

PtG-Mobilität

Was ist aus technischer Sicht machbar?

Christian Bach

Abteilungsleiter Fahrzeugantriebssysteme

Inhalt

- **Hintergrund**
- **Hybridisierung**
- **Synthetisches Methan**
- **Wirtschaftlichkeit von synthetischem Methan**
- **Zusammenfassung**

Hintergrund

Energiestrategie & Pariser Klimaabkommen

Zeitraumen:

- Innerhalb von ca. **20 Jahren** sollen folgende Ziele erreicht werden:

Energiestrategie:

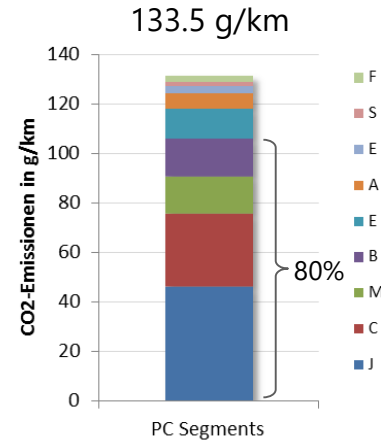
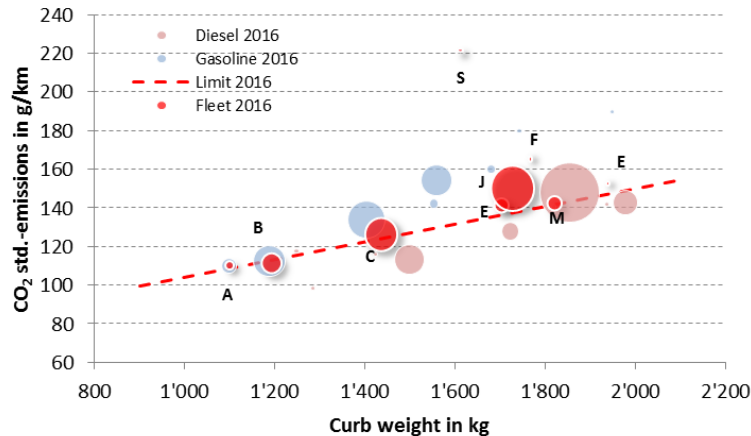
- Ersatz von ca. **20 TWh Atomenergie** durch Einsparungen/erneuerbare Energie (von heute ca. 60 TWh)

Pariser Klimaabkommen:

- Reduktion der **CO₂-Emissionen** um ca. **20 Mio t** (von heute total ca. 35 Mio t; wobei ca. 16 Mio t aus Treibstoffen)

Hintergrund

CO₂-Gesetzgebung PW Neuwagenflotte



A = Micro Cars (z.B. Citroen C1, Fiat 500, Seat Mii)

B = Small Cars (Audi A1, Mazda 2, Peugeot 208)

C = Medium Cars (z.B. VW Golf, Skoda Octavia, Ford Focus)

D = Large Cars (z.B. z.B. BMW 3er/4er, Hyundai i40, Opel Insignia)

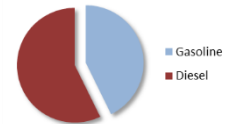
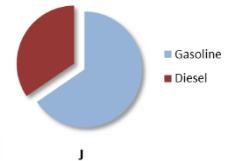
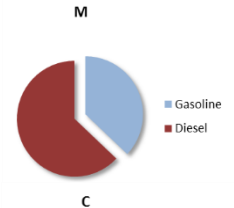
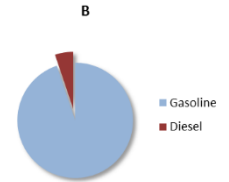
E = Executive Cars (z.B. Audi A6/A7, BMW 5er/6er, Porsche Panamera)

F = Luxury Cars (Bentley Continental, Mercedes S, Maserati Ghibli)

