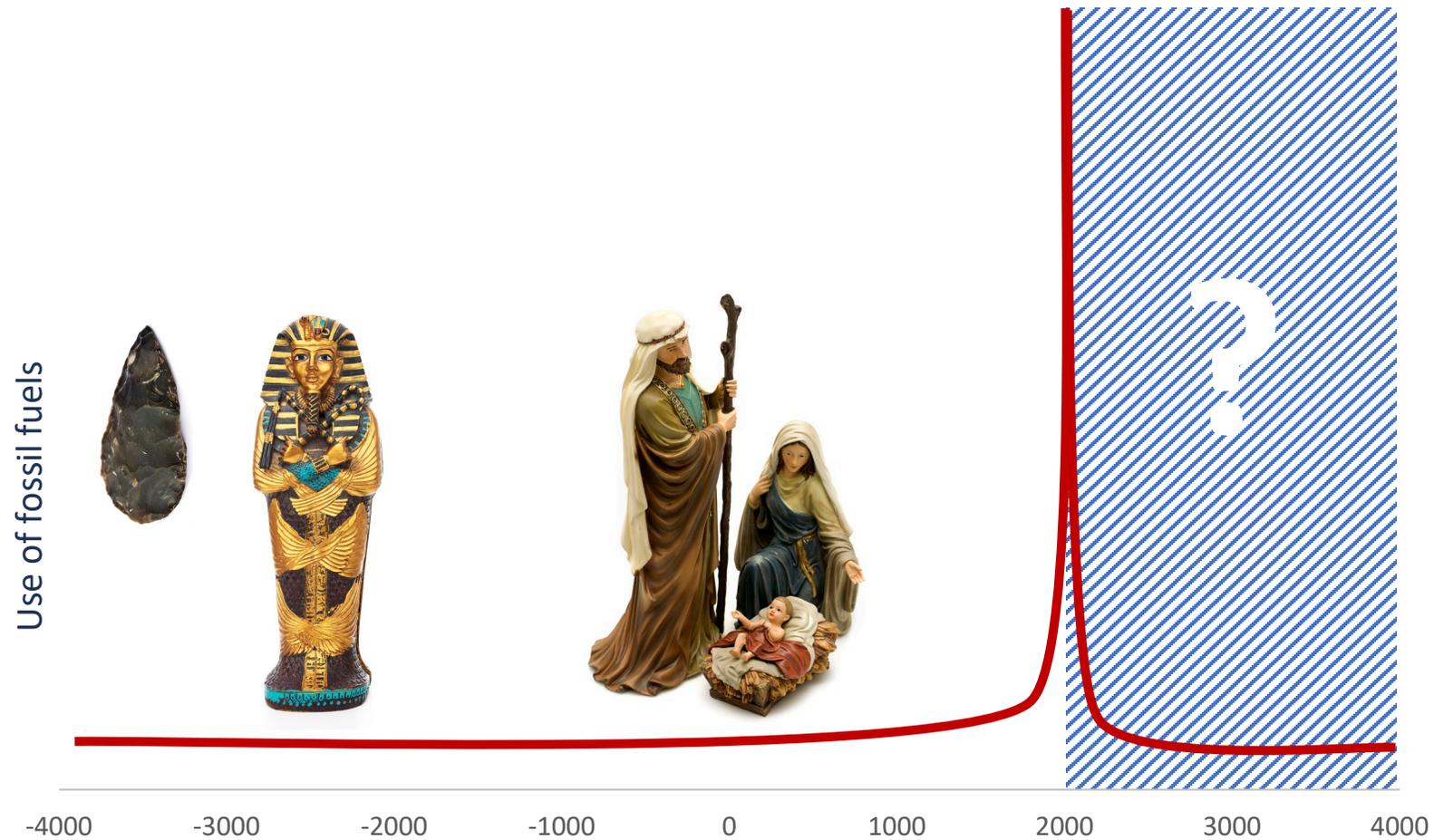


Maximilian Fichtner

# Neue Ansätze und Trends in der Batterieforschung

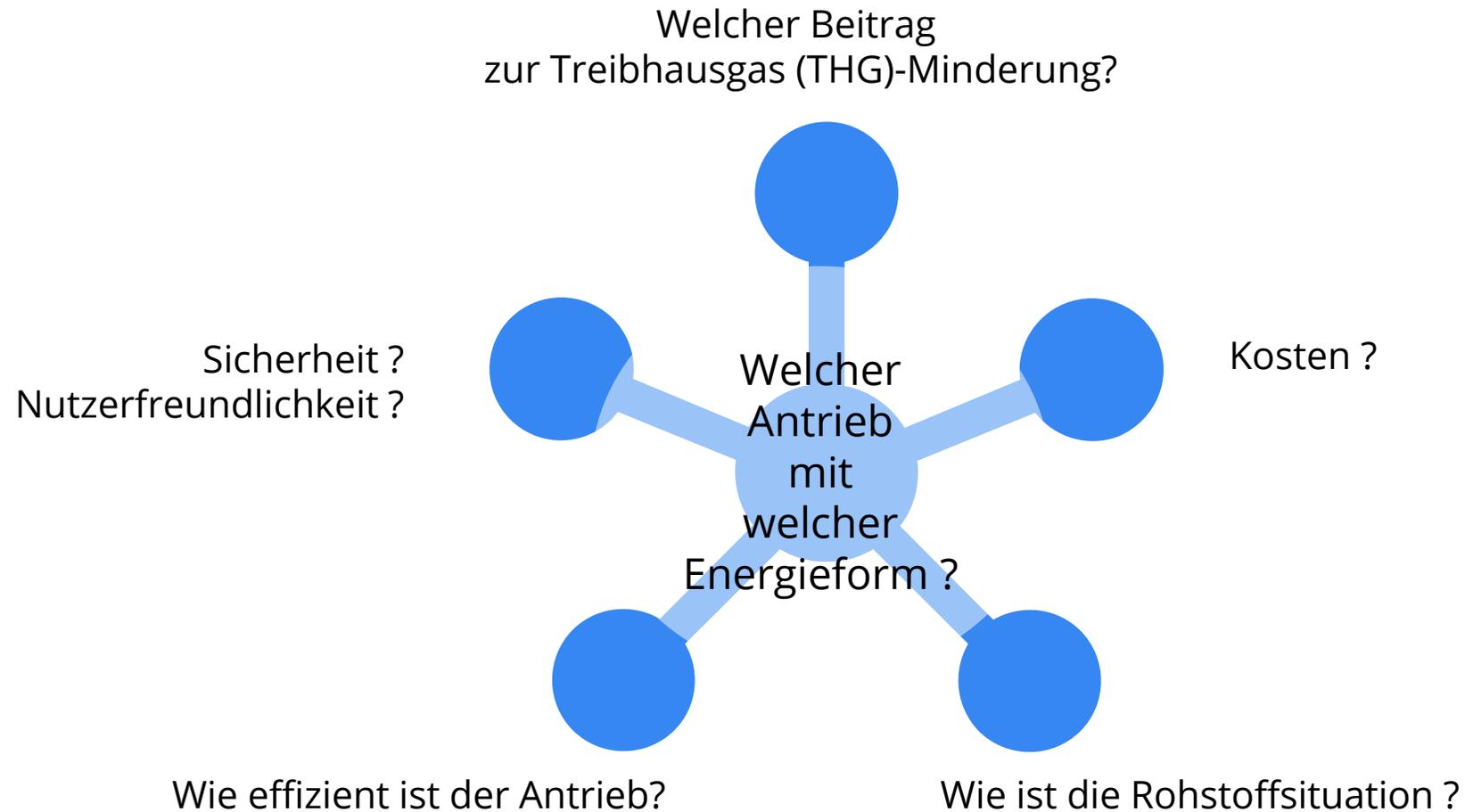
A&W Tag  
Wien, 11.10.2023

## Zeitalter der fossilen Energie

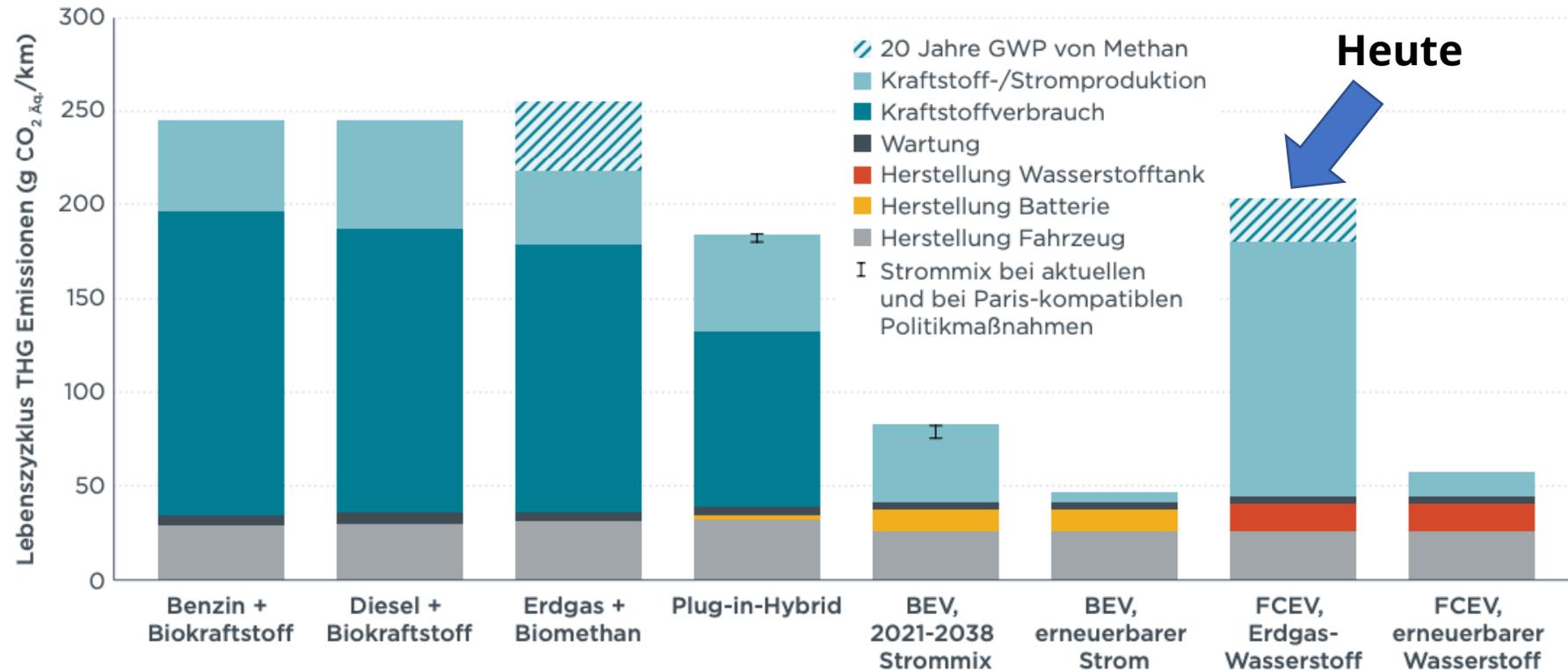


