



PROTECT
THE
PLANET

Dr. Ing. Alexander Eichberger
Gründer Initiative „unserklima.jetzt“ und Reihe „Kino&Klima“

„Klima und Mobilität“: E-Fuel, H2 oder E-mobil? Treibstoffe der Zukunft im motorisierten Verkehr

Donnerstag, 27.07.2023, 19:00 Uhr,
Münchner Zukunftssalon und parallel Zoom-Online und YouTube

in Kooperation mit:



Münchner
Initiative
Nachhaltigkeit



Forum
Nachhaltig Wirtschaften

**FOSSIL
FREE
MÜNCHEN**

BUND
Naturschutz
in Bayern e.V.
Kreisgruppe München



oekom e.V.

GREEN CITY
Der Verein.



München
Zero





Herzlich willkommen zu dem Vortrag

**E-Fuel, H₂ oder E-mobil?
Treibstoffe der Zukunft im motorisierten Verkehr**

Dr.-Ing. Alexander Eichberger
www.unserklima.jetzt

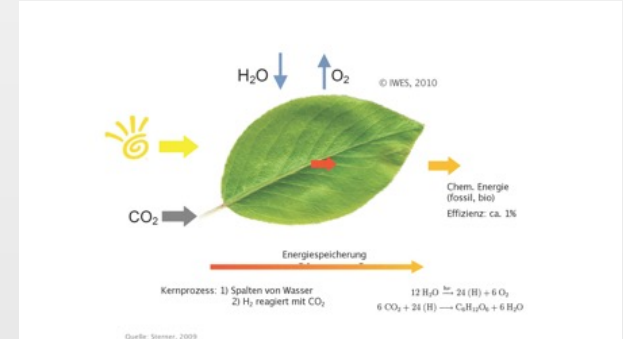
Klima

Gerichte

Geo-Politik

Markt

Die Natur – Fotosynthese (genial):



Der Mensch – Verbrennung (nicht so genial):



Früher wie heute
Öl
Gas
Kohle
...

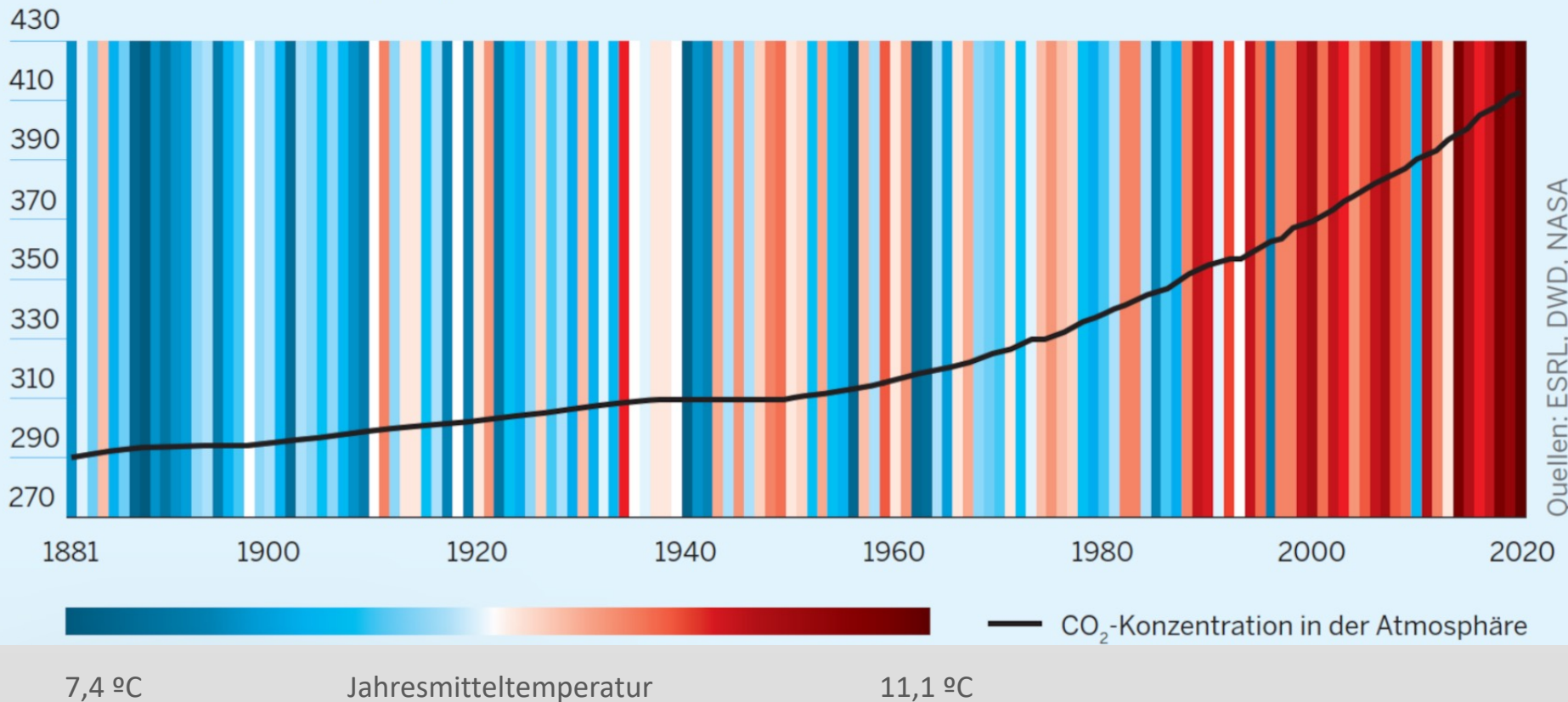


Primaten im Business Dress

Warum raus aus Öl, Gas, Kohle?

Klimawandel CO₂ - Erderwärmung

Kohlendioxidkonzentration in parts per million



IPCC :“... das Ausmaß der Treibhausgasemissionsminderungen **in diesem Jahrzehnt** bestimmt weitgehend, ob die Erwärmung auf 1,5 °C oder 2 °C begrenzt werden kann”



Dürre Sommer 2018/2019
Elbe bei Dresden



Sturzflut 2021
Ahrtal



Waldbrände 2022
Südfrankreich



Studie im Auftrag BMWK
Prognos et. al.

Direkte und Folgeschäden durch
Klimawandel in D bis 2050:
250 – 900 Mrd. €



- Verkehr (Öl) verursacht weltweit 24% des CO2 Ausstoßes *
- Hohe **Belastung** an Stickoxiden und Feinstaub in **Städten (Fahrverbote)**
- **13.000 vorzeitige Todesfälle** in D pro Jahr durch Verkehrsemissionen **
- Verkehr ist **Lärm**hauptursache in Städten
- Reifenabrieb macht weltweit 35% des **Mikroplastiks** in Gewässern aus *
- Öl/Gas erzeugt/e **geopolitische** Abhängigkeiten, z.B. Russland

* Umweltbundesamt UBA

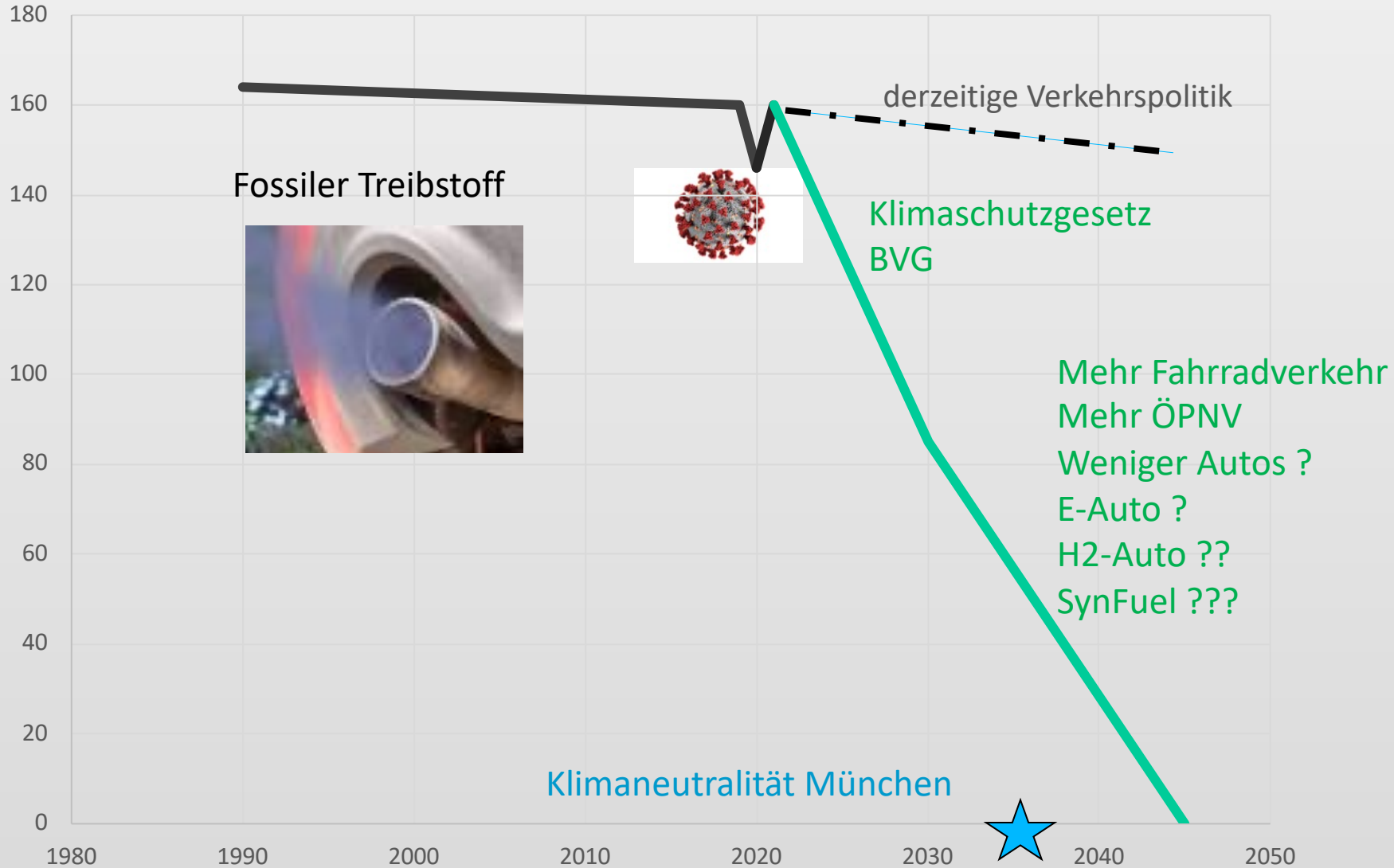
** International Council on Clean Transportation ICCT

Crude Oil Reserves in Billion Barrels (Gbbl)

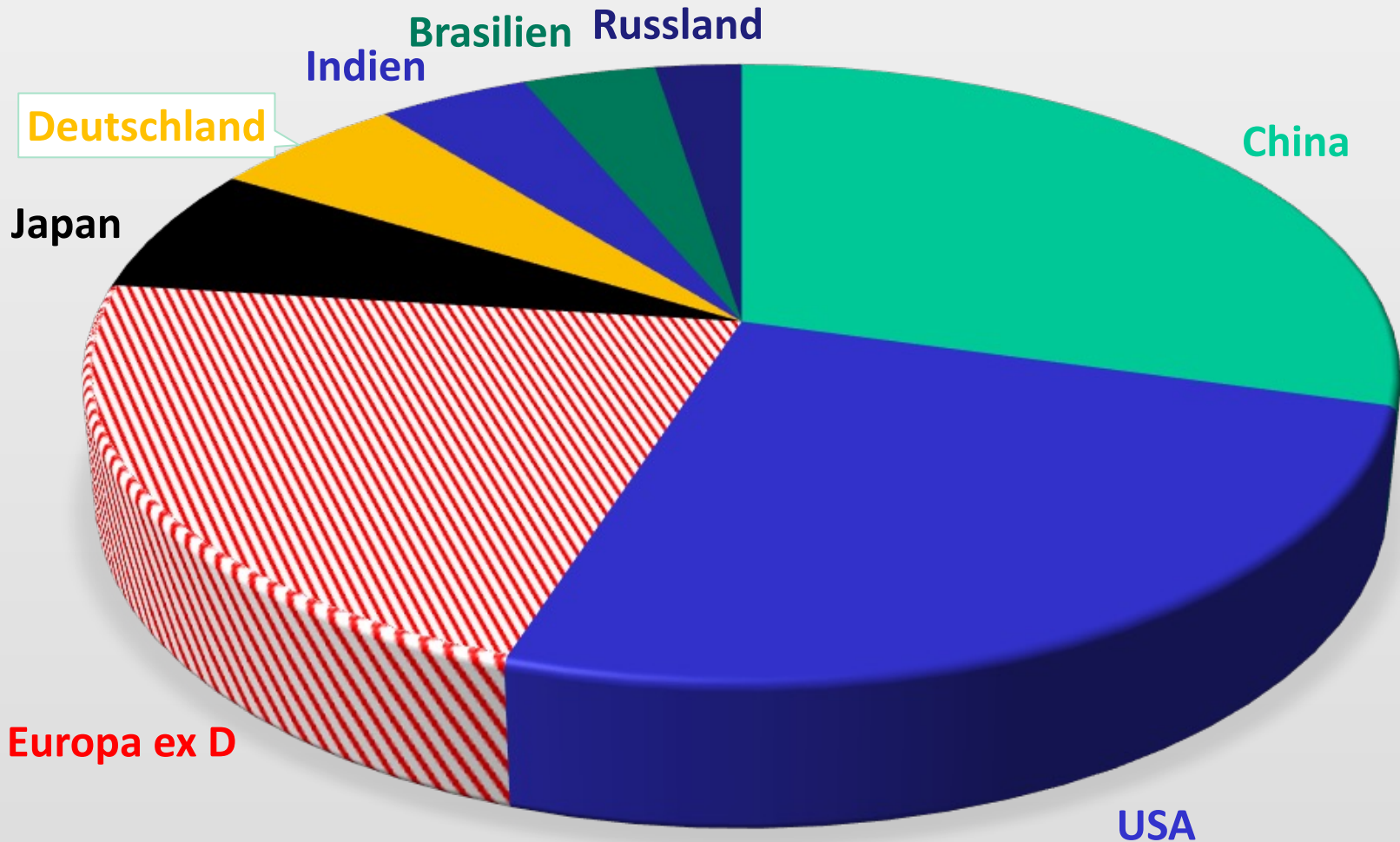


CO2 Plan für Verkehr - Bundesverfassungsgericht

D Mio t CO2 Äquivalente Verkehr



Globaler Automarkt



Die Zukunft des Autos wird nicht (nur) in Deutschland entschieden

Wer entscheidet über Zukunft des Autos?

