

business4school

Wirtschaft für die Schule



BusinessCollege

Wirtschaft in
Staat und Gesellschaft

Hannover,
9. Dezember 2019



„Das Energieproblem“

**Univ. Prof. Dr.-Ing. H.-P. Beck, Institut für Elektrische
Energietechnik und Energiesysteme, TU Clausthal**

Braunschweig, 2. Dezember 2019



Energieverbrauch

Inneres Leben

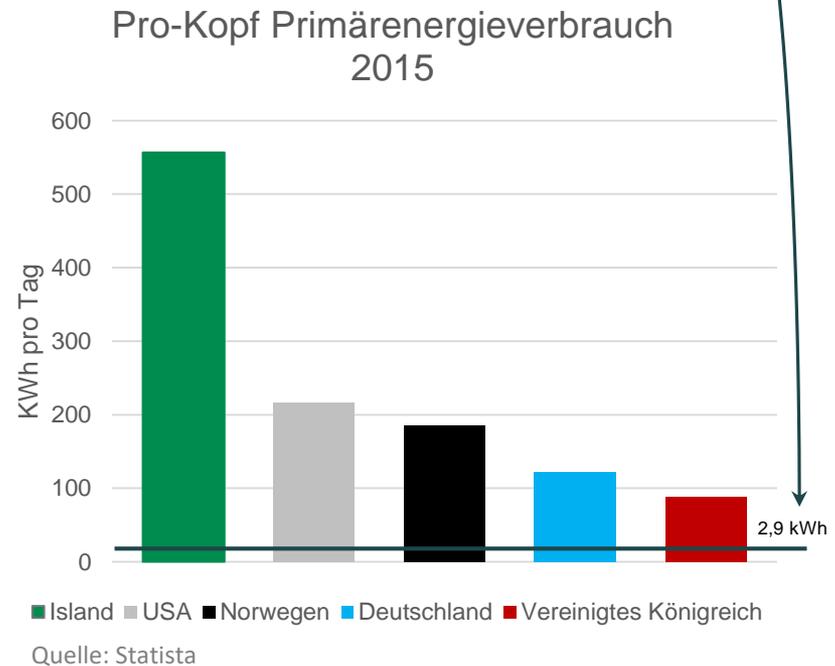


Energie-
Verbraucher

2500 kcal pro Tag $\hat{=}$ 2,91 kWh



Äußeres Leben



Was ist Energie?

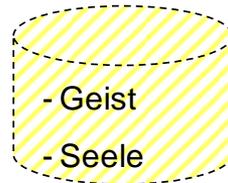
Metaphysik

Grenze von Prozessen mit physikalischer Bedeutung

Physik

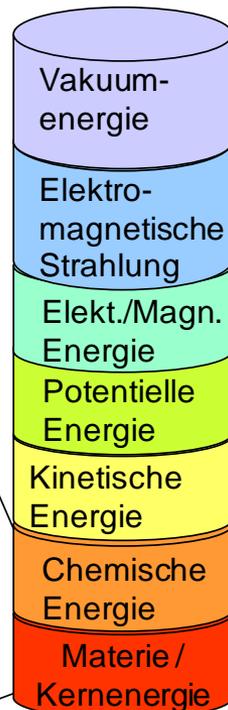
Energie:

Fähigkeit, Arbeit zu leisten



Abnahme der Stoffdichte

$W_0 = 1/2 \hbar \omega$ Nullpunktenergie (n=0)



$W_n = (n+1/2) \hbar \omega$

Energie des „leeren“ Raumes (harmonischer Oszillator)

$W_{Ph} = hf$

Photonen- / Solarenergie
h: Drehimpuls eines Photons

$W_{El} = 1/2 CU^2$

Elektrische Energie

$W_{Mag} = 1/2 LI^2$

Magnetische Energie

$W_{Pot} = mgh$

Lageenergie / Gravitation (schwere Masse)

$W_{Kin} = 1/2 mv^2$

Kinetische Energie / Wärme (träge Masse)

$W_{trans} = 3/2 kT$

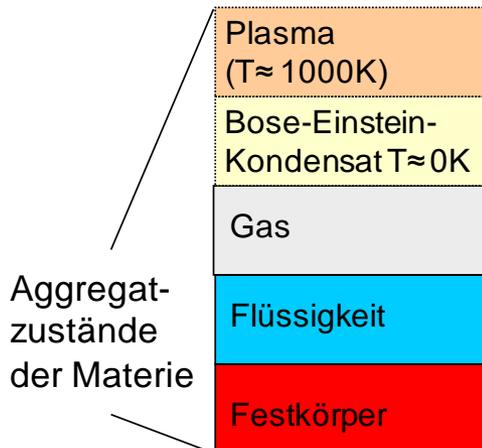
$A + B \rightleftharpoons D + W_{Ch}$

Reaktionsenergie

$W_{Ruhe} = mc^2$

Masse: Eine Form der Energie

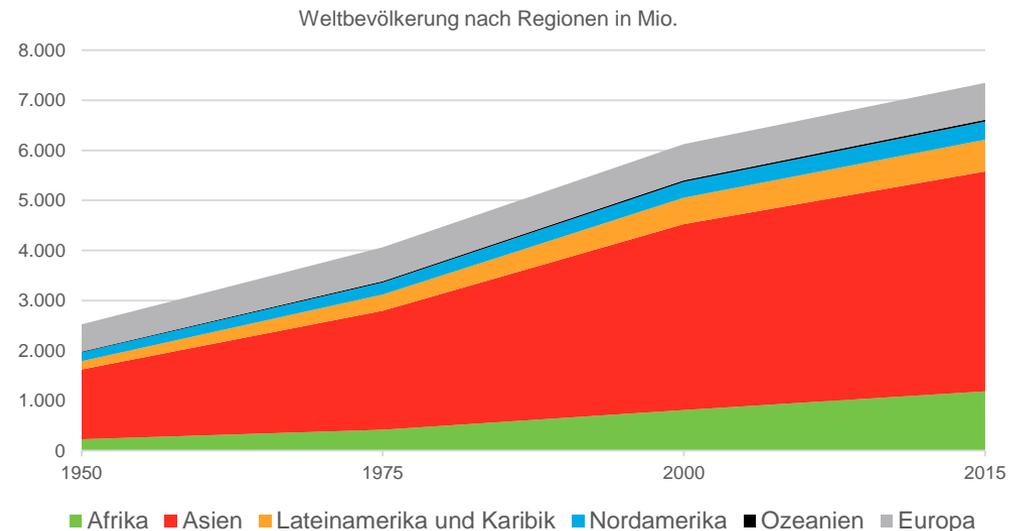
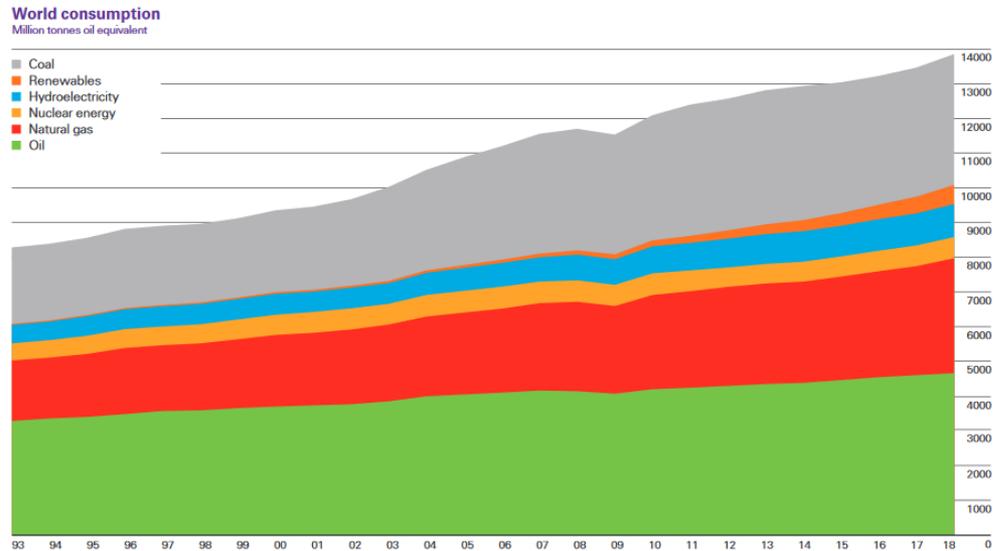
$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$



