

OST

Ostschweizer
Fachhochschule

Mobilität & Energie (Technologievergleiche)

**Weiterbildung Mobilitätsberatung im
Energiekonzept 2030 St.Gallen, am 24. Mai 2022 (Buchs SG)**

Matthias Berthold

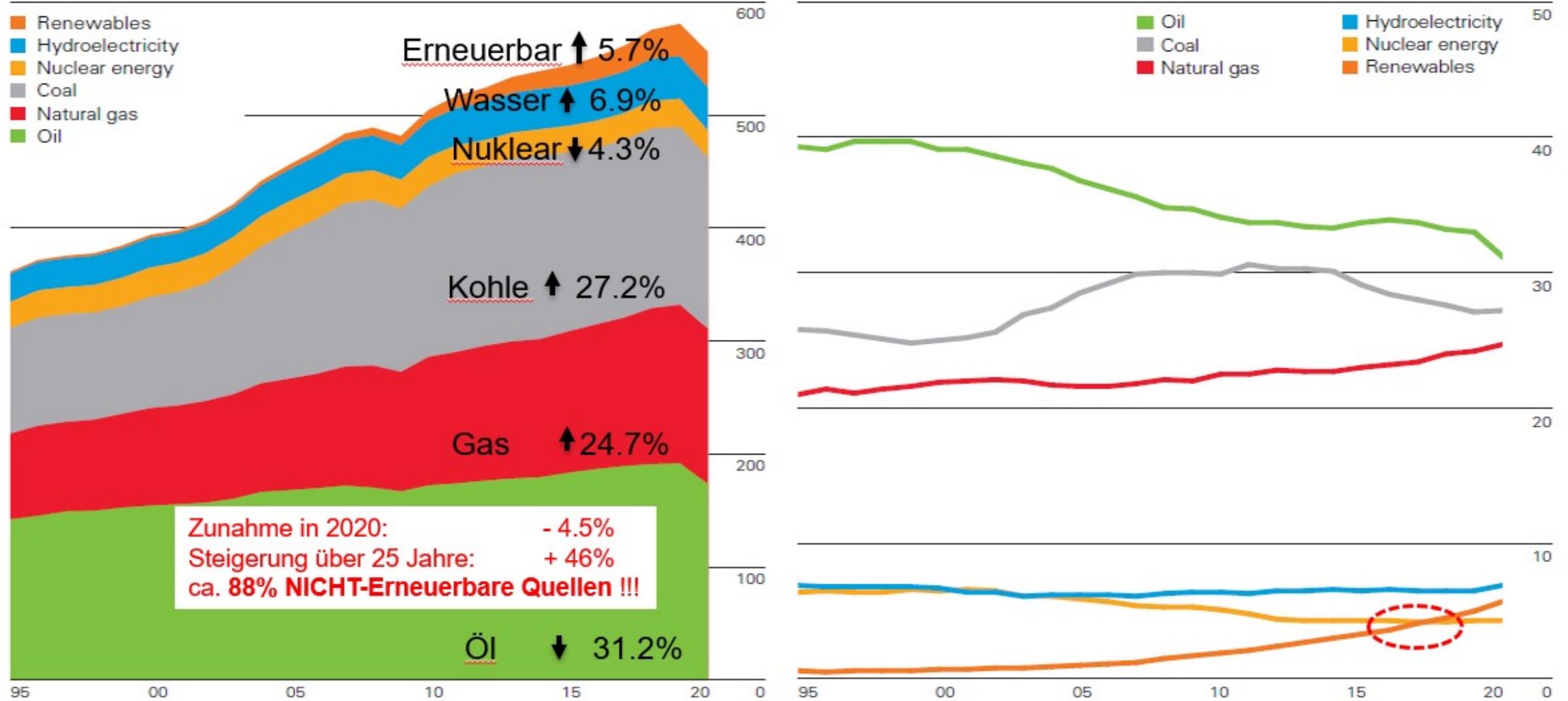
Matthias.Berthold@ost.ch

Telefon Nr.: +41 58 257 31 51

Technik Buchs / Institut für Energiesysteme (IES)

