



HIU HELMHOLTZ
INSTITUTE
ULM
Electrochemical Energy Storage

Batterieforschung in Ulm: 10 Jahre Helmholtz-Institut Ulm

Heribert Wilhelm

18. September 2021

- **Fakten zum Helmholtz-Institut Ulm**
- **Klimawandel und Defossilierung**
- **Welche Rolle können Batterien dabei übernehmen?**
- **Alternativen zum Batteriefahrzeug**
- **Zusammenfassung**

Komplementäre Expertise des KIT und Universität Ulm kombiniert mit dem Know-how von ZSW und DLR



- Synthese und Prozesse für (Nano-)Materialien
- In/ex-situ Charakterisierung
- Prozessentwicklung
- Systemanalyse



- Fundamentale Elektrochemie
- Poröse Materialien
- Multi-skalen und System Modellierung
- Theorie



- Materialforschung und Skalierung
- Grösste Zellfertigungslinie
- Zelltests und Sicherheit
- Neue Batteriesysteme

- Neue Speicherkonzepte
- Neue Materialien
- Modellierung
- Systeme
- Industrie Kooperationen



- Elektrochemische Energie Technologie
- Modellierung und Prozess Simulation

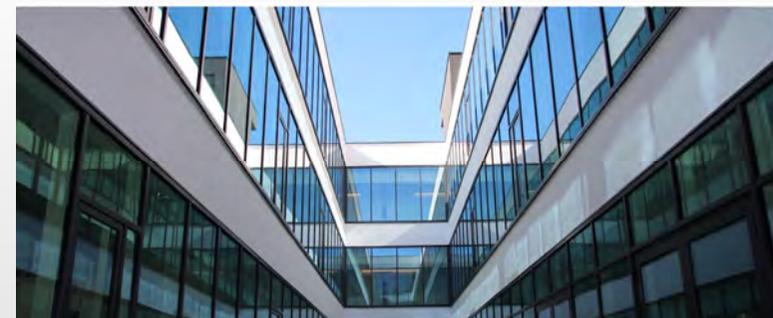


Forschungsgruppenleiter/innen

ZSW: Zentrum für Sonnenenergie und Wasserstoffforschung
DLR: Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt

Anwendungsorientierte Grundlagenforschung an neuen Materialien und Konzepten für die elektrochemische Energiespeicherung

Eröffnung Forschungsgebäude: 2014



Mitarbeiter (September 2021)

- Gesamt: 149
- Forschungsgruppenleiter: 19
- Post-Docs: 46
- Doktoranden: 84
- Administration & Technik: 19
- Professoren: 4
- Mitarbeiter in Karlsruhe: 17
- Mitarbeiter in Ulm: 132

Infrastruktur

- Fläche von 2400 m²
- Chemie- und Physiklabore
- Schwingsgedämpfte Räume
- Trockenraum (25 m²)
- 12 Mio. € (Gebäude)



HIU ist Katalysator für andere Institute & Einrichtungen

Uni Ulm: Zuschlag für Cluster "POLiS"
im Rahmen der Exzellenzinitiative

Forschungsstandort Ulm wird
international sichtbar durch
Renommee des HIU

Ausbildung von mehr als 100
Wissenschaftlern für Forschung
und Industrie



"Batteriehauptstadt" Ulm



Prof. Stanley Whittingham
(Nobelpreis Chemie 2019) und
OB **Gunter Czisch**



**WIRTSCHAFT
TRIFFT
WISSENSCHAFT.**



Heute: Mehr als 400 Mitarbeiter im Bereich elektrochemische Energiespeicherung in Ulm

A blue rectangular box with rounded corners, containing the text 'Klimawandel – Betrifft uns das?'. The background of the box features a faint, light blue molecular structure with spheres and connecting rods, suggesting a scientific or environmental theme.

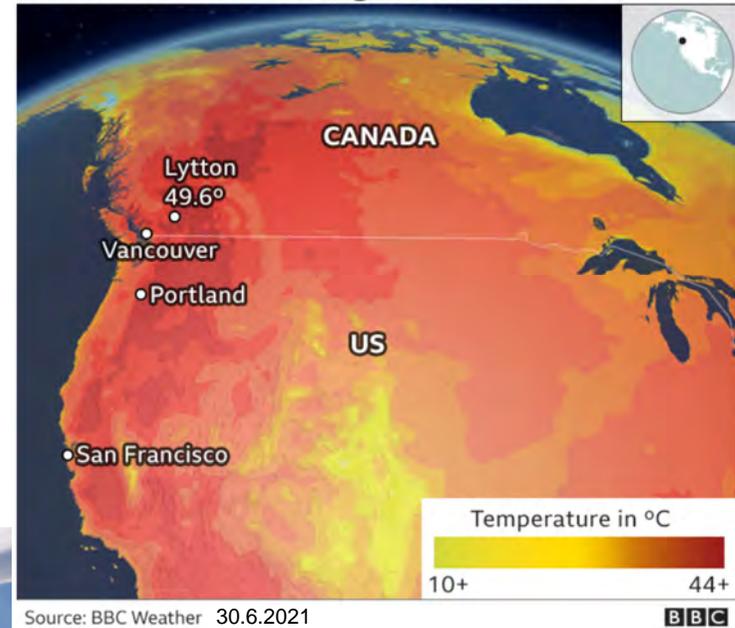
Klimawandel – Betrifft uns das?

Existiert der Klimawandel nur weit von uns entfernt?



Foto: dpa; Waldbrände in Australien im Januar 2020

Temperatures in Canada and north-west US reached record highs on 29 June



Acht Schlittenhunde ziehen einen Schlitten über das Meereseis. Statt des Eises ist jedoch nur noch knöchelhohes Schmelzwasser zu sehen, wodurch es erscheint, als würden die Vierbeiner beinahe über dem Wasser laufen.

Foto: Steffen M. Olsen/Danmarks Meteorologiske Institut/dpa



Existiert der Klimawandel? – JA: auch bei uns!

Deutschlandwetter im Juni 2021

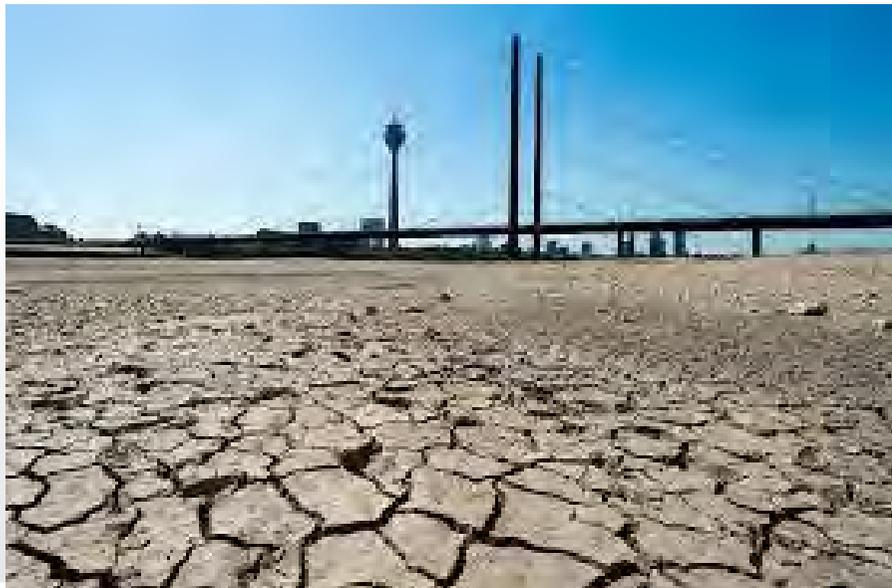
Ausgabejahr 2021
Datum 29.06.2021

Mittelwert von 19.0° C,
3.6° C über Mittelwert des
Zeitraums 1961-1990

Drittwärmster Juni in Deutschland seit 1881



Ausgetrocknetes Flussbett im Rhein bei Köln 2018. (Foto: Imago)