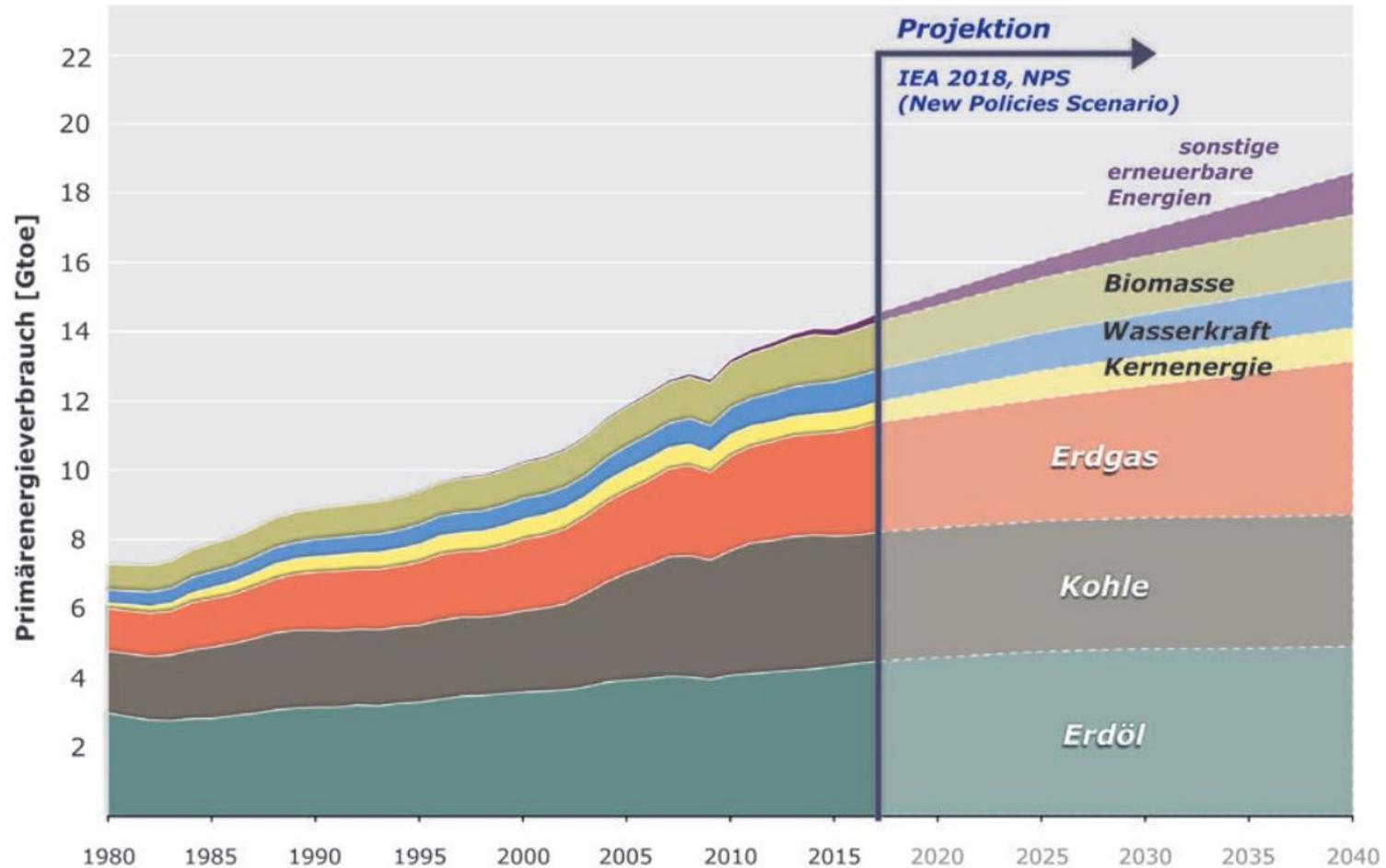
Grundlagen: Primärenergie- verbrauch weltweit und Weltbevölkerung

Oben: Entwicklung des Primärenergieverbrauchs weltweit (Quelle: BP Statistical Review of World Energy 2019)

Unten: Entwicklung der Weltbevölkerung nach Regionen (Quelle: bpb)



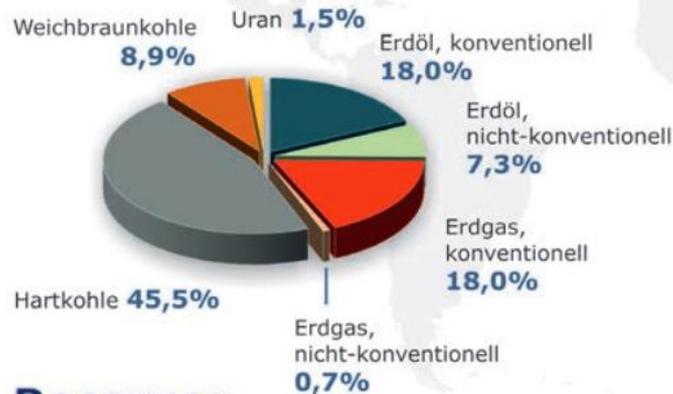
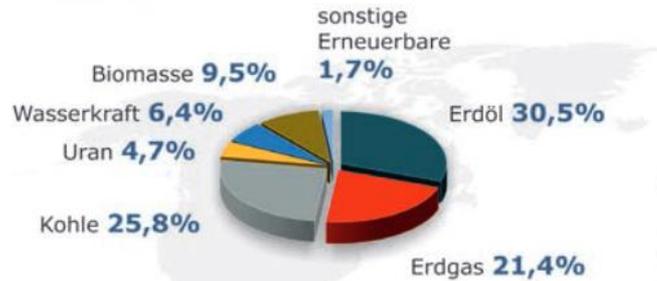
Grundlagen: Entwicklung des Primärenergieverbrauchs



Reserven und Ressourcen Konventioneller Energieträger

Energieverbrauch

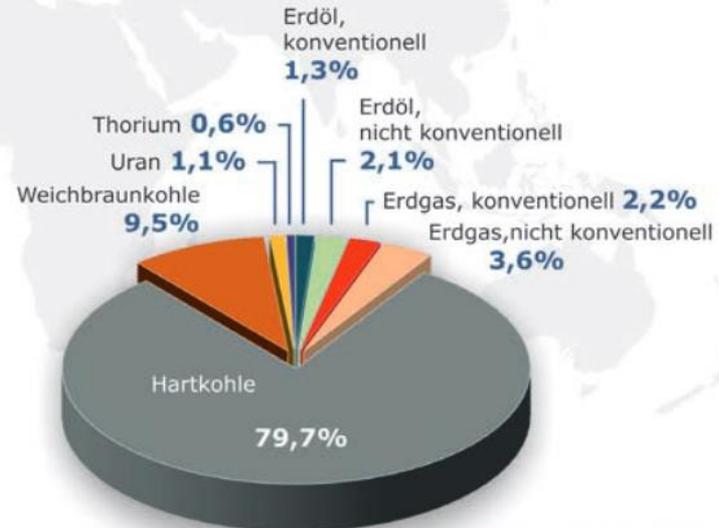
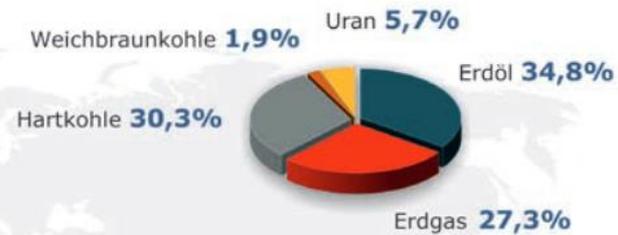
609 EJ



