



Battery Ageing • Battery Models • Battery Diagnostics • Battery Pack Design • Electromobility • Stationary Energy Storage • Energy System Analysis

Aktuelle Entwicklungslinien für den Bereich Mobilität

Klimaschutzwoche Senden

18.09.2019

Prof. Dr. Dirk Uwe Sauer

Chair for Electrochemical Energy Conversion
and Storage Systems

ISEA
Power
Electronics
and Electrical
Drives

RWTHAACHEN
UNIVERSITY

Forschungsfabrik Lithi

ZEIT ONLINE

Politik Gesellschaft Wirtschaft Kultur Wissen Digital Campus Arbeit Entdecken Sport ZEITmagazin Podcasts mehr

Suche

Elektronmobilität

Münster bekommt Deutschlands erste Forschungsfabrik für Batteriezellen

In Nordrhein-Westfalen... die Energiebranche... Vorhaben mit 500 Millionen Euro... Die Regierung fördert das...

28. Juni 2019, 18:04

Elektroauto-News .net

Nachrichten & Entwicklungen aus der Welt der Elektromobilität und Elektroautos

News Newsletter Elektroauto Hersteller Automobilindustrie Testberichte



Batterie-Forschungsfabrik: Münster setzt sich gegen Ulm durch

VON SEBASTIAN AM 28. JUNI 2019

Arguments for large-scale investments in EV manufacturers

electrive.net
Branchendienst für Elektromobilität

Nachrichten

Videos

Terminkalender

Studienführer

Jobmarkt

Automobil

Nutzfahrzeug

Energie & Infrastruktur

Speichertechnik

Flotten

Politik

Zweirad

Luft

Speichertechnik >

04.02.2019 - 16:35

CATL legt Erfurter Batteriewerk für bis zu 100 GWh aus

Die CATL-Fabrik könnte die Ausmaße der Gigafactory von Tesla schnell übertreffen

Batterie

Batterieproduktion

Batteriezellen

CATL

Erfurt

Thüringen

Zulieferer



Der chinesische Batteriezellhersteller CATL korrigiert die Pläne für seine Fabrik in Erfurt nach oben. Grund sind die strengeren CO₂-Vorgaben für Fahrzeuge in Europa. CATL hält in Thüringen eine Kapazität von bis zu 100 GWh für realistisch. Wir haben mit Europachef Matthias Zentgraf darüber gesprochen.

Zu Beginn ein kurzer Blick zurück: Als die Pläne für Erfurt im Sommer durchgesieckert waren – der Branchendienst electrive.net hatte über den genauen Standort [als erstes berichtet](#) – war von einer Kapazität in Höhe von 14 GWh pro Jahr in der ersten Ausbaustufe die Rede. Die Produktion soll bereits 2021 starten. Bis 2022, so die Planung damals, wollte CATL rund 240 Millionen Euro in den Standort investieren. Nun jedoch zeichnet sich ab, dass die Batteriezellfabrik im Industriegebiet Erfurter Kreuz deutlich größer werden könnte als anfänglich gedacht.

Klimaschutzambitionen in Deutschland völkerrechtlich verbindlich zugesagt



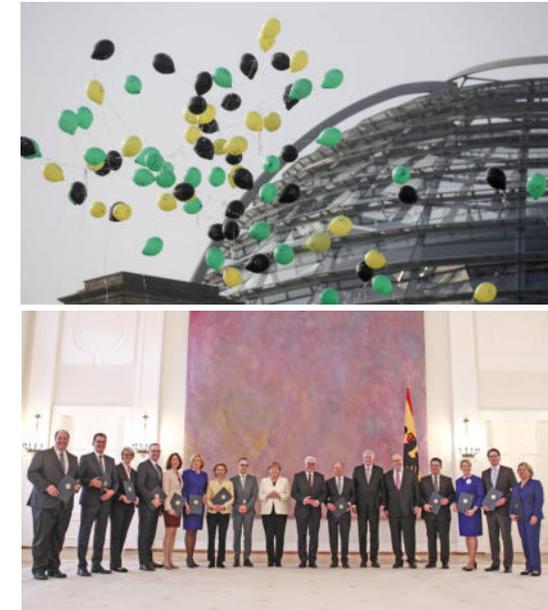
1,5°C Ziel – 2015



**Umsetzungsziele für
Sektoren in
Deutschland – 2016**



**Umsetzungsdetails und
Überprüfung – 2017**



**Neue Regierung
in Berlin 2018**



Klimaschutz ?

Klimaschutz – mehr als 25 Jahre auf der internationalen Agenda

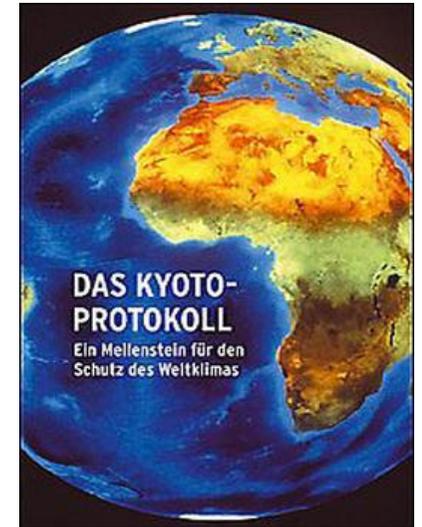
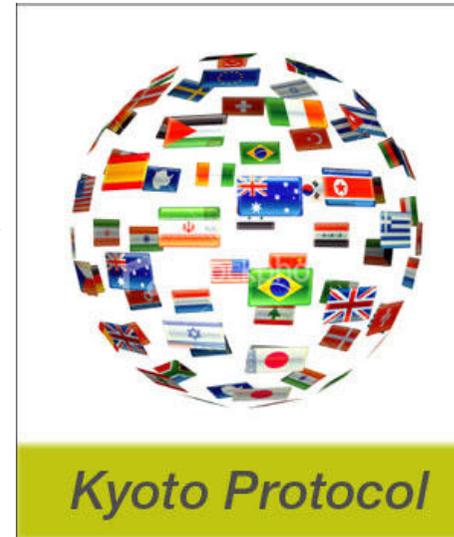


Rio 1992: UN-Konferenz für Umwelt und Entwicklung (II)

Klimarahmenkonvention

- Ziel: Verhinderung von Klimagefahren
- Stabilisierung von Treibhausgasen
- unterzeichnet von 190 Staaten (Stand 2008)
- jährliche Vertragsstaatenkonferenz: COP

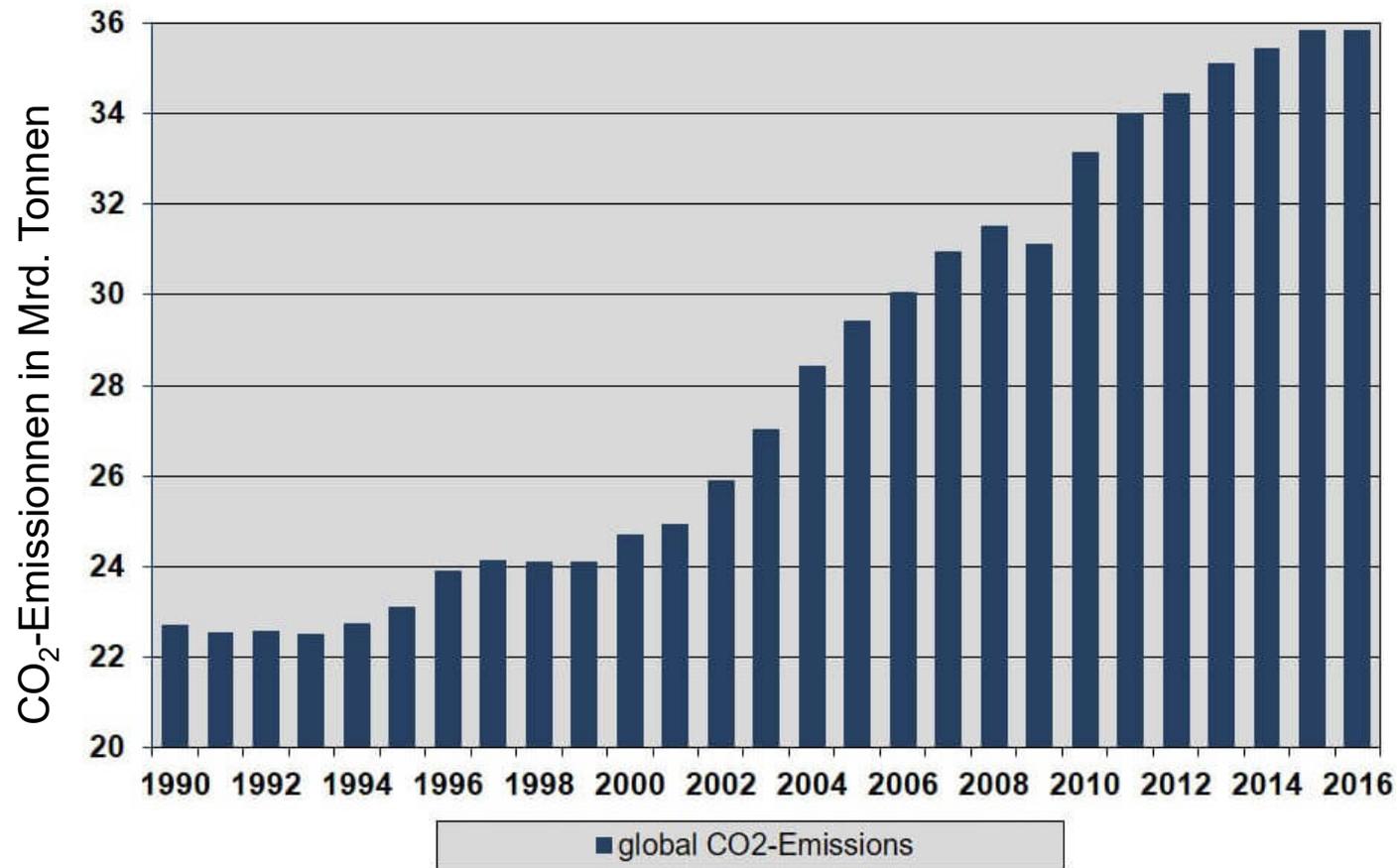
Beginn des internationalen Klimaschutzprozesses 1992 in Rio de Janeiro – seit dem jährliche Konferenzen



Kyoto-Protokoll – Klimaschutzabkommen am 11.12.1997 beschlossen mit verbindlichen Handlungszielen und Umsetzungsinstrumente für den globalen Klimaschutz

Konferenz von Kyoto bringt erste völkerrechtlich verbindliche Vereinbarung zur Reduktion von CO₂-Emissionen

Globale CO₂-Emissionen (1990 – 2016)

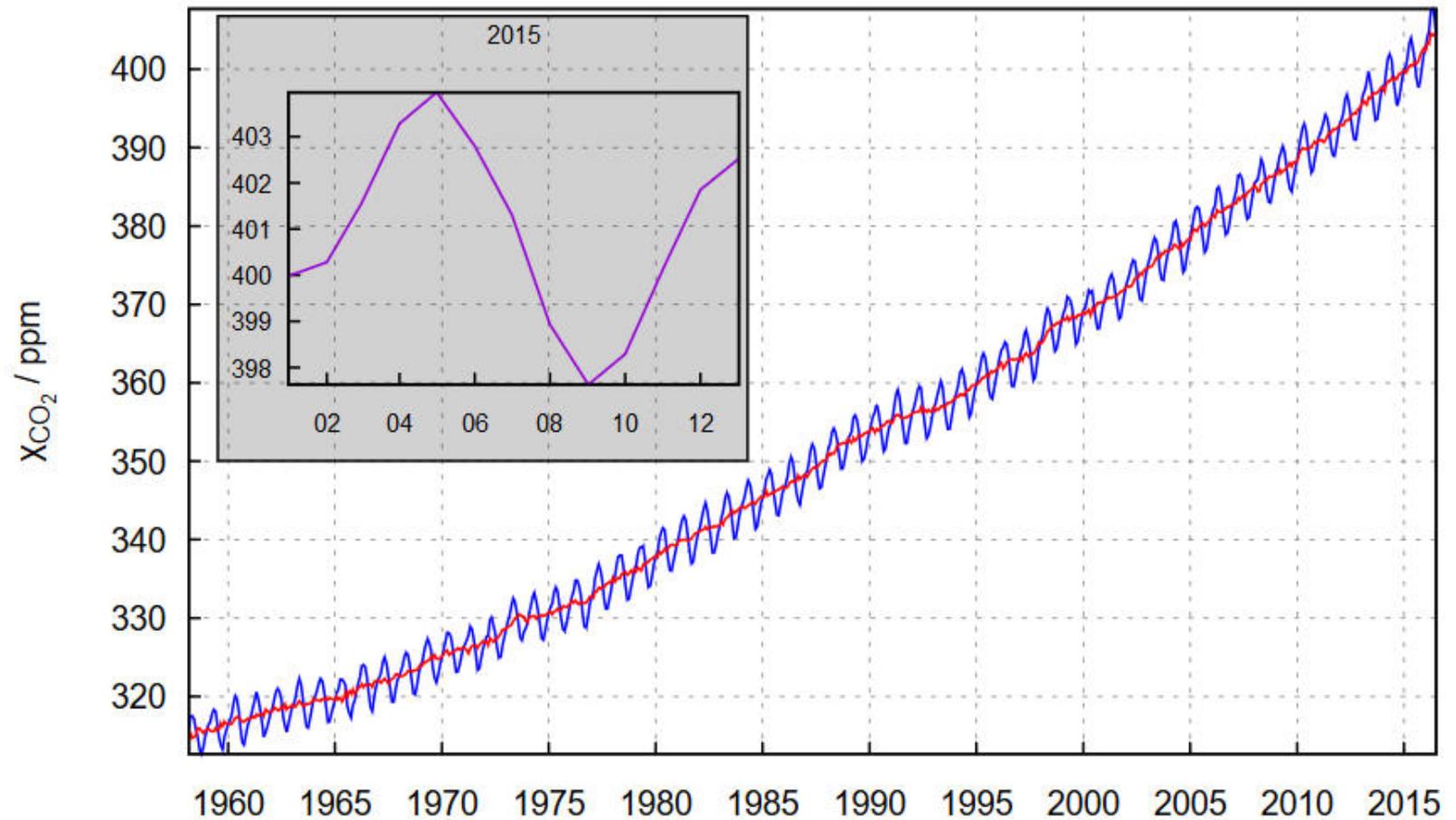


Quelle: IWR, Daten: IWR, BP

© IWR, 2017

Anstieg der CO₂-Konzentration in der Atmosphäre (1960 – 2016)

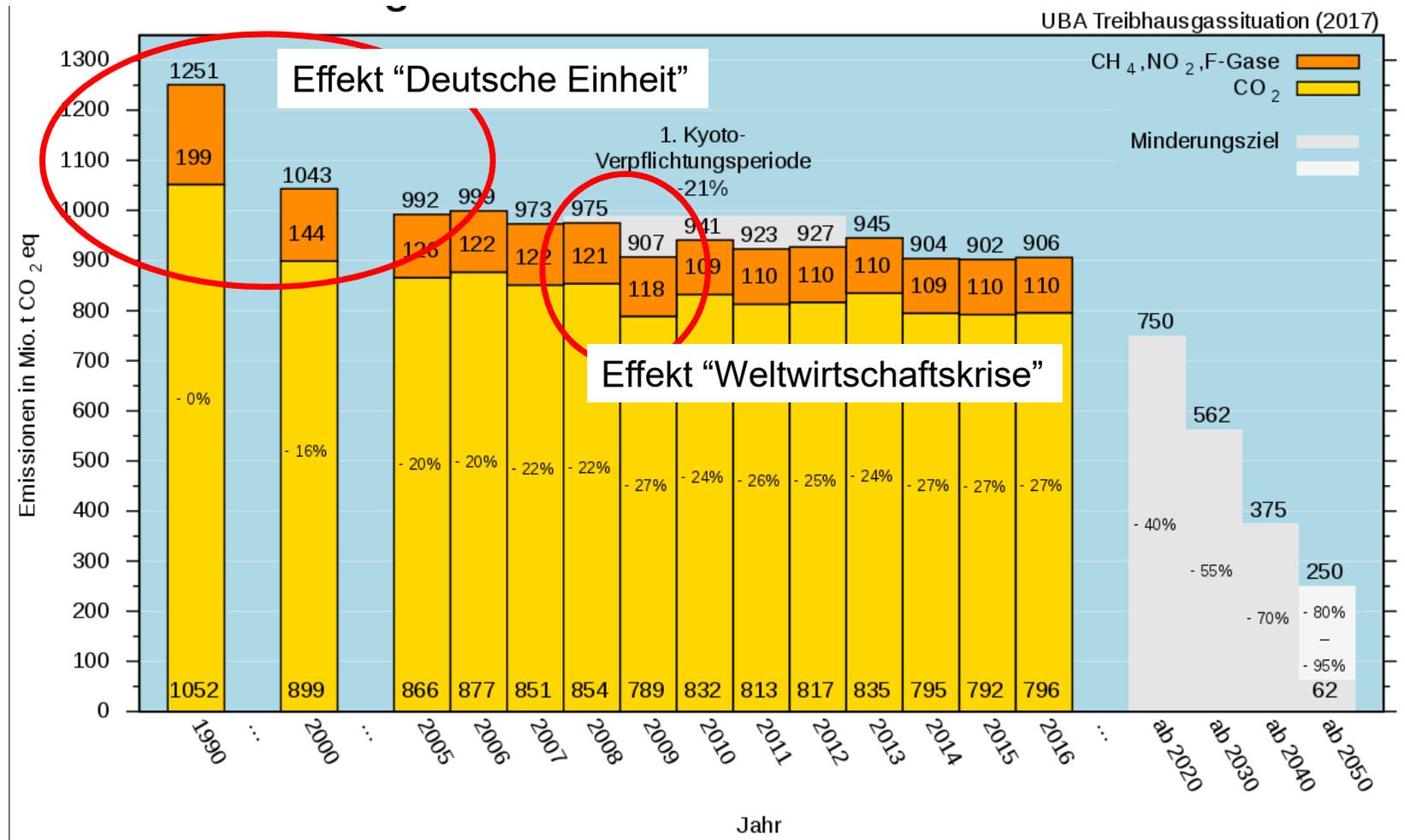
Messstation
Mauna Loa (Hawaii)



