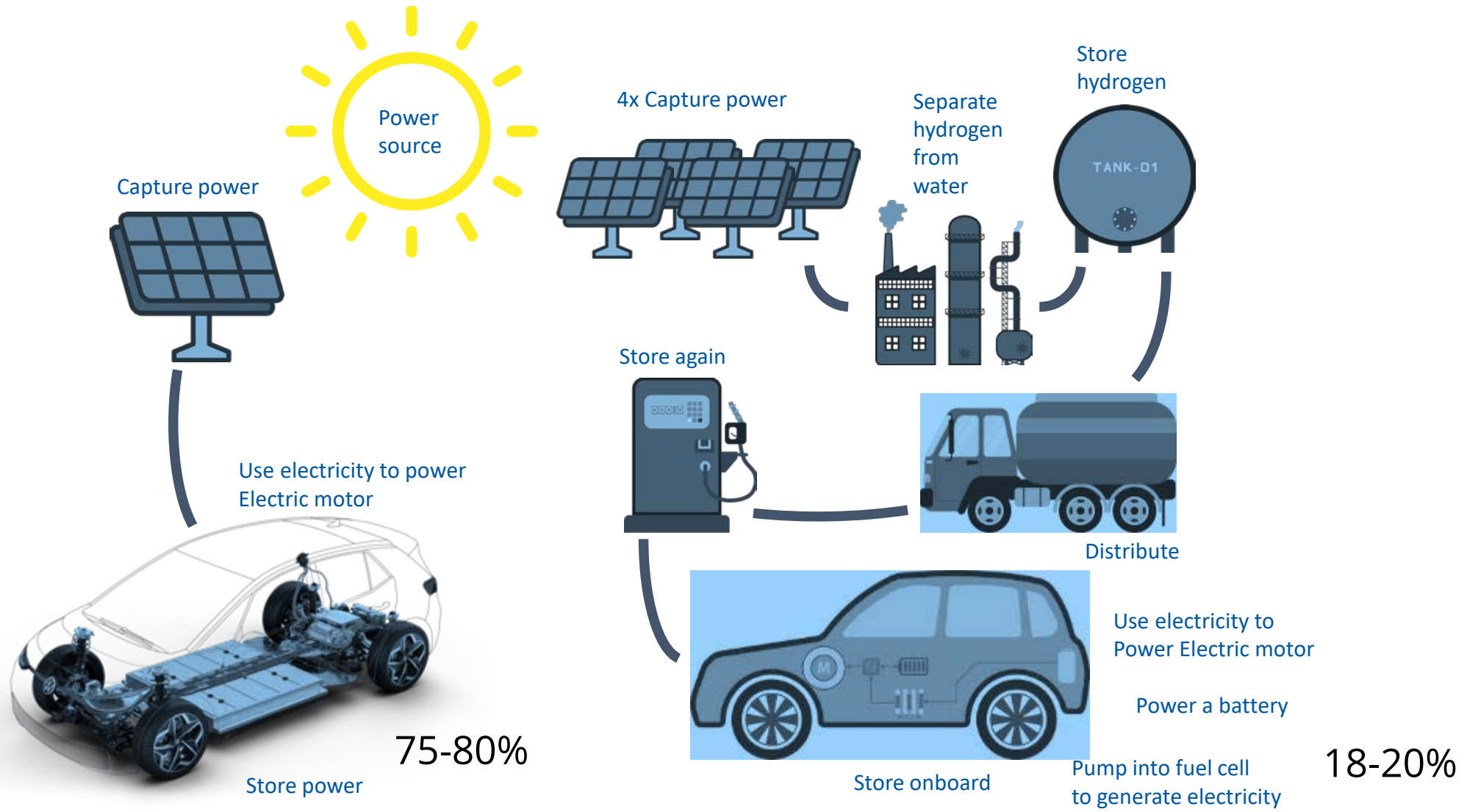
Im Falle einer Abschottung und „zurück zum Verbrenner“ kann D seine Führungsrolle im Verbrennerbereich weiterhin halten – in einer stetig schrumpfenden Nische