1. Klimawandel – IPCC Zeitschiene bis 2030

“... das Ausmaß der Treibhausgasemissionsminderungen **in diesem Jahrzehnt** bestimmt weitgehend, ob die Erwärmung auf 1,5 °C oder 2 °C begrenzt werden kann”

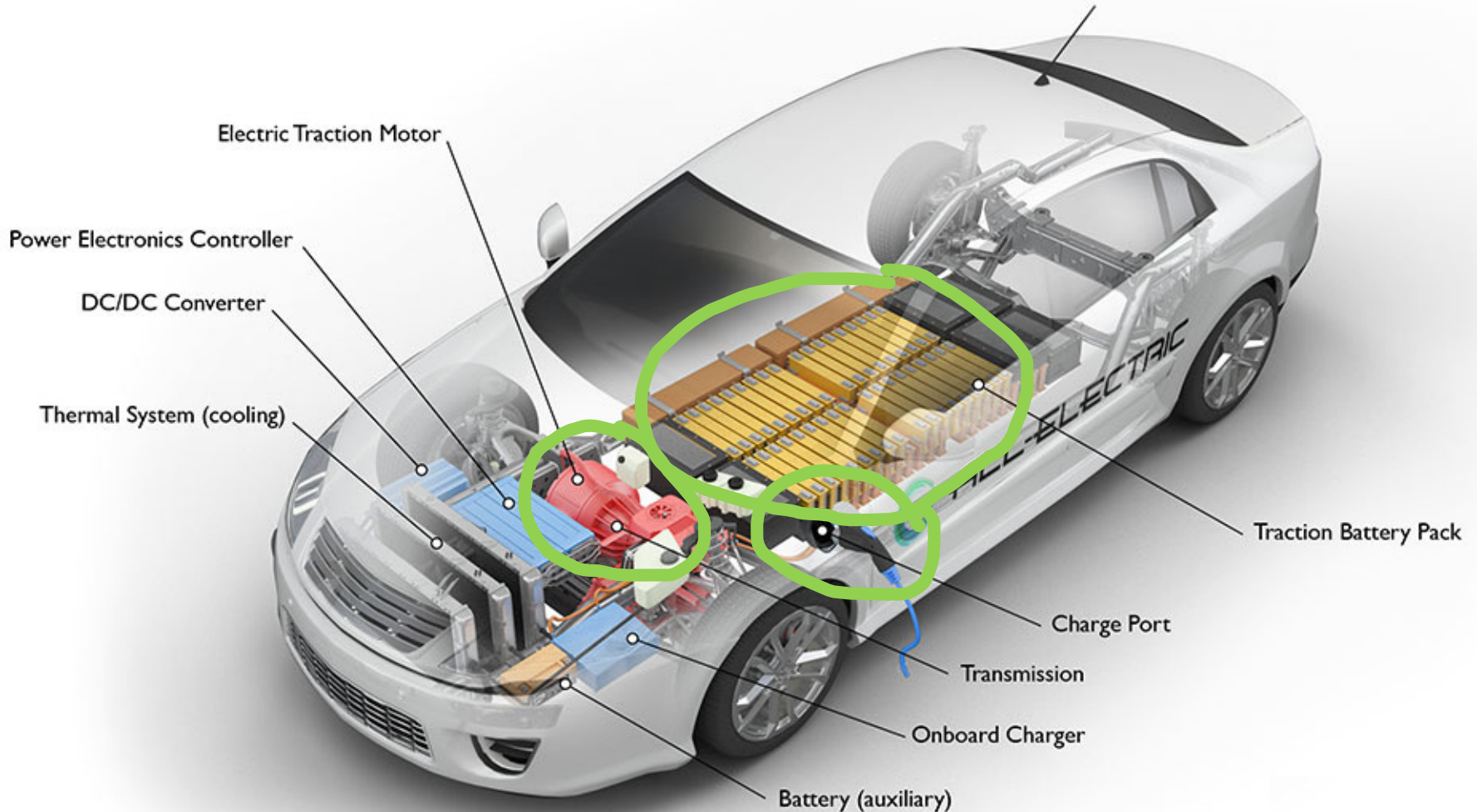
2. Geo-Politik

3. Gerichte

4. Markt: USA, China und Indien

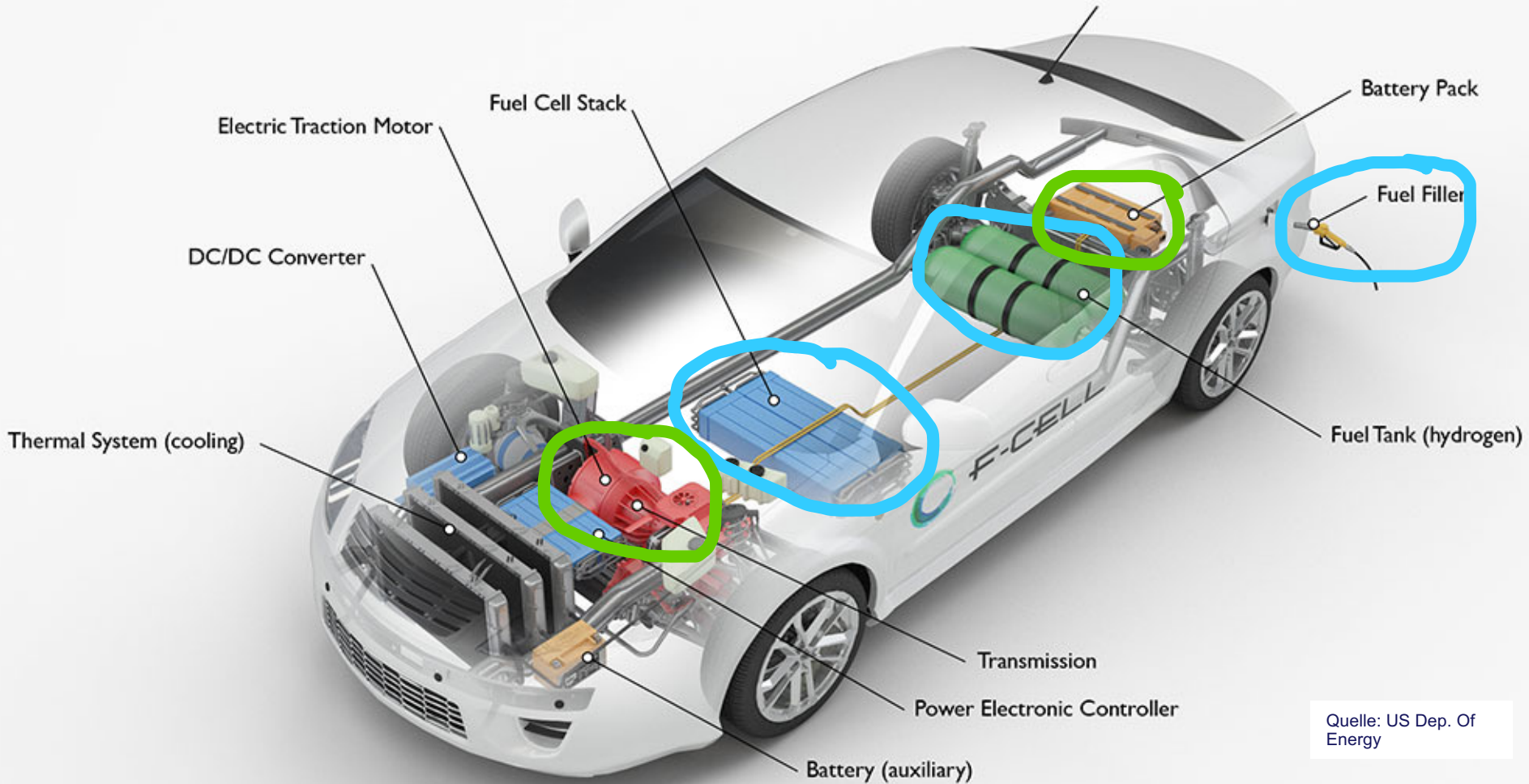
Emissionsfreie Fahrzeuge Technik

All-Electric Vehicle



Technik: Hauptkomponenten von FCEV (Brennstoffzellen- / Wasserstoffauto)

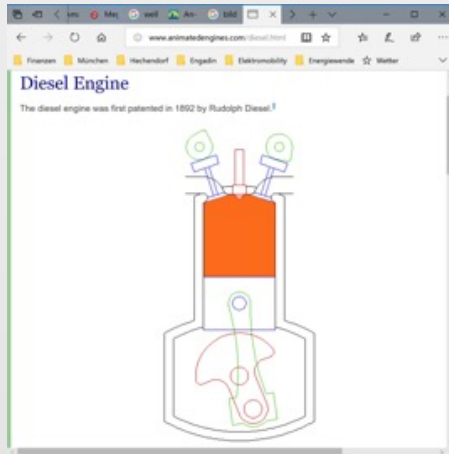
Hydrogen Fuel Cell Vehicle



Quelle: US Dep. Of Energy

Verbrennungsmotor (ICEV)

Leistung



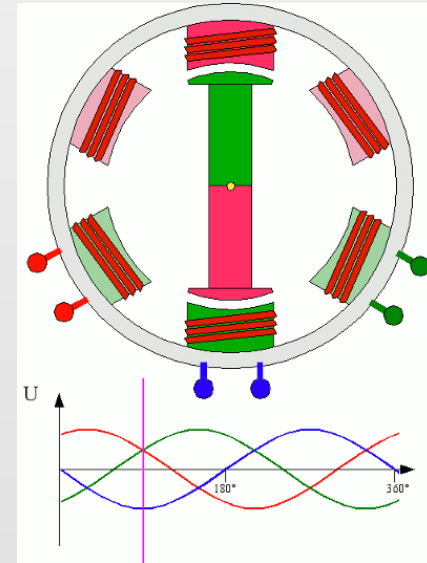
1PS ~ 0,73kW

Energie



Tank

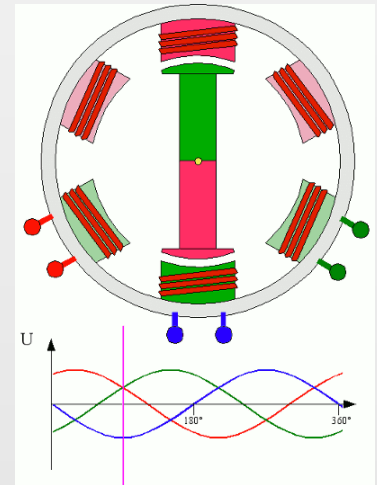
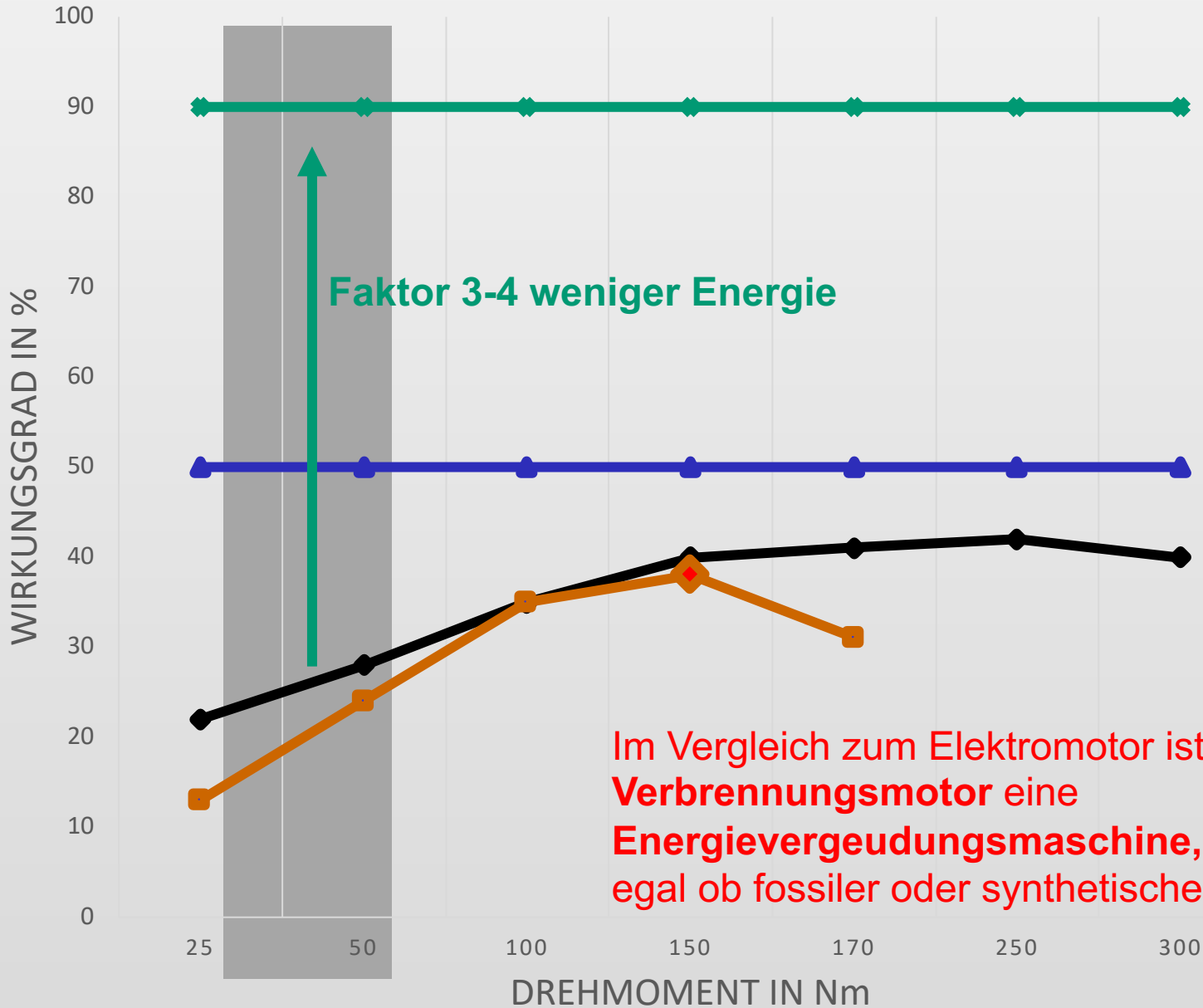
Elektromotor (BEV, FCEV)