Grundstoffe fehlen für:

- Kunststoffe
- Autos
- Computer
- Kleidung
- Möbel
- Farben
- Düngemittel
- Kosmetika
- Medikamente
- ...

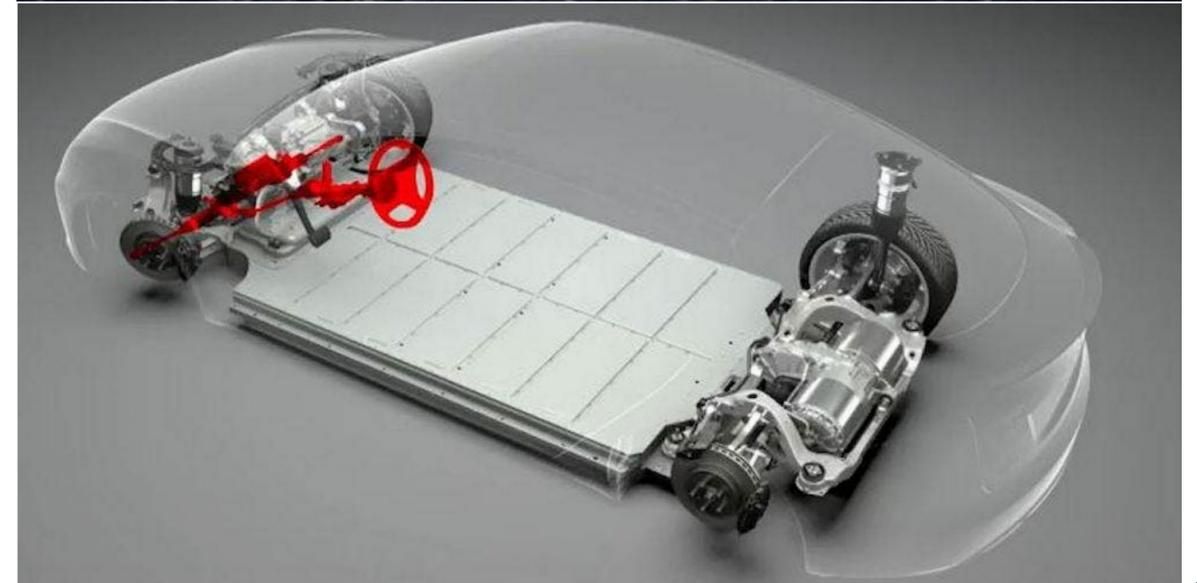
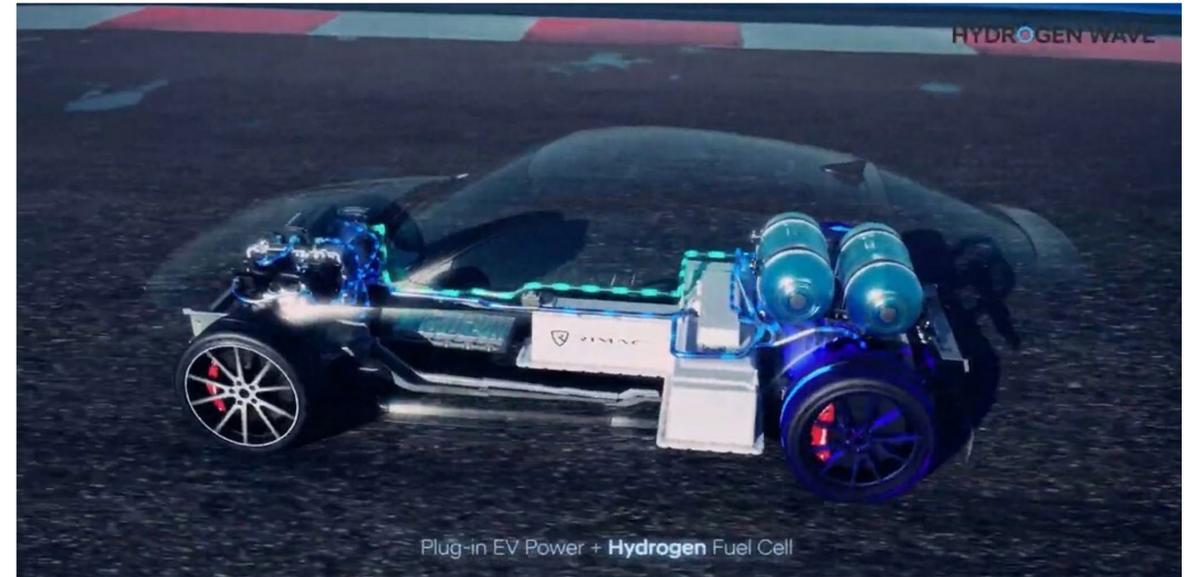