Elektrische Antriebe



Elektrische Antriebe als effizienteste Art des Antriebs



Batterieelektrischer Antrieb

H₂ Antrieb mit Brennstoffzelle

Antriebsarten im Vergleich / Energiebedarf

3 MW
2000 h/a



e.g.
1 wind
turbine

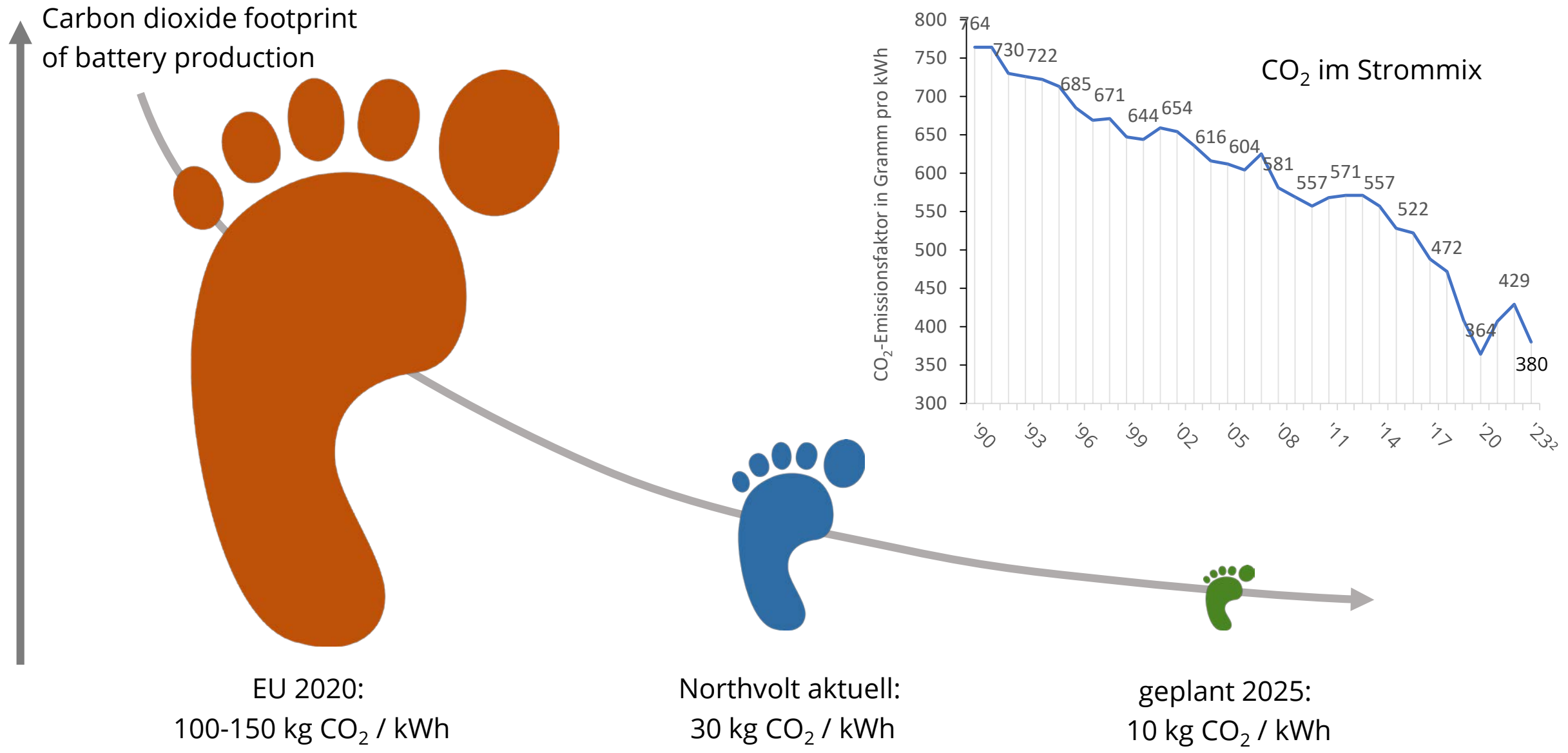
3 Megawatt

3000 h/year

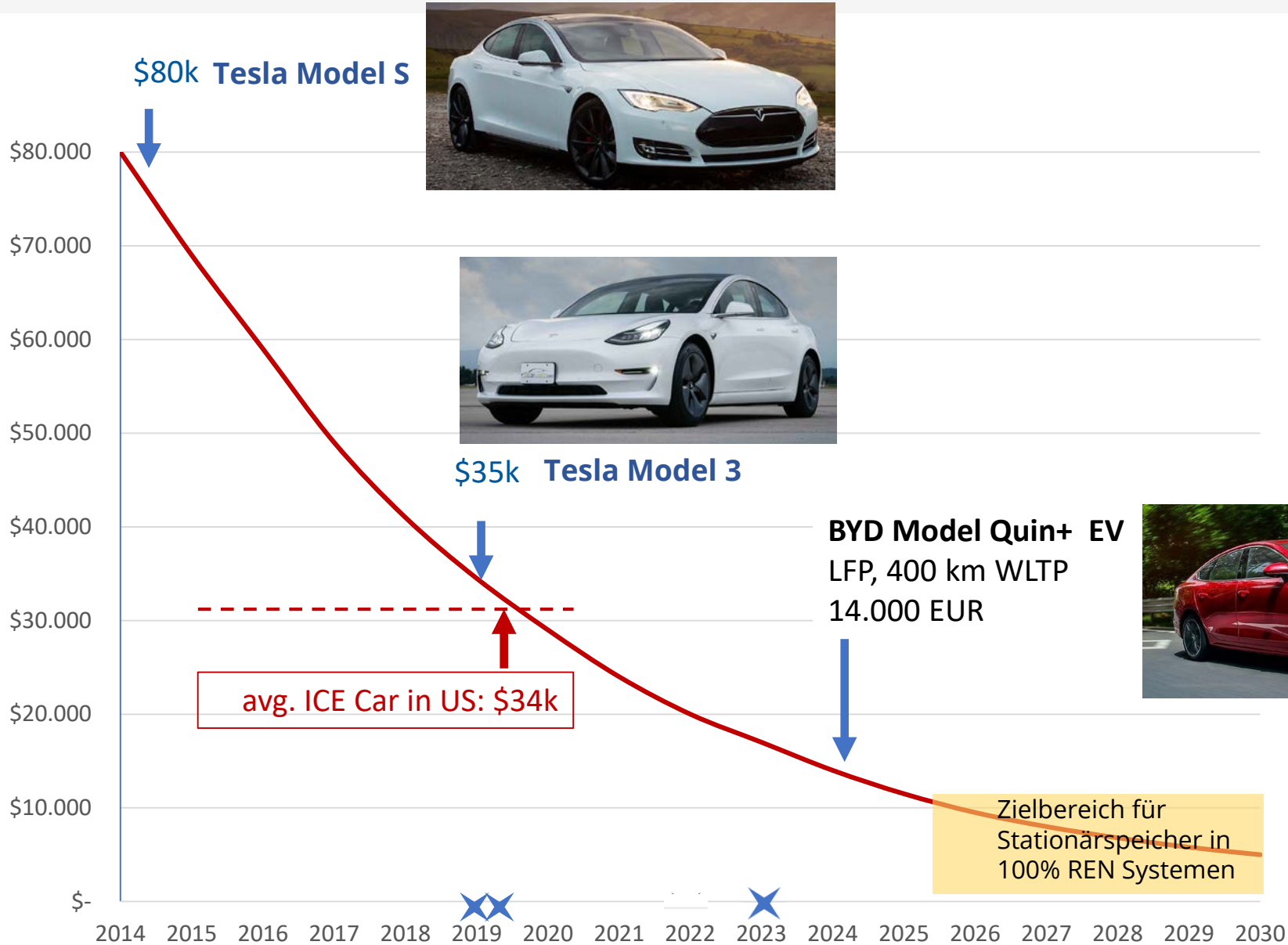
Ref:
VDE

Energiequelle	Energieträger	Drive	lokal emissionfrei	1 Windrad versorgt... PKW mit 20.000 km / Jahr
	Strom	 Elektroauto mit Batterie (BEV)	ja	
	Wasserstoff	 Elektroauto mit Brennstoffzelle (FCEV)	ja	
	eFuel	 Auto mit Verbrennungs- motor (ICE)	nein	

