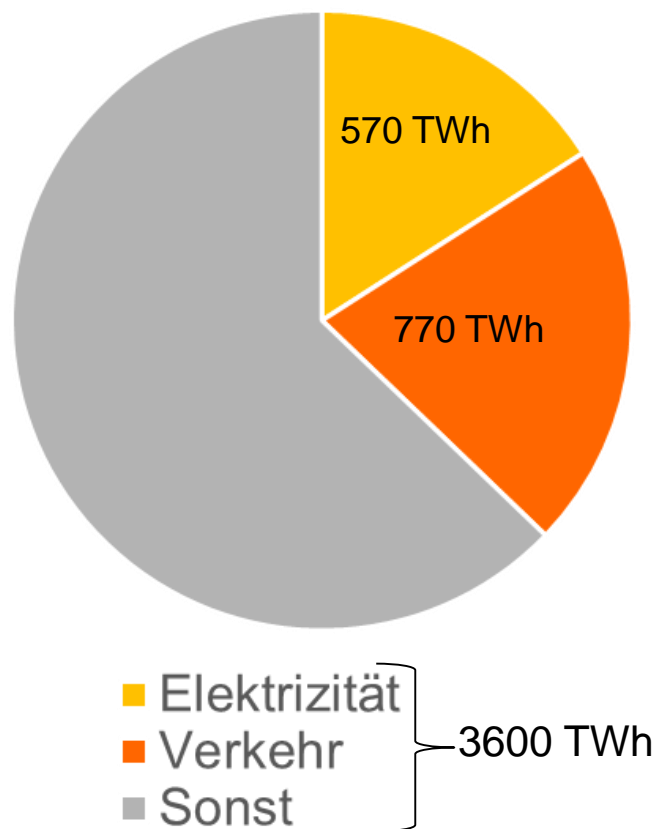
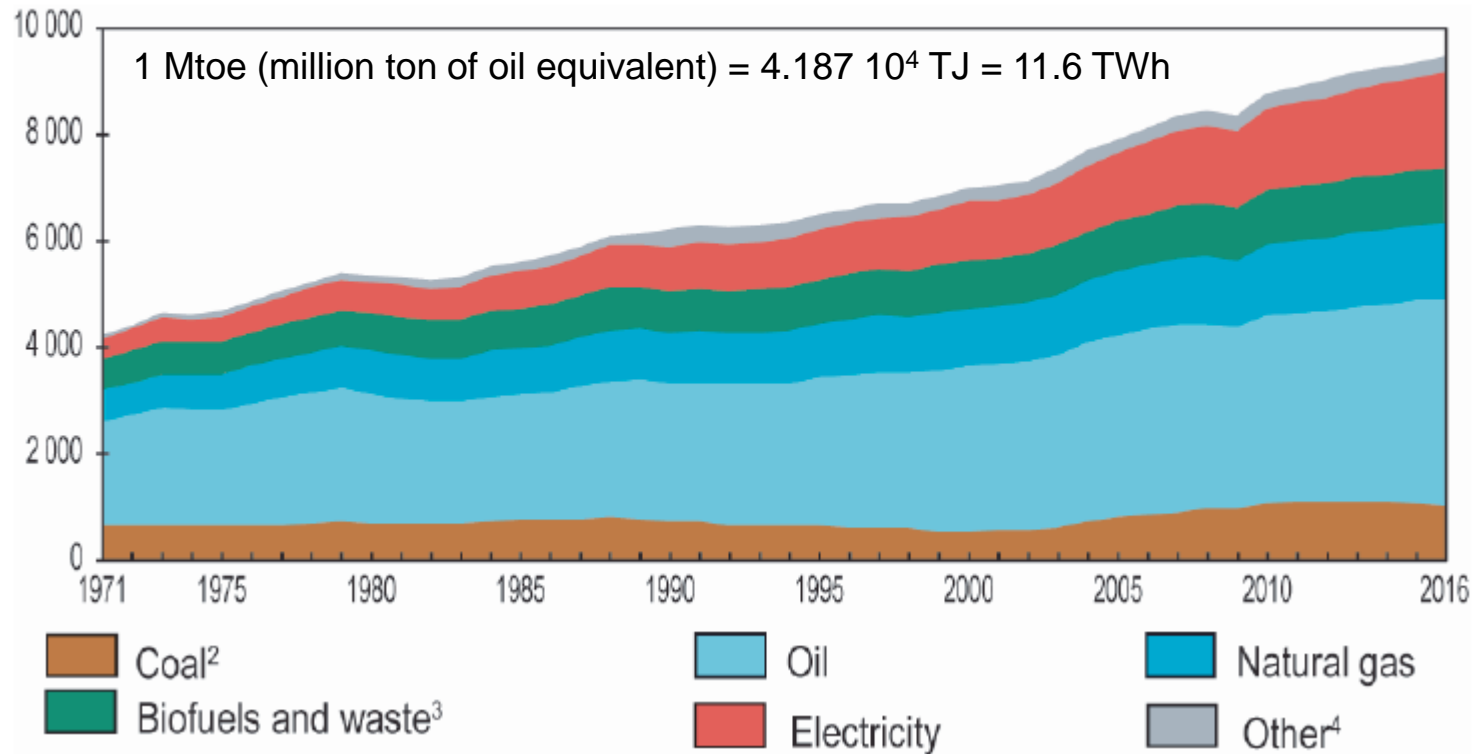


Themen:

- Energiebedarf: Stand und Entwicklung
- Anwendungen elektrischer Energiespeicher
- Technische Anforderungen
- Elektrotechnische Grundlagen
- Elektrochemische Grundbegriffe

Deutschland

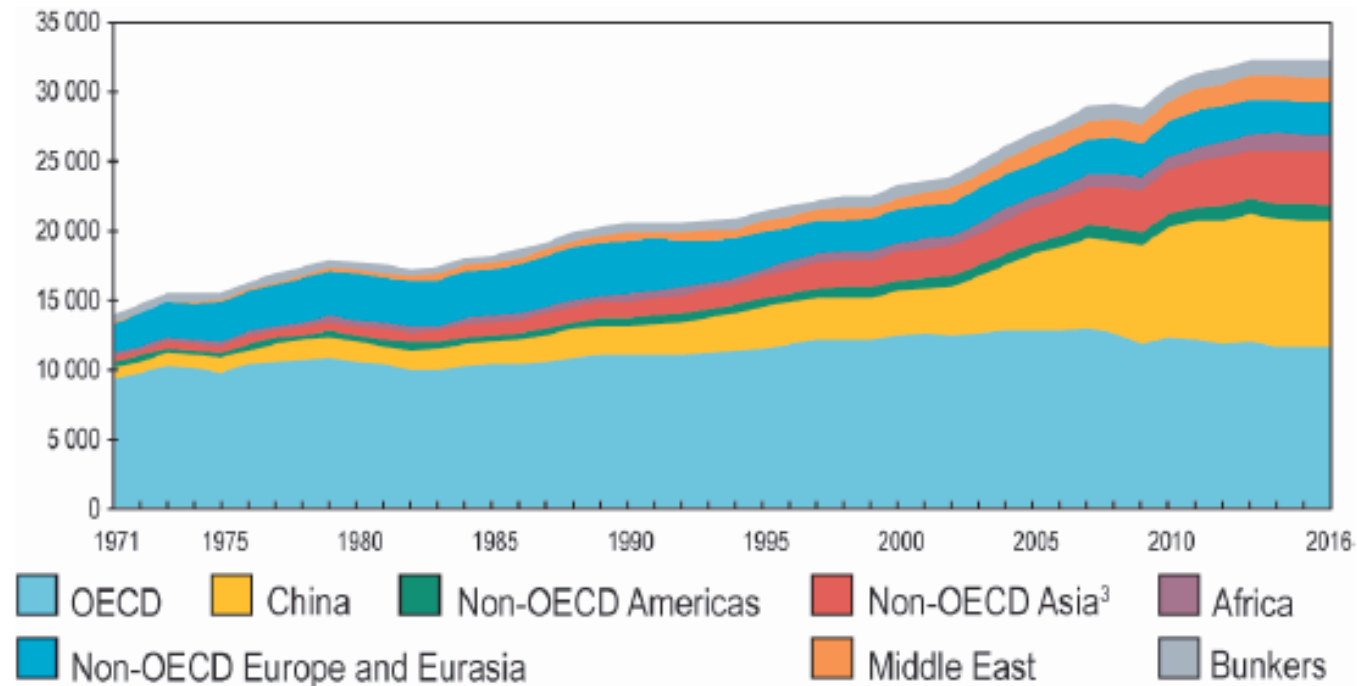


World¹ TFC from 1971 to 2016 by fuel (Mtoe)