A GLOBAL COMPARISON OF THE LIFE-CYCLE GREENHOUSE GAS EMISSIONS OF COMBUSTION ENGINE AND ELECTRIC PASSENGER CARS



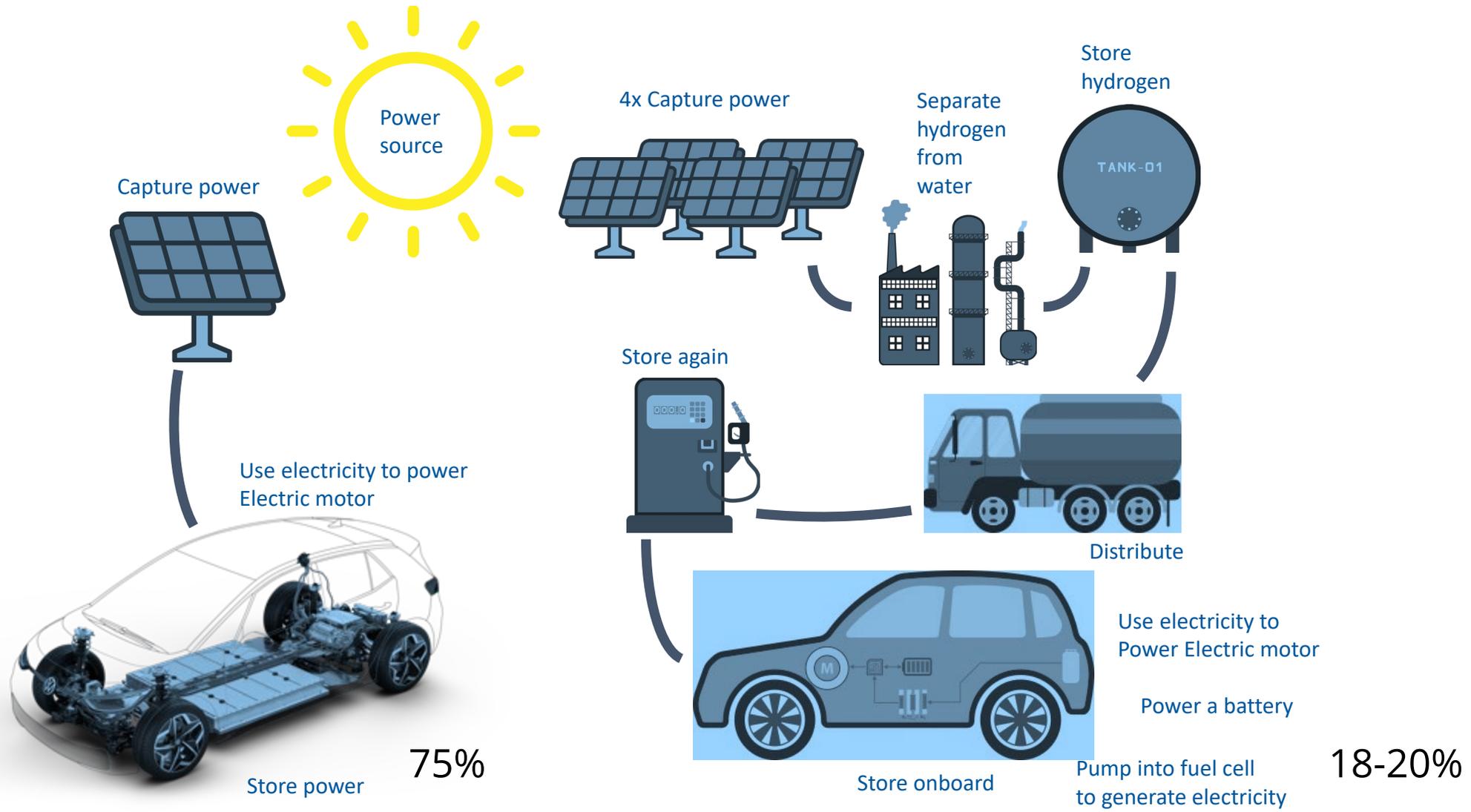
**Abbildung 1.** Lebenszyklus-Treibhausgas (THG)-Emissionen von durchschnittlichen neuen Benzin-, Diesel- und Erdgasfahrzeugen, Plug-in-Hybrid-Elektrofahrzeugen, Batterie-Elektrofahrzeugen (BEV) und Brennstoffzellen-Elektrofahrzeugen (FCEV) in der Kompaktklasse, die 2021 in Europa zugelassen werden. 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.

Quelle: ICCT, July2021



# Elektrische Antriebe

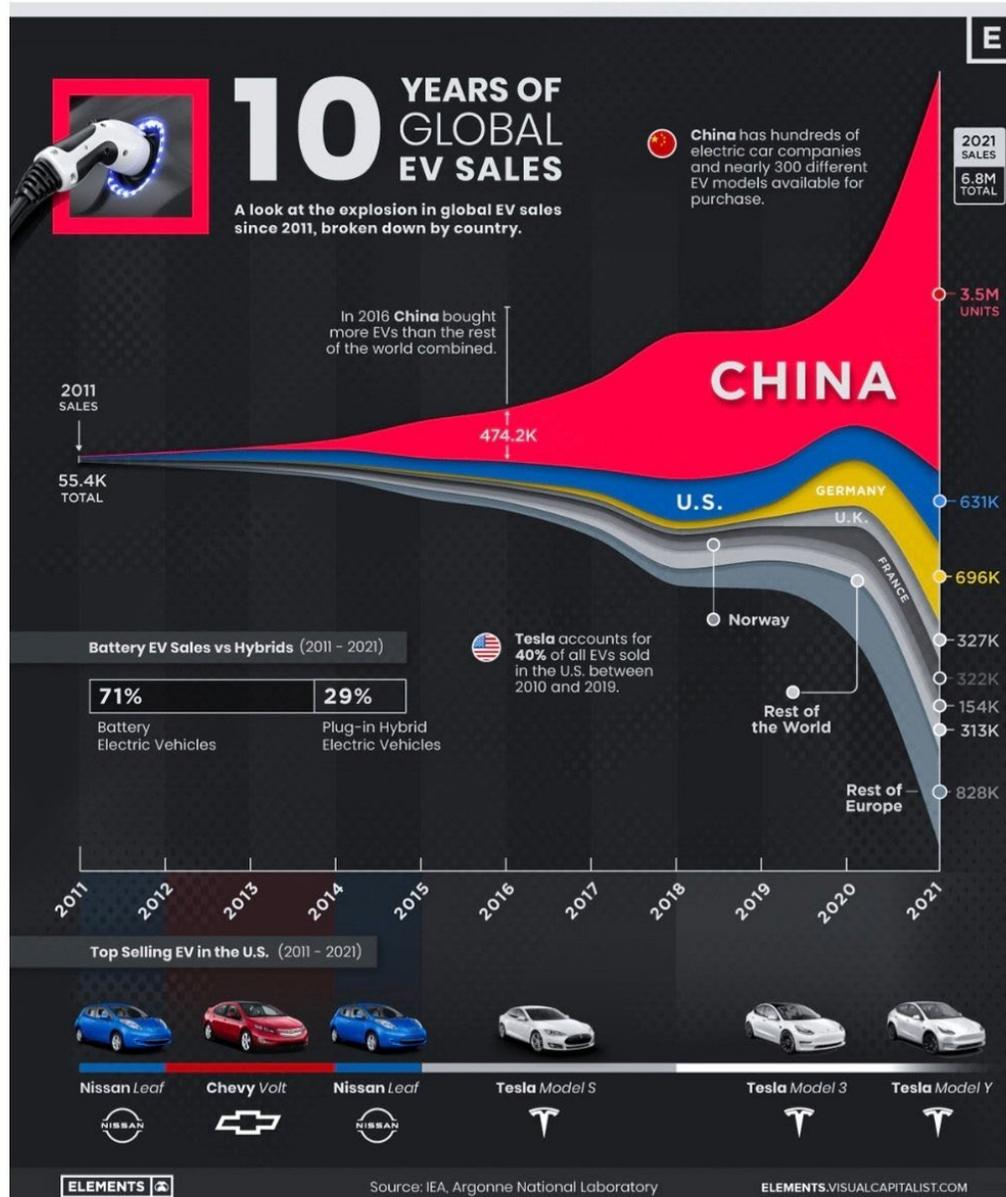
# Elektrische Antriebe besitzen die höchste Effizienz