Treibhausgasemission bei Batterieproduktion und Strommix



Kostenkurve für Batteriefahrzeuge mit 350-400 km Reichweite



Vergleich H₂:

Hyundai Nexo (500 km)
80 TEUR im Verkauf
120 TEUR in der Produktion

Verbrauchskosten:

ca. 20 EUR/100 km in D,
ca. 30 EUR/100 km in A

Vorhersage basiert auf einer einfachen cost-curve Analyse aus dem Jahre 2014 !

BYD

BYD 比亚迪
2024 欧洲“北方合作伙伴”

「电比油低」
7.98 万元起

10200 EUR

秦 PLUS | 驱逐舰05
插混双雄 荣耀出击

HYUNDAI

北京现代

「油“比”电强」
7.58 万元起

9700 EUR

全新伊兰特 | 全新伊兰特 N Line
价格强 安全强 品质强 保值强

CHANGHAN

长安启源

「电比油低!低!低!」
7.39 万元起

9500 EUR

长安启源Q05 | 长安启源A05
— 5力尽开 闪耀出战 —

雪球: 搏击沧海横流

In China sind mittlerweile 2/3 der BEV billiger als die entsprechenden Verbrenner.

Neue Batteriefahrzeuge für unter 30.000 EUR ab 2024

VINFAST
VF 6



27.220 €

OMODA 5



22.000 €

Ford
Puma EV



25.000 €

Skoda
Elroq



24.000 €

32.900 €

Citroën
ë-C3



18.070 €

HYUNDAI
Casper EV



Quelle: ADAC, 2024

Reichweitenangst: Neue Batteriefahrzeuge mit > 650 km Reichweite ab 2024



...

Ref.: ADAC 2024

Aber LKW....!

