

Maximilian Fichtner

Neue Batteriekonzepte für die Elektromobilität

Tag der Offenen Tür, 18.9.2021, Ulm

Treibhausgasemissionen über den Lebenszyklus

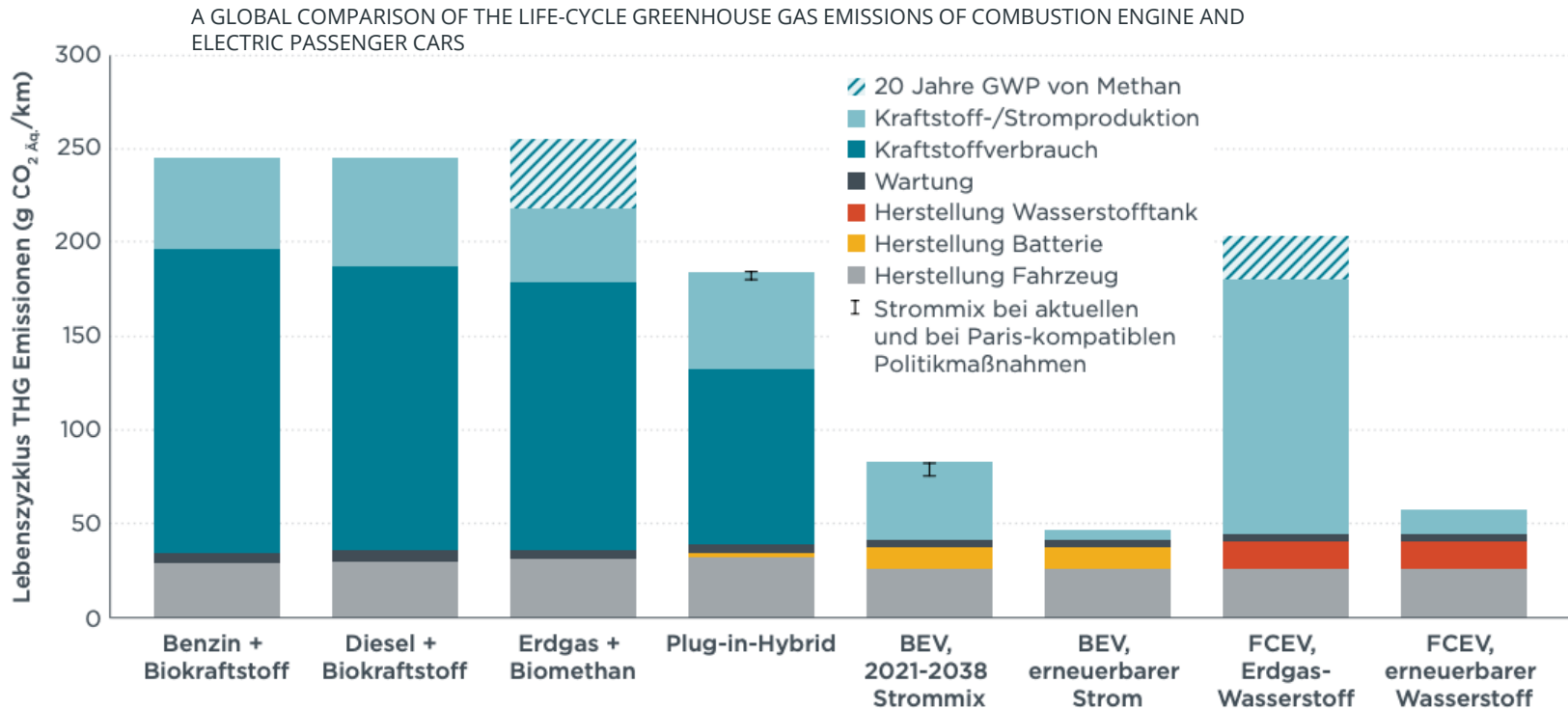
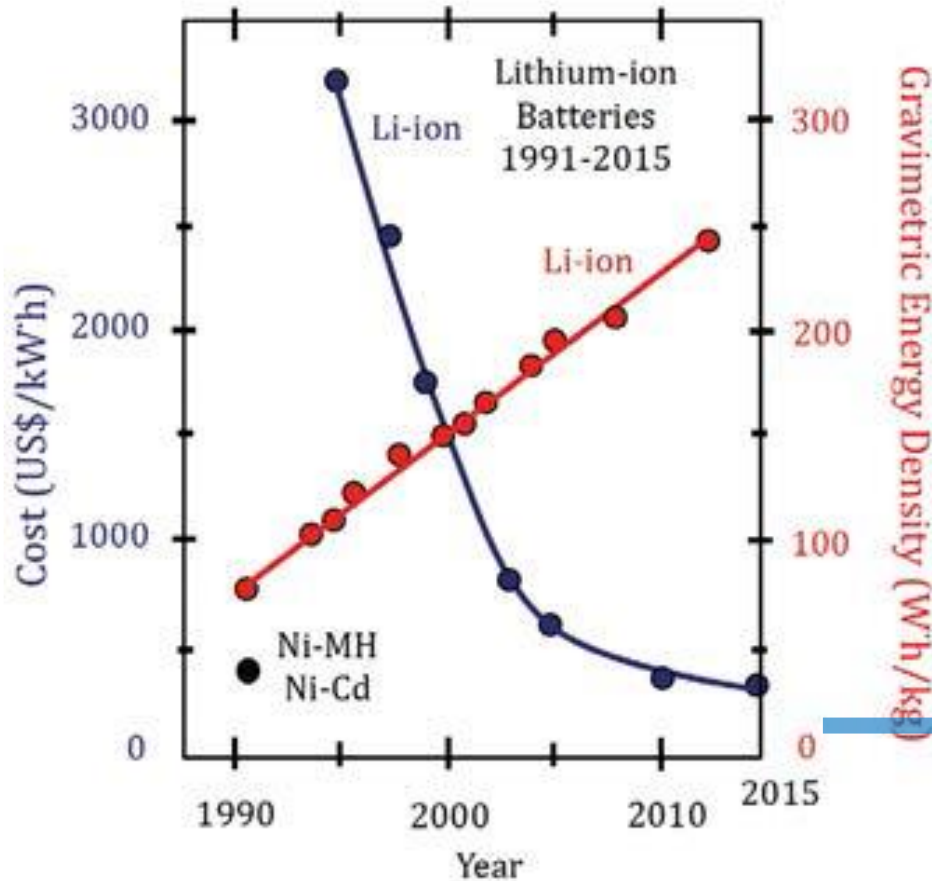


Abbildung 1. Lebenszyklus-Treibhausgas (THG)-Emissionen von durchschnittlichen neuen Benzin-, Diesel- und Erdgasfahrzeugen, Plug-in-Hybrid-Elektrofahrzeugen, Batterie-Elektrofahrzeugen (BEV) und Brennstoffzellen-Elektrofahrzeugen (FCEV) in der Kompaktklasse, die 2021 in Europa zugelassen werden. Die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

Warum die Li-Ionenbatterie?



