

Batterien und Brennstoffzellen

Zukunftstechnologien der Mobilität und der dezentralen Stromspeicherung

Regionah Energie

Munderkingen, 18.11.2018

Werner Tillmetz



Elektromobilität: Warum?

Elektromobilität: Warum?

- **Klimawandel**
- Emissionsfrei
- Geopolitik
- Fahrspaß

Klimawandel: die Opfer



Quelle: Kölnische Rundschau, 11.09.17 (dpa)

„Die Analysten von Moody's beziffern die wirtschaftlichen Schäden durch Wirbelsturm „Irma“ in den USA auf bis zu 92 Milliarden Dollar.“

Quelle: Der Tagesspiegel/Rungroj Yongrit/dpa

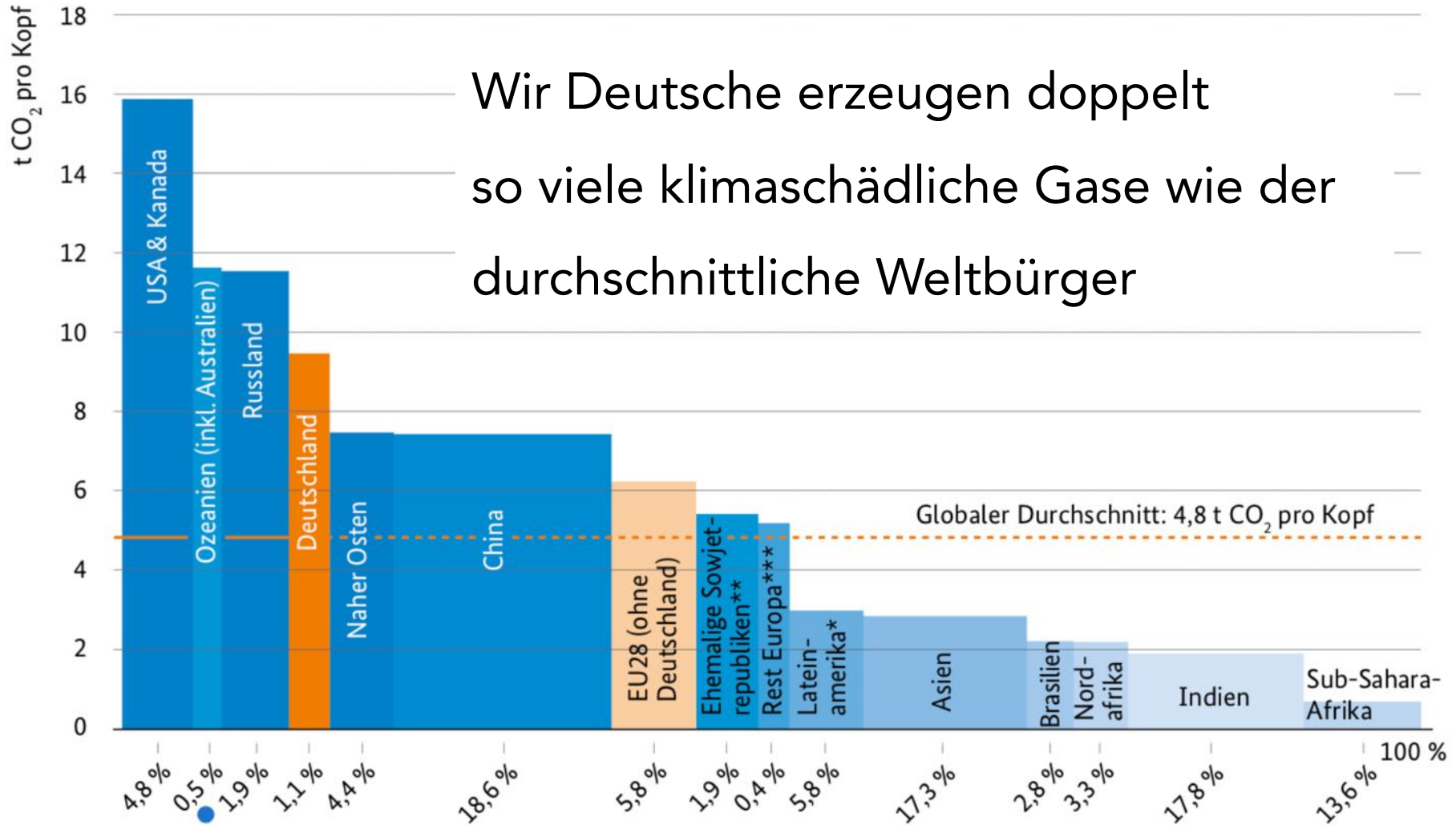


Bild: Helmholtz/Andre Künzelmann, UFZ

Überschwemmungen in Deutschland

„Allein im Jahr 2008 seien durch Naturkatastrophen als Folge des Klimawandels rund 20 Millionen Menschen obdachlos geworden und aus ihren Heimatregionen geflüchtet.“