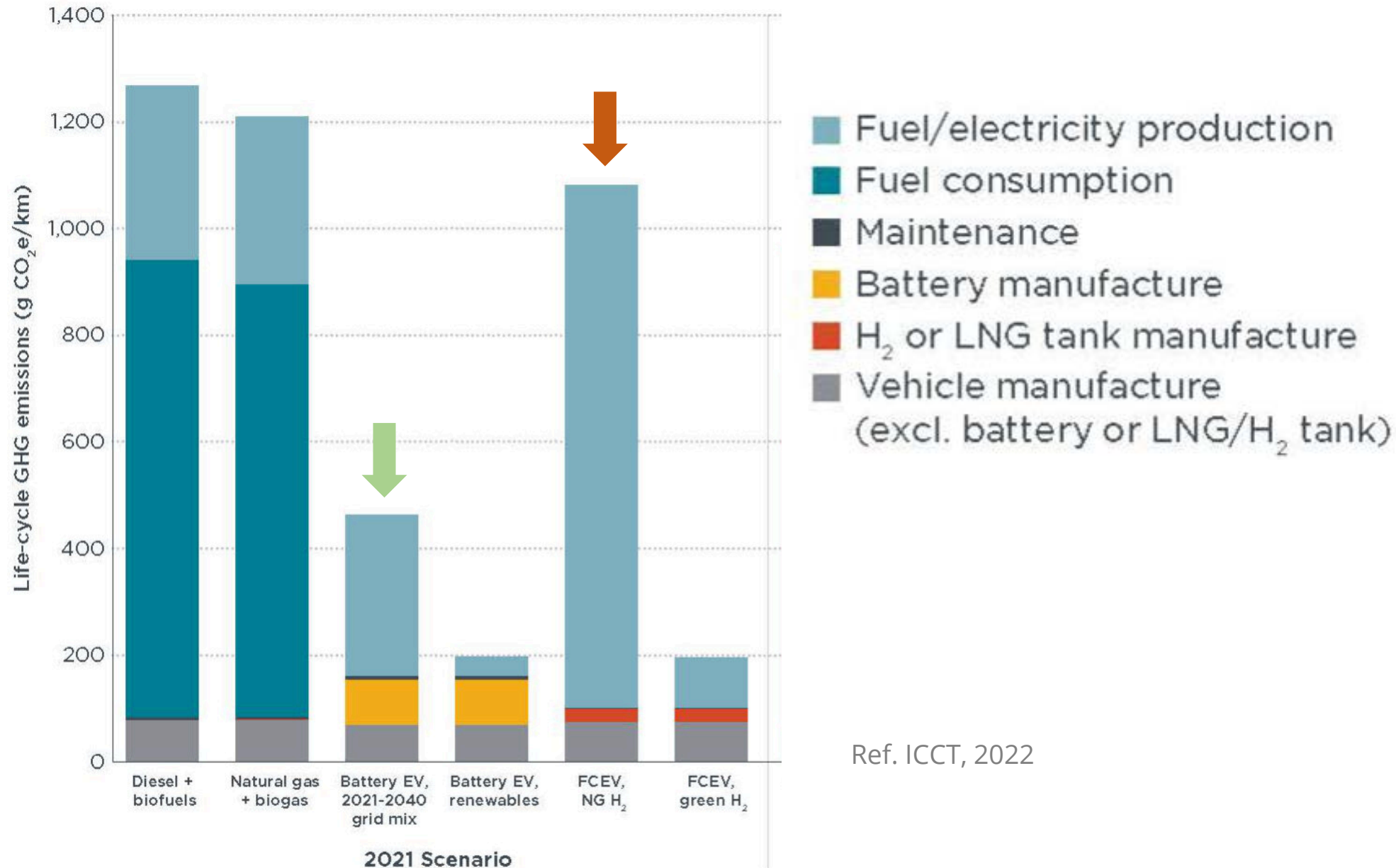
Nachhaltige Mobilität

Bund und Länder fördern Brennstoffzellen-Lkws von Daimler Truck

18.11.2024 · Von Daimler Truck AG · 4 min Lesedauer · 

Das Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV) sowie die Bundesländer Baden-Württemberg und Rheinland-Pfalz haben Daimler Truck Fördermittel in Höhe von insgesamt 226 Mio. Euro zugesagt. Die Förderung ist Teil des Wasserstoff-Programms der Europäischen Union.

Ökobilanz (LCA) emissionsfreier mittelschwererer und schwerer Lkw



Ref. ICCT, 2022

H₂ für Schwerlastverkehr

wird konkurrenzfähig bei Kosten < 4-5 EUR/ kg H₂ ¹⁾

Derzeit: in BRD 16-18 EUR/ kg H₂ („grauer“ H₂), in Österreich ca. 30 EUR/kg

→ Faktor 1/4 für grünen H₂ wird schwierig zu erreichen, wird eher teurer.

→ Kosten für Batterien sinken weiter

→ Die Lenkzeiten sind identisch

40-Tonner Truck: 30 L Diesel/100 km

→ **0,45 EUR/km**



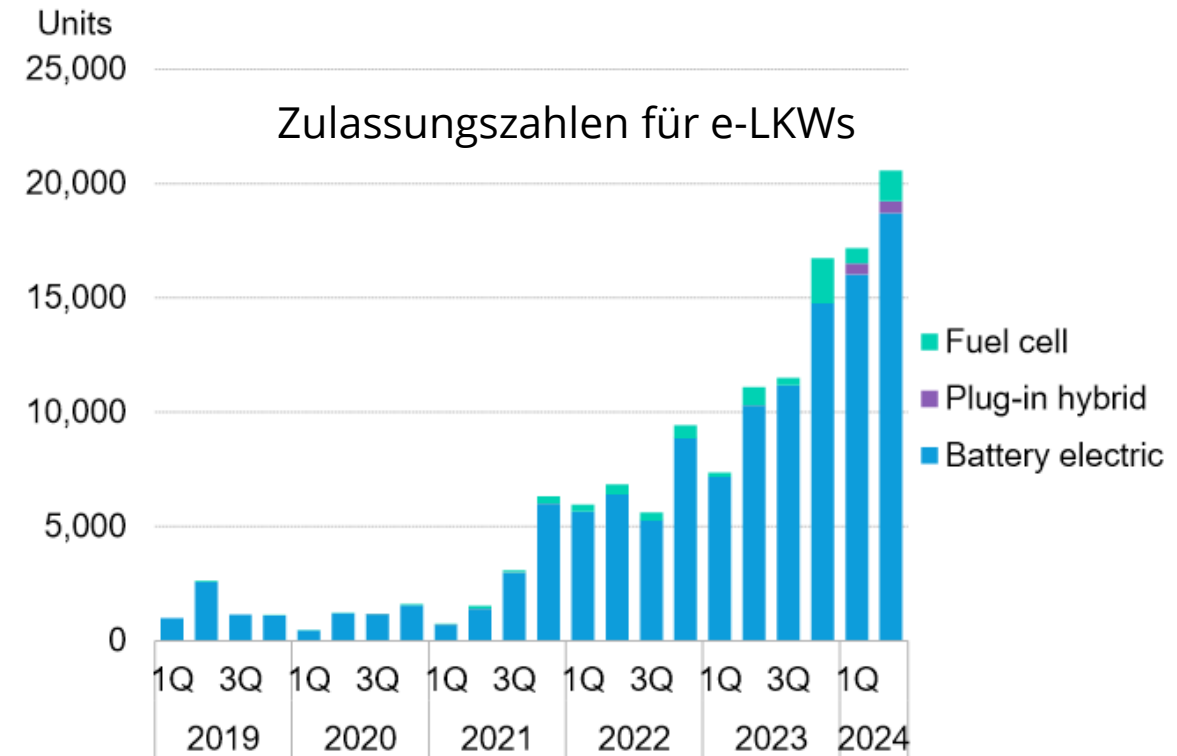
FCEV Truck: 8 kg H₂/100 km²⁾

→ **1,40 EUR/km** in D oder **2,40 EUR/km** in A



40-Tonner BEV Truck: 90 kWh/100 km³⁾

→ **0,35-0,55 EUR/km** (abh. vom Stromtarif)



Source: BloombergNEF

¹⁾ P3 Automotive, 2023

²⁾ NIKOLA, 2023, eigene Angaben

³⁾ DAIMLER E-Actros 600, lt. ADAC, 5.9.2024

CATL: Batterien für Elektrofahrzeuge mit 1,5 Millionen km Garantie!
4.4.2024 Damit wird eine Garantie von rund 15 Jahren Laufleistung für E-Busbatterien möglich.

Garantie:

- 1,5 Mio. Kilometer
- 15 Jahre Betriebsdauer

Neue Lithium-Eisenphosphat-Batterie (LFP) vor allem für Busse und E-LKWs.

Die ultralanglebige Batterie soll in ersten 1.000 Zyklen volle Reichweite gewährleisten bzw. sich nicht verschlechtern.