Seit der Markteinführung:
Energiedichte: x4
Kosten ÷ 18

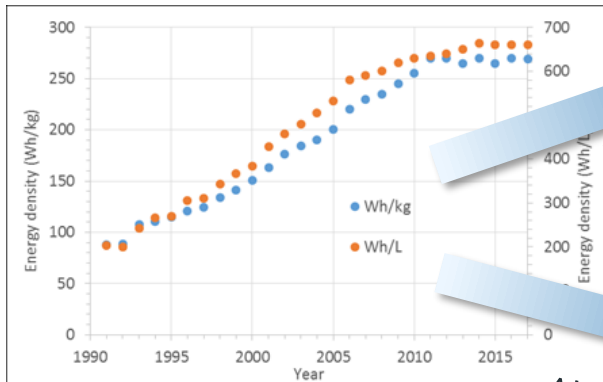
In den letzten 10 Jahren:
• 90% Kostenreduktion
• Kapazität verdoppelt

Kostenziel
für 2021

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

- Wege zur Entwicklung neuer Batterien
- Chemie und Ingenieurskunst
- Gibt es eine „Materialdämmerung“?
- Erste Modelle auf dem Markt
- Neue Batteriechemien („post-Li Systeme“)
- Zusammenfassung

Energiedichte von Batteriezellen



Entwicklung Li-basierter
Technologie

Alternative Chemien

ref.: CEA (2019) pers. communication

(Fortschritte durch
Engineering + Chemie)

Festkörperbatterien (ASSB) und Konversions-Systeme (Li-S)

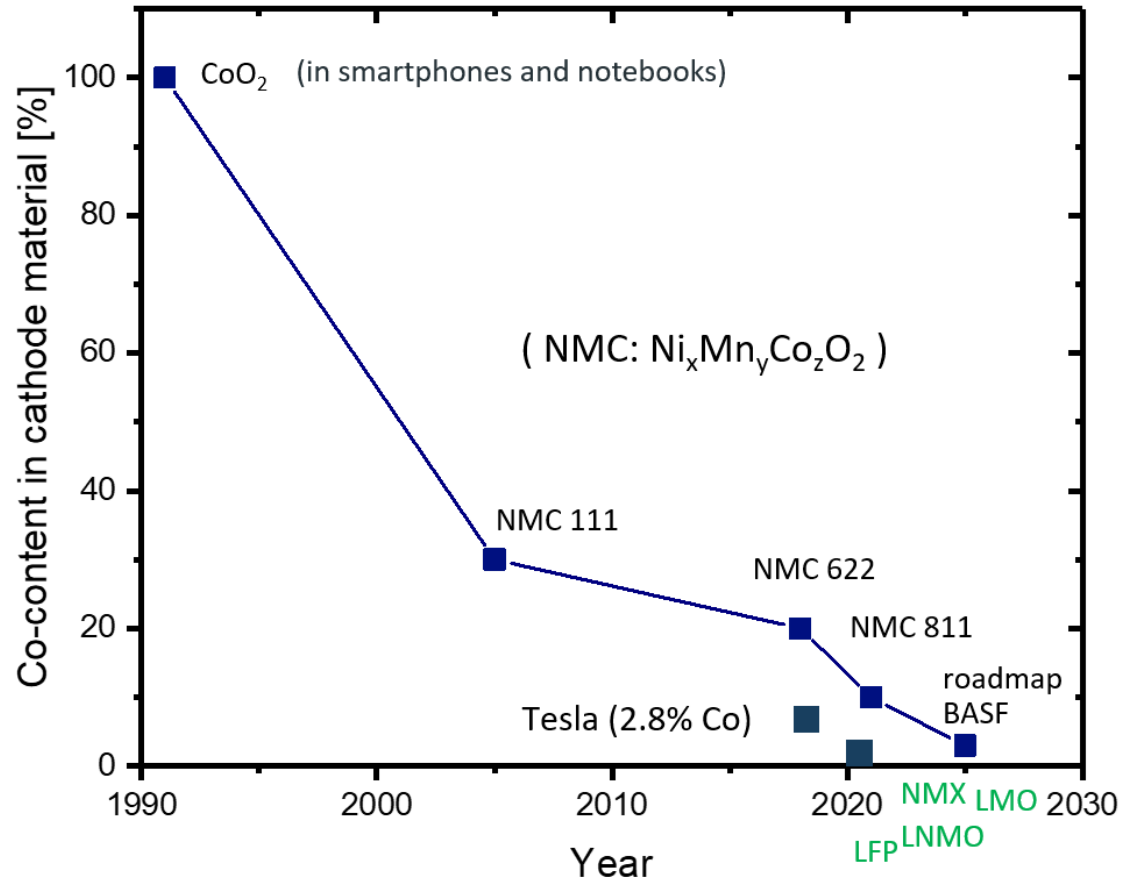
- + Höhere Kapazitäten (Li Metall)
- + Höhere Sicherheit (keine brennbaren Flüssigkeiten)
- + Schneller Beladung

! Li Metall (Sicherheit)
! Ionische Leitfähigkeit (Festelektrolyt)
! Fabrikation

Post-Lithium Batterien

- + Höhere Kapazität (Mg, Al, Zn Metall)
- + Nachhaltig
- + Niedrigere Kosten
- + Höhere Sicherheit (Anoden nicht brennbar)

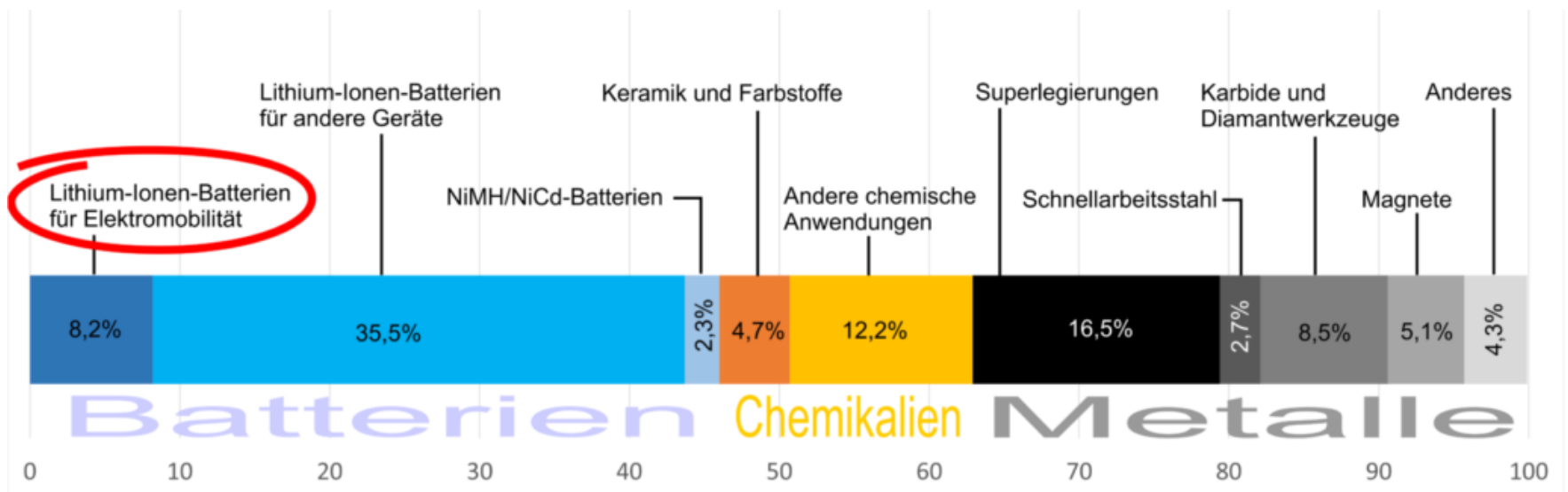
! ionische Mobilität
! Reversibilität
! Fertigung
?...