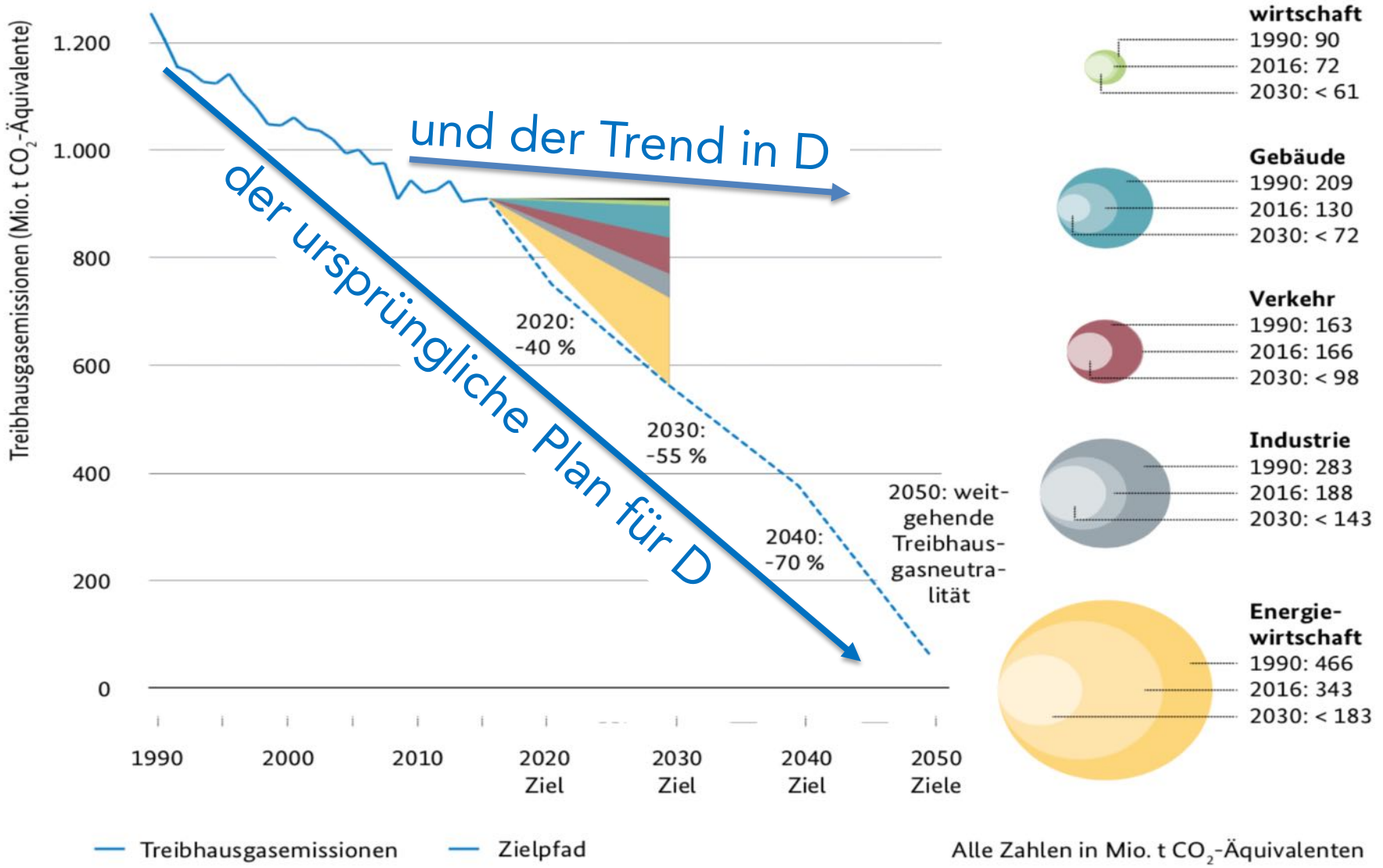
Klimawandel: die Täter



Quelle: BMU - Klimaschutz in Zahlen 2018



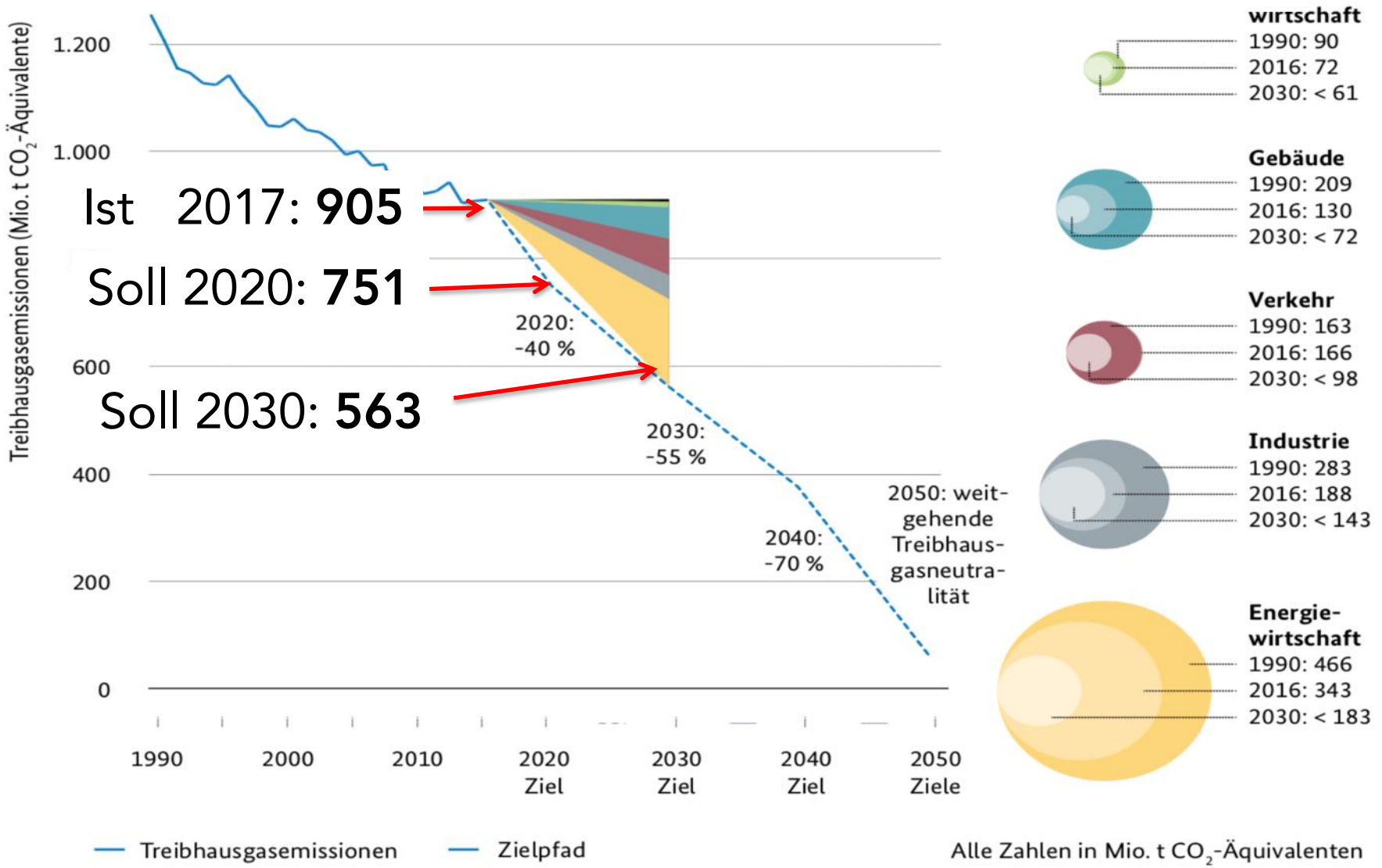
Treibhausgasemissionen in Deutschland



Quelle: BMU - Klimaschutz in Zahlen 2018



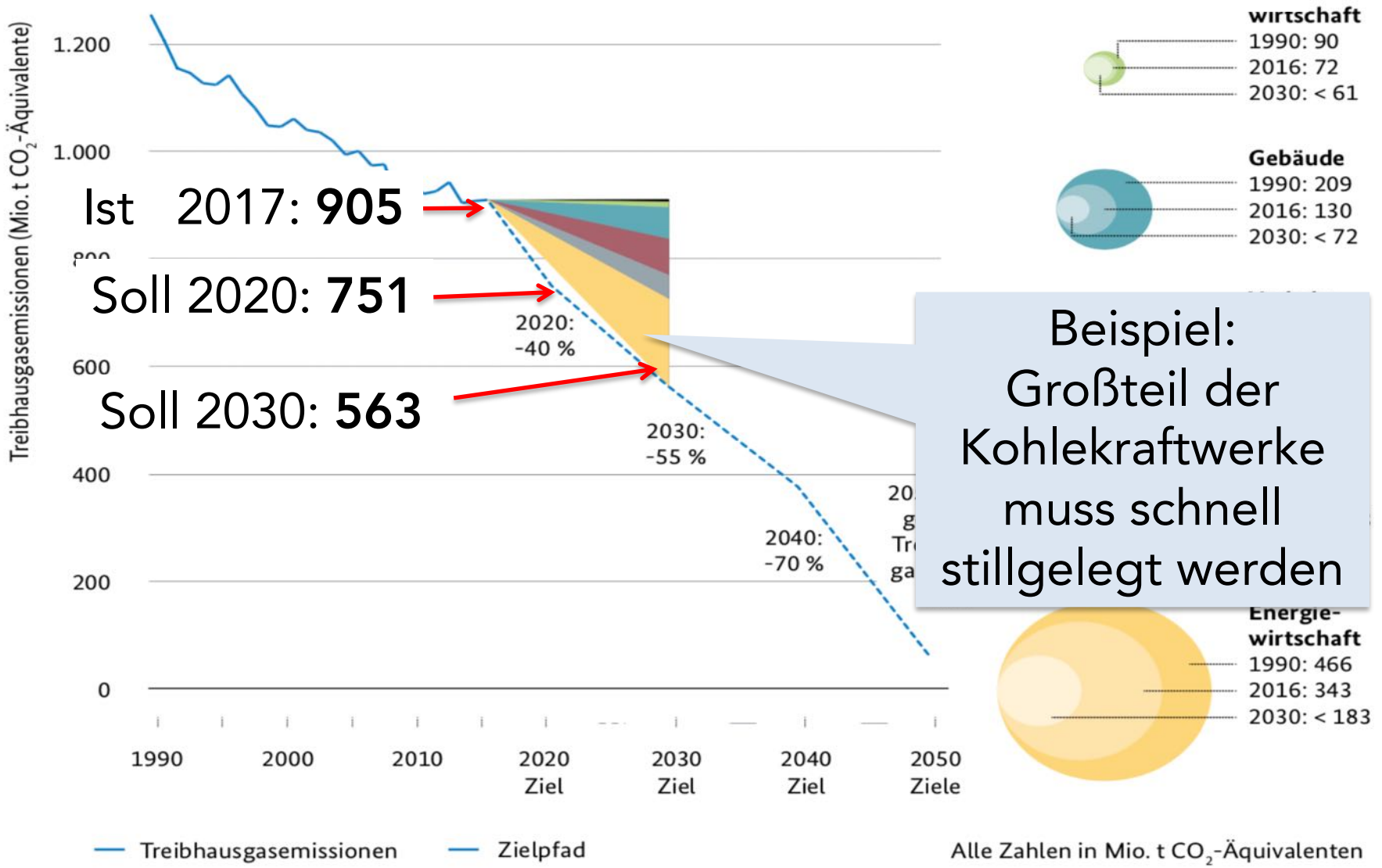
Reduktion Treibhausgase in Deutschland



Quelle: BMU - Klimaschutz in Zahlen 2018



Reduktion Treibhausgase in Deutschland

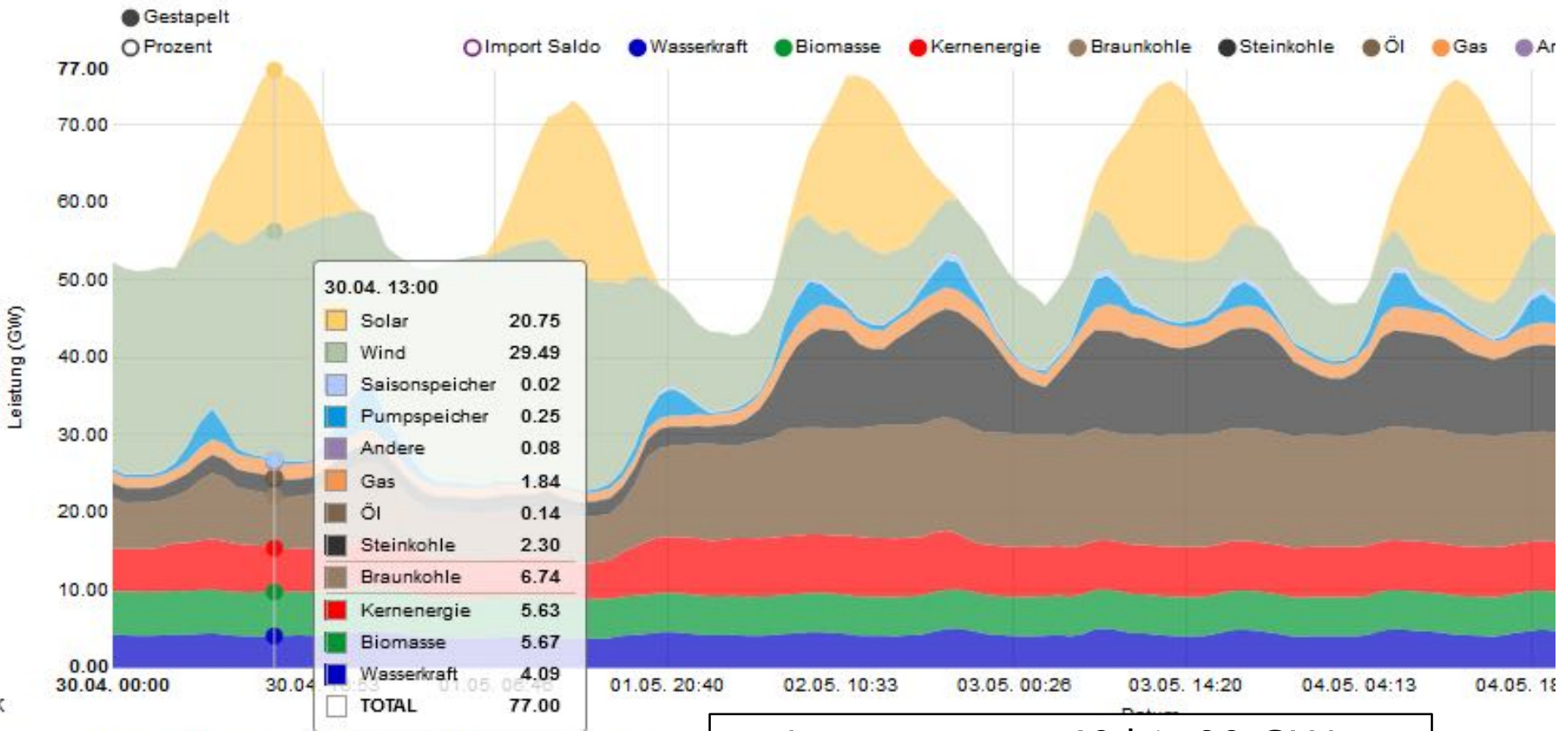


Quelle: BMU - Klimaschutz in Zahlen 2018



Stromerzeugung in Deutschland

Beispiel vom 30.4. – 05.05.2018



Nettoerzeugung von Kraftwerken zur öffentlichen Stromversorgung.
 Datenquelle: 50 Hertz, Amprion, Tennet, TransnetBW, EEX
 letztes Update: 09 May 2018 12:14

- Lastgang von 40 bis 80 GW
- Erneuerbare fluktuieren
- Braunkohle / Kernkraft kaum regelbar

Quelle: Energy-Charts.de



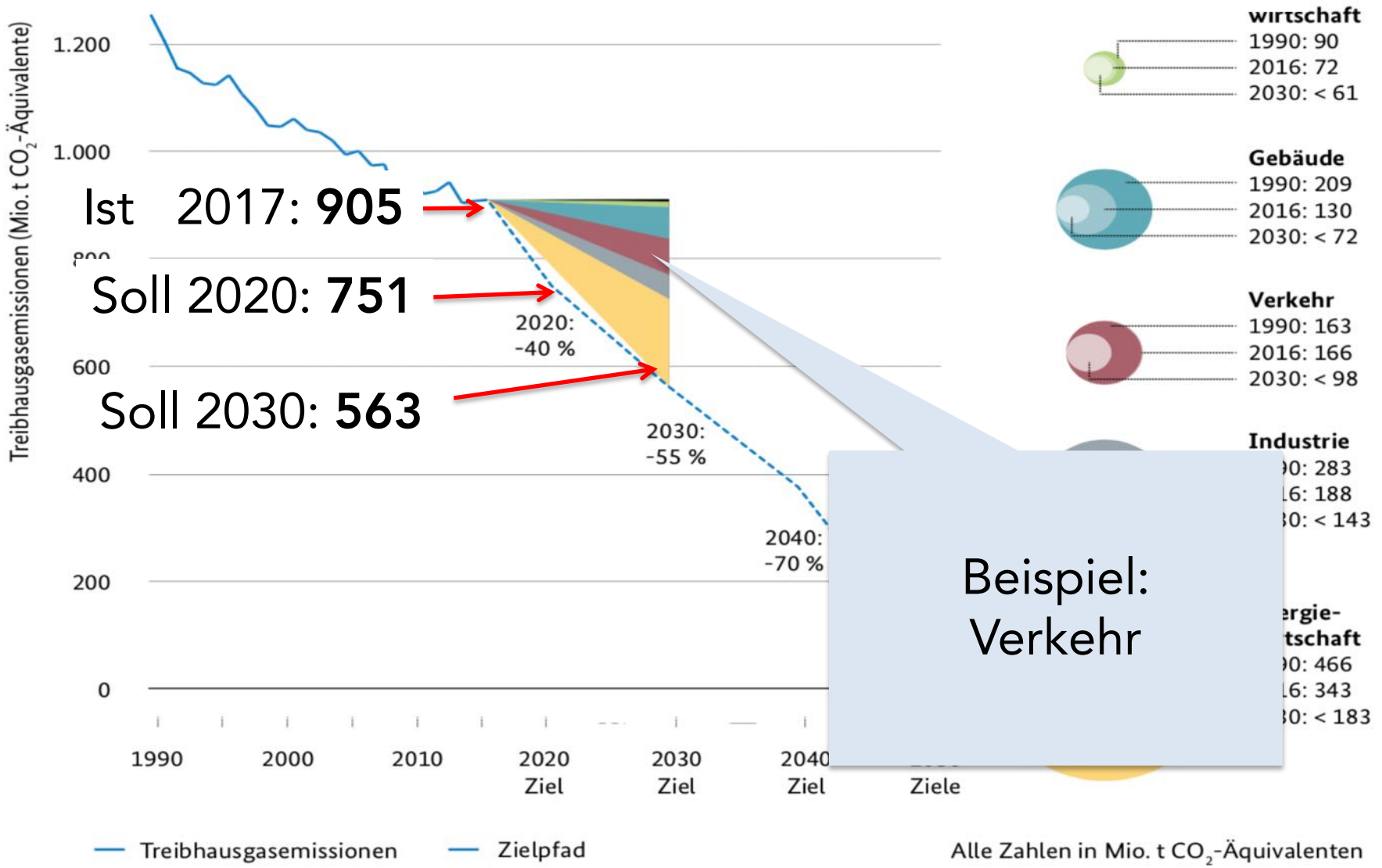
Lithium-Ionen Batterien für die Stromspeicherung