Datenquelle: ftp://ftp.cmdl.noaa.gov/products/trends/co2/co2_mm_mlo.txt

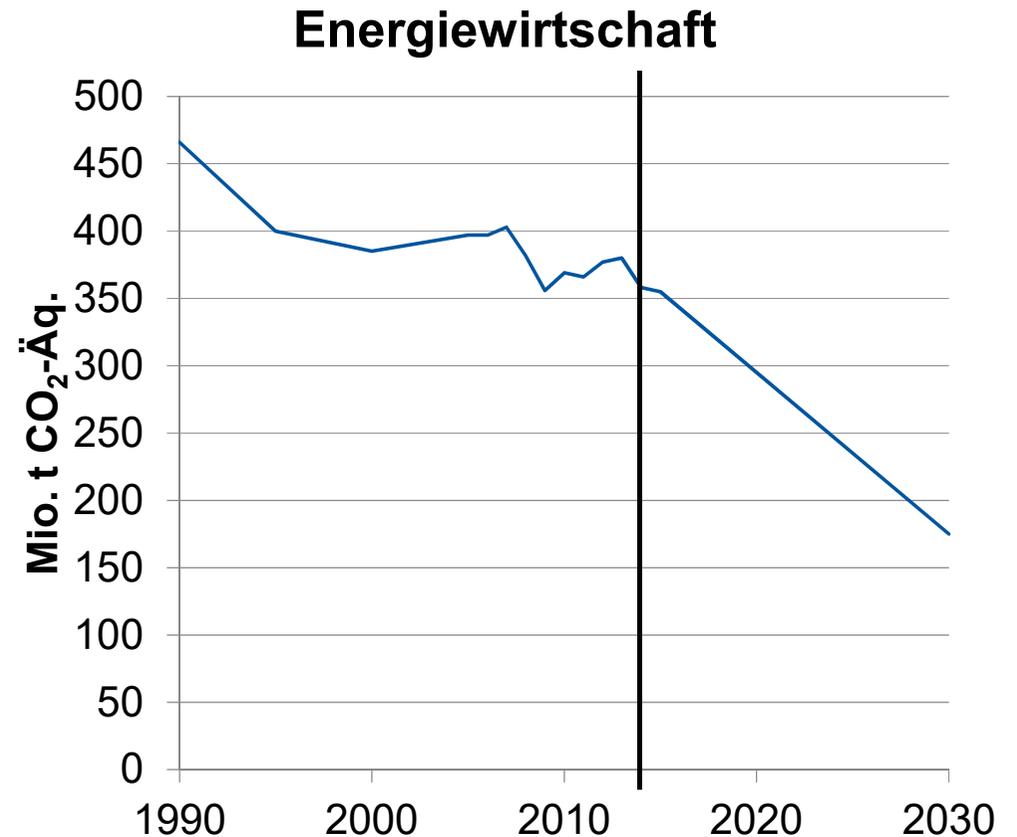
Graphikquelle: Stefan Pohl, Wikipedia, Creative Commons CC0 1.0 Universal Public Domain Dedication

Treibhausgasemissionen in Deutschland 1990 – 2016



Ziel 2030 in der Energiewirtschaft

- Energiewirtschaft = öffentl. Strom- und Wärmebereitstellung
- **Ziel entspricht -50% ggü. 2014**
- Klimaschutzplan hofft auf geringeren Stromverbrauch im Jahr 2030
 - Pro: Effizienzmaßnahmen
 - Contra: Sektorkopplung
 - Alternativ kann vor allem die Energiewirtschaft verfehlte Ziele anderer Sektoren (Ind., Verk., ...) durch eigene Mehrleistung ausgleichen
- Zur Wahrung der Gesamtziele muss also mindestens die heutige Energiemenge mit halbiertem THG Ausstoß erzeugt werden
- **Strombedarf wird steigen!**



Ziel 2030 im Verkehrssektor

- Umfasst sämtliche Transportbedarfe im Personen und Güterverkehr

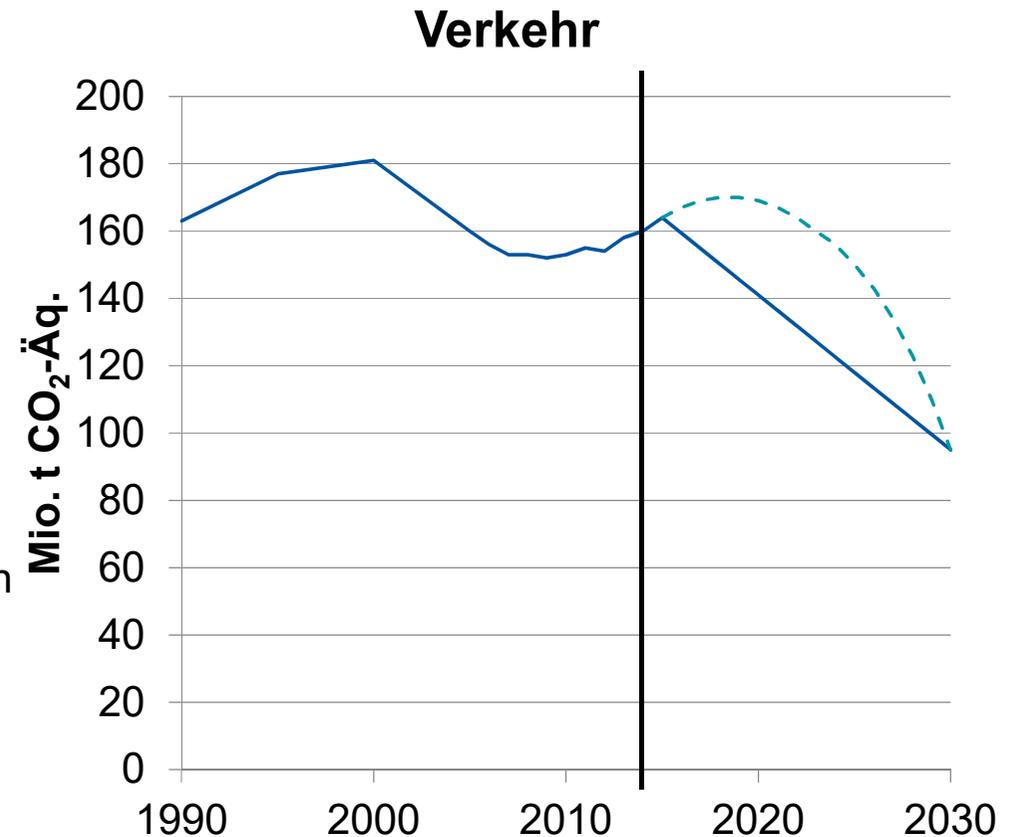
- Gesamt 910 TWh_{th}
- Personenbeförderung 640 TWh_{th} (70%)
- Güterbeförderung 270 TWh_{th} (30%)

- **Ziel entspricht –40% ggü. 2014**

- Straßenverkehr heute energetisch 80% Anteil

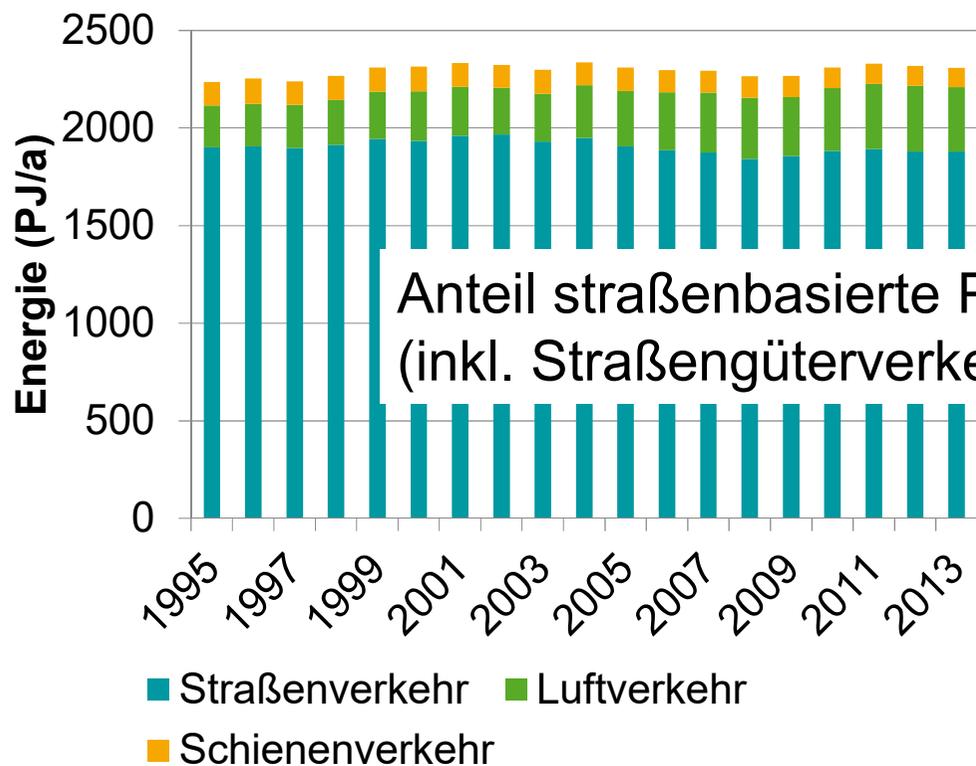
- Muss daher wesentliche Reduktion bringen
- Strombedarf für 100% Individualverkehr: 90 – 120 TWh (15 – 20% der heutigen Stromproduktion, EE-Erzeugung in Deutschland 2017 etwa doppelt so hoch)

- **Mobilitätsbedarf wird steigen!**

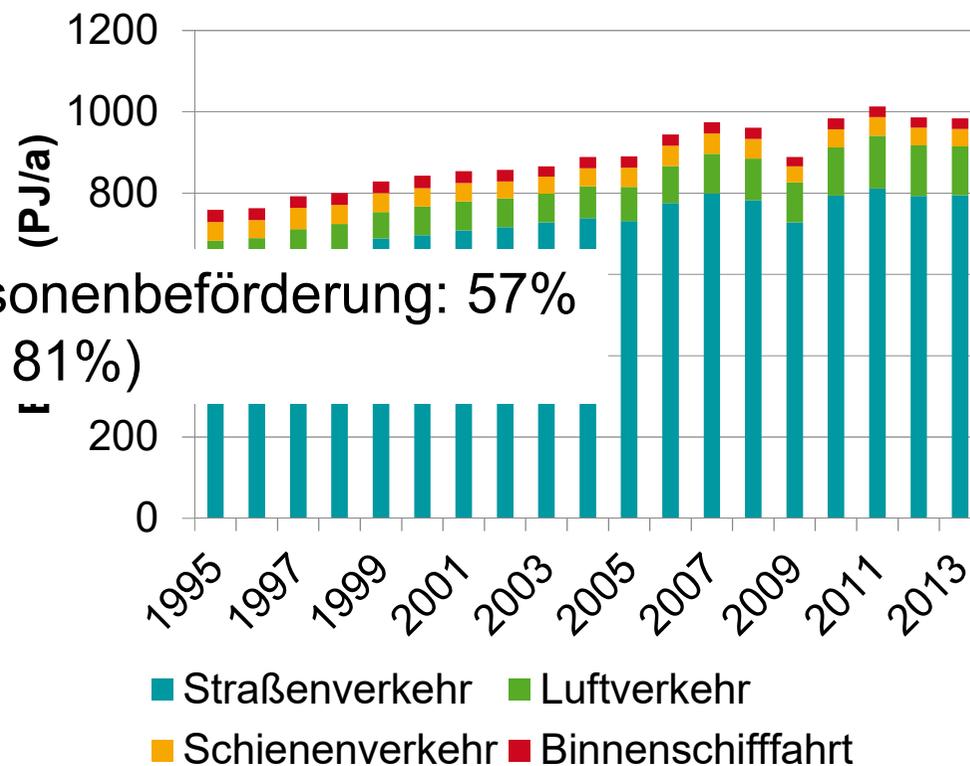


Anteil der Verkehrsträger am Energiebedarf

Personenverkehr

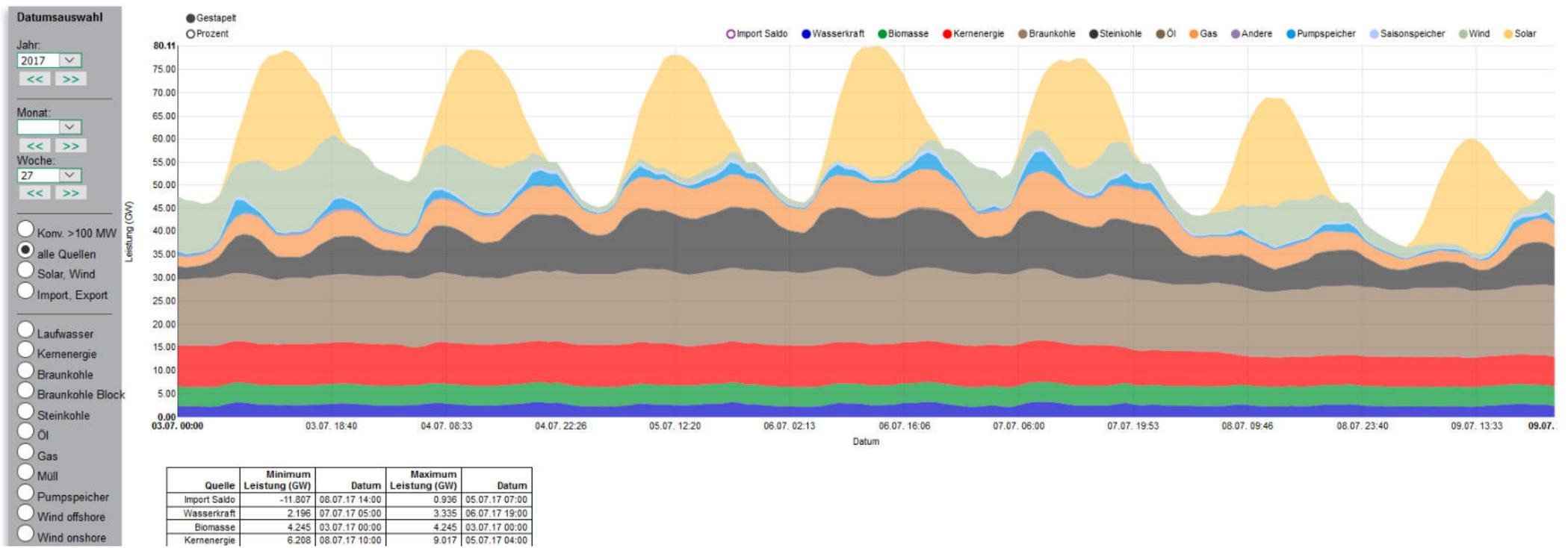


Güterverkehr



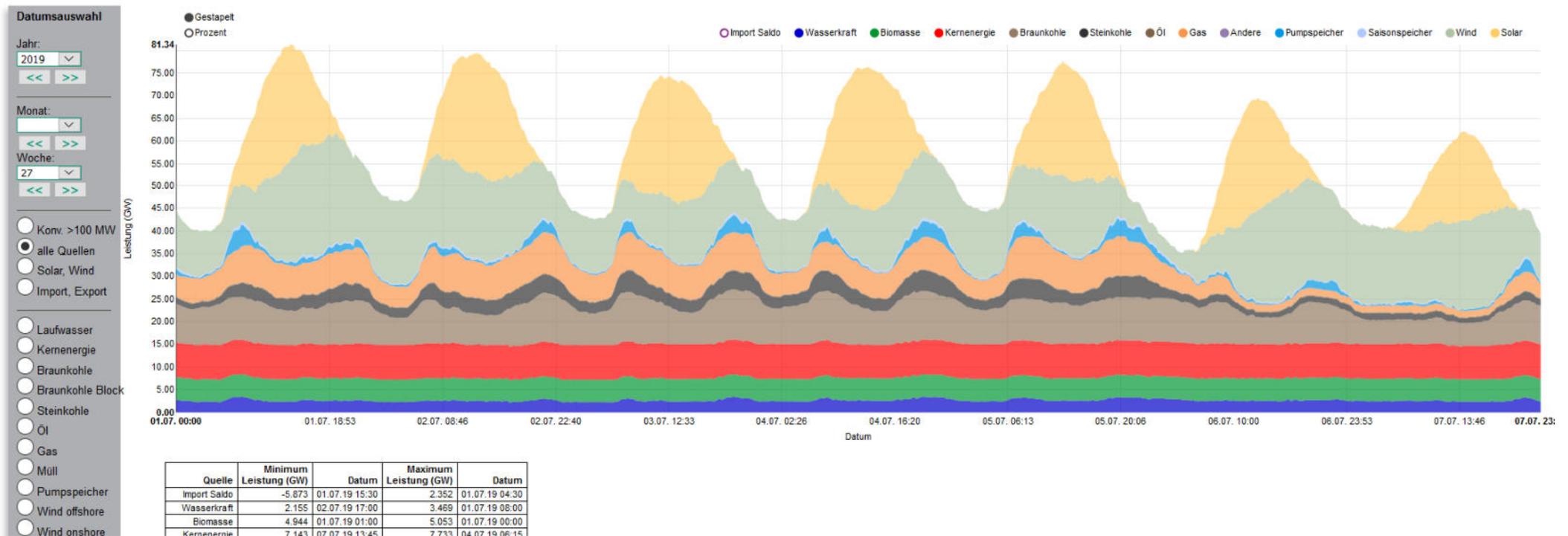
Flexible Power Generation Technologies – Germany July 2017