Herausforderung: Fossile Energieträger > 80% Primärenergie

von 1995 bis 2020 in ExaJoule (1 EJ = 278 TWh) und Relativ in %



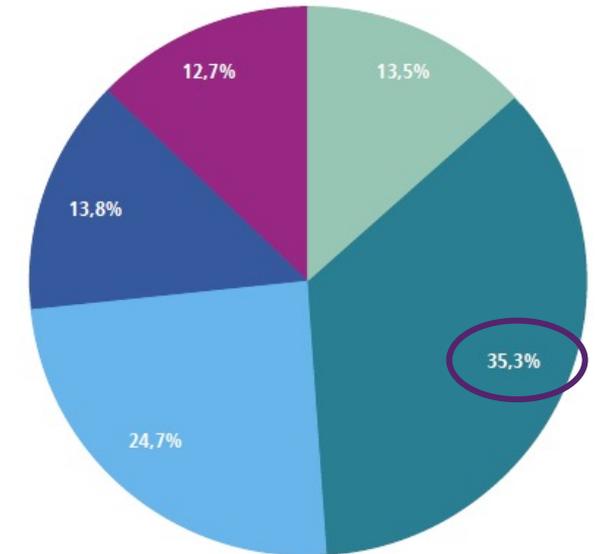
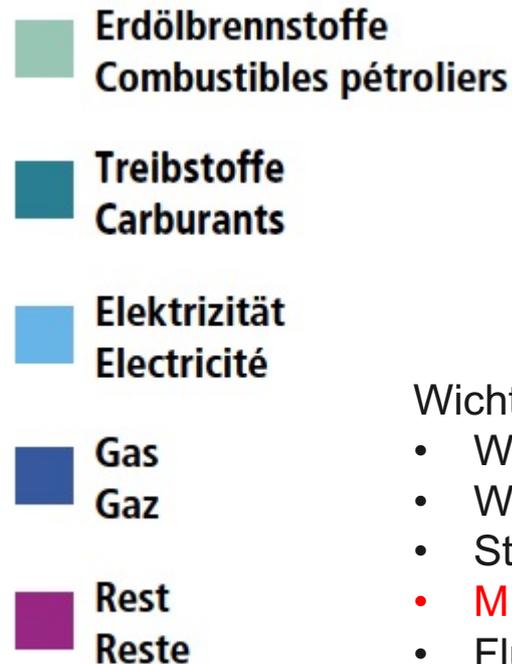
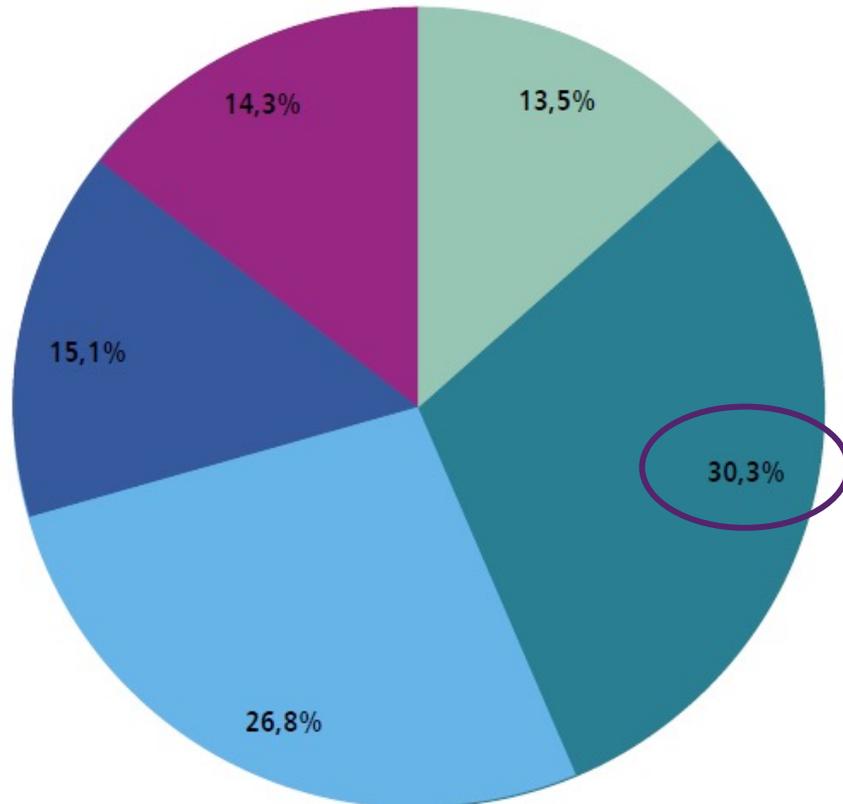
Schweiz: Fossile Treibstoffe ca. 1/3 der Endenergie

(«normal»: ca. 50% Öl & Treibstoffe - ¼ Elektrizität !)

2019: 836 PJ
(PJ=Peta Joule = 10^{15} Js)

2020: 747 PJ
(PJ=Peta Joule = 10^{15} Js)

10 % Reduktion gegenüber 2019
(wegen Covid-19: **Treibstoffe** von 35% -> 30,3%):



Wichtige Einflussfaktoren (Vgl. zu 2019):

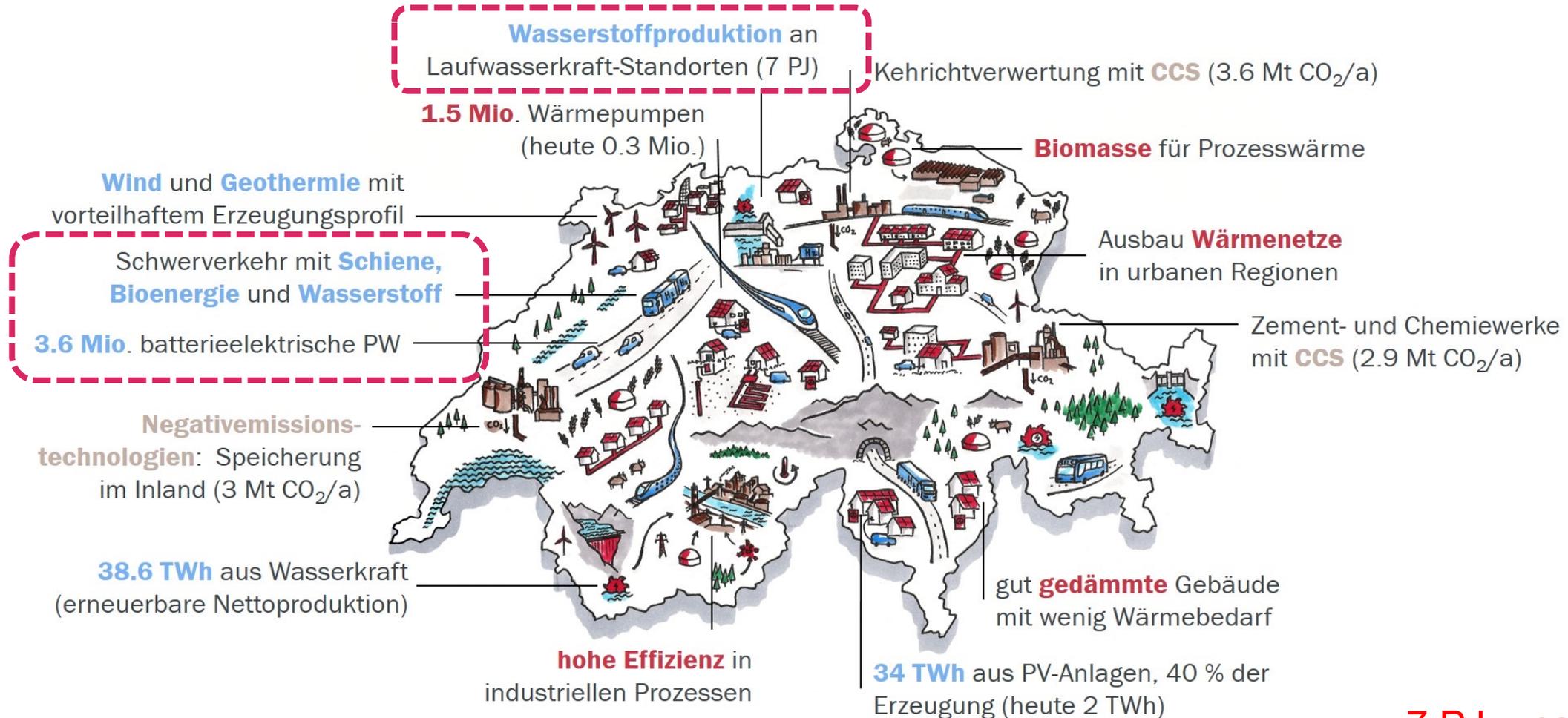
- Witterung (Heizgradtage -4.4%)
- Wirtschaftswachstum (BIP -2.9%)
- Ständige Wohnbevölkerung (+0.7%)
- **MFZ Zulassungen (+1.3%)**
- Flugverkehr (-64%)

