

Der Einsatz von Wasserstoff in der Mobilität

Christian Bach

Abteilungsleiter Fahrzeugantriebssysteme

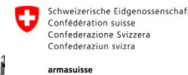
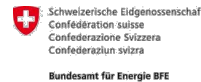
Netto Null CO₂ bis 2050

Bundesrat, 28.08.2019

*Erste Phase: Vollständige Umstellung auf erneuerbar
Zweite Phase: Negative Emission Technologies*

Future Mobility Demonstrator «move»

Post-fossile Strassenmobilität



PtX-Mobilität



MIGROS

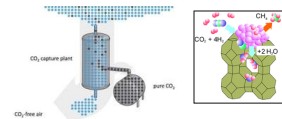


Batteriespeicher für EVs

FZSoNick

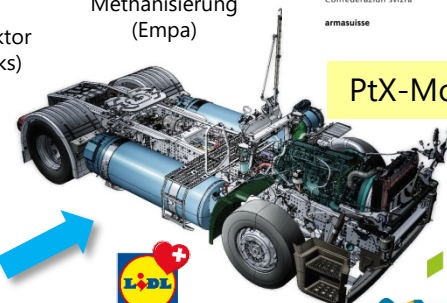
Empa

Materials Science and Technology



CO₂-Kollektor (Climeworks)

Methanisierung (Empa)



PtX-Studie Schweiz



Schweizerische Eidgenossenschaft / Confédération suisse / Confederazione Svizzera / Confederaziun svizra / Bundesamt für Umwelt BAFU