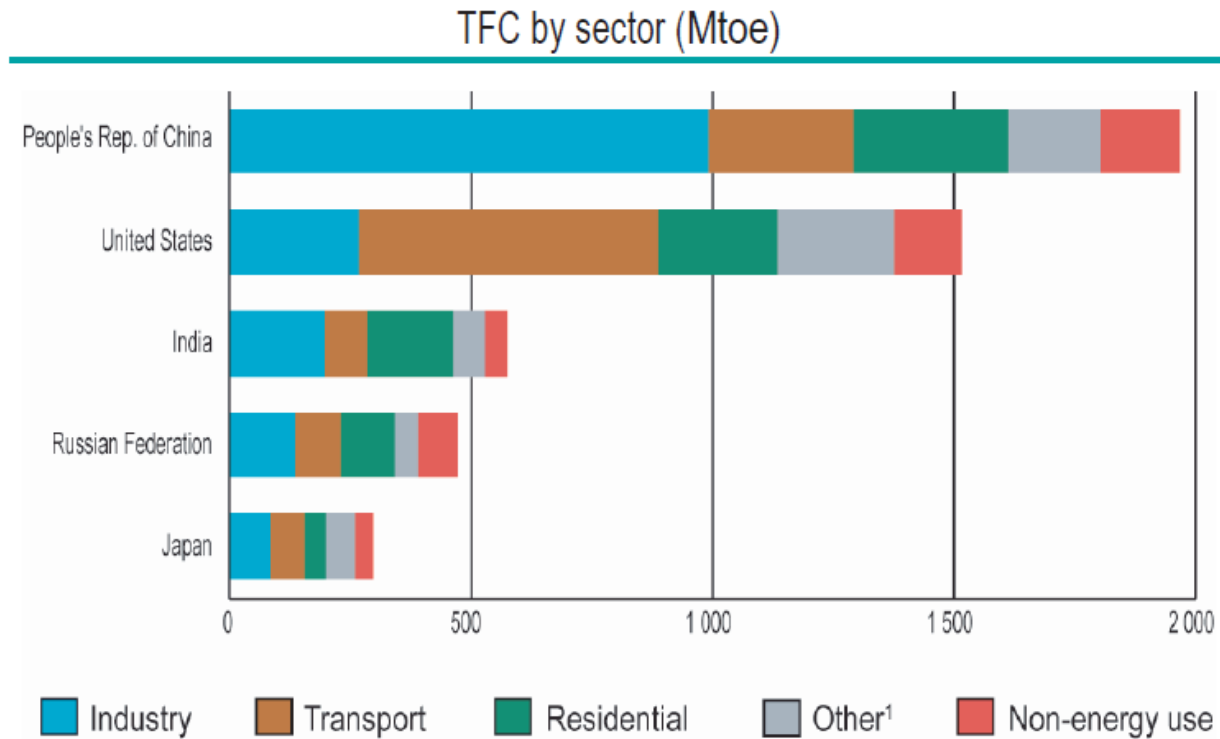
Key world energy statistics 2018
International Energy Agency

CO₂ emissions by region

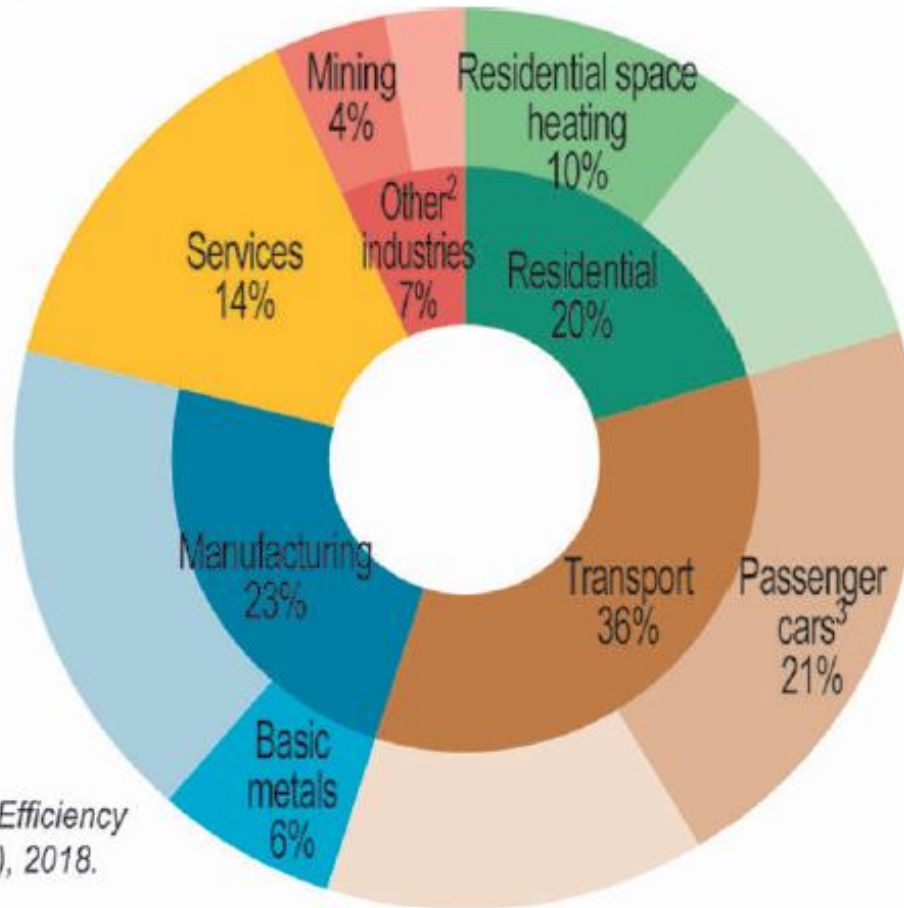
World¹ CO₂ emissions from fuel combustion² from 1971 to 2016
by region (Mt of CO₂)



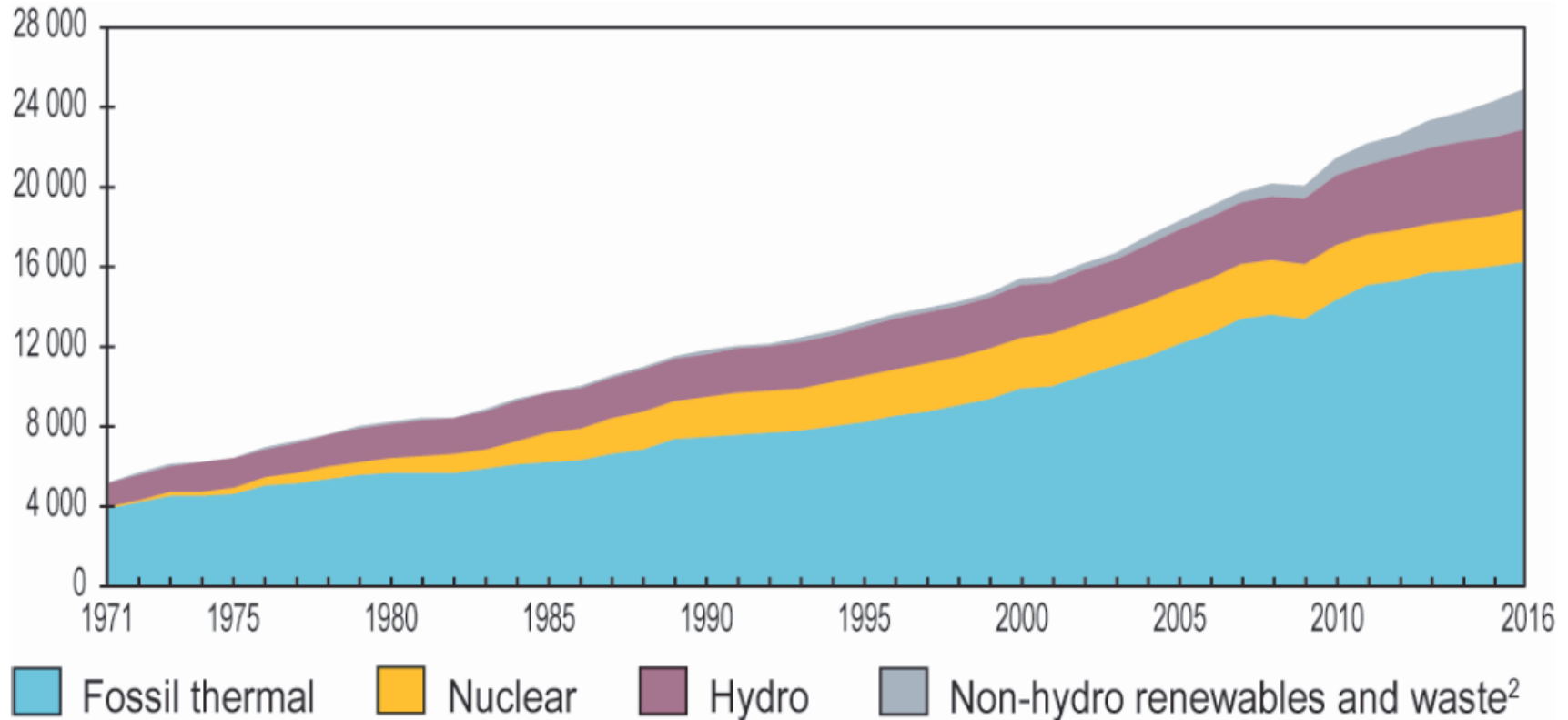
Key world energy statistics 2018
International Energy Agency



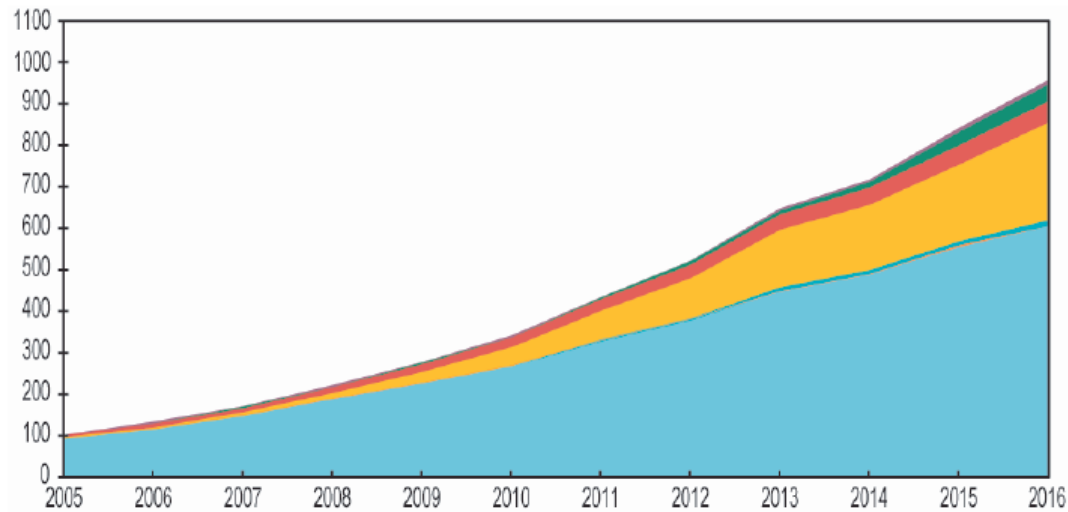
Key world energy statistics 2018
International Energy Agency