- Deutlich höhere Lebensdauer und Wirkungsgrade als Bleibatterien
- Kostengünstige Zellen (Elektromobilität) und PV-Module
- PV- Speicher, Spitzenlast, Notstrom, Frequenzregelung
- Markt: 40 GWh in 2025



Sources: ads-tec & Sonnenbatterie

Reduktion Treibhausgase in Deutschland

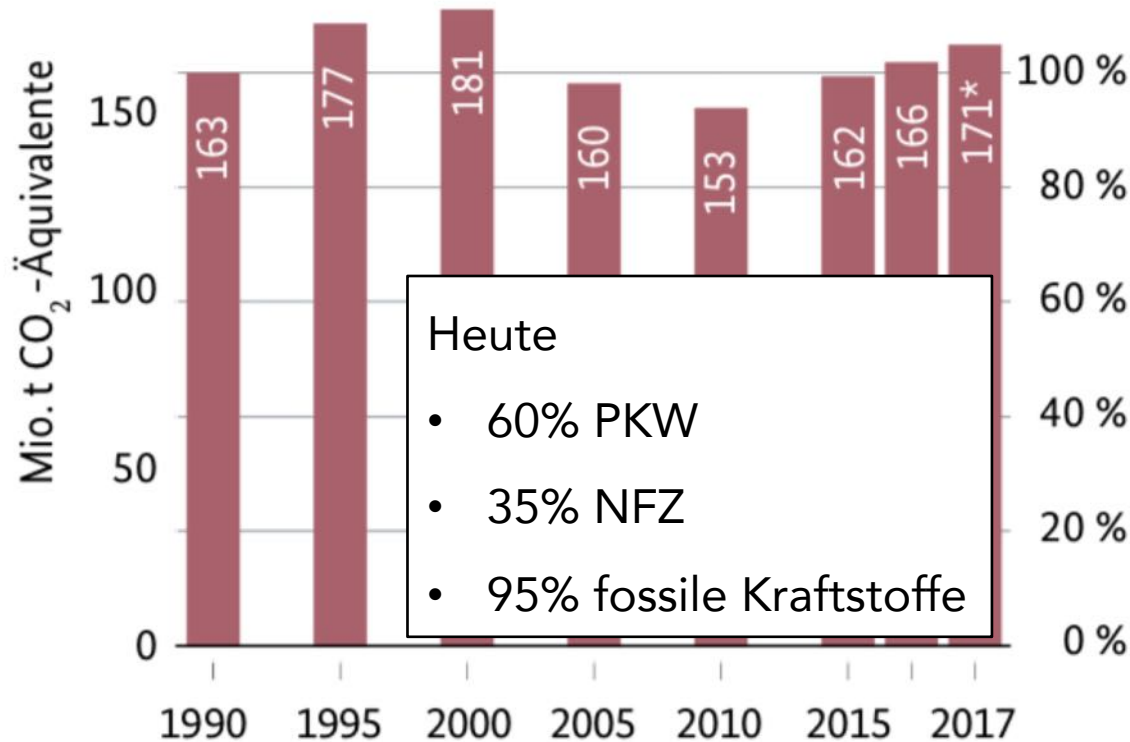


Quelle: BMU - Klimaschutz in Zahlen 2018



Emissionen an Treibhausgasen im Verkehr

Deutlich steigend, trotz moderner Motoren



Reduktion um mehr als 70 Mio. Tonnen bis 2030 bedeutet fast eine Halbierung des Verbrauches an fossilem Kraftstoff im **Bestand aller Fahrzeuge**

* Schätzung
Quelle: UBA (2018a); Schätzung 2017 basierend auf Pressemitteilung 09/2018

Eine kleine Rechenübung

Wie viel CO₂ emittiert mein Auto ?

Den Verbrauch (in l pro 100 km) mit 26,5 (bei Diesel) bzw. mit 23,8 (bei Benzin) multiplizieren ergibt die CO₂ Emission in g pro km

Beispiel: 8 l Diesel pro 100 km ergibt **212 g**

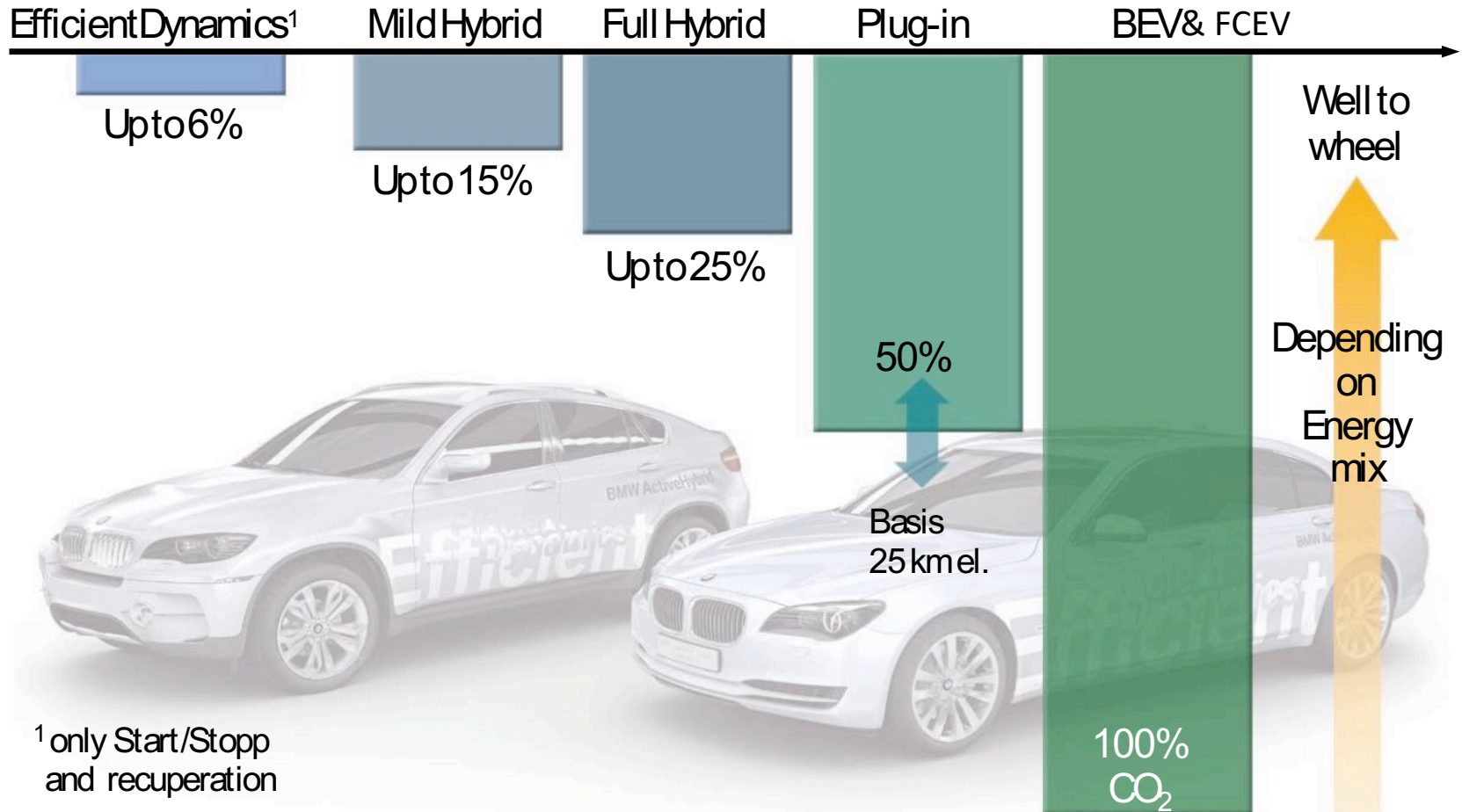
zum Vergleich Flottendurchschnitt	Zielwert 2015	130 g
	Zielwert 2020	95 g
	Zielwert 2030	< 60 g

Anmerkung:

für die Kraftstoffgewinnung (Well to Tank) müssen nochmals 30 – 60% hinzugefügt werden – Tendenz steigend

Grundsätzliches zu E-Antrieben

CO₂ Reduzierung durch Elektrifizierung des Antriebsstranges



Quelle: Lamp, BMW, Batterieforum 2015

Grundsätzliches zu E-Antrieben:

Typische Fahrzeug-Wirkungsgrade: (Tank to Wheel)

Verbrennungsmotor: 20 – 25 %

Brennstoffzellen-Elektroantrieb: 50 - 60 %
Null Emissionen

Batterie-Elektroantrieb: 70 – 80 %
Null Emissionen

Elektro-Fahrzeuge werden mit Strom oder Wasserstoff
aus Erneuerbaren Energien betrieben