Realverbrauch / Carsharing



ETH zürich

350 bar HCNG-Praxiserprobung



350 Bar H₂-Kehrfahrzeug



700 Bar H₂-Personenwagen



suva

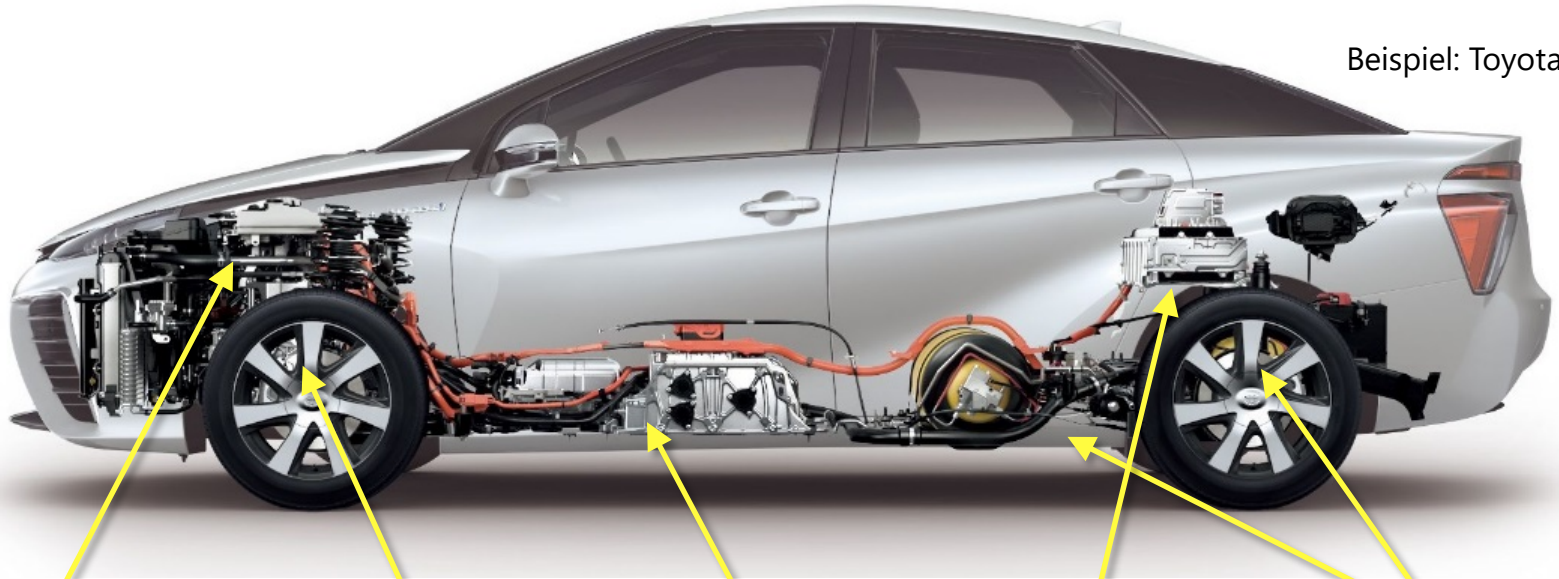


METAS

Wasserstoff-Mobilität

Brennstoffzellen-Antriebstechnologie

Beispiel: Toyota Mirai



**Leistungs-
elektronik**

Elektromotor
115 kW

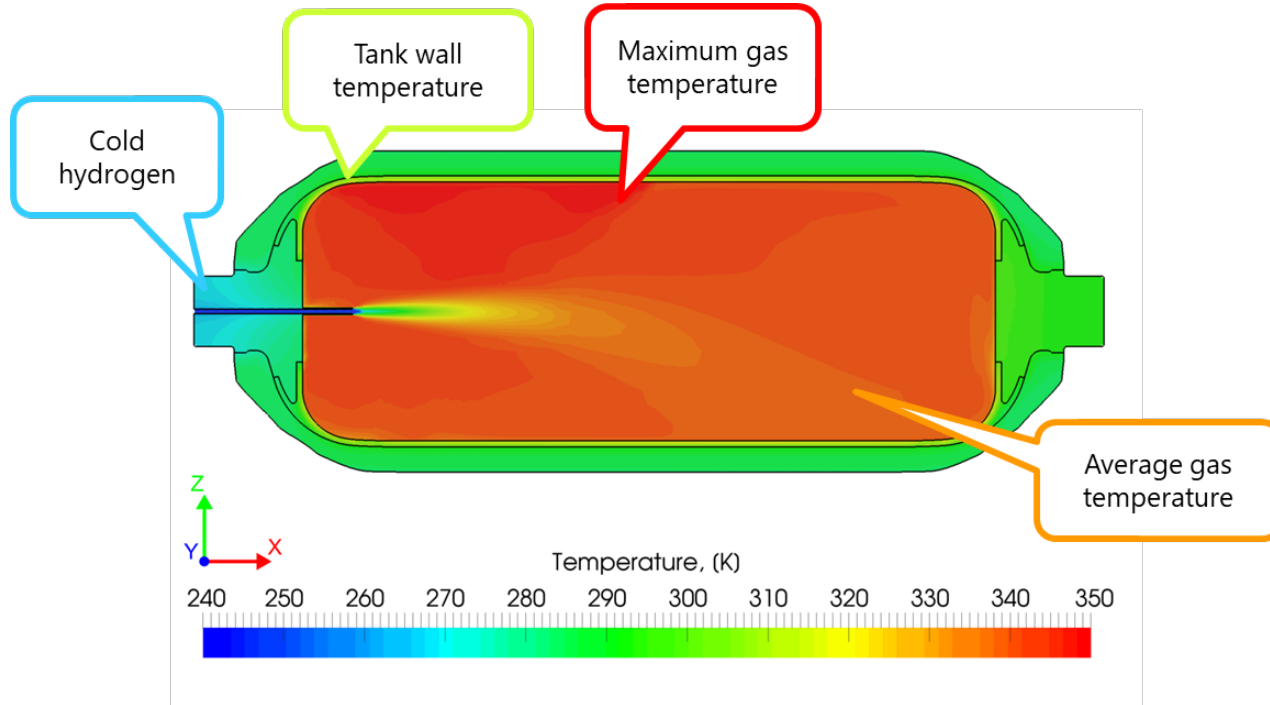
Brennstoffzelle
115 kW

Batterie
1.6 kWh NMHC

H₂ Drucktanks
(700 bar, 2x2.5 kg)