Akku

1l ~ 10kWh

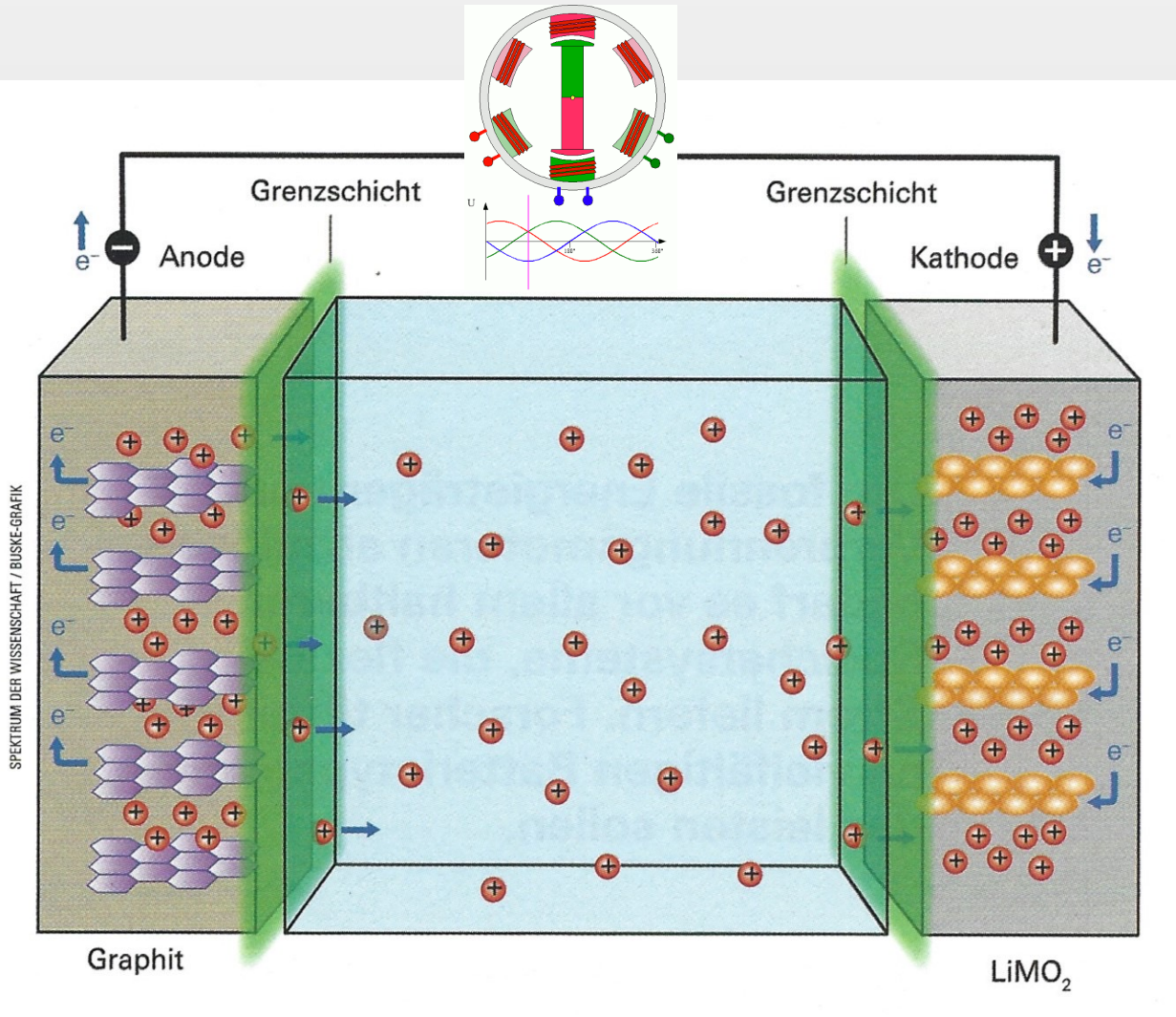
Wirkungsgrad: Verbrennungs-, Elektromotor, Hybrid, BZ



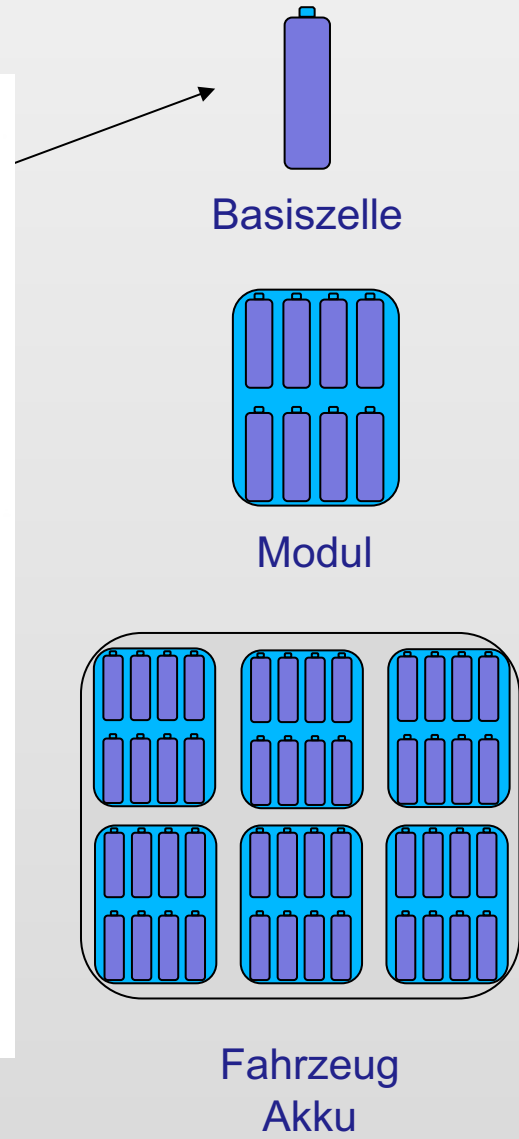
- Diesel
- Otto
- BZ+Elektro
- ◆ Elektro

Im Vergleich zum Elektromotor ist der **Verbrennungsmotor** eine **Energievergeudungsmaschine**, egal ob fossiler oder synthetischer Sprit

Technik: Li-Ionen Akku – Funktionsprinzip (BEV)

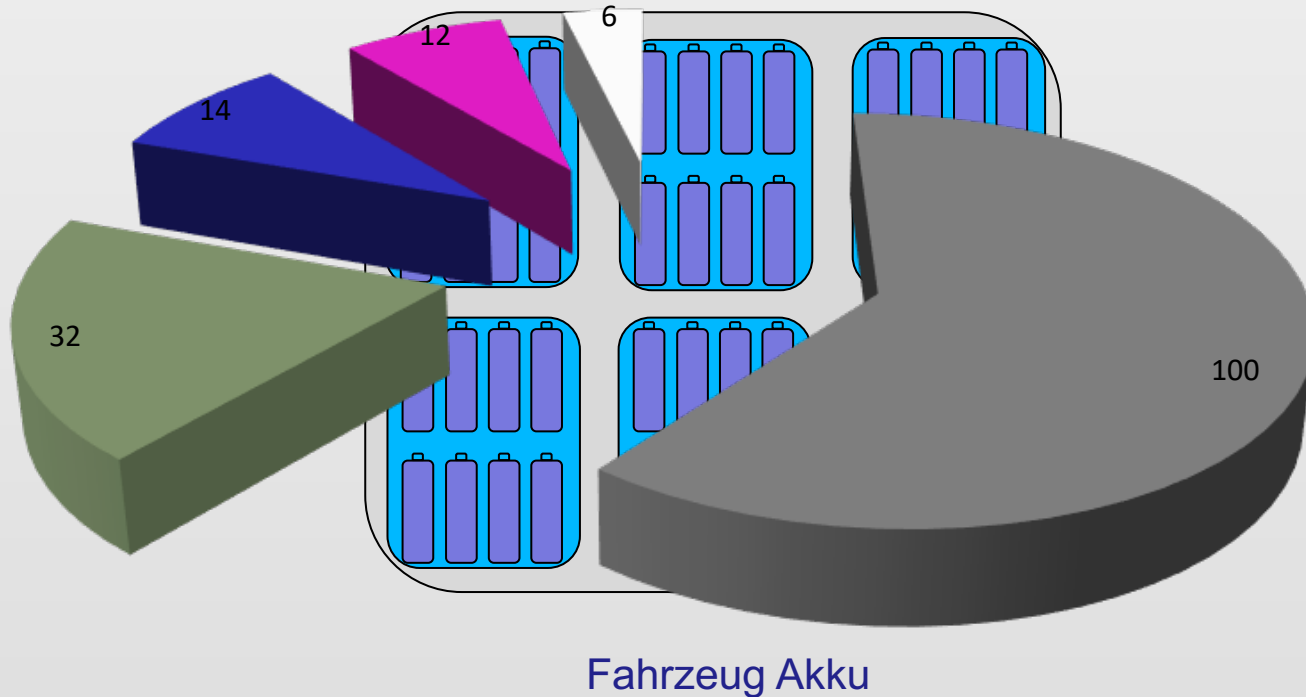


SPKTRUM DER WISSENSCHAFT / BUSKE-GRAFIK



Wieviel Lithium und Kobalt steckt in einem Akku?

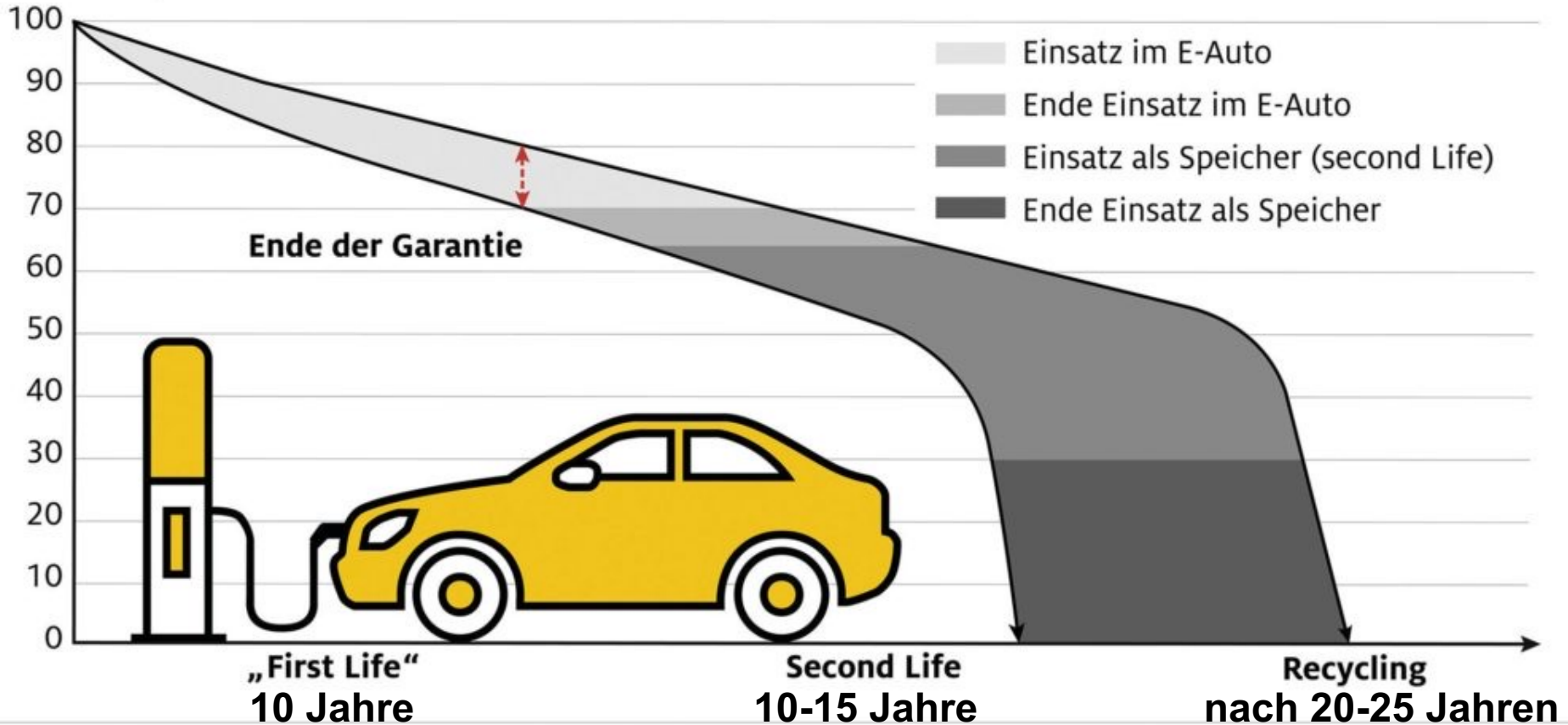
Das steckt in einem 50kWh Akku mit 400kg