Batterieelektrisch

H<sub>2</sub> Speicher mit Brennstoffzelle

# Zeitliche Entwicklung im Verkauf von Elektrofahrzeugen (global und BRD)



## Bestand batterieelektrischer PKW in Deutschland

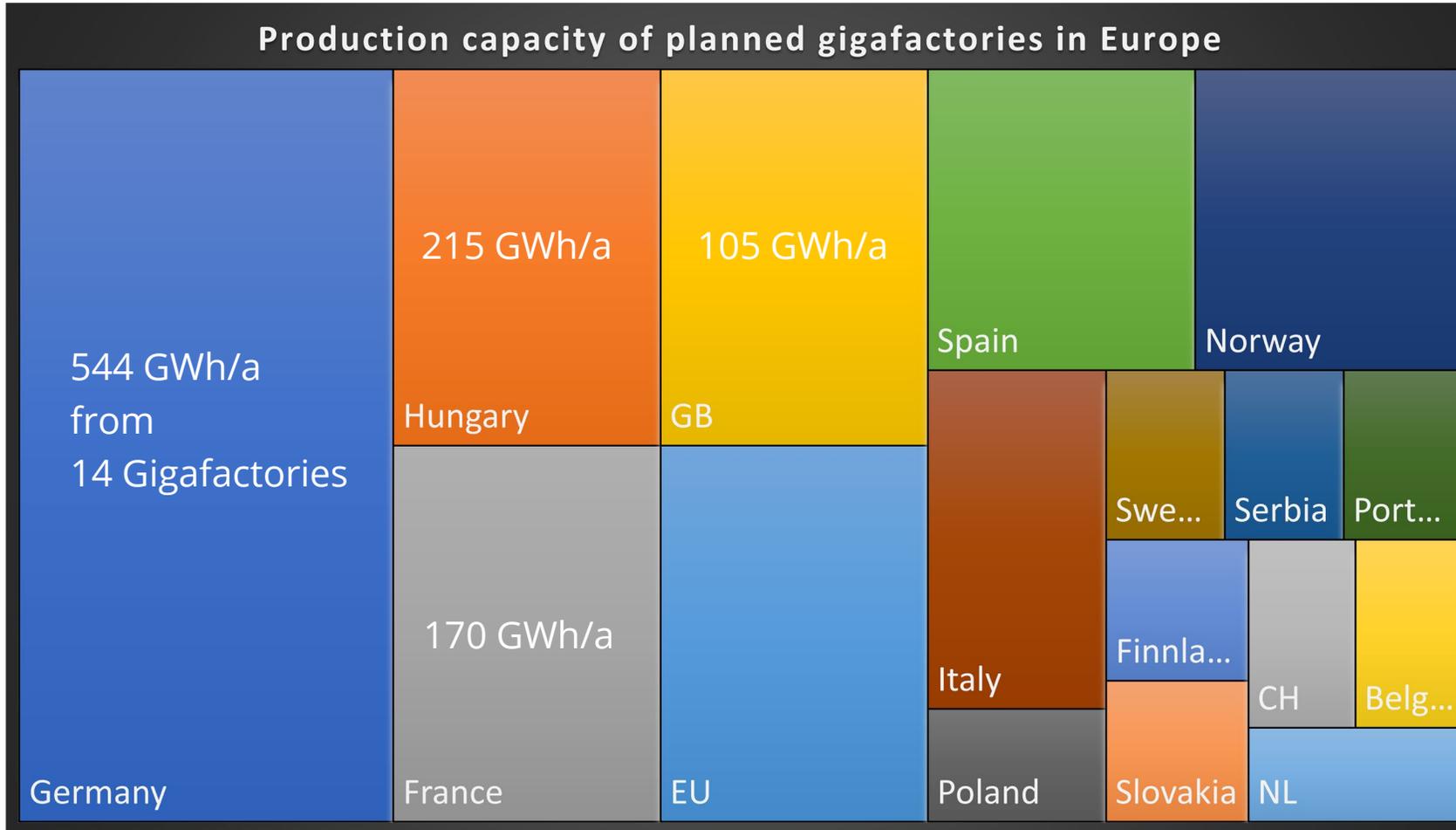
Verdoppelung alle 1,5 Jahre



Aktuell werden binnen 3 Tagen weltweit so viele BEV zugelassen wie H<sub>2</sub>-Autos in den letzten 10 Jahren zusammengenommen.  
→ „Tipping point“ ist überschritten.

## LKW:

H<sub>2</sub> nicht wirtschaftlich (4-fache km Kosten) / kein grüner H<sub>2</sub>  
Kurzes Laden bringt keinen Vorteil, da 1h Pause alle 4,5h



Gesamt: 2 TWh/a  
 Bedarf 2030 ca. 1 TWh/a → Export

## **„Bessere“ Batterien**

(mehr Energie, schnelleres Laden, sicherer, längere Lebensdauer)

→ „bessere“ Materialien und Batteriedesigns



## **Nachhaltige Batterien**

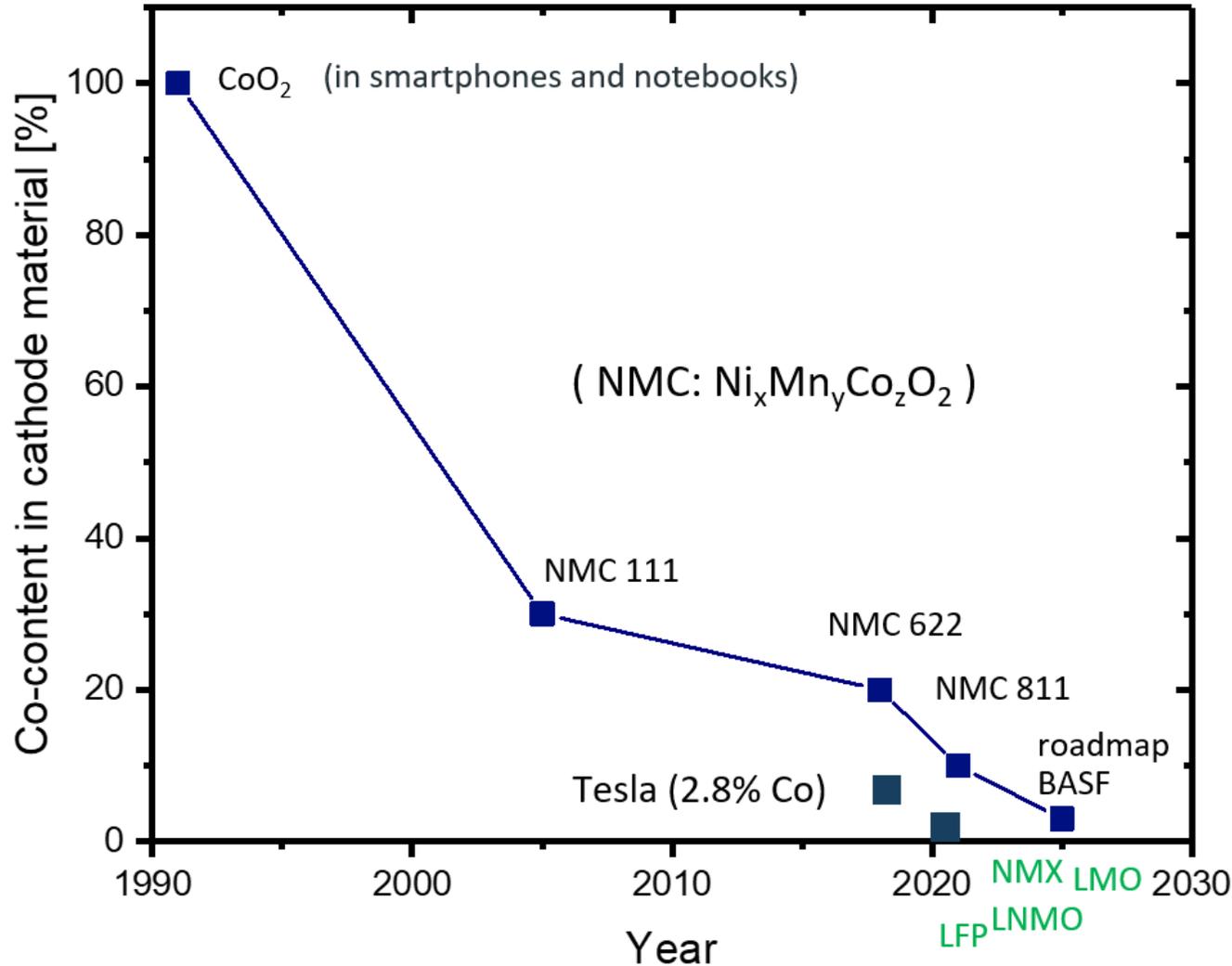
(häufig vorkommende und ungiftige Rohstoffe, Recycling)

→ Neue Batterietypen

**Mehr Nachhaltigkeit, mehr Energie, mehr  
Leistung, mehr Sicherheit, niedrigere Kosten**

**Perspektiven von Li- und post-Li Systemen**

## Kathode: Kobalt-Gehalt im Pluspol von Batterien.



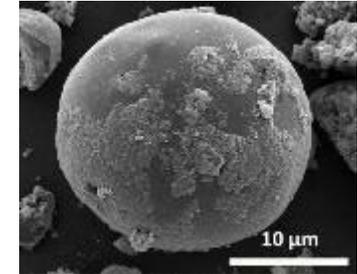
Juni 2022: TESLA liefert 50% der Flotte ohne Co aus