Wasserstoff-Mobilität

Thermodynamische Modellierung der H₂-Betankung



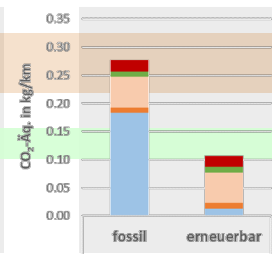
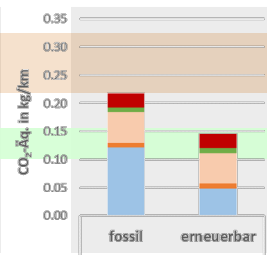
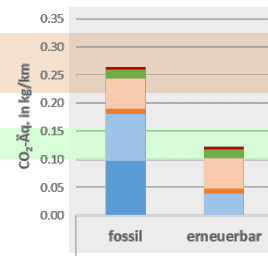
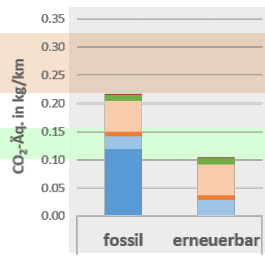
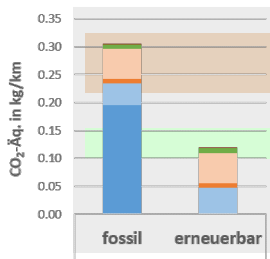
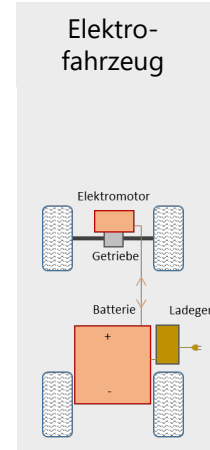
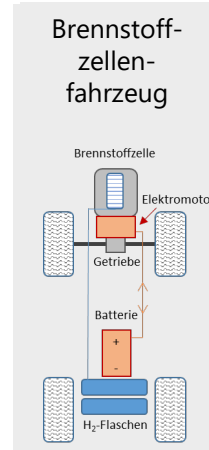
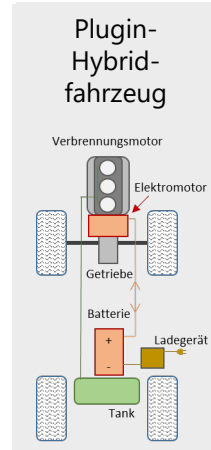
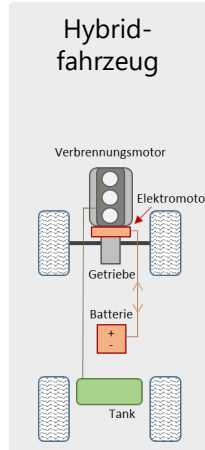
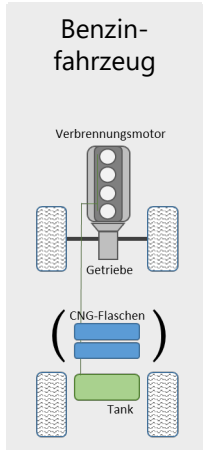
T_{\max} Behälter = 85 °C

Betankung auf 700 bar erhöht die Temperatur um ca. 100°C.

Deshalb ist eine Vorkühlung des H₂ auf -40°C vorgeschrieben.