■ Graphit ■ Nickel ■ Kobalt ■ Mangan ■ Lithium

Lebenszyklus einer E-Auto-Batterie

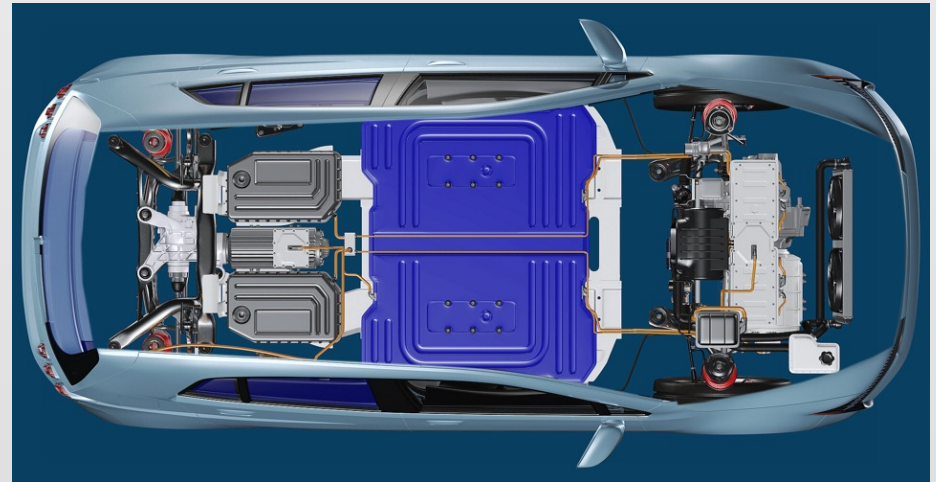
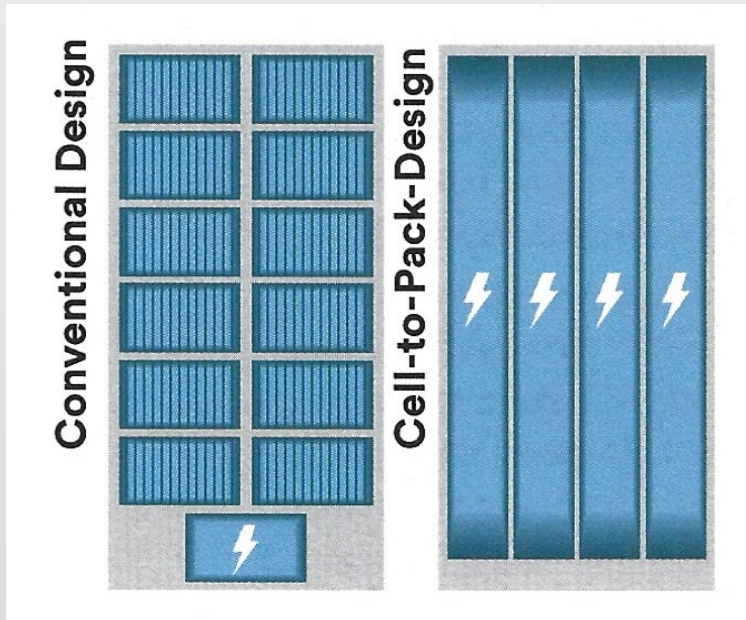
Batteriekapazität in %



Quelle: ADAC e.V.

©ADAC e.V. 12.2019

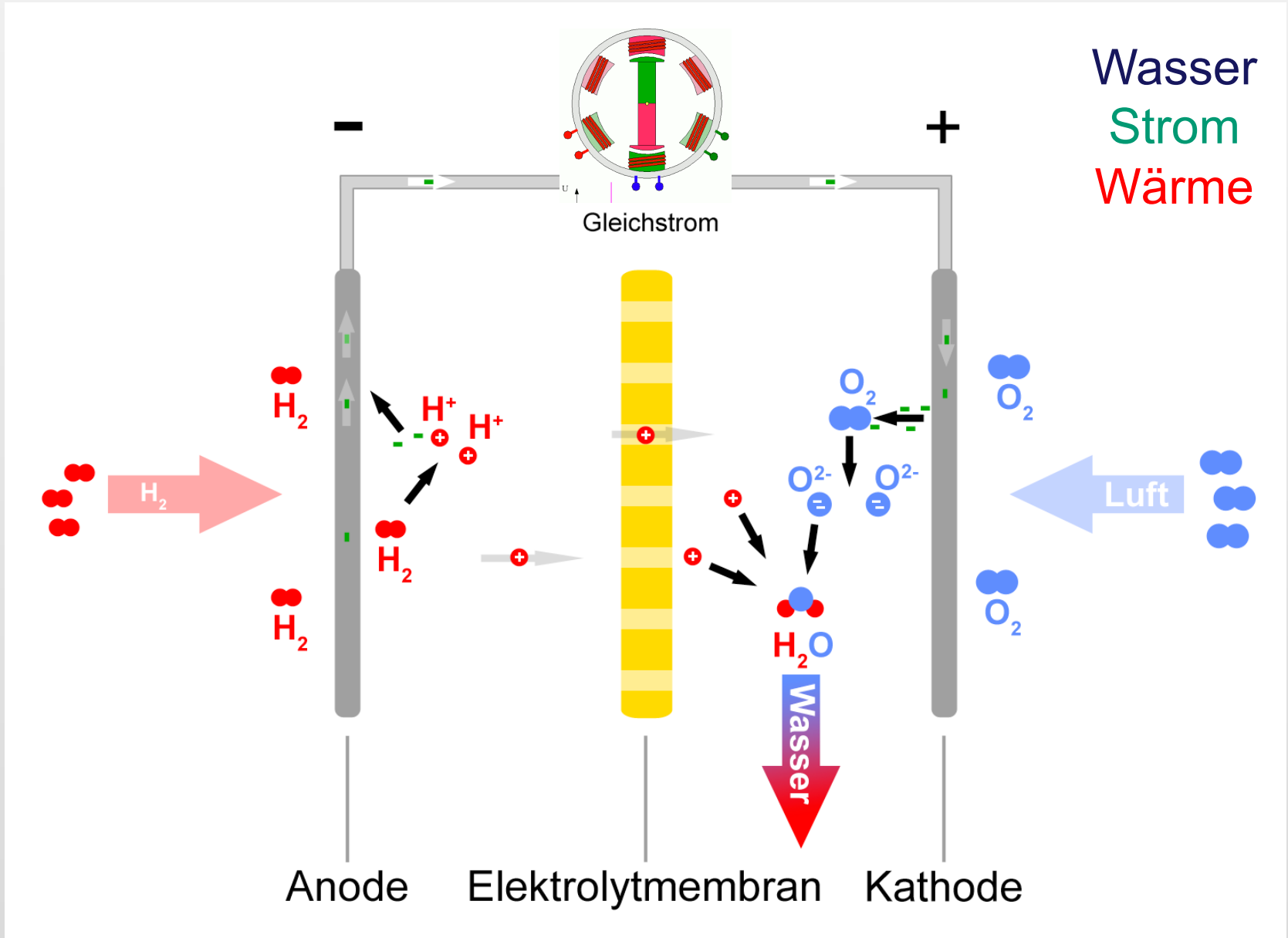
- Cell to Pack 15-20% mehr Energiedichte
- Cell to Chassis 40% mehr Energiedichte
- Lithium-Eisen-Phosphat Batterie (LFP) – ohne kritisches Kobalt
- **Natrium Ionen Batterien** – ohne Lithium, Nickel und Kobalt