**LFP:**  $LiFePO_4$   
**NMX:**  $LiNi_{3/4}Mn_{1/4}O_2$   
**LMO:**  $LiMnO_2$

**(Materials with 0% cobalt)**

# Mehr Energie, mehr Leistung: neue **Anoden**

10-80% Laden in 7 min  
Si@C composite



4-5x capacity  
→ +40%  
on cell level

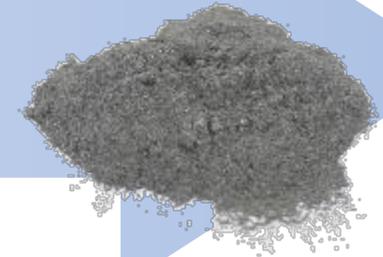
Synthet. Graphit



NaturGraphite



Synthet. Graphit



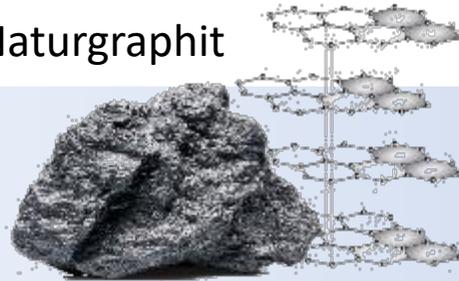
Naturgraphite



Petrokoks



Naturgraphit



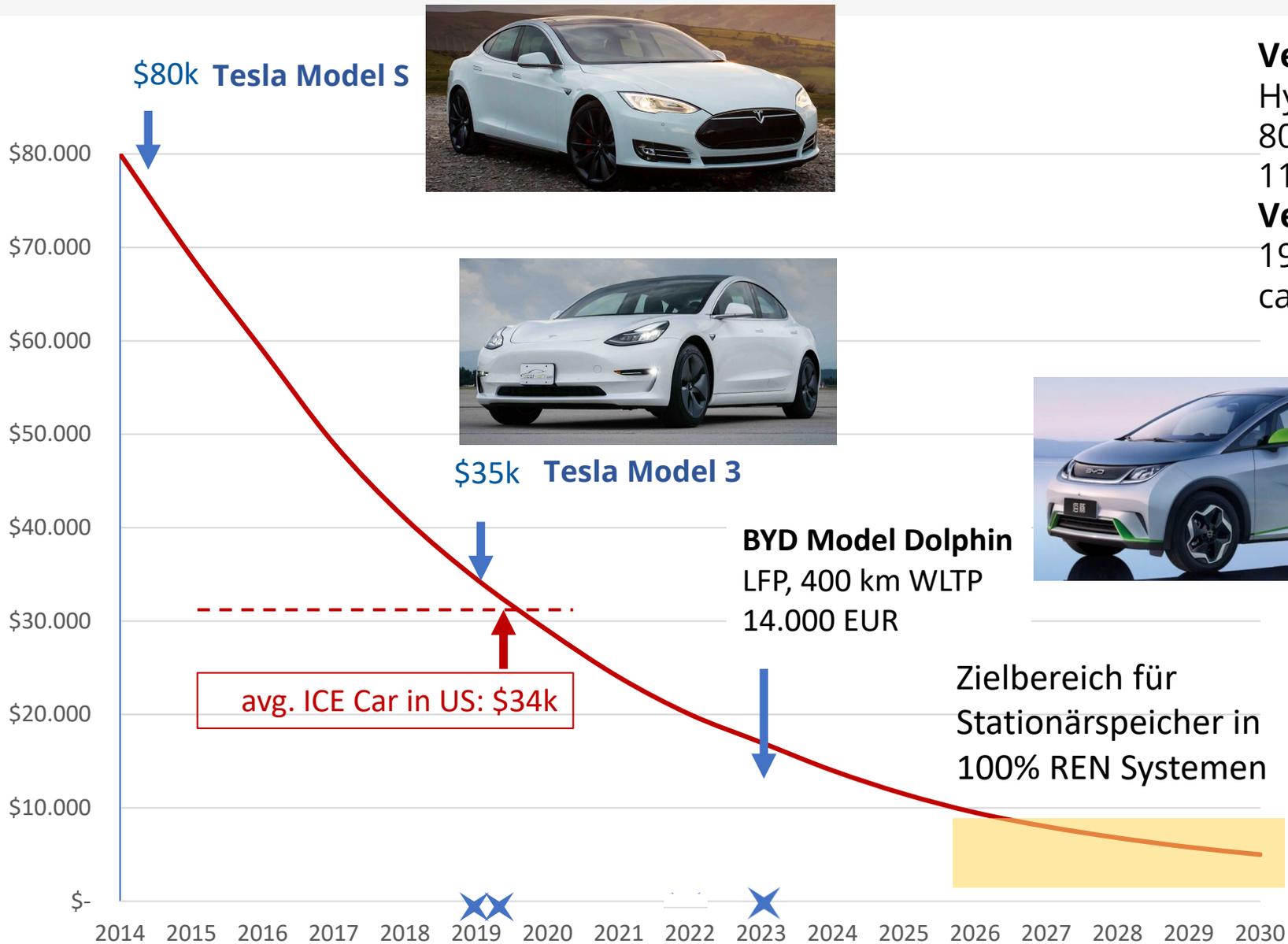
1990

2000

2020

Next years

# Kostenkurve – für Batteriefahrzeuge mit 350-400 km Reichweite



## Vergleich H<sub>2</sub>:

Hyundai Nexo (500 km)

80 TEUR im Verkauf

110 TEUR in der Produktion

## Verbrauch:

19 EUR/100 km in D

ca. 30 EUR/100 km in Österreich



## BYD Model Dolphin

LFP, 400 km WLTP

14.000 EUR

Zielbereich für  
Stationärspeicher in  
100% REN Systemen

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

Daten für USA im Jahre 2020 (US-Verkehrswacht)

Fahrzeugtyp	Absolute Anzahl Brände <sup>[1]</sup>	Brände pro Mrd. gefahrene km	relative Anzahl bewegter Teile <sup>[1-3]</sup>
Verbrenner	199533	<b>94</b>	28
Batterieelektrisch	52	<b>3-4</b>	1

Faktor 25-30

Studie der EMPA zur Auswirkung von Fahrzeugbränden bei Batterieauto und Verbrenner<sup>[4]</sup>

- Hitzeentwicklung vergleichbar (hoher Kunststoffanteil im PKW, Kraftstoff)
- Abtransport emittierter Luftschadstoffe: Tunnel unkritisch; Garage/Parkhaus: kritisch
- Löschwasser ist belasteter bei BEV

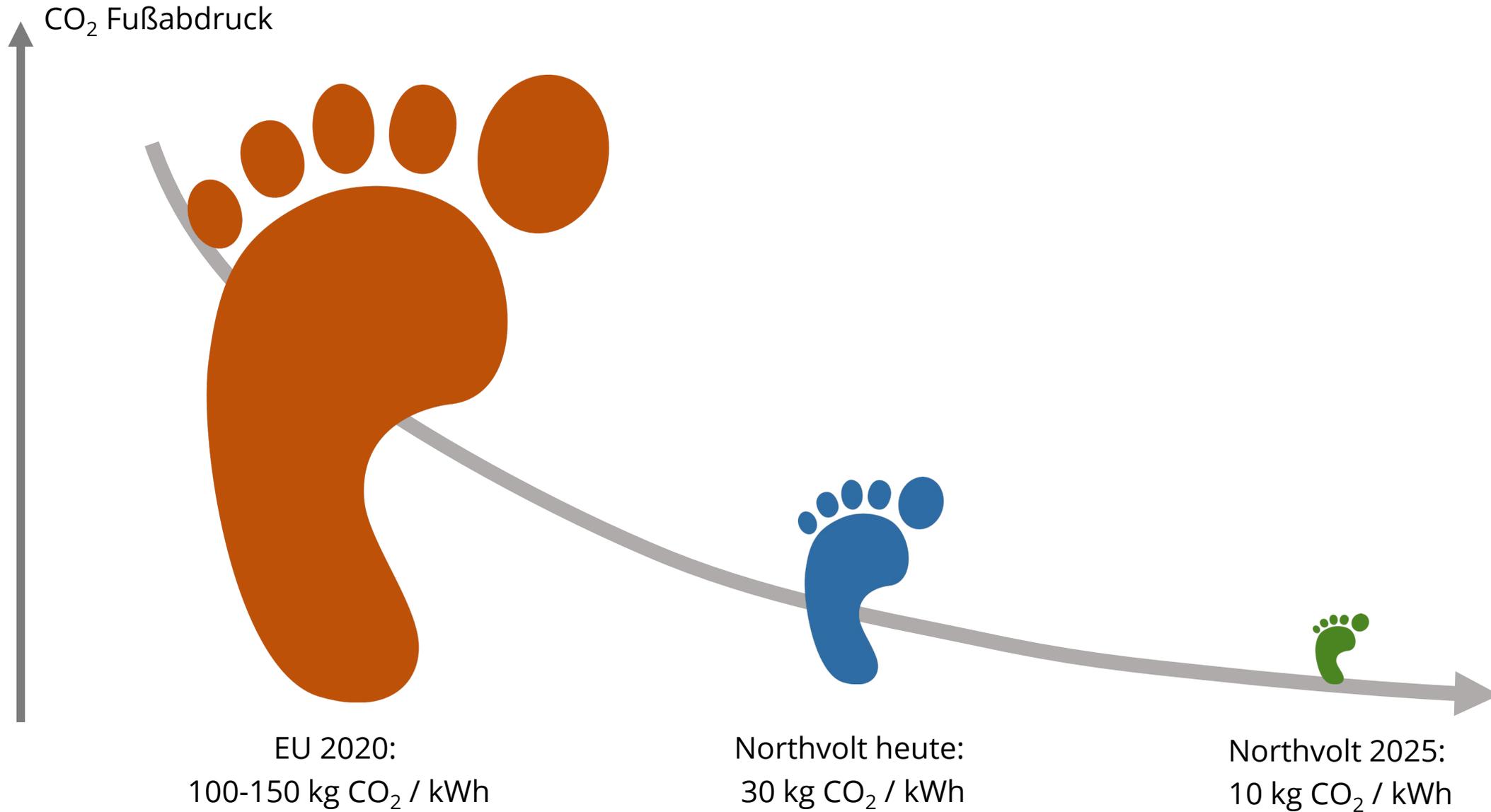
## References:

[1] <http://www.kbb.com/car-news/study-electric-vehicles-involved-in-fewest-car-fires/>