→ Effizienzsteigerungen?

Quelle: Gesamtenergiestatistik 2020, Bundesamt für Energie

Zielbild klimaneutrale Schweiz 2050

Z.T. unverändert eine Importstrategie, zusätzlich eine CO₂-Exportstrategie

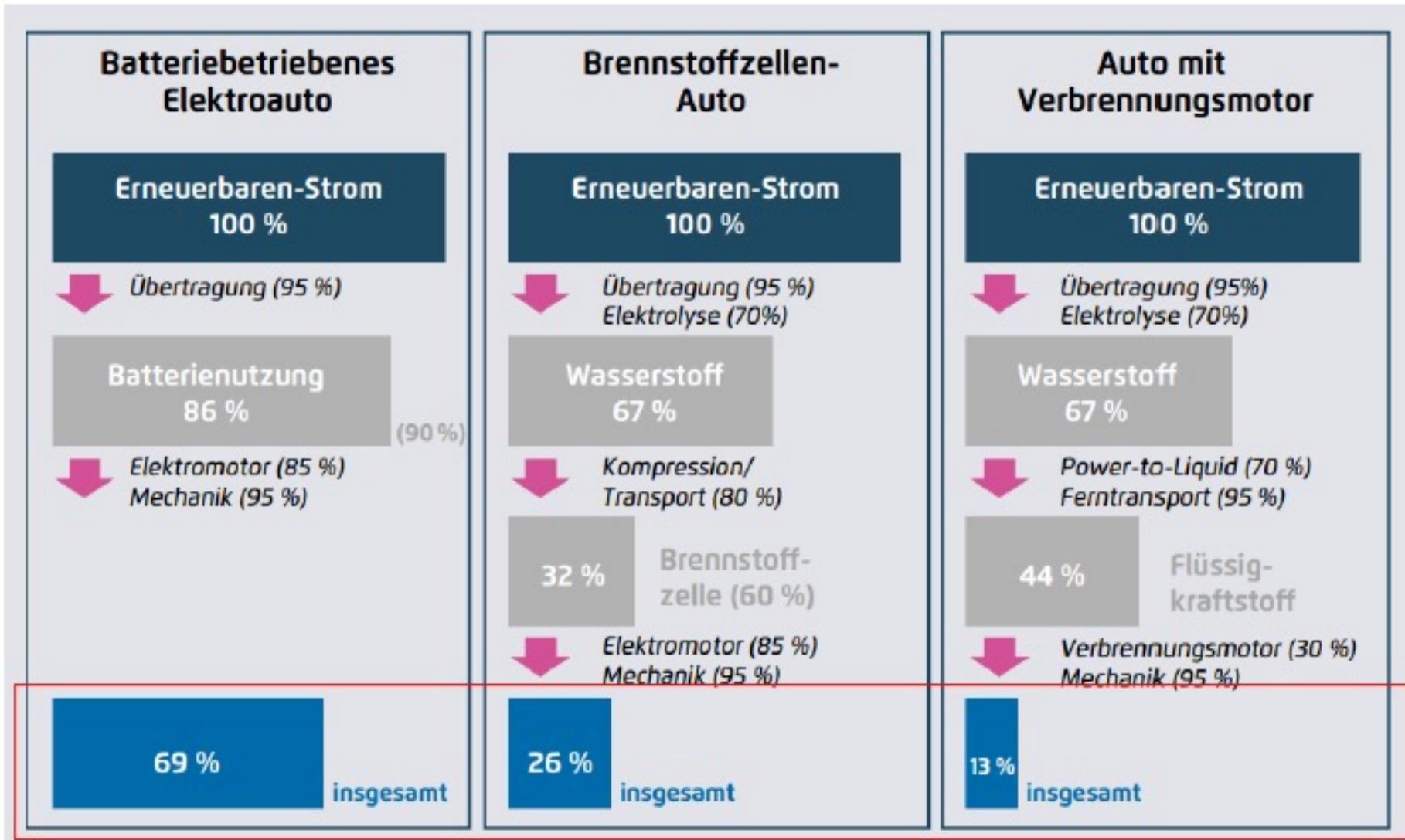


7 PJ = ca. 1.94 TWh

Grafik: Dina Tschumi; Prognos AG

Quelle: <https://www.bfe.admin.ch/bfe/de/home/politik/energieperspektiven-2050-plus.html>, 4.4.22