Reserven
40.237 EJ

Produktion

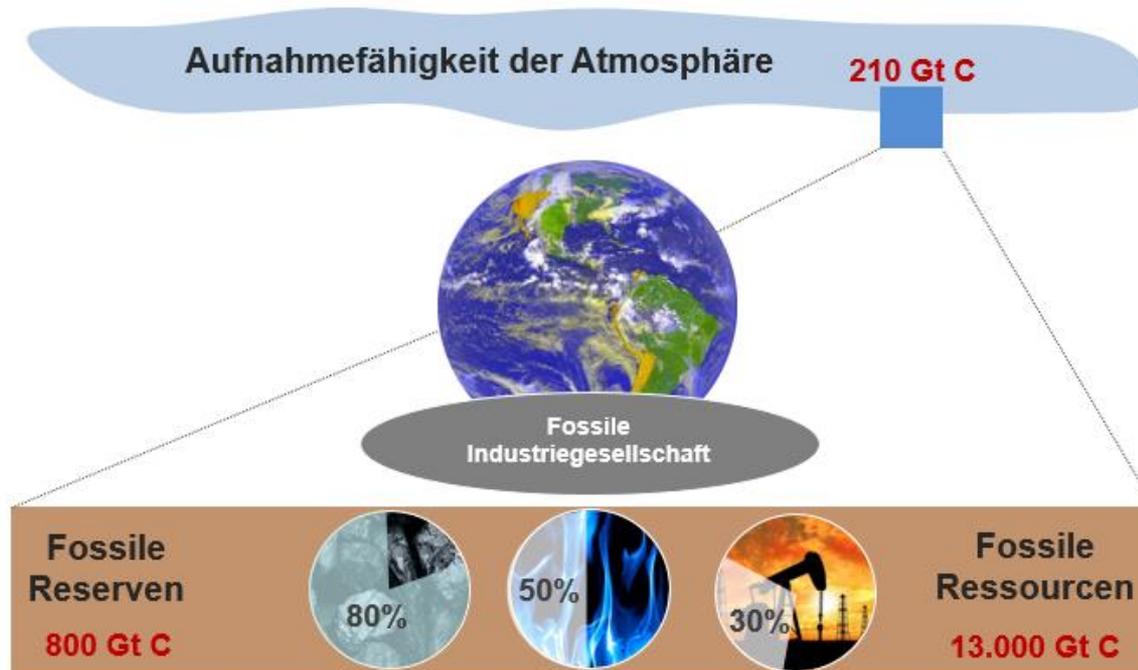
526 EJ

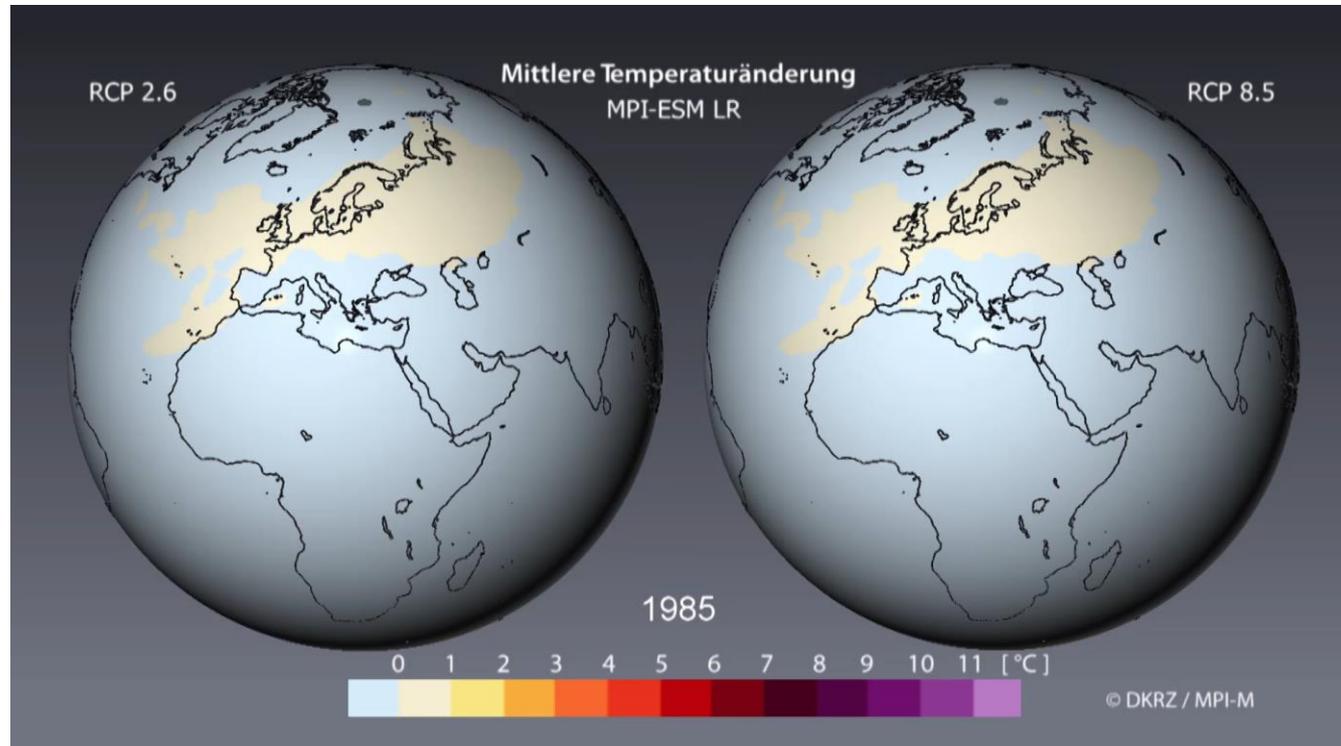


Ressourcen 550.183 EJ

Herausforderungen

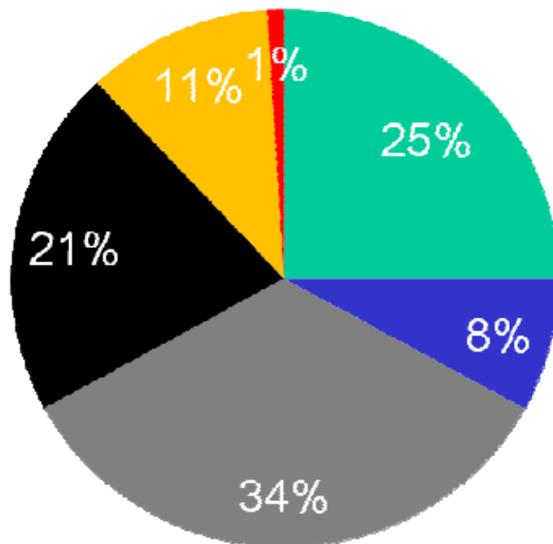
Dekarbonisierung „2-Grad Ziel“





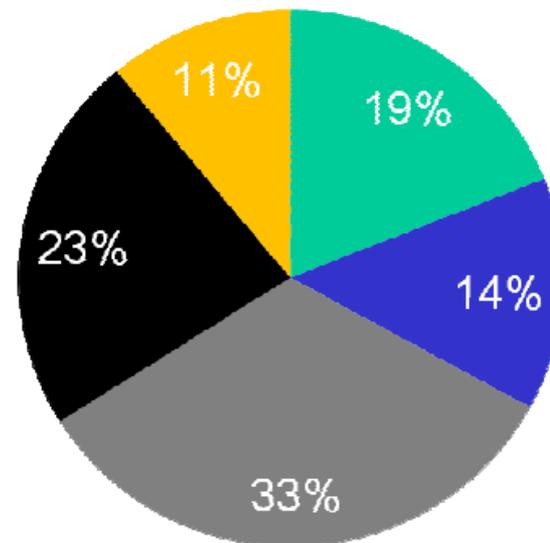
Elektrische Energieerzeugung in Deutschland und Europa (Stand 2015)