Kathode:
Kobaltgehalt in Batterien

(0% Kobalt)

Aktuelle Verwendung von Kobalt



Ref.: Commodities Research Unit (2018)

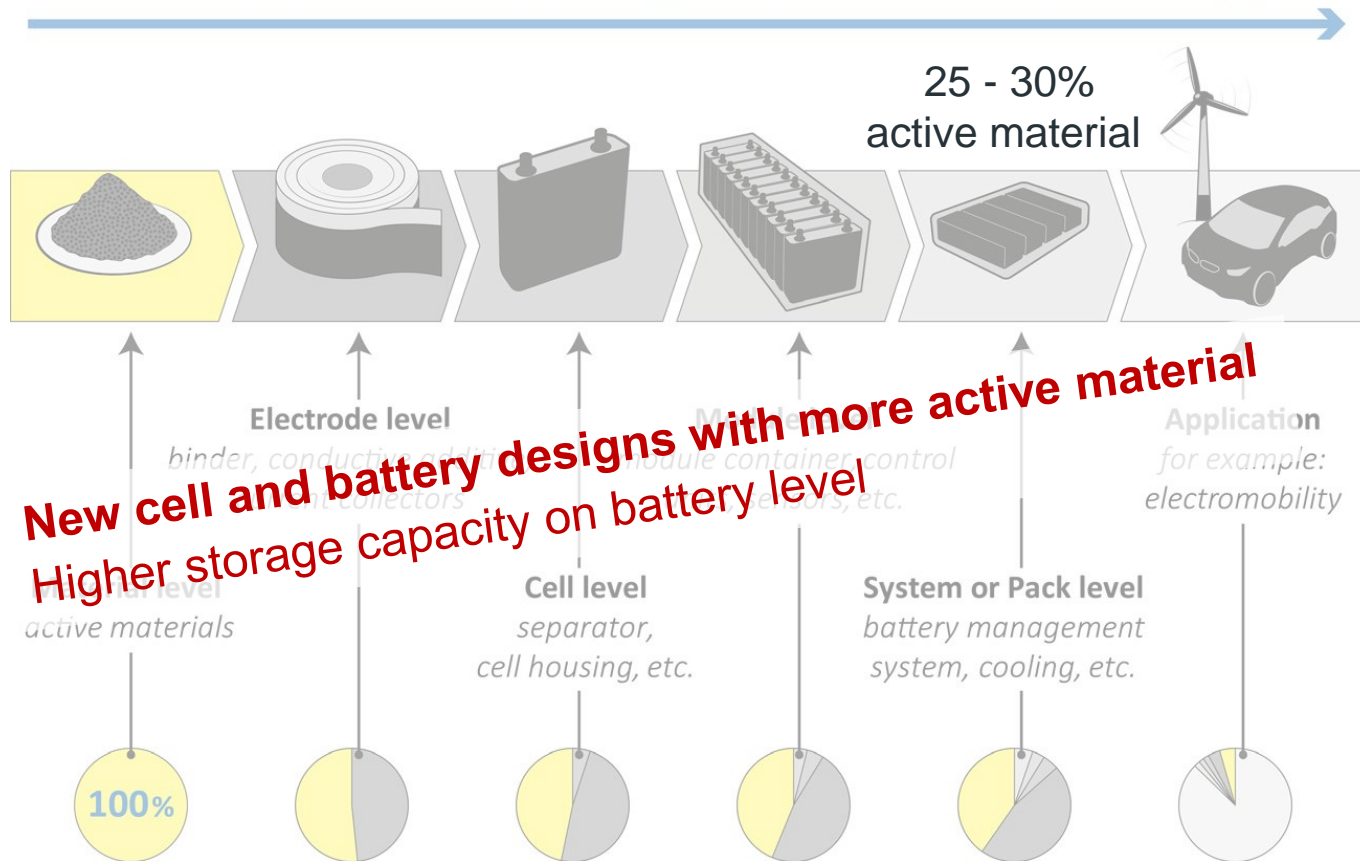
Zur Produktion einer **60 kWh Autobatterie** (400 km Reichweite) werden ca. **6 kg Li** gebraucht.
→ Die Produktion 1 Fahrzeugbatterie verbraucht **4000-5000 L Wasser**, welches aus der Salzlake verdunstet und das Salz zurücklässt.

Das entspricht einem Wasserverbrauch bei der Produktion von

- **250g Rindersteak** oder
- **1/2 Jeans (Baumwolle)** oder
- **30 Tassen Kaffee** oder
- **10 Avocados**

(danwatch.dk/en/undersogelse/how-much-water-is-used-to-make-the-worlds-batteries/)
(en.wikipedia.org/wiki/Virtual_water)

Inactive materials: Decrease of gravimetric and volumetric energy



📖 T. Placke *et al.*, JSSE 21, 2017

$$Q_{\text{cell}} [\text{mAh g}^{-1}] = \frac{1}{\frac{1}{Q_{\text{neg}}} + \frac{1}{Q_{\text{pos}}} + m_{\text{inact.}}}$$



**MODEL S
16 MODULES**

TESLA / CATL



**MODEL 3
4 MODULES**

Zell-Level: 240 Wh/kg in 2019
Ziel: 350 Wh/kg in 2024

Ref.: gizmodo.com.au

Cell-to-Pack (CTP) -Technologie erlaubt laut CATL die Erhöhung der

- Spezifischen Energie um 10-15%, und
- Energiedichte um 15-20%, und
- die Anzahl der notwendigen Teile für die Fertigung des Batteriepacks um 40% zu reduzieren.