Energie-Effizienz: BEV – FC – Verbrennung

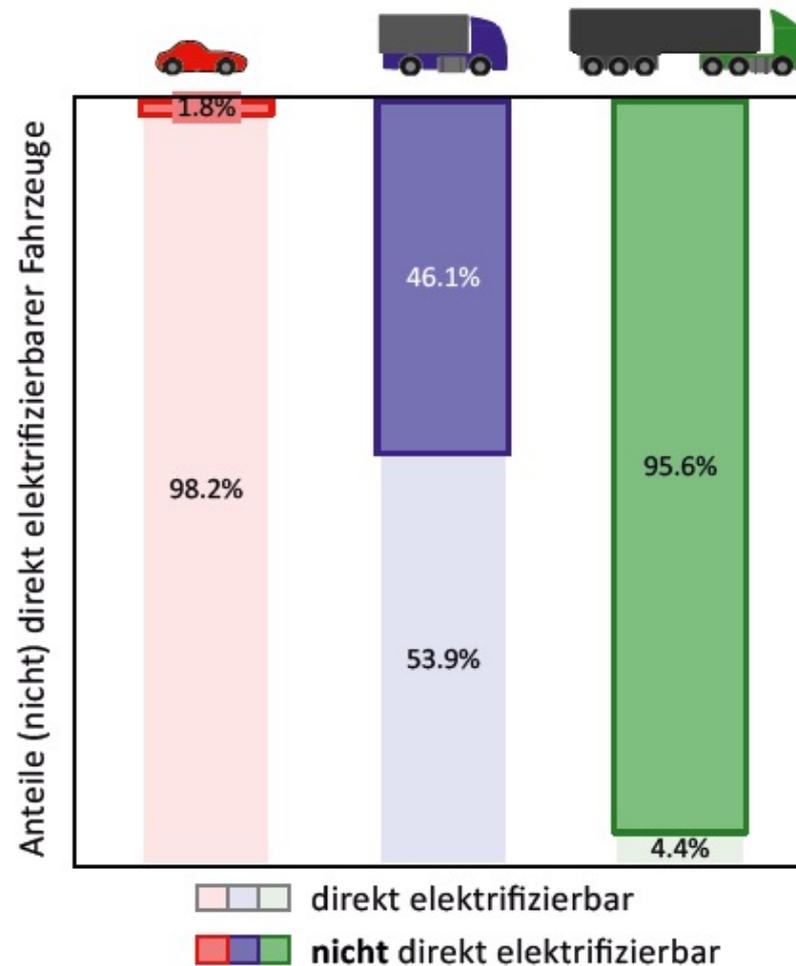
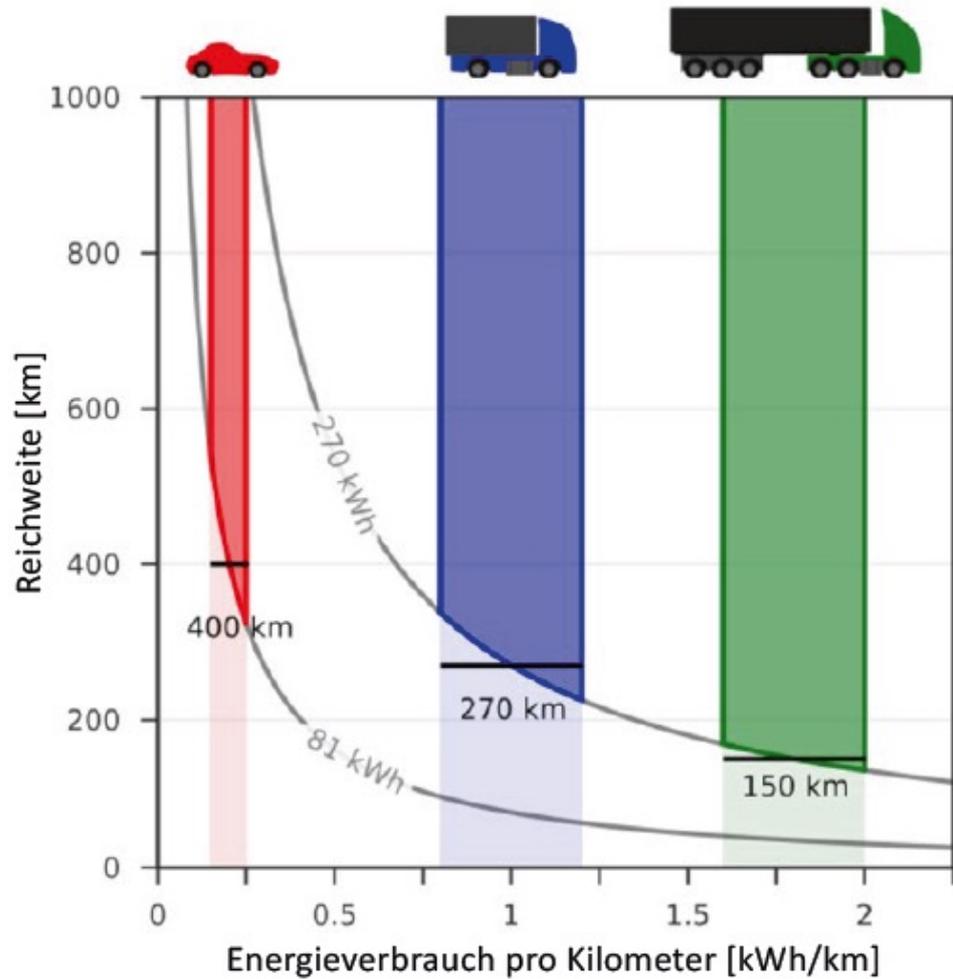


Wasserstoff & synthetische Kraftstoffe sind weniger effizient, aber „besser“ speicherbar als elektr. Energie!