Deutschland



- Stein- und Braunkohle
- Kernenergie
- Mineralöl

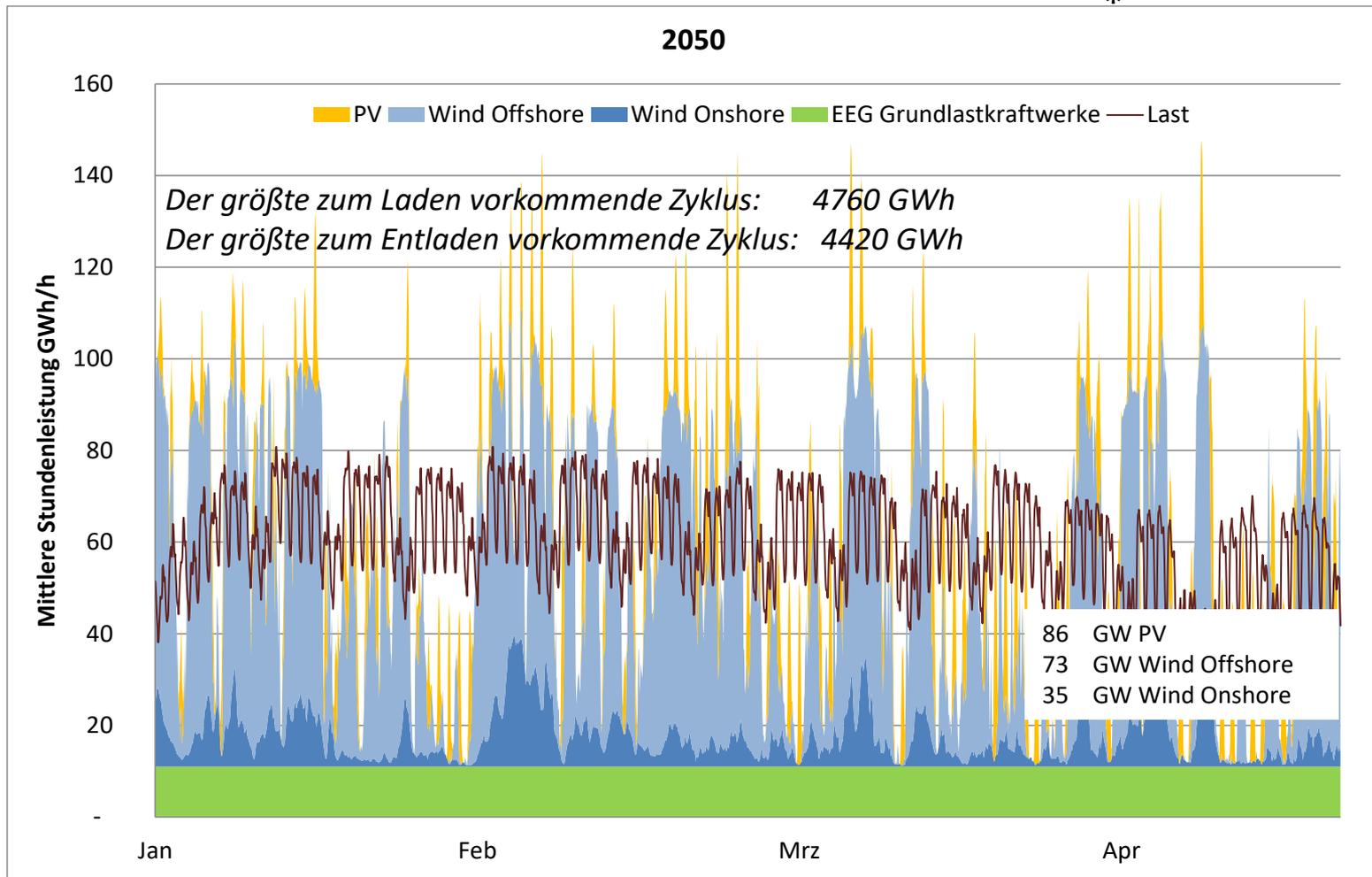
Europa



- Erdegas
- Erneuerbare Energien
- Sonstige

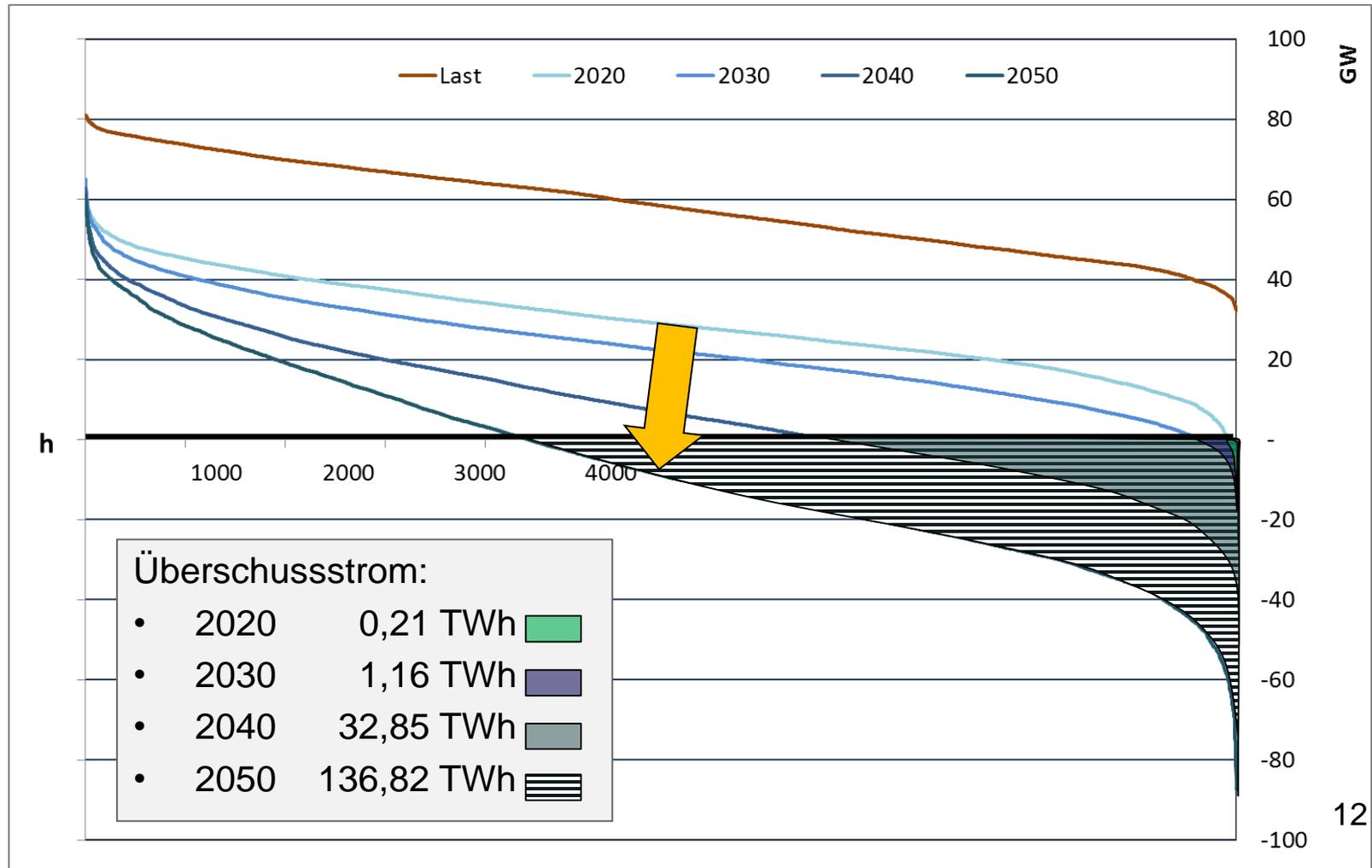
Quelle: <https://www.bmwi.de>; <https://www.destatis.de>