Verbrennungsmotor ist nahezu ausentwickelt

Batterietechnologie hat große Entwicklungspotentiale

Funktion Brennstoffzelle



Wasser
Strom
Wärme

Rohstoffe

Platin, Bor*,

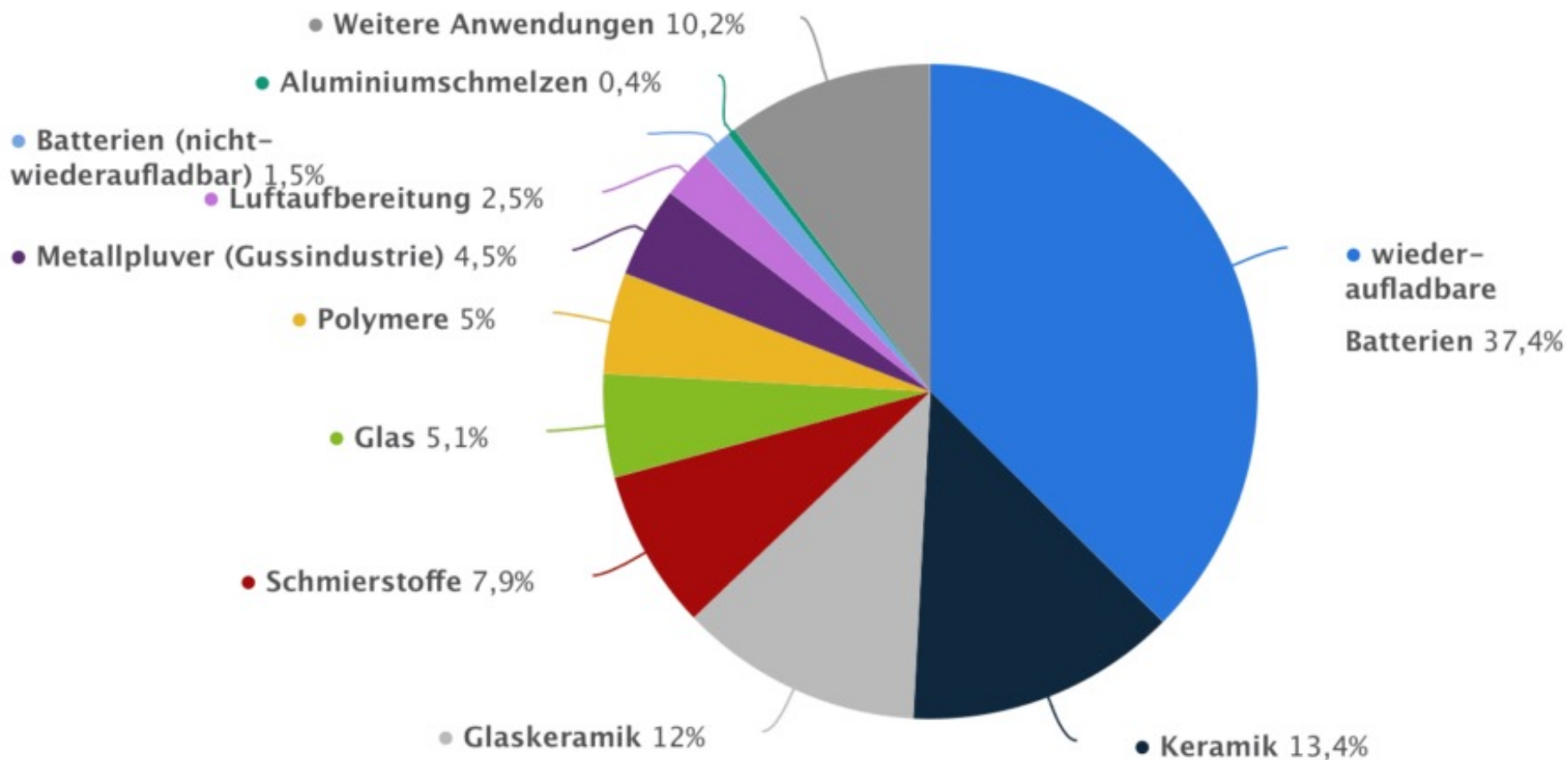
Lithium, Kobalt,

Kupfer,

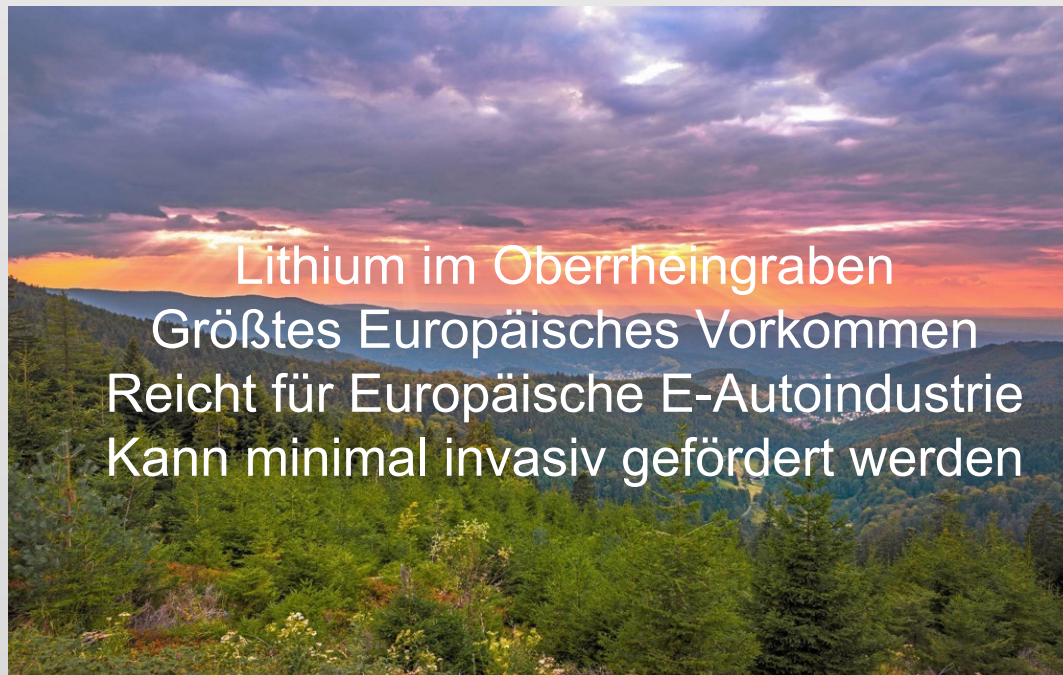
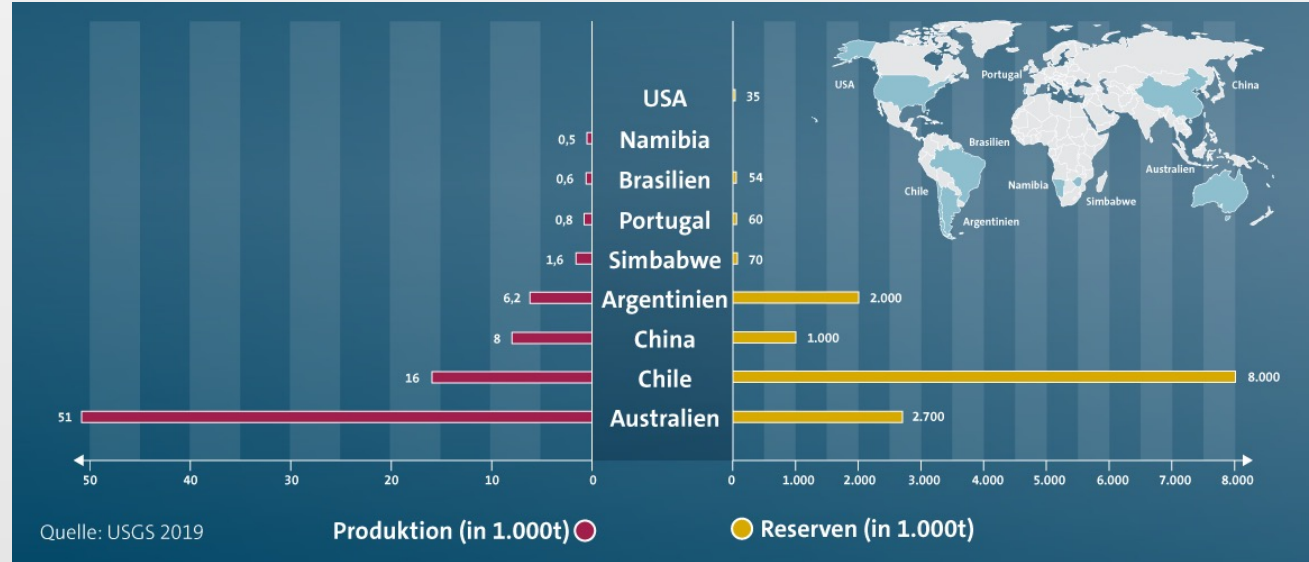
Seltene Erden

* Kritisch bzgl. Rohstoffabhängigkeit

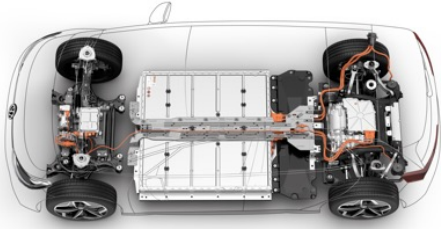
Wofür wird Lithium verwendet?



Wer schürft Lithium?



Lithiumgewinnung durch Verdunstung



64 kWh Akku



250 g Rindfleisch



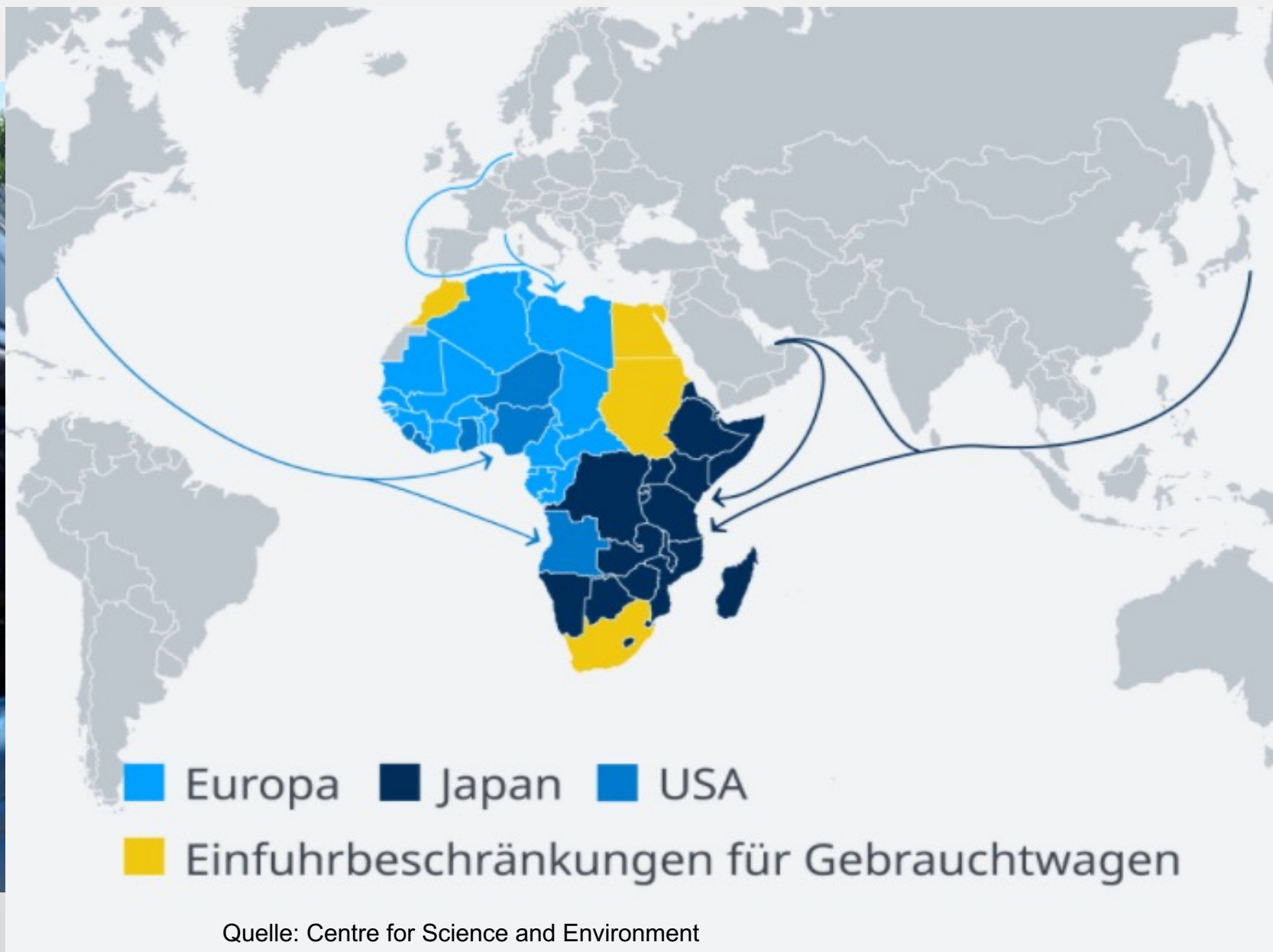
10 Avocados



30 Tassen Kaffee

3840 l Wasser
werden benötigt
für

Alte Verbrenner nach Afrika !



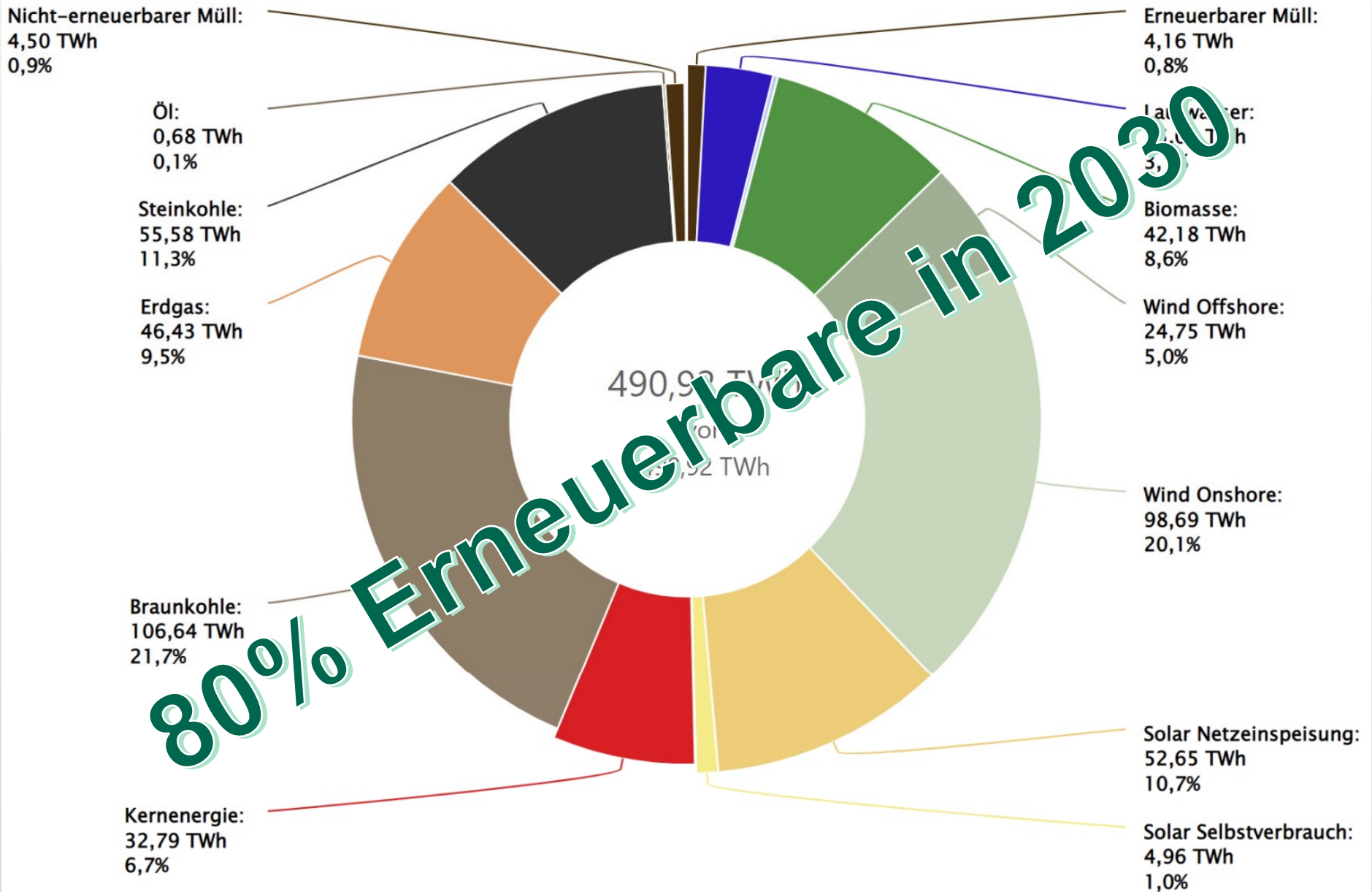
Quelle: Centre for Science and Environment

Grüner Treibstoff

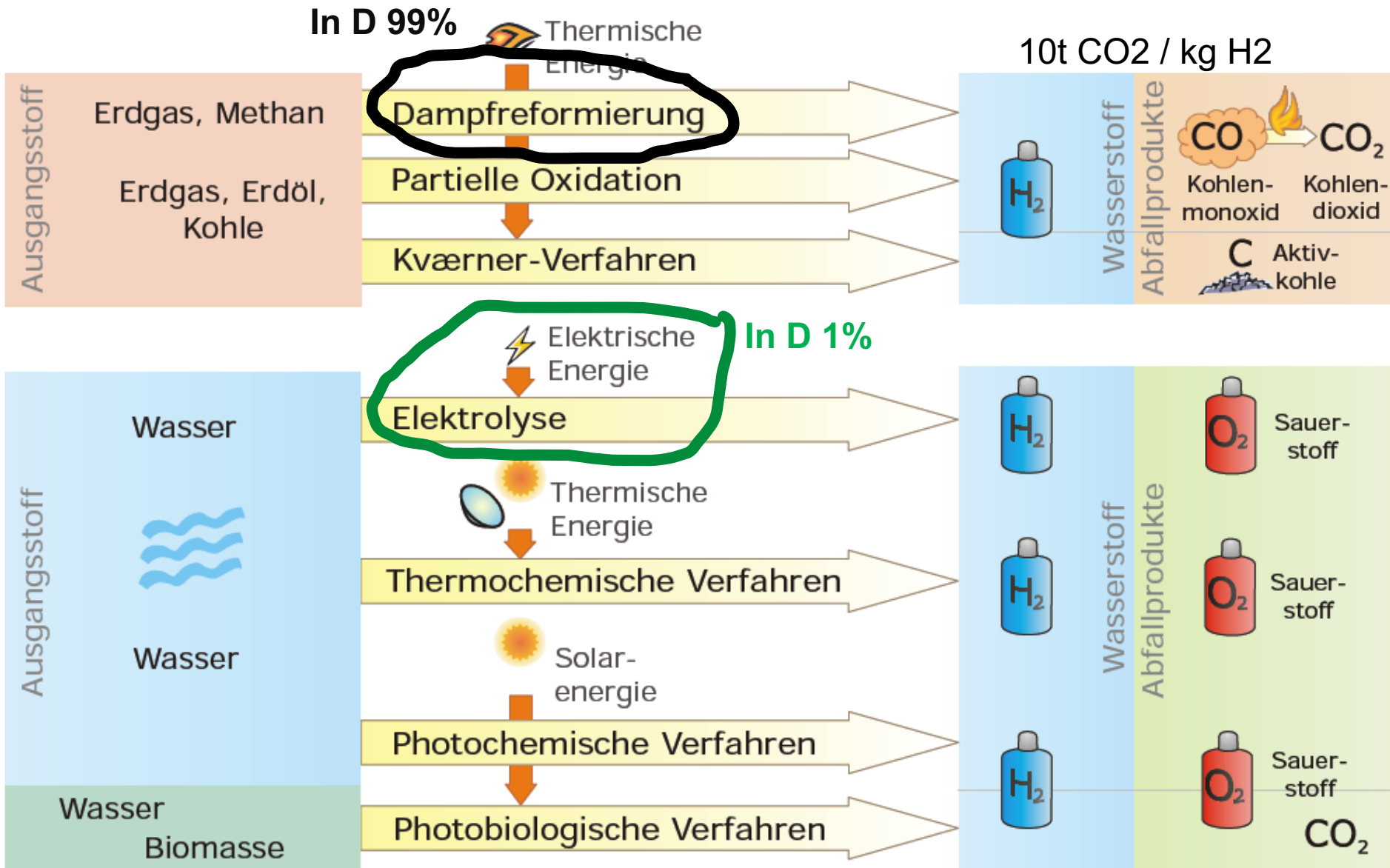
Strom – H₂

E-Fuel

Woher kommt der Strom – Strommix D 2022



Woher kommt der Wasserstoff?