Automobilantriebe und CO₂-Emissionen

Entscheidend ist der Umstieg auf erneuerbare Energie



Fossile Energie

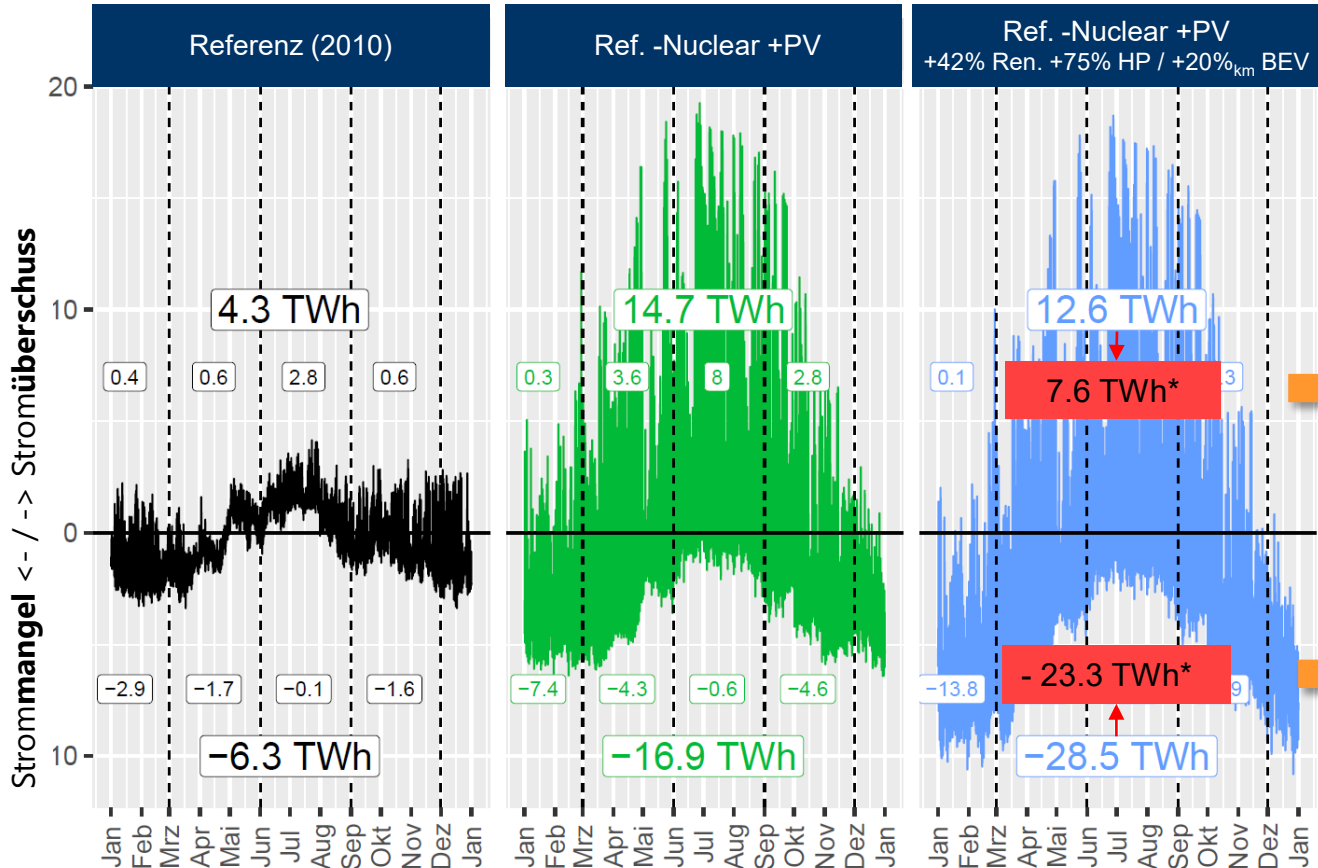
Erneuerbare Energie

Quelle: calculator (PSI, 2020)
Daten für Mittelklasse-PW

■ Direkte Emissionen ■ Kraftstoffherstellung ■ Wartung ■ Fahrwerk ■ Antrieb ■ Energiespeicherung

Der energetische Hintergrund

Starke Sommer-Winter-Unterschiede bei der erneuerbaren Energie in Zukunft



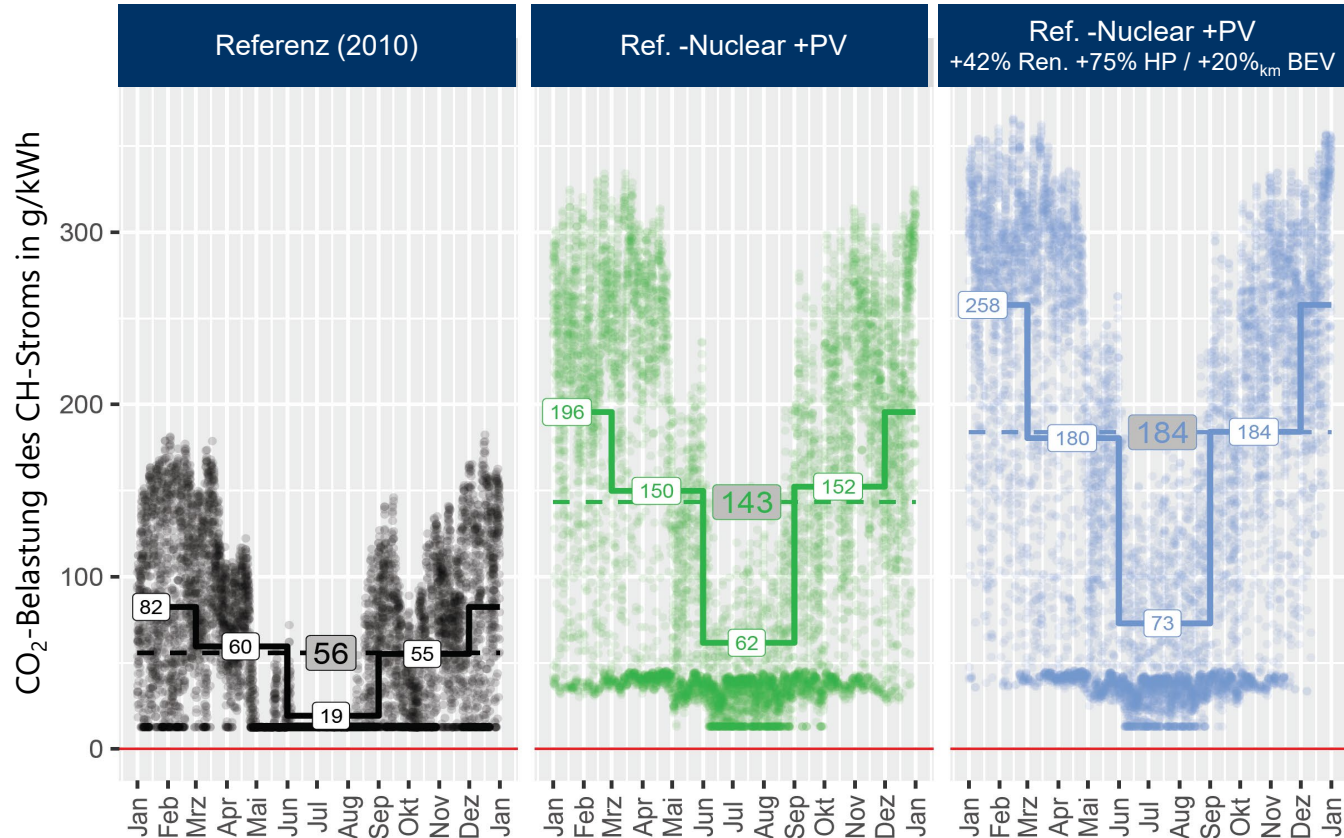
* mit Tagesausgleich Pumpspeicher und stationären Batterien
(Annahme: "perfektes" Kurzzeitspeicherung + Energiemanagement)