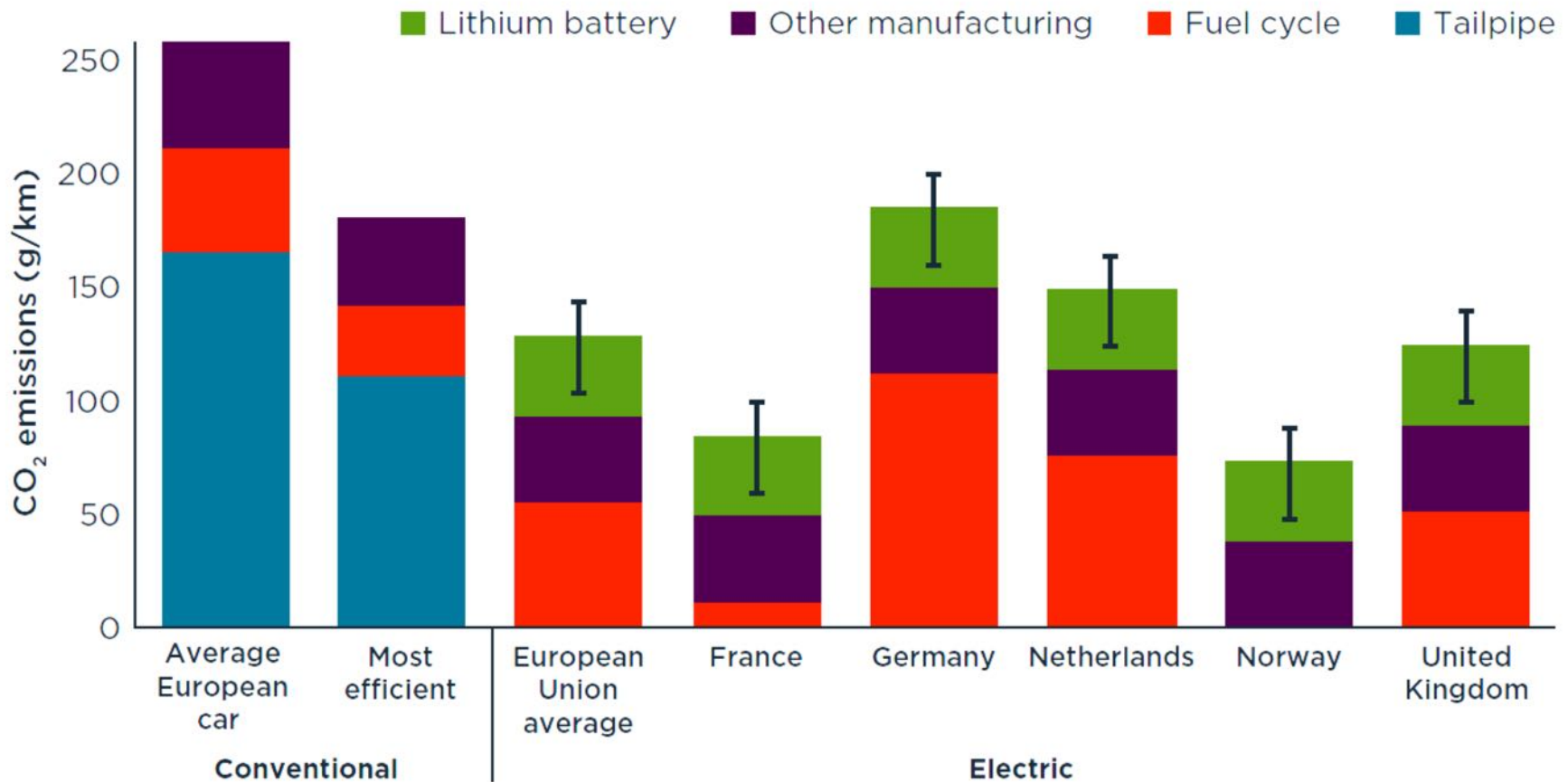
Grundsätzliches zu E-Antrieben:

Der Kraftstoff wird lokal mit Erneuerbaren Energien erzeugt
Keine Abhängigkeiten vom Import fossiler Kraftstoffe



20 m² PV – Fläche genügen, um den Strombedarf
eines E-Fahrzeuges das ganze Jahr zu decken
(12 000 km pro Jahr, Deutschland)

Wie ist die Bilanz über den gesamten Lebenszyklus?



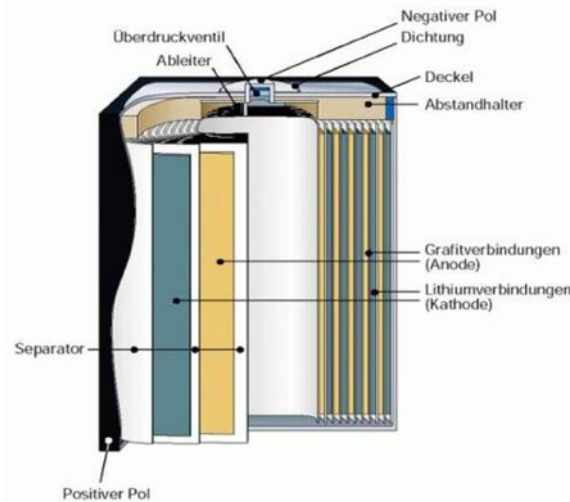
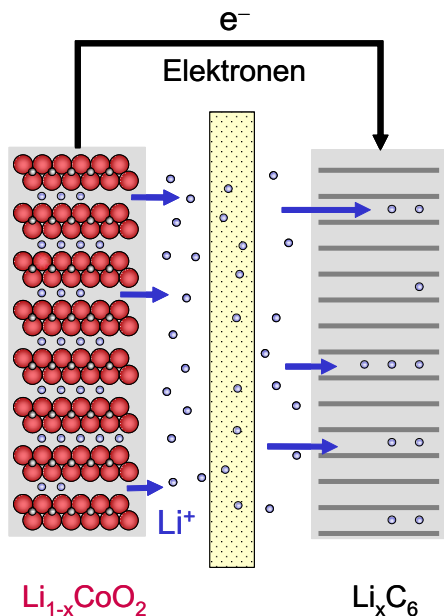
Lebenszyklusemissionen (über 150.000 km) von Elektro- und konventionellen Fahrzeugen in Europa in 2015

Source: ICCT, Briefing February 2018

Batterien für die E-Mobilität und Stromspeicherung

Batterien (Akkumulatoren) = Elektrochemische Energiespeicher

- Batterien (Akkumulatoren) speichern elektrischen Strom mit hohem Wirkungsgrad (Laden - Entladen)
- Li-Ionen-Batterien haben die höchste Energiedichte heutiger Akkumulatoren
- Kontinuierliche Optimierung der Li-Ionen-Zelle (Kosten, Energiedichte)



Funktion und
Aufbau einer
Lithium-Ionen-Batterie



Lithium-Ionen-Technologie in etablierten Märkten

Zellen für Unterhaltungselektronik, E-Bikes, Power Tools:

- Globaler Markt für Li-Ionen-Zellen 2017: ca. 30 Mrd. US \$
Zellenproduktion: Asien
- Jährliche Wachstumsraten (CAGR): ca. 20%
- Neue Produkte: E-Bikes, Kettensägen, etc
- Steigende Anforderungen (Kapazität) bei Smartphones, Tablets...



Neue Generation E-Fahrzeuge

Reichweite 300+ km

Auch zum Leasen
bei yello:
249 € p.M. flatrate



BMW i3: € 35.000, 33 kWh

Kompletter
Antriebsstrang von LG



Chevy Bolt: \$ 37.500, 60 kWh

Großserienproduktion
(300.000 p.a.)



Tesla Model 3: \$ 35.000, 50 kWh



Renault ZOE: € 21.500 + B-Miete; 40 kWh

Quellen: Hersteller

Citylogistik – ÖPNV – Handwerk



Emissionsfrei in der Stadt



Mehr als
200.000 E-Stadtbusse in China
Export nach Europa nimmt
stark zu



Batterie-E-Fahrzeuge laden

- 90% aller Ladevorgänge finden zu Hause oder am Arbeitsplatz statt
- 90% aller privaten Pkw Fahrten sind kürzer als 40 km pro Tag, d.h.:
 - nur 6 – 8 kWh pro Tag nachladen
 - genügend Reserve bei einer 30..40 kWh Batterie
 - 23 h Zeit zum Nachladen (zu Hause, in der Firma, beim Shopping)



**Brennstoffzelle
für die E-Mobilität**

**Wasserstoff
für die Stromspeicherung / Kraftstoff**

Brennstoffzellen = Energiewandler

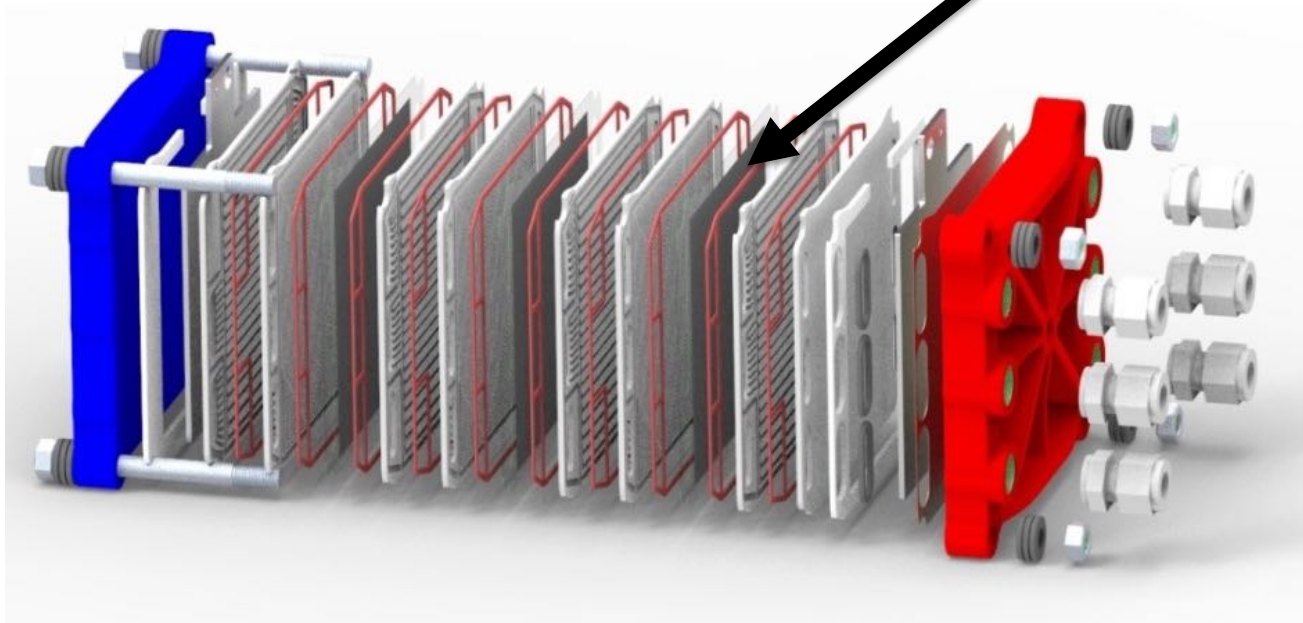
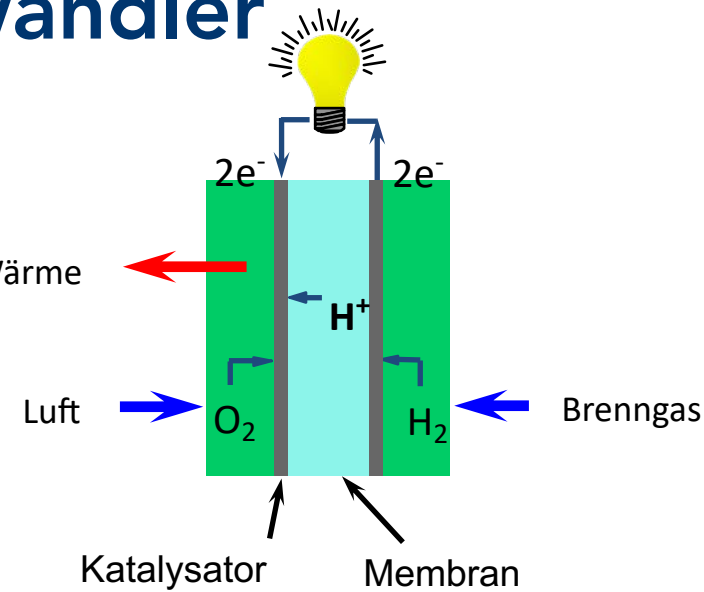
Brennstoffzellen wandeln