Speicher sind für die integration der fluktuierende Wind- & PV- Einspeisung wichtig!

Quelle: \201805_ZukunftStrombasierterBrennstoffe_Agora.pdf

Energieverbrauch und Reichweite



- Oberleitungen bei Autobahnen (hier Teststrecke bei Frankfurt)
- höher Ladeleistungen?

(Bildquelle: FAZ, 22.1.2022)

Quelle: «Weissbuch Power-to-X», Juli 2019

Grundsätzliches zu Wasserstoff

Wasserstoff

- ist das häufigste Element auf der Erde -> keine «Knappheit»
- kann nachhaltig gewonnen werden («Grüner Wasserstoff»)
- saubere Verbrennung, da ausschliesslich Wasser entsteht
- hat die höchste gravimetrische Energiedichte [kWh/kg]
(aber nur sehr geringe volumetrische Energiedichte [kWh/Nm³])
- ist das Element mit der geringsten Dichte (14,4-mal weniger dicht als Luft)



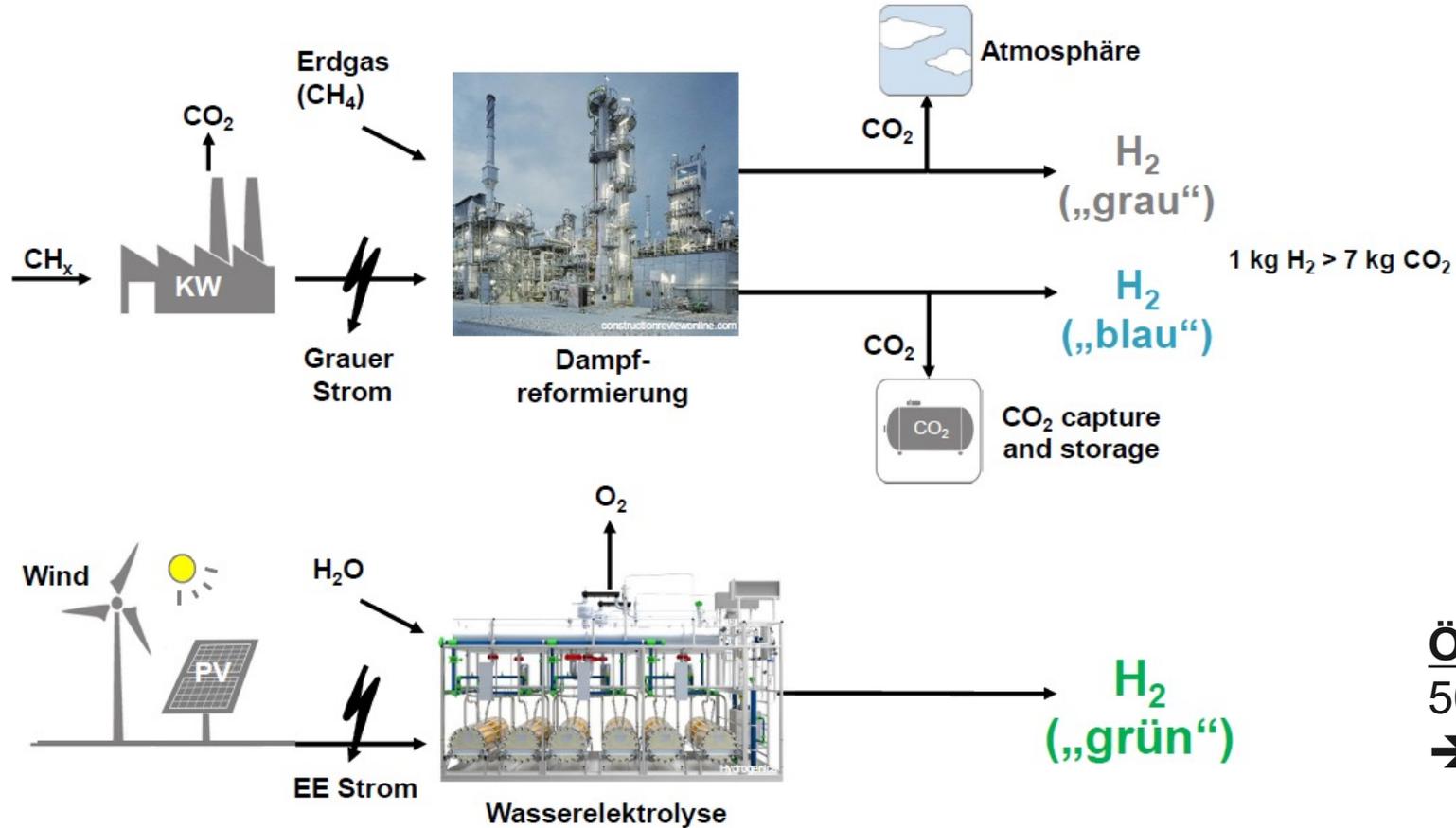
| Eigenschaft | Wasserstoff | Vergleich |
|---------------------------------------|--|---------------------------------------|
| Dichte (gasförmig) | 0.089 kg/m ³ (0°C, 1 bar) | 1/10 von Erdgas, 1/14 von Luft |
| Dichte (flüssig) | 70.79 kg/m ³ (-253°C, 1 bar) | 1/6 von Erdgas |
| Siedepunkt | -252.76°C (1 bar) | 90°C unterhalb von Flüssigerdgas |
| Gravimetrische Energiedichte (Heizw.) | 33.3 kWh/kg | ca. 3-mal so hoch wie Benzin / Diesel |
| Volumetrische Energiedichte (Heizw.) | 3 kWh/Nm ³ | 1/3'000 von Benzin / Diesel (p=1 bar) |
| Selbstzündtemperatur | 585°C | 220°C bei Benzin |

Quelle: Sterner, Energiespeicher, 2017, Seite 353 u.ff.