Stromproduktion in Deutschland in Woche 27 2017

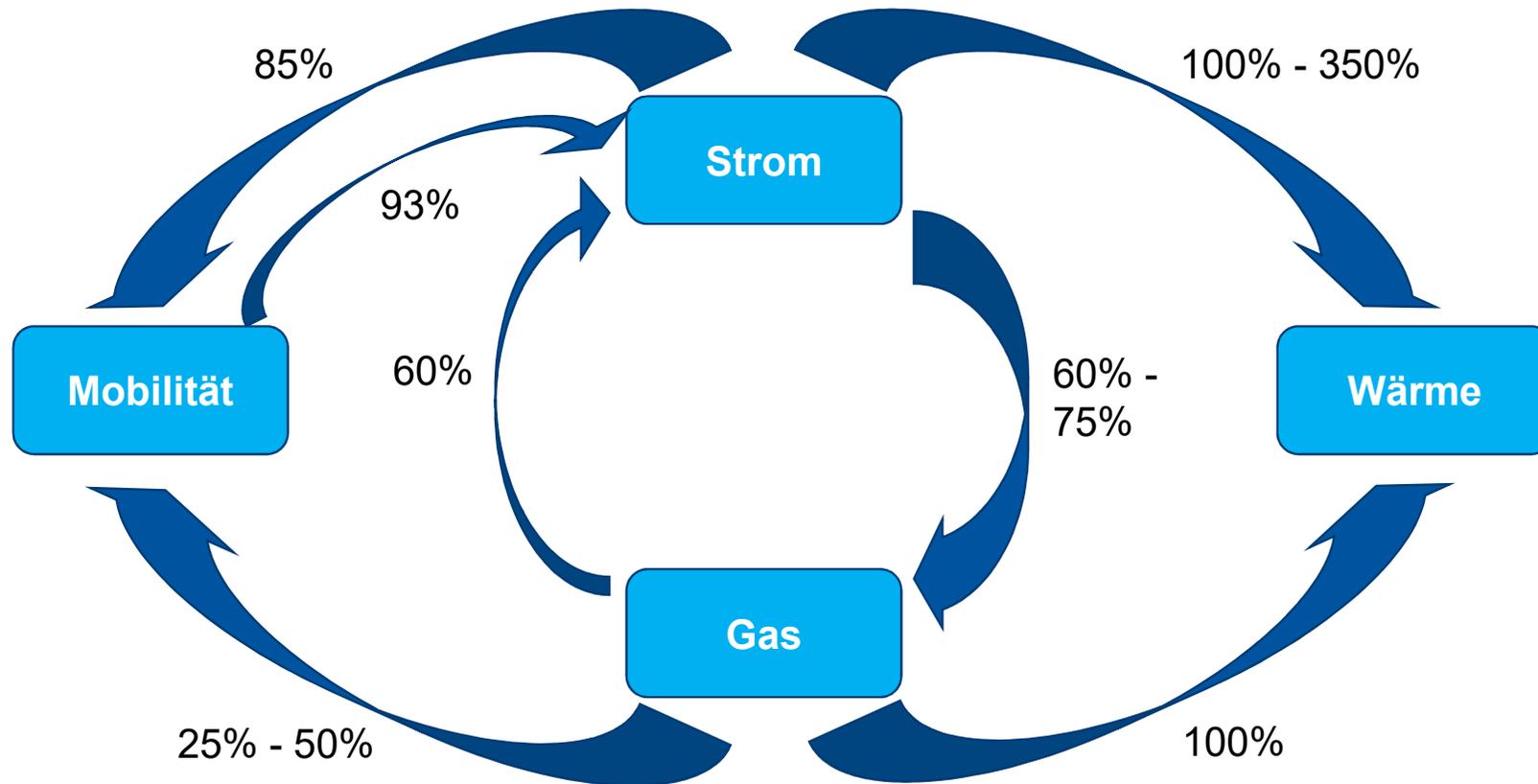


Flexible Power Generation Technologies – Germany July 2019

Stromproduktion in Deutschland in Woche 27 2019



Energiesysteme müssen verknüpft werden – Effizienz und Kosten beachten



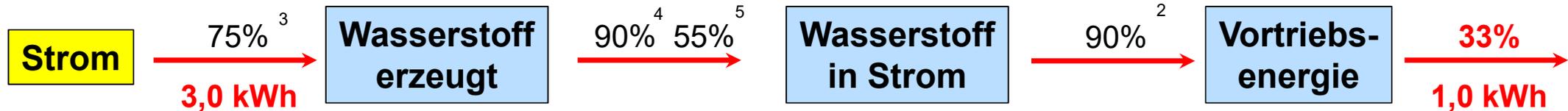
Umwandlungswirkungsgrade

Optionen für eine CO₂-freie Mobilität – Betrachtung beispielhafter Effizienzketten

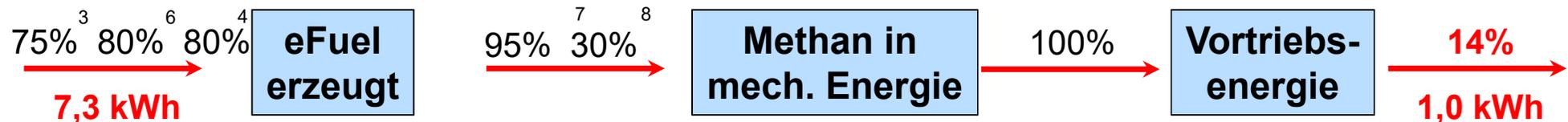
Elektroauto mit Batterie



Brennstoffzellenfahrzeug



Fahrzeug mit Verbrennungsmotor und eFuel



¹ enthält Netzverluste und Umrichterverluste, moderate Ladeleistungen (1 C)

² Umrichter und Elektromotor

³ Elektrolyseur

⁴ CO₂-Wäsche aus der Luft

⁵ Brennstoffzelle Systemwirkungsgrad

⁶ Methanisierung (Annahme: Konzentrierte CO₂-Quelle)

⁷ Methan Komprimierung und Transport

⁸ realistischer mittlerer Betriebswirkungsgrad Verbrennungsmotor dynamischer Betrieb

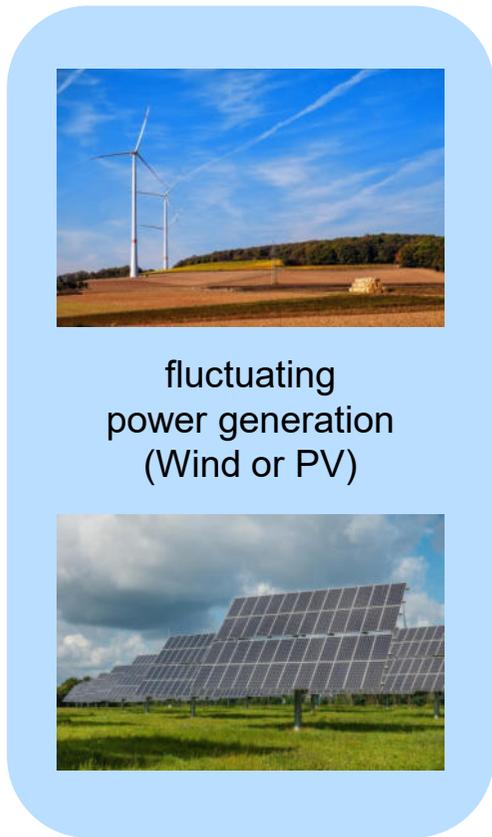
What to do with 1 kWh of electric power (CO₂-free) to reduce CO₂ emissions as efficient as possible

CO ₂ -savings [kg/kWh]	inefficiency factor	Application (this is only direct conversion and use, no emissions in supply chains are taken into account)
-----------------------------------	---------------------	---

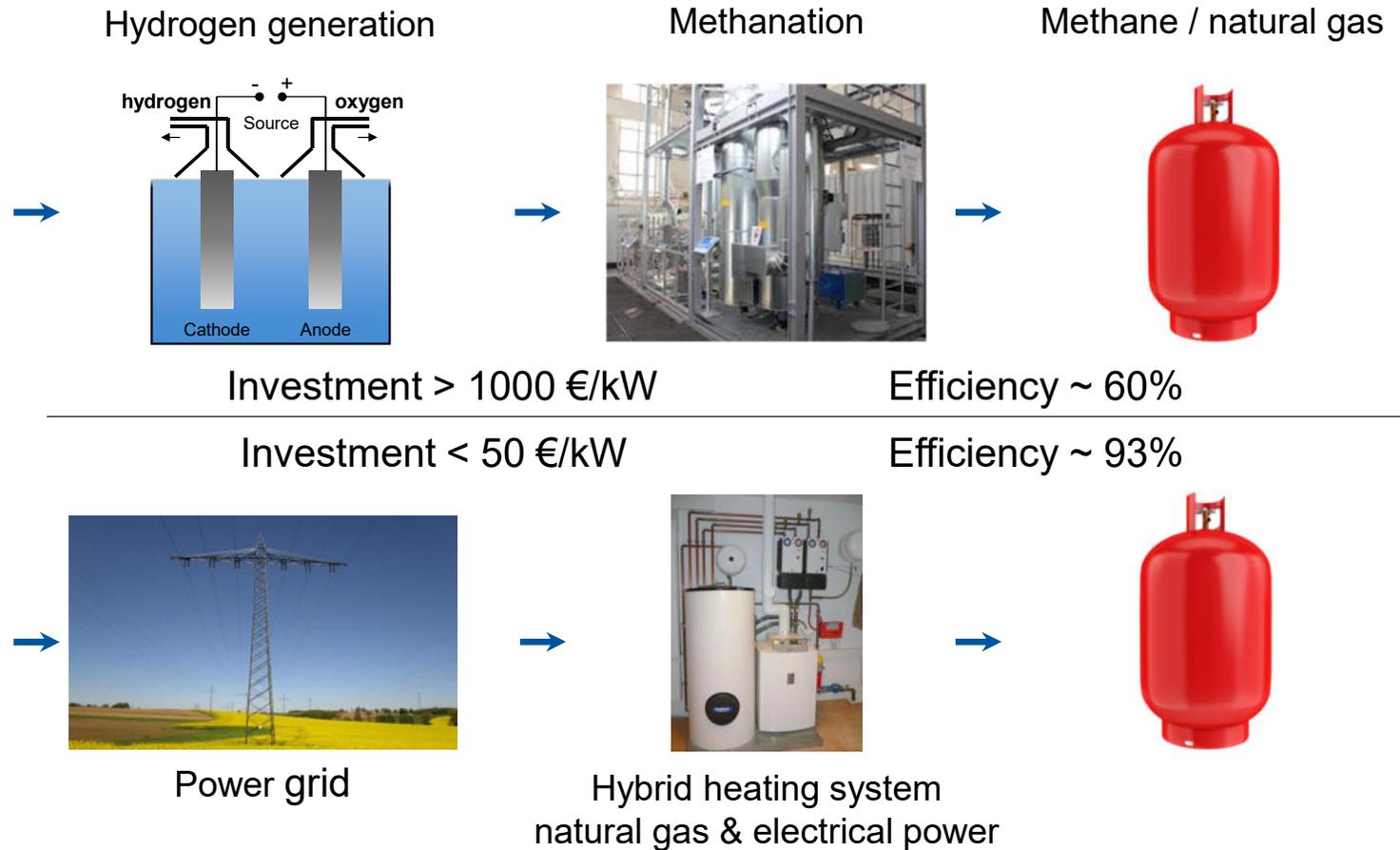
What to do with 1 kWh of electric power (CO₂-free) to reduce CO₂ emissions as efficient as possible

CO ₂ -savings [kg/kWh]	inefficiency factor	Application (this is only direct conversion and use, no emissions in supply chains are taken into account)
1.153	1.0	Replacing power from lignite power plants
1.120	1.0	Operating low-temperature heat pump instead of oil-fired heating
0.949	1.2	Replacing power from hard coal power plants
0.800	1.4	Operating Low-temperature heat pump instead of natural gas-fired heating
0.788	1.5	Use in battery electric public transport bus instead of diesel busses
0.676	1.7	Use in battery electric vehicles instead of diesel cars
0.672	1.7	Use in battery electric vehicles instead of gasoline cars
0.640	1.8	Replacing power from single cycle gas power plants
0.578	2.0	Use 3/4 of electric power directly and 1/4 from centralised hydrogen storage in battery electric vehicles instead of gasoline cars
0.420	2.7	Replacing power from combined gas and steam power plants
0.375	3.1	Use in battery powered heavy trucks instead of diesel trucks
0.299	3.9	Use electric power from centralised hydrogen storage in battery electric vehicles instead of gasoline cars
0.280	4.1	Resistive low-temperature heating instead of oil-fired heating
0.259	4.5	Produce hydrogen for fuel-cell powered vehicles instead of gasoline cars
0.200	5.8	Resistive low-temperature heating instead of natural gas-fired heating
0.155	7.4	Produce eFuels for combustive-engine cars instead of gasoline cars

“Power to gas” – Yes, but through „power to heat“



fluctuating power generation (Wind or PV)



Sources: CC0

Themenfelder – relativ einfache und komplizierte Antworten

■ Anwendungen

□ Zweiräder

➔ Elektrifizierung schnell voranschreitend, Batterietechnik ohne echten Wettbewerb

□ PKW

□ LKW

} **komplizierter**

□ Schiffe & Flugzeuge

➔ Binnenfähren oder kleine Flugzeuge mit Batterien oder Brennstoffzellen sind in der Erprobung

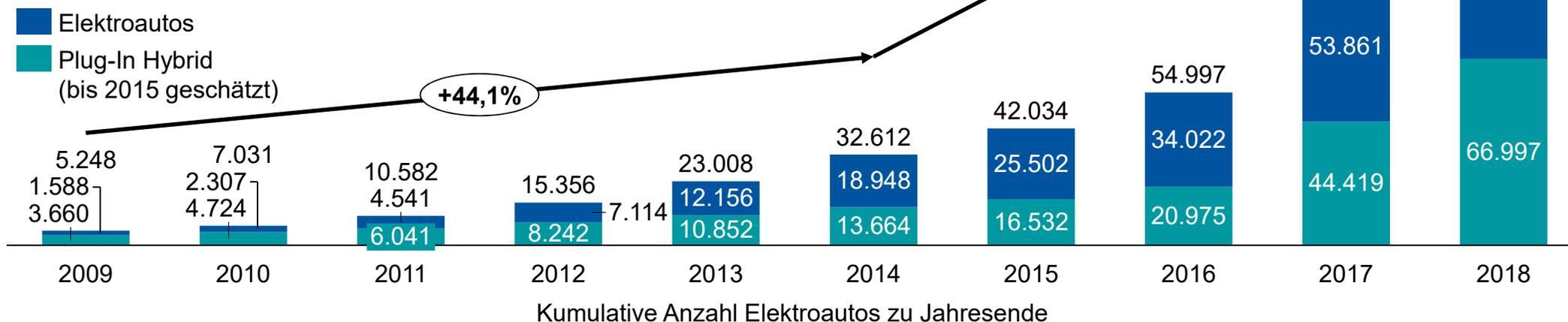
➔ Großraumflugzeuge für Interkontinentalreise oder große Überseeschiffe werden

wohl auch in 30 Jahren nicht von Batterien angetrieben werden ➔ Wasserstoffe oder synthetische Kraftstoffe wohl unverzichtbar

Anzahl Elektroautos in Deutschland

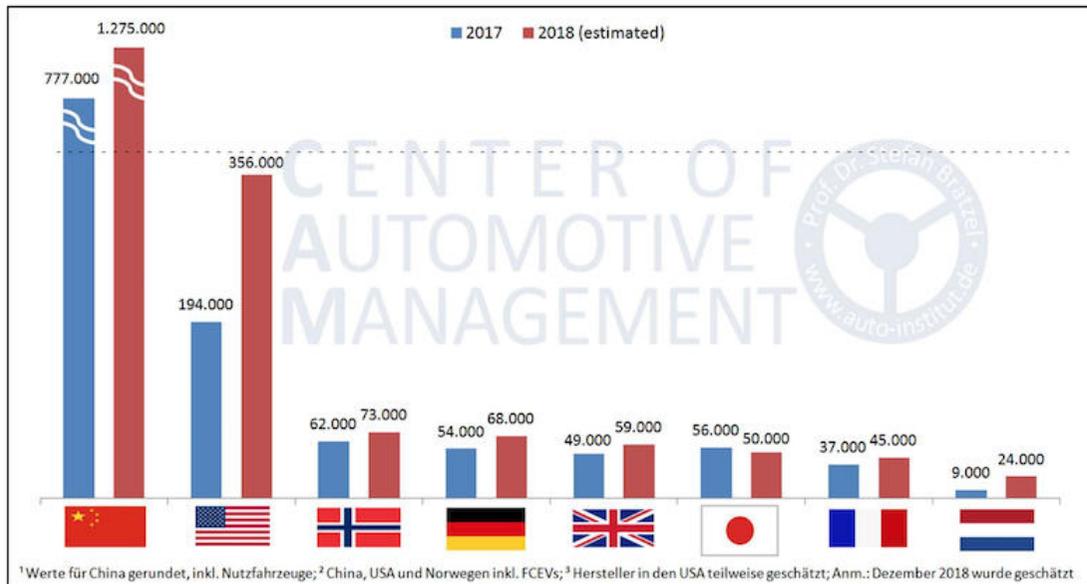
- Nach langsamen Start nimmt die Anzahl der Elektroautos in Deutschland deutlich zu
- 1 Mio Elektroautos sind 2020 nicht erreichbar, aber mit Verspätung durchaus möglich
- Im Vergleich zu Verbrennern sind Elektroautos nach wie vor ein Nischenmarkt
- Der Absatz von Dieselfahrzeugen ging in 2019Q2 in Deutschland um 3,5% gegenüber Q1 gestiegen. Europaweit ging die Zahl um 16% zurück. Gewinner sind vor allem Benziner. Gleichzeitig stieg der Absatz von Hybrid- und Elektro-Autos europaweit um 1/3.