Synthetische Kraftstoffe aus Wasserstoff



Syn-Fuel

- Grauer Wasserstoff
- aus Öl, Kohle, Gas
 - erzeugt CO₂
 - schmutzig
 - € günstig
 - **99% Anteil in D**



Syn-Fuel

- Türkiser Wasserstoff
- aus Methan CH₄
 - und grünem Strom
 - erzeugt Kohle
 - wird gelagert
 - € teuer



Syn-Fuel

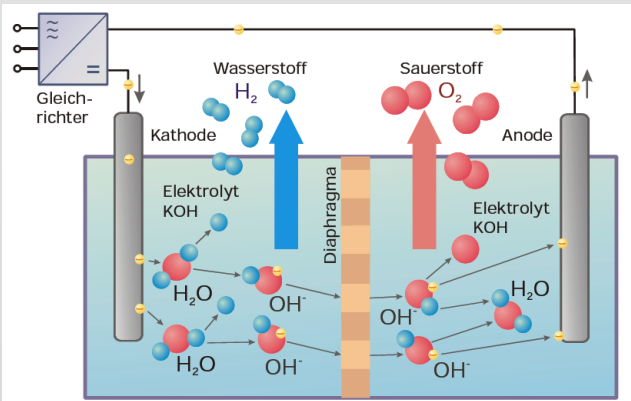
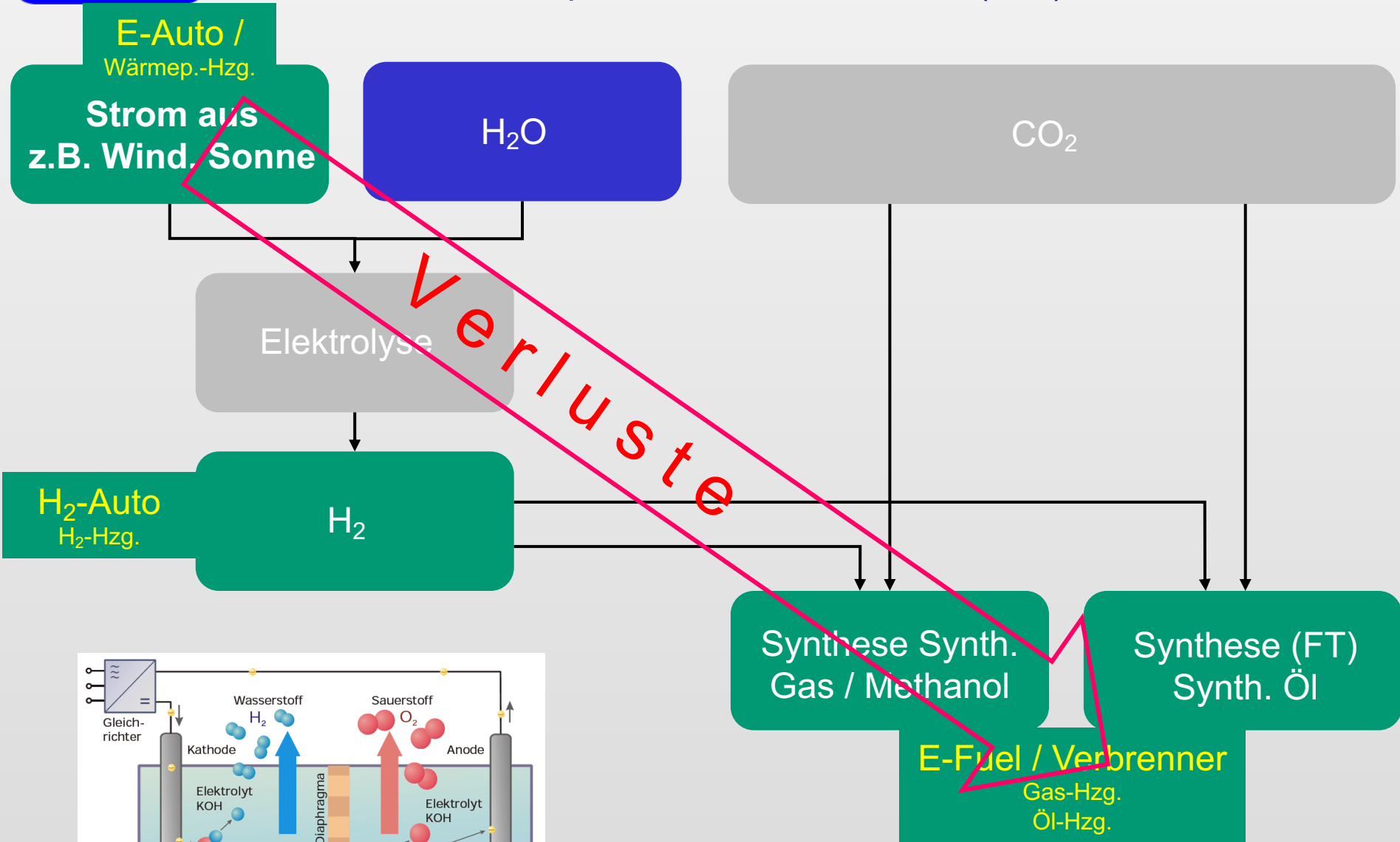
- Blauer Wasserstoff
- aus Öl, Kohle, Gas
 - erzeugt CO₂
 - CCS (Speicherung)
 - bilanziell nicht klimaneutral
 - fragwürdig
 - € teuer



E-Fuel

- Grüner Wasserstoff
- Elektrolyse
 - grüner Strom
 - sauber
 - € teuer
 - **z.Z. nur 1%**

E-Gas / E-Sprit aus Grünem Strom (PtX)



Effizienz: Well to Wheel Pkw

E-Auto

Wasserst.-Auto

Verbrenner/ Syn.Sprit

Direktes Stromladen

batterie-elektrisches Fahrzeug

Wasserstoff

Fahrzeug mit Brennstoffzelle

Power to Liquid-Treibstoff

Fahrzeug mit Verbrennungsmotor

Elektrolyse

CO₂-Abscheidung,
FT-Synthese

Transport, Speicherung,
Distribution

**Effizienz
Treibstoffproduktion**

Wechselstrom
zu Gleichstrom

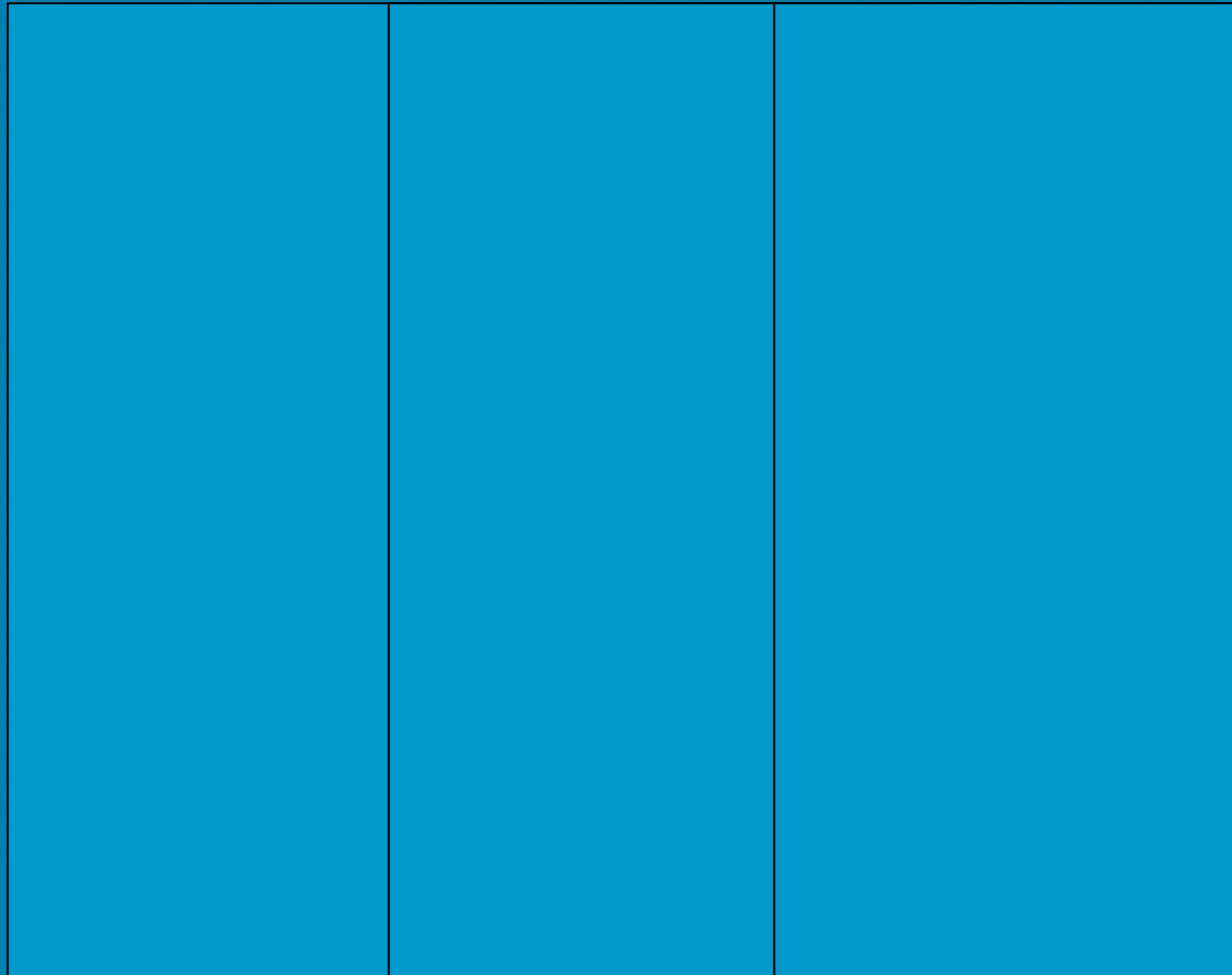
Batterieaufladung

Umwandlung Wasserstoff
zu Strom

Gleichstrom zu
Wechselstrom

Effizienz Motor

**Gesamteffizienz
"Well to wheel"**



3 MW Windrad

Energiequelle Energieträger

Antrieb

Lokal
emissionsfrei

Eine 3-MW-Windkraftanlage versorgt...