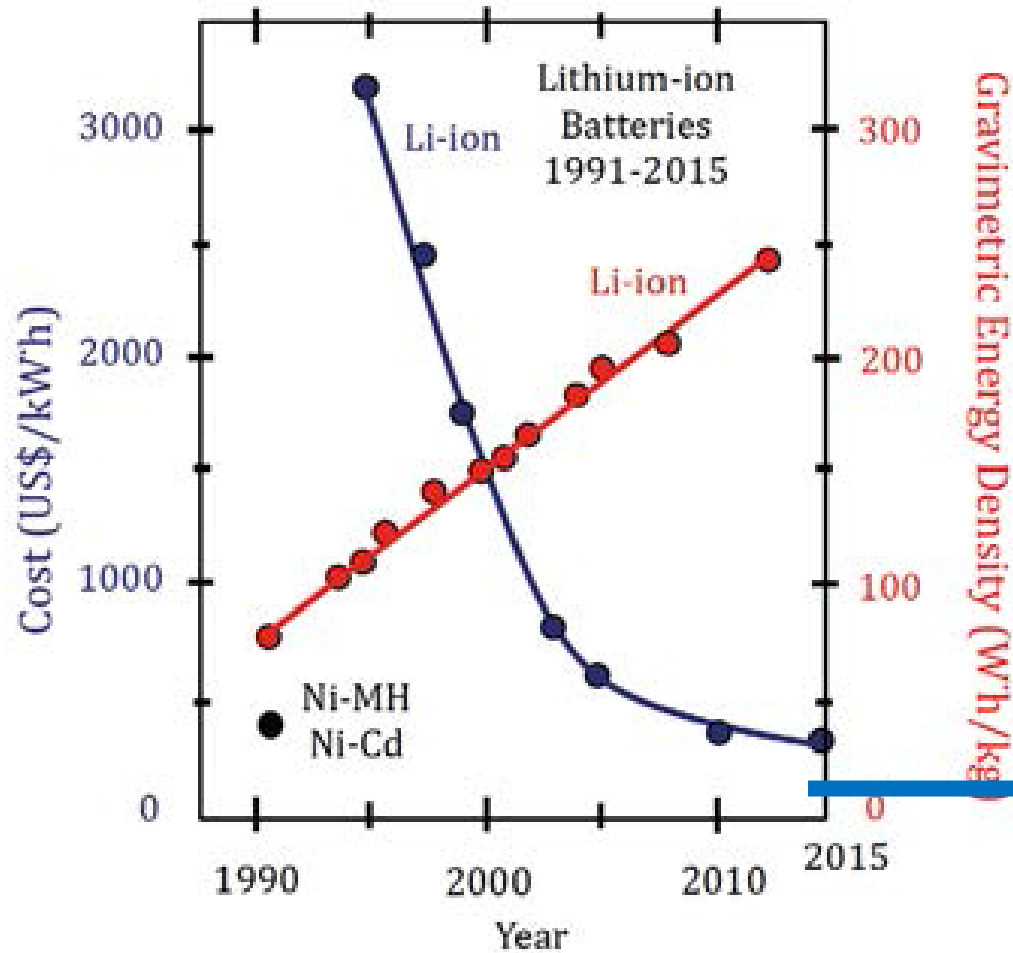
Das heißt, dass die Batterie (Reichweite von 500 km) bei E-Bussen möglich machen soll, **bis zu etwa 500.000 km keine Kapazitätsverluste** haben wird.



© YUTONG / E-Bus von Yutong im Extremkälteeinsatz bei - 33 Grad in Norwegen

Aktuelle Entwicklungen

Wie geht es weiter?



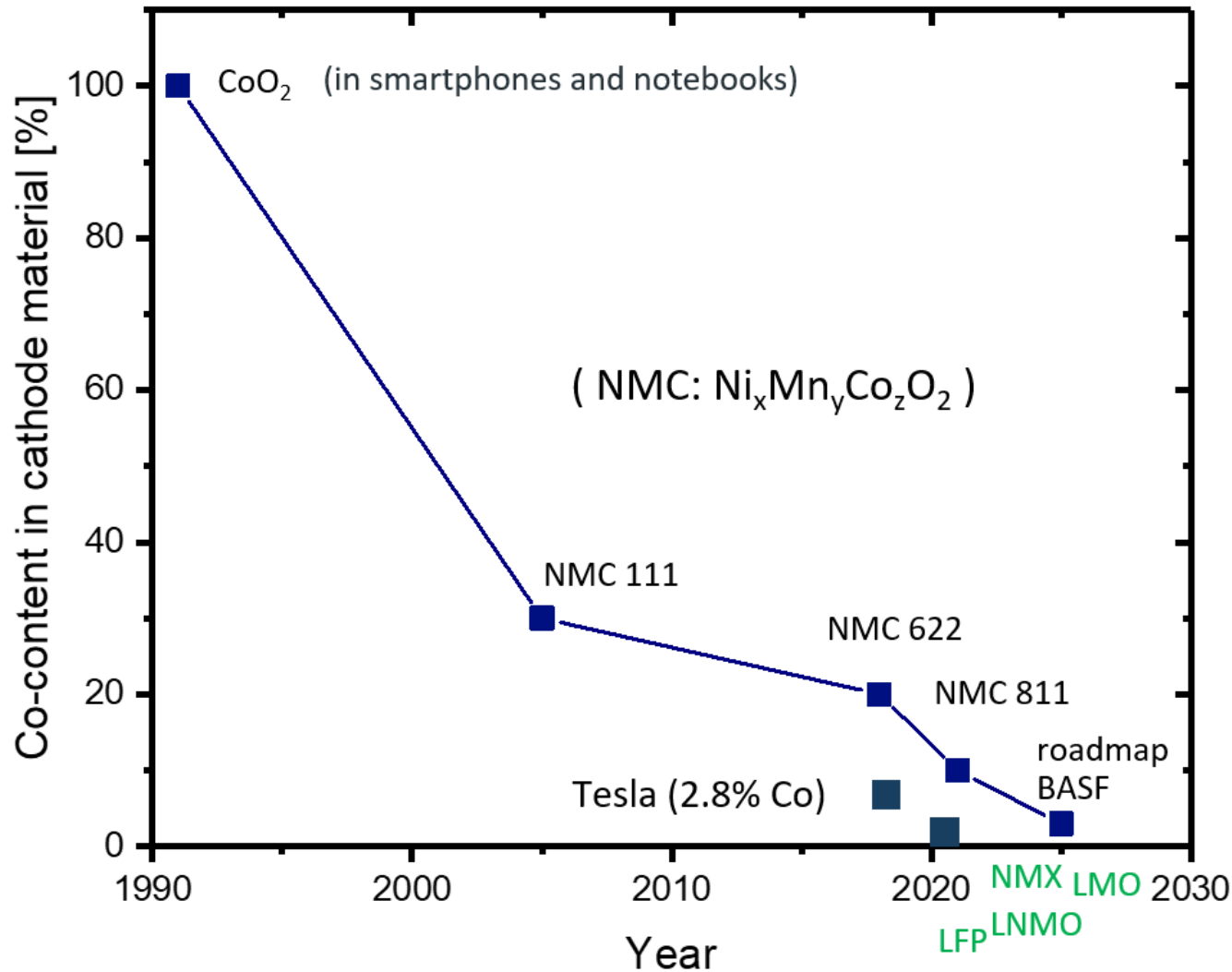
Seit der Markteinführung:
Energiedichte: x4
Kosten ÷ 18