(Quelle: Tagesschau, ACEA)



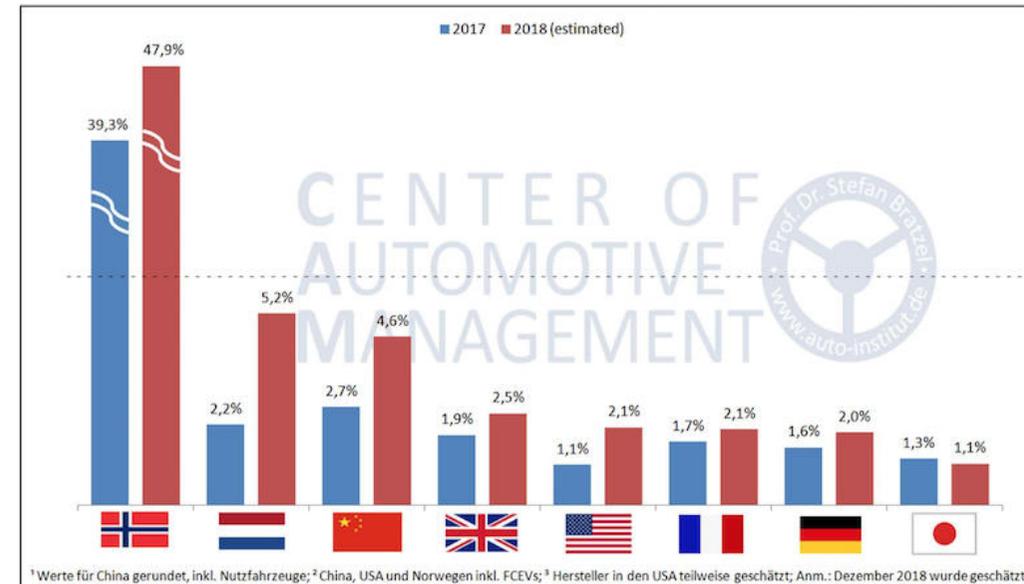
Zulassungen Elektroautos (BEV & PHEV) in der Welt

ABBILDUNG 1: ABSATZTRENDS VON ELEKTROAUTOS (BEV, PHEV) IN WICHTIGEN MÄRKTEN: 2018/17



Quelle: CAM

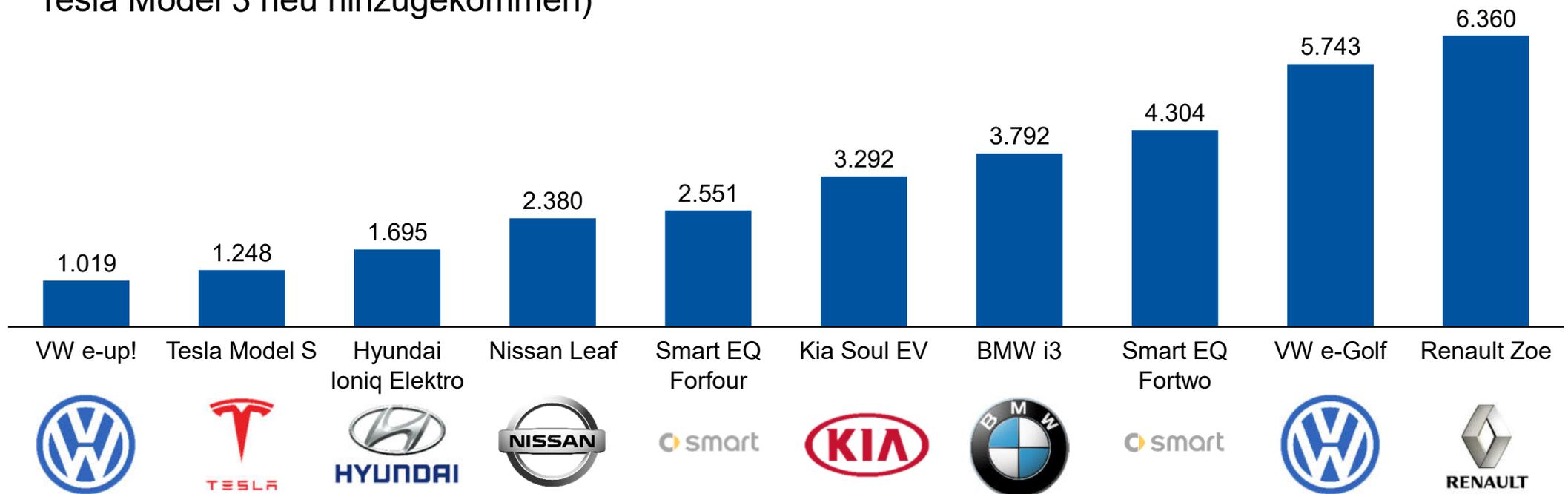
ABBILDUNG 2: MARKTANTEILE VON ELEKTROAUTOS (BEV, PHEV) IN WICHTIGEN MÄRKTEN: 2018/17



Quelle: CAM

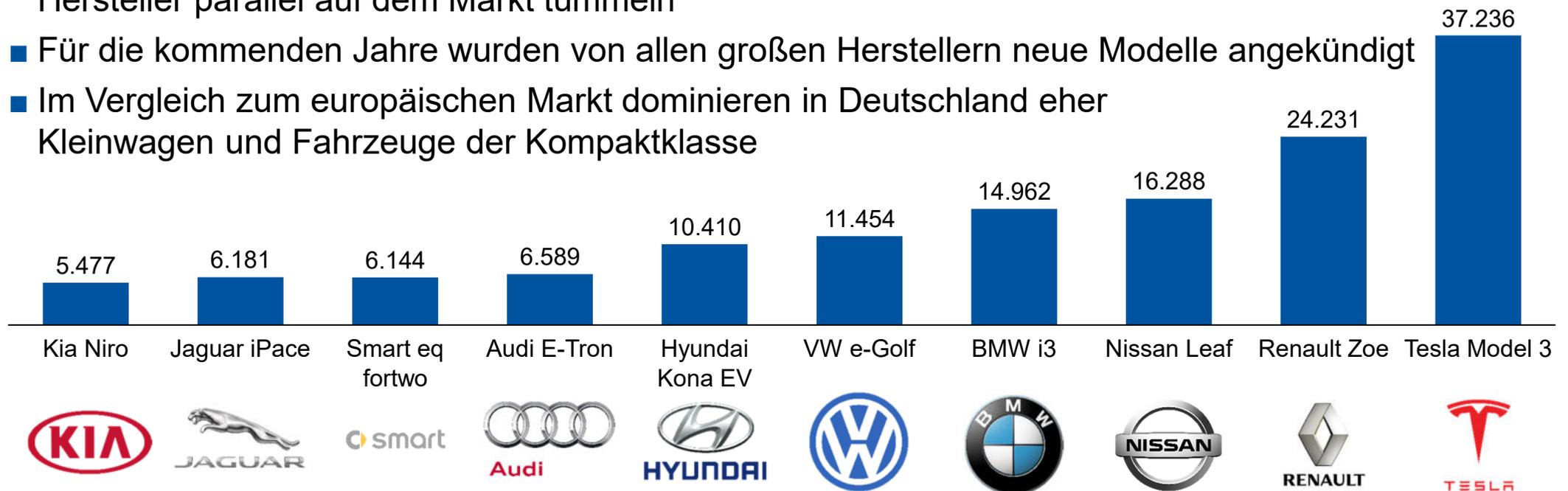
10 meistverkaufte Modelle der Elektroautos in 2018 in Deutschland

- Im Vergleich zum europäischen Markt dominieren in Deutschland eher Kleinwagen und Fahrzeuge der Kompaktklasse
- Achtung: Daten für Deutschland aus 2018 und für Europa aus 2019H1 (z.T. sind neue Modelle wie Tesla Model 3 neu hinzugekommen)



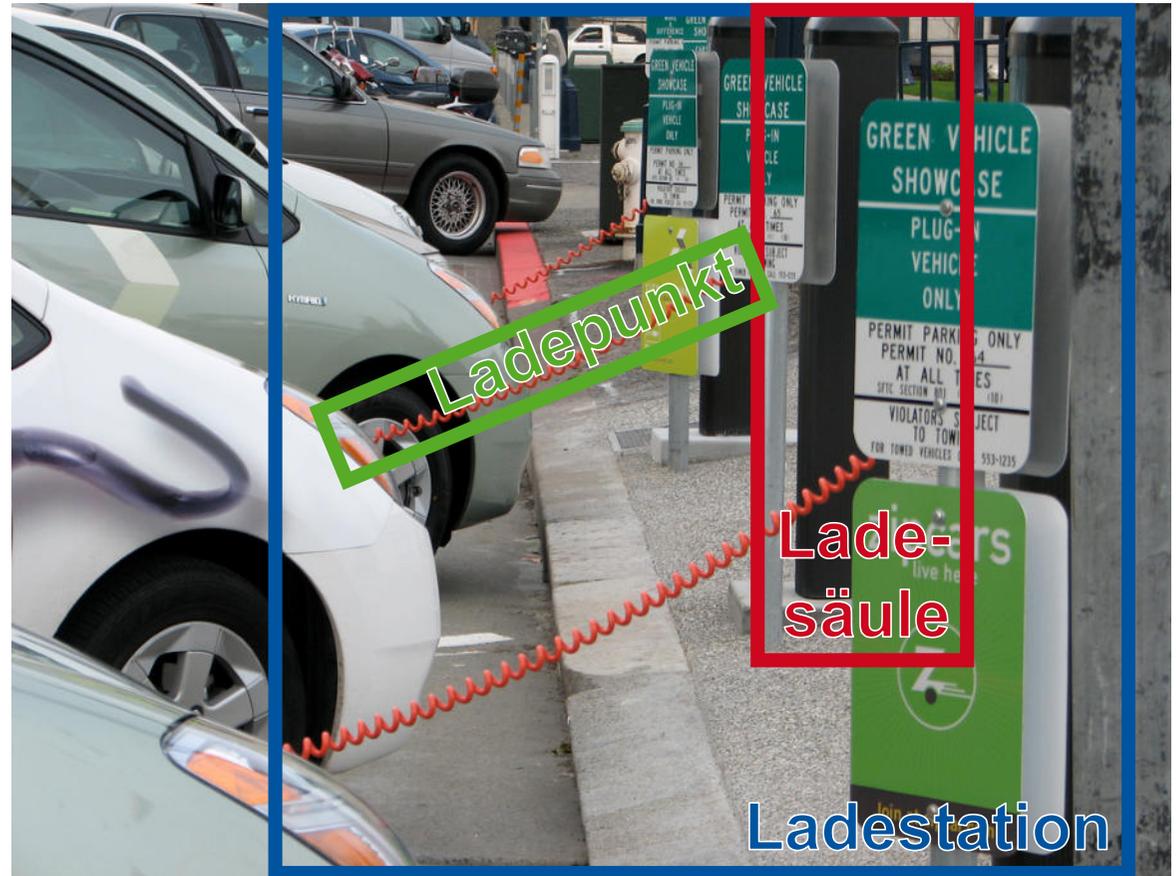
10 meistverkaufte Modelle der Elektroautos in 2019H1 in Europa

- In Europa ist ein internationaler Mix an Elektrofahrzeugen erfolgreich. Mit Tesla, BMW, Audi und Jaguar sind einige Oberklassewagen am Markt sehr präsent.
- Noch bieten die Hersteller jeweils wenige Modelle als reine Elektroautos an, weswegen sich viele Hersteller parallel auf dem Markt tummeln
- Für die kommenden Jahre wurden von allen großen Herstellern neue Modelle angekündigt
- Im Vergleich zum europäischen Markt dominieren in Deutschland eher Kleinwagen und Fahrzeuge der Kompaktklasse



Ladestation vs. Ladesäule vs. Ladepunkte (“Stecker” bzw. „Steckdose“)

- Ladestation: Einrichtung mit einem Netzanschluss (auch „Ladepark“)
- Ladesäule: (Sichtbare) Säule, an der jeweils ein oder mehrere Autos angeschlossen werden können
- Ladepunkt: Ein Kabel oder Stecker, welches mit dem Auto verbunden werden kann.



Source: Felix Kramer (CalCars)

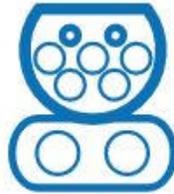
Verschiedene Steckertypen



Typ 2-Stecker



Typ 1-Stecker



CCS-Stecker

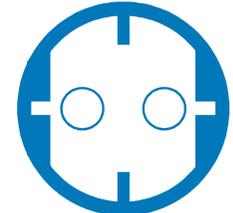


CHAdeMO-Stecker



Tesla Supercharger

Quelle: Induux

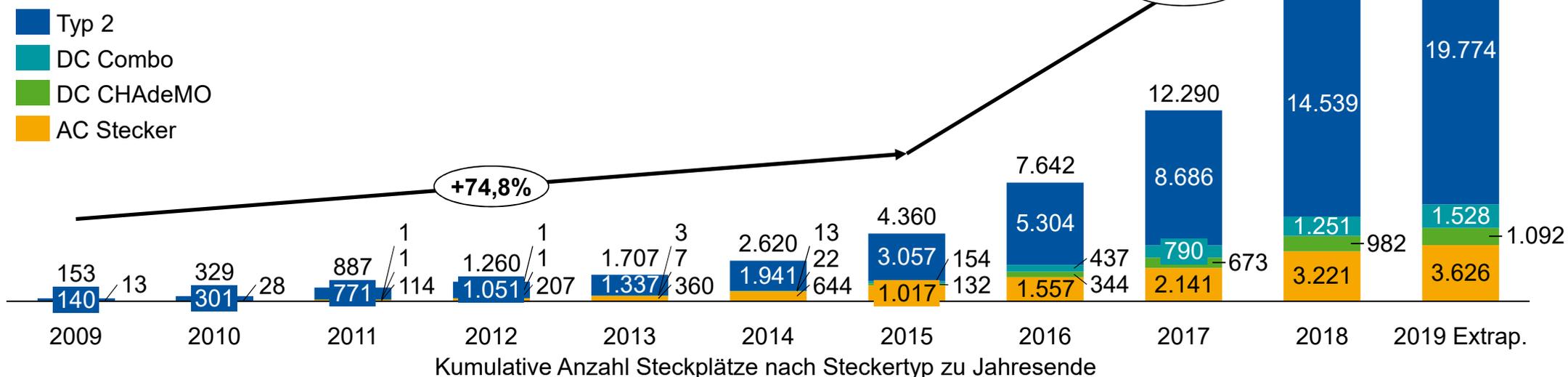


Schuko-Stecker

- Typ2 am gängigsten in Europa mit 2 Signalkabeln (oben), 1 Schutz-, 1 Neutral- und 3 Phasenleitern
- Typ1 ist in Europa quasi nicht präsent
- CCS ist ein Typ2 mit DC-Erweiterung. Z.T. wird auf Phasenleiter und Neutralleiter verzichtet
- CHAdeMO verfügt über 2 DC-Leiter (große Kreise) sowie insgesamt 8 Kabel für verschiedene Kommunikationsanforderungen
- Tesla ist baugleich zu Typ2, allerdings ist die Belegung der Kabel unterschiedlich
- Aufladen an einem normalen Schuko-Stecker auch möglich bei geeigneter Sicherung

Zubau nach Steckertyp

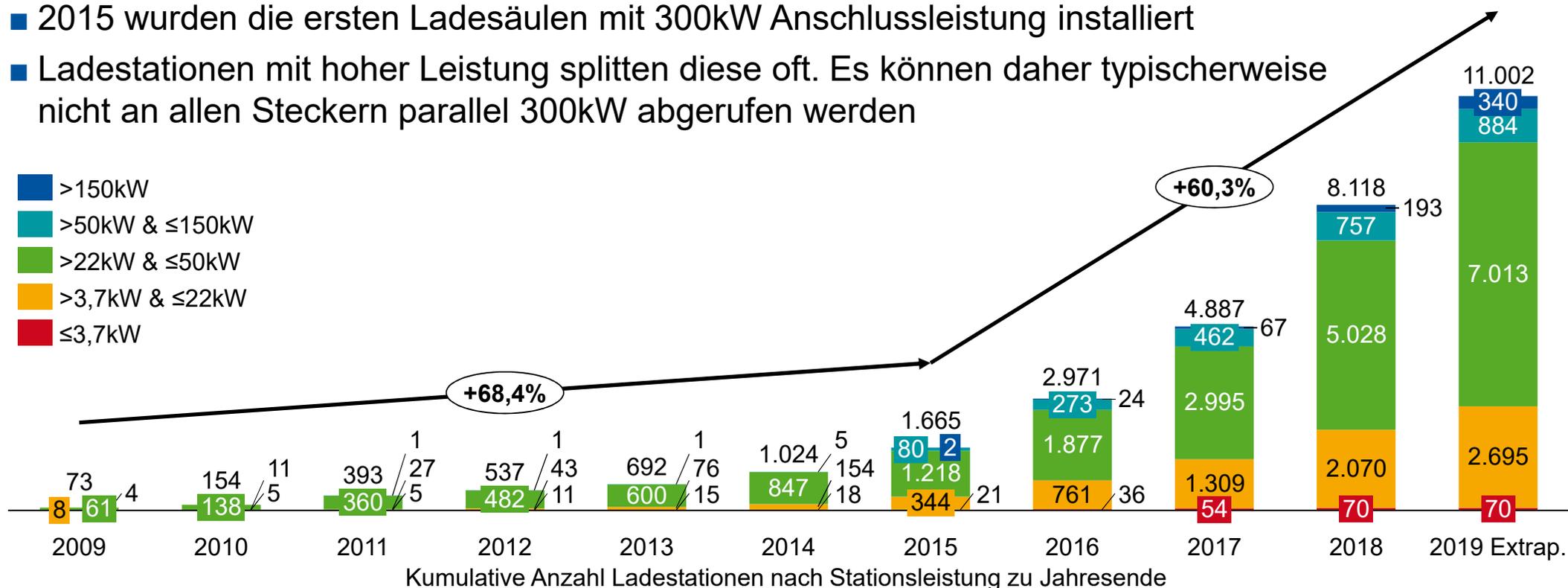
- Nachdem zu Beginn eine gewisse Verwirrung zwischen den Steckertypen geherrscht hat, ist Typ 2, z.T. in Kombination mit DC als CCS mittlerweile führend
- Bei den Schnellladetechniken sind CCS und CHAdeMO noch in etwa gleich präsent
- In den letzten Jahren konnte eine durchschnittliche jährliche Wachstumsrate von über 50% erzielt werden und somit ein für den aktuellen E-Fahrzeug-Bestand ausreichenden Ladepark geschaffen werden



Ladestationen nach Leistung

- Der allergrößte Teil der öffentlichen Stationen hat eine Leistung über 22kW und ist somit schnellladefähig
- 2015 wurden die ersten Ladesäulen mit 300kW Anschlussleistung installiert
- Ladestationen mit hoher Leistung splitten diese oft. Es können daher typischerweise nicht an allen Steckern parallel 300kW abgerufen werden

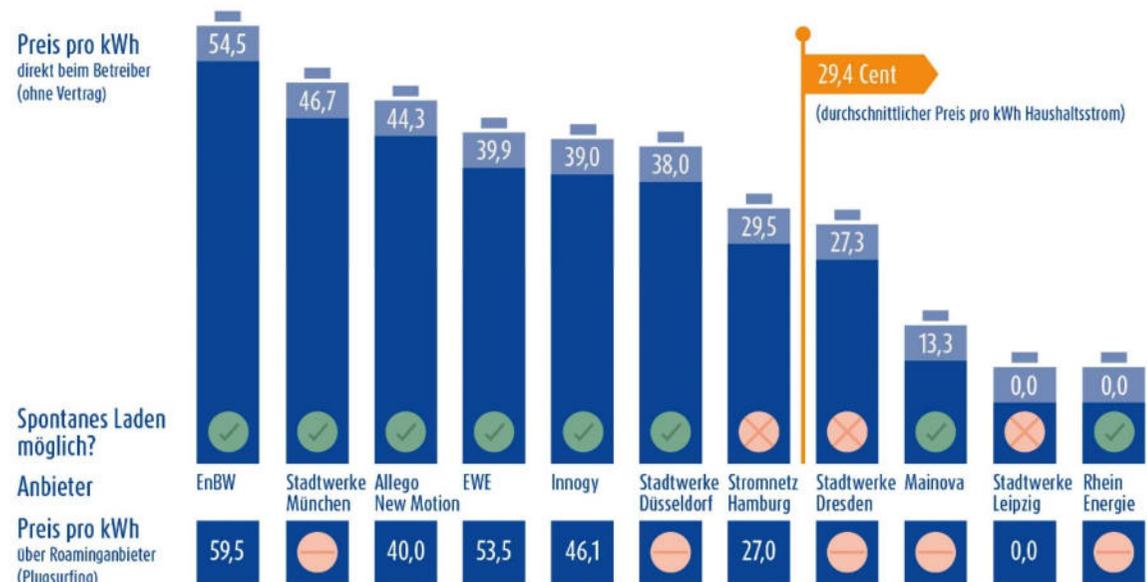
- >150kW
- >50kW & ≤150kW
- >22kW & ≤50kW
- >3,7kW & ≤22kW
- ≤3,7kW