Brenngase (Wasserstoff = gut speicherbar)

und Sauerstoff (aus der Luft)

hoch effizient und **schadstofffrei** in

Strom, Wärme und Wasser um



Elektrofahrzeuge mit Brennstoffzelle und Wasserstoff als Kraftstoff

- Erfüllen Kundenanforderungen:
 - Reichweite (> 500 km) \rightarrow weniger „Ladesäulen“
 - schnelles Tanken (< 3 min) \rightarrow Flexibilität
 - Heizen im Winter
- Bei hohem Energiebedarf (Reiselimousine, NFZ), leichter und kostengünstiger als Batterien



Automotive BZ-Stack 100 kW
(Bild: ZSW)



Toyota Mirai, Hyundai Nexo (Bilder: ©Hersteller)



Daimler Brennstoffzellen-Bus,
Bild SWP/dpa

Brennstoffzellen-Antriebe für Logistik – Schienenverkehr - Busse

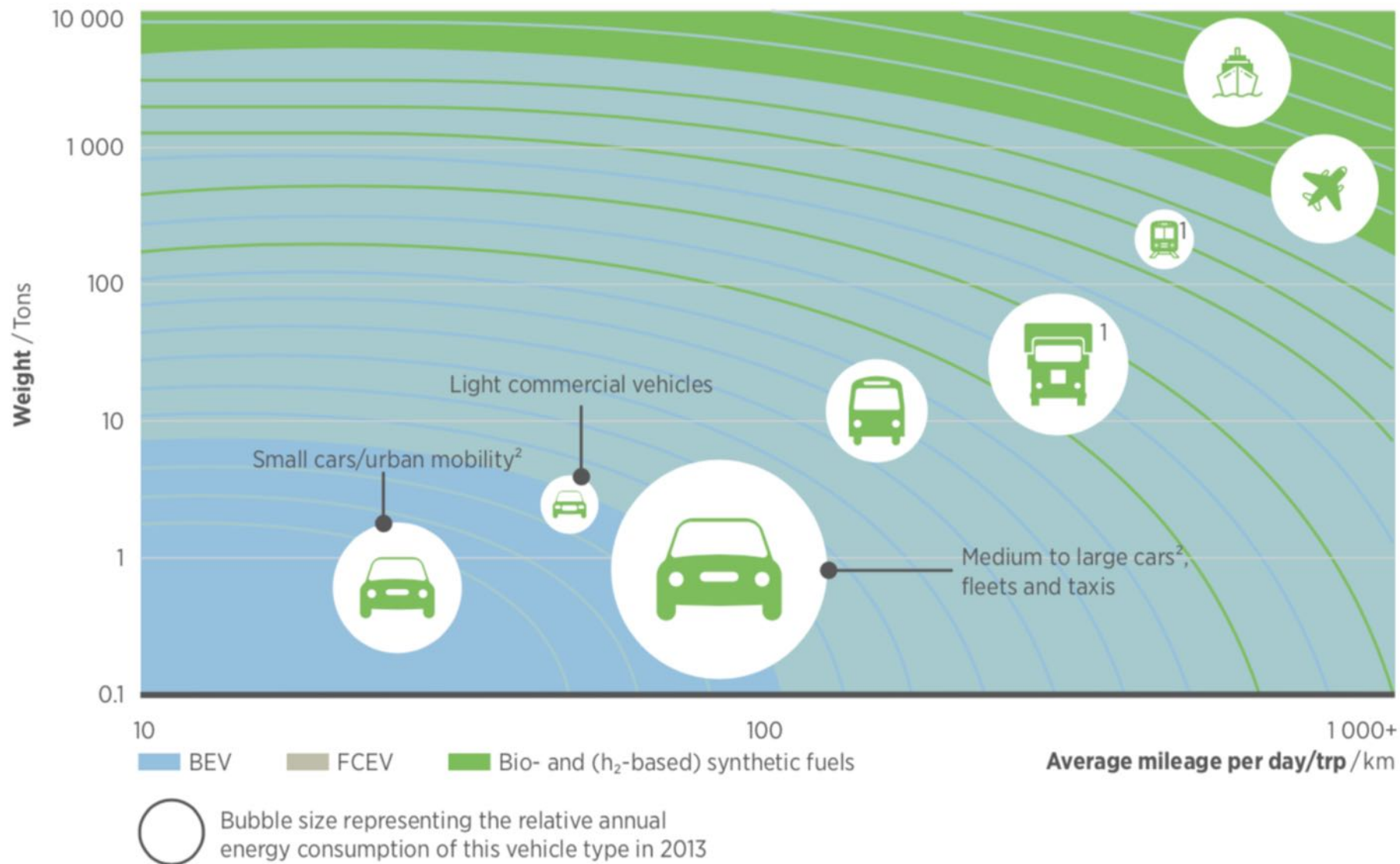
1000 BZ LKW bei Hyundai bestellt



emissionsfrei und flexibel



Marktsegmente & Antriebe der Zukunft



Wasserstoff-Infrastruktur

- Wasserstoff aus Erneuerbarem Strom über Elektrolyse (Power to Gas)
- Speicherung von Überschussstrom - Netzentlastung
- Treibstoff für Brennstoffzellen-Fahrzeuge
- Aufbau von Wasserstofftankstellen schreitet voran
- Fahrzeugdepots einfach ausrüstbar



Elektrolyseanlage (ZSW)



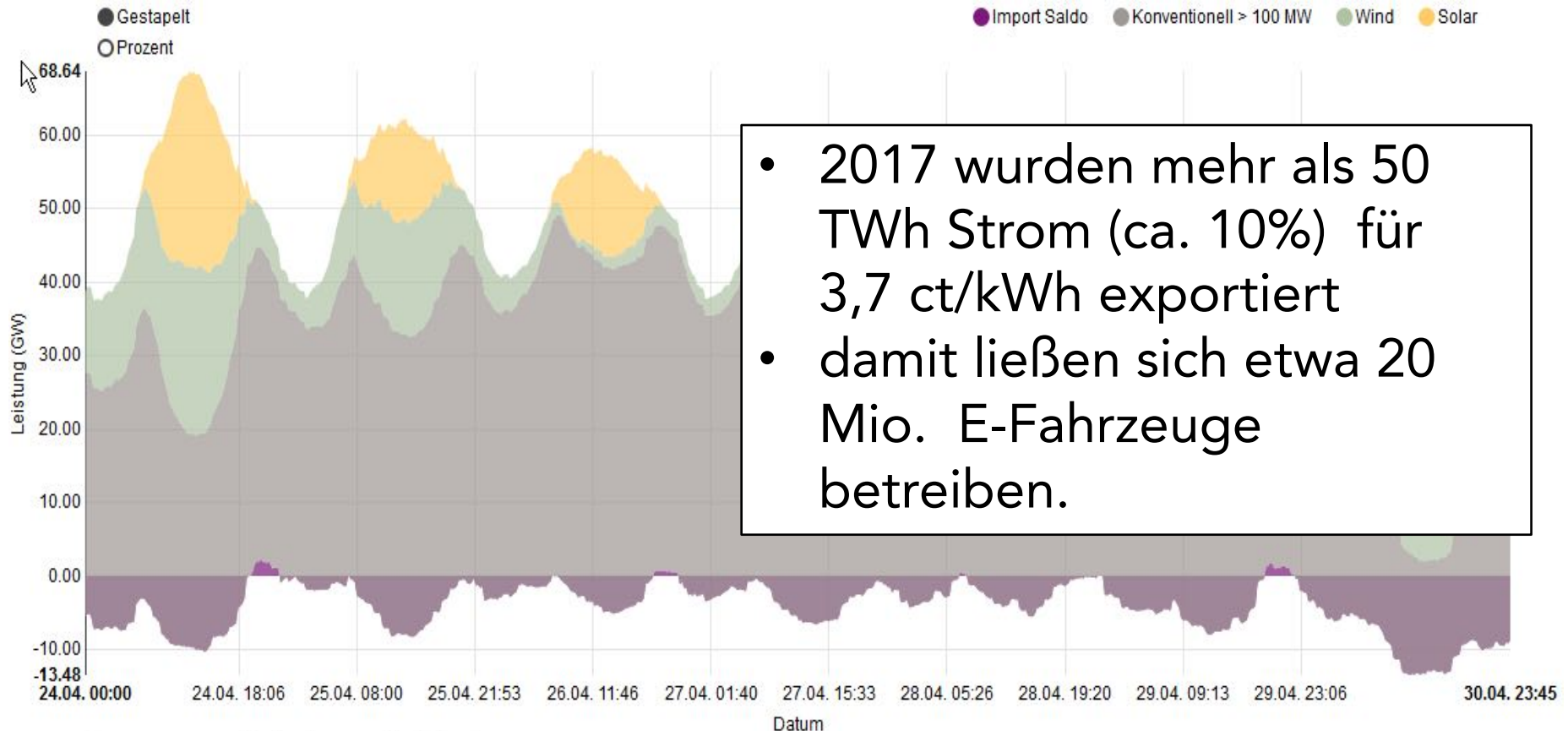
Wasserstofftankstelle am ZSW in Ulm

Elektromobilität:

Woher kommen Strom und Wasserstoff ?

Stromerzeugung in Deutschland

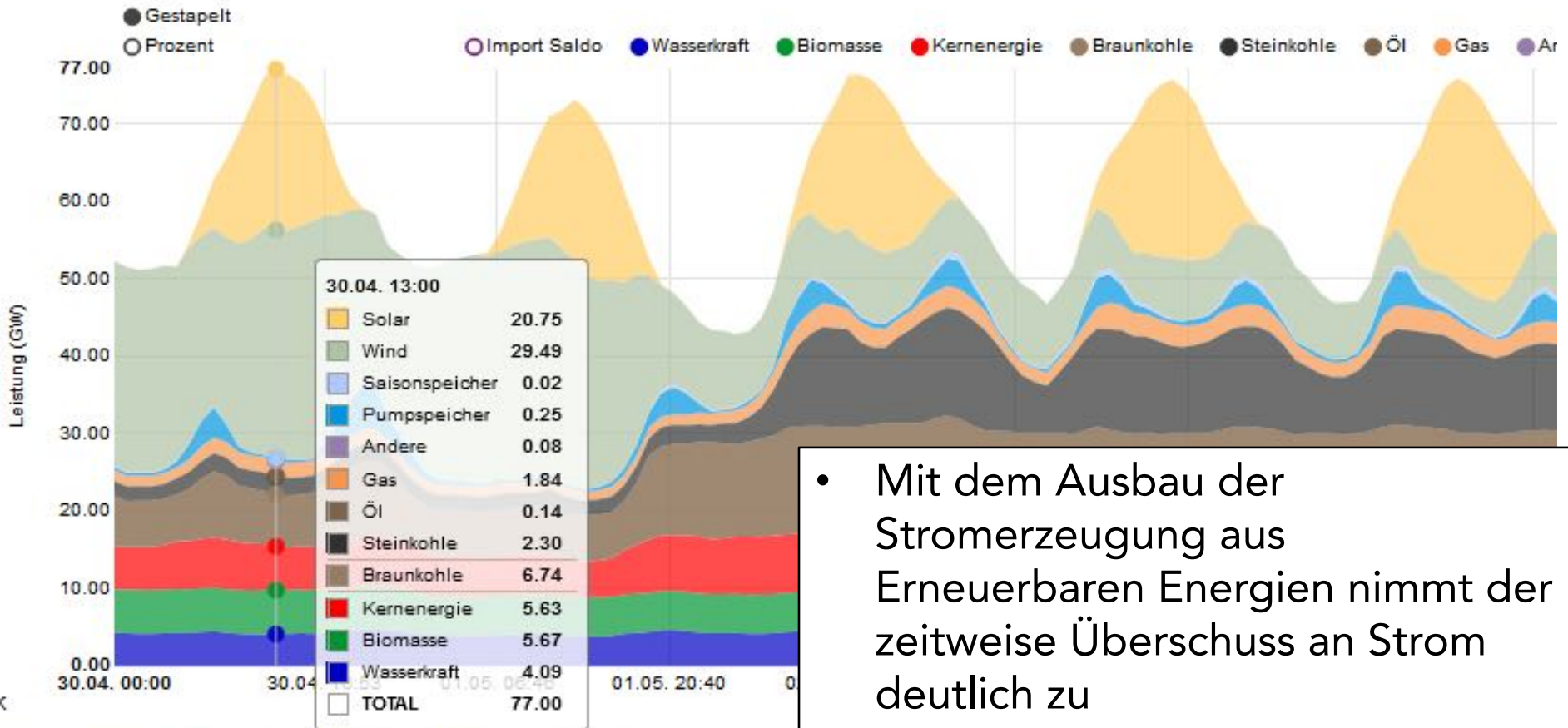
Beispiel für Import / Export von Strom 24.4. – 30.4.2017



- 2017 wurden mehr als 50 TWh Strom (ca. 10%) für 3,7 ct/kWh exportiert
- damit ließen sich etwa 20 Mio. E-Fahrzeuge betreiben.