Wasserstoff-Gewinnung: Grau, Blau und Grün

Grauer - Blauer - Grüner Wasserstoff

Dampfreformierung - Wasserelektrolyse



Ökostrom beim KVA?

50% biogener Anteil bei Kehricht
→ 50% Ökostromanteil

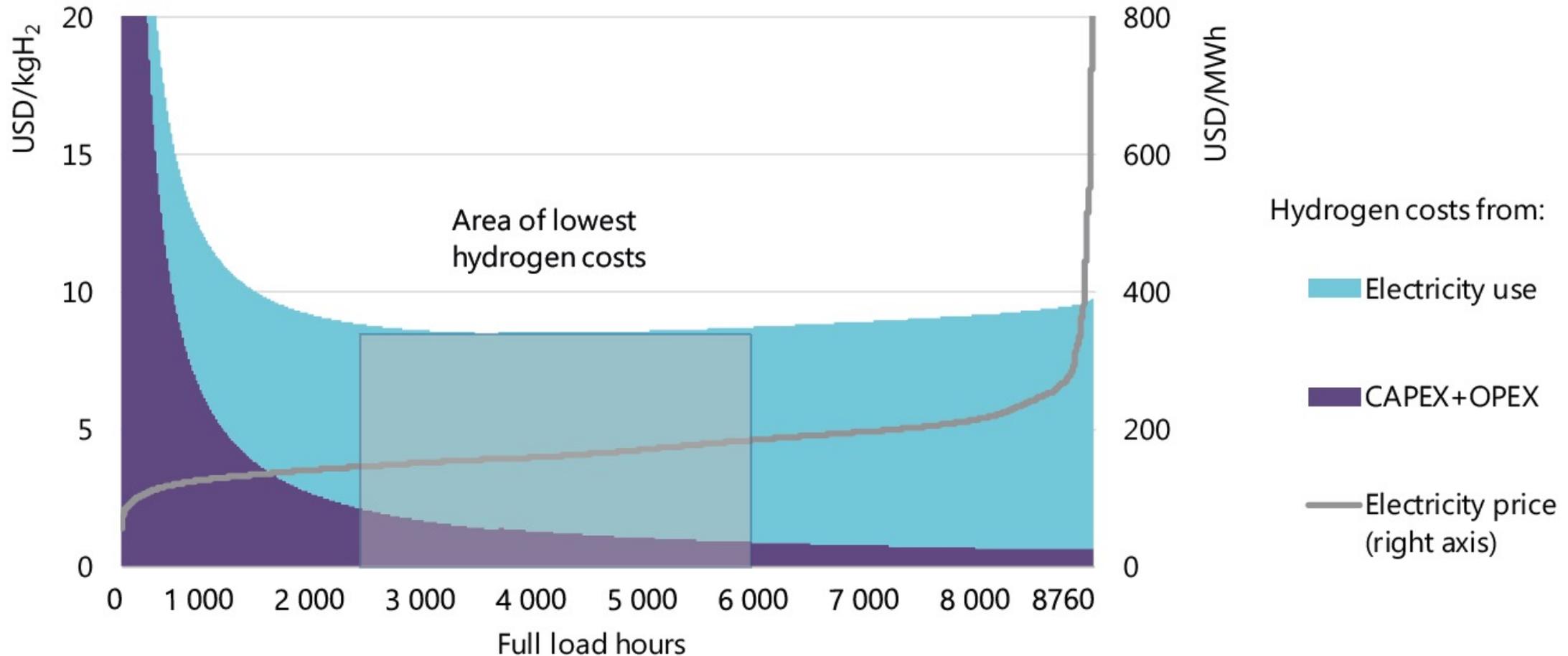


© SIZ-EGS . www.siz-egs.de . 8. PL Treffen Energiewende Bauen . 14.5.2020

4

Quelle: [\04 Recherche Datenblätter2020 05 Esslingen West P2G2P 1MW AEL.pdf](#)

Elektrolyse – Gesteuerungskosten (Abhängigkeit von Volllaststunden & Strompreis)