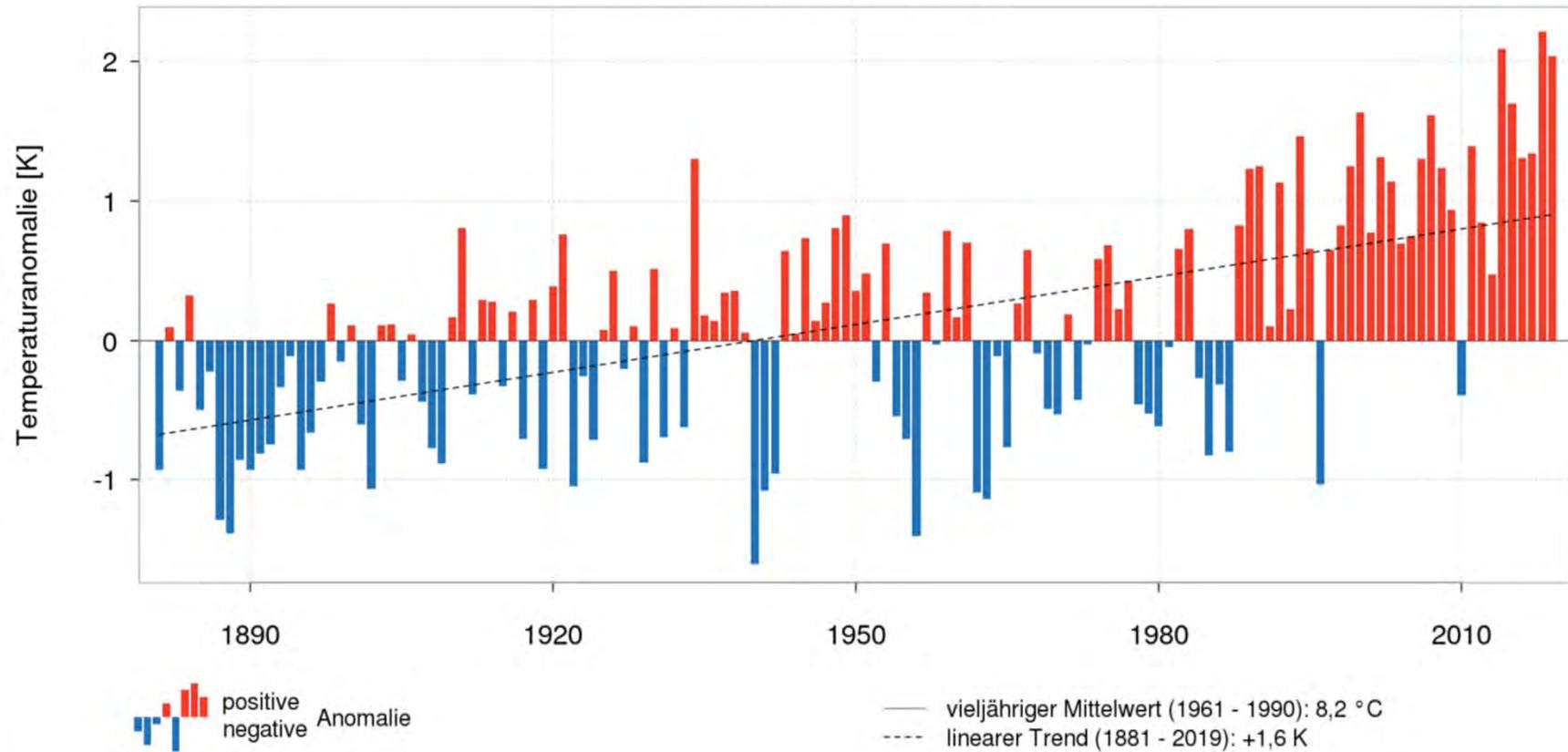
Quelle: ZDF



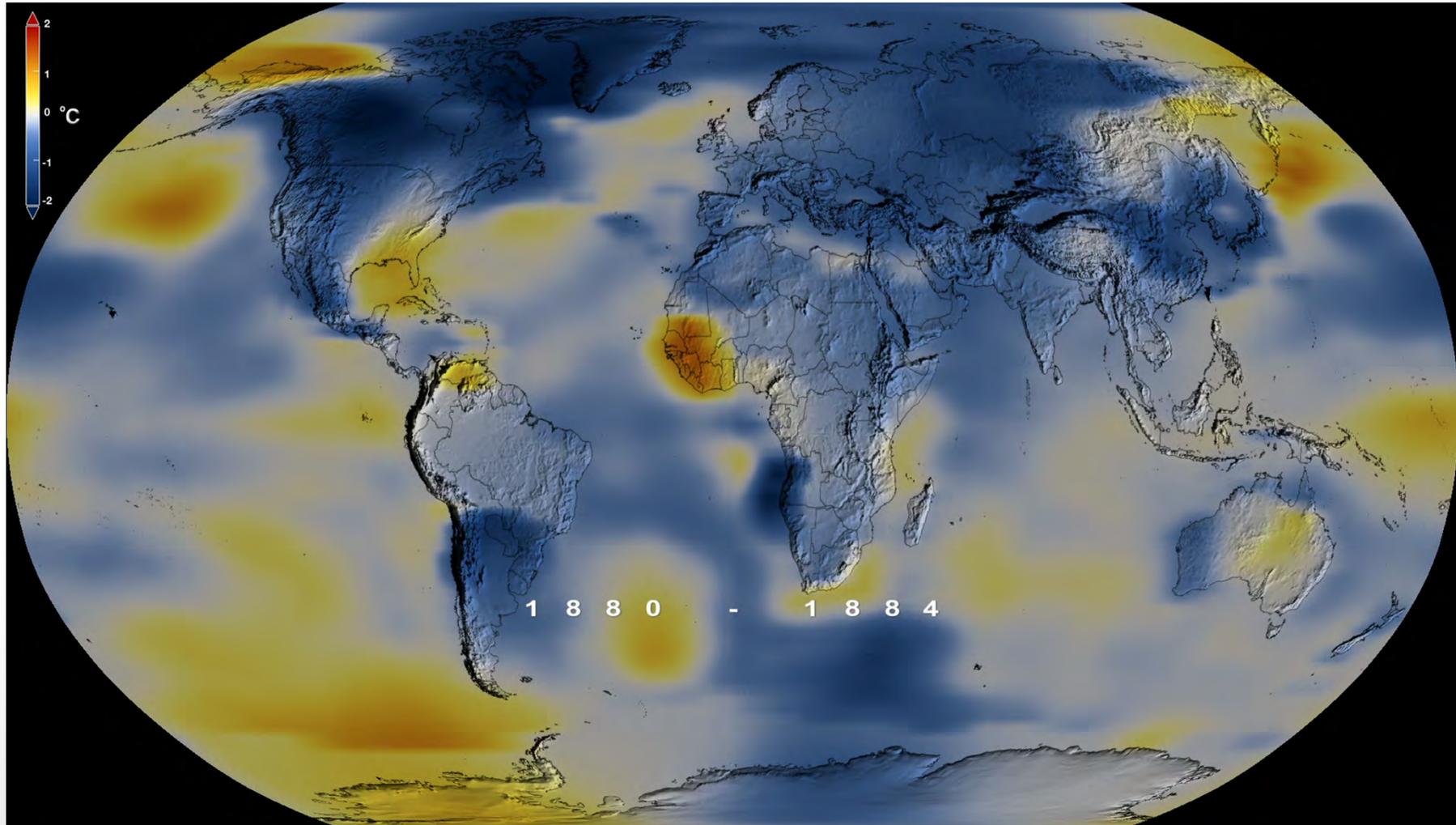
<https://www.wissenschaft.de/erde-klima/klimawandel-ist-in-deutschland-angekommen/>

Existiert der Klimawandel? – JA: auch bei uns!

Temperaturanomalie
Deutschland Jahr
1881 - 2019
Referenzzeitraum 1961 - 1990



Oberflächentemperatur: 5-Jahresdurchschnitt 1880 - 2020

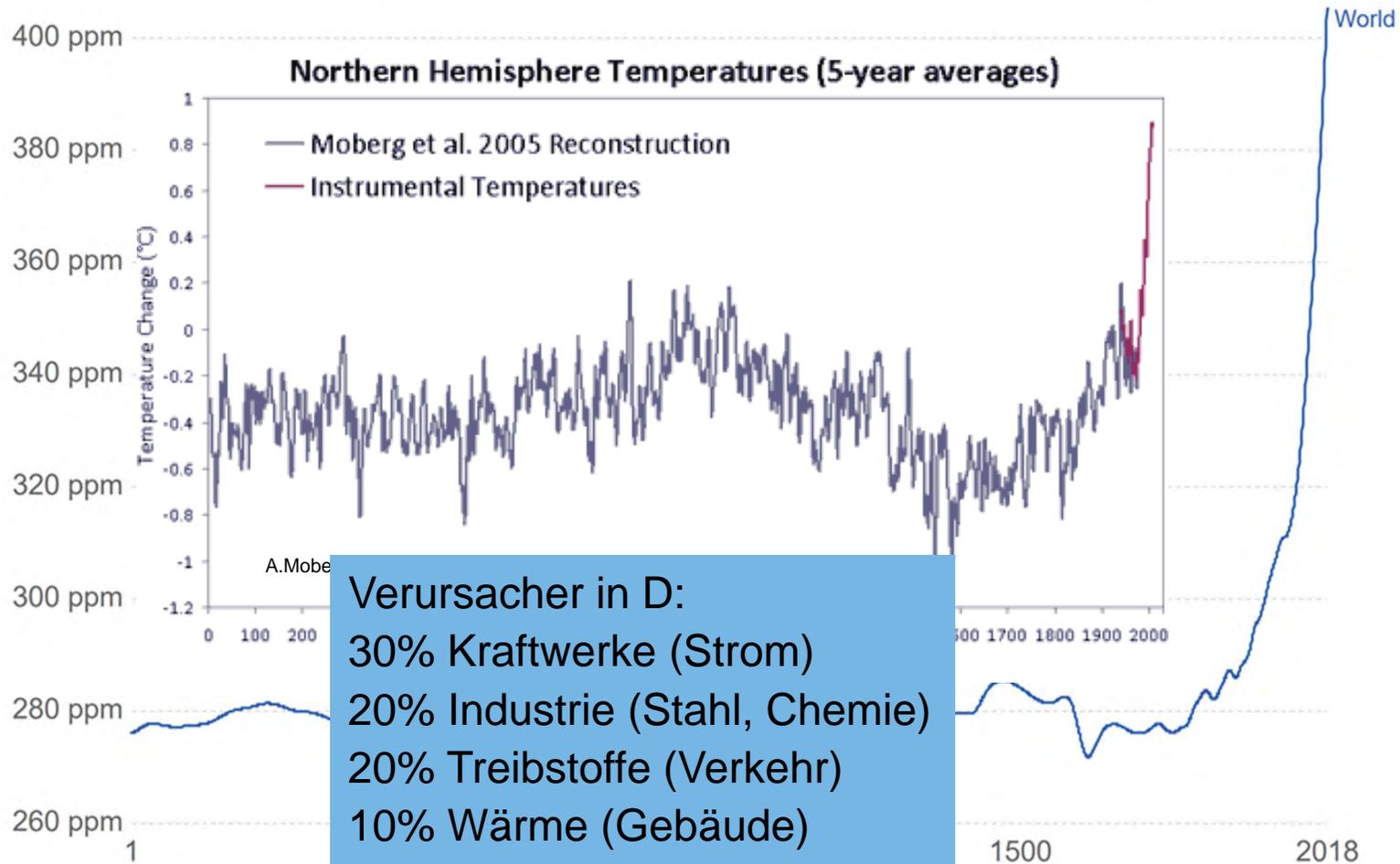


<https://data.giss.nasa.gov/gistemp/animations/>

Atmospheric CO₂ concentration

Global average long-term atmospheric concentration of carbon dioxide (CO₂), measured in parts per million (ppm).

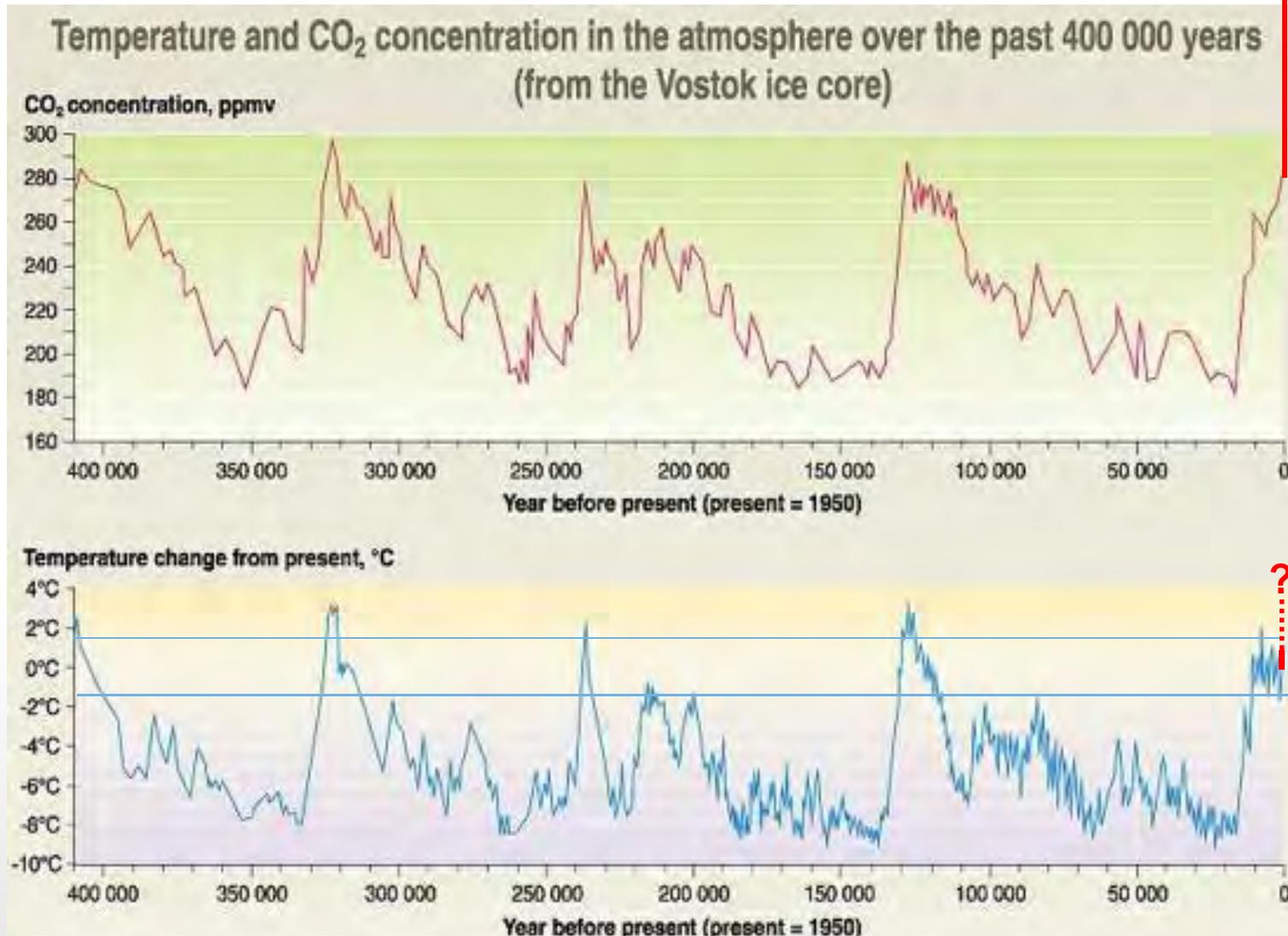
Our World
in Data



Source: Scripps CO₂ Program

OurWorldInData.org/co2-and-other-greenhouse-gas-emissions • CC BY

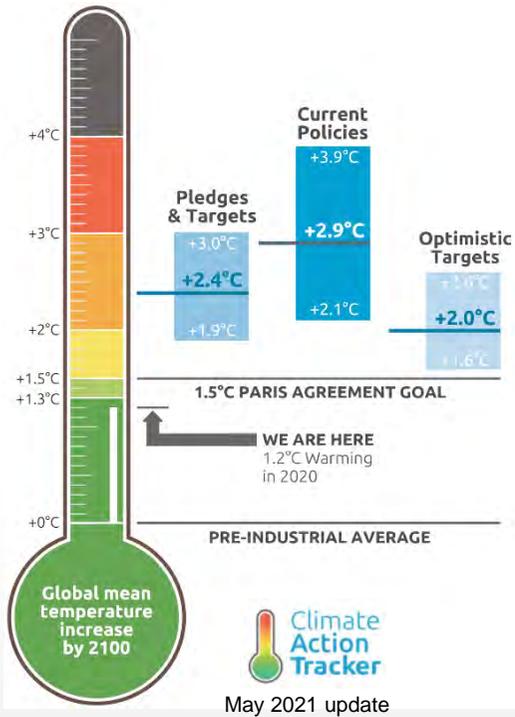
... und über geologische Zeiträume



<https://www.grida.no/resources/6878>, Artikel von J.R. Petit et al., Nature 399, 429 (1999)