Zeitverlauf der Last und Erneuerbaren Energien 2050*



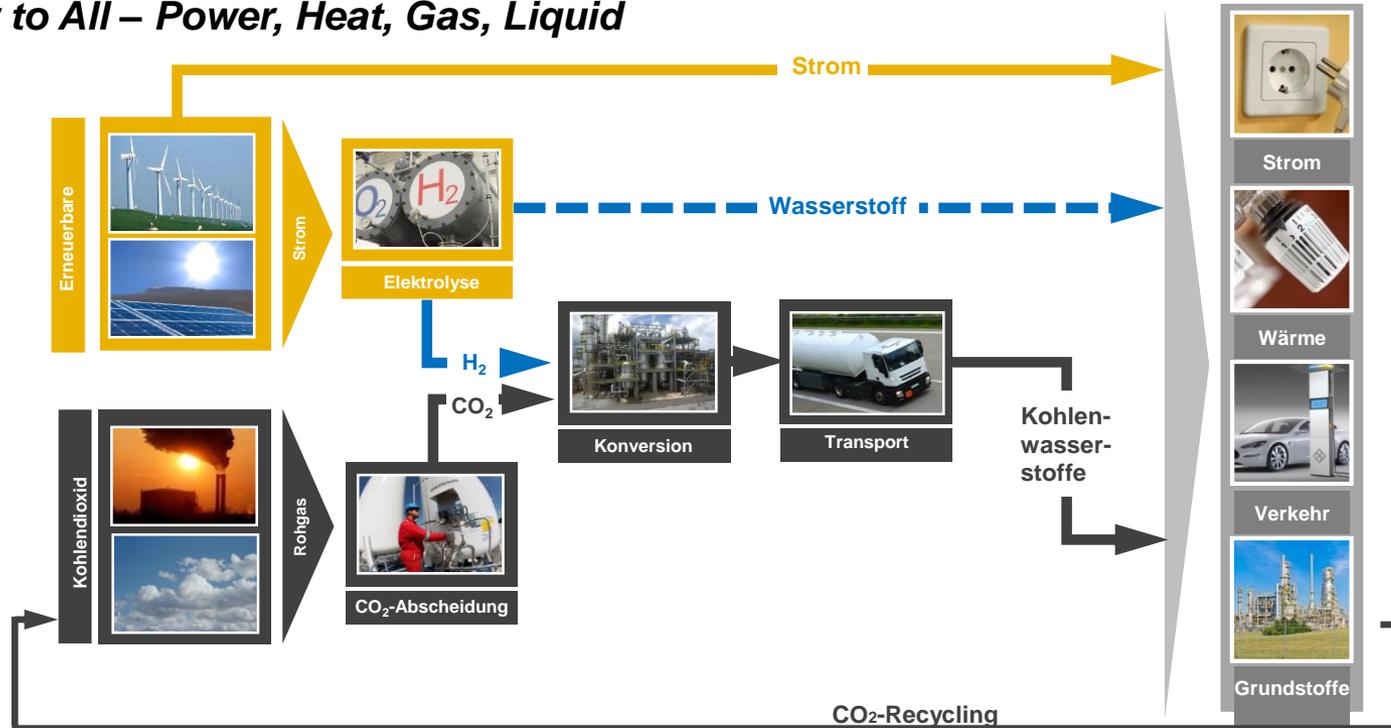
* Zur EEG-Grundlast gehören Biomasse, Biogas, Laufwasser und Geothermie. Diese wurde Einfachheit halber konstant mit ca. 11 GW angenommen