Strom

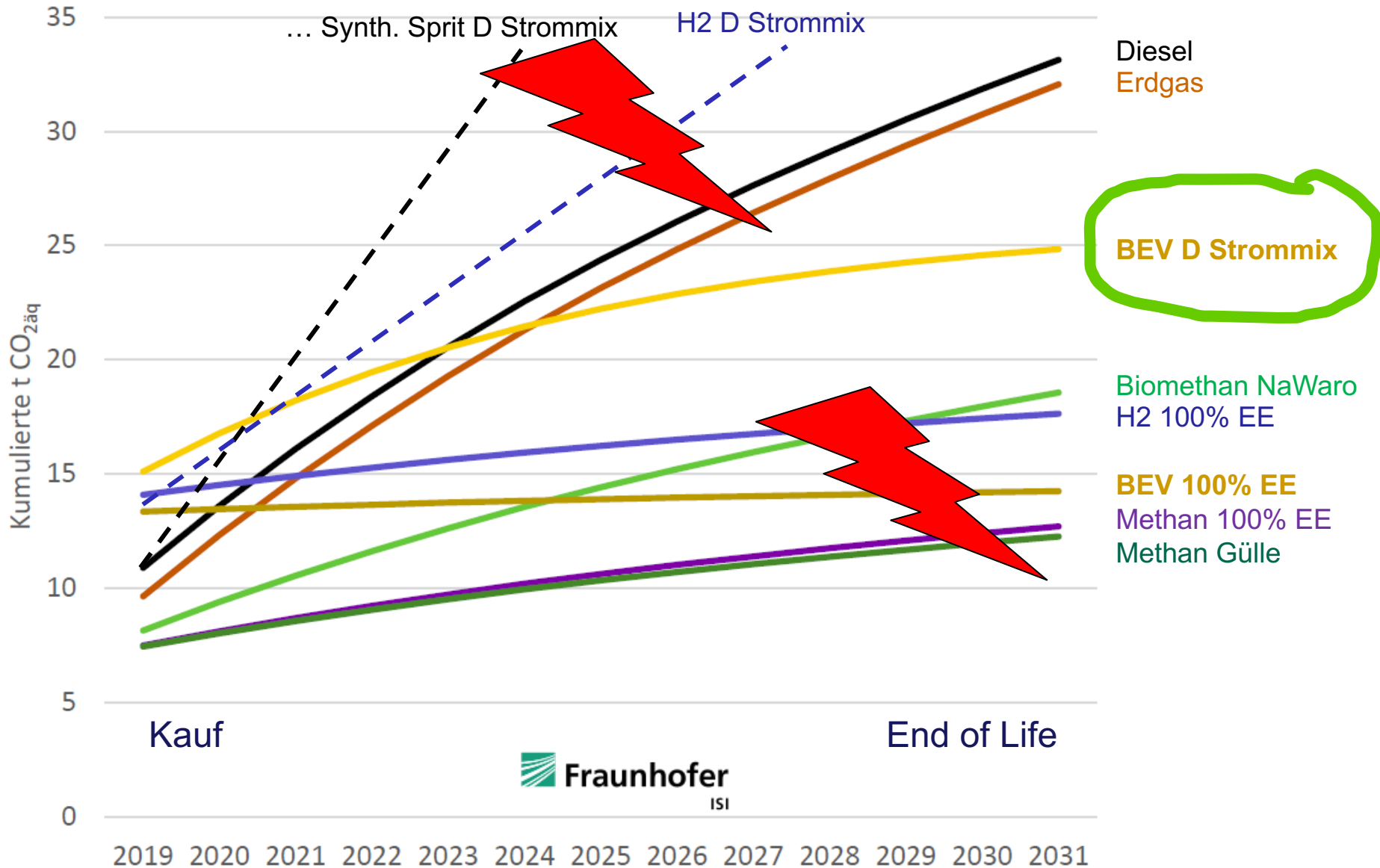


z.B. Wind-
kraftanlage

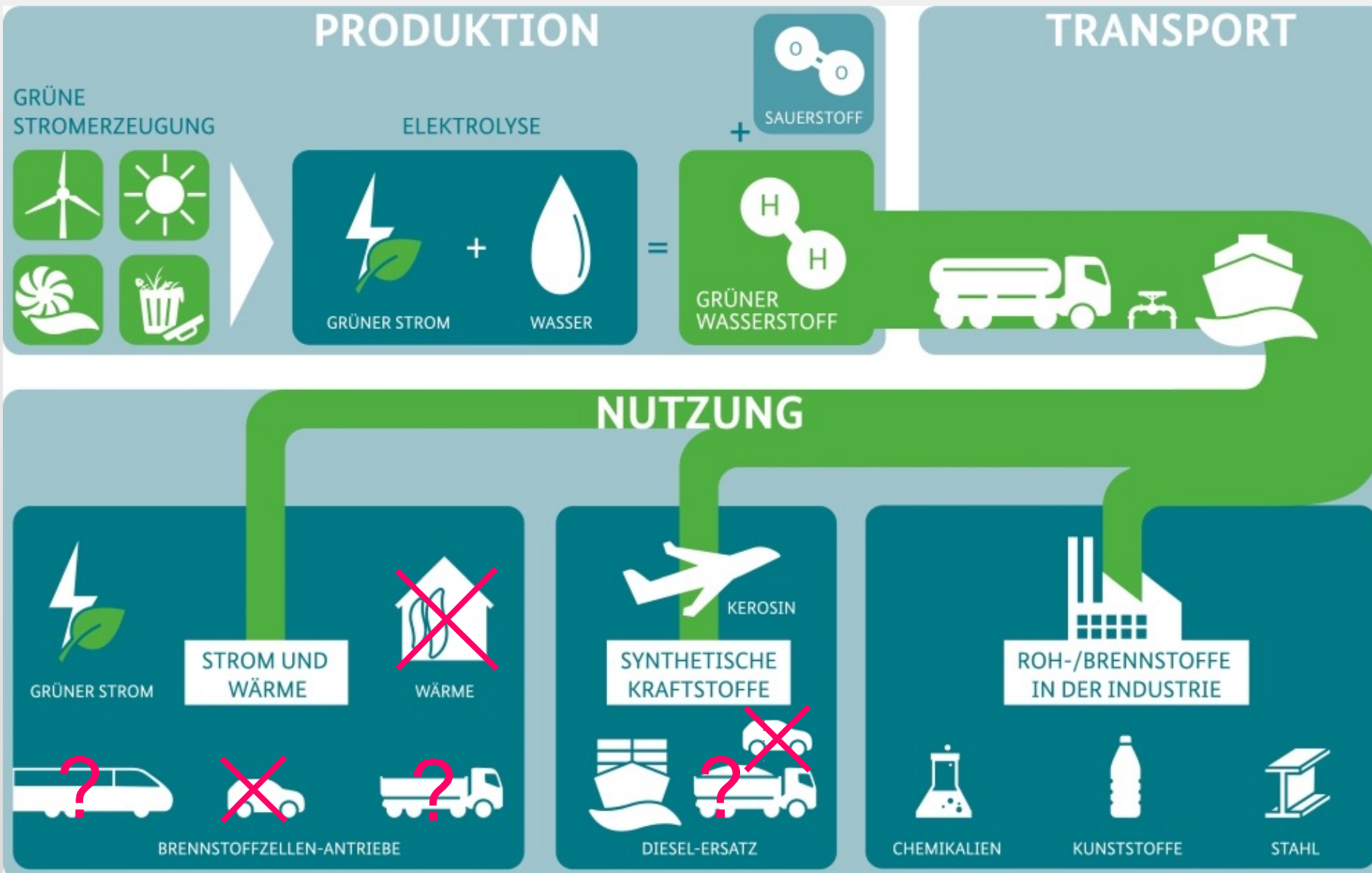
3 Megawatt
Leistung,
2000 Stunden
Volllast pro Jahr

Quelle: VDE

Was ist der klimafreundlichste Treibstoff für Pkw ? ICCT, FhG

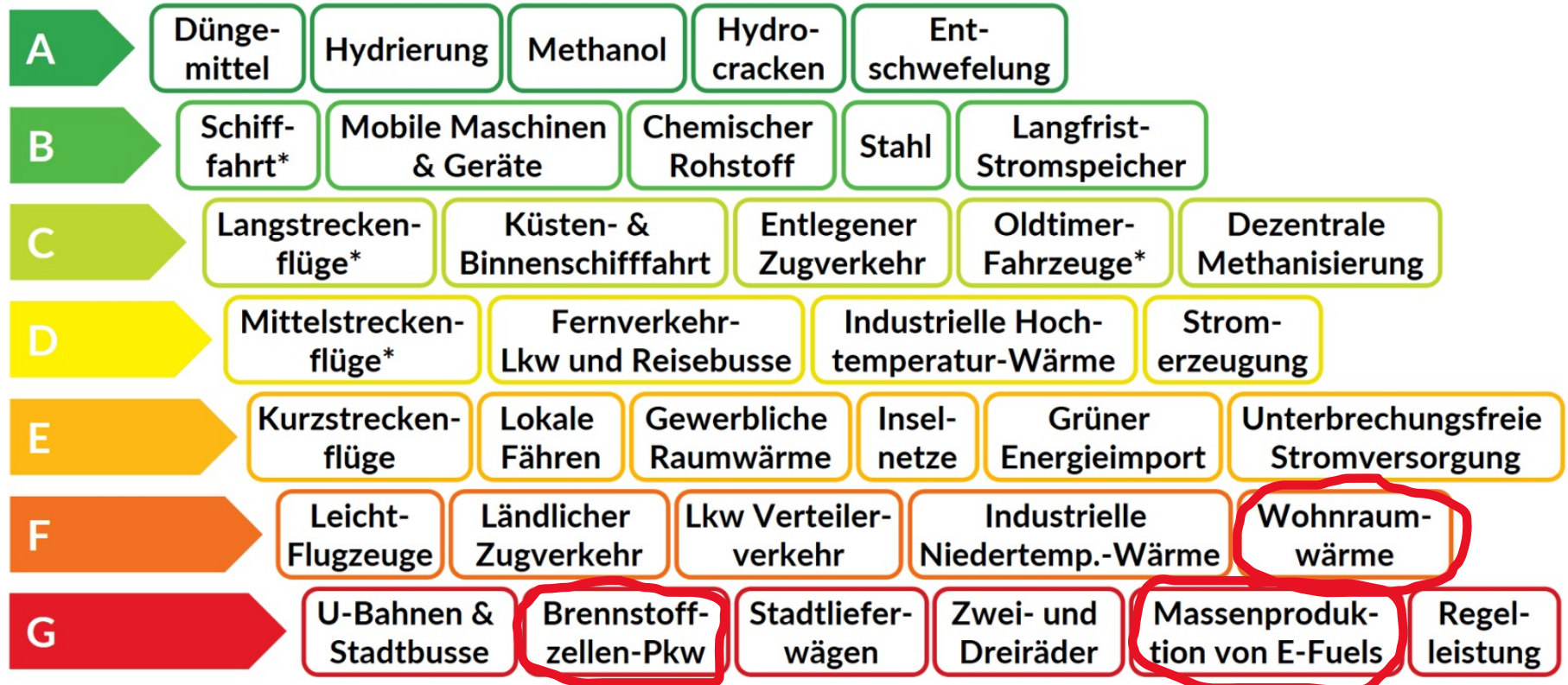


Wasserstoff – Wer braucht ihn (händeringend)?



Bedarf der Stahlbranche übersteigt die gesamte für 2030 geplante Menge an H₂

Alternativlos

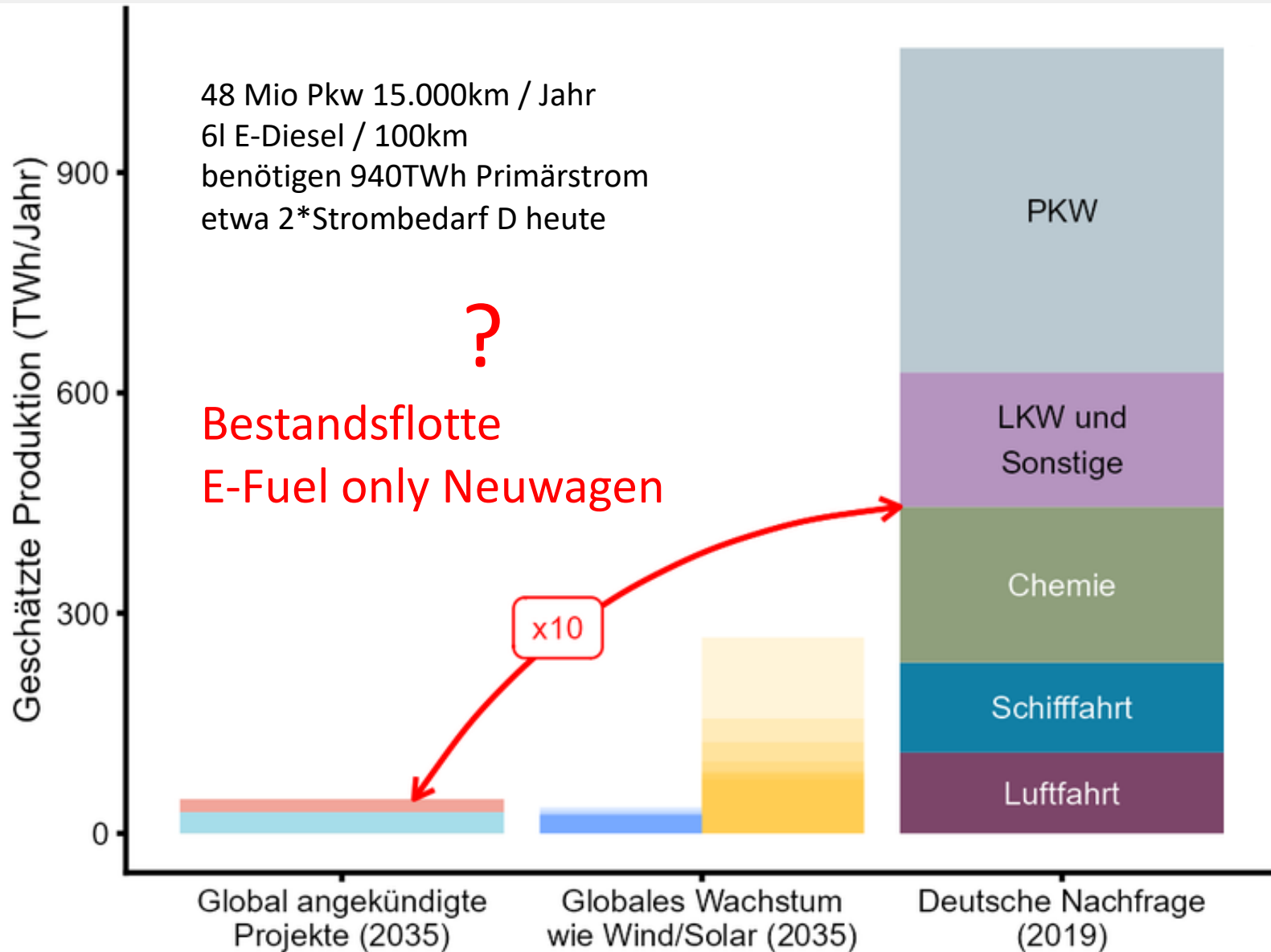


Unwirtschaftlich

* Sehr wahrscheinlich in Form von mittels Wasserstoff erzeugten E-Fuels oder Ammoniak.