Minimierung der Treibhausgas-Emissionen!

Anstieg Meeresspiegel
30 cm - 110 cm

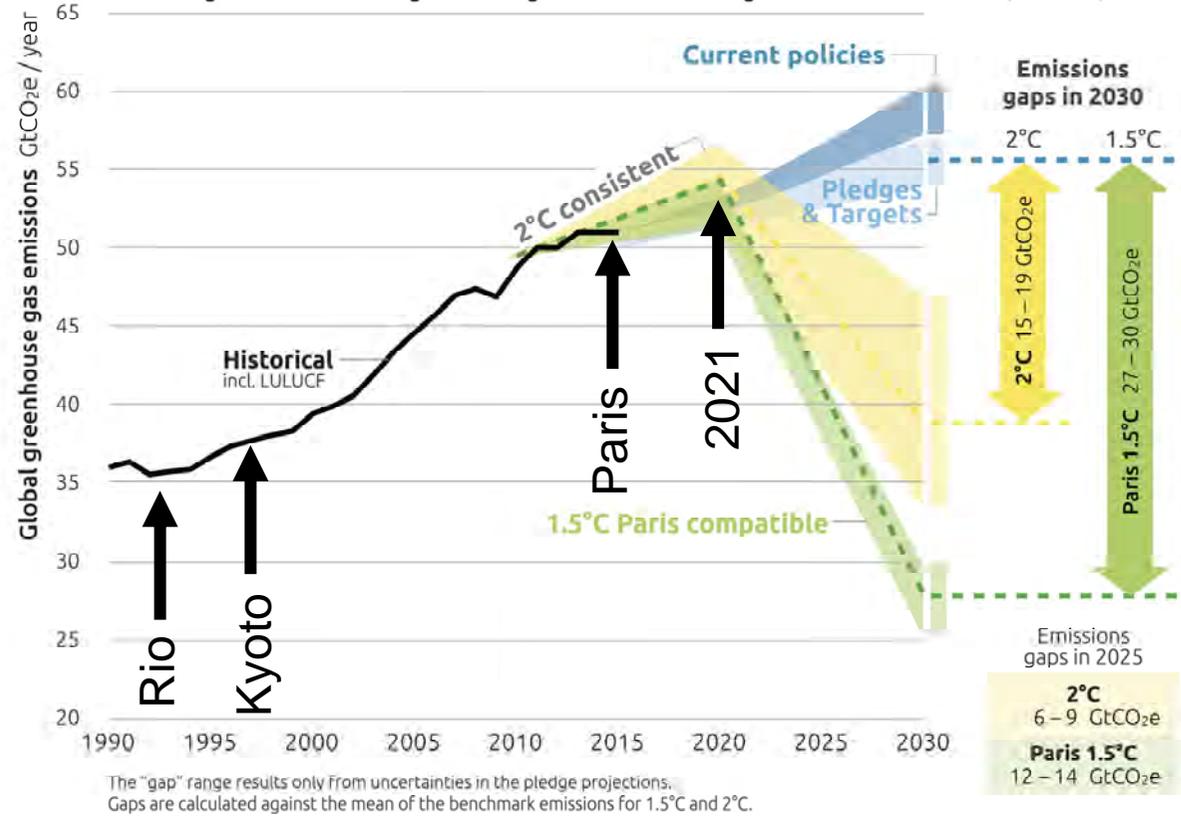


2030 EMISSIONS GAPS

CAT projections and resulting emissions gaps in meeting the 1.5°C Paris Agreement goal vs 2°C Cancún goal



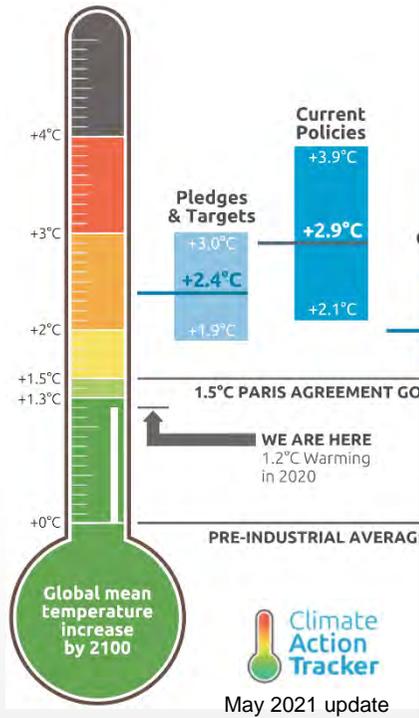
Sept 2019 update



LULUCF: Land Use, Land-Use Change and Forestry.
Exchange of CO₂ (carbon cycle) between the terrestrial biosphere system and the atmosphere is altered by human activities.

Minimierung der Treibhausgas-Emissionen!

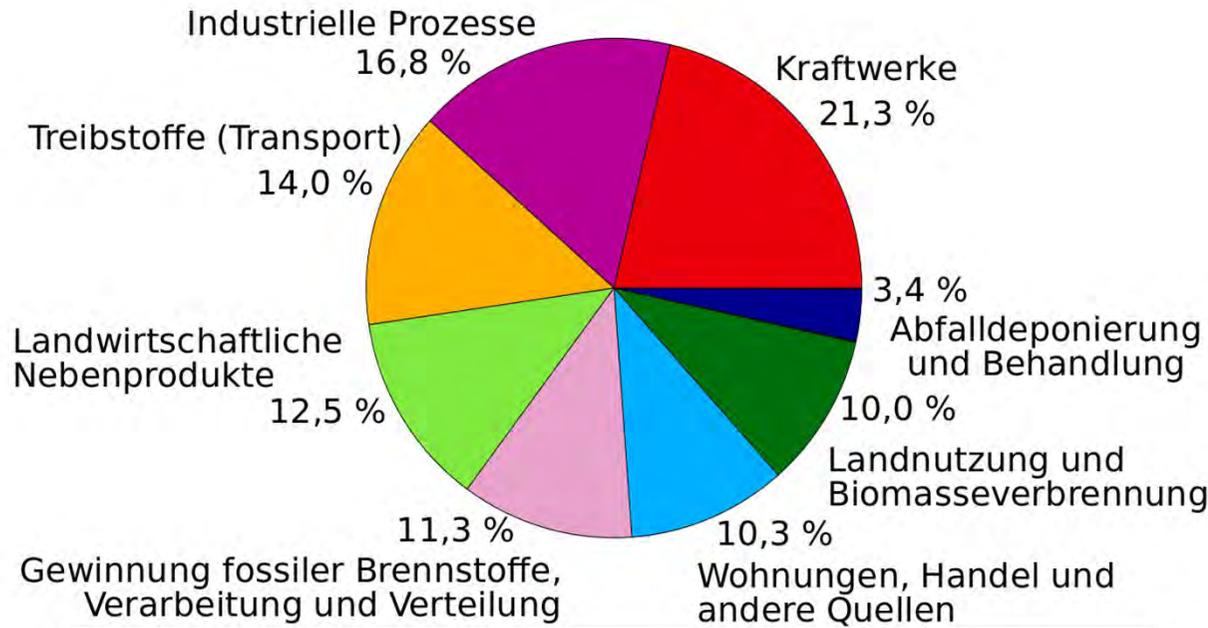
Anstieg Meeresspiegel
30 cm - 110 cm



Kippelemente im Klimasystem



Jährliche Treibhausgasemissionen nach Sektoren (Deutschland)



Stand 2000:

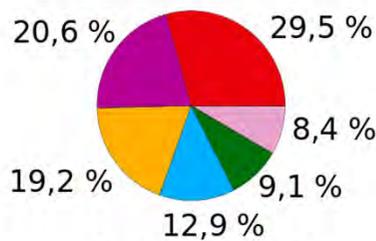
1 Gt CO₂eq.

CO₂-Äquivalent (GWP):

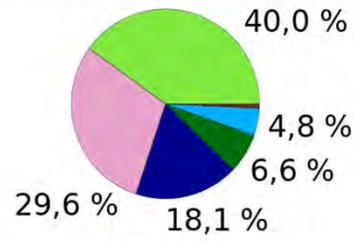
CO₂ [GWP = 1]

CH₄ (Methan) [GWP = 28]

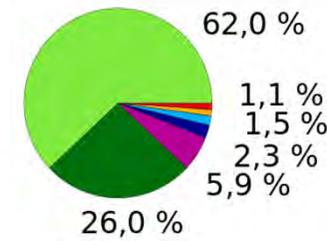
N₂O (Lachgas) [GWP = 265]



Kohlendioxid
72 % des Gesamtanteils



Methan
18 % des Gesamtanteils



Stickoxide
9 % des Gesamtanteils

Anteil verschiedener Treibhausgas-Emissionen nach menschlichen Verursachern im Jahr 2000. Große Grafik: alle Treibhausgase

<https://de.wikipedia.org/wiki/Treibhausgas>

Klimawandel & Energiewende:

Welche Rolle können Batterien übernehmen?