Überschussstrommengen aus erneuerbaren Energien



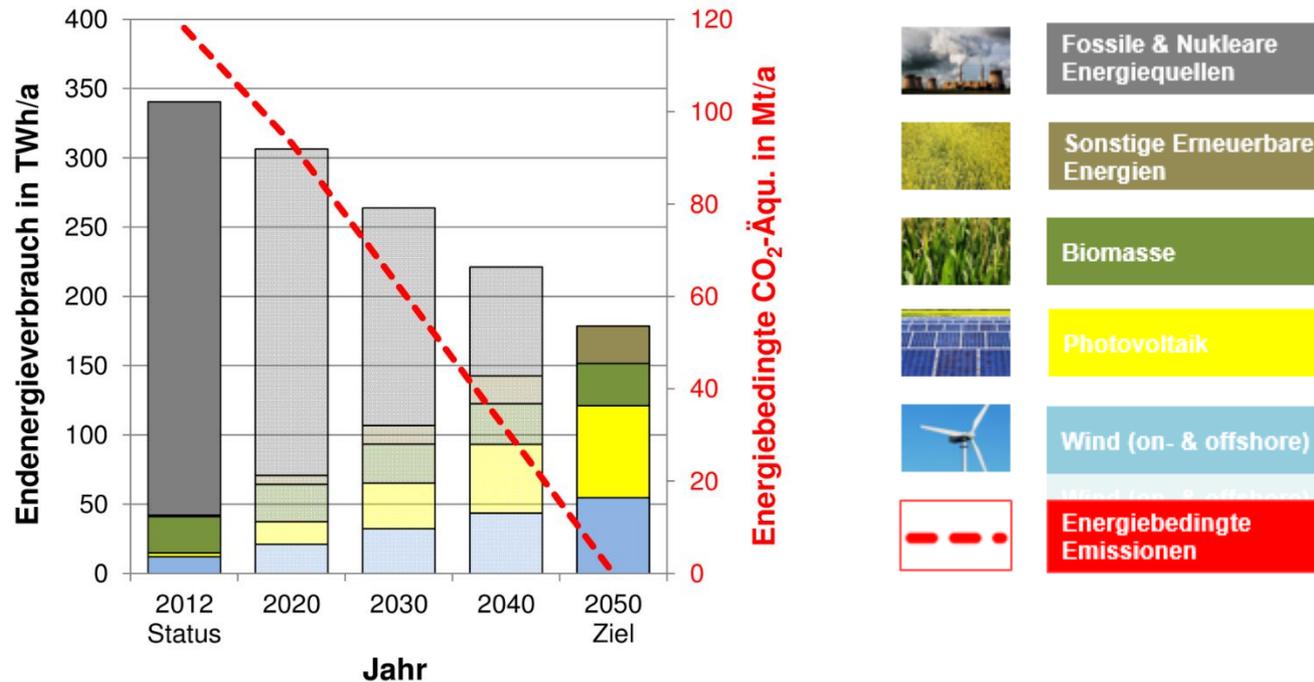
Herausforderungen

Power to All – Power, Heat, Gas, Liquid



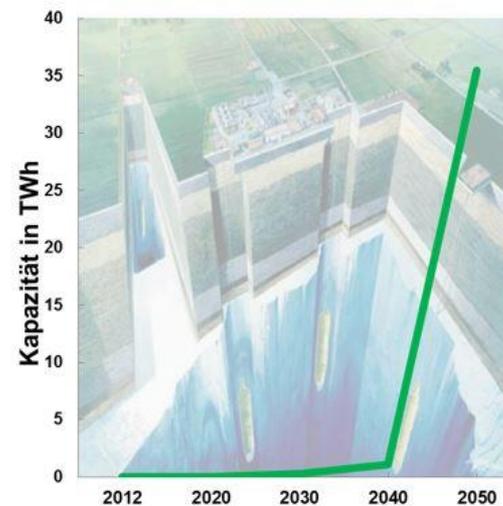
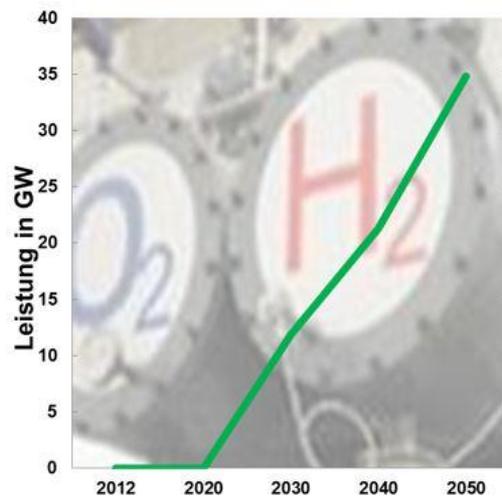
Bisheriges Fazit für Niedersachsen

Deckung des Endenergieverbrauchs mit 100 % EE



Speicherszenarien Niedersachsen 2050

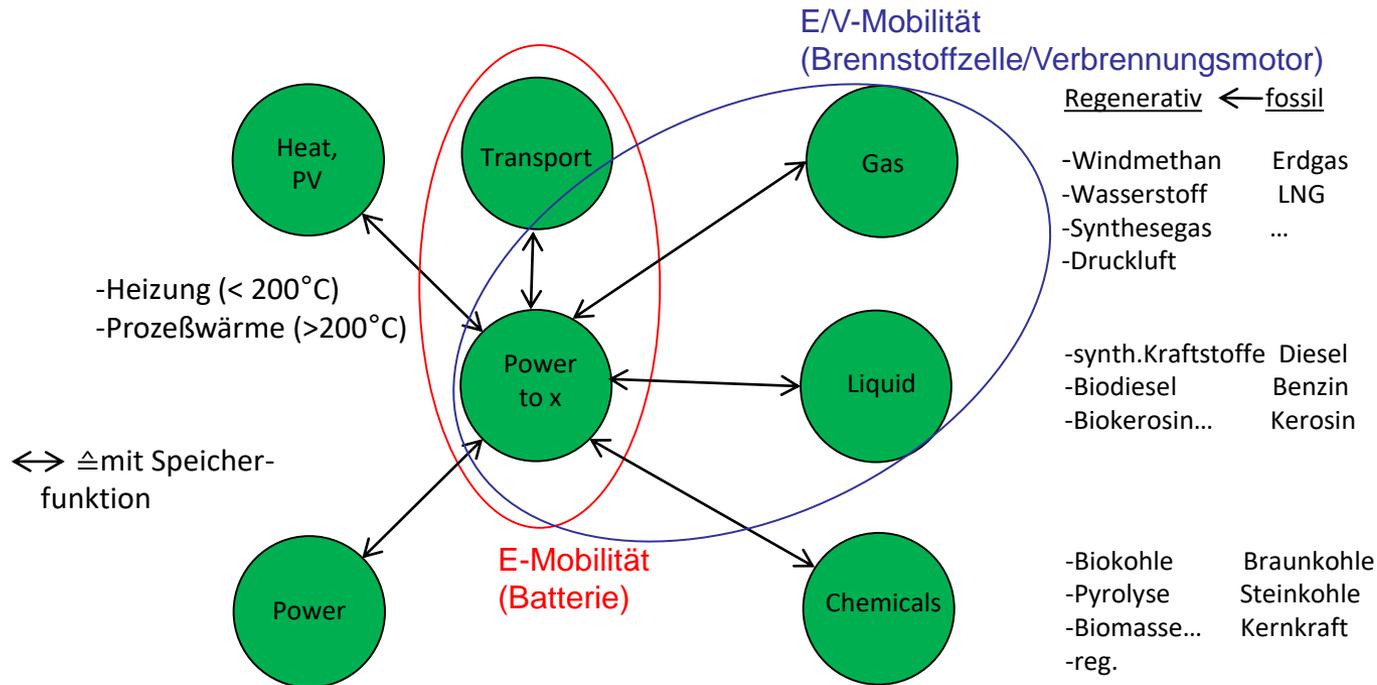
Speicherausbaupfad



- ▶ **Aufbau Elektrolyseleistung ab 2020 erforderlich**
- ▶ **Aufbau großer Wasserstoff-Speicherkapazitäten erst ab 2040 erforderlich**

Quelle: Nds. Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz, Szenarien 2050, 2016

Forschungsschwerpunkt: „Nachhaltige Energiesysteme“, Sektorkopplung (1) hier: Forschungsthema „Mobilität“



-neue Kraftwerksgeneration: regenerative Speicherkraftwerke -> Strom wird zur „Primärenergie“ der Zukunft

Energieszenario 2050 und Sektorkopplung (2)

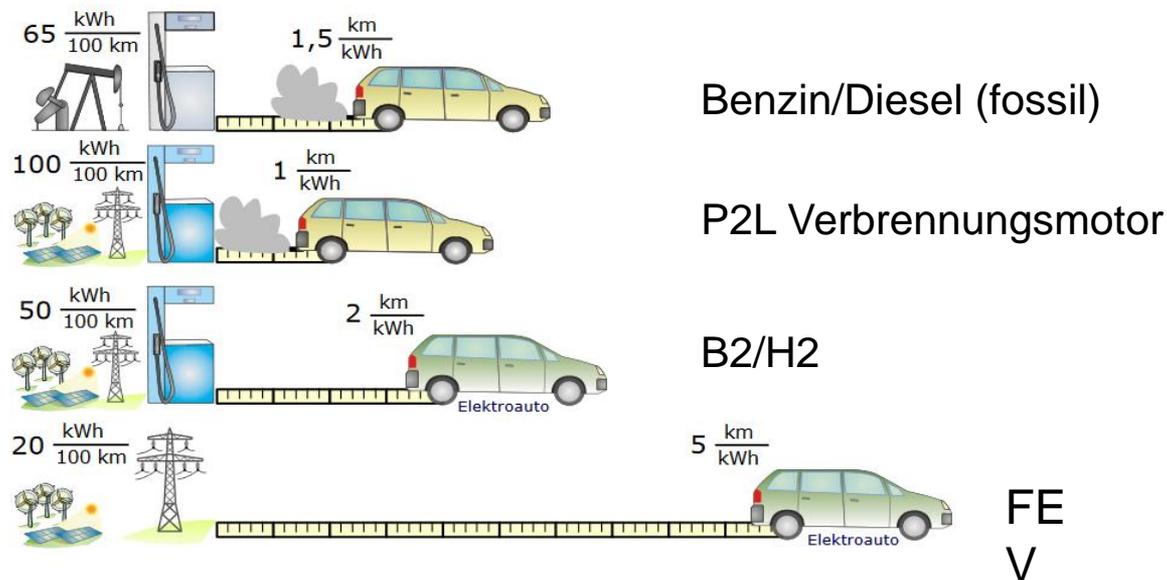


Bild 11 Effizienz strombasierter Verkehrskonzepte im Vergleich zu herkömmlichen Fahrzeugen im Individualverkehr mit Verbrennungsmotor (1.v.o: konventionell, 2 v.o.: P2L/P2G mit Verbrennungsmotor, 3.v.o: P2L/P2G mit Brennstoffzelle und Elektroantrieb, 4.v.o: Batteriefahrzeug mit EE-Strom)