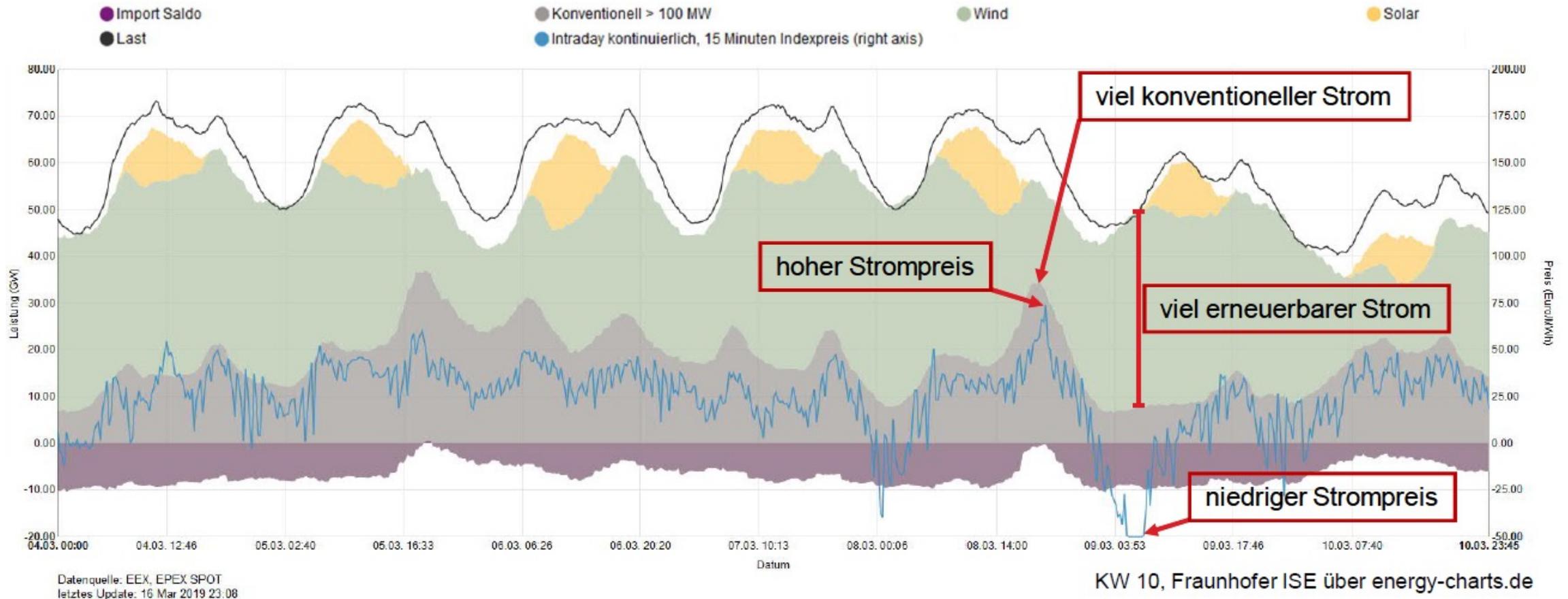
Quelle: [iea, „The future of hydrogen - Seizing today's opportunities,“ International Energy Agency, June 2019](#)

Generelle Elektrolyse Betriebsweise «Energiewendenedienlich»

→ Speichermöglichkeit für nEE-Einspeisung !!!

Günstiger Strom **korreliert** mit **nEE-Einspeisung**

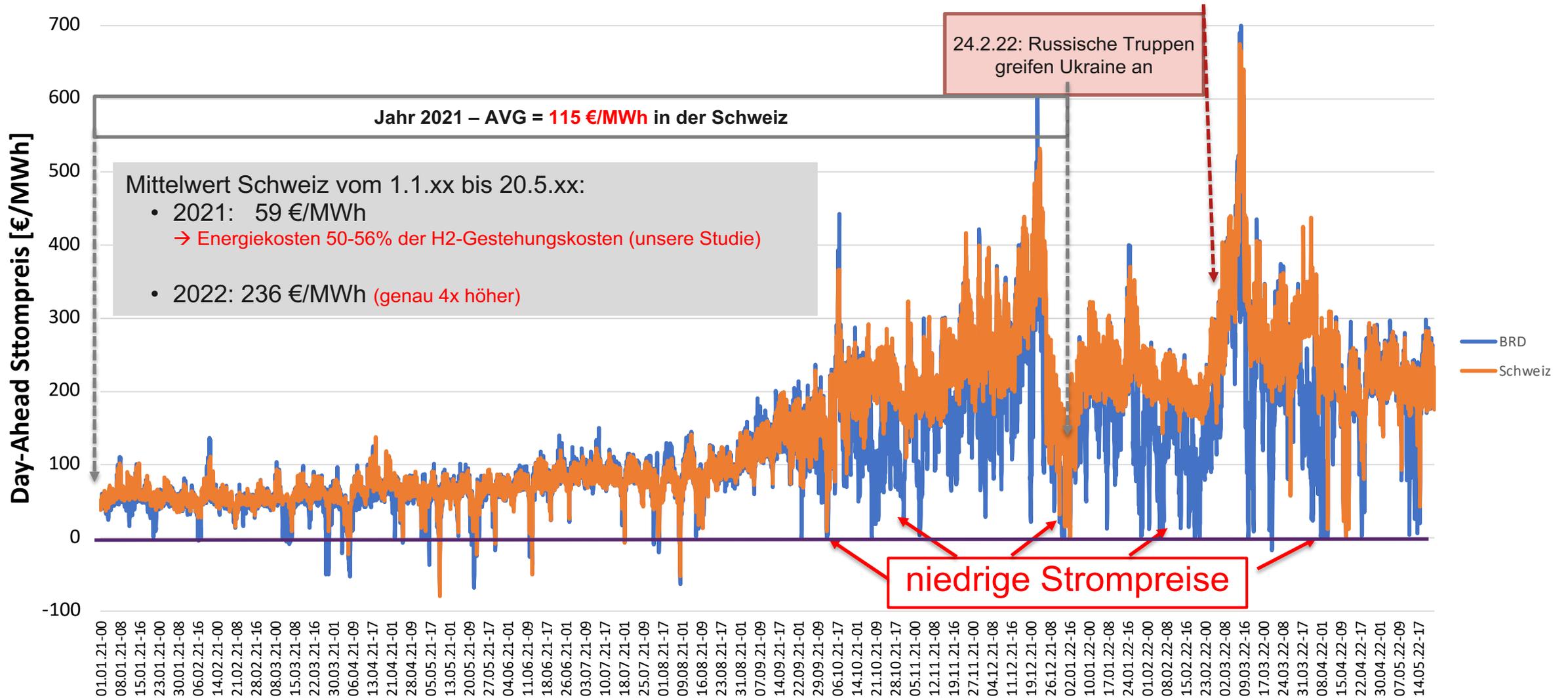
→ **Energie-Wende**-Dienlicher Einsatz der Elektrolysen aus „Kostengründen“ (3'000...6'000 Volllaststunden angestrebt)!