50 L in 3 min (Reichweite 700 km)

1 L \approx 0,75 kg \rightarrow 37,5 kg Benzin

Benzin \approx 11,5 kWh/kg \rightarrow 432 kWh

3 min = 1/20 h

\rightarrow 8,6 MW Leistung beim Betanken

Hohe Energie in der chemischen Bindung



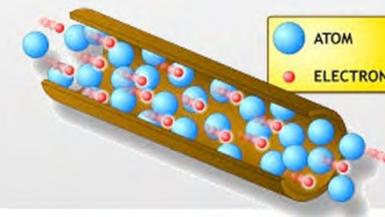
\rightarrow 22,2 kW Leistung an der Ladesäule

Faktor 400 geringer

\rightarrow Schnellladen mit 300 kW

Faktor 30 geringer

Fluss von Elektronen durch ein Metall





50 L in 3 min (Reichweite 700 km)

1 L \approx 0,75 kg \rightarrow 37,5 kg Benzin

Benzin \approx 11,5 kWh/kg \rightarrow 432 kWh

3 min = 1/20 h

\rightarrow 8,6 MW Leistung beim Betanken

7 L/100 km:

Energiebedarf ca. 60 kWh/100km



\rightarrow 22,2 kW Leistung an der Ladesäule

Faktor 400 geringer

\rightarrow Schnellladen mit 300 kW

Faktor 30 geringer

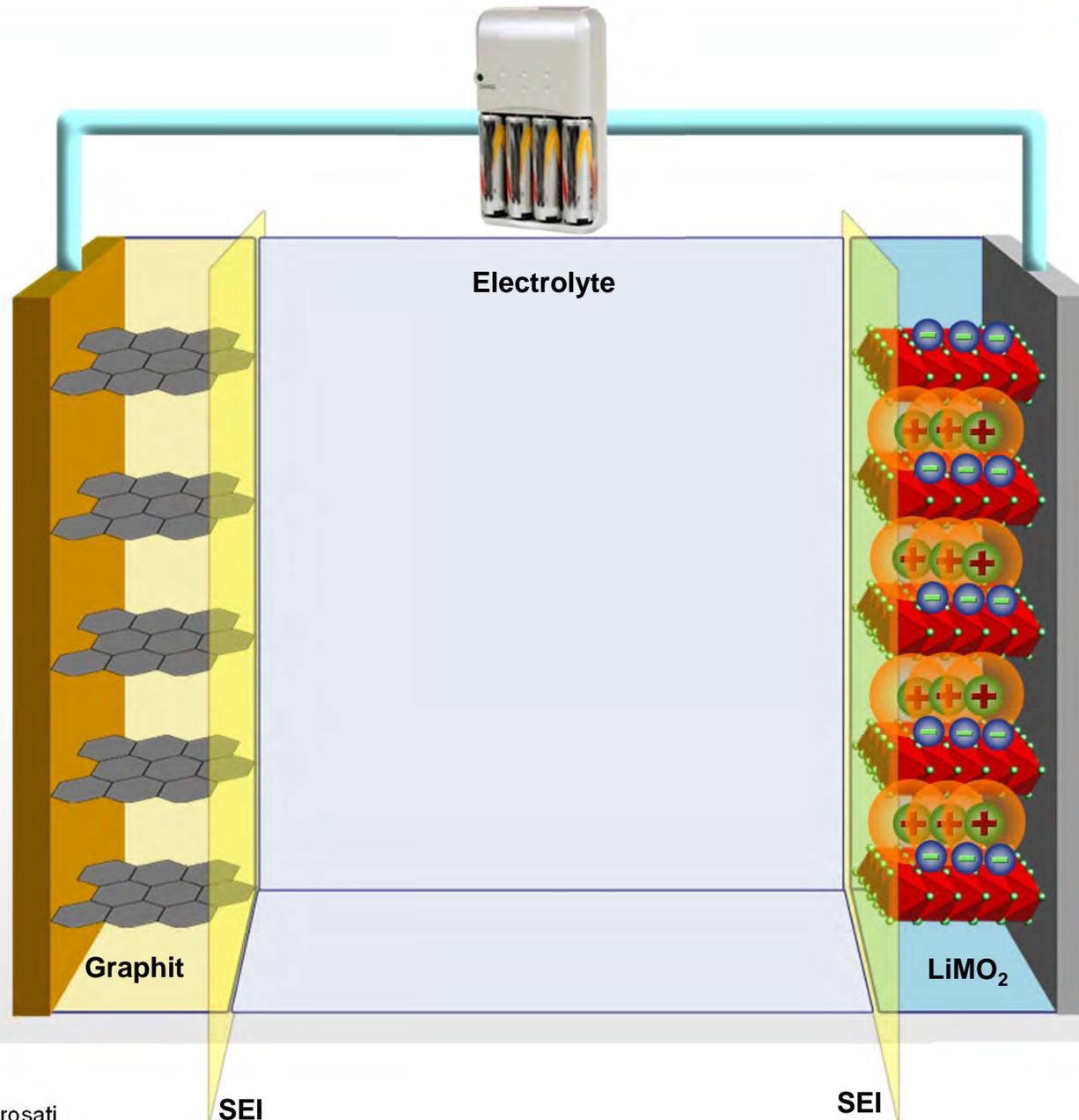
Energiebedarf ca. 20 kWh/100km

Aufladung von 200 km Reichweite:

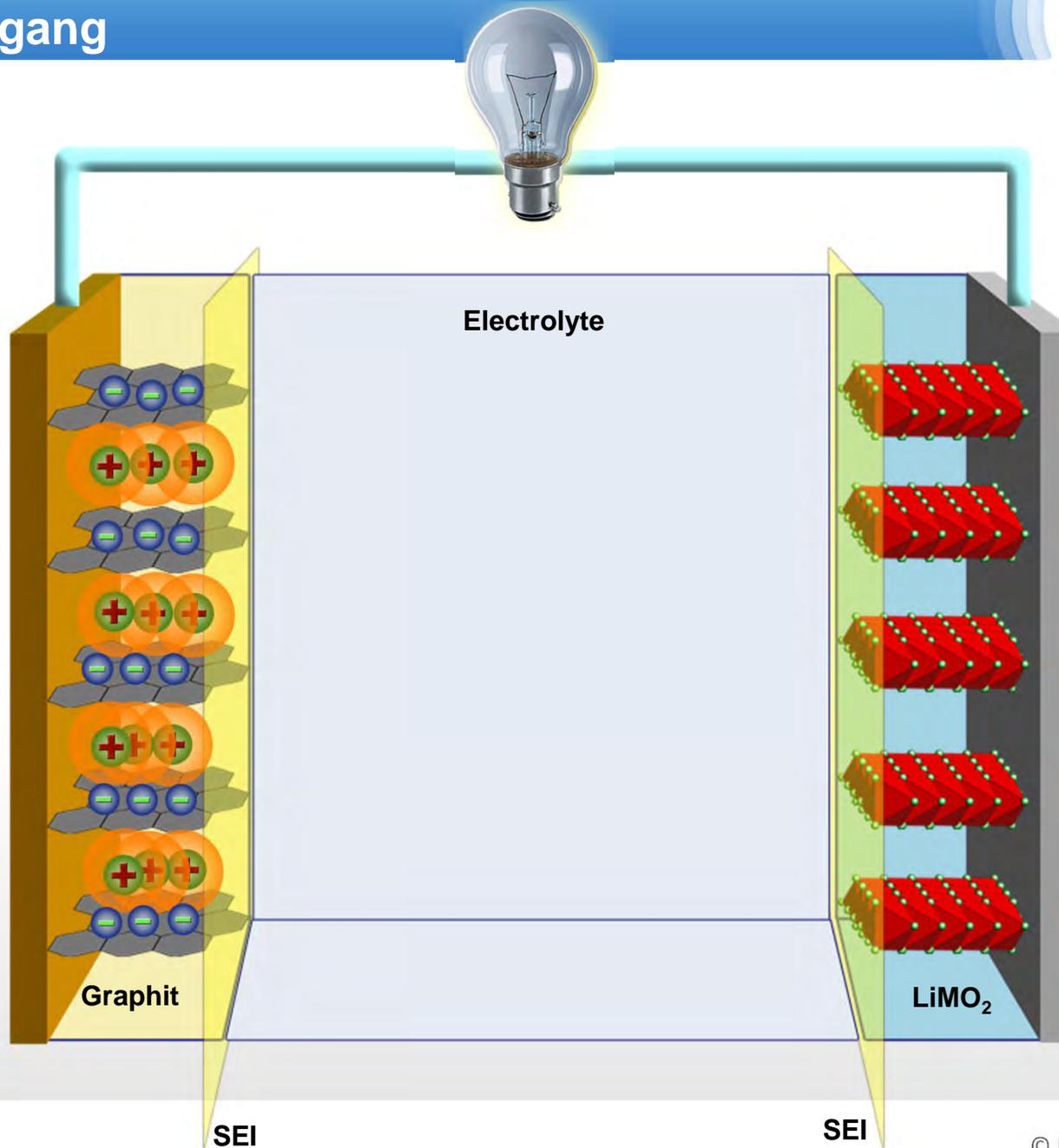
Ladezeit (22 kW): 110 Min.

Ladezeit (150-300 kW): 16 – 8 Min.

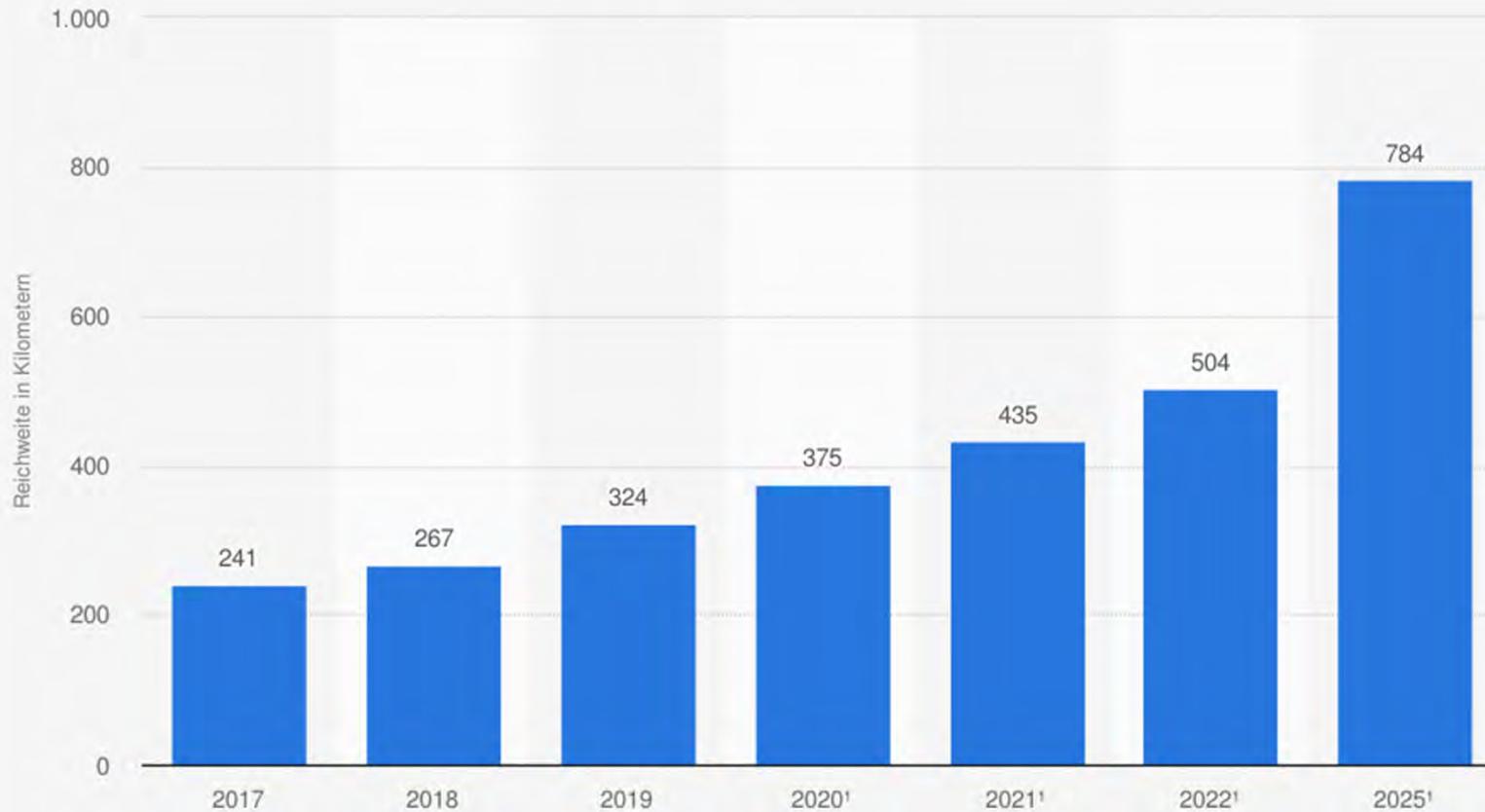
Funktionsweise der Batterie: Ladevorgang