S = Sport Coupés (z.B. Lotus Elise, Jaguar F, Peugeot RCZ)

M = Multi Purpose Vehicles (z.B. Citroen C8, Fiat Doblo, VW Caddy)

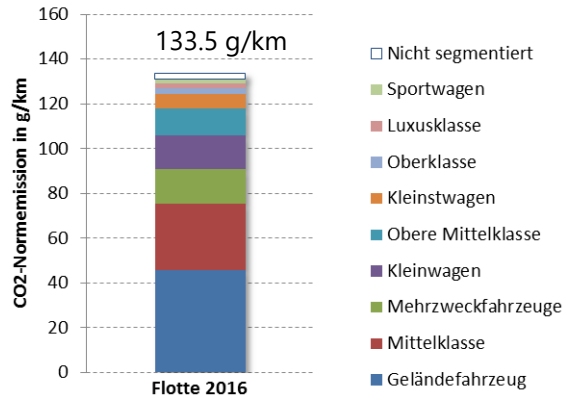
J = Sport Utility/Off Road Cars (z.B. BMW X1-X6, Ford Kuga, Jeep Cherokee)



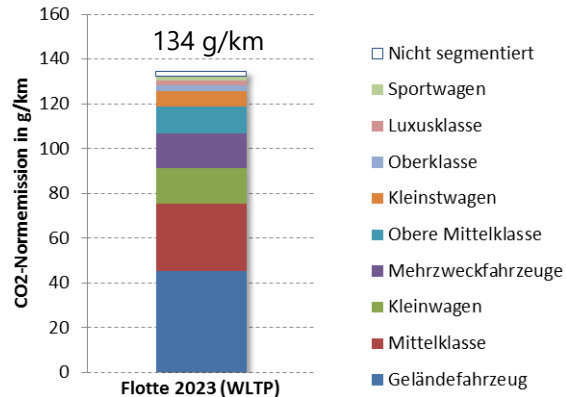
Hintergrund

CO₂-Gesetzgebung PW Neuwagenflotte (95 g/km nach 2020)

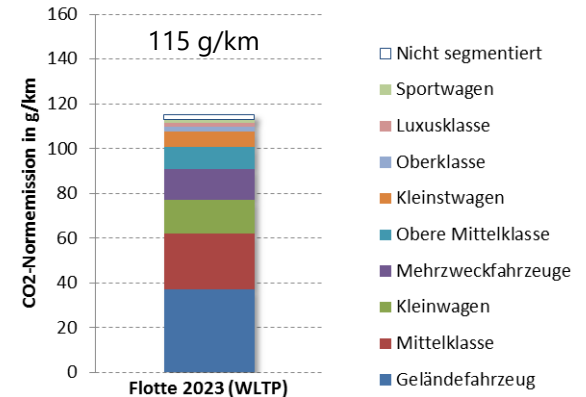
Neuwagenflotte 2016 (NEFZ)



Neuwagenflotte 2023 (WLTP)
-1.5%p.a.