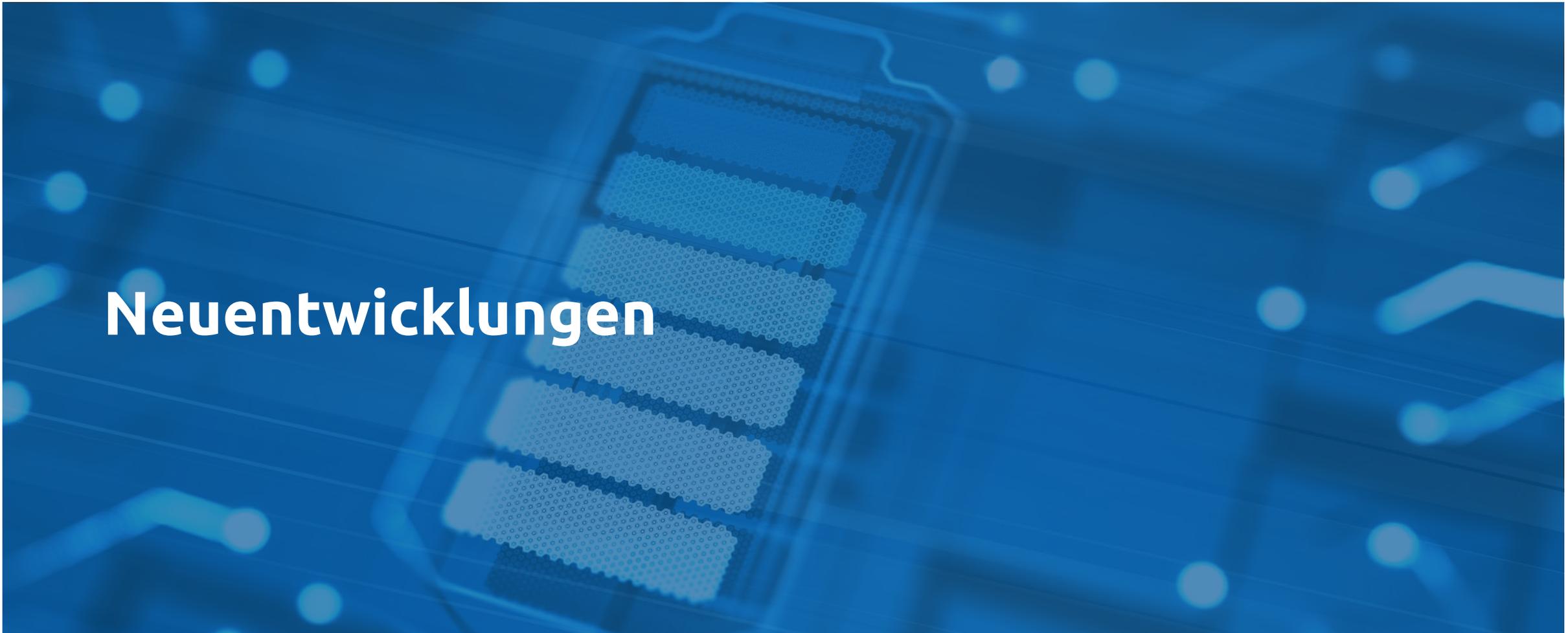
[2] D. Golke, Y. Zhou, Energy Systems Division, Argonne National Laboratory 2021, doi: 10.2172/1785706

[3] Federal Highway Administration, Traffic Volume Trends 2020

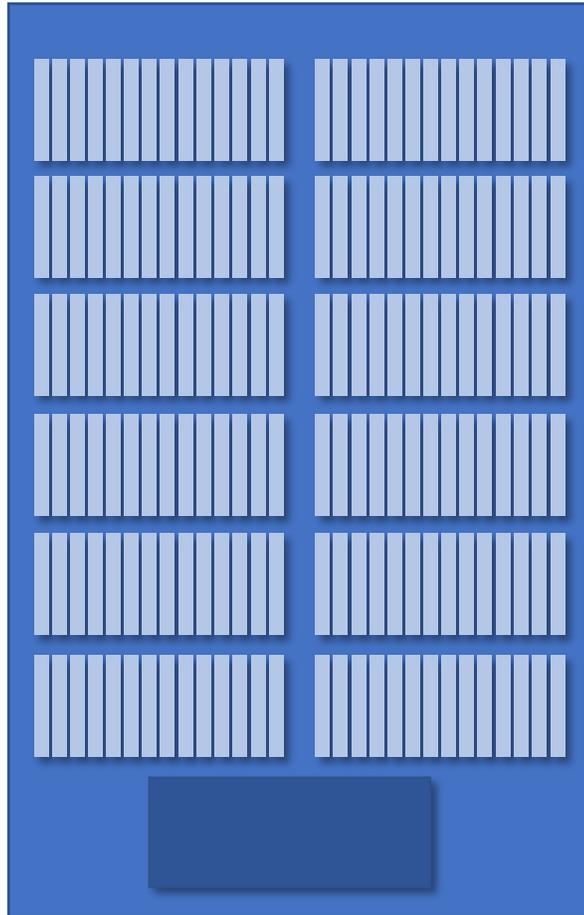
[4] [www.empa.ch/de/web/s604/brandversuch-elektroauto](http://www.empa.ch/de/web/s604/brandversuch-elektroauto)



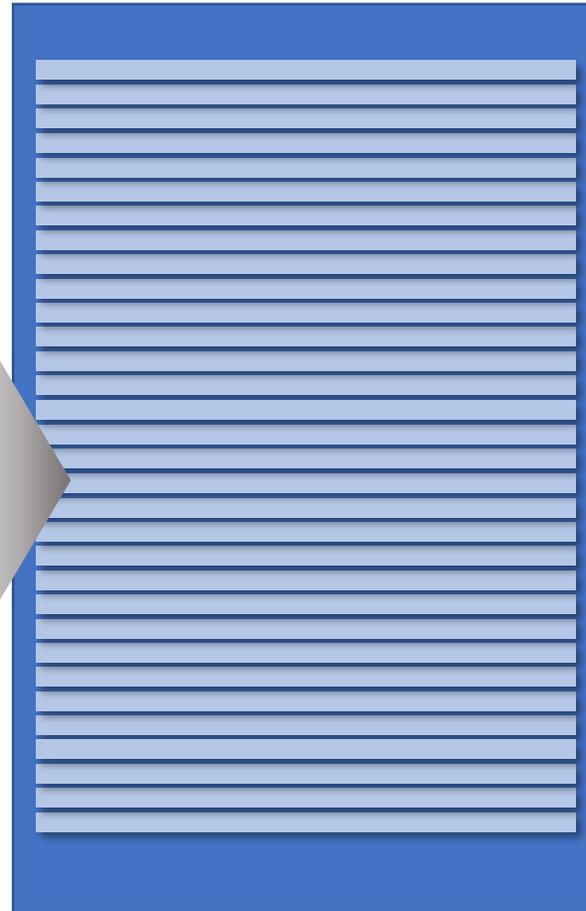
# Neuentwicklungen



25% Aktivmaterial  
Konventionelles Design



30-35% Aktivmaterial  
Cell-to-Pack Design



## CATL u. BYD

Cell-to-Pack (CTP) -Technology erlaubt CATL eine Steigerung

- der spezif. Energie um 15-20%, und
- Energiedichte um 20-30%, und
- und reduziert den Aufwand für die Aufbau- und Verbindungstechnik **um 40% (!)**

BYD: „Blade“ battery

Neue Designs:  
Mehr Platz für Speichermaterialien in der Batterie  
→ mehr Flexibilität bei der Materialauswahl

- ✓ Kosten
- ✓ Langlebigkeit
- ✓ Sicherheit
- ✓ Nachhaltigkeit
- ✗👎 Energiedichte



**LiFePO<sub>4</sub> + andere**  
**„Materialdämmerung“**

( $\rho = 3,2 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ )  
vs.  $5 - 6 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$  for NMC

## 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 auf Packlevel

**BYD und CATL: am Markt seit 2023**

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

# Erster Serien-PKW mit >1000 km Reichweite

Hersteller: **Geely, Modell Zeekr 001**

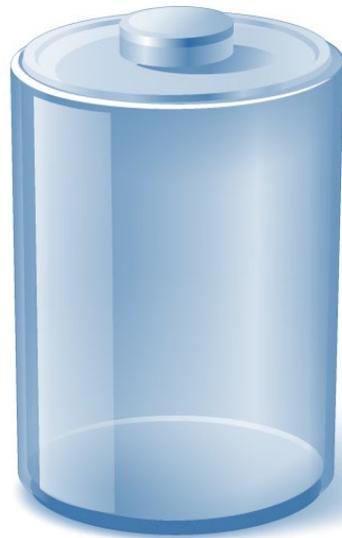
Geely-Konzern: Volvo, Lotus, Lynk, 10% bei Mercedes, ....