Endladevorgang



Durchschnittliche Reichweite von Elektrofahrzeugen in Deutschland von 2017 bis 2025 (in Kilometern)

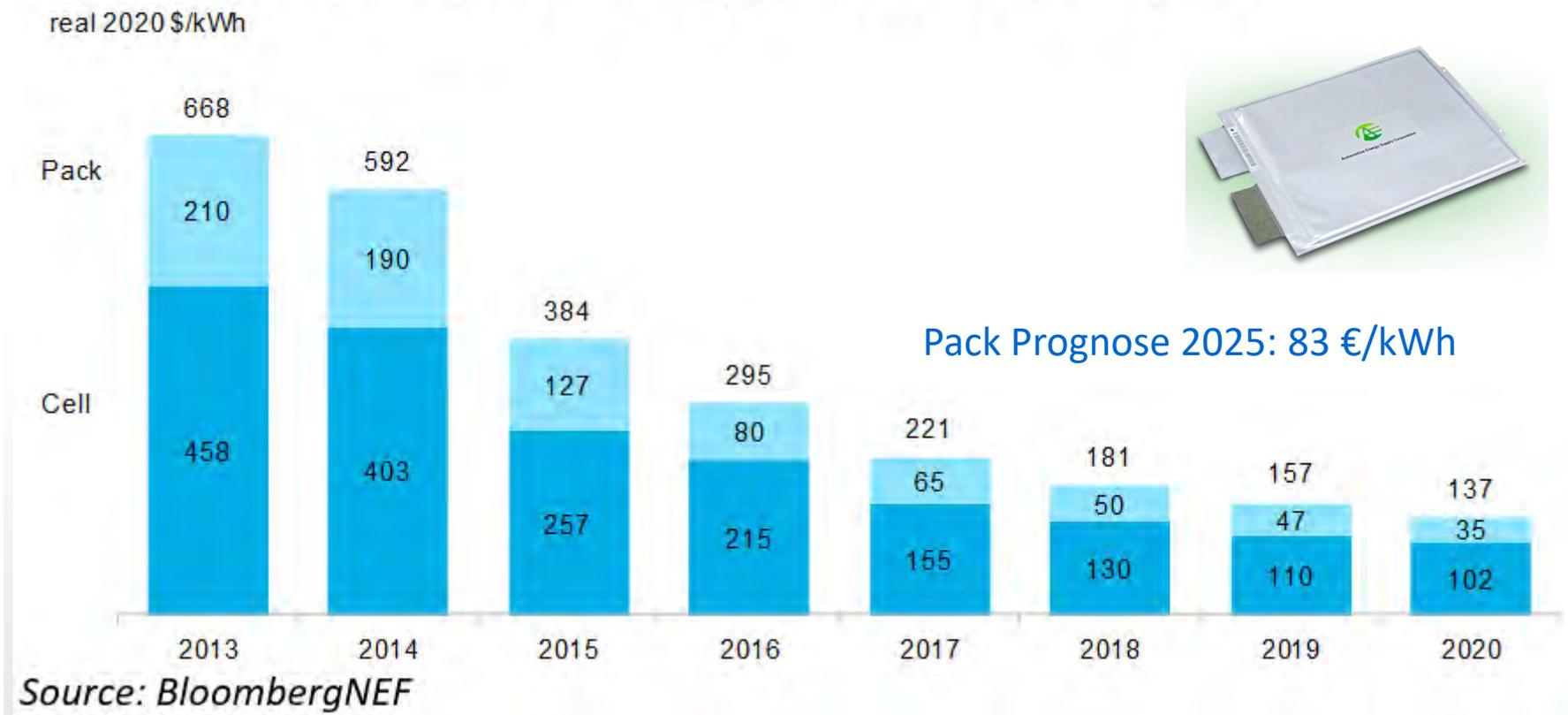


Quelle
Horváth & Partners
© Statista 2021

Weitere Informationen:
Weltweit; Horváth & Partners; VDA; Unternehmensangaben (Herstellerangaben)

Kosten: kritischer Faktor für die Einführung der Elektromobilität.
Batteriekosten machen ca 25 - 30% der gesamten E-Fahrzeugkosten aus

Figure 1: Volume-weighted average pack and cell price split



Von Tennen-Gas - Eigenes Werk, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=8249799>

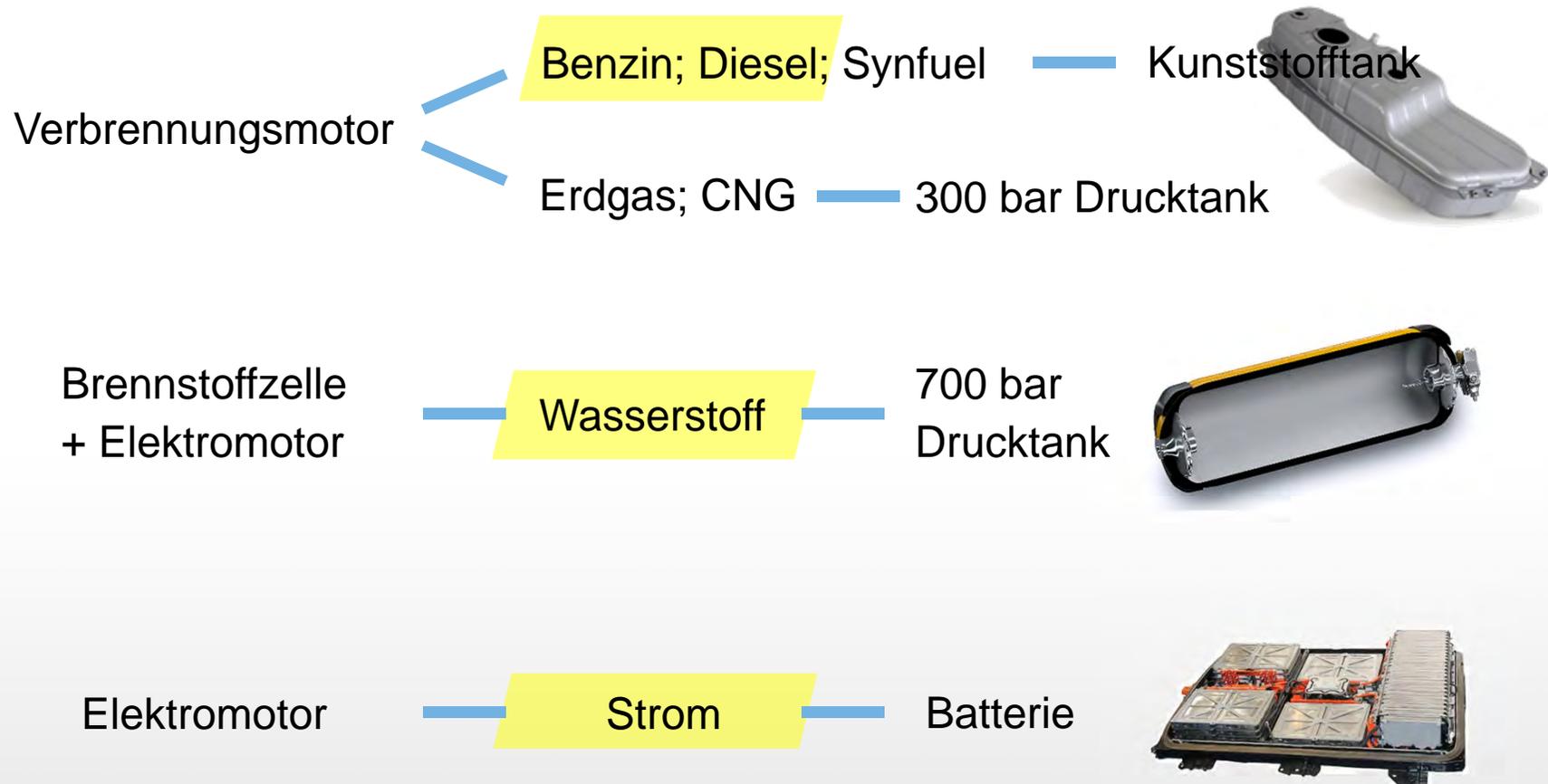
Braucht es somit noch Batterieforschung?

Optionen für Fahrzeugantriebe

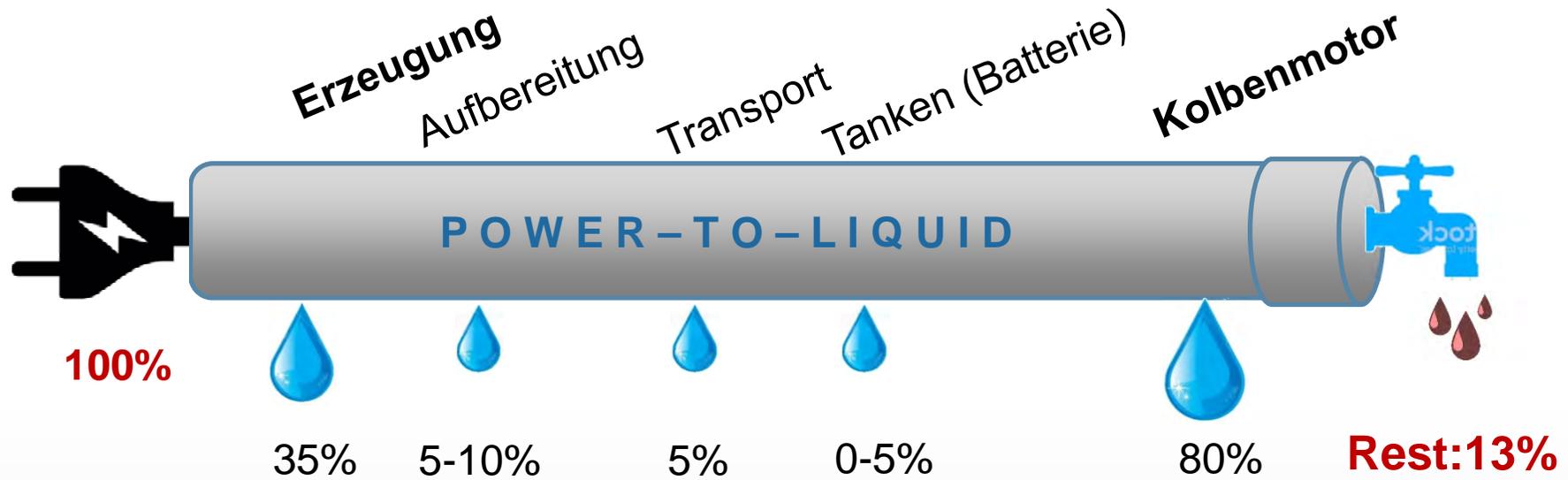
Antrieb

Energiequelle

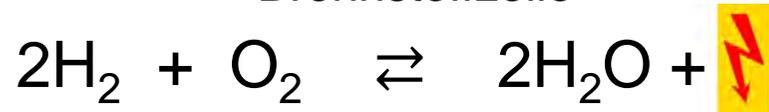
Speicherung



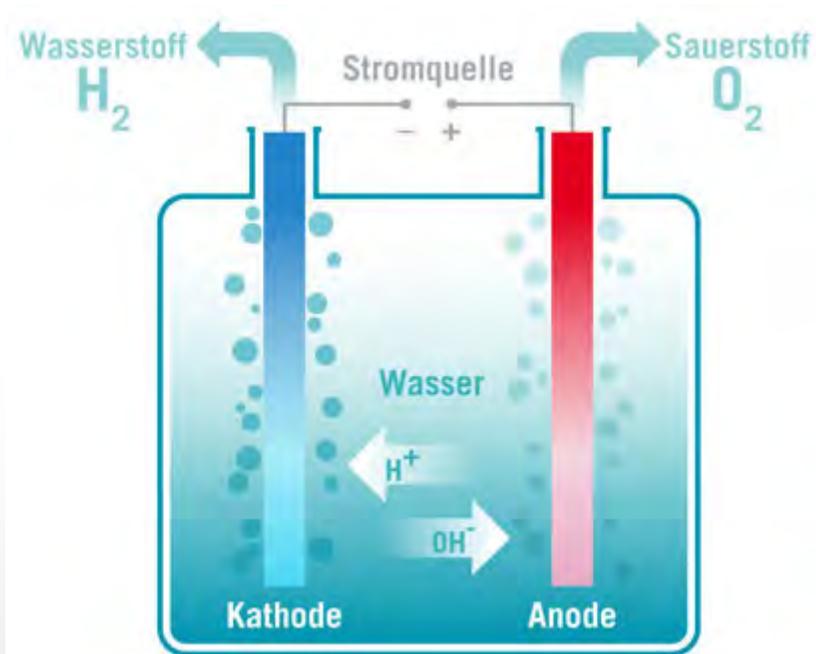
Energieverluste (well-to-wheel) bei Power-to-Liquid