[Quaschnig: Sektorkopplung durch die Energiewende]

Vergleich der Effizienz alternativer PKW-Antriebe mit 100% regenerativer Elektroenergie-Einspeisung

	Input	Elektrolyse	Speicher	Wandlung	Motor (Rad)	Effizienz
E-Auto (BEV)	1	--	Batterie 0,9	--	E-Motorregelung 0,9	0,81
E-Auto (H2-BZ)	1	PEM-EL 0,65	Kompressor 700bar H2-T 0,9	BZ-E 0,6	E-Motorregelung 0,9	0,32 (1:2,5)
V-Auto (Green-E-Gas)	1	0,65	(Ptg) + 0,8	2H2O+Wel+CO2 CH4+2O2	Verbrennungsmotor 0,3	0,16 (1:5,1)
V-Auto (Green-E-Diesel)	1	0,65	(PtL) + 0,6	nH2O+Wel+mCO2 j CxHy + kO2	0,32	0,13 (1:6,2)

Vergleich der Reichweite und Kosten alternativer Antriebe mit 100%-regenerativer Elektroenergieeinspeisung

	Tankinhalt	Verbrauch	Reichweite
E-Auto (Audi e-tron / Tesla Model S)	100 kWh	24 kWh/100 km (0,15€/kWh)*	417 km (3,60€/100km)
E-Auto (Audi h-tron, 110KW BZ/100KW Batt./SUV)	6 Kg H2/700bar (240 kWh) (7€/kg Annahme)	1 Kg H2/100 km (40 kWh/100 km) 24/40 = 0,6	600 km (7,00€/100km)
V-Auto (green-Gas) (Audi g-tron/A3) - PtG -	16,3 kg (158 kWh)	3,25 kg/100 km (32 kWh/100 km)	500 km (13,60€/100 km)
V-Auto (PtL) (green-e-diesel) A3-Audi	50l (500 kWh) 4€/l – MBB Angabe	4,2l/100 km (42 kWh/100 km) *ohne Abgaben,	1.190 km (16,80€/100km) Stand 4/19

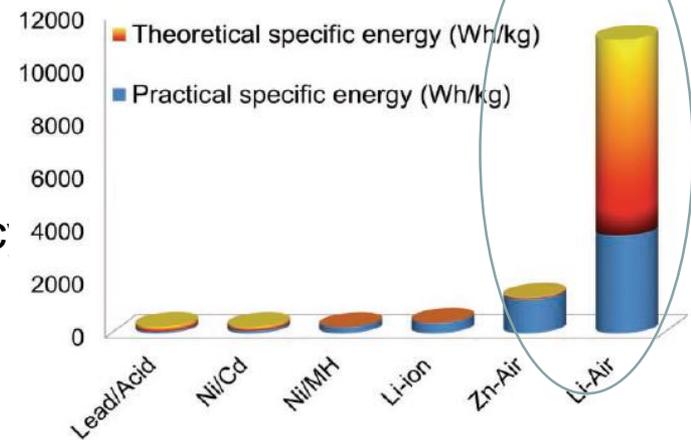
Vergleich PKW-E- und PKW-V-Mobilität (Stand (6/19))

Entwicklungspotential		Effizienz	Reichweite	Sicherheit	Abgas	Tanken	Kosten (Betrieb)	Summe
+++	BEV	+++	+	+	+++	+	++	14
++	BZ/H2	++	++	+	+++	++	+	13
+	H2/V	+	++	++	+	++	++	11
++	V/Green Diesel	-	+++	+++	+	+++	-	12
-	V/Fossil Diesel	-	+++	+++	-	+++	++	11

1. How far can we drive?

Motivation

- Commercial li-air-batteries have on system level a specific energy density of more than 400 Wh/kg, about. 4 – 5 times more than lithium-ionen-batteriesystems today (Zinc-air: 200
- A problem is still the cycle stability
- Potential low cost, non toxic, secure batteriesystems
- At this juncture only approaches for high c stability and high power were developed



Forschung

Elektromobilität und Ladeinfrastruktur (Stand 6/19)



Tesla Supercharger
[insideev.com]

400V
170kW

Ladezeit: 30min. (85kWh)

$$t' / 100km = 7min$$



Porsche High Power Charger
800V, 350kW
[electrive.net, porsche.de]

Ladezeit: 20min. (100kWh)

$$t' / 100km = 4min$$



Pantograph
350 - 500kW
[schunk-group.com]

Ladezeit: 12min. (100kWh)
(Zukunft)

$$t' / 100km = 2,4min$$

Forschung

What happens when lithium ion batteries catch fire?

- Burning Tesla during a fast charge on 01.01.2016 in Norway



<https://www.youtube.com/watch?v=CWXN7ni4FTc&feature=youtu.be>



<http://www.zerohedge.com/news/2016-01-01/>



<http://www.zerohedge.com/news/2016-01-01/>



www.democraticunderground.com

What are the available fire extinguishing methods for lithium ion batteries?

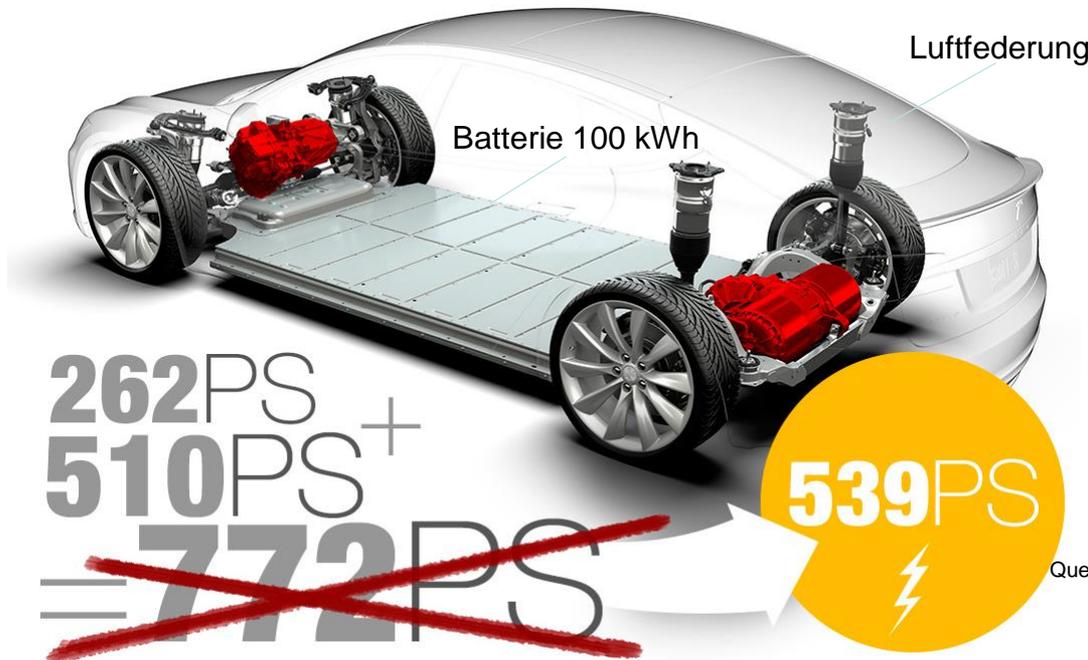
Successful fire extinction with F-500





Initiierung der Havarie erfolgte durch gezieltes Überladen einer Zelle

Querschnittszeichnung Tesla Modell S, mit Li-ion-Batterie



Mittlerer Verbrauch
5 km/ kWh
Reichweite: 500 km (100wh/Kg)
(real 250 km)
Zukunft (2-4fach)
(400 kw/kg)
» 600-800 km
realistisch