Neue Stromspeicher werden immer wichtiger

Beispiel vom 30.4. – 05.05.2018

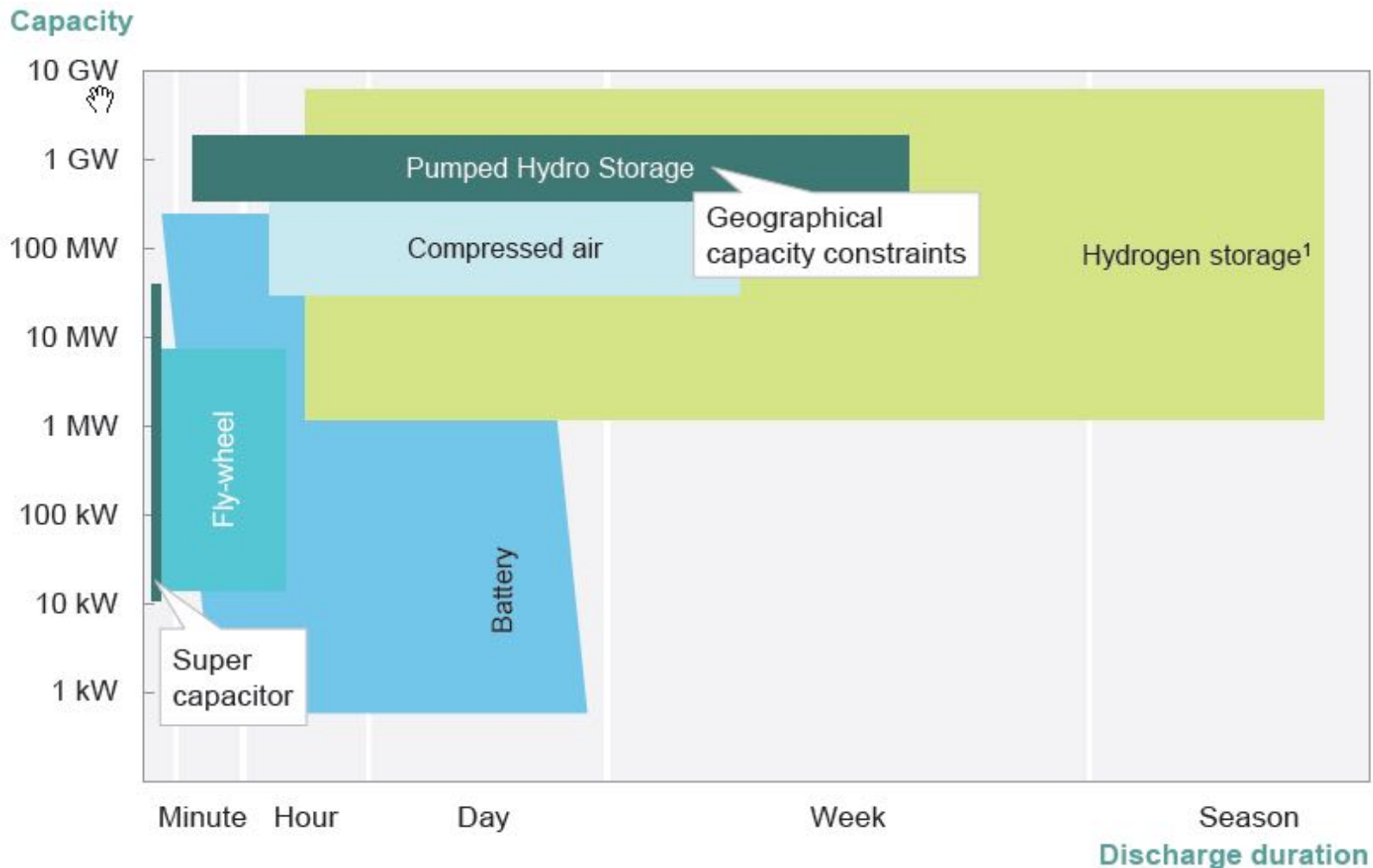


- Mit dem Ausbau der Stromerzeugung aus Erneuerbaren Energien nimmt der zeitweise Überschuss an Strom deutlich zu
- Power to Gas & Smart Grid werden essentiell

Nettoerzeugung von Kraftwerken zur öffentlichen Stromversorgung.
Datenquelle: 50 Hertz, Amprion, Tennet, TransnetBW, EEX
letztes Update: 09 May 2018 12:14

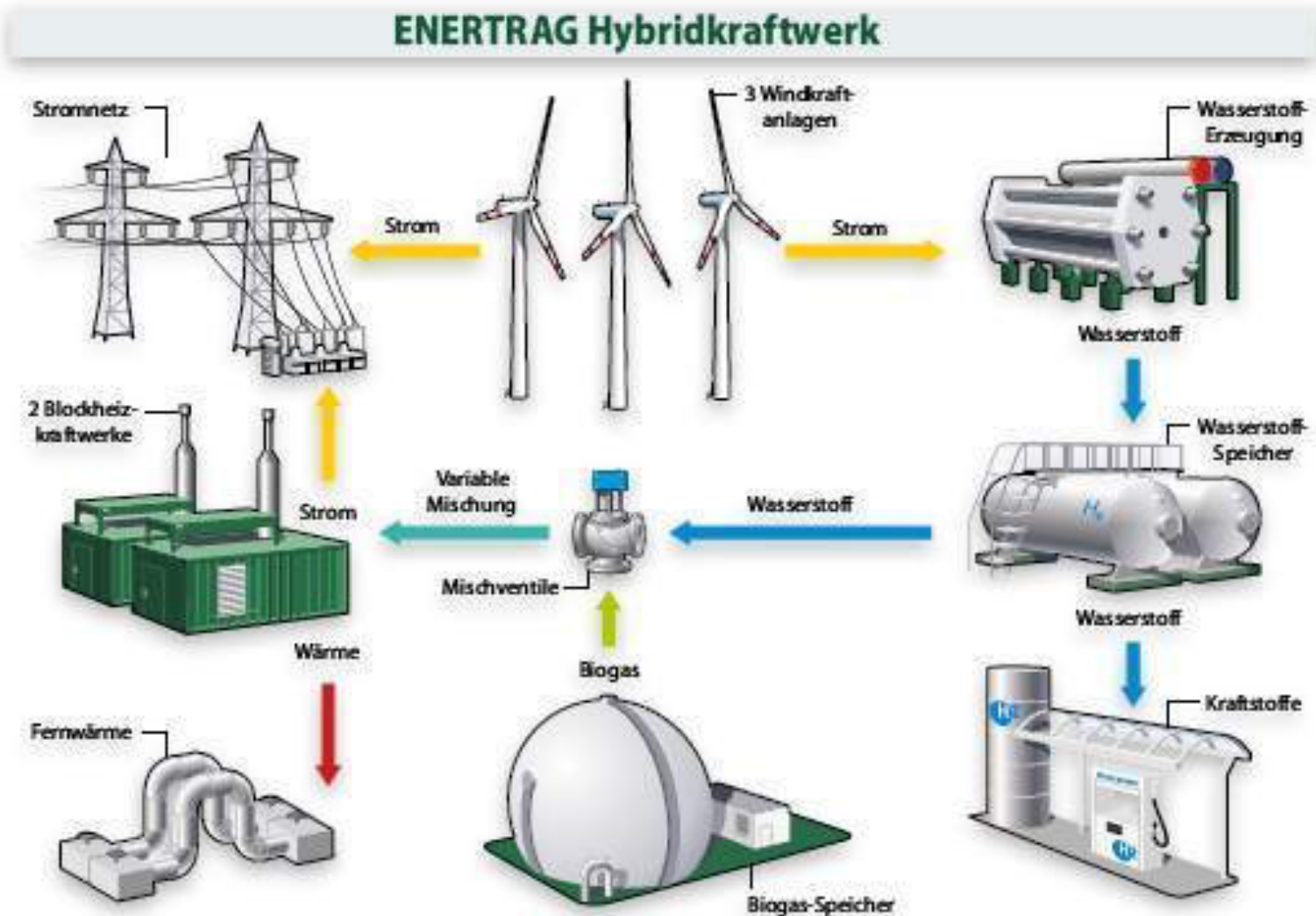
Strom speichern

Wasserstoff ist die beste Lösung für große Energiemengen
...und dann als Kraftstoff nutzen