Largest end uses of energy by sector in IEA¹, 2015

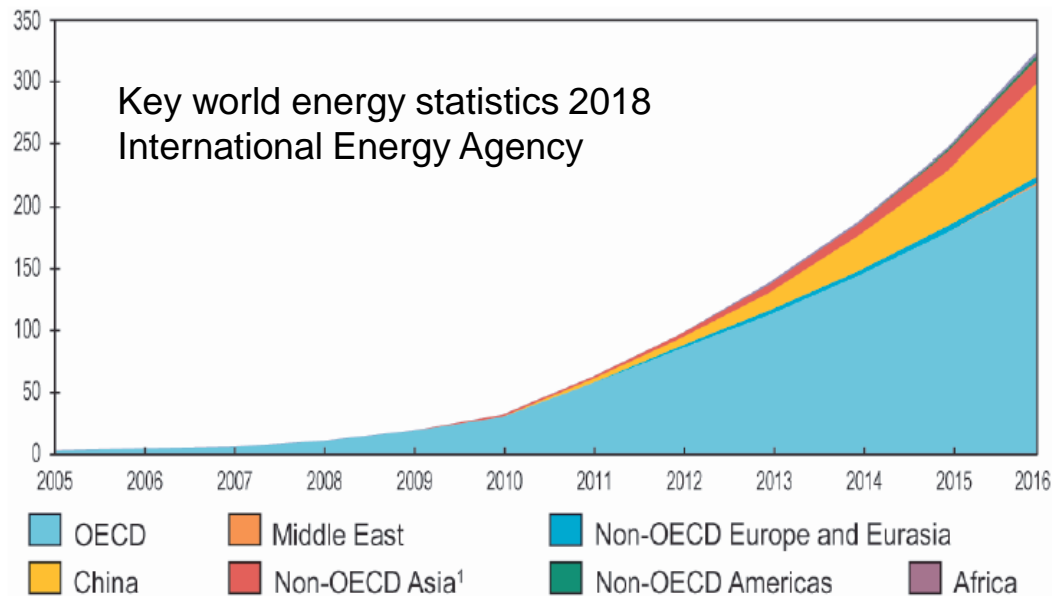
Source: IEA Energy Efficiency Indicators (database), 2018.

World electricity generation¹ from 1971 to 2016 by fuel (TWh)

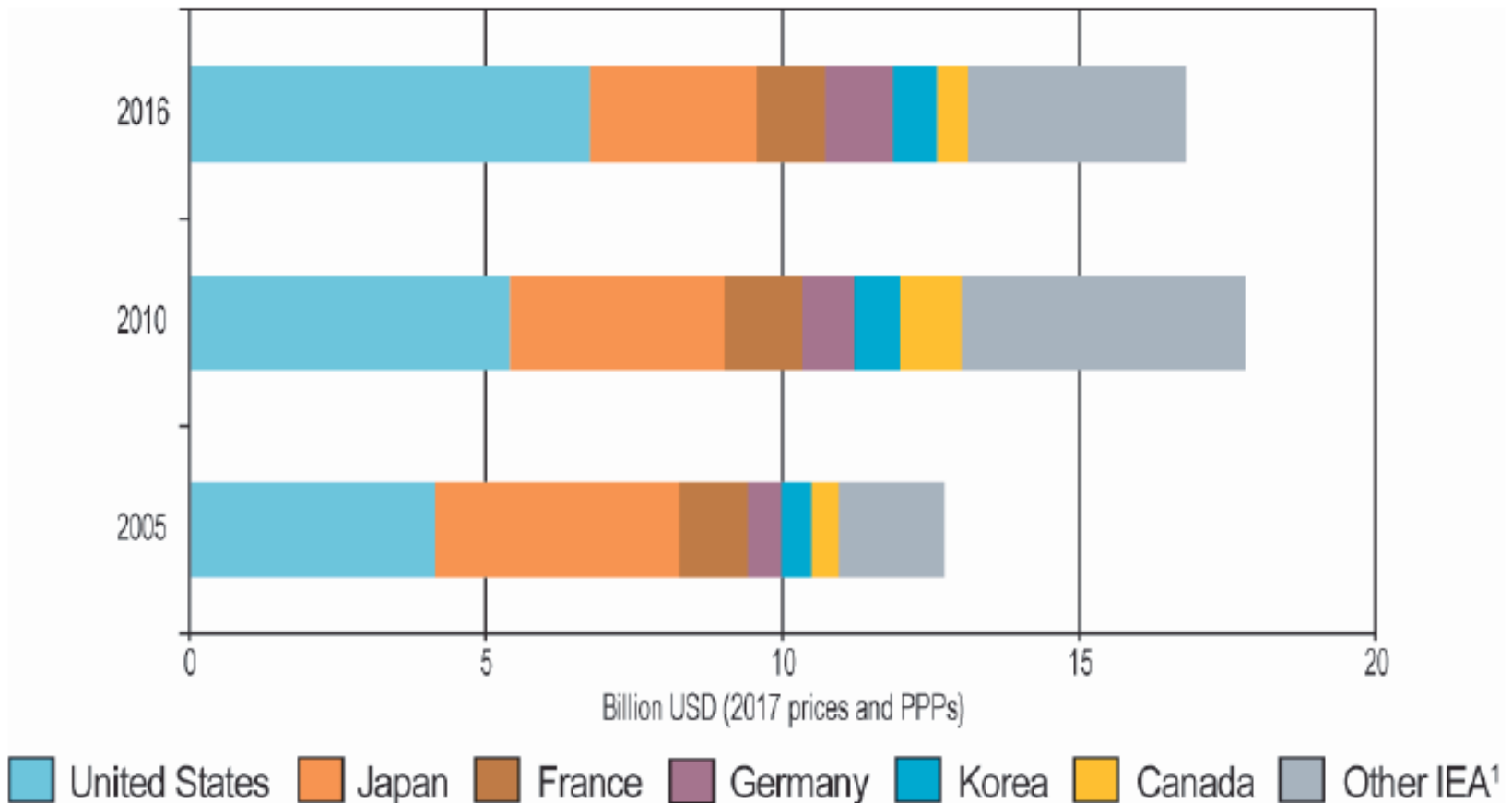
World wind electricity production from 2005 to 2016 by region (TWh)



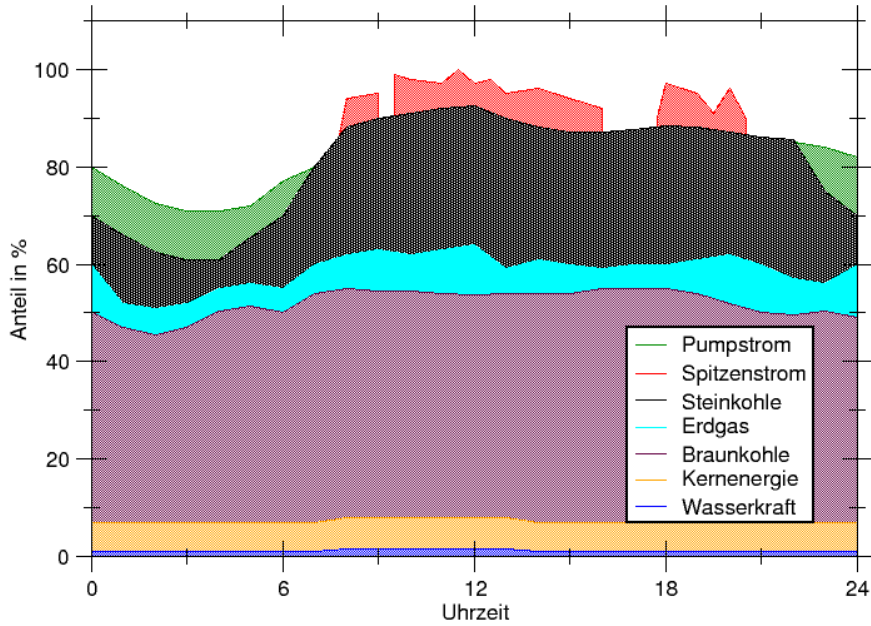
World solar PV electricity production from 2005 to 2016 by region (TWh)