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/>

## Li-Batterien



Al

Li

Ni

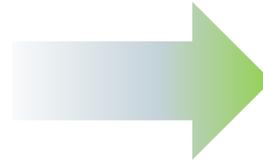
Mn

Co

Graphit

Cu

Teure/kritische/giftige Rohstoffe



## Na-Batterien



Al

Na

Fe

Mg

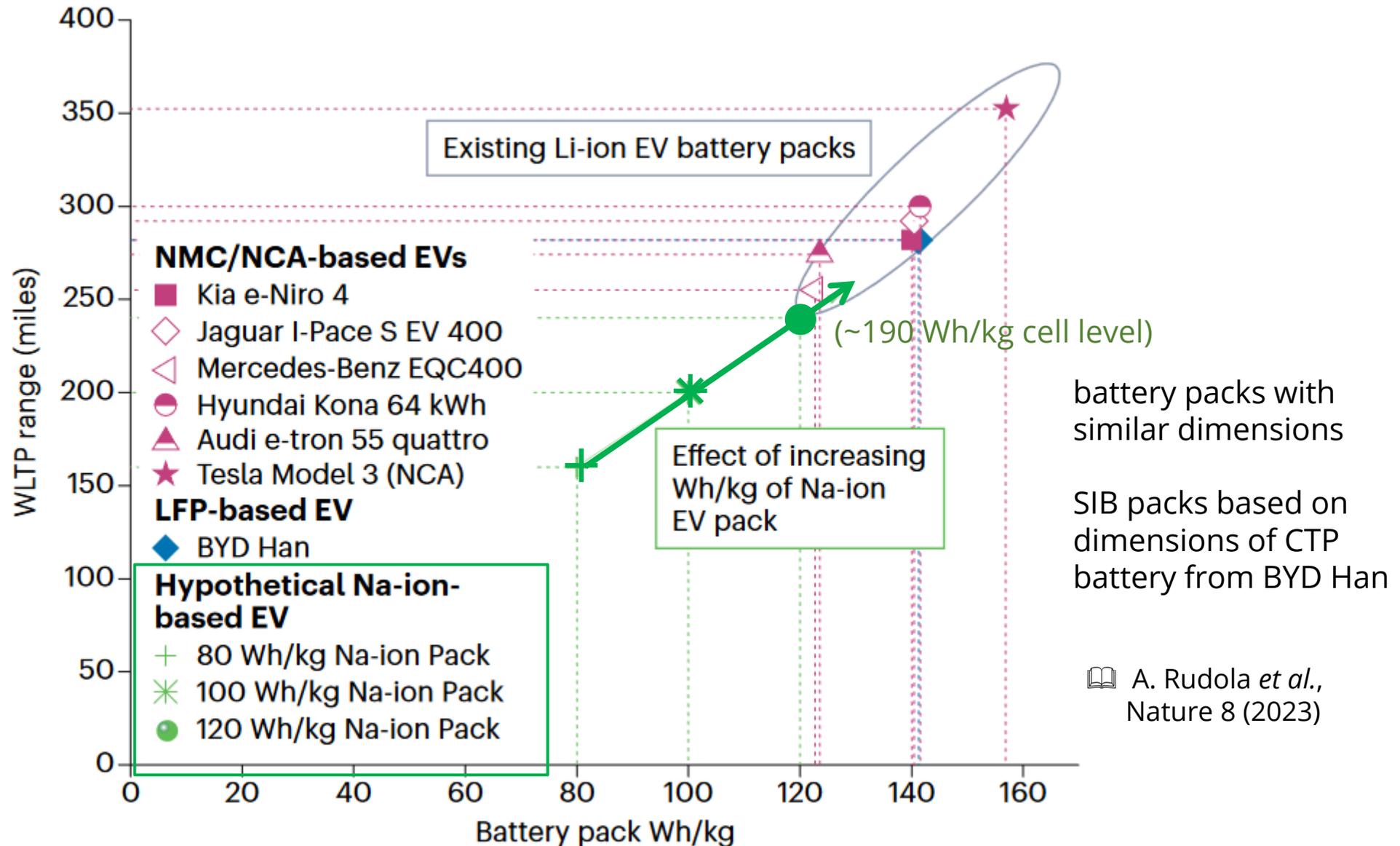
Mn

Hartkohlenstoffe

Al

Preiswerte/nachhaltige/häufige Rohstoffe

# Na-ionenbatterien nähern sich der Li-Ionentechnik an



# Zusammenfassung



- Eine Abkehr von der Verbrennung fossiler Kraftstoffe ist aus verschiedenen Gründen dringend geboten.
- Ein fruchtbares Zusammenspiel von Chemie und Ingenieurwesen eröffnet Raum für neue Entwicklungen im Batteriebereich.
- Für Elektroautos können nun auch Materialien mit mittlerer/geringer Kapazität und nachhaltigen Zusammensetzungen in Betracht gezogen werden.
- Mittelfristige Perspektive für LIB-basierte Systeme:
  - 1000 km Reichweite und 10-15 min Ladedauer mit „Standard“-Chemie,
  - 1300 km und 8-10 min Ladedauer mit Si@C-Anoden
- Neue Chemien könnten eine Chance bekommen, ihre Stärken auszuspielen, z.B. die Na-Ionen-Batterie.
- Na-Ionen-Batterien könnten bahnbrechend sein. Wenn ihre Kapazität und Lebensdauer weiter verbessert werden, könnten sie LIB aufgrund ihrer anderen Vorteile (Kosten, Nachhaltigkeit, Tieftemperatur-Eigenschaften, Ladegeschwindigkeit) teilweise ersetzen.

# Vielen Dank !

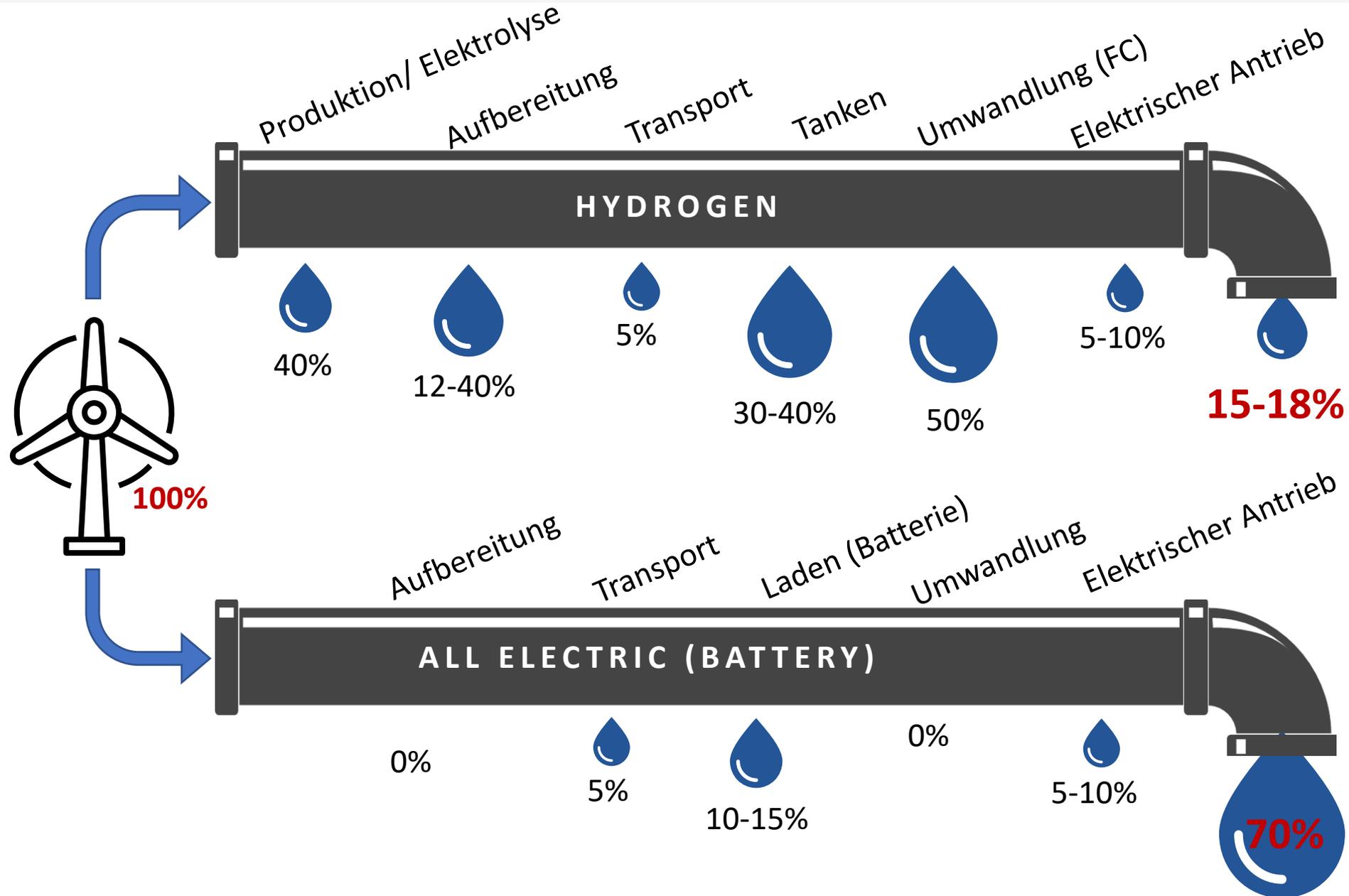
[www.celest.de](http://www.celest.de)

[www.hiu-batteries.de](http://www.hiu-batteries.de)

[www.postlithiumstorage.org](http://www.postlithiumstorage.org)



# Zusatzfolien





Hydrogen buses were €150,000-200,000 more expensive to buy than their electric counterparts.