- Power-to-X
- Export
- Abregelung

- Import

Der energetische Hintergrund

Starke Sommer-Winter-Unterschiede bei der erneuerbaren Energie in Zukunft



Die CO₂-Belastung des schweiz. Stroms kann insbesondere im Winter deutlich ansteigen.

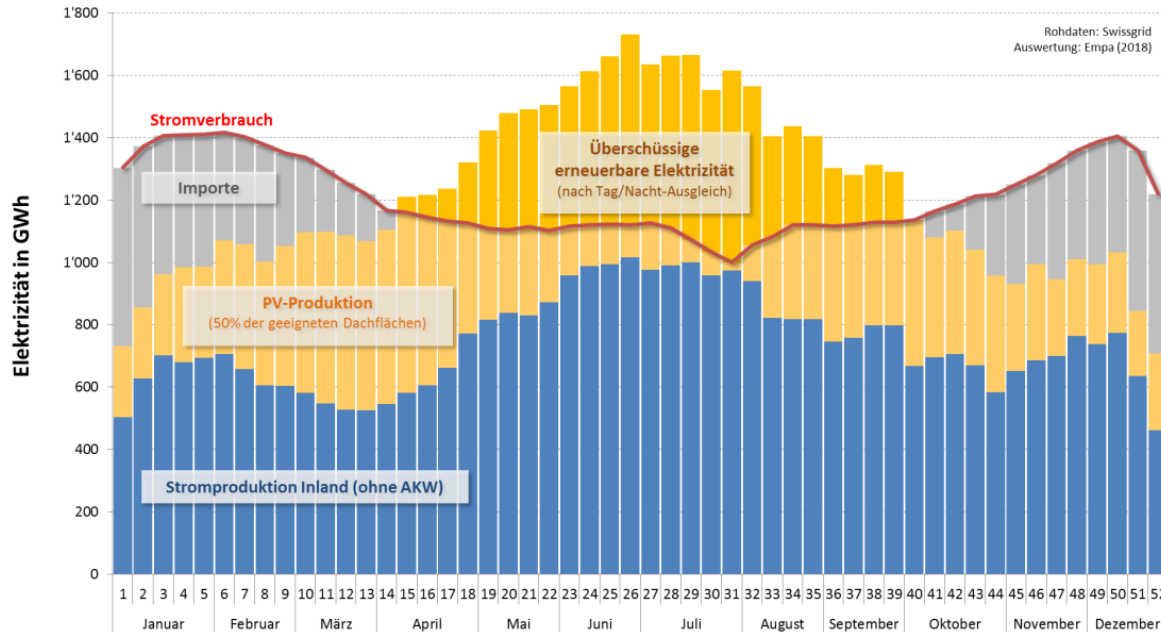
Entscheidend wird wie Art des importierten Stroms sein.

Der energetische Hintergrund

Überschuss- und Mangelsituation im Elektrizitätsmarkt der Schweiz in Zukunft

Hypothetisches Elektrizitätsprofil der Schweiz

Mittelwerte 2010 - 2016; abzüglich Atomstrom (25 TWh); zuzüglich 25 TWh PV-Strom



Der Abbau von 25 TWh Atomstrom und der Zubau von 25 TWh PV-Strom führt zu 5 - 10 TWh an überschüssigem Strom im Sommerhalbjahr und zu ähnlich hohem Importbedarf im Winterhalbjahr - selbst bei vollständigem Ausgleich mittels Stromspeicher über ganze Wochen.