Kostenabschätzung bei Nutzung von Ladesäulen

- In der ersten Hochlaufphase der Elektromobilität war die Ladung vielerorts noch kostenlos
- Mittlerweile sind fast alle Betreiber auf Bezahlmodelle umgestiegen mit Preisen über den Preisen für normalen Haushaltsstrom
- Oftmals bestehen Vergünstigungen für Haushalts-Stromkunden des Ladesäulenbetreibers

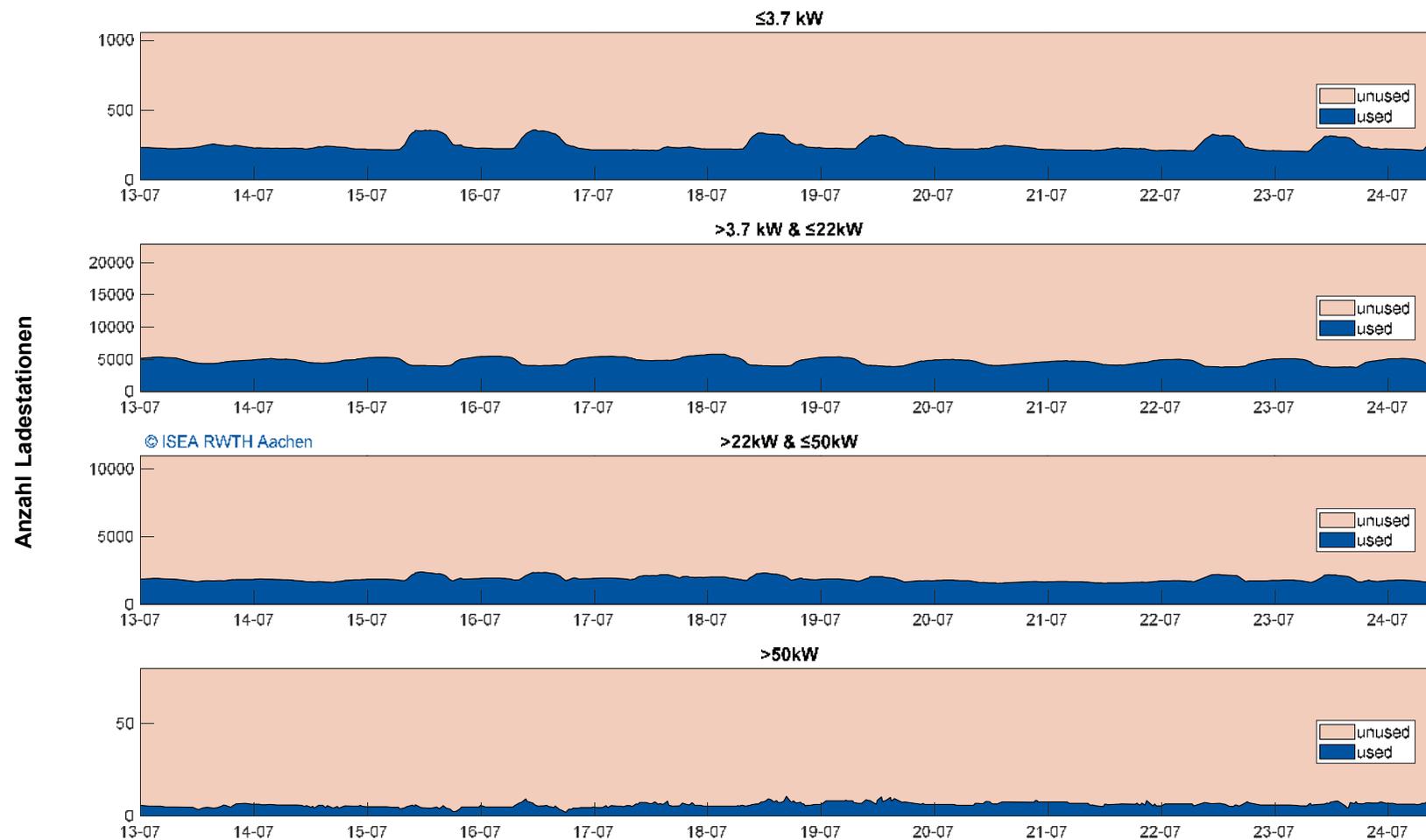
Ladesäulen-Check 2018: Tarif-Chaos und hohe Preise



Quelle: Lichtblick SE / Alle Daten: Untersuchung des Recherche- und Marktforschungsunternehmens statista auf den Webseiten der Ladeinfrastrukturbetreiber, Stand: Juni 2018
 Berechnungsgrundlage: Kosten pro kWh für eine Tankfüllung für 100km mit einem BMW i3 (ca. 15kWh) AC-3-Tarife ohne Vertragsbindung / Ladedauer 1:36h

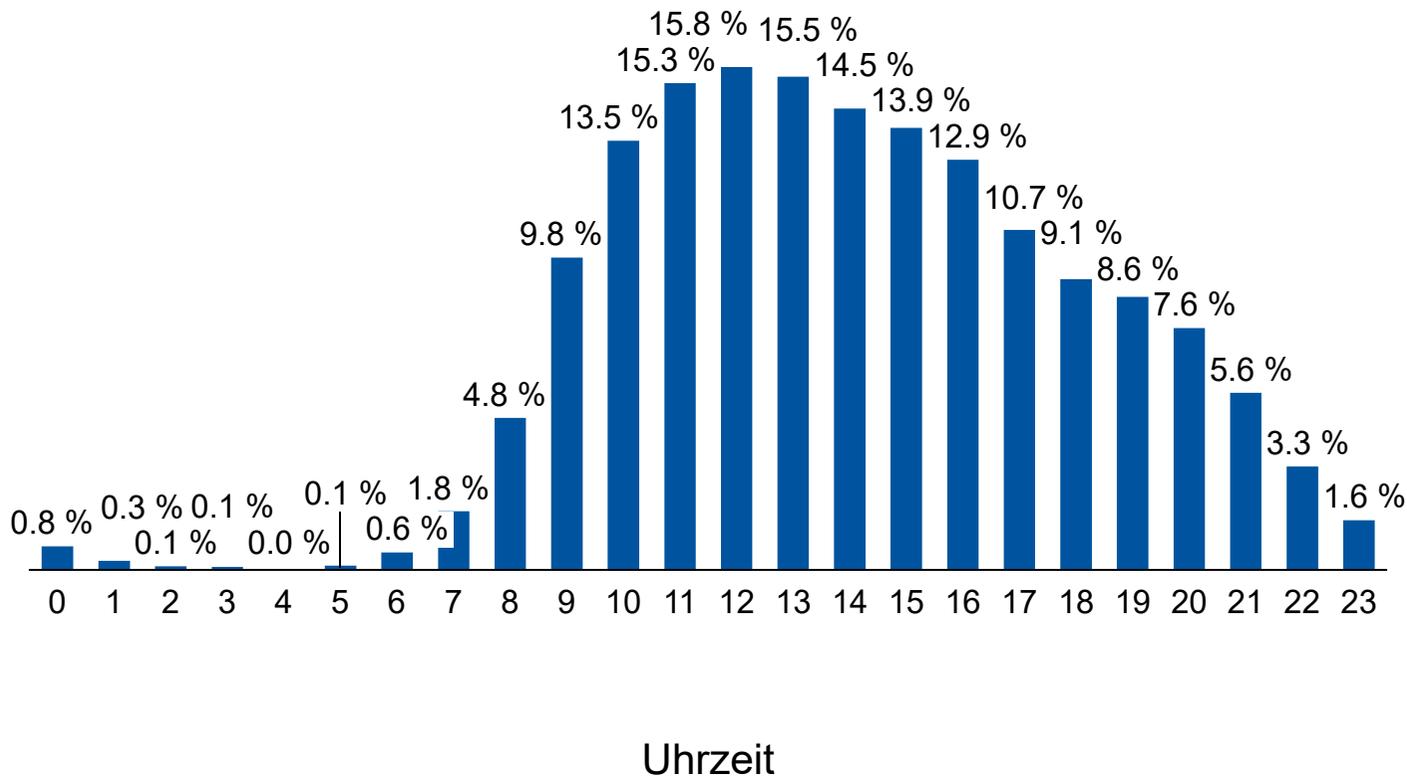
Quelle: Lichtblick SE

Nutzung von Ladeinfrastruktur in den Niederlanden nach Leistung



Ergebnisse nach Zeit – Stunde des Tages

Auswirkung der Uhrzeit auf Wahrscheinlichkeit Belegung

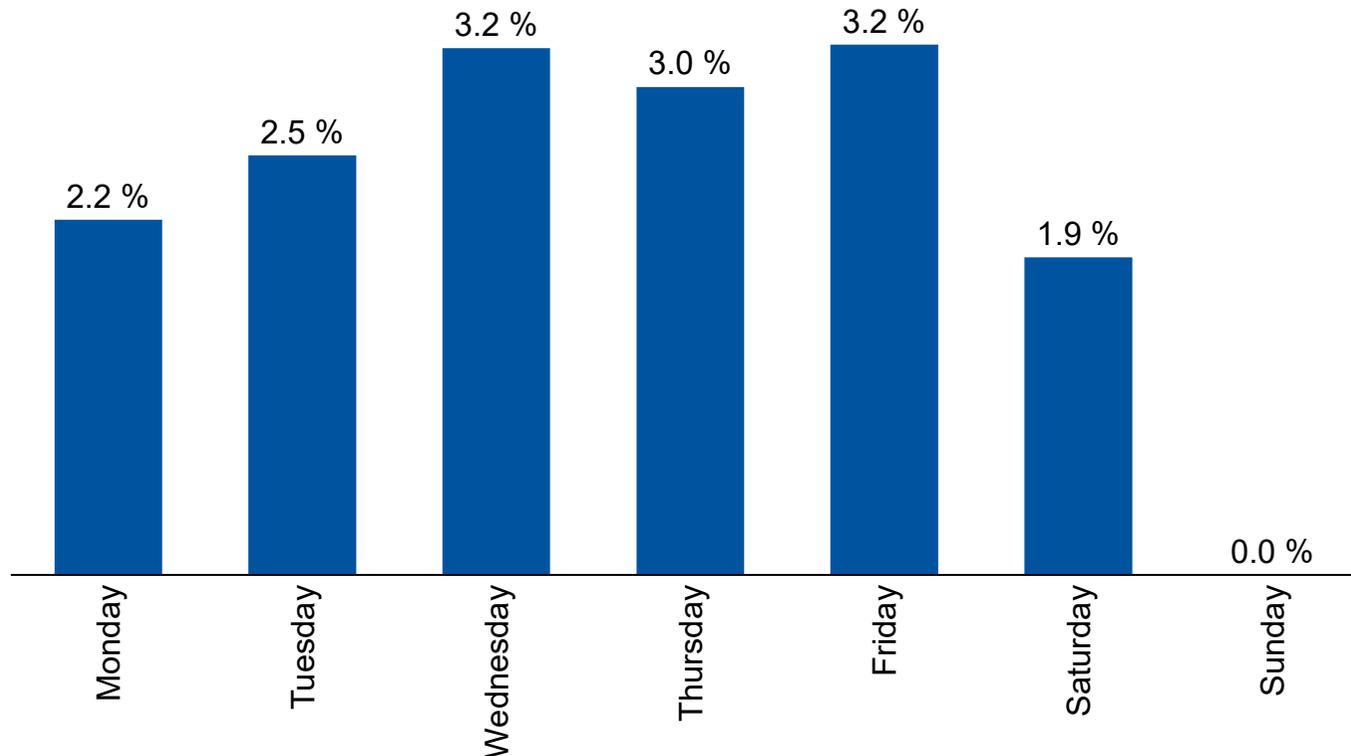


Quelle: Unveröffentlichte Arbeit von C. Oik und M. Trunschke

- Es ist eine klare Korrelation zwischen Tag-Zeiten und Nutzung öffentlicher Ladeinfrastruktur erkennbar
- Ein Grund ist, dass Autos nachts oft an einem privaten Steckplatz geladen werden und somit die öffentliche Ladeinfrastruktur nicht benötigt wird
- Sie wäre also nachts für andere Netzdienstleistungen frei, ohne Ladeprozesse zu blockieren

Ergebnisse nach Zeit – Wochentag

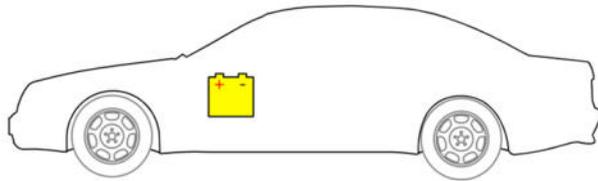
Auswirkung des Wochentags auf Wahrscheinlichkeit Belegung



- Die Nutzung öffentlicher Ladeinfrastruktur ist eindeutig mit der Arbeitswoche gekoppelt
- Da Pendlerstrecken oft weit unter der Reichweite eines Elektroautos liegt, ist anzunehmen, dass dies die geringere Auslastung Montags und Dienstags erklärt.

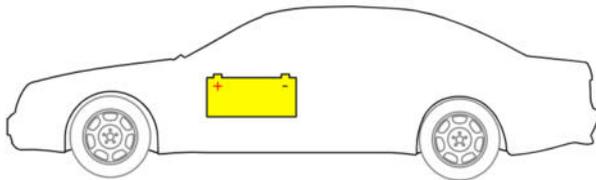
Quelle: Unveröffentlichte Arbeit von C. Oik und M. Trunschke

Elektrifizierung des Individualverkehrs



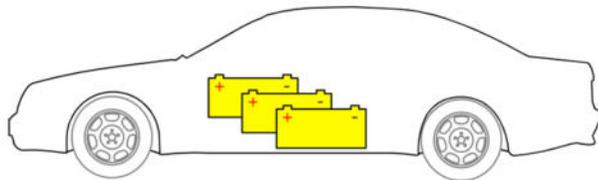
Hybridfahrzeug

Speicher ca. 1 – 2 kWh, Ladung nur während Fahrt, Treibstoffeinsparung zwischen 5% (Mikrohybrid) und 20% (Vollhybrid)



Plug-in Hybrid

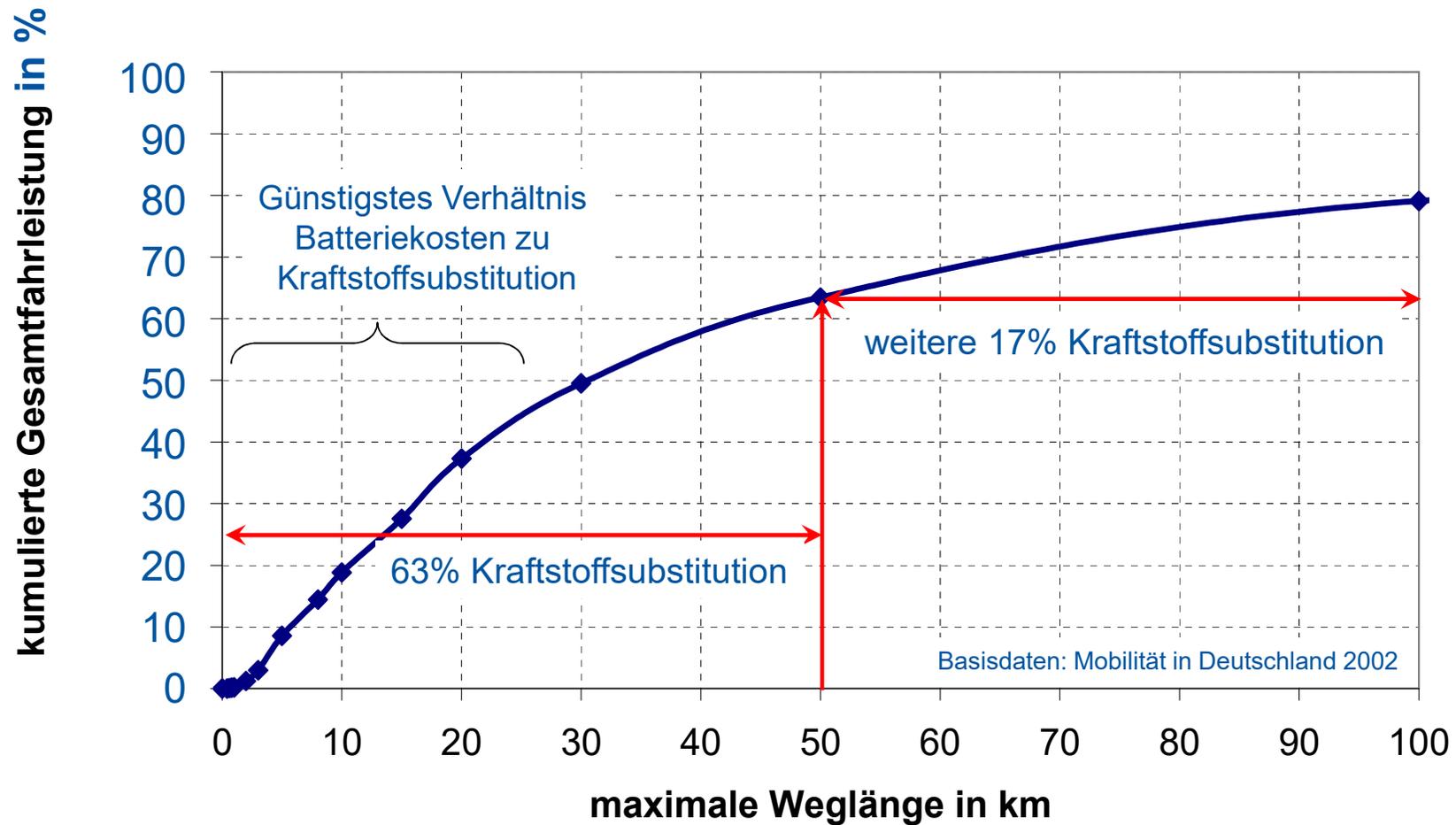
Speicher 5 – 15 kWh, Ladung aus dem Netz, 30 – 70 km Reichweite ohne Treibstoff, volle Reichweite mit Benzin/Diesel



Elektrofahrzeug

Speicher 15 – 100 kWh, Ladung aus dem Netz, 150 – 500 km Reichweite ohne Treibstoff

Kumulierte Fahrleistung als Funktion der Wegstrecke



CO2-Emissionen

Elektroautos, die heute gekauft und in Deutschland genutzt werden, haben eine deutlich bessere Klimabilanz als Diesel und Benziner

14.3.2019

Fraunhofer ISI

1

In allen untersuchten Fällen hat das Elektroauto über den gesamten Lebensweg einen Klimavorteil gegenüber dem Verbrenner.