- **90% Kostenreduktion in den letzten 10 Jahren**
- **Kapazität = verdoppelt in den letzten 10 Jahren**

Kostenziel
für 2024

📖 G.Crabtree, *MRS Bulletin* 40, 1067 (2015)

Cathode: Kobalt-Gehalt im Pluspol von Batterien.



TESLA liefert derzeit > 50% ohne Co aus

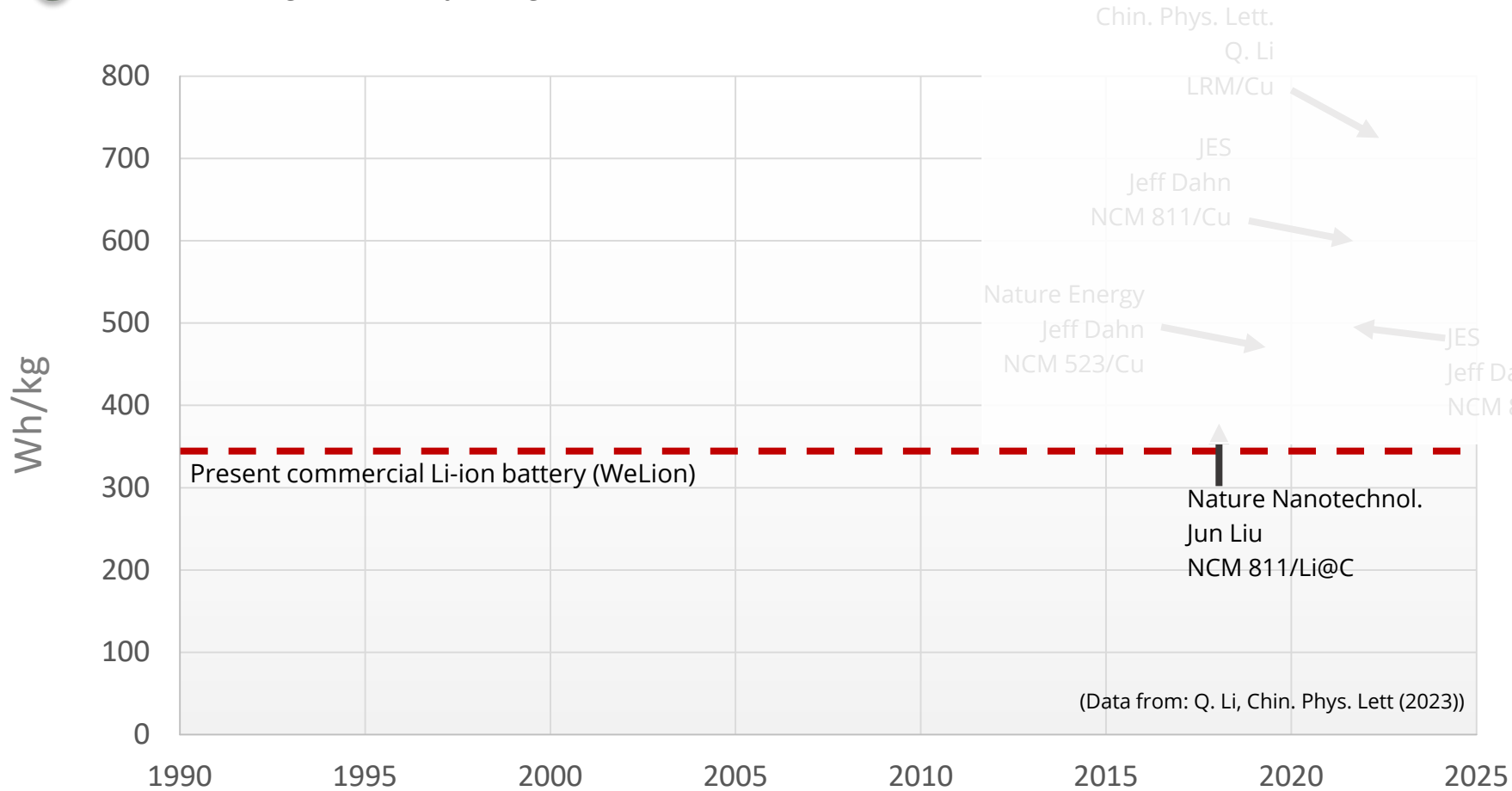
LFP: LiFePO₄
 NMX: LiNi_{3/4}Mn_{1/4}O₂
 LMO: LiMnO₂