Total public energy RD&D for selected countries in 2005, 2010 and 2016

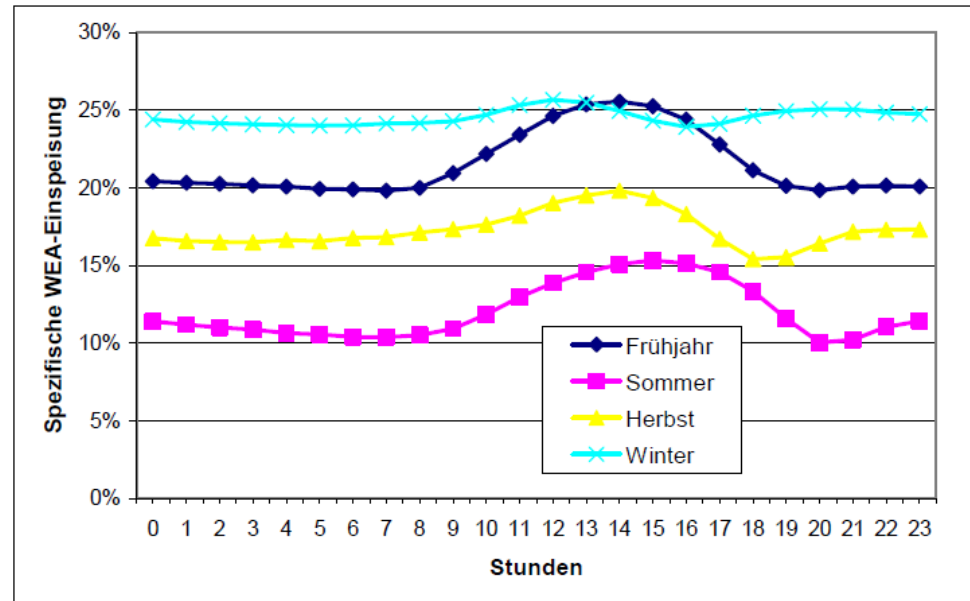


Tagesgang des Stromverbrauches



Quelle: wikipedia

Abbildung 11-4: Durchschnittliche, stündliche Struktur der spezifischen WEA-Einspeisung (Anlagenbestand 2003)

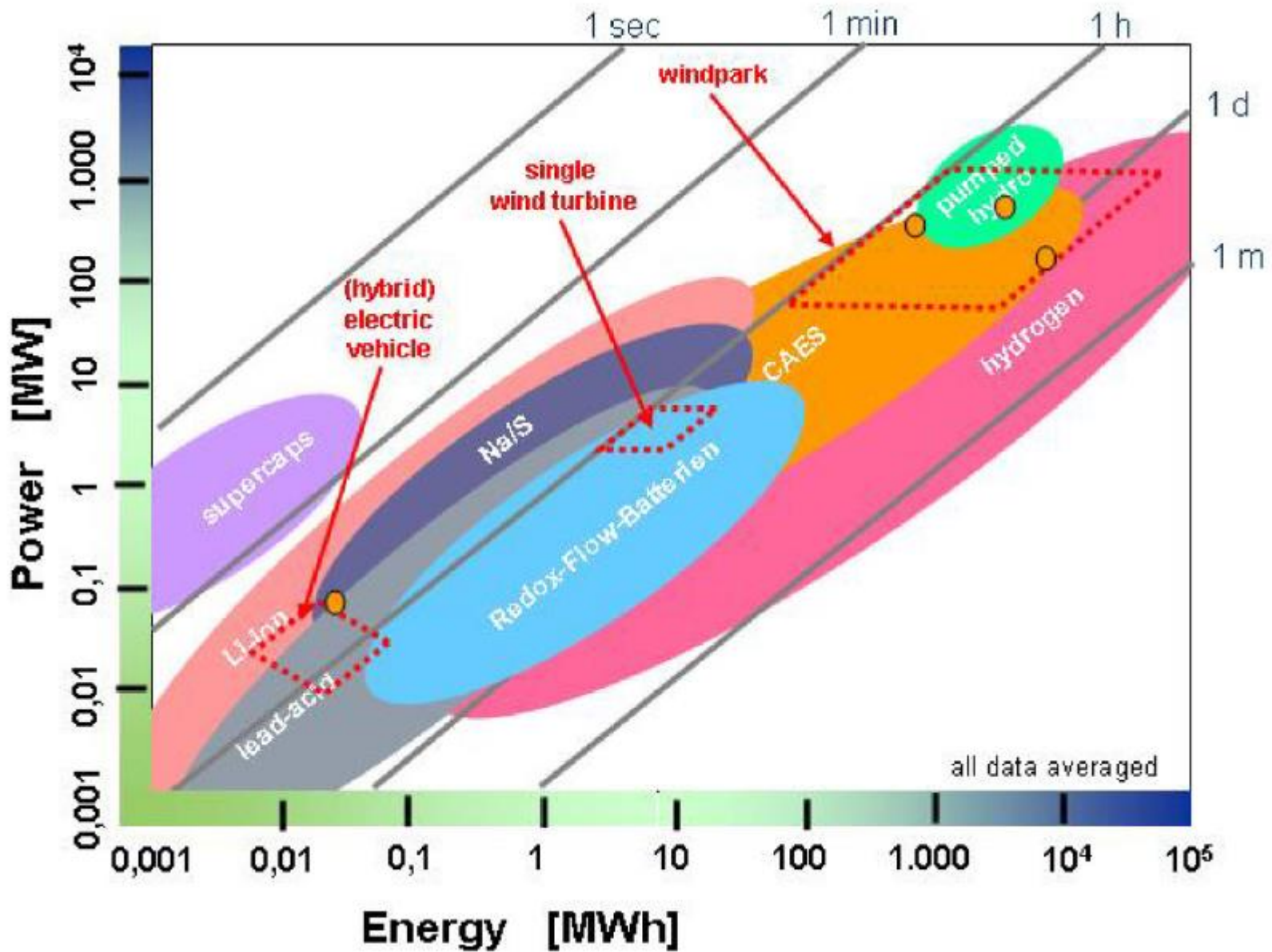


Quelle: ISET (2005)

Energiewirtschaftliche Planung für die Netzintegration von Windenergie in Deutschland an Land und Offshore bis zum Jahr 2020, Deutsche Energie-Agentur 2005

Energiespeicherung für Stromversorgung







In Jardelund ist der größte Batteriespeicher Europas in Betrieb gegangen. In der Nähe der dänischen Grenze hat der niederländische Energieversorger Eneco einen Speicher mit einer Leistung von 46 Megawatt (MW) und einer Kapazität von mehr als 50.000 Kilowattstunden (kWh) ans Netz gebracht. Etwa 10.000 Lithium-Ionen-Batterien sind in dem XXL-Speicher installiert - genug, um etwa 5300 Haushalte für 24 Stunden mit Strom zu versorgen.

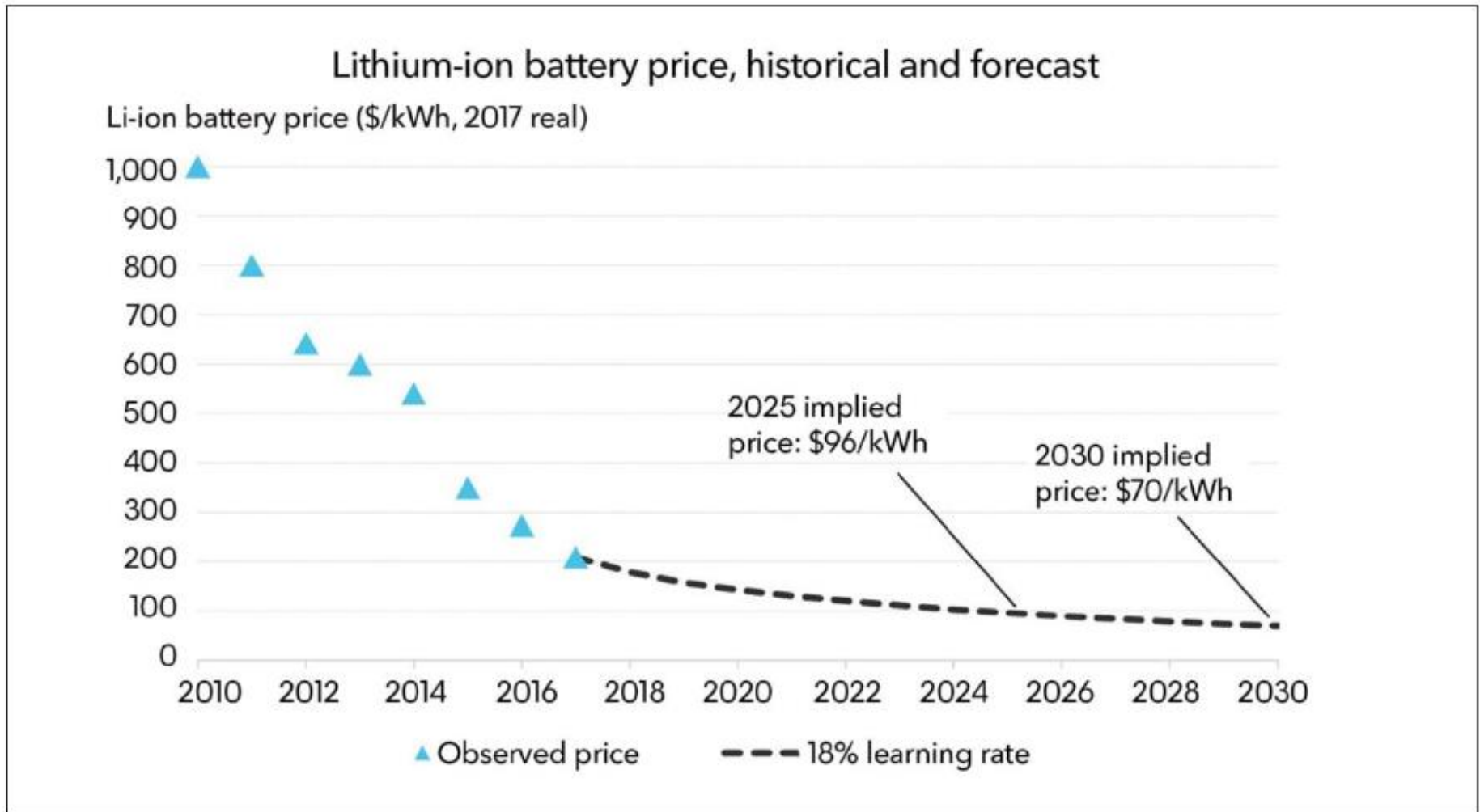


FIGURE 3.4: Li-ion Battery Module Costs Trend & Outlook. Source: Bloomberg New Energy Finance



Die Erneuerbare-Energien-Gesellschaft Energie des Nordens, deren Hauptgesellschafter Greenpeace Energy ist, und H-TEC SYSTEMS aus Lübeck haben heute den Kaufvertrag für einen PEM-Elektrolyseur zur Wasserstoffproduktion unterzeichnet. Die neu entwickelte Anlage mit einer Nennleistung von einem Megawatt soll im schleswig-holsteinischen Haurup ab 2020 aus überschüssigem Windstrom jährlich bis zu drei Millionen Kilowattstunden Wasserstoff ins Gasnetz einspeisen.