Zusammenspiel von Chemie und Engineering

TESLA

Stacking Up The Benefits Of Tesla's Vertical Integration

Range Increase

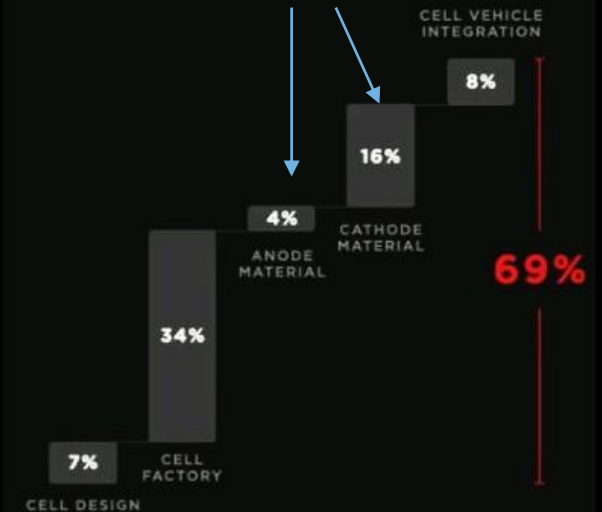
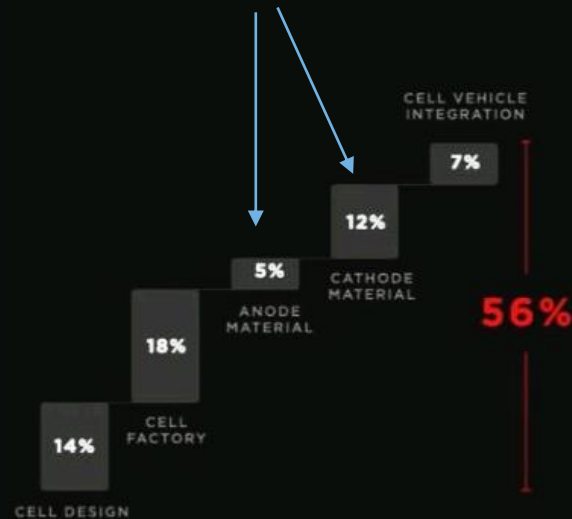
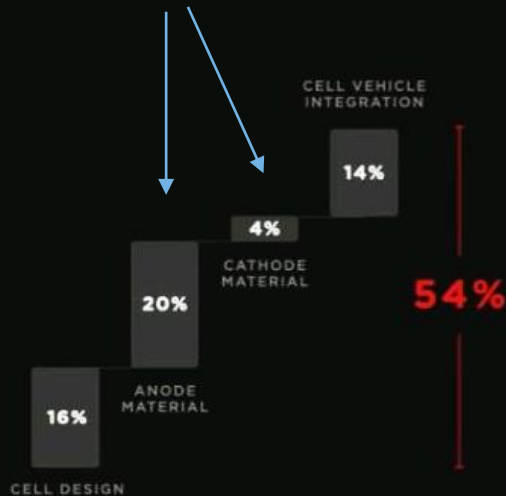
\$ / kWh reduction

Investment per GWh reduction

only 24% by chemistry

17% by chemistry

20% by chemistry



TESLA LIVE

Wir sehen:

Es gibt mehr Platz für Speichermaterial in den neuen Batterien
→ höhere Flexibilität in der Wahl der Materialien



Kosten



Lebensdauer



Sicherheit



Nachhaltigkeit



Energiedichte



LiFePO_4



Ref: BYD, 2020

„Blade Battery“ (CTP (cell to pack)
Technologie)

LFP-cathode

50% Raumgewinn

605 km NEFZ (2020)

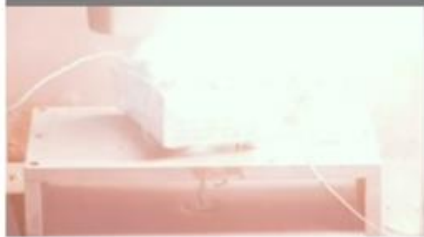
in 3.9 sec auf 0 – 100 km/h

Kosten 30,000 EUR



Nagelpenetrationstest

The egg was blown away by explosion



NCM Lithium Battery:
severely damaged
surface temperature exceeded 500 °C

The egg was charred



Lithium Iron Phosphate Block Battery:
no fire or smoke observed
surface temperature of 200 °C to 400 °C

Sehr sicher!

The egg remained uncooked



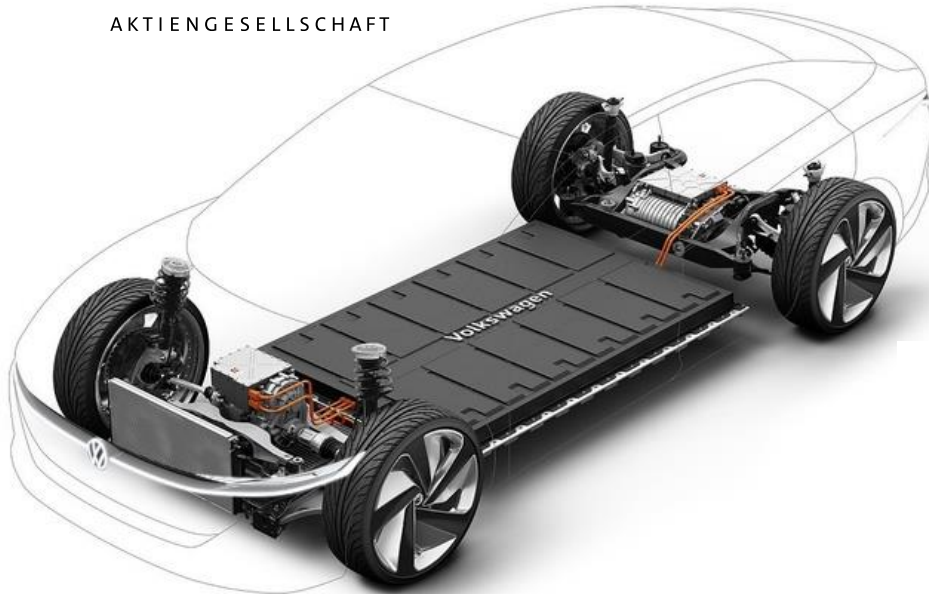
BYD Blade Battery:
no fire or smoke
surface temperature of 30 °C to 60 °C

Kosten !
Lebensdauer !
Nachhaltigkeit !