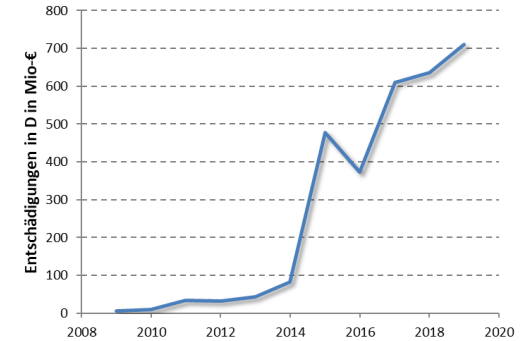
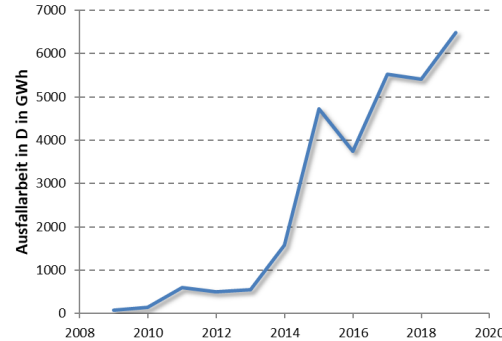
Können die Stromüberschüsse nicht nutzbar gemacht werden, könnte sich der PV-Zubau einbremsen.

Der energetische Hintergrund

Verhinderung von Abregelung durch Sektorkopplung und PtX

Situation in Deutschland

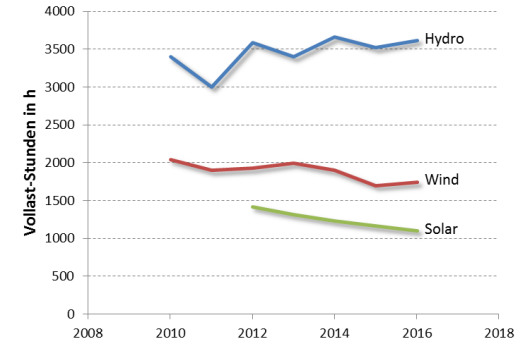
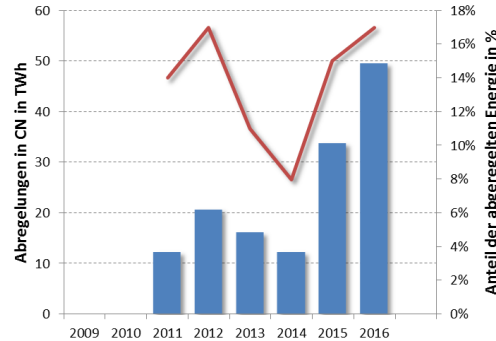
Bundesnetzagentur, Monitoringberichte



Situation in China

Agora, Energy Transition in the Power Sector in China: State of Affairs in 2016

Review on the Developments in 2016 and an Outlook



Der energetische Hintergrund

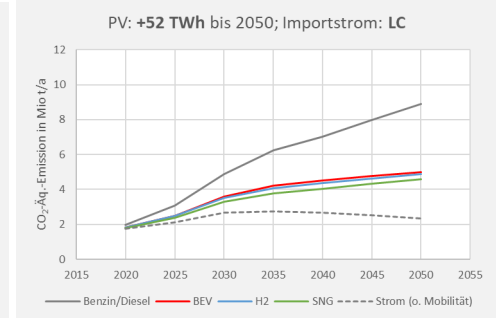
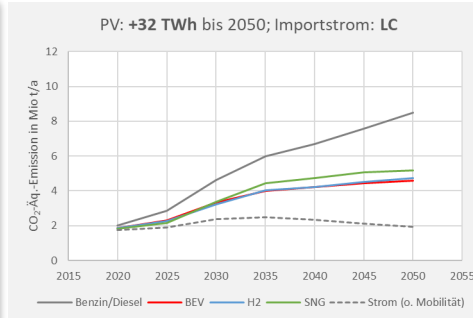
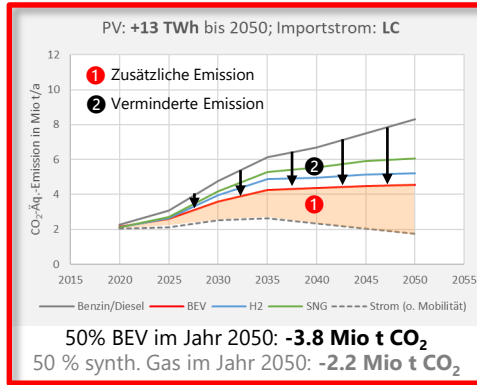
Winterstromimporte sind entscheidend