Quelle: Hydrogen Council January 2017

Intelligente Verknüpfung von Erzeugung, Speicherung und Verbrauch



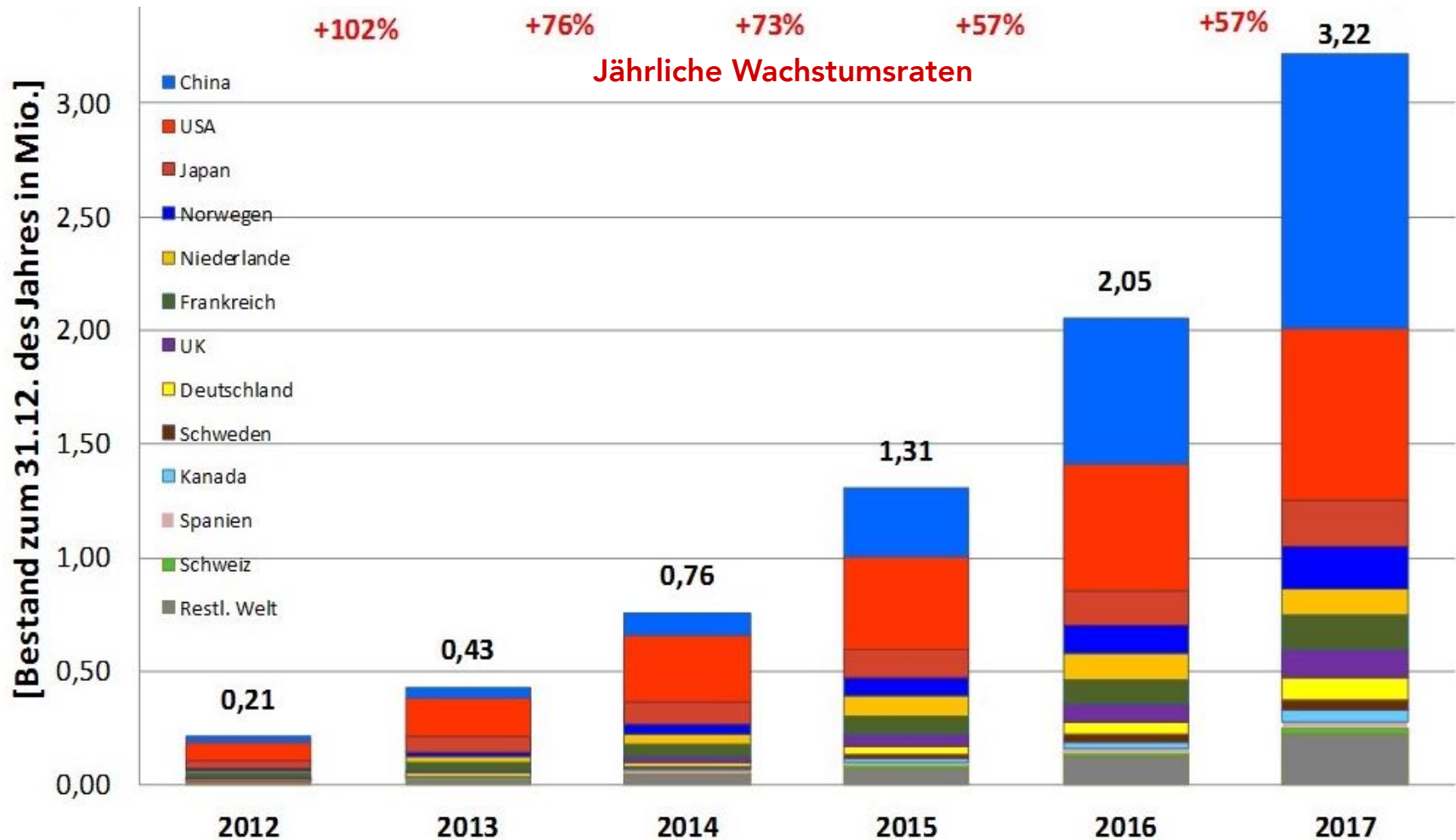
Quelle: ENERTRAG

Grafik: Michael Römer

Elektromobilität / Energiespeicher: Quo Vadis?

Hohe Wachstumsraten bei E-Fahrzeugen

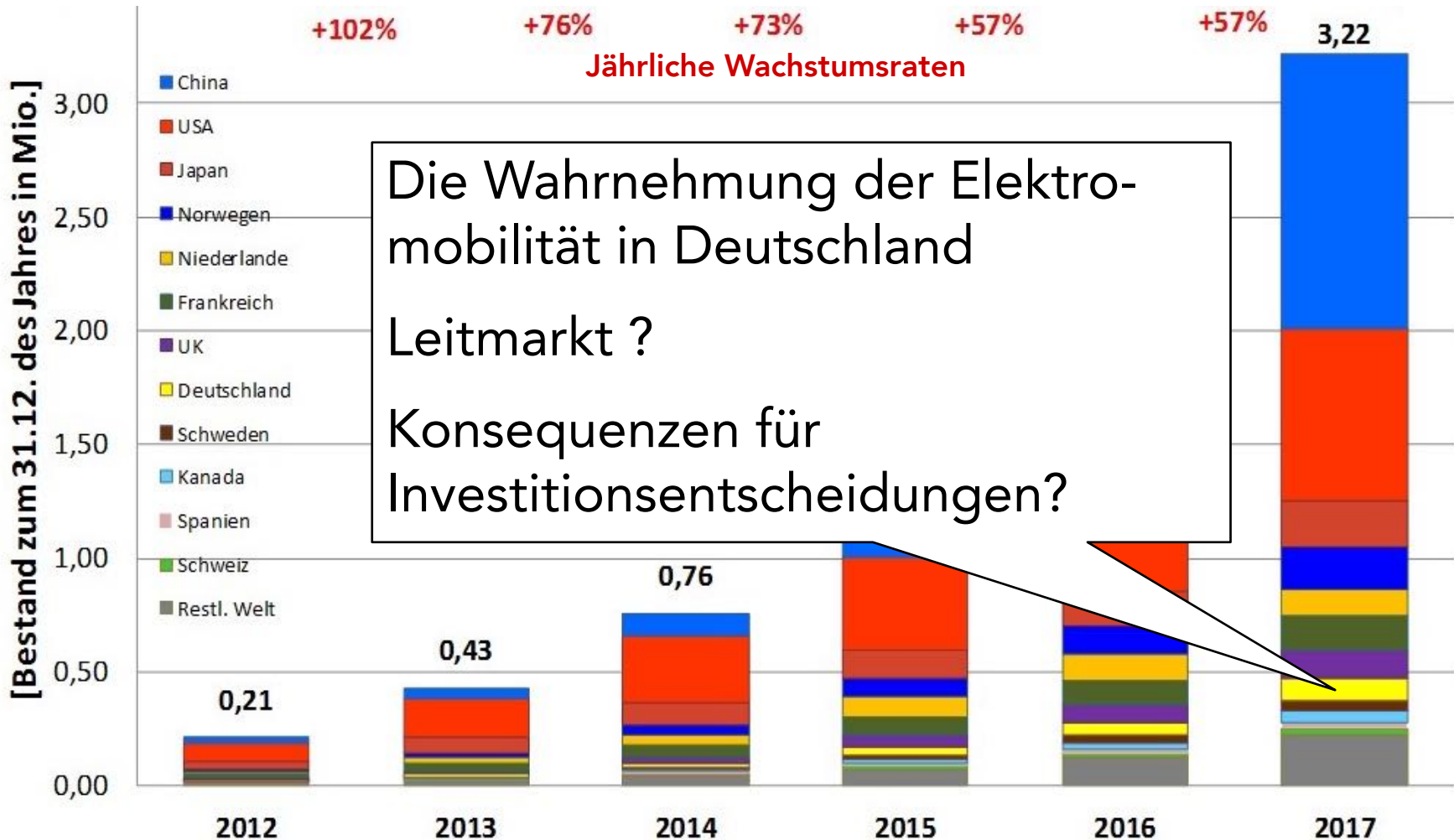
2 Mio. neue E-Fahrzeuge in 2018 – Bestand steigt auf mehr als 5 Mio.



Details: <https://www.zsw-bw.de/mediathek/datenservice.html#c6700>

Hohe Wachstumsraten bei E-Fahrzeugen

Wo steht Deutschland?

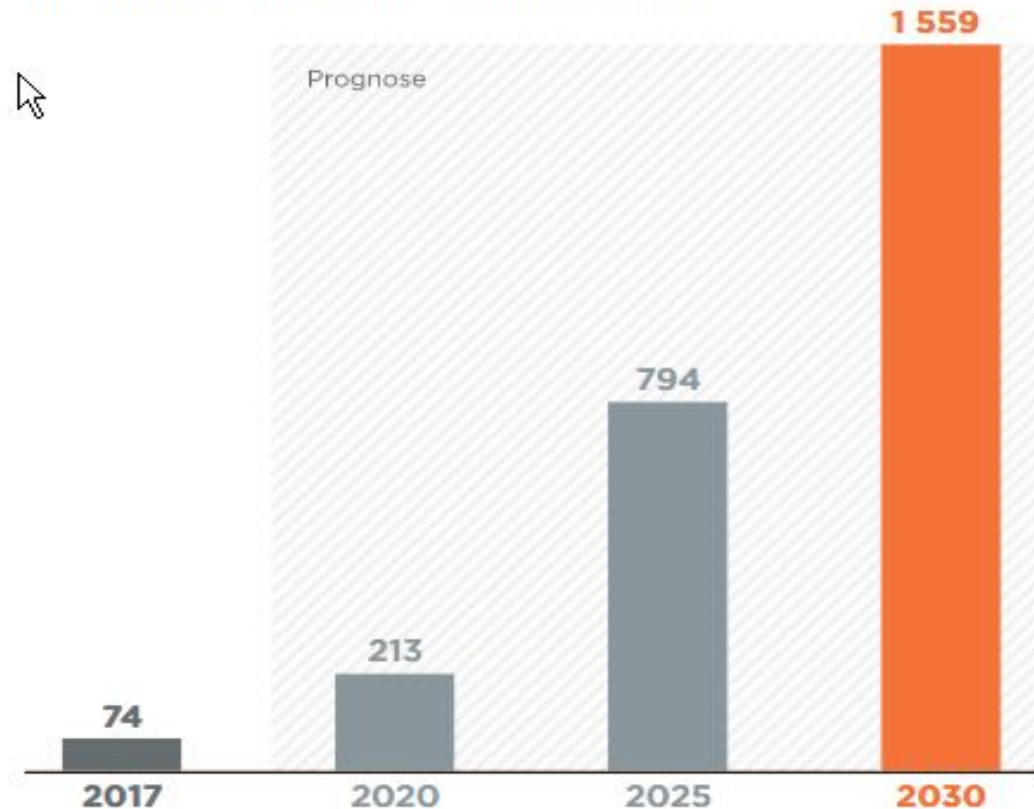


Details: <https://www.zsw-bw.de/mediathek/datenservice.html#c6700>

Hohe Wachstumsraten bei E-Fahrzeugen

Produktion von 20 Mio. p.a. neuen E-Fahrzeugen in 2025
und 40 Mio. p.a. in 2030

Lithium-Ionen-Batterien für Elektroautos
Nachfrage weltweit in Gigawattstunden



HANDELSBLATT-GRAFIK

- Extreme Dominanz asiatischer Zellhersteller
- 20 Giga-Fabs in 7 Jahren
- Kritische Rohstoffe
 - Kobalt
 - Grafit
 - Lithiumvon CN kontrolliert
- Verfügbarkeit von Fachkräften/Experten für Neueinsteiger