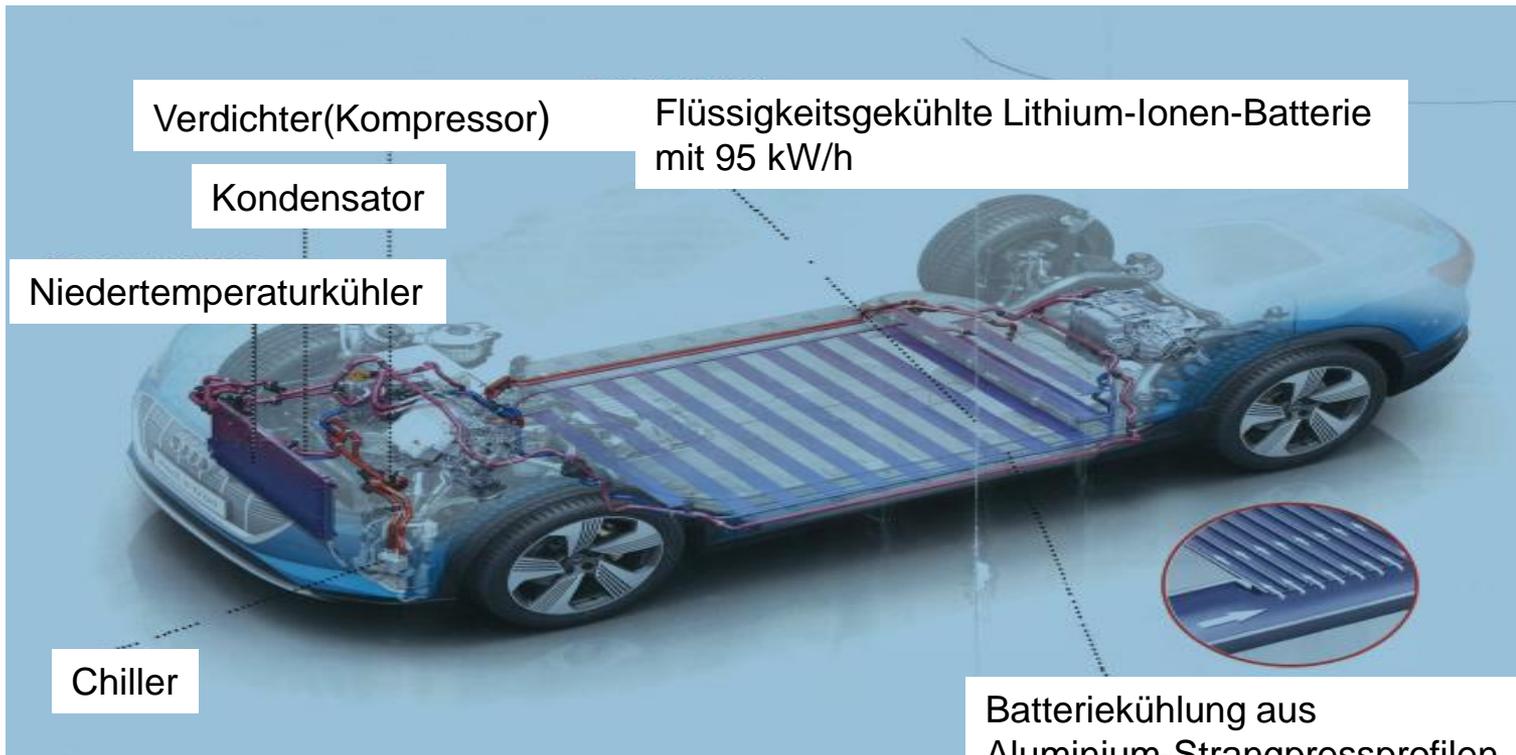
262PS
510PS⁺
~~= 772PS~~

539PS
⚡

Quelle: Tesla

Summe Motorleistung 567kW, Leistungsbegrenzung Batterie (400kW)

Wohlfühl-Temperatur beim Audi -etron



Quelle: Auto Service Praxis 04/2019

Batteriekühlung aus Aluminium-Strangpressprofilen („Microports“)

Ökobilanz im Vergleich

Fahrzeug	THG-Emissionen [g/Fzk]	NO _x -Emissionen [g/Fzk]	PM-Emissionen [g/Fzk]	Kumulierter Energieaufwand [kWh/Fzk]	Batteriegewicht [kg]
Benzin-Fahrzeug	202,2	0,162	0,026	0,770	-
Diesel-Fahrzeug	192,5	0,385	0,023	0,741	-
Hybrid-Elektrofahrzeug (Benzin)	185,8	0,146	0,025	0,707	25
Hybrid-Elektrofahrzeug (Diesel)	178,8	0,37	0,023	0,695	25
Plug-In Hybrid-Elektrofahrzeug (Benzin)	139,1	0,13	0,023	0,695	25
Plug-In Hybrid-Elektrofahrzeug (Diesel)	136,2	0,301	0,023	0,695	25
schweres Elektrofahrzeug (Ö-Strom)	49,6	0,104	0,025	0,339	200
schweres Elektrofahrzeug (UZ 46 Strom)	23,8	0,105	0,024	0,291	200
leichtes Elektrofahrzeug (Ö-Strom)	37,3	0,073	0,023	0,251	175
leichtes Elektrofahrzeug (UZ 46 Strom)	19,2	0,074	0,022	0,217	175

durch Ökostrom weniger als 10 % der Emissionen

Warum nachhaltige Energiesysteme?

- Die Energiebranche steht vor großen Herausforderungen:
 - Viele Rohstoffe, allen voran Erdöl, werden knapper und damit auch teurer, produzieren CO₂ und Kriege, Wertschöpfung nicht in Deutschland (Arbeitsplätze)
 - Der Atomausstieg ist nach Fukushima beschlossen (keine Lösung des Entsorgungsproblems), bis 2050 soll die Stromversorgung zu 80% aus regenerativen Quellen erfolgen.
 - In veralteten Kraftwerken sind neue Investitionen und Technologien erforderlich, um dem Wandel in der Energieversorgungsinfrastruktur folgen zu können (Flexibilität und Speicherfunktionen fehlen).
 - Neue „Energietrassen“ sind zu konzipieren, um beispielsweise den Off-Shore-Wind zu den großen Verbrauchern zu bringen.
 - Vor diesem Hintergrund werden Experten benötigt, die in der Lage sind, sich mit dem komplexen Systemen auszukennen und aufzuzeigen, wie die Versorgung nachhaltig gewährleistet werden kann.

business4school

Wirtschaft für die Schule



business4school wurde als Bildungsprojekt von den Lions Clubs in Göttingen initiiert.

Das Programm von business4school unterstützt den Unterricht an den Schulen und schafft zusätzliche Wissensangebote. Der Themenkatalog vermittelt das Verständnis von Wirtschaft als Verbraucher, im Unternehmen, in Staat und Gesellschaft und zur globalen Wirtschaft.

In **Hannover** wird business4school mit mehreren Kooperationspartnern durchgeführt:

IHK, DIE FAMILIENUNTERNEHMER, Leibniz Universität und weiteren Hochschulen der Region.

business4school UG

www.business4school.de
college@business4school.de

Impressum | Braunschweig

business4school ist aus einem Projekt der Lions Clubs in Göttingen entstanden und wird in Kooperation mit der SüdniedersachsenStiftung, dem Verband DIE FAMILIENUNTERNEHMER, der IHK, Unternehmen und den Hochschulen, sowie der Allianz für die Region durchgeführt.

Das Konzept von business4school richtet sich auf die Unterstützung des Unterrichts an den Schulen und will zusätzliche Wissensangebote schaffen. Der Themenkatalog soll das Verständnis von Wirtschaft als Verbraucher, als Bürger und aus betrieblicher Sicht vermitteln.

Web www.business4school.de
Mail college@business4school.de