Quellen: [\04 Recherche Datenblätter\2020_05 Esslingen West P2G2P 1MW AEL.pdf](#)

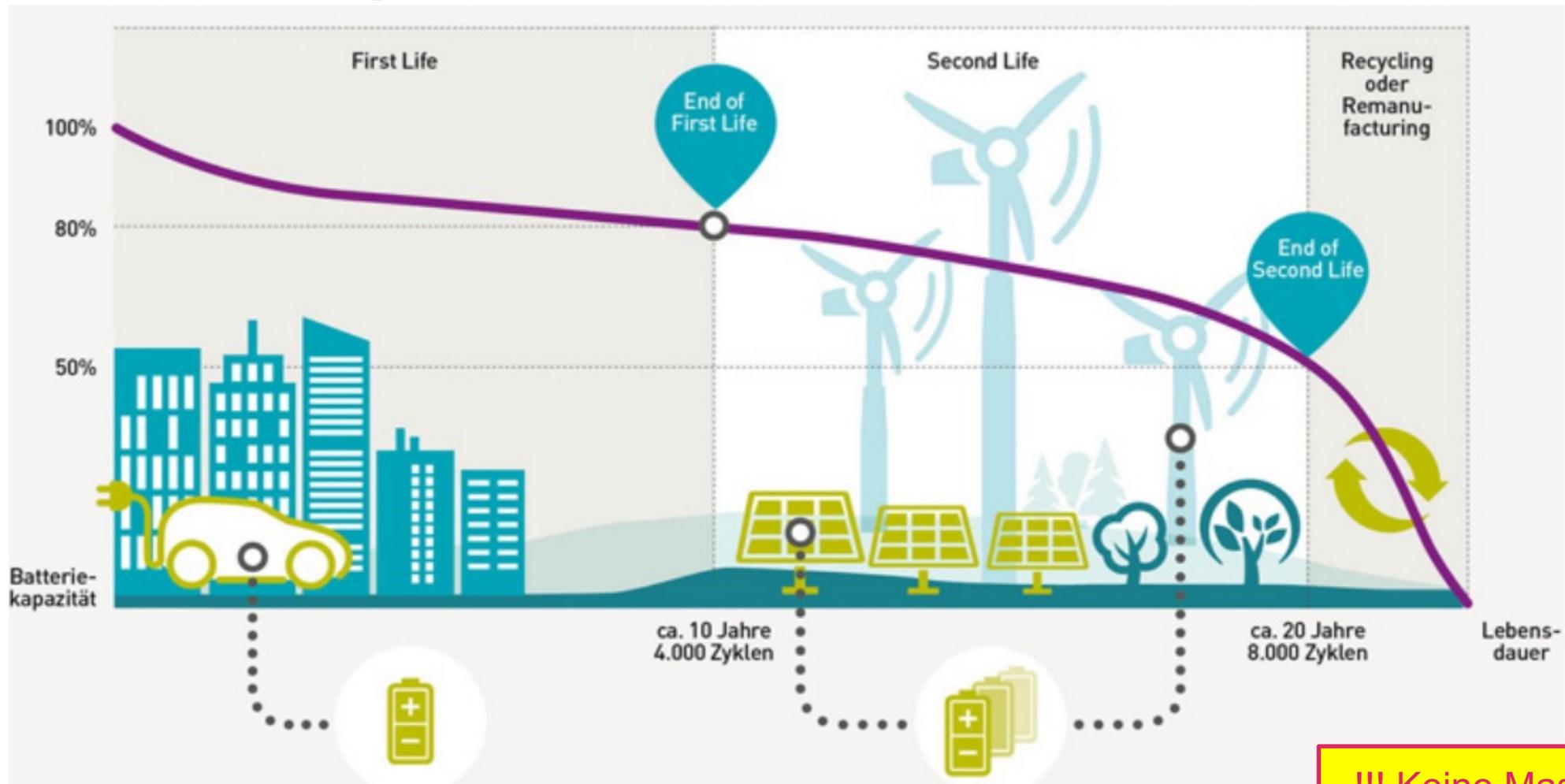
Aktuelle Herausforderung: „Hohe Strompreise“ (Energie > 50% der H2-Gestehungsk.)

Lösung: Ausbau der PV- und Windeinspeisung



Datenquelle: <https://www.smard.de/home/downloadcenter>, Expex-Spot, abgerufen am Fr 20.5.2022

Was passiert mit dem Akku? (Kreislaufwirtschaft)



!!! Keine Massenänderung !!!

Bildquelle: E. Rahimzei / VDE (abgerufen bei <https://www.wko.at>, am 18.05.22)

Zusammenfassung & Fragen?

- ❖ Herausforderung: Fossile Anteil > 80 % des Primärenergieverbrauchs
(Fossilen Treibstoffe machen ca. 1/3 des Schweizer Endenergieverbrauches aus)

- ❖ Effizienz: Batterie-elektrisch (BEV) am höchsten

- BEV ca. 3x Energie-Effizienter als Verbrenner
- BEV ca. 75x Massen-Effizienter als Verbrenner



- ❖ El. Energie kann „leicht“ erneuerbar erzeugt werden (und günstig!)

- damit auch grünen Wasserstoff (weniger Effizienz, aber „leichter“ speicherbar)

Generell: Ausbau von PV- und Windkraftwerke beschleunigen

UND Effizienz erhöhen (Mobilität, Wärmepumpen, etc.)