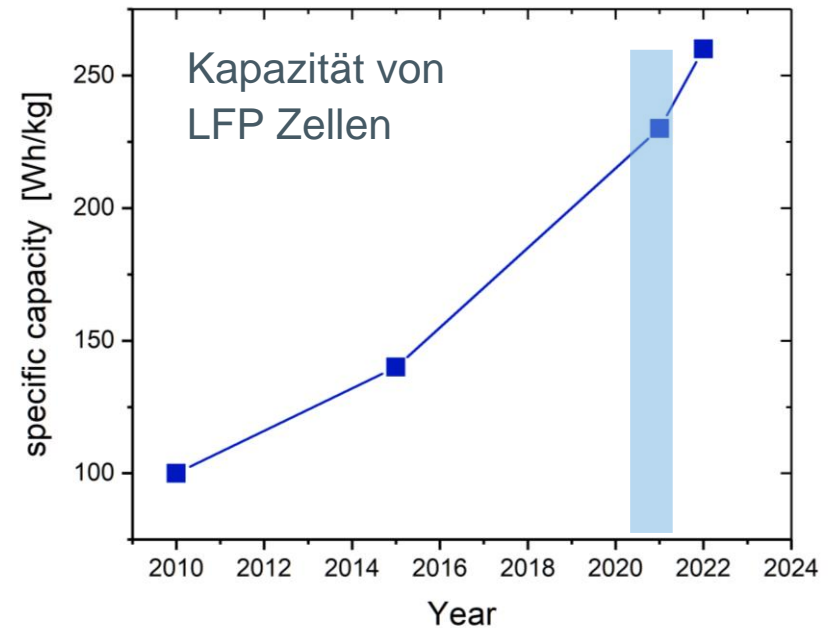
Ref: BYD, 2020

VOLKSWAGEN

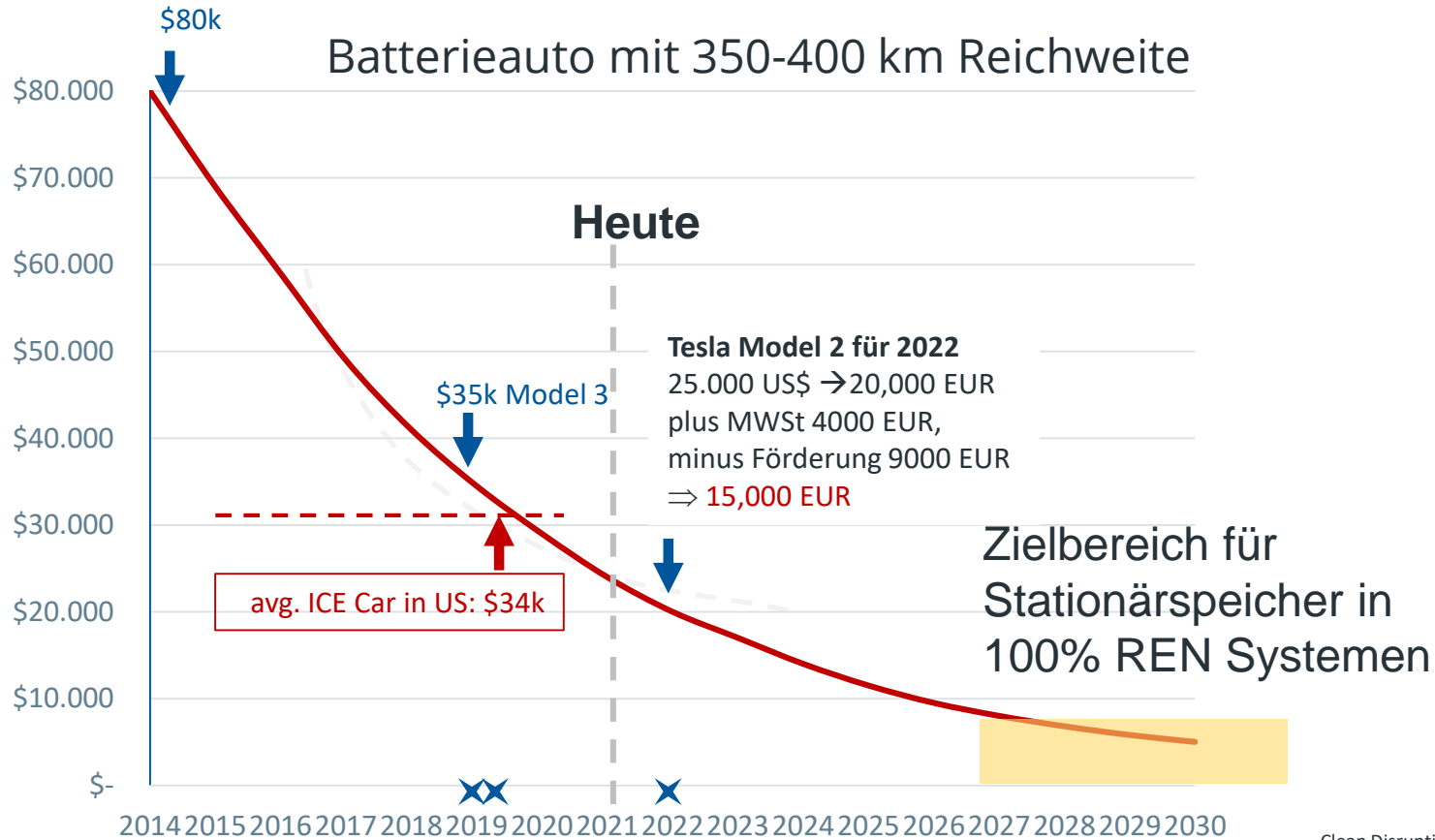
AKTIENGESELLSCHAFT



Kooperation von VW und GOTION:
LiFePO₄ Kathode



Kostenkurven: Batteriefahrzeuge



Clean Disruption ©2014 Tony Selba

15

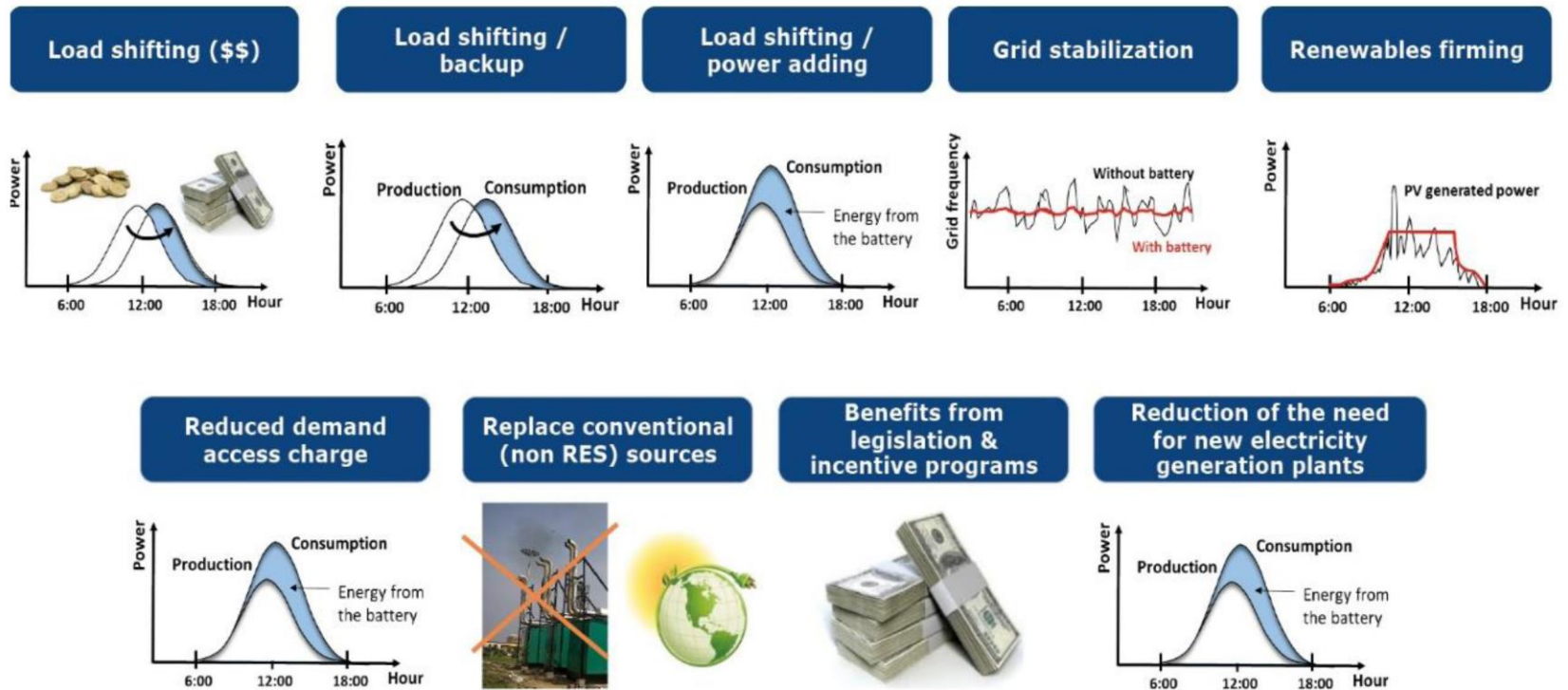