Agora Verkehrswende / ifeu Institut

1. DIE FORTSCHREIBUNG DER ENERGIEWENDE UND IHRE VORPROGRAMMIERTE KRISE IM VERKEHRSSSEKTOR

Ifo Institut

Wie das Elektroauto schlechtgerechnet wird

Laut dem Ifo-Institut hat ein Elektroauto in Deutschland eine miesere CO2-Bilanz als ein Diesel. Doch wer ein paar fragwürdige **Annahmen in der Kalkulation** ändert, bekommt ein ganz anderes Ergebnis.

Spiegel

CO₂-Emissionen

- Beim Elektroauto entstehen Umwelt- und Klimaauswirkungen vor allem bei der Produktion
- Beim Verbrenner entstehen die meisten CO₂-Emissionen im Betrieb sowie bei der Bereitstellung des Kraftstoffes. Umweltauswirkungen sind auf Betrieb und Produktion verteilt.
- Ab einer bestimmten Fahrleistung ist ein Elektroauto klimagünstiger, als ein Verbrenner. Verschiedene Studien kommen zu unterschiedlichen Ergebnissen, wo dieser Punkt liegt, aber ungefähr 40.000 – 50.000 km können als Richtwert dienen.
- Über die Lebensdauer eines Fahrzeugs sind ca. 20 – 40% geringere Emissionen beim Elektroauto im Vergleich zum gleichartigen Benziner realistisch und bis zu 50% möglich
- Beim Elektroauto ist besonders die Batterieproduktion schädlich, daher hat ein Auto mit kleinerer Batterie automatisch eine deutlich bessere Umweltbilanz. Ergo machen riesige Reichweiten aus Klimasicht keinen Sinn.
- Auch die Fahrzeuggröße ist entscheidend; Ein extrem schweres Elektroauto ist umweltschädlicher als ein sehr leichter Verbrenner.

Assumptions based on different announcements for 2025

VW plans with 150 to 250 GWh battery capacity demand in 2025
Extrapolation to the world market results in 700 to 1300 GWh

Example for Material Demand for Lithium-Ion Battery Cells

- Necessary material amounts for about 380 Wh battery capacity (Cell with 100 Ah, NMC (811) = $\text{Ni}_{0,8}\text{Mn}_{0,1}\text{Co}_{0,1}$) and a battery pack with 100 kWh (no housing, BMS, cooling, etc.)

	Battery Cell	Battery Pack
	100 Ah / 3,8 V	100 kWh
□ Nickel	325 g	85,5 kg
□ Manganese	37 g	9,7 kg
□ Cobalt	41 g	11,1 kg
□ Lithium	35 g	9,2 kg
□ Aluminum (without housing)	144 g	37,9 kg
□ Copper	281 g	73,9 kg

- Very high energy and resource consumption calls the ecology of the approach into question

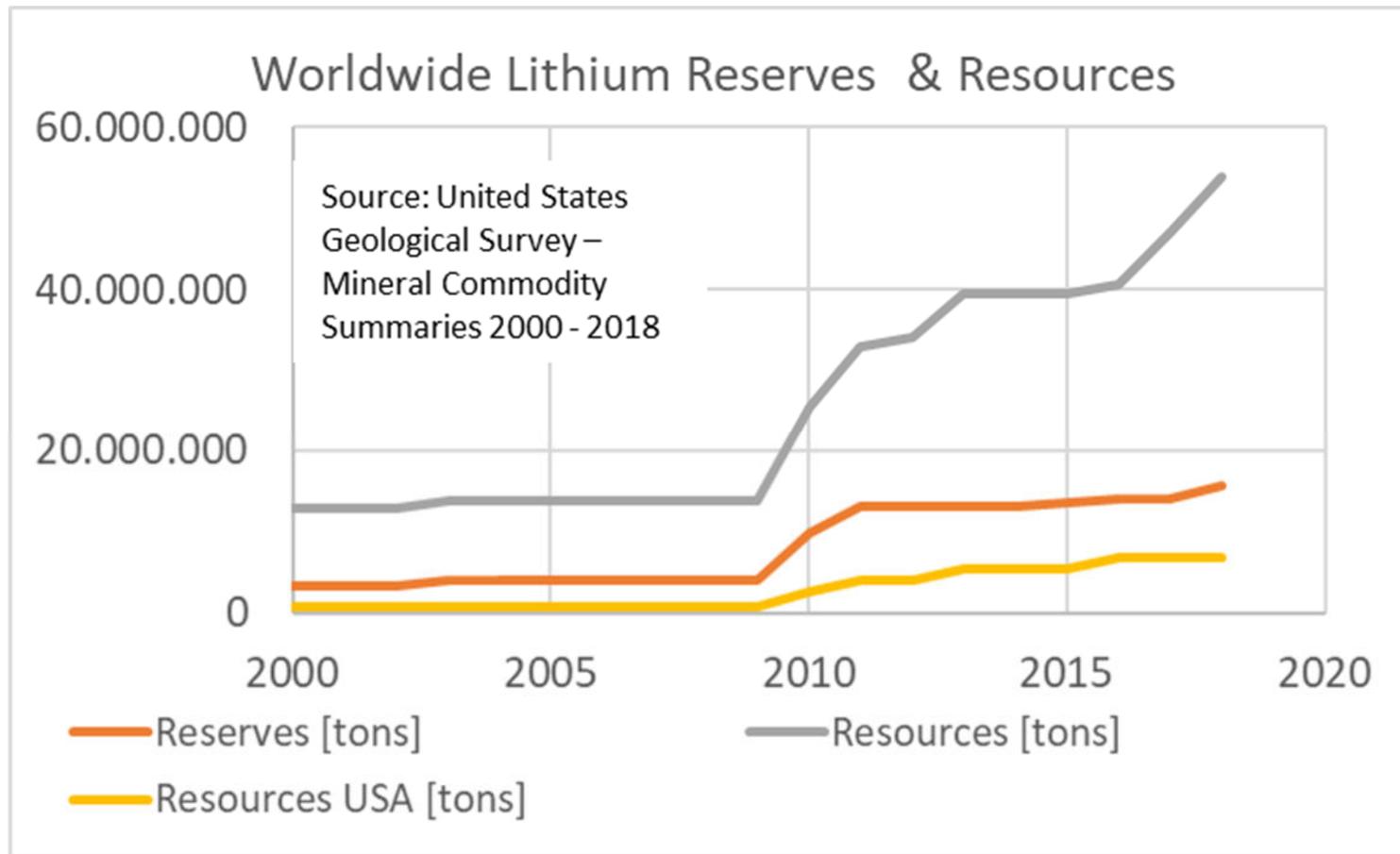
Production, Reserves and Ressources of Lithium from Mining (in metric Tonnes)

Number of countries and amount of resources increases from year to year!

Country	Mine production 2017 [tons]	Reserves [tons]	Resources [tons]
Argentina	5.500	2.000.000	9.800.000
Australia	18.700	2.700.000	5.000.000
Austria			50.000
Bolivia			9.000.000
Brazil	200	48.000	180.000
Canada			1.900.000
Chile	14.100	7.500.000	8.400.000
China	3.000	3.200.000	7.000.000
Czechia			840.000
Kongo			1.000.000
Mali			200.000
Mexiko			180.000
Portugal	400	60.000	100.000
Russia			1.000.000
Serbia			1.000.000
Spain			400.000
United States	confidential	35.000	6.800.000
Zimbabwe	1.000	23.000	500.000
Total	42.900	15.566.000	53.350.000

Source: United States Geological Survey – Mineral Commodity Summaries, 01/2018

Growing Demand Motivates Increased Activities in Finding new Raw Material Deposits



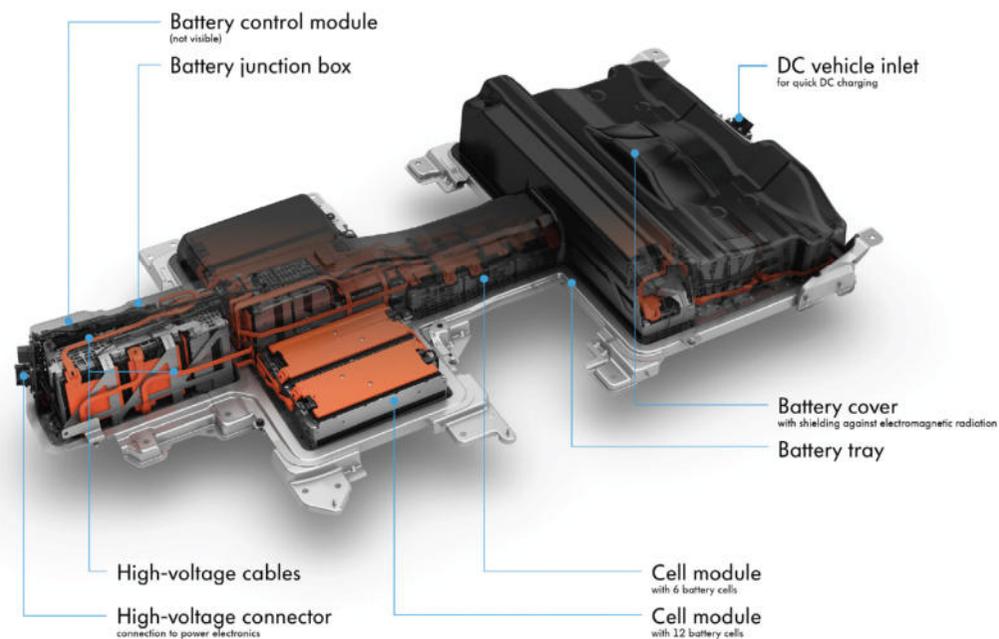
Material demand for different battery market development (Assumption of 2025: 20 Mill. BEV with 50 kWh capacity each results in 1000 GWh)

Material	Demand for 100 kWh battery capacity [kg]	Demand in metric tons for 700 GWh battery capacity/year	Demand in metric tons for 1000 GWh battery capacity/year	Demand in metric tons for 1200 GWh battery capacity/year	today's production per year (metric tons) <small>(Source: US Geological Survey 2017)</small>	Share at 1000 GWh/year of today's annual production
Nickel	85,5	598.500	855.000	1.026.000	2.100.000	41%
Manganese	9,7	67.900	97.000	116.400	16.000.000	1%
Cobalt	11,1	77.700	111.000	133.200	110.000	101%
Lithium	9,2	64.400	92.000	110.400	43.000	214%
Aluminium	37,9	265.300	379.000	454.800	60.000.000	1%
Copper	73,9	517.300	739.000	886.800	19.700.000	4%

From conversion design to purpose design

e-Golf's High-Voltage Battery System

A total of 264 25 Ah cells in 27 different modules for 24.2 kWh of capacity

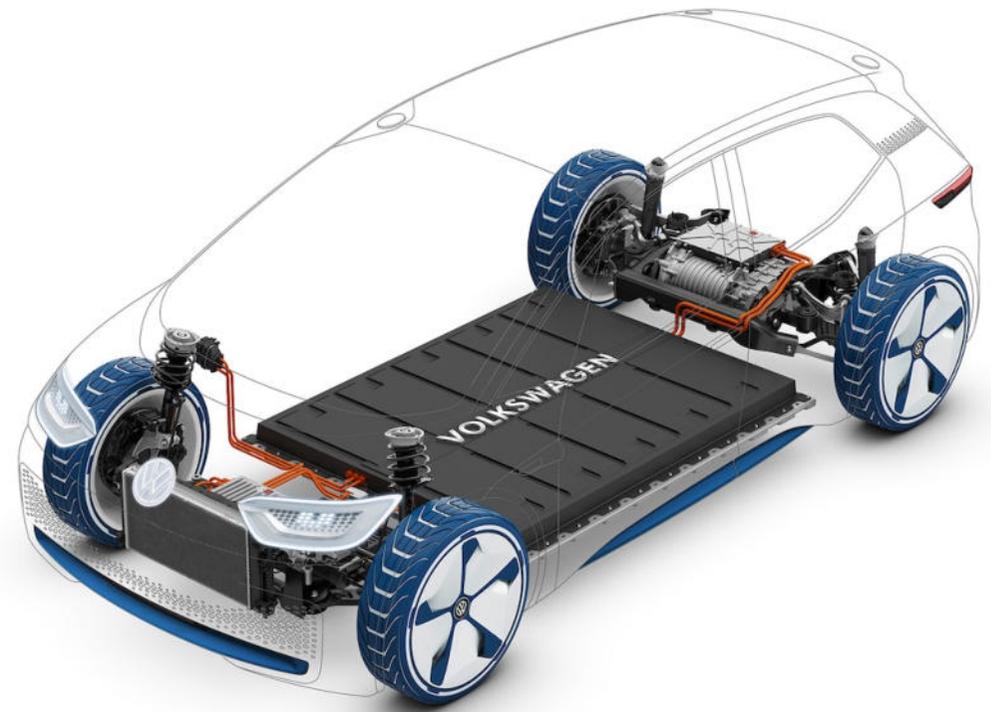


Modular Electric Building Block (MEB) e.g. for VW I.D.



Bilder: Volkswagen AG

From conversion design to purpose design



Bilder: Volkswagen AG

Ist das Konzept sehr großer Batterien in Elektrofahrzeugen verbunden mit einer Schnellladeinfrastruktur das richtige Konzept für die Individualmobilität in den kommenden Jahrzehnten?

Was bislang als Schnellladung diskutiert worden ist

- 22 bis 44 kW AC Ladung
- 50 kW DC Ladung
- Teslas' Supercharger: 120 kW DC
- Spezifische Ladeleistung:

$$C_{\text{rate}} = \frac{\text{Ladeleistung [kW]}}{\text{Batteriekapazität [kWh]}}$$

- 50 kW @ 25 kWh Batterie → 2 C
- 120 kW @ 90 kWh Batterie → 1,3 C

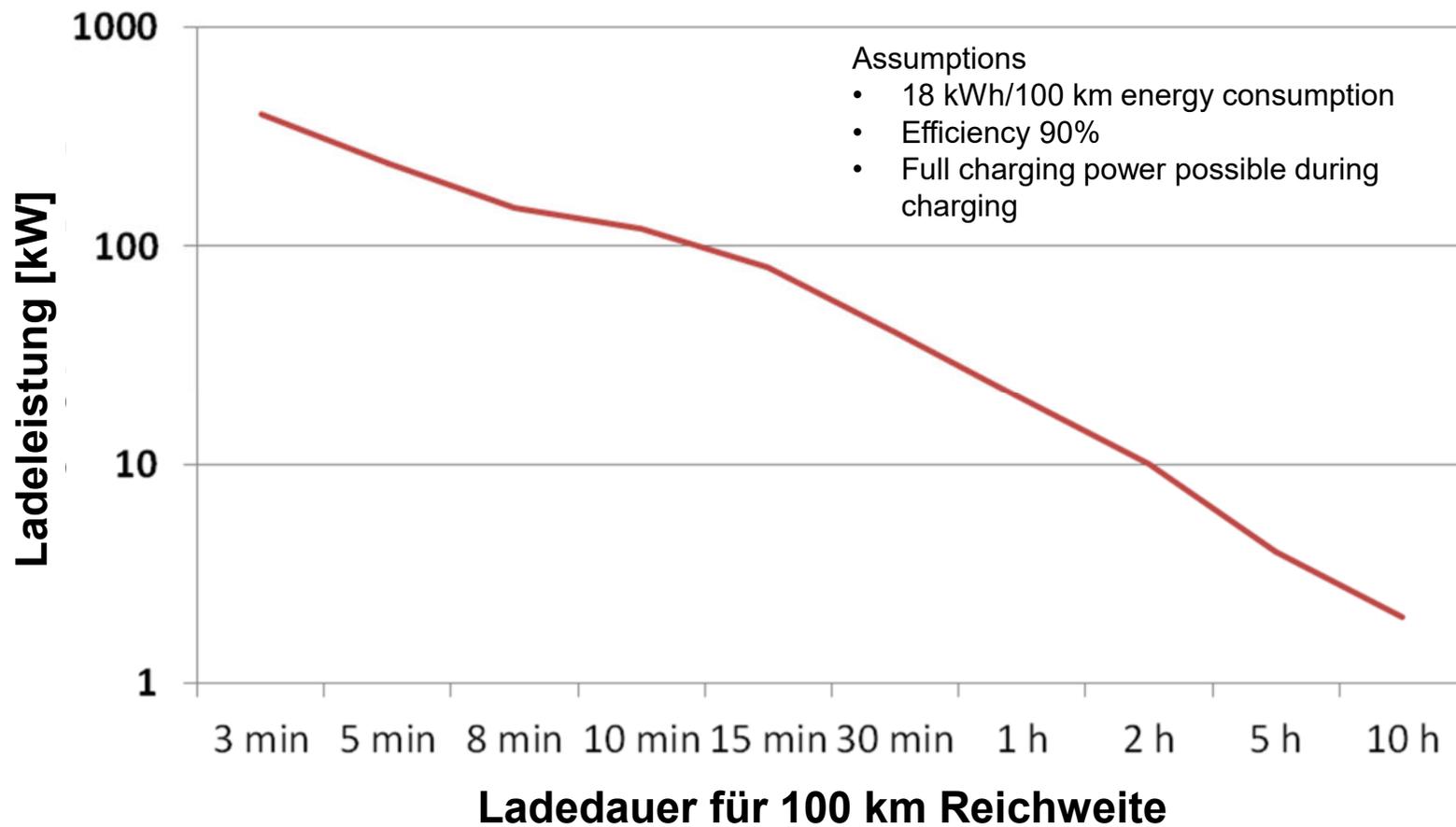


Quelle: <https://www.heise.de/>



Quelle: teslamag.de

Ladeleistung vs. Ladedauer



Aktuelle Diskussion: Ultra-Hochleistungsladung mit 350 bis 400 kW

$$C_{\text{rate}} = \frac{\text{Ladeleistung [kW]}}{\text{Batteriekapazität [kWh]}}$$

- 350 kW Leistung bei 30 kWh Batterie → ~12 C
- 350 kW Leistung bei 60 kWh Batterie → ~ 6 C
- 350 kW Leistung bei 100 kWh Batterie → ~3,5 C
→ **3x und mehr höher als bei Tesla heute**

- Tesla-Batterien würden bei 2 C und < 30°C innerhalb kurzer Zeit kaputt sein

- Zum Vergleich: Typische mittlere Entladeleistungen liegen bei 0,1 to 0,8 C!