„Die Zukunft gehört dem Elektroauto“

VW-Chef Winterkorn

16.06.2008, Spiegel online

„Das ist die Zukunftstechnologie schlechthin“

Daimler-Entwicklungsvorstand Thomas Weber

28.06.2008, Wirtschaftswoche

Vorteile

- **umweltfreundlich**
 - energieeffizient
 - Rückgewinnung der Energie
 - keine Abgase
 - potenziell CO₂ emissionsfrei
- **gute Fahreigenschaften**
 - hohe Anfangsbeschleunigung
 - gleichmäßiges Drehmoment über gesamten Drehzahlbereich
- **Komfort**
 - leise
 - wartungsarm

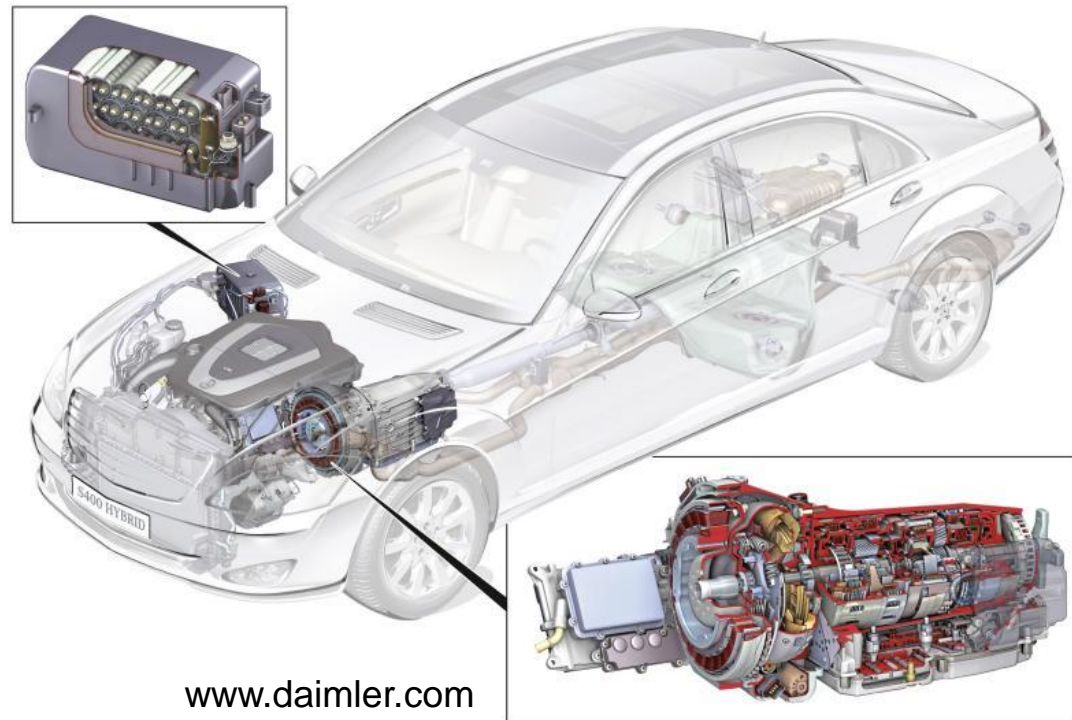


Year	Power Plant Efficiency	Grid Efficiency	Inverter AC/DC Efficiency	Battery Efficiency (Fast Charge)	Power Electr. Efficiency (DC/DC DC-AC)	Motor and Magnetic Gear Efficiency	Energy Consumption Ideal mid-size car Wh/km #	Total Consumption of Primary Energy Wh/km
2008 Range 150km	0.42	0.80	0.90	0.80	0.90	0.80-0.86	120	641-689 -15% Reg. Braking
2008 Range 150km	Renewable Energy only	0.93	0.90	0.80	0.90	0.80-0.86	120	235-219 -15% Reg. Braking
2008 Range 600km	WTW Powertrain Efficiency of a Conventional Internal Combustion Engine car in reality: 0.16 - 0.23						120	750-522 -10% micro-mild hybrids

Problem Energiespeicherung

• Anforderungen

- Energie für 800 km Fahrt → Batterie mit 100 kWh (→ 2700 kg Pb-Akku)
- mindestens 50 kW Leistung
- kurze Betankungs-/Ladezeiten
- 10 Jahre Lebensdauer
- geringer Platzbedarf
- geringe Kosten



Hybridfahrzeuge



Toyota Prius III



Mercedes-Benz S400 BlueHybrid

Elektrofahrzeuge mit Akkumulatoren



Tesla Roadster

Brennstoffzellenfahrzeuge

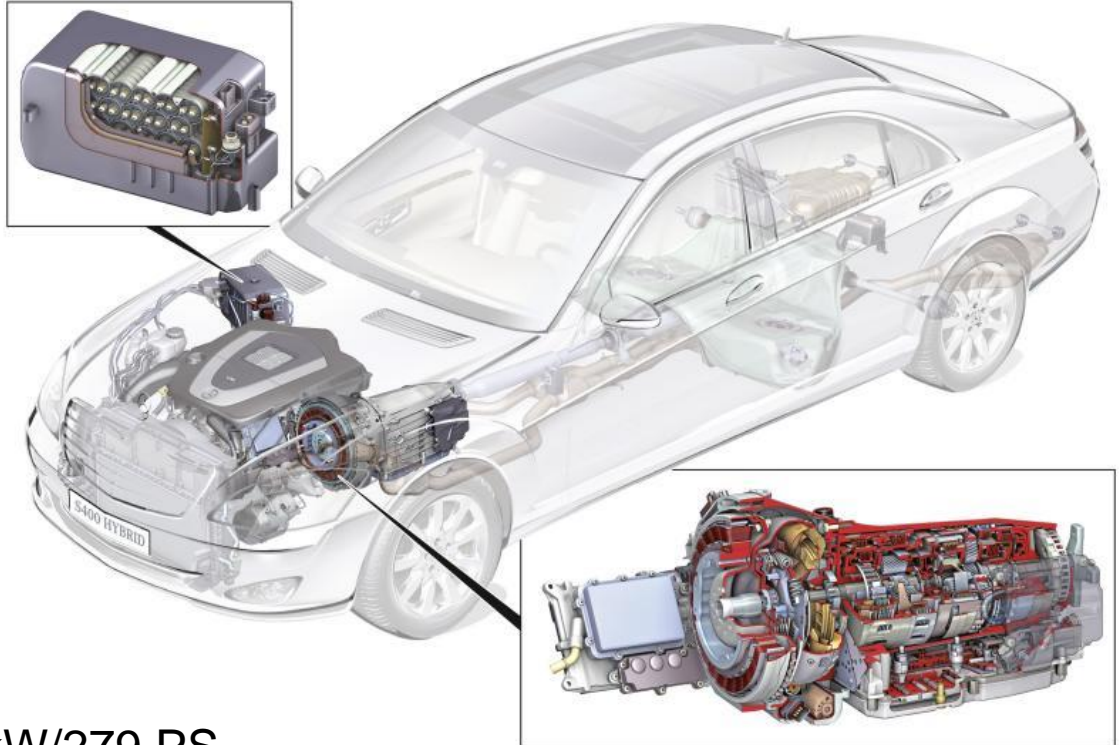


Mercedes-Benz F-Cell (A-Klasse)



Mercedes-Benz S400 BlueHybrid

Li Batterie



Daten

- Leistung V6-Benzinmotor: 205 kW/279 PS
- + Hybridmodul: + 15 KW/20 PS
- Nennleistung: 220 KW/299 PS
- max. Drehmoment: 375 Nm
- Beschleunigung 0-100 km/h: 7,3 Sek.
- NEFZ-Verbrauch: 7,9 l/100 km
- CO₂-Emission: 186 g/km



Hersteller: Tesla Motors

Produktionszeitraum: 2008–heute

Motoren: 4-Pol 3-Phasen-Asynchronmaschine, 185 kW

Leergewicht: ca. 1220 kg

Preis Basisversion: 109.000 US-Dollar

Energiespeicher: Lithium-Ionen-Akkus (6831 Zellen),
45 kWh, 450 kg

Reichweite: 350 km

Geschwindigkeit: 200 km/h (elektronisch begrenzt)

Beschleunigung: in 3,7 s auf 100 km/h

Ladezeit: 3,5 Stunden

80 % der ursprünglichen Ladekapazität bis 100.000 Meilen



Tesla Roadster (Darkstar)