(CREDITS: © Gregor Hagedorn, Wolf-Peter Schill & Martin Kittel, based on Michael Liebreich/Liebreich Associates, Clean Hydrogen Ladder, Version 4.1, 2021. Concept credit: Adrian Hiel, Energy Cities. CC-BY 4.0)

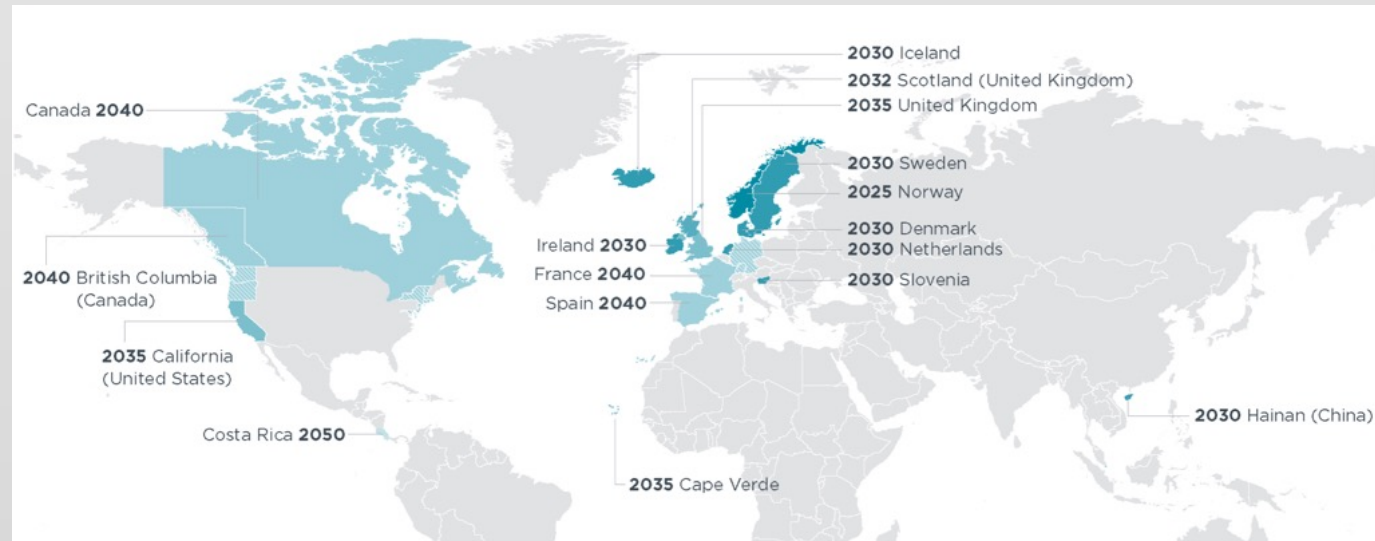
E-Fuels – Wer braucht sie wirklich?



Verbrenner Aus - Länder

- **2025**
Norwegen
- **2030**
NL, Island, Indien, Israel, Dänemark, Irland, Slowenien, Schweden
- **2032**
Schottland
- **2035**
Kalifornien; EU
- **2030 bis 2040**
GB, Japan, Frankreich, Taiwan, Spanien, Kanada
- **2050**
USA, Kanada

EU 2035*



Verbrenner Aus - Hersteller

- Opel (Stellantis) ab 2028 nur noch E-Autos
- GM 2035
- JLR 2025
- Volvo 2025-2030
- Renault 2030-2035
- Porsche 2025-2035
- Audi 2033
- Ford 2026 (BEV, PHEV)
- Daimler 2030-2035
- BMW ab 2024 keine V-Motoren in D
- VW steigt zw. 2033 und 2035 aus V aus



Golfklasse Kostenvergleich Kauf

Kraftstoffpreise (inkl. MwSt.): **Strom** 0,44€/KWh **Normal** 2,00€/l **Diesel** 2,16€/l
 Haltedauer: 5 Jahre
 Jahreslaufleistung: 15 000km

Elektro		VW ID.3 Pro Performance Schrägheck; 15,2 kWh/100km		Anschaffungskosten¹ 39 925€*
Wertverlust 412,79€/Monat	Fixkosten 76,76€/Monat	Betriebskosten ² 104,43€/Monat	Werkstatt, Reifen 56,60€/Monat	laufende Kosten 650,58€/Monat
Benzin		VW Golf 2.0 TSI Style DSG Schrägheck, Doppelkupplungsgetriebe; 6,5l/100km		Anschaffungskosten¹ 39 910€
Wertverlust 476,99€/Monat	Fixkosten 99,10€/Monat	Betriebskosten ² 190,17€/Monat	Werkstatt, Reifen 66,75€/Monat	laufende Kosten 833,01€/Monat
Diesel		VW Golf 2.0 TDI SCR Style DSG Schrägheck, Doppelkupplungsgetriebe; 4,6l/100km		Anschaffungskosten¹ 41 345€
Wertverlust 482,93€/Monat	Fixkosten 117,00€/Monat	Betriebskosten ² 152,47€/Monat	Werkstatt, Reifen 65,82€/Monat	laufende Kosten 818,22€/Monat



1) inkl. Extras und Umweltprämie; Quelle: ADAC; Graphik: SZ v. 4.10.22

ADAC Kostenvergleich E-Fzg.+PlugIn-Hybride gegen Benziner und Diesel Seite 3 von 19

Fahrzeug / Modell		Fussnoten	Leistung kW	Kraftstoff Antrieb1/ Antrieb2	Grundpreis	Cent pro km			
						Kilometerleistung pro Jahr			
Elektrofahrzeug	Plug-In-Hybrid					10000	15000	20000	30000
Benziner	Diesel								

Skoda

Enyaq iV 80		150	Strom	48900	95,5*	69,2*	57,2*	44,0*
Kodiaq 2.0 TSI Style 4x4 DSG	3	140	Super	47710	102,0	76,4	64,3	52,0
Kodiaq 2.0 TDI SCR Style 4x4 DSG	3	147	Diesel	50470	107,0	78,6	65,1	51,5
Enyaq iV 80		150	Strom	48900	95,5*	69,2*	57,2*	44,0*
Kodiaq 1.5 TSI ACT Ambition DSG		110	Super	39740	91,0	67,4	56,5	45,5
Kodiaq 2.0 TDI SCR Ambition DSG		110	Diesel	42850	95,5	69,7	57,5	45,0

<https://assets.adac.de/Autodatenbank/Autokosten/E-AutosVergleich.pdf>

Der größte Kostenblock ist der Wertverlust

EU-ETS II für Verkehr und Heizung ab 2026 macht Sprit und Gas teuer

Private Kosten: tragen die Nutzer, hier verdient Industrie/Aktionäre und Dienstleister

- Fahrzeugkauf und Abschreibung
- Betriebskosten (Sprit, Strom, Parken, Maut, etc.)
- Fixkosten (Steuer, Versicherung, etc.)
- Wartung (Inspektion, Reifenwechsel, etc.)

Soziale Kosten (externe Kosten, Gesellschaftskosten): tragen Alle

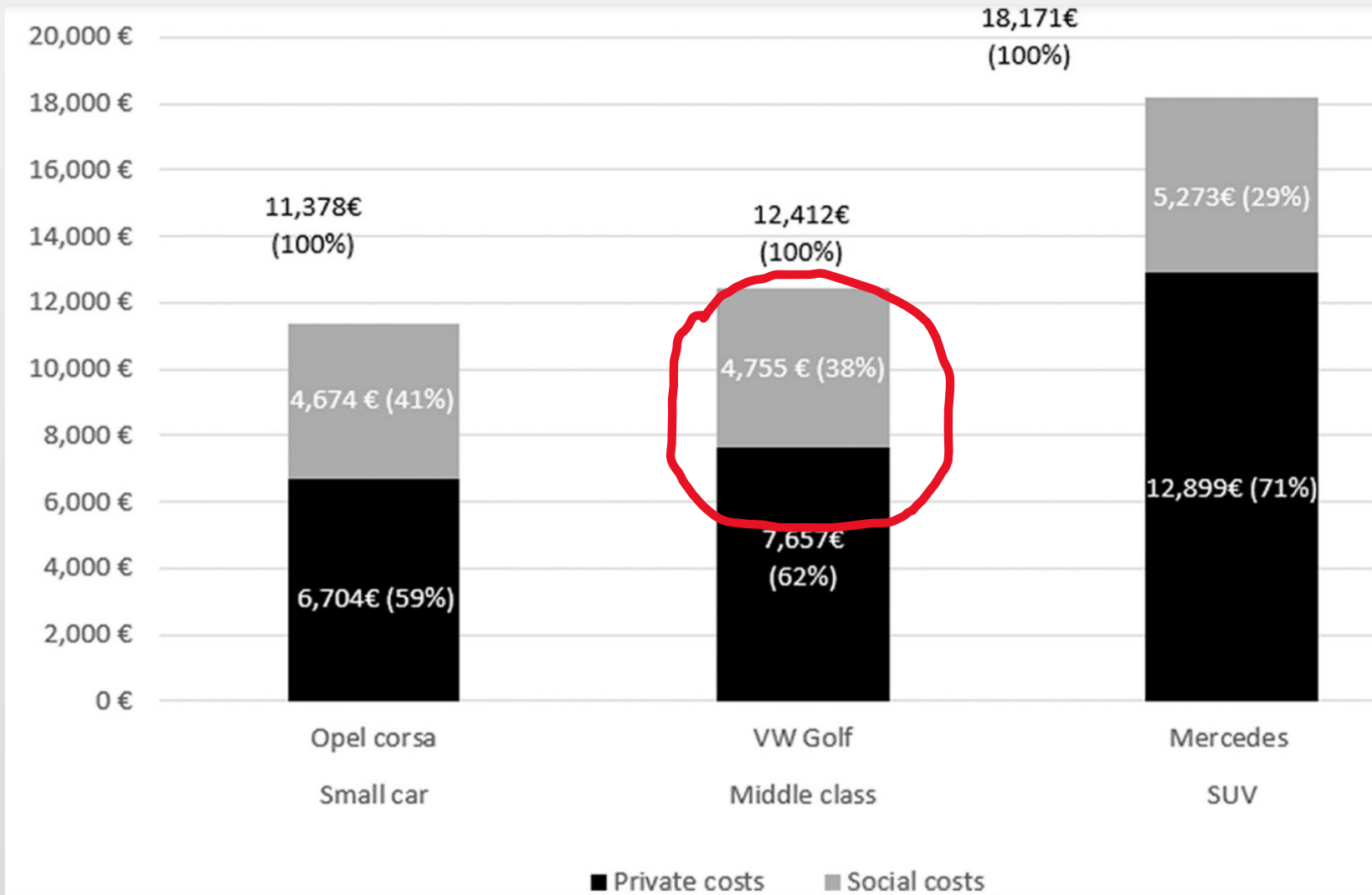
- Gesundheitskosten (**Lärm**, **Luftverschmutzung**, ungedeckte Unfälle, etc.)
- Nutzung des öffentlichen Raums (Straßen, Parken, etc.)
- Prämien und Förderungen (Verschrottungsprämie, etc.)
- Umweltkosten (**Klimawandel**, **Biodiversität**, Versiegelung, etc.)

Nicht € Kosten:

- Eingeschränkte Aufenthaltsqualität in Städten (**Lärm**, **Gestank**, Gefahr, Platz, etc.)
- 2700 p.a. Verkehrstote in D 2020 (Quelle: Stat. Bundesamt)
- **13.000 p.a. vorzeitige Todesfälle durch Verkehrsemissionen in D** (Quelle ICCT)

* Hier hat das lokal emissionsfreie Auto Vorteile

Private und Gesellschaftskosten pro Jahr



Quelle: Ecological Economics 194 (2022) 107335

Wir müssen uns ändern!



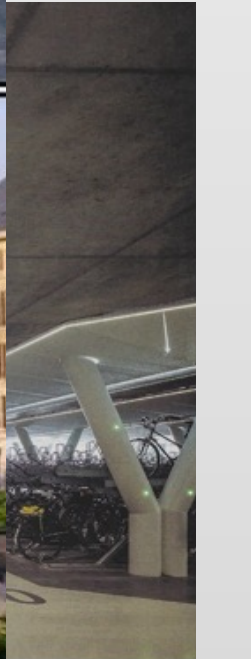
Vom autofixierten
Steinzeitmensch ...



... hin zu einer modernen
nachhaltigen Gesellschaft



Verkehrswende - Es geht (Paris, Barcelona, Eindhoven, Amsterdam, Düsseldorf,...)



Von der Stadt für Autos zur Stadt für Menschen mit Fahrrädern: Amsterdam 1970



Zusammenfassung

1. Das für die Umwelt beste Auto ist jenes, welches nicht gebaut wird
2. Die Zahl der Autos muss deutlich sinken und Autos müssen kleiner werden
3. ÖPNV, Rad, Zug sind die schonendsten und gesündesten Alternativen
4. Vorrang im urbanen Raum (70%) haben Rad, Fuß, ÖPNV (E-Bus)
5. Autos/Busse lokal emissionsfrei nur mit E-Antrieb (E-Auto oder H2)
- 6. Radfahren ist am allerbesten**



Herzlichen Dank!
www.unserklima.jetzt





PROTECT
THE PLANET

Danke für Ihre Teilnahme!

...nächste Veranstaltungen in der Reihe
„Klima und Mobilität“ und „Klimagerechtigkeit“:

08.09.2023, 19:00h, MVHS Einsteinstr.
Wie lange fahren wir noch Auto – fossil?
Katja Diehl, Andreas Rade, Georg Dunkel, anlässlich IAA

19.09.2023, 19:00h, Mü Zukunftssalon
Ihr Leid, unsere Schuld
– wer zahlt eigentlich die Klima-Rechnung?
Jan Kowalzig, Oxfam Deutschland

**Mehr Vorträge?
Jetzt spenden!**
[www.energienetzwerk-
muc.de/verein/#spenden](http://www.energienetzwerk-muc.de/verein/#spenden)