Quelle: www.volkswagen.de

Pilotprojekt Ultra-Schnellladung für Elektroautos gestartet



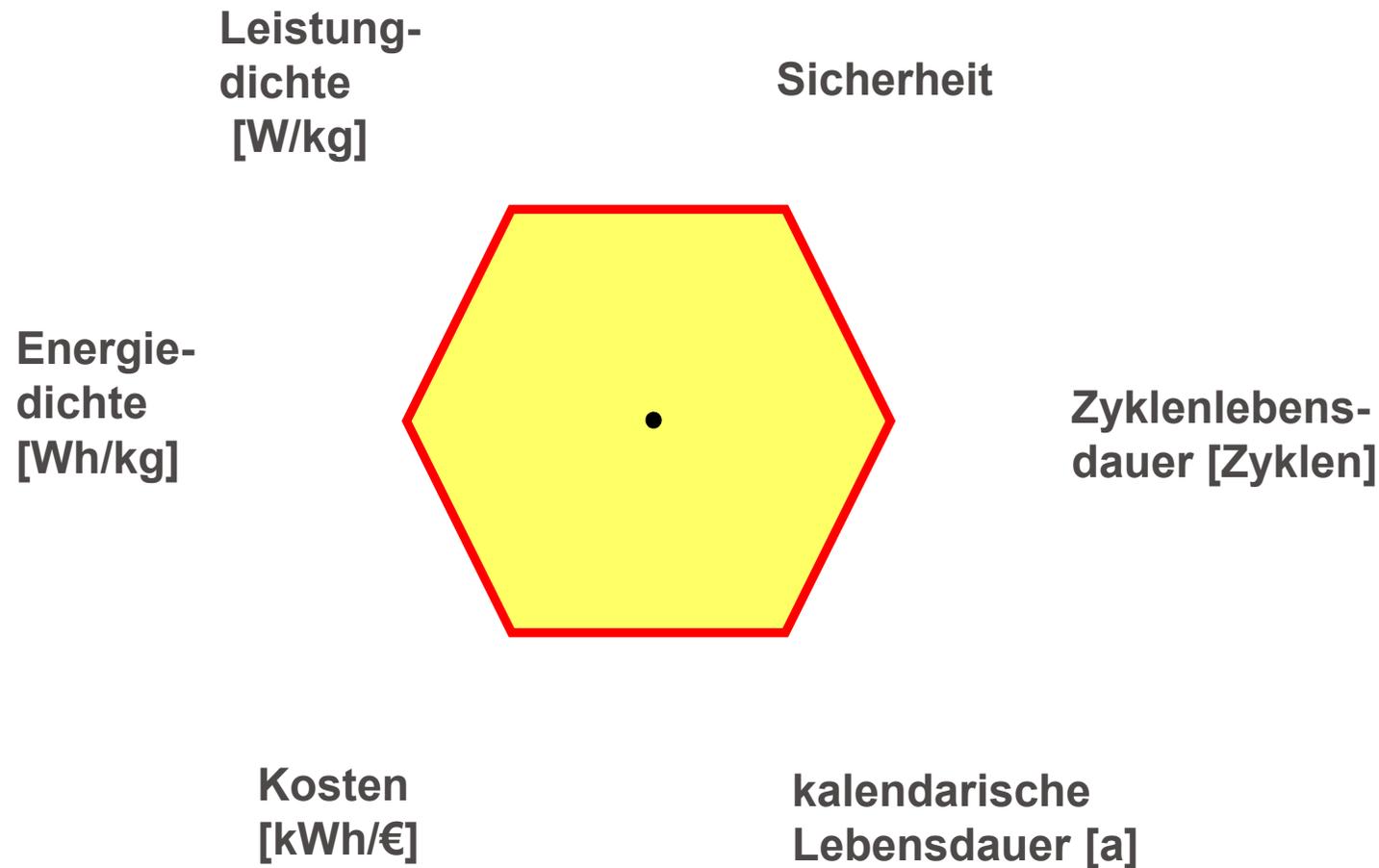
Am 18. Oktober 2016 startete das Projekt „Ultra-E“. Es soll einen wichtigen Meilenstein für die Elektromobilität und die damit verbundene umweltfreundliche Zukunft des Verkehrssektors setzen.

Die Projektpartner haben sich zum Ziel gesetzt, ein Netzwerk von 25 Ultra-Schnellladestationen mit CCS-Stecker und einer Ladeleistung von bis zu 350 kW an TEN-T Netzwerk-Korridoren zu errichten. Das Ultra-Schnellladenetzwerk wird die Niederlande, Belgien, Deutschland und Österreich verbinden.

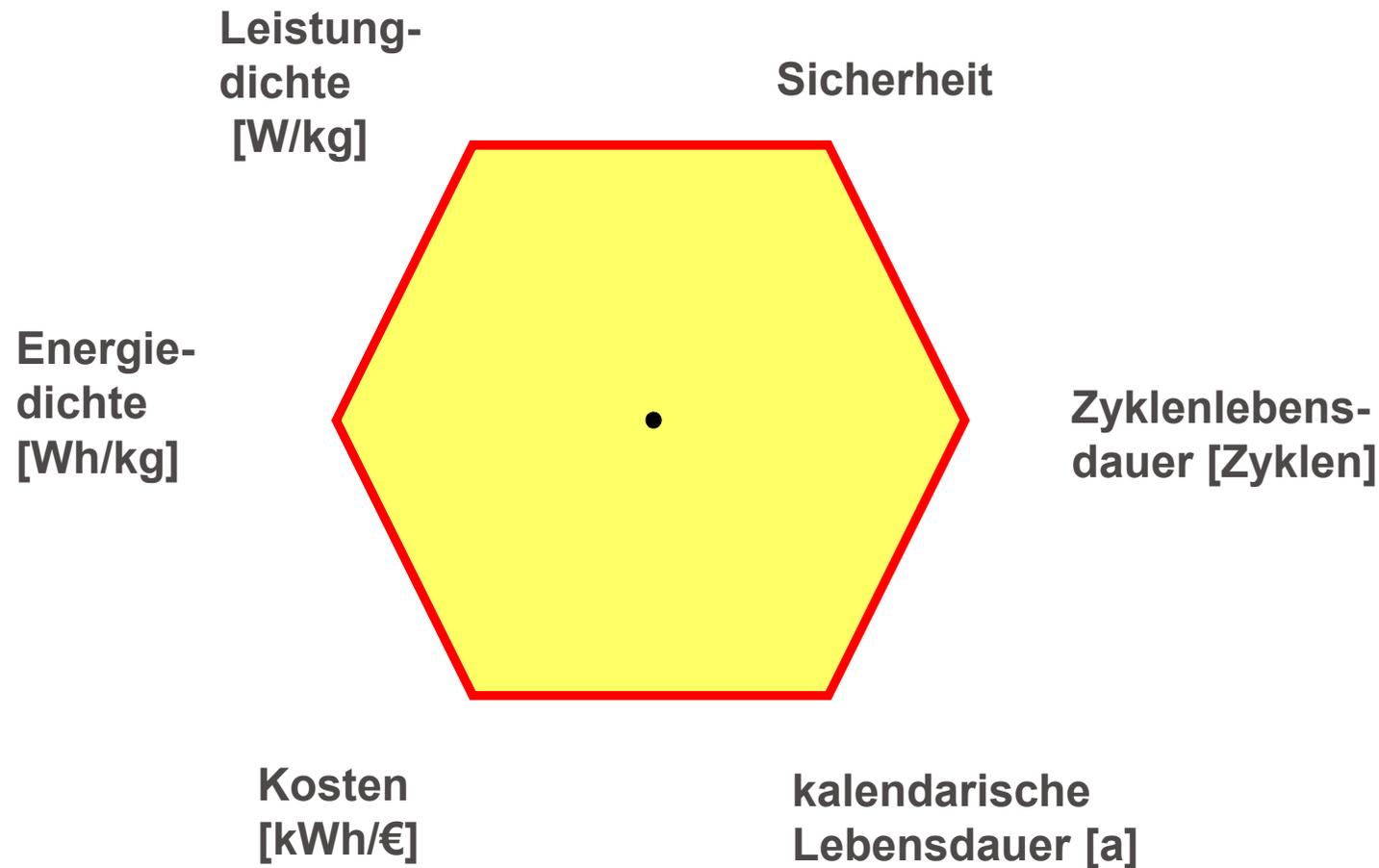
Ein weiteres Ziel ist es, die Ultra-Schnellladetechnologie für Pkw, Busse und Nutzfahrzeuge zu testen.

Quelle: www.emobilserver.de

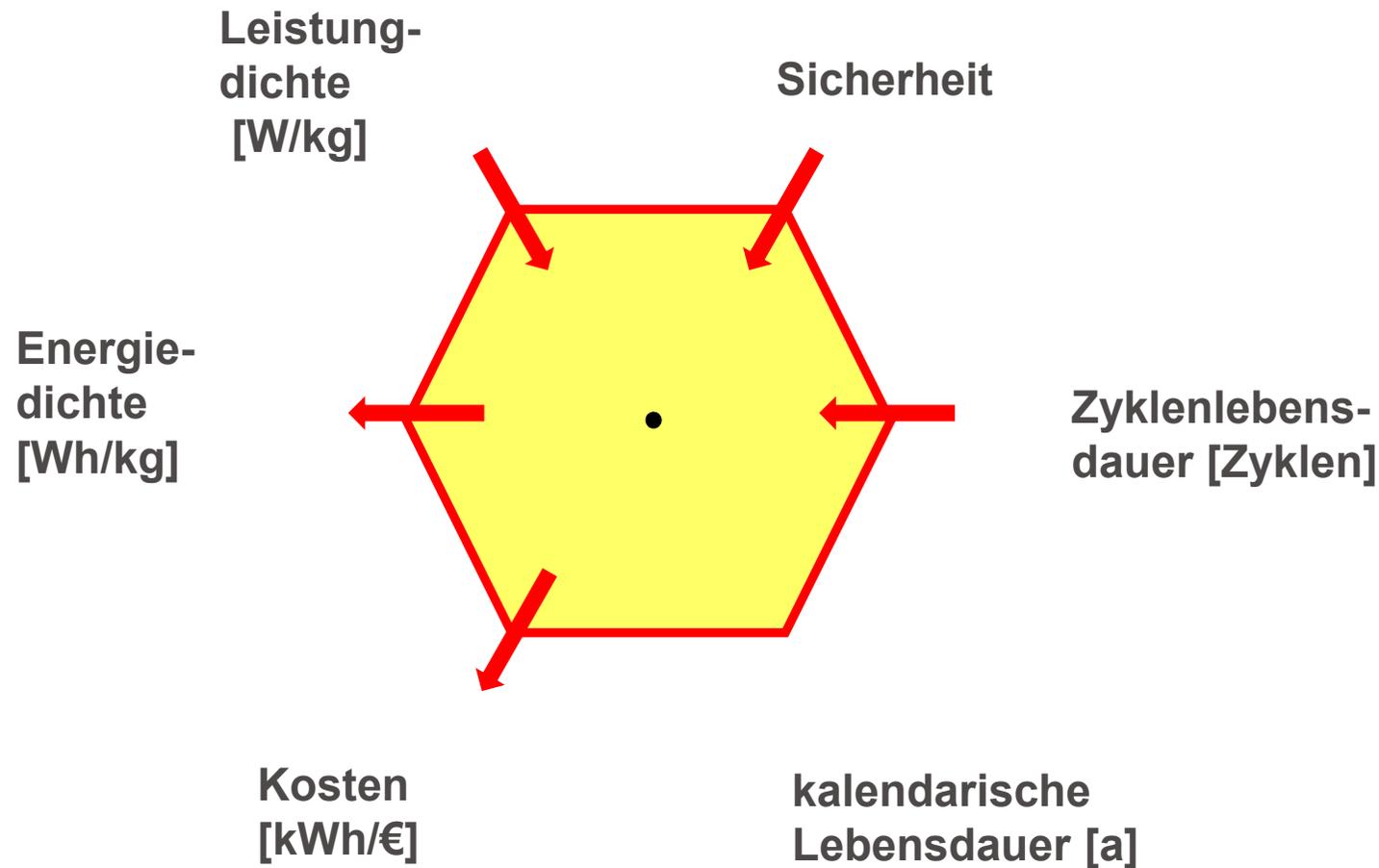
Anforderungen an Batterien



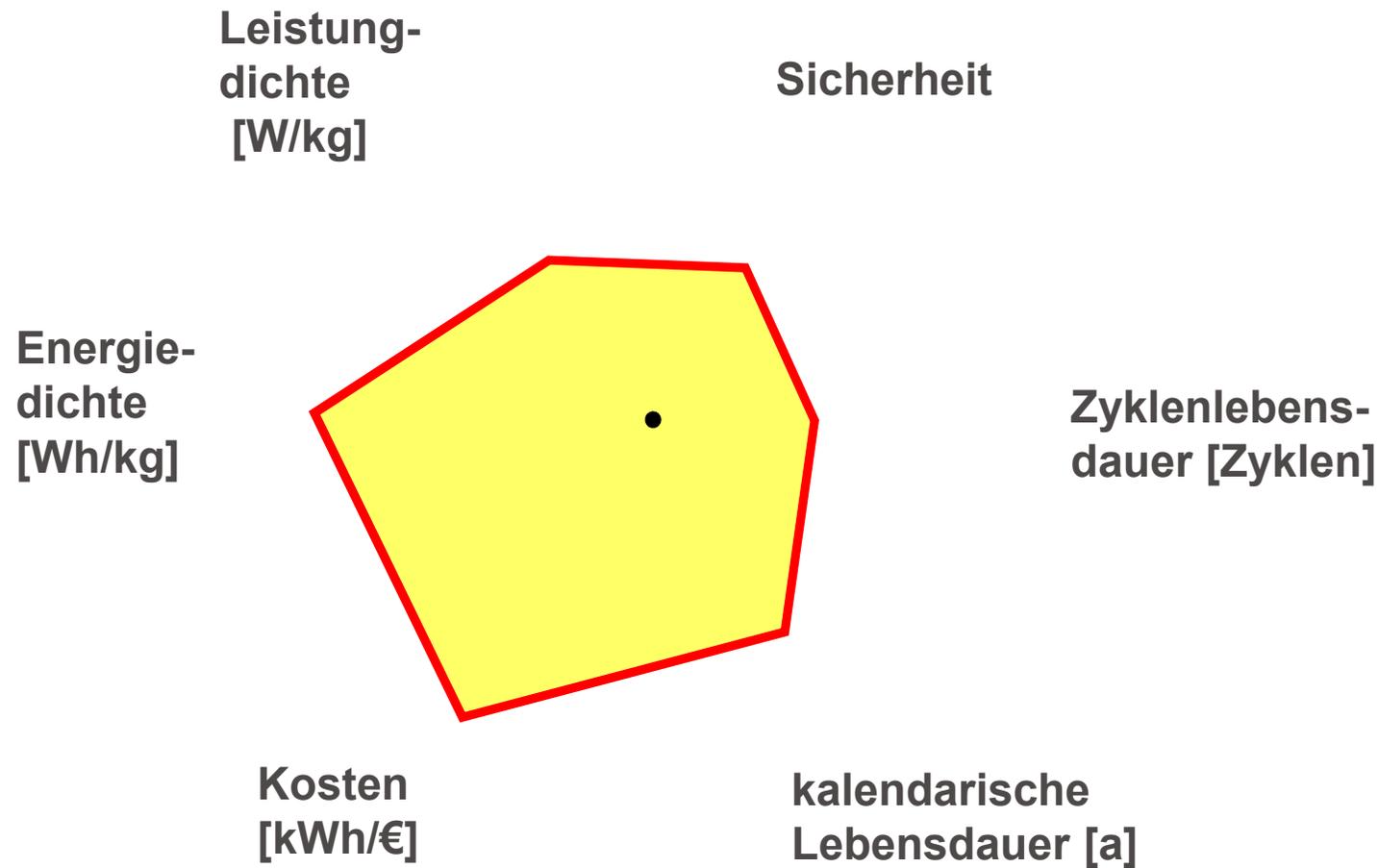
Weiterentwicklung – Ideal



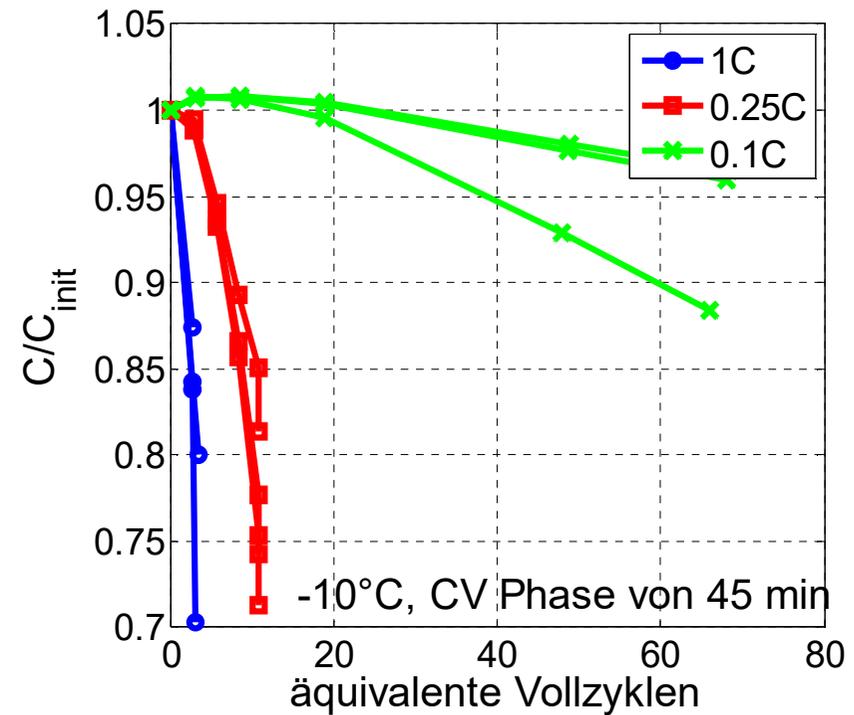
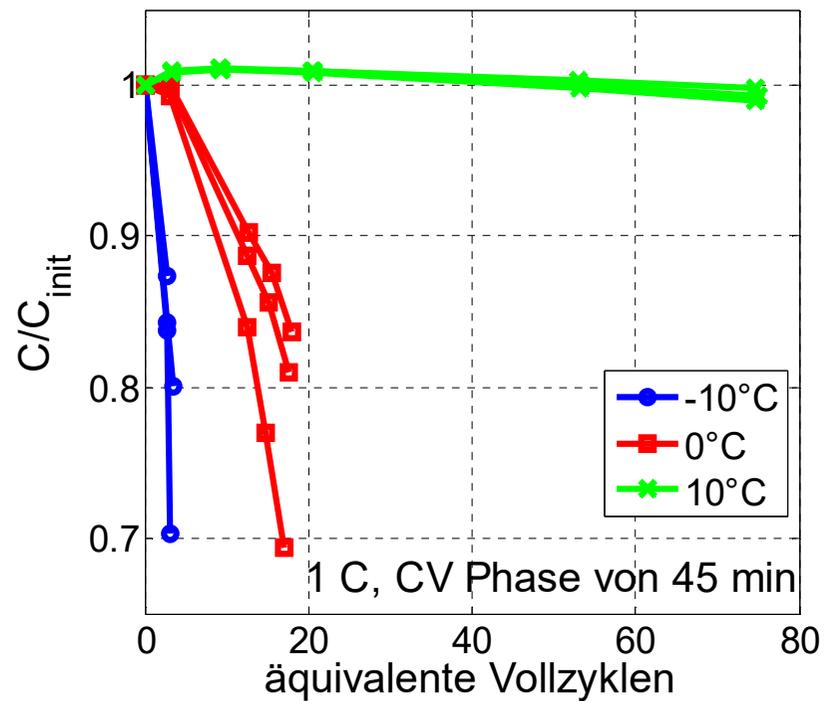
Weiterentwicklung – Real



Weiterentwicklung – Real



Alterung einer Kokam 40 Ah-Zelle bei versch. Temperaturen und Strömen





PREMIUM BOOM BELASTET STROMNETZ

Blackout-Gefahr durch Elektroautos

Die Netzbetreiber schlagen Alarm: Das Stromnetz ist auf den Boom von Elektroautos nicht vorbereitet. Um Engpässe, Überlastungen und Totalausfälle zu vermeiden, muss das Netz jetzt mit Milliardensummen ertüchtigt werden.