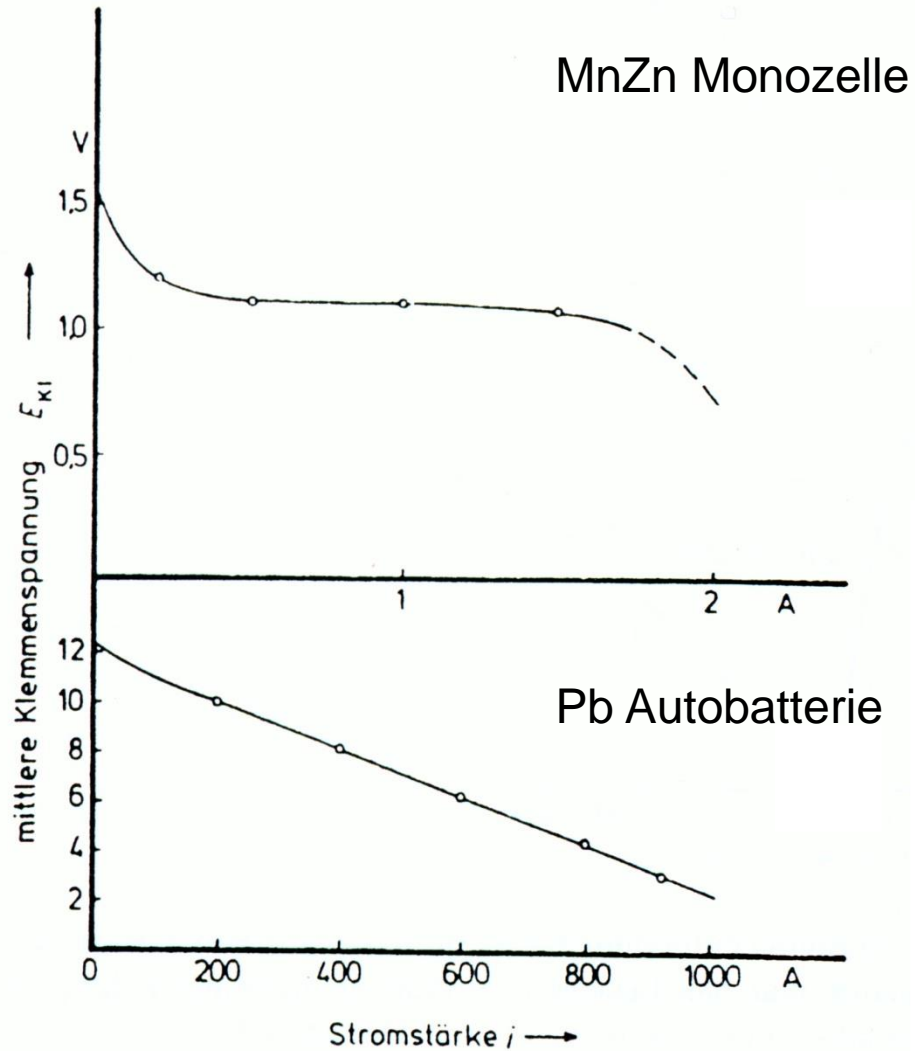
Hersteller: Honda

Kommerziell erhältlich (Japan/USA): 2017

174 PS

Reichweite: 600 km

Strom-Spannungs-Charakteristik



Lade-/Entladekurve

Aufladung- /
Entladung bei
konstantem Strom

Hamann/Vielstich,
Elektrochemie

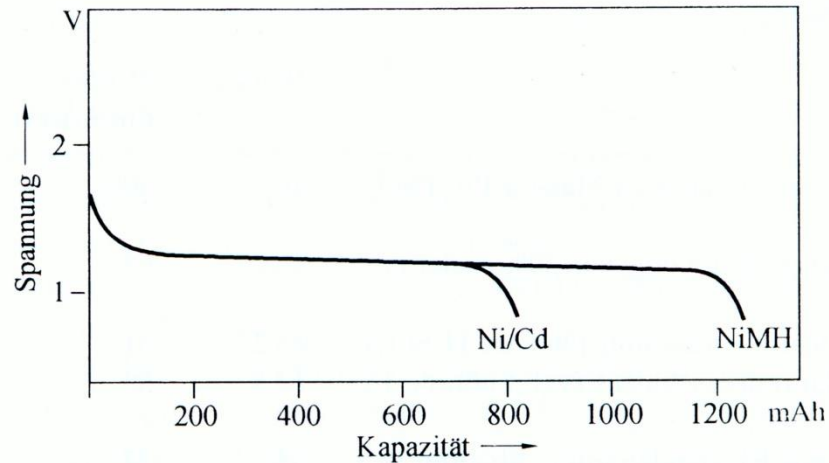


Abb. 9-16 Entladekurve (einstündige Entladung) einer NiMH- im Vergleich zu einer Ni/Cd-Mignon-Zelle (Information Varta AG).