Brennstoffzelle



Elektrolyse

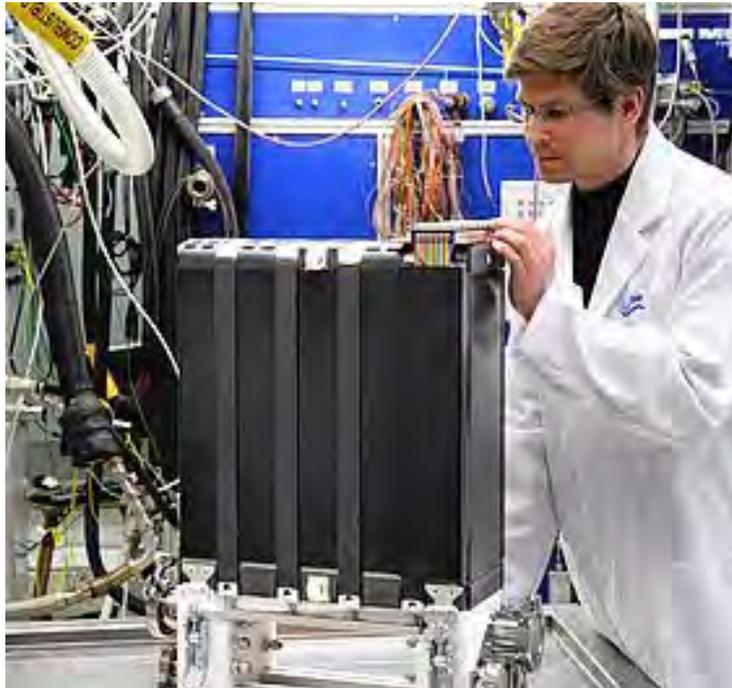


9 Liter Wasser für 1 kg Wasserstoff

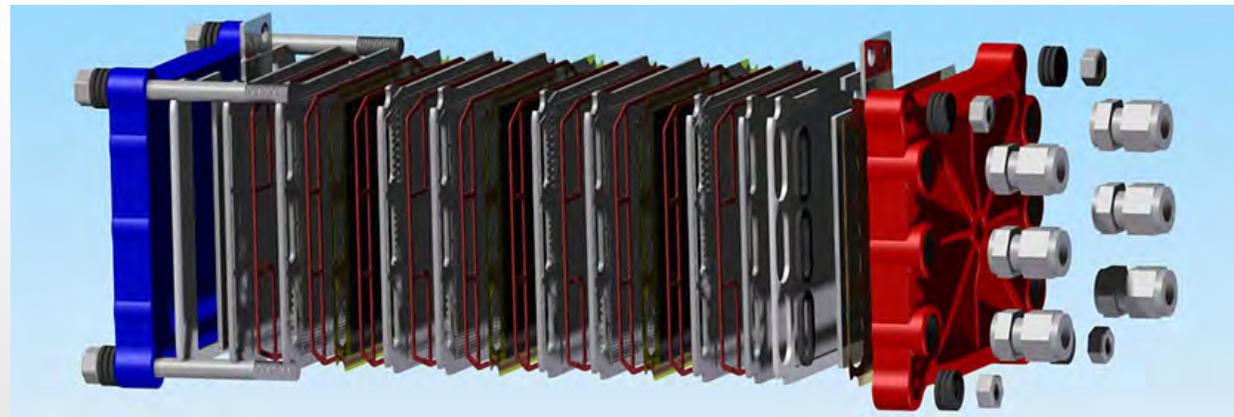


Erzeugung von 42m³ H₂/Std; d.h.
ca. 4kg H₂/Std (Leistung: 50kW)

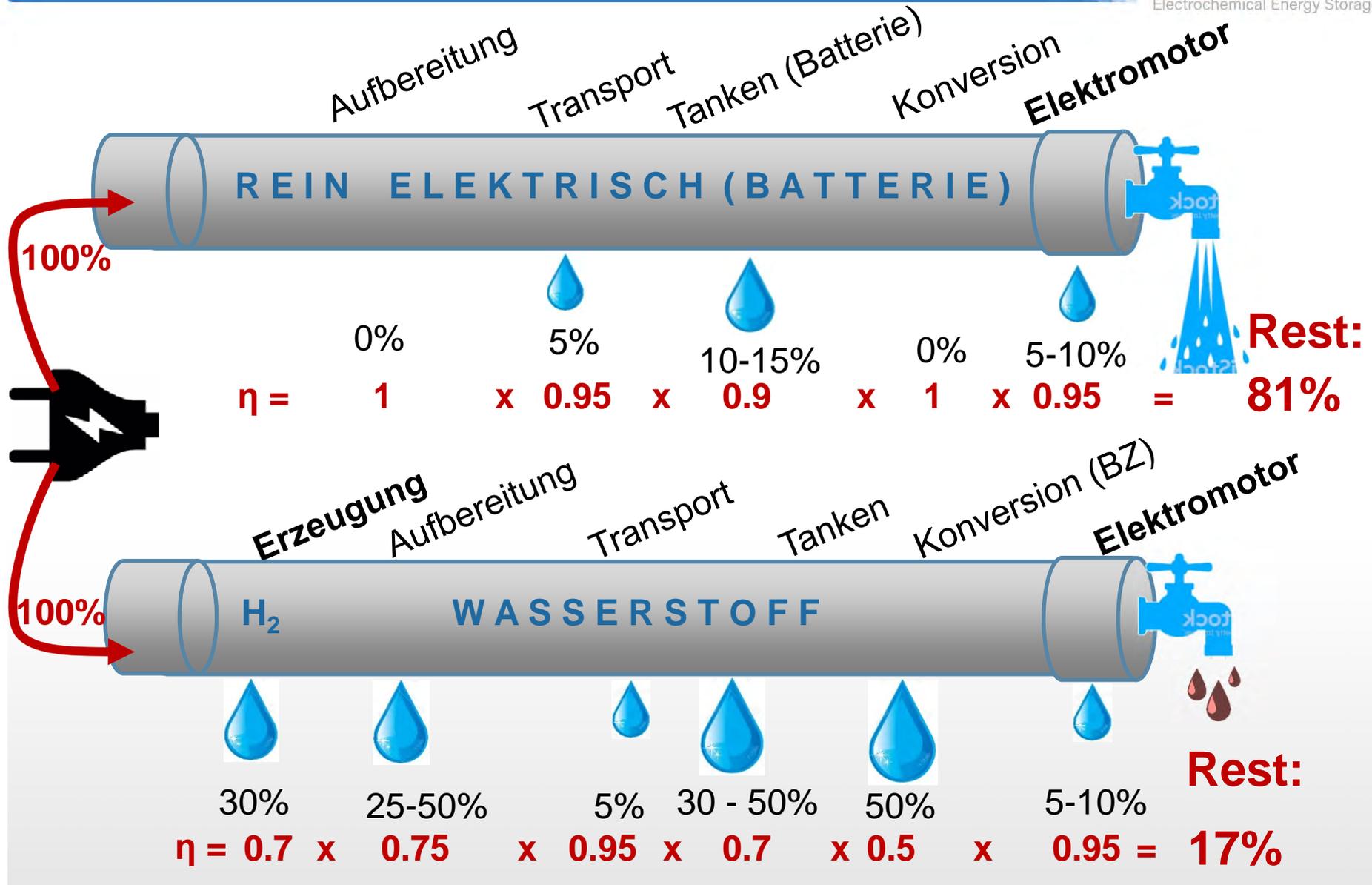
<https://www.ingenieur.de/technik/fachbereiche/energie/weltgroesster-elektrolyse-wasserstoffspeicher-dresden-fuer-us-navy/>



100 kW Brennstoffzelle (zsw-bw.de)



Energieverluste (well-to-wheel) BEV vs. FCV



Energiespeicherung jenseits Lithium (POLiS)

Neue Speicherkonzepte für eine nachhaltige Zukunft



Start

1. January 2019

ca. 6.5 Mio EUR/Jaht

~ 100 Mitarbeiter für
Ulm und Karlsruhe

Einziges Exzellenz Cluster für Batterieforschung in Deutschland

- Das HIU / Standort Ulm: eines der größten Batterieforschungszentren
- Der weltweite Temperaturanstieg nähert sich einem Kipp-Punkt (1.5°C).
- Die CO₂-Problematik erfordert ein Umdenken in vielen Lebensbereichen.
- Batterien spielen wichtige Rolle in der Zukunft der Mobilität.
- Bei der Entwicklung neuer Batterien muss Recycling mitgedacht werden.
- „Die Zukunft ist elektrisch“.

Vielen Dank !



HERMANN
200 JAHRE
HELMHOLTZ
Inspired by challenges.

10 JAHRE
HELMHOLTZ-INSTITUT ULM

HIU HELMHOLTZ
INSTITUTE
ULM
Electrochemical Energy Storage

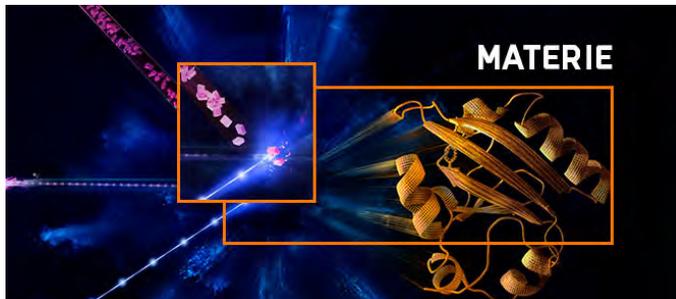
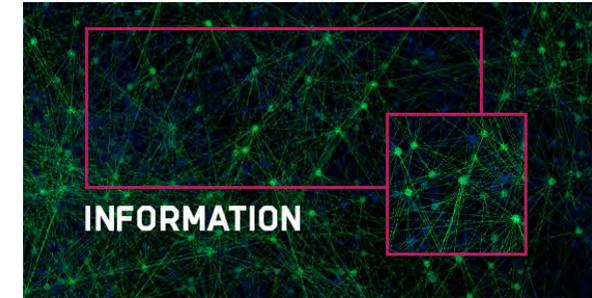
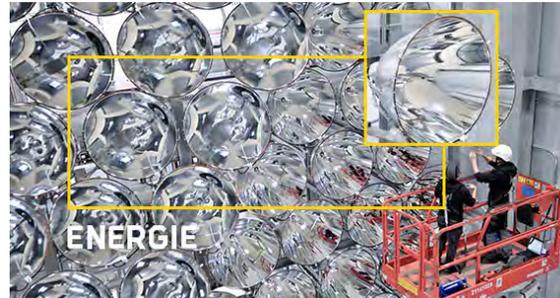
08.06. - 08.08.2021
AKKU ALLE
Ausstellung über Elektromobilität