Operation of the hydrogen buses would cost €3m per year, compared to €500,000 with electric ones — or €0.95 per km versus €0.15.



Julie Frêche, VP Transport  
Montpellier Méditerranée Métropole  
Speaking to La Tribune

Hydrogen buses vs. BEV buses  
2x more expensive when bought  
6x more expensive in operation



Image: Van Hool

Beispiel: NIKOLA TRE Truck

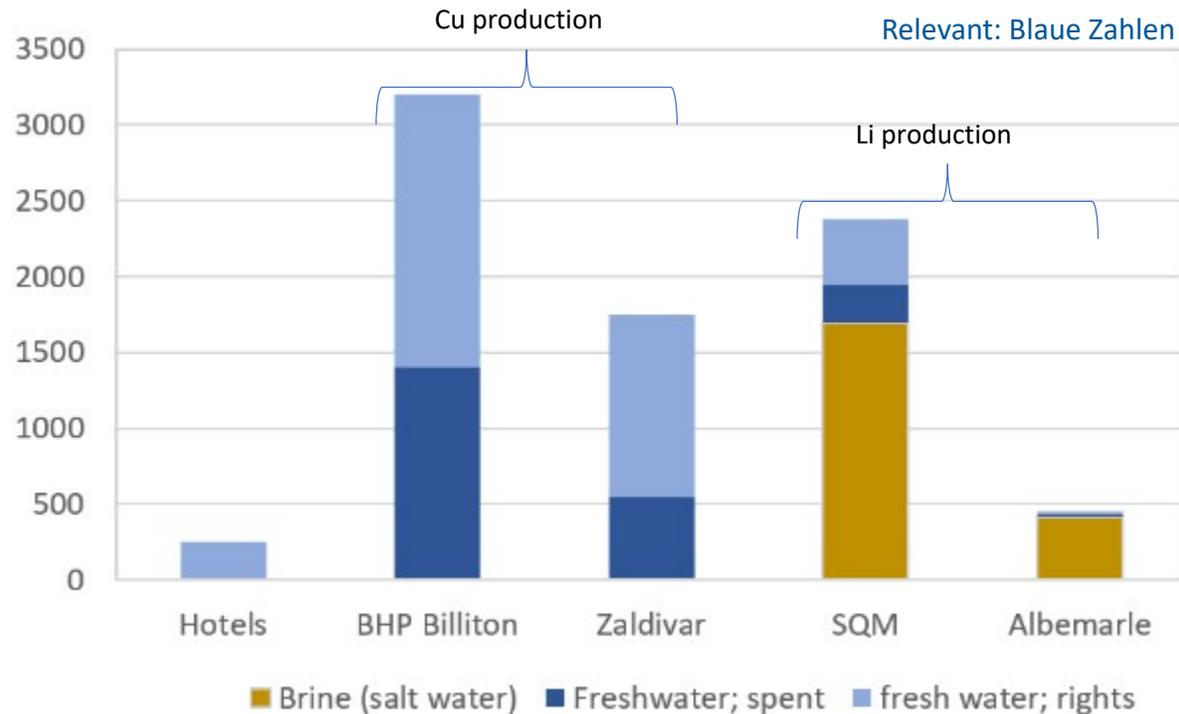
Verbrauch: 8 kg / 100 km

Kosten H<sub>2</sub> derzeit: 15,50 EUR/kg (subventioniert)

**km-Kosten FCEV: 1,24 EUR/km (Druckgas 700 bar)**

**km-Kosten BEV: 0,50-0,60 EUR**





data from:  
Ministerio de Minería  
Chile (2018)



ref.: [en.mercopress.com/2011/07/22/](http://en.mercopress.com/2011/07/22/)

8x höherer Wasserverbrauch  
für die Kupferproduktion am  
Salar

Süßwasserverbrauch + Wasserrechte in der Salar de Atacama Region:

710 Mio m<sup>3</sup>/a für Li (Verbrauch: **260** Mio m<sup>3</sup>/a)

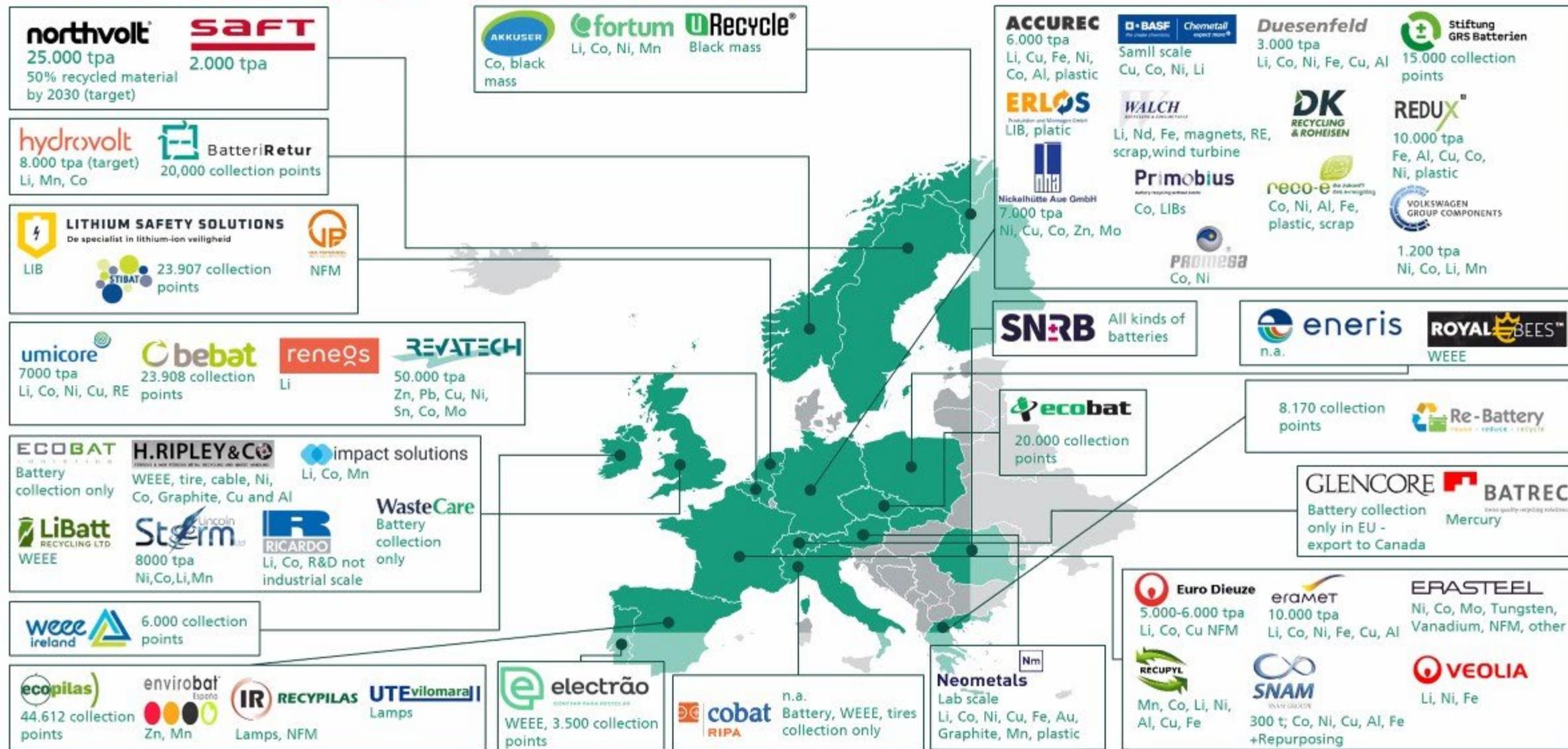
4950 Mio m<sup>3</sup>/a für Cu (Verbrauch: **2000** Mio m<sup>3</sup>/a)

**250** Mio m<sup>3</sup>/a für Hotels (= Verbrauch)

Grundwasser sinkt seit den 1960er Jahren

# Batterierecyclingskapazitäten in Europa

with reference to Tom Tsogt 2021  
and Raphael Danino-PERRAUD 2020



Preise für grünen Wasserstoff und Methan voraussichtlich

→ **über 100 Euro** je MWh im Jahre 2030

→ **knapp unter 100 Euro** je MWh im Jahre 2050.

Aktuell beträgt der Preis für Methan am europäischen Rohstoffmarkt **rund 30 Euro** je MWh.

»Die hohen Kosten zeigen, dass der Import von E-Fuels nach Europa kein billiges Patentrezept ist, um Engpässe beim Ausbau der erneuerbaren Energien zu umgehen oder eine Transformation auf der Angebotsseite zu erreichen«

(FhG-IEG, KIT-DVGW (2022))

<https://www.ieg.fraunhofer.de/de/presse/pressemitteilungen/2022/energieimporte-gruener-wasserstoff.html>



(creative commons, Wikipedia)