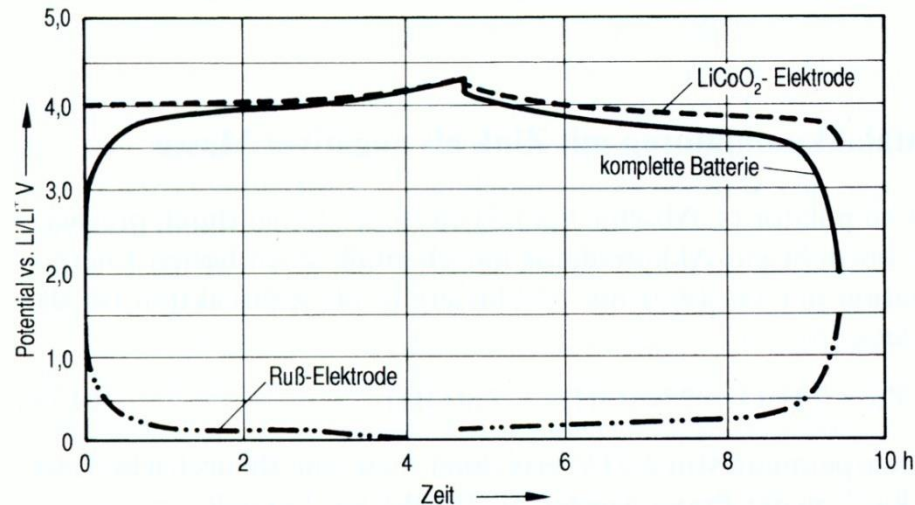
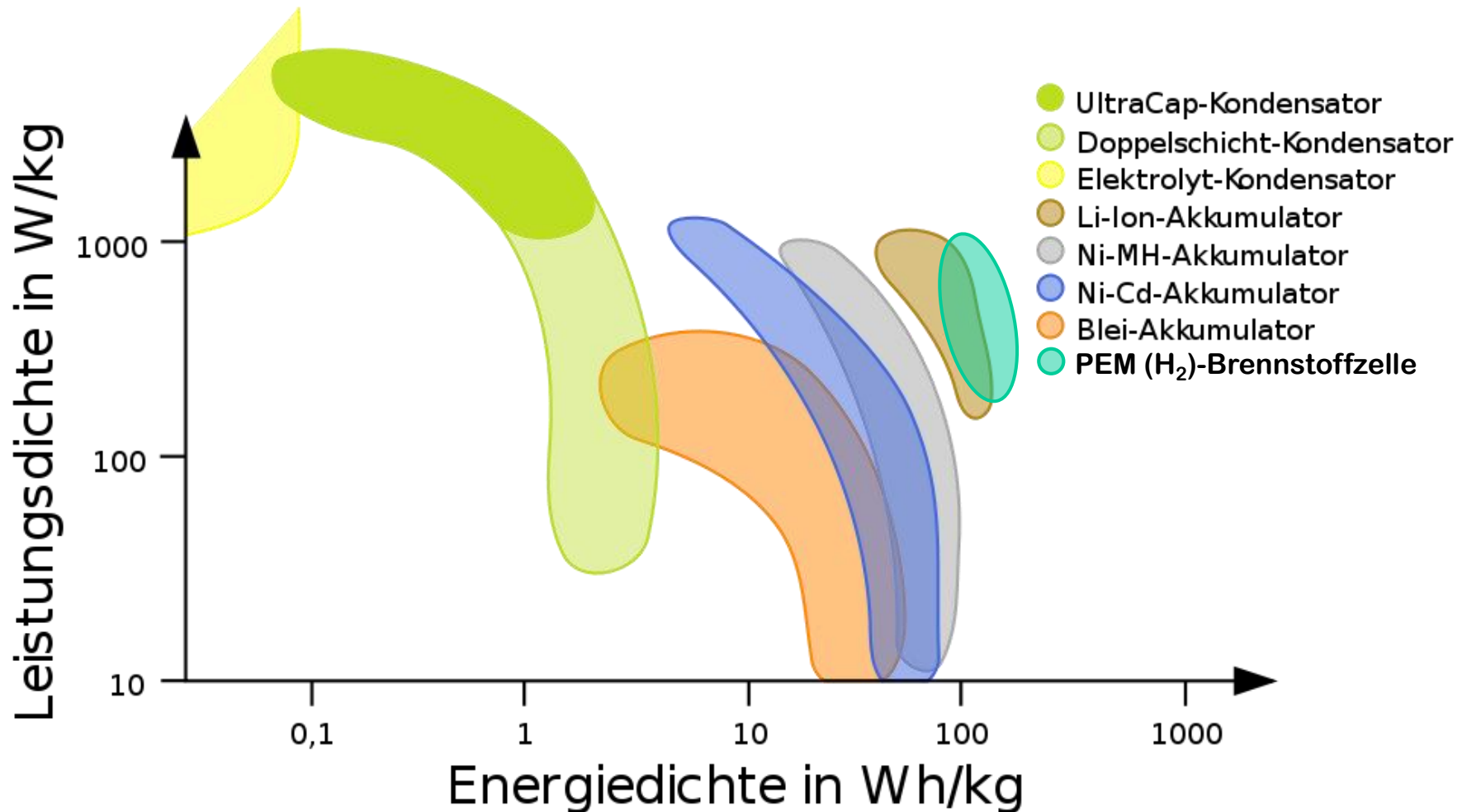
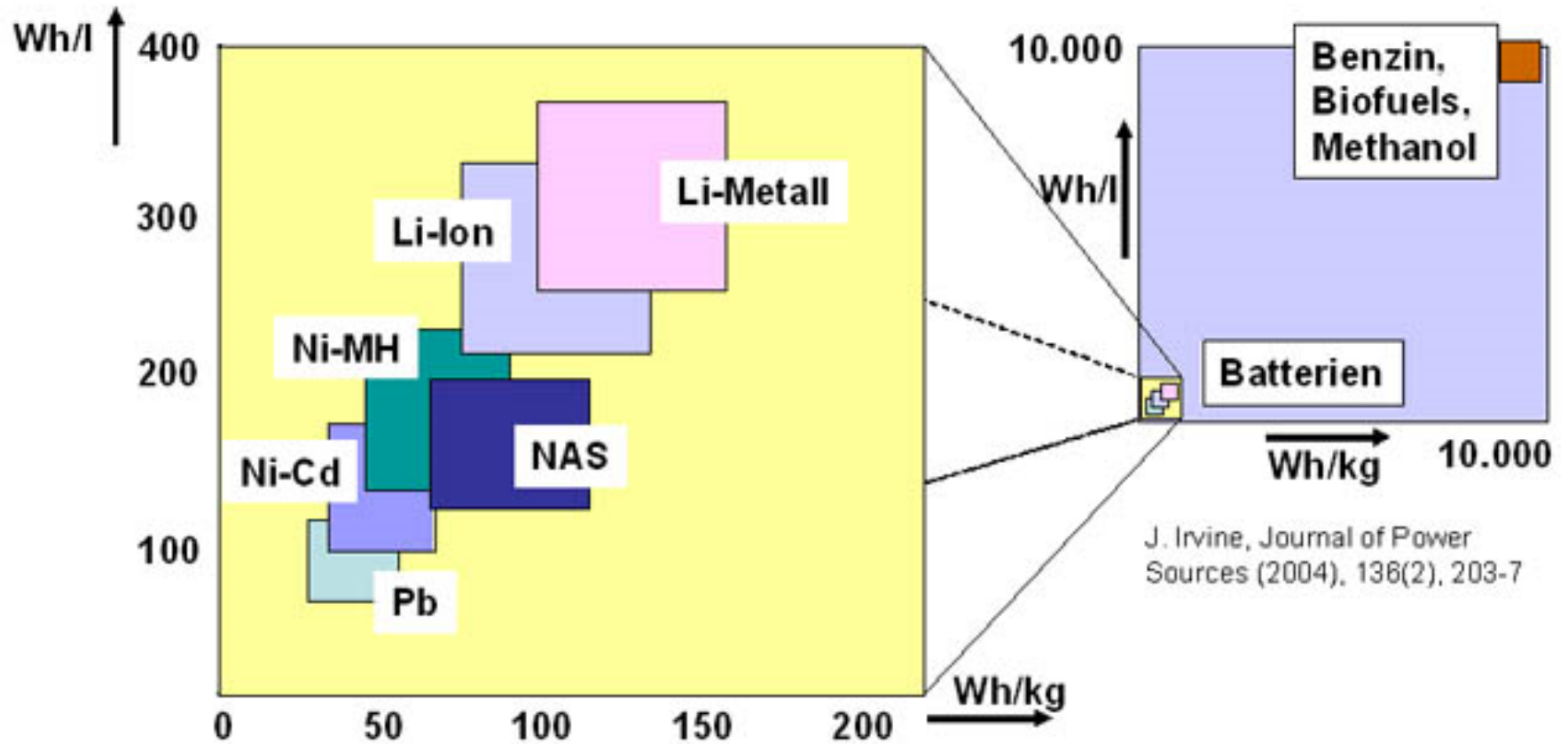
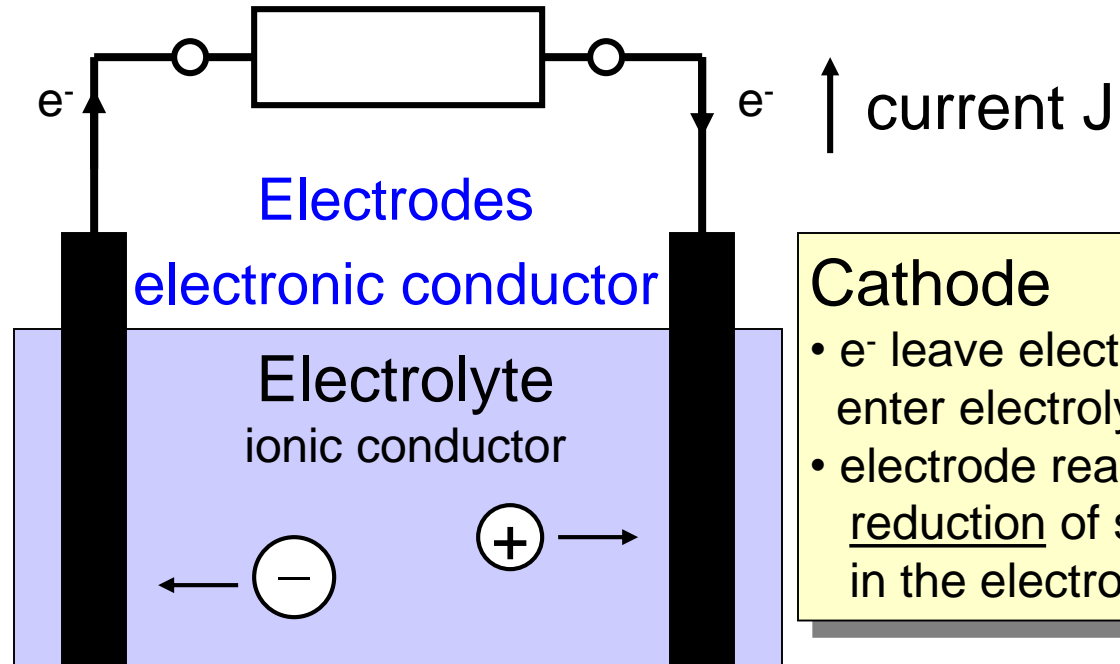


Abb. 9-17 a) Schematische Darstellung einer Lithium-Ionen-Batterie. b) Lade-/Entladezyklus einer Lithium-Ionen-Batterie nach M. Fabian, Fa. Sonnenschein-Lithium.





J. Irvine, Journal of Power Sources (2004), 136(2), 203-7

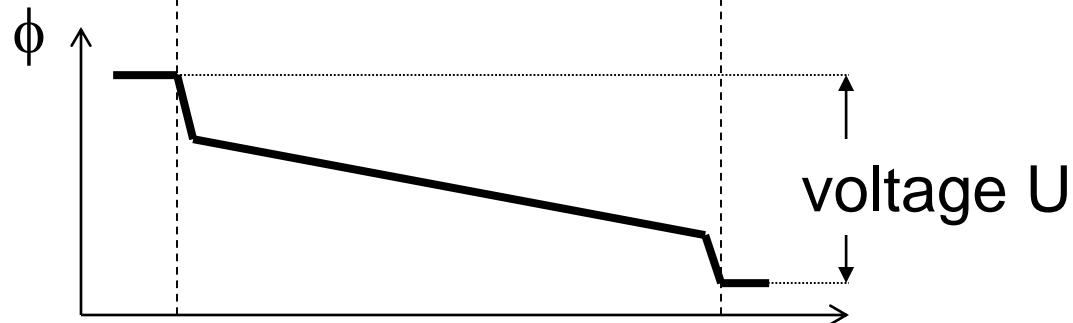


Anode

- e^- leave electrolyte and enter electrode
- electrode reaction: oxidation of species in the electrolyte

Cathode

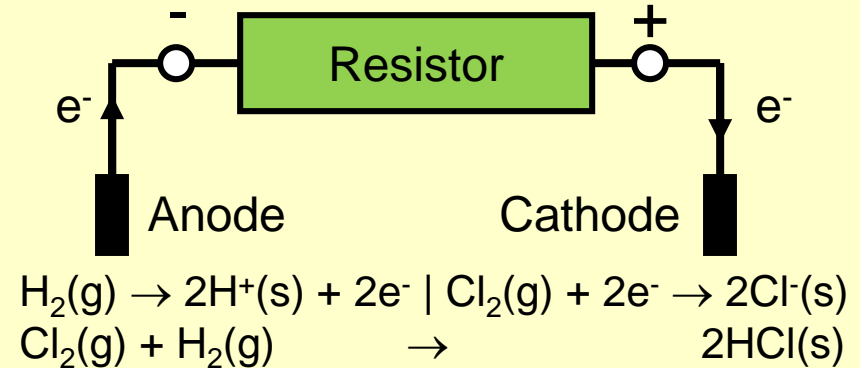
- e^- leave electrode and enter electrolyte
- electrode reaction: reduction of species in the electrolyte