02.07. - 11.07.2021
Berblinger-Jubiläum
10 Batterie-Vorträge in Ulm-Mitte

18.09.2021
Tag der Offenen Tür am HIU

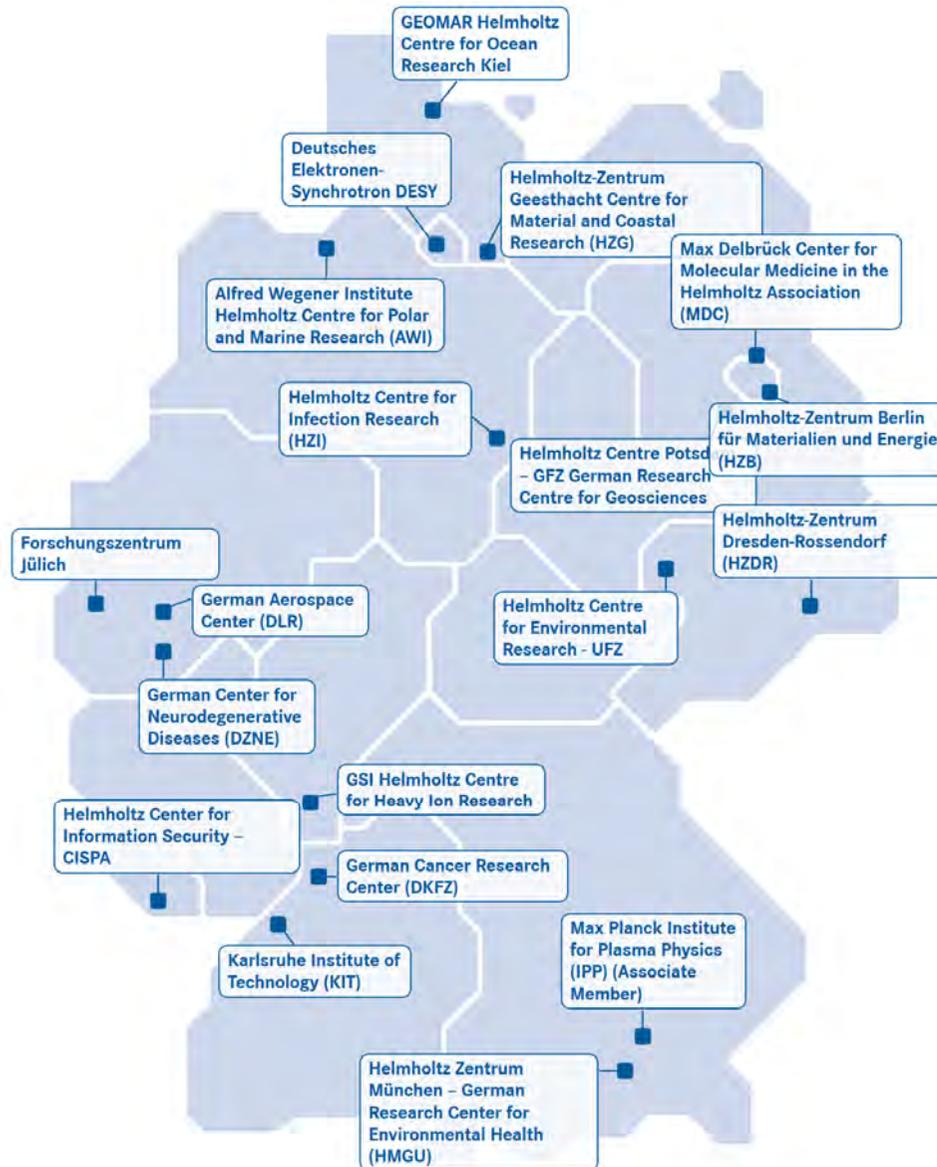
KIT Karlsruhe Institute of Technology
uulm ulm university universität
ZSW Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
SW

Beiträge zur Lösung großer Fragen von Gesellschaft, Wissenschaft und Wirtschaft durch strategisch-programmatisch ausgerichtete Spitzenforschung in den Bereichen:



- Erforschung von Systemen hoher Komplexität unter Einsatz von Großgeräten und wissenschaftlichen Infrastrukturen gemeinsam mit nationalen und internationalen Partnern.
- Gestaltung unserer Zukunft durch Verbindung von Forschung und Technologieentwicklung mit innovativen Anwendungs- und Vorsorgeperspektiven.

19 Helmholtz-Zentren mit 11 Helmholtz-Instituten



ca. 43,000 Mitarbeiter

ca. 5 Mrd €/Jahr Budget
70% Bund/Länder (90/10)
30% Drittmittel

3 Nobelpreisträger

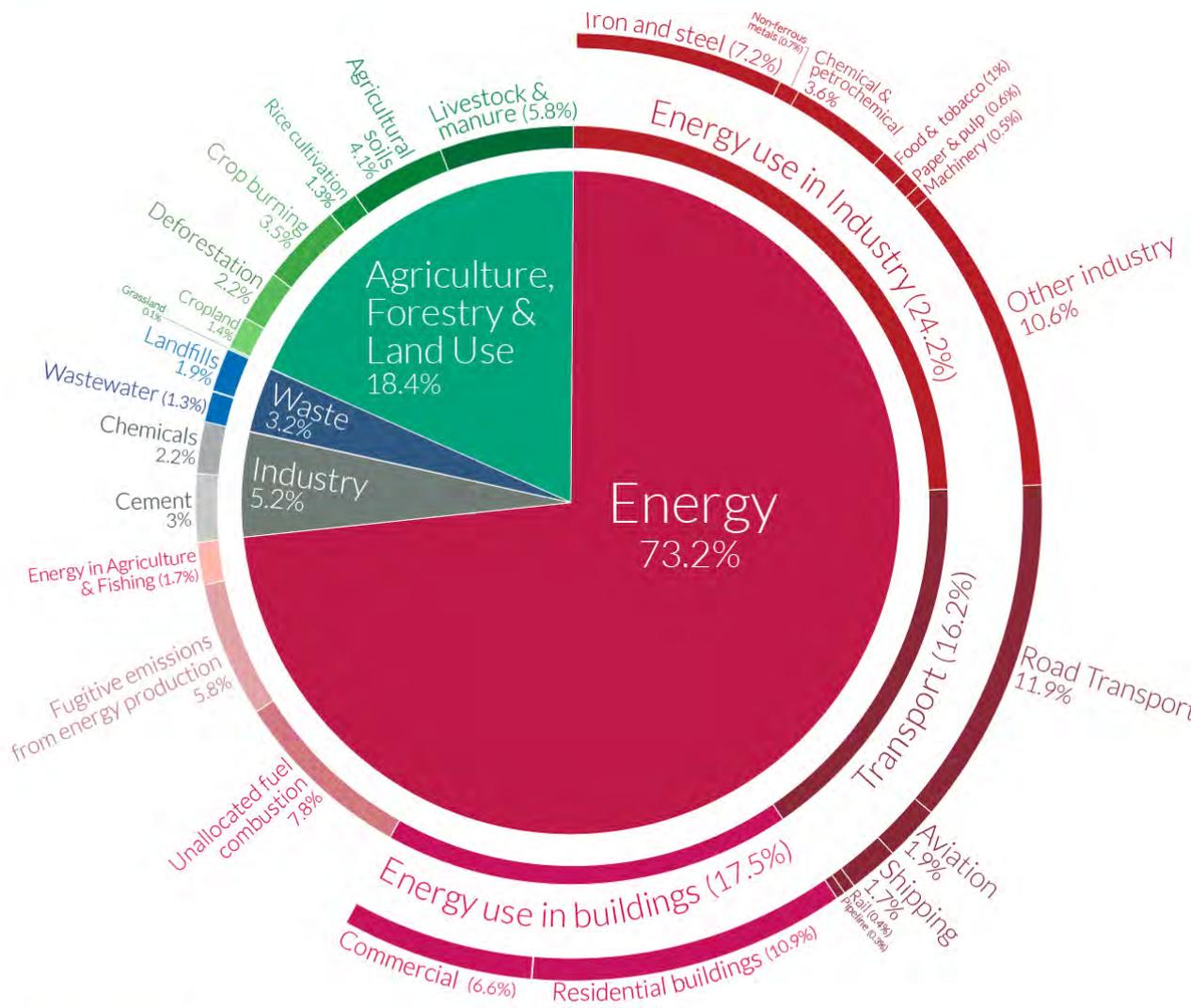
Zentren, im Bereich Energie:

- DLR
- FZJ (HIMS, HIERN)
- HZB
- HZDR
- **KIT (HIU)**

Programme im Forschungsbereich Energie:

- Energiesystemdesign
- **Materialien u Technologien für die Energiewende**
- Fusion
- Nukleare Entsorgung, Sicherheit u Strahlenforschung

Verursacher der globalen Treibhausgasemissionen



Stand 2016:

49.4 Gt CO₂eq.

CO₂-Äquivalent (GWP):

CO₂ [GWP = 1]

CH₄ (Methan) [GWP = 28]

N₂O (Lachgas) [GWP = 265]

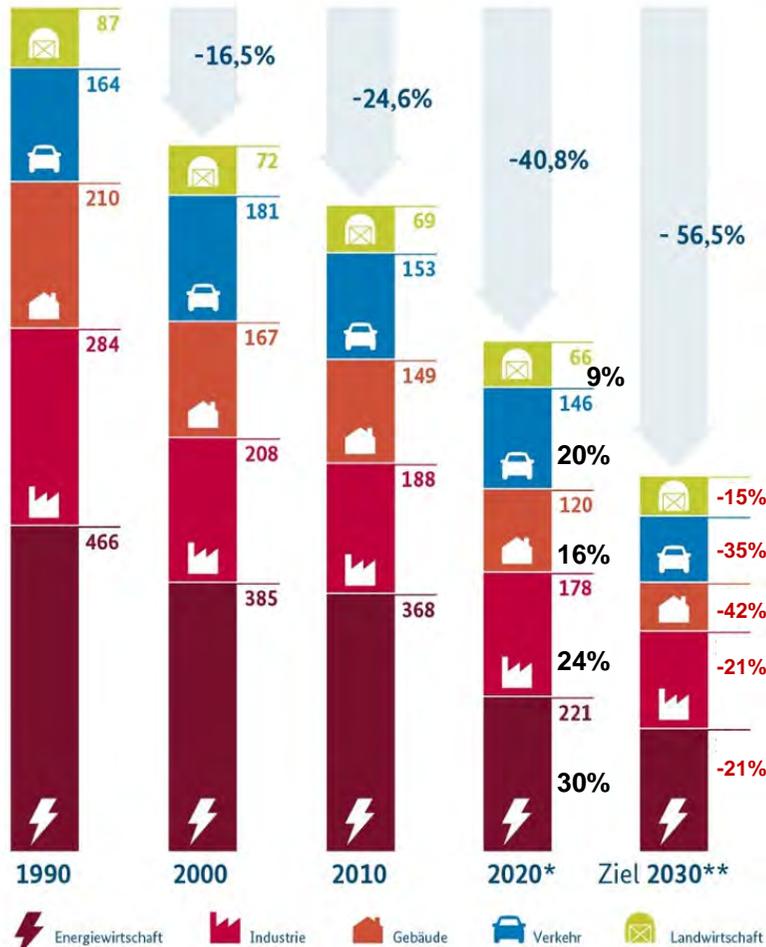
OurWorldinData.org – Research and data to make progress against the world's largest problems.
Source: Climate Watch, the World Resources Institute (2020).

Licensed under CC-BY by the author Hannah Ritchie (2020).