Vorhersage basierend auf einer einfachen
Kostenkurven-Analyse von 2014



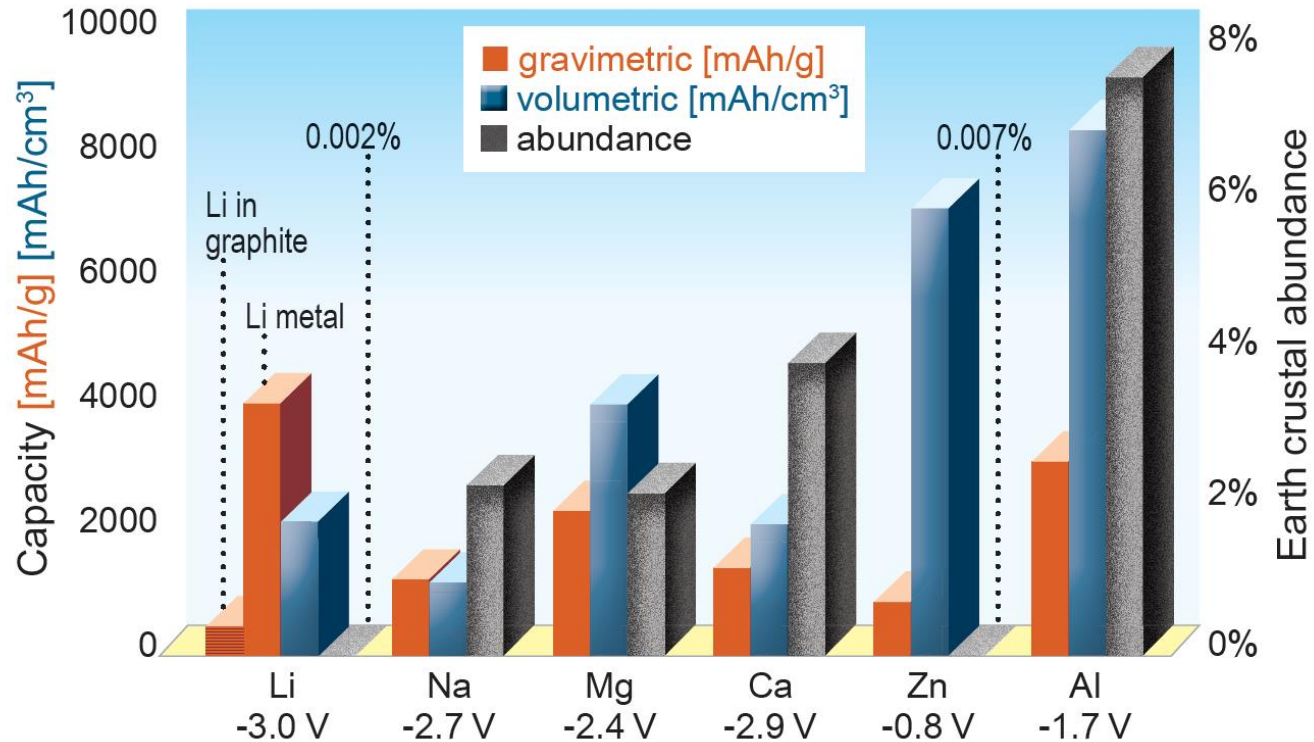
Brauchen wir mehr nachhaltige Batterien?

Etwa 38% jährliches Wachstum im Bereich **Stationärspeicher** zwischen 2021 und 2031, mit einer **installierten Speicherkapazität installed über 1 TWh.** (Ref.: IDTechEx, 2021)