Jürgen Flauger



Franz Hubik

21.01.2018 - 19:50 Uhr • [3 Kommentare](#) • [17 x geteilt](#)



Ladestation für Elektrofahrzeuge

Some numbers on power and electric vehicles

Power demand of electric vehicles

- 37 km average daily mileage in Europe
- 42 Millionen passenger vehicles in Germany
- 12 – 20 kWh / 100 km energy demand

→ 68 – 113 TWh additional power demand out of approx. 600 TWh power production in Germany today – less than 20% !

Digitalisierung des Energiesystems!

Grid load caused by electric vehicles assuming intelligent power management

- 7.4 kWh / day (20 kWh / 100 km)
- 22 hours/day stand-still of vehicles (average), typically more than 12 hours at home

→ 0.62 kW average power consumption at home
(100% recharging at home within 12 hours)

Just recently published study by E.ON – largest utility in Germany



Frankfurter Allgemeine
Auto & Verkehr

Frankfurt am Main 15°

BIS 2045
Eon investiert für E-Mobilität 2,5 Milliarden Euro in Stromnetz
AKTUALISIERT AM 21.05.2019 - 14:08



Droht Deutschland der Blackout, wenn alle Menschen Elektroautos fahren? Der Energiekonzern Eon hat nun ermittelt, wie viele Investitionen nötig wären, um die Last auszugleichen – und findet die Kosten „überraschend niedrig“.

Costs for grid extensions in the distribution grid (according to E.ON):

- 2.5 billion Euro
- Until 2045
- For an area with 6.5 Million vehicles
- Today annual spendings for the same grid area of about 1 Billion Euro

→ **~400 € / electric vehicle**

Some numbers on power and electric vehicles

Power demand of electric vehicles

- 37 km average daily mileage in Europe
 - 42 Millionen passenger vehicles in Germany
 - 12 – 20 kWh / 100 km energy demand
- 68 – 113 TWh additional power demand out of approx. 600 TWh power production in Germany today – less than 20% !**

Grid load caused by electric vehicles assuming intelligent power management

- 7.4 kWh / day (20 kWh / 100 km)
 - 22 hours/day stand-still of vehicles (average), typically more than 12 hours at home
- 0.62 kW average power consumption at home**
(100% recharging at home within 12 hours)

Some numbers on power and electric vehicles

Grid overload in distribution grids caused by electric vehicles?

□ 7.4 kWh / day (20 kWh / 100 km)

➔ Charging with 3.7 kW (240 V, 16 A, single phase) charging takes 2 hours per vehicles

➔ Charging with 22 kW takes 20 min

Grid operation is a matter of statistics – If a specific car needs more power, others will need less.

Horror scenarios such as „All cars will charge at the same point in time“ are nonsense.

Communication and artificial intelligence can distribute charging efficiently.

Just recently published study by E.ON – largest utility in Germany

Frankfurter Allgemeine
Auto & Verkehr

E.ON invests 2.5 Billion Euro for electromobility into the grid

BIS 2045
Eon investiert für E-Mobilität 2,5 Milliarden Euro in Stromnetz
AKTUALISIERT AM 21.05.2019 - 14:08



- 2.5 billion Euro
- Until 2045
- For an area with 6.5 Million vehicles
- Today annual spendings for the same grid area of about 1 Billion Euro

→ **~400 € / electric vehicle**

Droht Deutschland der Blackout, wenn alle Menschen Elektroautos fahren? Der Energiekonzern Eon hat nun ermittelt, wie viele Investitionen nötig wären, um die Last auszugleichen – und findet die Kosten „überraschend niedrig“.

Optionen am Beispiel der Umstellung des LKW-Verkehrs

4 Optionen für den Schwerlast-LKW-Bereich

1. Oberleitungssystem auf Autobahnen in Kombination mit Batterie für den „Off-Autobahn-Betrieb“ für rund 50 bis 100 km (maximal)
2. Batterieelektrisch mit Hochleistungsnachladestationen an den Autobahnraststätten
3. Brennstoffzellen mit Wasserstoffinfrastruktur entlang der Autobahnen
4. Synthetische Kraftstoffe mit Verbrennungsmotoren



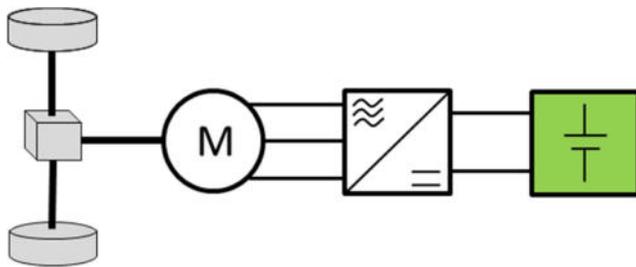
Quelle: focus.de



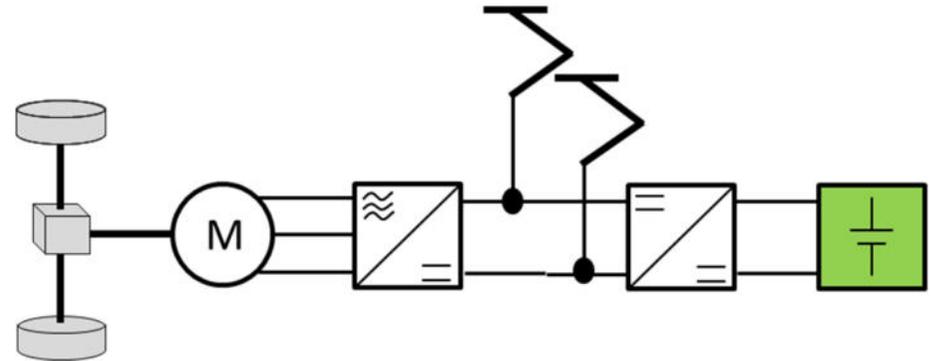
Quelle: eJIT

Topologien für Emissions-freie Antriebssysteme für LKW

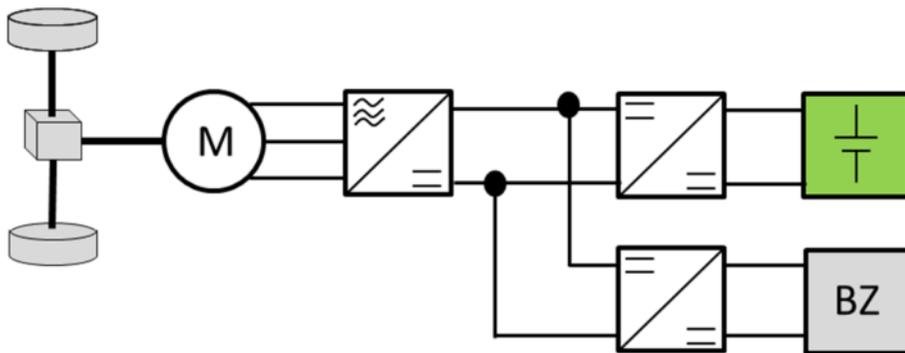
■ Elektroantrieb mit **Batterie**



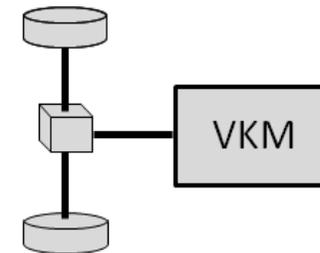
■ Elektroantrieb mit **Oberleitungen**



■ Elektroantrieb mit **Brennstoffzellen/Wasserstoff**



■ Verbrennungsmotor mit **eFuel**



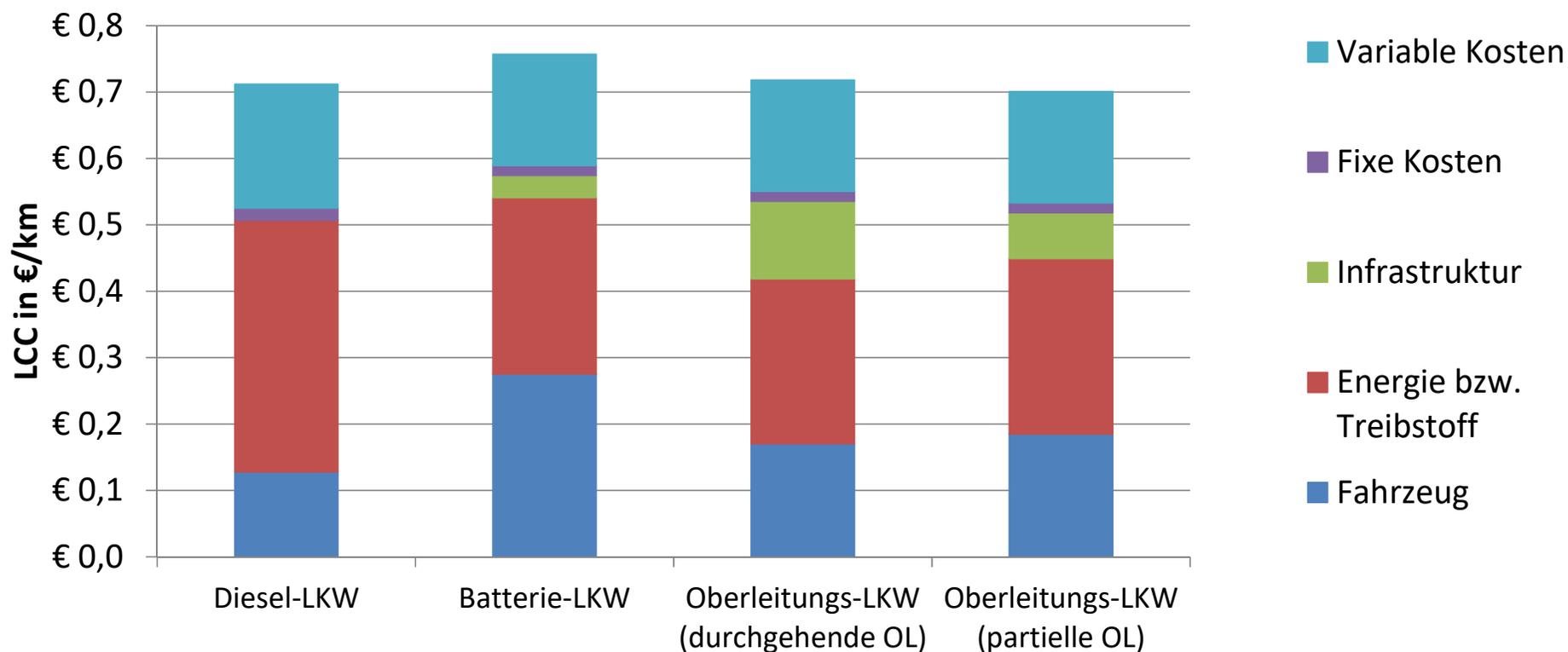
Optionen am Beispiel der Umstellung des LKW-Verkehrs

4 Optionen für den Schwerlast-LKW-Bereich

1. Oberleitungssystem auf Autobahnen in Kombination mit Batterie für den „Off-Autobahn-Betrieb“ für rund 50 bis 100 km (maximal)
 - ca. 13.000 km Autobahn, Kosten bei vielleicht 30 Mrd. Euro → jährliche Annuität bei rund 3 Mrd. Euro
2. Batterieelektrisch mit Hochleistungsnachladestationen an den Autobahnraststätten
 - Batterien für 4,5 Stunden Fahrzeit, Nachladung in 45 min, Bedarf etwa 2x Leistung einer Ultraladestelle, Mehrzahl der LKW fährt nicht am Gewichtslimit sondern am Volumenlimit

Vergleich Lebenszykluskosten

- Für einen Fernverkehr-LKW mit tägl. Fahrstrecke von rund 720 km
- Infrastruktur für alle Fernverkehr-LKW in D aufgebaut und Kosten aufgeteilt
- Berücksichtigt nicht ggf. entstehende Ausfälle durch verminderte Last!



Optionen am Beispiel der Umstellung des LKW-Verkehrs

4 Optionen für den Schwerlast-LKW-Bereich

1. Oberleitungssystem auf Autobahnen in Kombination mit Batterie für den „Off-Autobahn-Betrieb“ für rund 50 bis 100 km (maximal)
 - ca. 13.000 km Autobahn, Kosten bei vielleicht 30 Mrd. Euro → jährliche Annuität bei rund 3 Mrd. Euro
2. Batterieelektrisch mit Hochleistungsnachladestationen an den Autobahnraststätten
 - Batterien für 4,5 Stunden Fahrzeit, Nachladung in 45 min, Bedarf etwa 2x Leistung einer Ultraladestelle, Mehrzahl der LKW fährt nicht am Gewichtslimit sondern am Volumenlimit
3. Brennstoffzellen mit Wasserstoffinfrastruktur entlang der Autobahnen
 - Wasserstoffinfrastruktur entlang der Autobahn notwendig, deutlich geringere Energieeffizienz
4. Synthetische Kraftstoffe mit Verbrennungsmotoren
 - Strukturinvestitionen für die Erzeugung synthetischer Kraftstoffe notwendig, vielleicht zunächst im Ausland, einfache Umsetzung im Feld

Optionen am Beispiel der Umstellung des LKW-Verkehrs

4 Optionen für den Schwerlast-LKW-Bereich

1. Oberleitungssystem auf Autobahnen in Kombination mit Batterie für den „Off-Autobahn-Betrieb“ für rund 50 bis 100 km (maximal)
2. Batterieelektrisch mit Hochleistungsnachladestationen an den Autobahnraststätten
3. Brennstoffzellen mit Wasserstoffinfrastruktur entlang der Autobahnen
4. Synthetische Kraftstoffe mit Verbrennungsmotoren

➔ **Politische Entscheidung notwendig**

➔ **„Technologieoffenheit“ bringt einen hier nicht weiter**

➔ **Offene Frage: Wann trifft wer auf welcher Basis eine Entscheidung?**

Optionen am Beispiel der Umstellung des LKW-Verkehrs

4 Optionen für den Schwerlast-LKW-Bereich

1. Oberleitungssystem auf Autobahnen
2. Batterieelektrisch
3. Brennstoffzellen
4. Synthetische Kraftstoffe

Probleme bei der Transformation

- Hoher Infrastrukturbedarf verbunden mit hohen Kosten
- Langfristige Strategie notwendig
- Ohne Einigung mit den europäischen Partnern sehr schwierig
- ➔ **Politische Entscheidung notwendig**
- ➔ **„Technologieoffenheit“ bringt einen hier nicht weiter**
- ➔ **Offene Frage: Wann trifft wer auf welcher Basis eine Entscheidung?**

4 options for 40 tons trucks

1. Catenary on highways combined with batteries for the „off-highway“ operation for a maximum of 50 to 100 km
 - ➔ Realisation depends on governmental decisions; concept will work only in countries with high population density
2. Battery electric with high power charging stations alongside highways
 - ➔ Recharging after 4.5 hours; weight of the battery about 6 tons; power demand for recharging about 700 to 800 kW/truck
3. Fuel cells with hydrogen infrastructure alongside highways
 - ➔ primary energy demand at least 2 times higher, significant less weight, and approx. same volume compared with battery electric
4. Synthetic fuels (efuel) with combustion engine
 - ➔ Total efficiency less than 20%; easy to import from third countries, lowest additional infrastructure demand



Quelle: focus.de



Quelle: eJIT

Zusammenfassung

Wasserstoff, Biotreibstoffe oder eFuels werden auf jeden Fall in den Bereichen Lastschiffe oder langreichweitig Flugzeuge benötigt.

Wasserstoff und ggf. EE-Methan werden das Rückgrat einer stabilen Energieversorgung bilden.

Wasserstoff, EE-Methan und eFuels werden in vielen Industriebereichen notwendig sein.

Aber dort, wo Batterien eine Alternative sind, werden und sollten es Wasserstoff, EE-Methan und eFuels schwer haben.



Battery Ageing • Battery Models • Battery Diagnostics • Battery Pack Design • Electromobility • Stationary Energy Storage • Energy System Analysis

Aktuelle Entwicklungslinien für den Bereich Mobilität

Klimaschutzwoche Senden

18.09.2019

Prof. Dr. Dirk Uwe Sauer

Chair for Electrochemical Energy Conversion
and Storage Systems