Vorläufige Ergebnisse

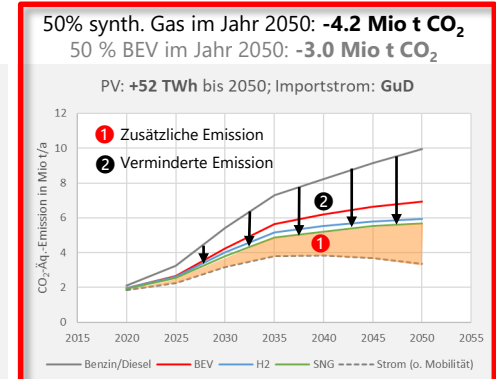
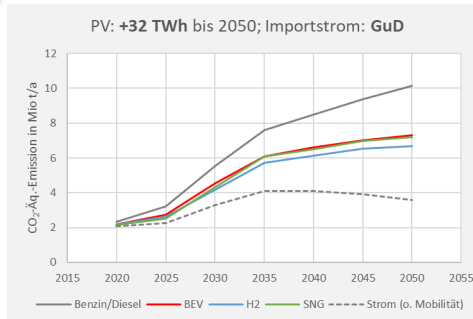
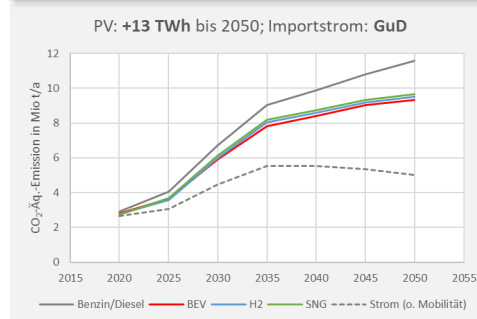
Anteil strombasierter Fahrzeuge 2020 – 2050:
 Low Carbon (LC) Stromimport 2020 – 2050:
 Strom aus Gaskombikraftwerk (GuD):

0 → **50% am Gesamtmarkt** (hier ist nur dieser Anteil dargestellt)
330 → **80 g CO₂/kWh** (bedeutet viel CCS)
440 → **360 g CO₂/kWh**

Low Carbon
 Stromimport
 (v.a. Winter)

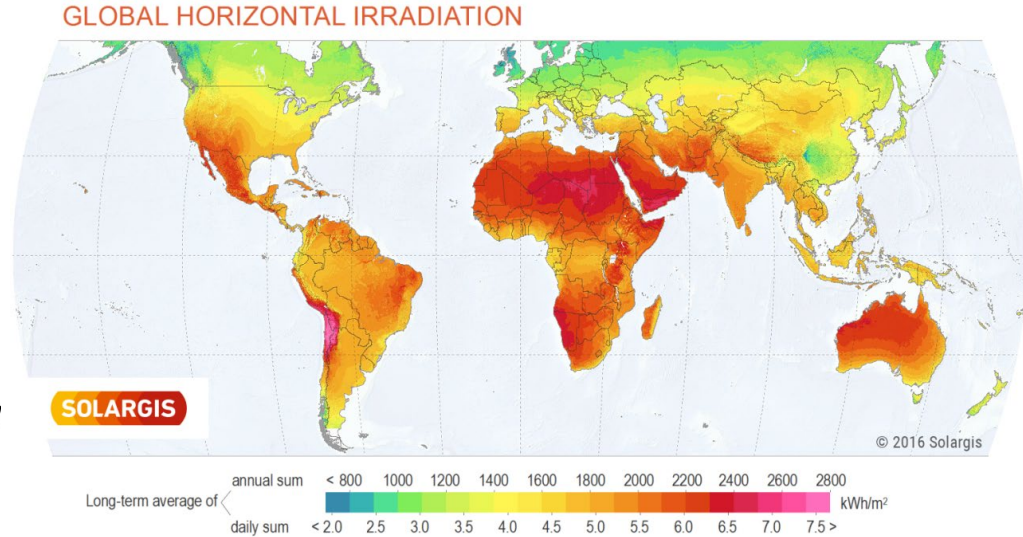
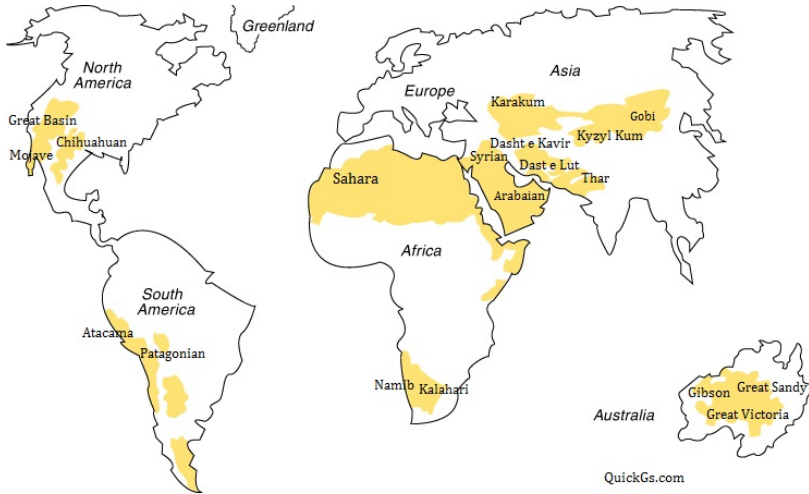


(GuD) Fossiler
 Stromimport
 (v.a. Winter)