(Materials with 0% cobalt)

Vergleich der Energiedichten von Li-Ionenzellen über die letzten 30 Jahre

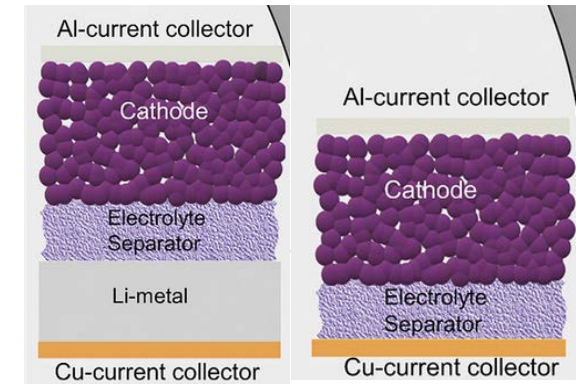


Höchste Energiedichte im jeweiligen Jahr



LMBs:
< 300 Wh/kg

AFLMBs:
< 300-500 Wh/kg

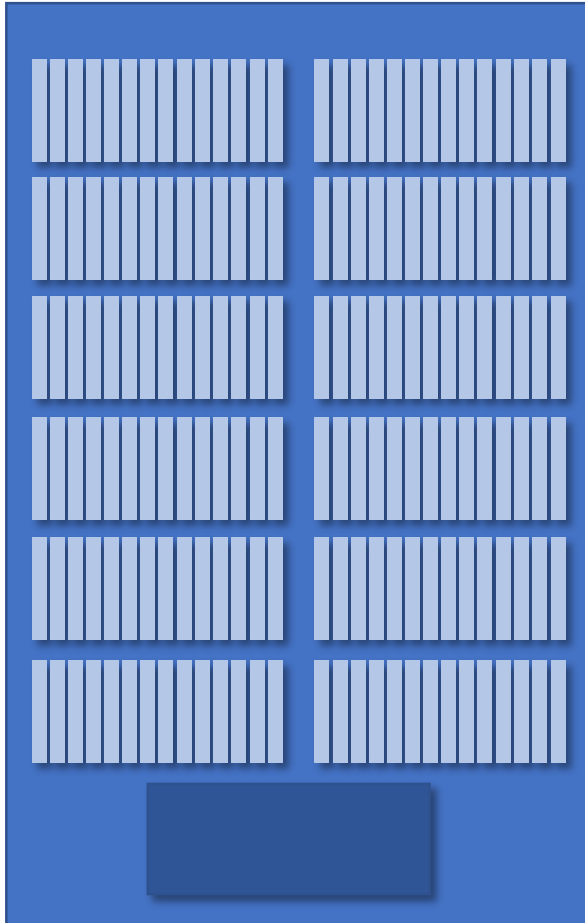


P. Molaiyan *et al.*,
Adv. Func. Mater. 34 (2024)

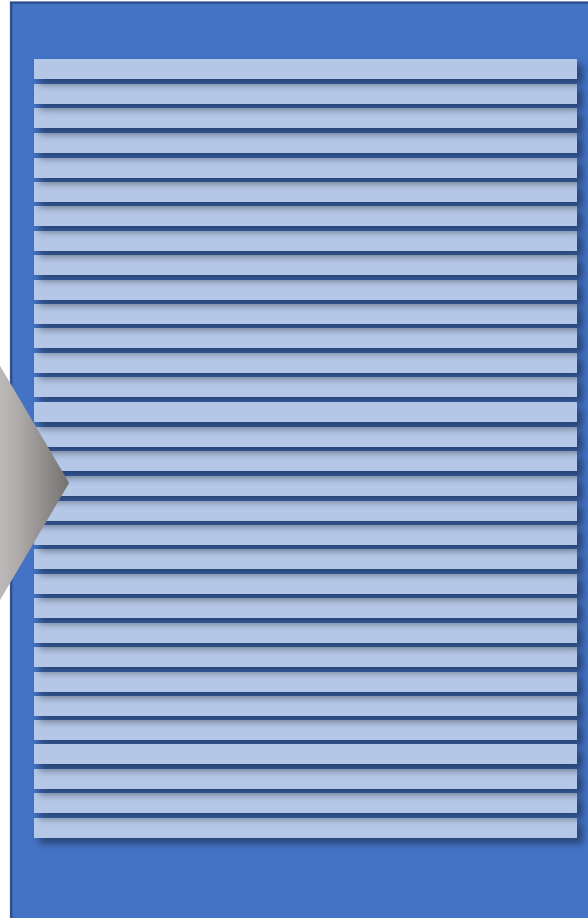
Mit neuer Technologie:

**Perspektive mit
1900 km Reichweite**

25% active material
Conventional design



30-35% active material
Cell-to-Pack design



CATL

Cell-to-Pack (CTP) -Technologie Gen. 1

erhöht laut CATL

- Spezifische Energie um 10-15%, und
- **Energiedichte um 15-20%**, und

Zahl der Teile für die Fertigung des Batterie Packs **verringert sich um 40%**.