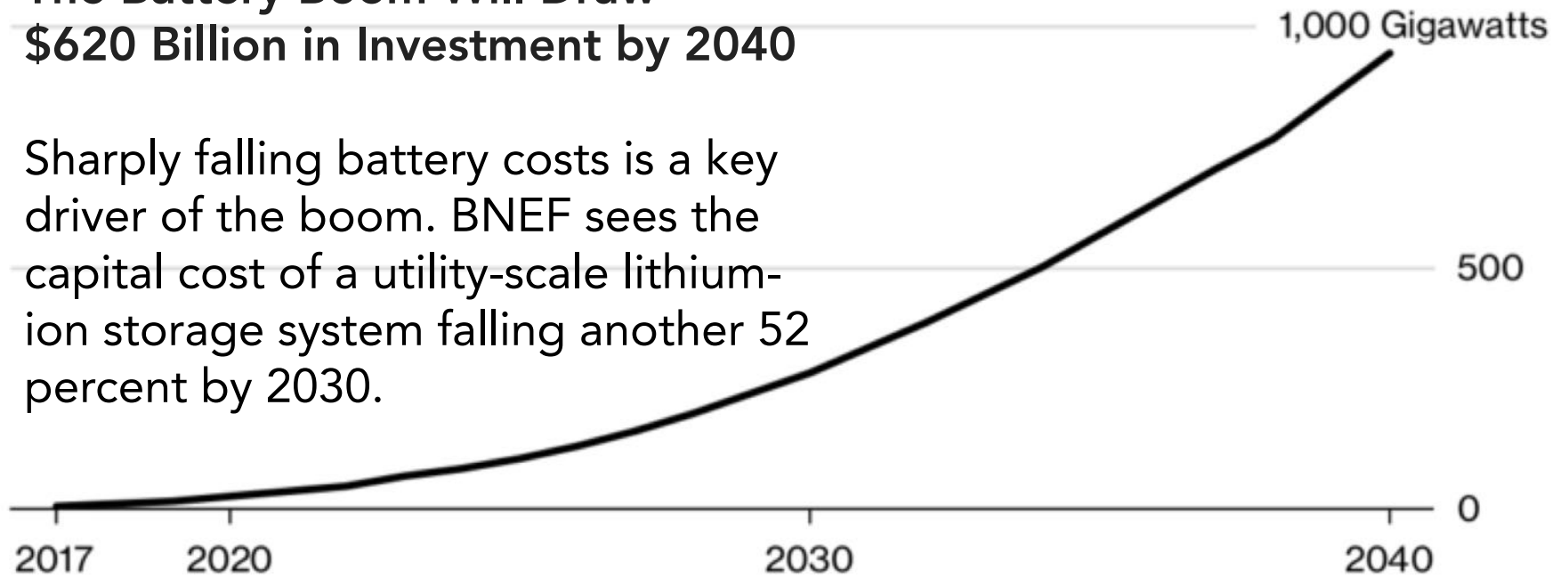
Batterie Bonanza bei der Stromspeicherung

Battery Bonanza

Global energy storage rising to one terawatt in two decades

**The Battery Boom Will Draw
\$620 Billion in Investment by 2040**

Sharply falling battery costs is a key driver of the boom. BNEF sees the capital cost of a utility-scale lithium-ion storage system falling another 52 percent by 2030.



Bloomberg NEF

Bloomberg

<https://www.bloombergquint.com/technology/the-battery-boom-will-draw-1-2-trillion-in-investment-by-2040>



Fazit

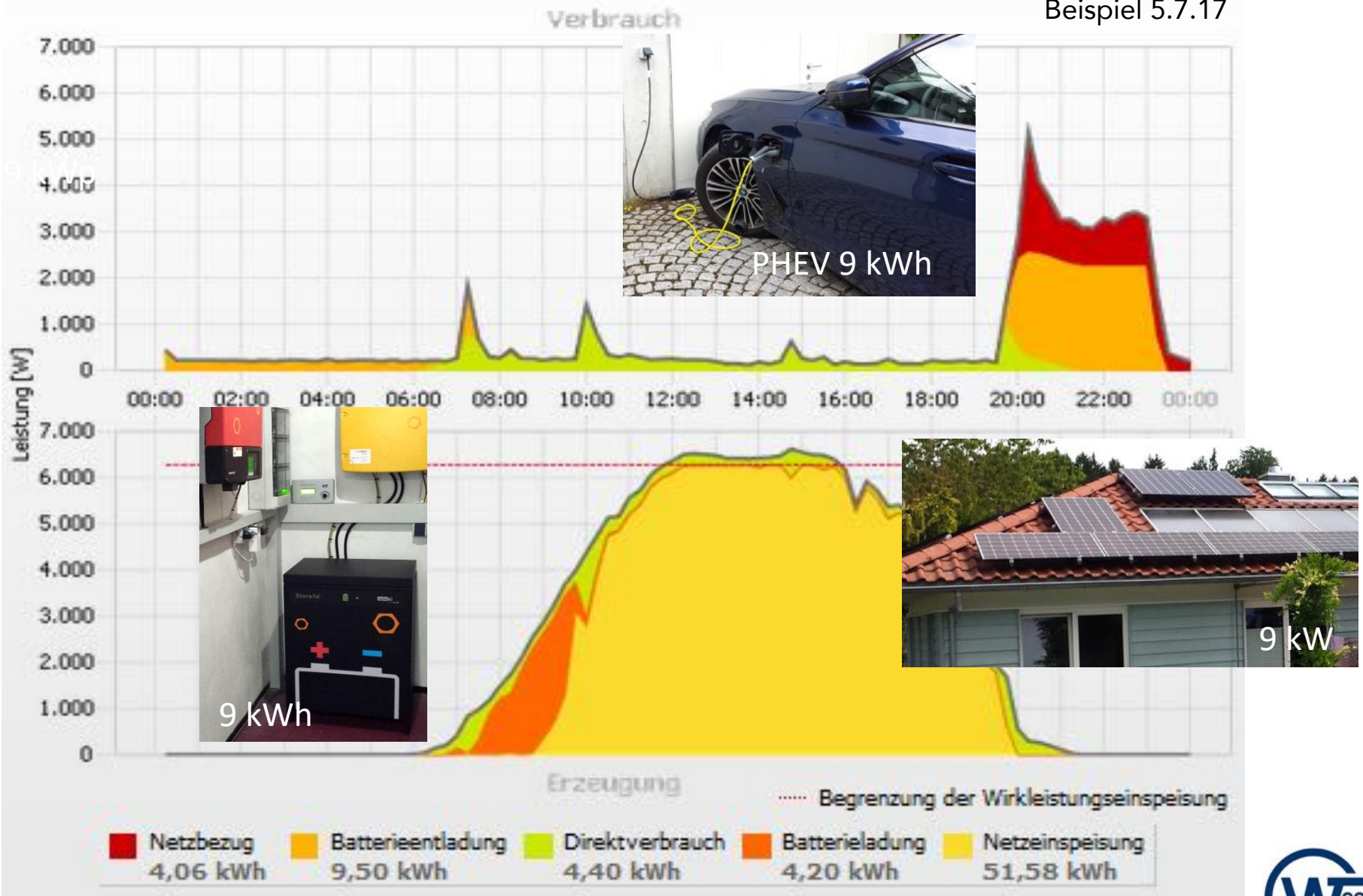
- Der Klimawandel zwingt uns zum sehr schnellen Handeln
- E-Mobilität ist alltagstauglich und essentiell zum Erreichen der Klimaziele
- Brennstoffzellen sind der ideale Nachfolger für Diesel-Fahrzeuge
- Batterien, Brennstoffzellen und Wasserstoff sind Schlüsselemente in einem nachhaltigen Energiesystem

.....und mein persönliches Fazit:



meine Fotovoltaik - mein Speicher - mein E-Auto

Beispiel 5.7.17

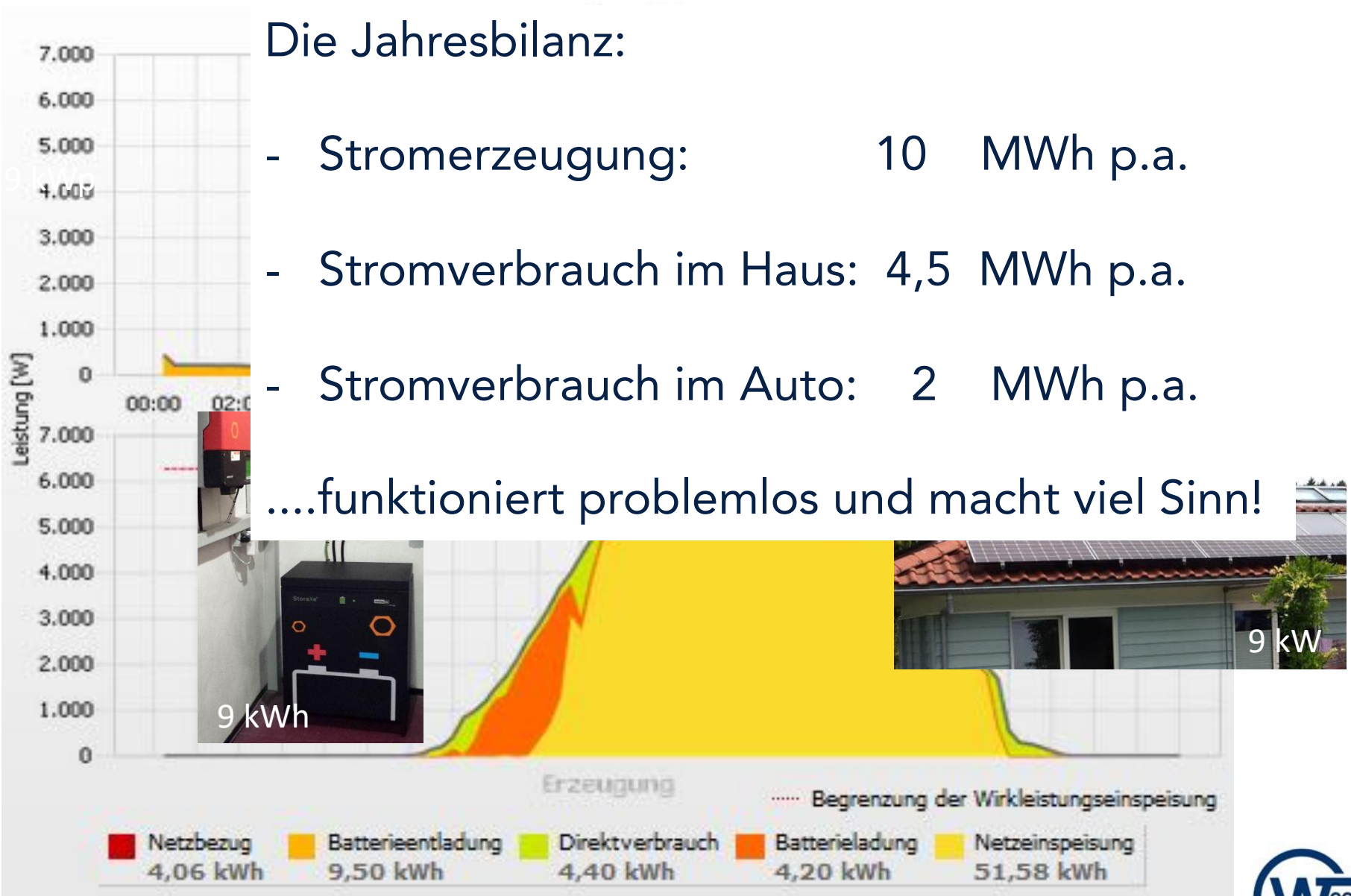


meine Fotovoltaik - mein Speicher - mein E-Auto

Die Jahresbilanz:

- Stromerzeugung: 10 MWh p.a.
- Stromverbrauch im Haus: 4,5 MWh p.a.
- Stromverbrauch im Auto: 2 MWh p.a.

....funktioniert problemlos und macht viel Sinn!



meine Fotovoltaik - mein Speicher - mein E-Auto

Die Jahresbilanz:

- Stromerzeugung: 10 MWh p.a.
- Stromverbrauch im Haus: 4,5 MWh p.a.
- Stromverbrauch im Auto: 2 MWh p.a.

....funktioniert problemlos und macht viel Sinn!

Die tägliche Bilanz:

Eine intelligente Vernetzung (Schwarmspeicher, Quartierspeicher) wäre noch besser





Mercedes Benz F-Cell World Tour – March 7, 2011

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit



Lesens- und Sehenswertes

Newsletter:

<https://www.electrive.net>

Clean Disruption Energy & Transportation – Tony Seba:

<https://www.youtube.com/watch?v=duWFnukFJhQ>

Buch bei www.metropolsolar.de

Öl-Zeitalter – Dokumentation über 100 Jahre Öl und Politik:

<http://dokustreams.de/oelzeitalter/>