Treibhausgasemissionen in Deutschland

2020: Mehr als 40 Prozent weniger Treibhausgasemissionen als 1990

Energiesektor halbiert seine Emissionen im Vergleich zu 1990



© BMWi; Datenbasis 1990–2020; UBA März 2021

Ziele:

- Bis 2030 sollen THG-Emissionen um 55% gegenüber 1990 reduziert werden.
- Bis 2045 klimaneutral – kein Ausstoß von THG (netto)

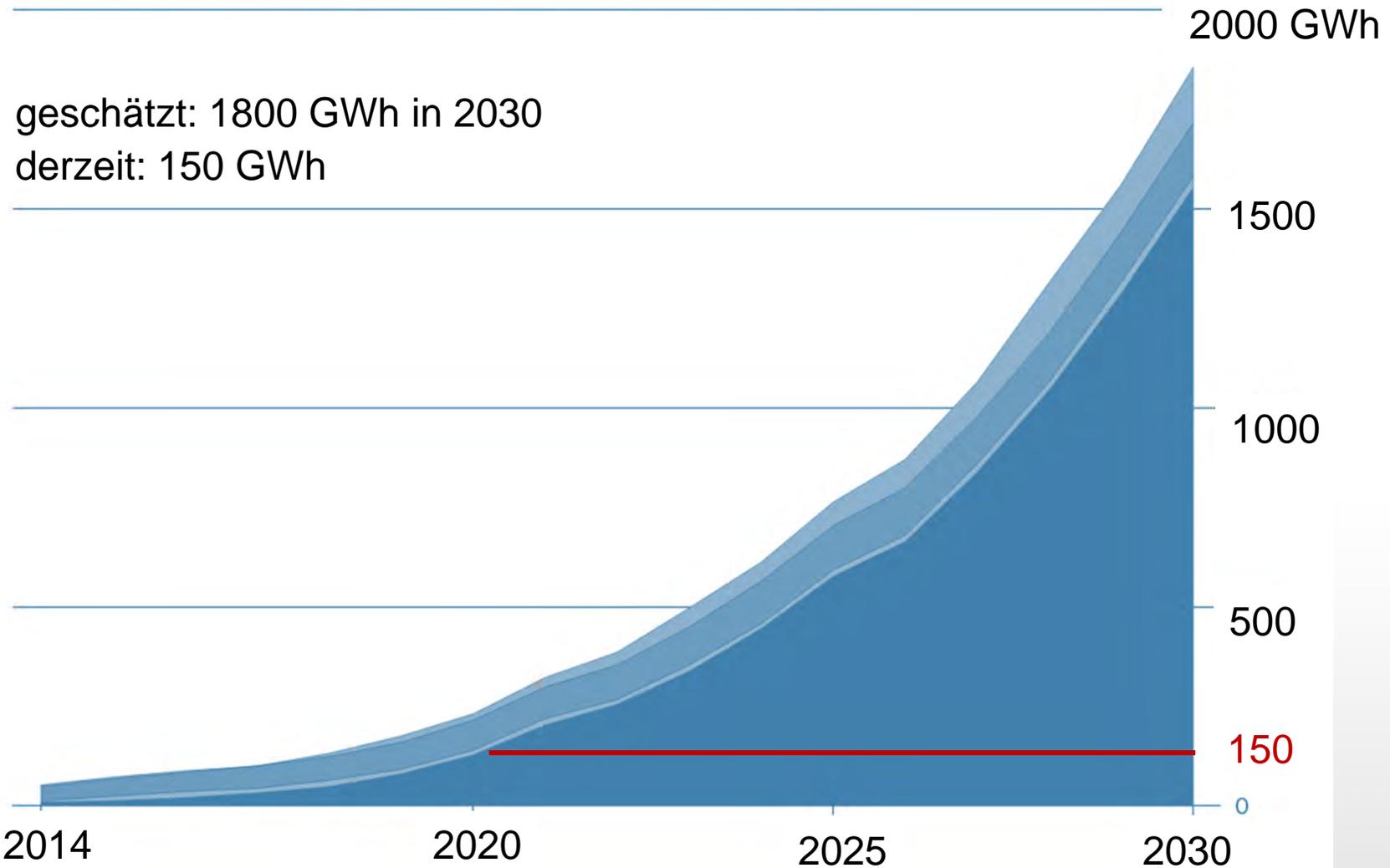
Treibhausgasemissionen in Deutschland nach Sektoren (in Mio t CO₂-Äquivalente)

* Daten für 2020 vorläufige Zahlen

** Jahresemissionsmengen aller Sektoren für 2030 laut Klimaschutzgesetz

Nachfrage Batteriekapazität bis 2030

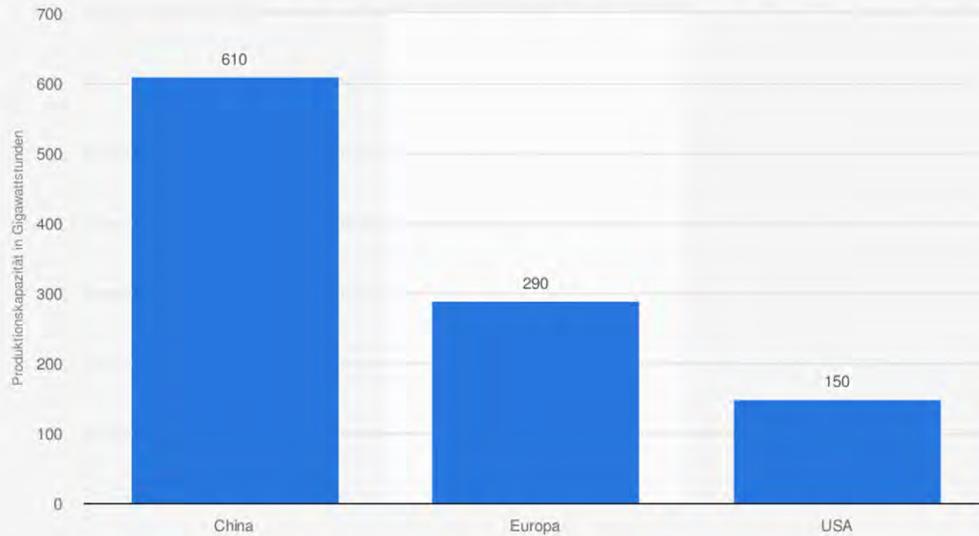
■ Passenger EVs ■ E-buses ■ Consumer electronics ■ Stationary storage



Data: BloombergNEF; graphic by Bloomberg Businessweek

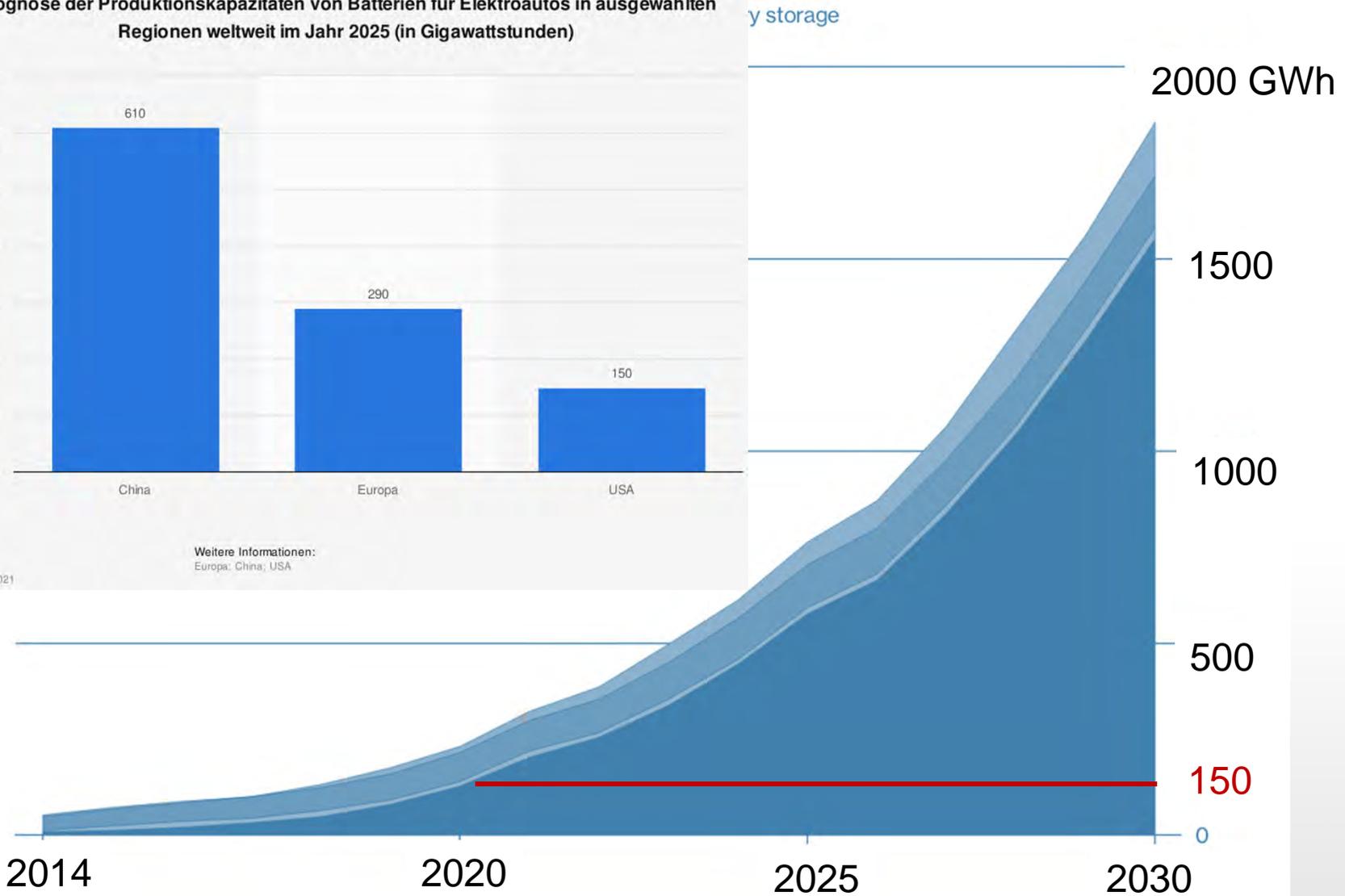
Nachfrage Batteriekapazität vs. Produktionskapazitäten

Prognose der Produktionskapazitäten von Batterien für Elektroautos in ausgewählten Regionen weltweit im Jahr 2025 (in Gigawattstunden)



Quelle
McKinsey
© Statista 2021

Weitere Informationen:
Europa: China, USA



Data: BloombergNEF; graphic by Bloomberg Businessweek

Aktuell werden 1.3 Mio t /Jahr an Rohstoffen recyclet.

Prognose 2030: 3.5 Mio t/Jahr benötigt, um Nachfrage nach BEV zu decken.

Für 2020 – 2050 wird ein Bedarf erwartet von:

- Lithium 9.3 Mio t
- Nickel 55 Mio t
- Kobalt 9.8 Mio t

Davon können

- 48% der Lithium-,
- 47% der Nickel- und
- 60% der Kobaltnachfrage durch Recycling gedeckt werden.

<https://ihsmarkit.com/research-analysis/threefold-increase-in-recycling-needed-to-help-meet-2030-demand.html>



Weltweit größte Recyclinganlage von UMICORE für Li-Ionen Batterien in Hoboken/Belgien

- Kapazität von 0.5 Mio t/Jahr
- für 17 Metalle, inkl. Co, Ni, Cu,...
- **aber nicht für Li**

Ab 2030 werden mehr als 10 solcher Anlagen benötigt.

Recycling muss bei der Forschung mitgedacht werden!