BYD: „Blade“ battery

CATL launches CTP 3.0 battery “Qilin,” achieves the highest integration level in the world

2022-06-23

<https://www.catl.com/en/news/958.html>



255 Wh/kg on pack level

BYD and CATL in 2023:

- **>1000 km Reichweite (WLTP)**
- **Laden: 700 km in 10 min**

Erster Serien-PKW mit >1000 km Reichweite (WLTP)

Hersteller: **Geely, Modell Zeekr 001**

Geely-Konzern: Volvo, Lotus, Lynk, 10% bei Mercedes,

140 kWh LFP-Akku, 3,8 sec von 0-100 km/h, 120 km Laden in 5 min



<https://www.auto-motor-und-sport.de/elektroauto/geely-premium-e-autos-zeekr-001/>

LFP-Batterie Shenxing von CATL

Pluspol: LFP = LiFePO_4 → kein Co, kein Ni

Minuspol: Graphit



Bild: Modell Exceed/Chery 2023, derzeit in China, demnächst auch Europa

400 km Laden in 10 min

bei 700 km Reichweite

Laderate „4C“:

i.e. 4x pro Stunde zu 100% beladbar

Ende 2024:

Laderate „6C“

i.e. in 10 min beladbar

1 km Reichweite pro Sekunde



GEELY:

Lithium-eisenphosphat Akku (LFP)

3500 Zyklen

„50 Jahre Lebensdauer“ bei 20.000 km/a

„Short Blade“ Batterie



Produkte

E-Auto-Akku hält eine Million Kilometer ohne Leistungsverluste

11.07.2024

Die neue kompakte Bauweise soll zudem eine hohe Energiedichte und Sicherheit haben.



Sicher bei den „Six Tortures“:

Keine Entzündung/kritische Erwärmung beim Nagelpenetrationstest oder mechanischer Beschädigung

Zusammenfassung



Gesamt:

Batteriefahrzeuge weisen geringste THG Emissionen, beste Energieeffizienz und geringste Kosten auf
Genereller Trend zur Abkehr von kritischen Rohmaterialien und zur Verringerung der Fertigungskosten

- billigere, häufiger vorkommende Materialien (kein Co, kein Ni)
- Fertigungsprozesse mit geringerem Energieaufwand
- Einsatz von 100% EE in der Produktion

Chemie

- ca. 10-20% Kapazitätssteigerung durch bessere Kathoden mit höherer Spannung und Kapazität
- ca. 30-40% Kapazitätssteigerung durch bessere Anoden mit Silizium@Carbon-Kompositen
- Batterien frei von kritischen Rohstoffen, z.B. die Na-Ionenbatterie

Engineering

Neue Batterien mit optimiertem Packdesign erlauben höhere Reichweiten, schnellere Beladung, höhere Sicherheit

- BYD, CATL, NIO: 1000 km WLTP, 700 km Zuladung in 10 min (Stand 2024).
- Perspektive: 1900 km Reichweite pro Ladung („zero excess“)

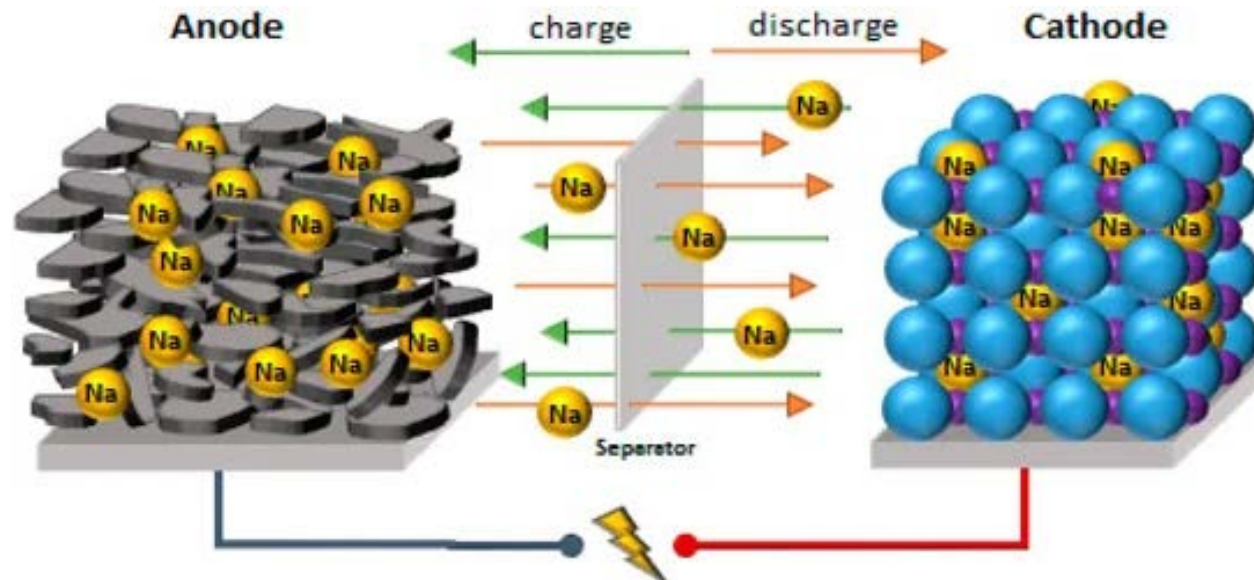
Vielen Dank !

www.celest.de

www.hiu-batteries.de

www.postlithiumstorage.org





POLoS
Post Lithium Storage
Cluster of Excellence

📖 J. Peters et al., Batteries 2019, 5 (1), 10

„Drop-in“ technology

Li-Batteries



Al

Li

Ni

Mn

Co

Graphite

Cu

critical / expensive / toxic raw materials



Na-Batteries



Al

Na

Fe

Mg

Mn

Hard carbons

Al

sustainable / cheap / non toxic raw materials

First passenger car announced with Na ion battery from HiNa.



Chinese battery giant CATL to supply first sodium-ion batteries to Chery EVs

APRIL 20, 2023 · NO COMMENTS · 2 MINUTE READ · JOSHUA S. HILL



BYD breaks ground on its first sodium-ion EV battery plant

30 GWh



Peter Johnson | Jan 5 2024 - 11:41 am PT | 60 Comments

Volkswagen-backed EV maker rolls out first sodium-ion battery powered electric car



Peter Johnson | Dec 27 2023 - 11:10 am PT | 66 Comments

JAC Yiwei 3



Cars with sodium ion batteries?

First passenger cars with Na ion battery
are on the market (JAC Yiwei 3, JMEV,...)



Image: JMEV / RENAULT



Image: JAC