Neuwagenflotte 2023 (WLTP)
-1.5%p.a. + 75% HEV

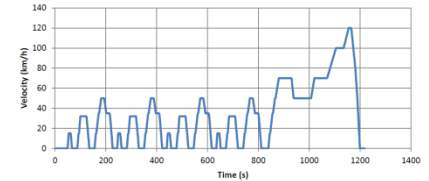
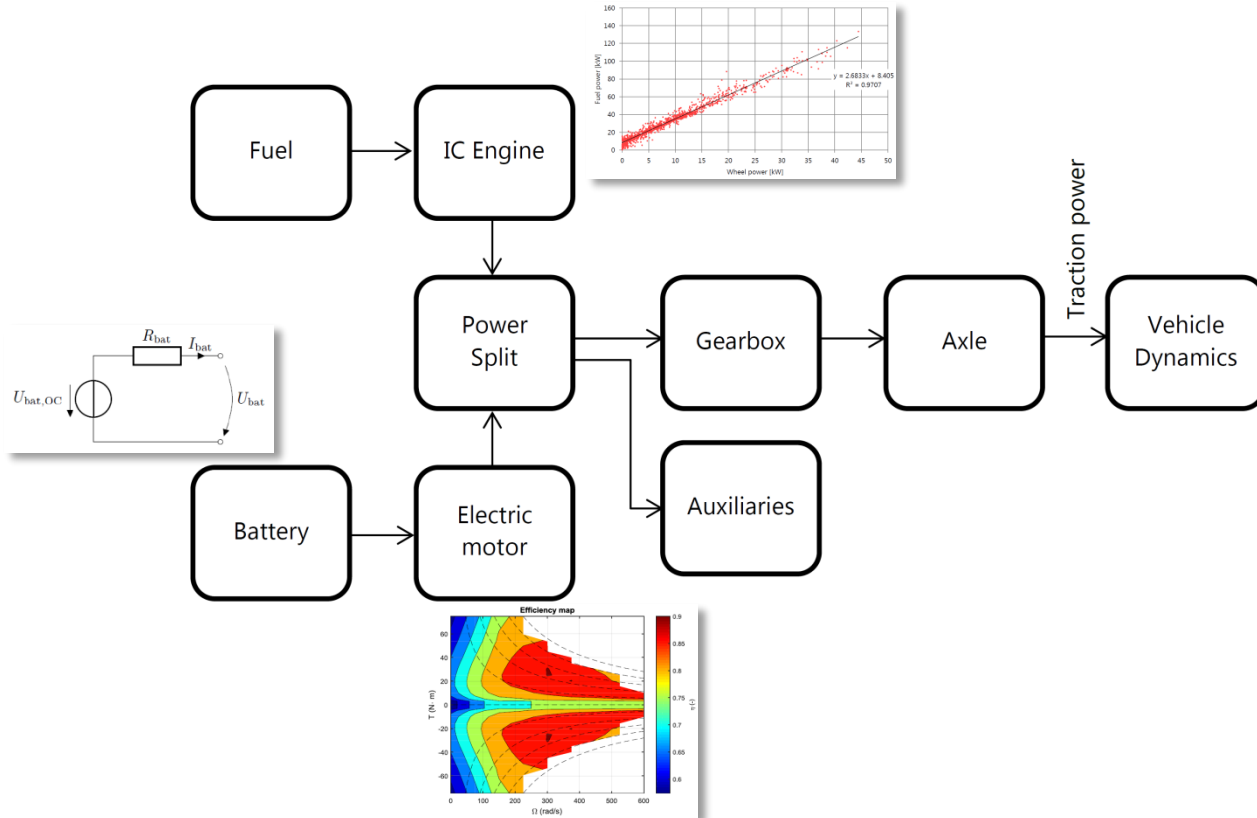


Inhalt

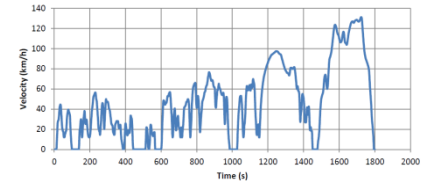
- Hintergrund
- **Hybridisierung**
- Synthetisches Methan
- Wirtschaftlichkeit von synthetischem Methan
- Zusammenfassung