Galvanic cell

(batteries, fuel cells)

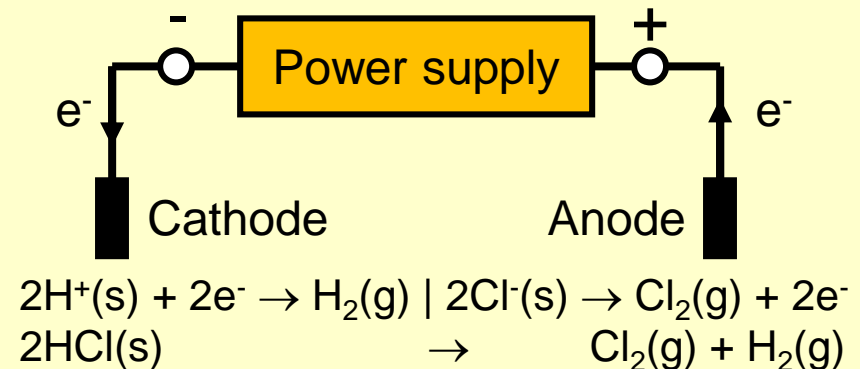
- spontaneous electrochemical reactions upon connection of electrodes
- energy flow:
chemical energy → electrical energy



Electrolytic cell

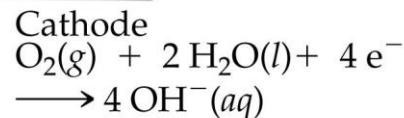
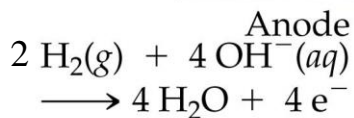
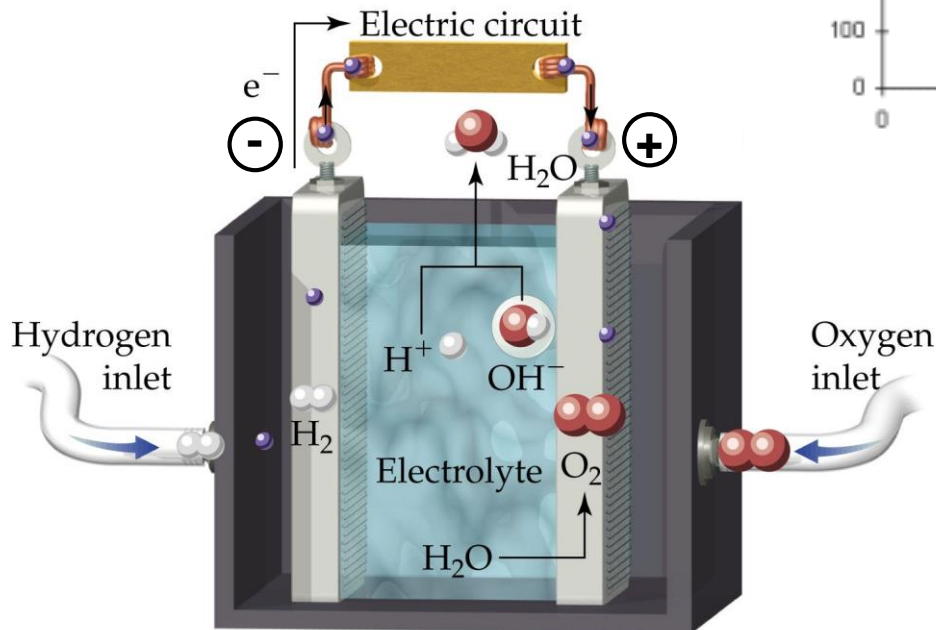
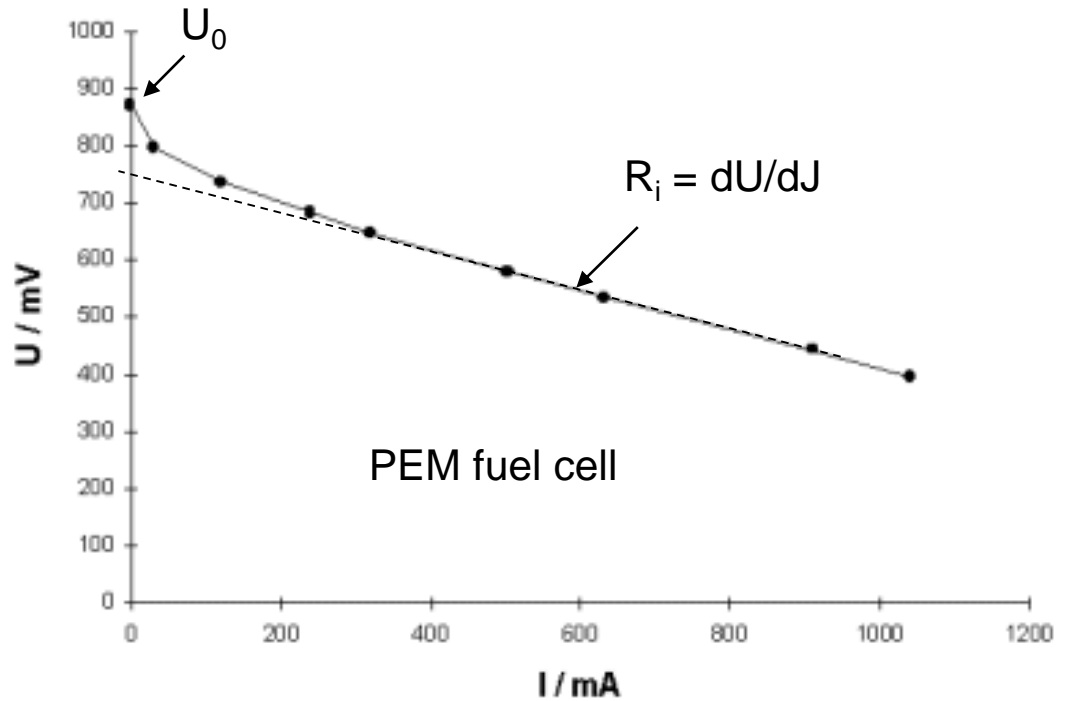
(electrolysis, electrosynthesis)

- electrochemical reactions induced by external current
- energy flow:
electrical energy → chemical energy



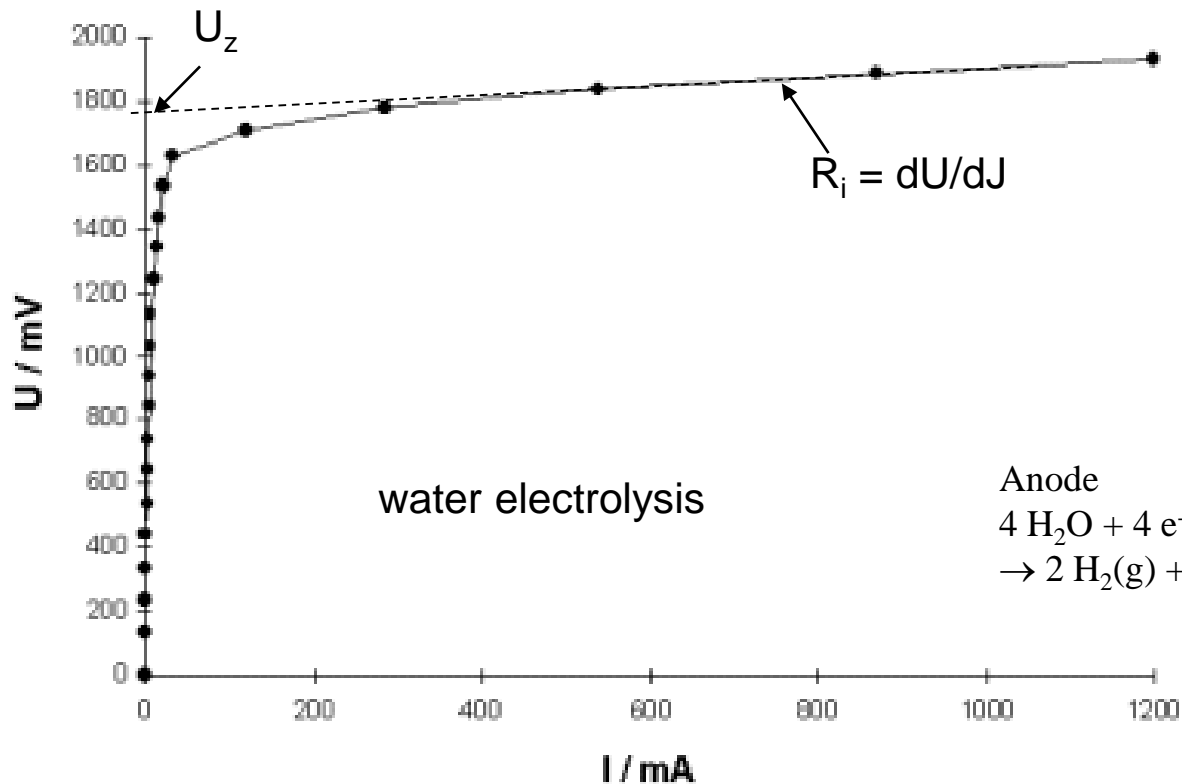
1 / 35 Galvanische Elemente

- spontaneous electrochemical reactions upon connection of electrodes
- energy flow: chemical energy → electrical energy
- examples: batteries, fuel cells



1 / 36 Elektrolysezelle

- electrochemical reactions induced by external current
- energy flow: electrical energy \rightarrow chemical energy
- examples: water electrolysis, electroplating



⊕

⊖