→ Große Materialmengen benötigt



Ref.: Yole, 2015



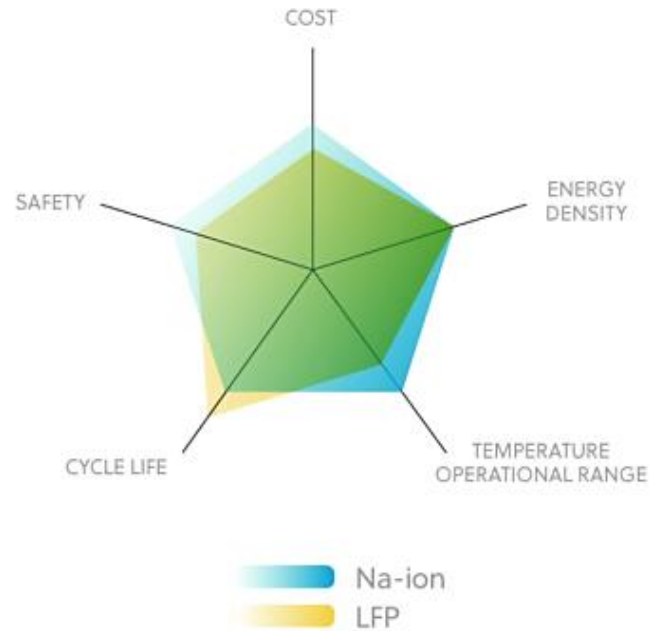
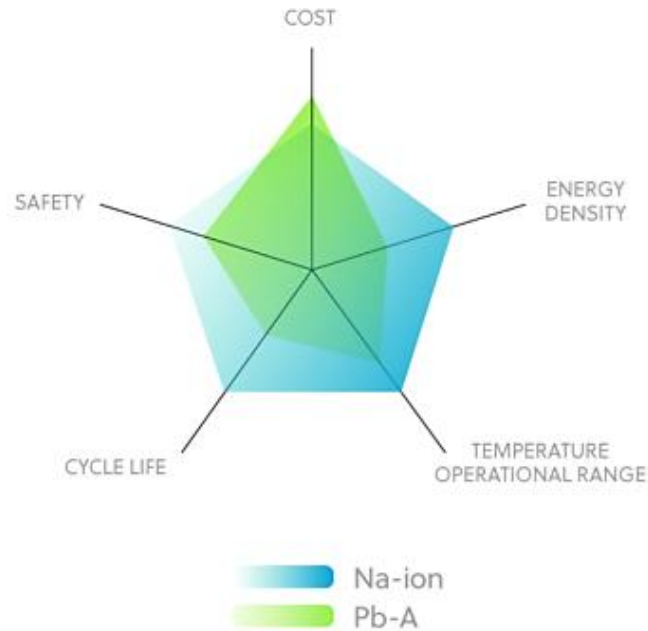
G.A. Elia, et int., S. Passerini, R. Hahn, *Adv. Mater.* (2016)

Post-Li Systeme beruhen nicht nur auf häufig vorkommenden Rohstoffen, sondern bieten auch die Möglichkeit, bessere Leistungsdaten zu erreichen als LIBs.

Die ersten Na-Ionenbatterien kamen 2020 auf dem Markt!

Na-ion v Pb-A

Na-ion v LFP



TECHNOLOGY

NIO as well...

Tesla Supplier CATL to Introduce Sodium-Ion Batteries

BY MISHA LU - 2021-05-26 - IN TECHNOLOGY

Collaboration Faradion Ltd. / Infraprime
Logistics Technologies (IPLTech)





CATL Will Start Mass Producing Sodium Ion Batteries

June 13, 2021 by Brian Wang

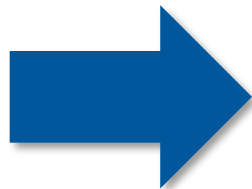
www.nextbigfuture.com/

CATL ist der größte Batterieproduzent weltweit

“Sodium-ion cells have a lower energy density, ~100-150 Wh/kg, in comparison to lithium-ion cells, 330 Wh/kg,”
Expect them to be used to **replace lead-acid initially, in applications such as back-up power and two and three-wheelers.**

In the long run, stationary storage markets could be suitable for sodium-ion deployments.”

(J. Frith, head of energy storage at BloombergNEF).



- **Kein Cu Kollektor benötigt (Al)**
- **Kein Co, kein Ni in der Kathode.**
- **Materialien 20-30% billiger als LiFePO₄**
- **„Drop-in“ Technologie**

Die Entwicklung neuer Batteriezell-Designs ermöglicht derzeit einen sprunghaften Fortschritt durch die Integration von **mehr Speichermaterial in der Batterie.**

LiFePO₄ ersetzt zunehmend andere Materialien.

Erste **kommerzielle Lösungen** sind bereits auf dem Markt (BYD, TESLA), weitere werden folgen (Volkswagen).

Gewinn in Sicherheit, Langlebigkeit, Reichweite und Kosten.

Alternative Batteriechemien (z.B. „**post-Li**“: Na, Mg, Al, Zn,...) werden benötigt, um den Druck auf die Rohstoffe bei der LIB zu verringern..

Erste **Na-ionen Batterien** werden kommerziell angeboten, Ausbau vor allem für den Stationärbereich.

Vielen Dank !

www.celest.de

www.hiu-batteries.de

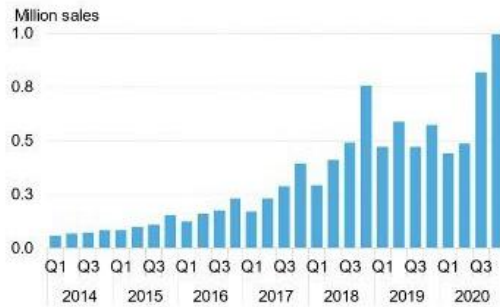
www.postlithiumstorage.org



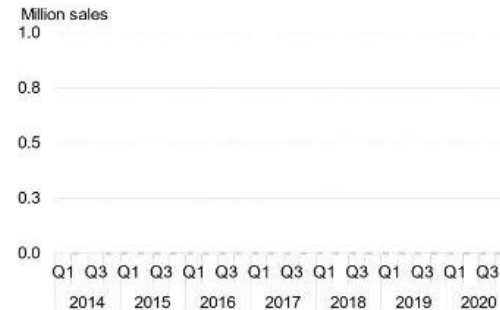
Global BEV vs. FCV sales

Liebreich
Associates

Battery electric vehicles



Fuel cell vehicles



Source: BNEF

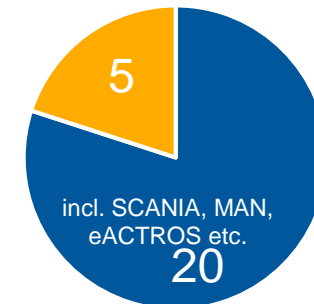
21 27 January 2021

„**Tipping point**“ einer neuen Technologie bei 10-11% Markteinführung

→ „Markt-Trauma“ für die „alten“ Technologien

Und LKWs ?