Hybridisierung

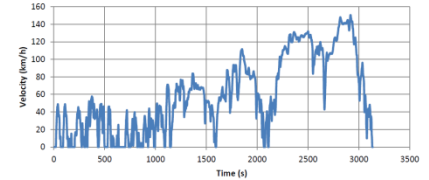
Hybridstruktur für Simulation



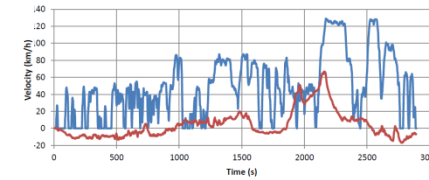
NEFZ



WLTC



CADC

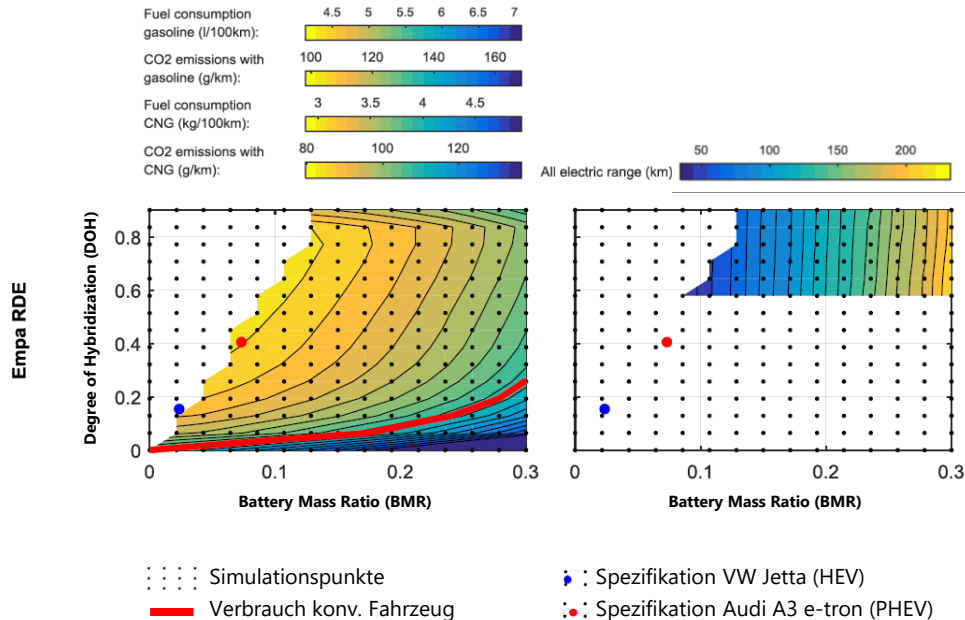


RDE

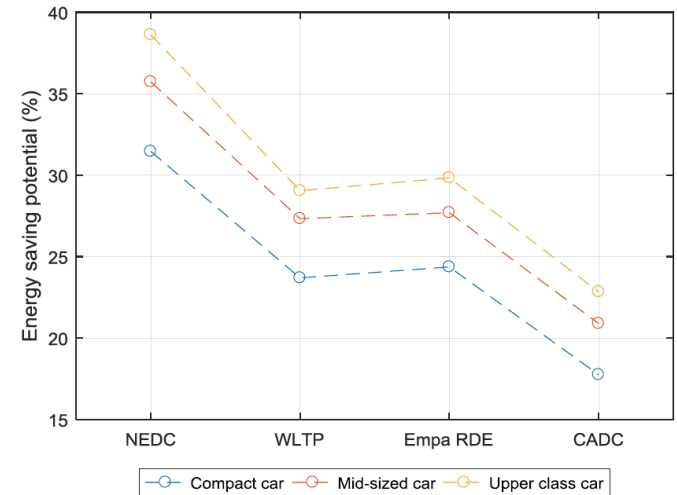
Hybridisierung

CO₂-Reduktionspotential Kompaktkwagenklasse

RDE-Verbrauchswerte für Hybridfahrzeug



Verbrauchseinsparung Hybridbetrieb

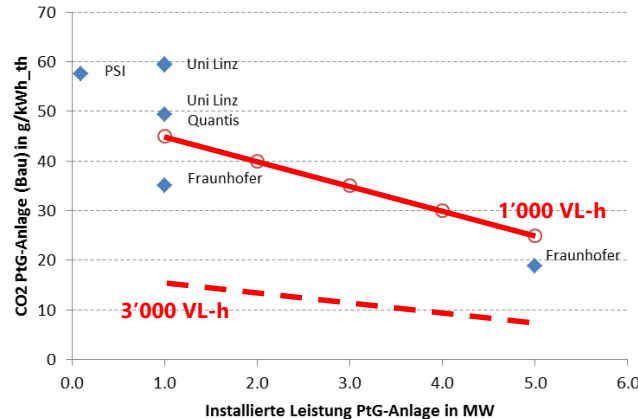
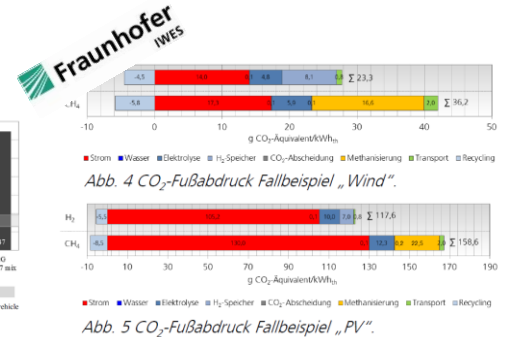