Der energetische Hintergrund

Erschliessung ausländischer «energetischer Überschüsse» mittels PtX

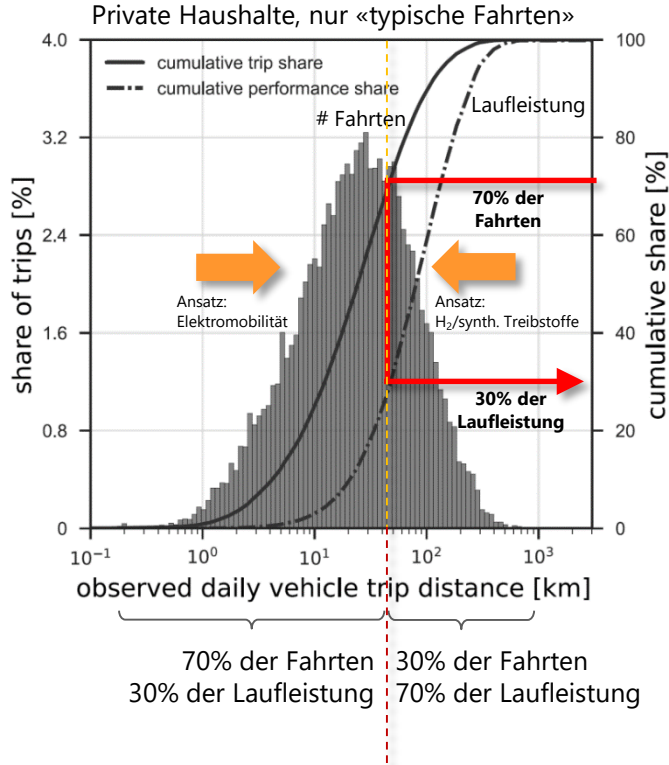


Um den nicht durch die Wasserkraft abgedeckten Energiebedarf der Schweiz im Winterhalbjahr sowie den Langstreckenverkehr ausschliesslich mit importierten synthetischen Energieträgern zu decken, wäre eine Photovoltaik-Fläche in einer Wüste von zirka 700 km² erforderlich; das sind 27 x 27 km oder 0,008 % der Fläche der Sahara.

Der Fahrzeugbetrieb

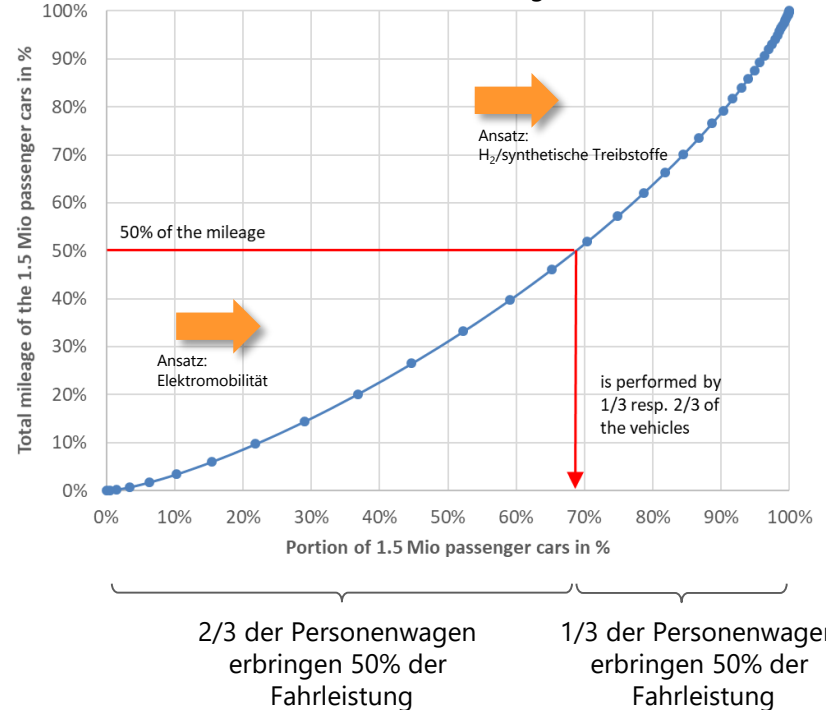
Hohe Relevanz der Langstrecken Anwendungen

Microzensus 2010



Quelle: ETHZ/Empa (2018)

1.5 Mio Fahrzeuginserte von Autoscout24 ohne Flottenfahrzeuge



Source: Empa/PSI (2019)

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!

Dank KollegInnen: Thomas Büttler
Dr. Sinan Teske
Dr. Martin Rüdisüli
Dr. Brigitte Buchmann

Bei Fragen:

christian.bach@empa.ch