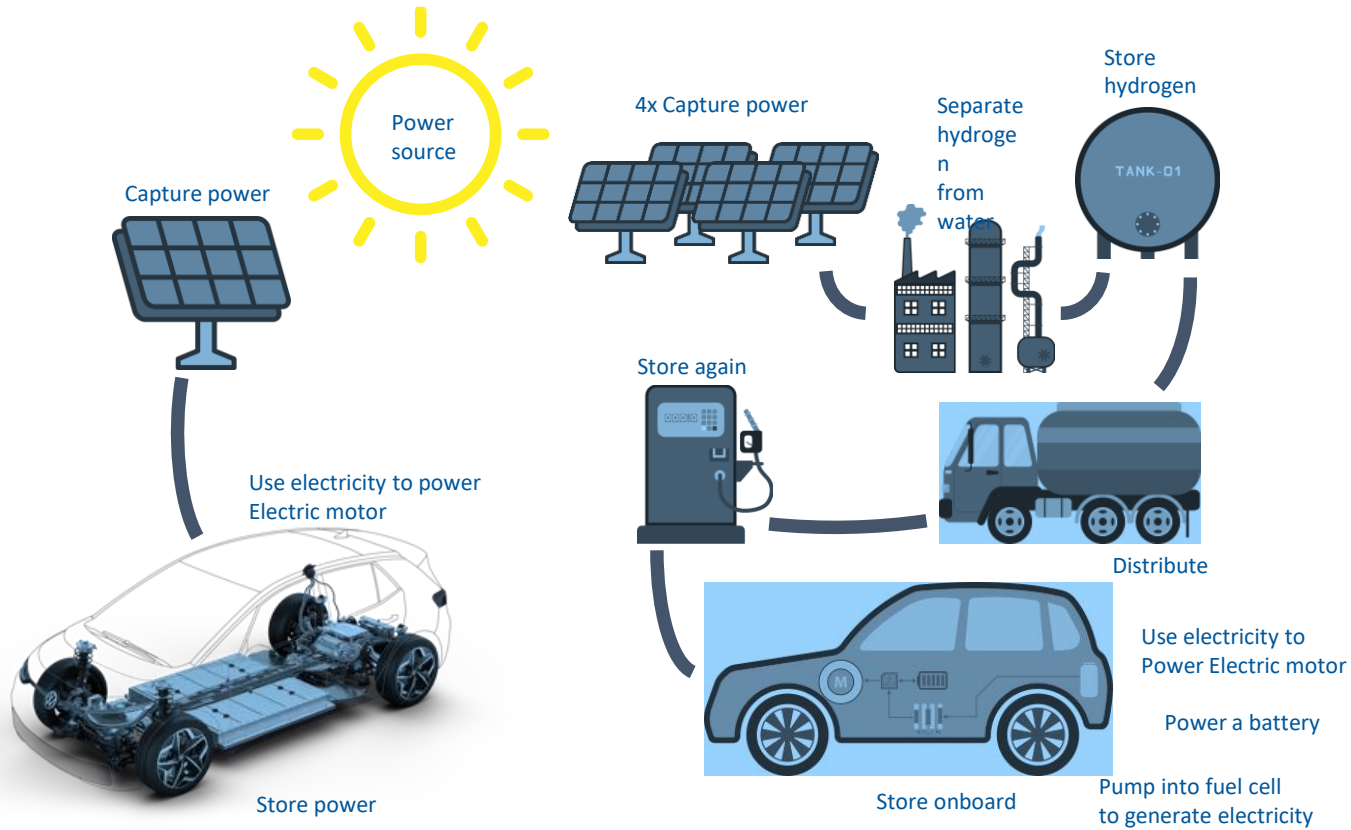
Drivetrains of zero emission trucks developed by 25 companies worldwide



■ Battery

(www.forbes.com; Jan 19, 2021)

Elektrische Antriebe als effizienteste Art des Antriebs



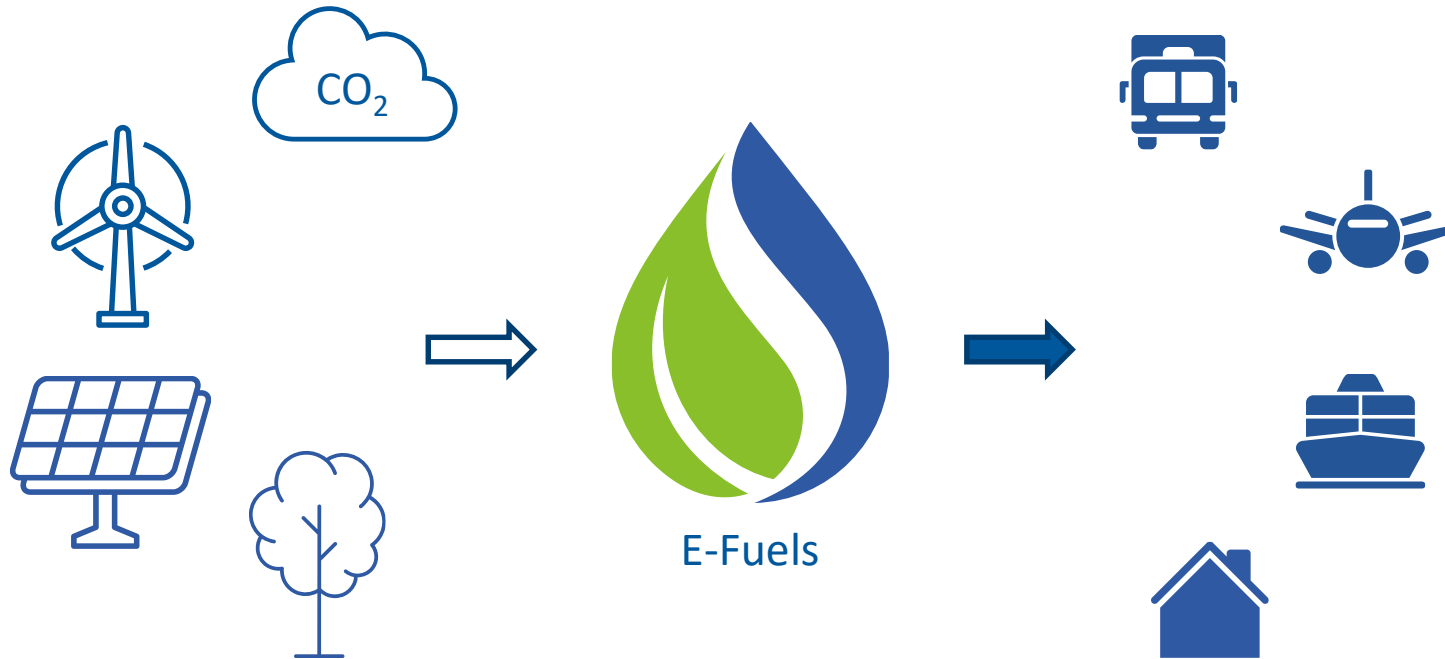
Batterieelektrischer Antrieb

70%

H₂ Antrieb mit Brennstoffzelle

18-20%

Synthese aus CO₂, Wasserstoff (H₂), und elektrischer Energie



Die Produktion von **1 Liter** e-Diesel aus CO₂ und H₂ benötigt 27 kWh elektrische Energie (LBSt, 2020)

Ein Diesel-PKW verbraucht 6-7 L Diesel auf 100 km → gesamt **160-170 kWh** benötigt für 100 km Reichweite

→ Mit dieser Energiemenge kann ein E-Auto **1000 km** weit fahren (mit e-Diesel PKW: **100 km**)

→ Nach wie vor lokale Emissionen (Ruß, NOx, Lärm)

→ Sehr teuer (Tankfüllung für 300-400 EUR o. Steuer)