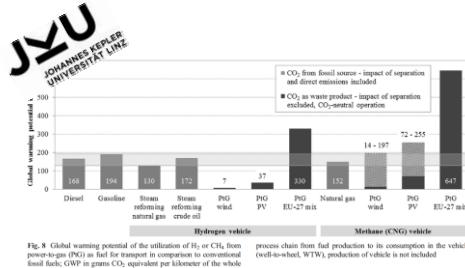
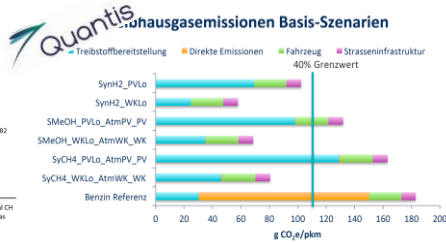
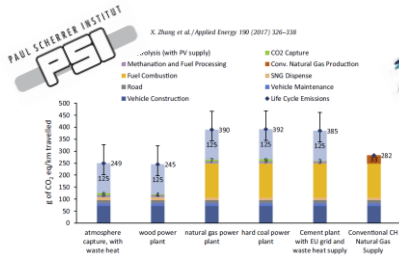


Inhalt

- Hintergrund
- Hybridisierung
- **Synthetisches Methan**
- Wirtschaftlichkeit von synthetischem Methan
- Zusammenfassung

Synthetisches Methan

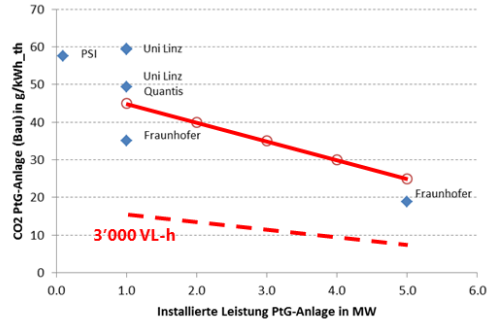
CO₂-Emissionen der PtG-Anlage



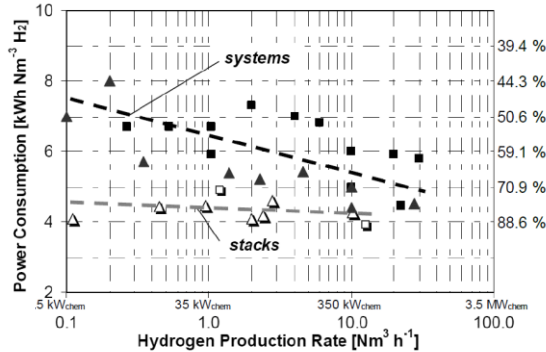
Synthetisches Methan

CO₂-Emissionen der PtG-Anlage

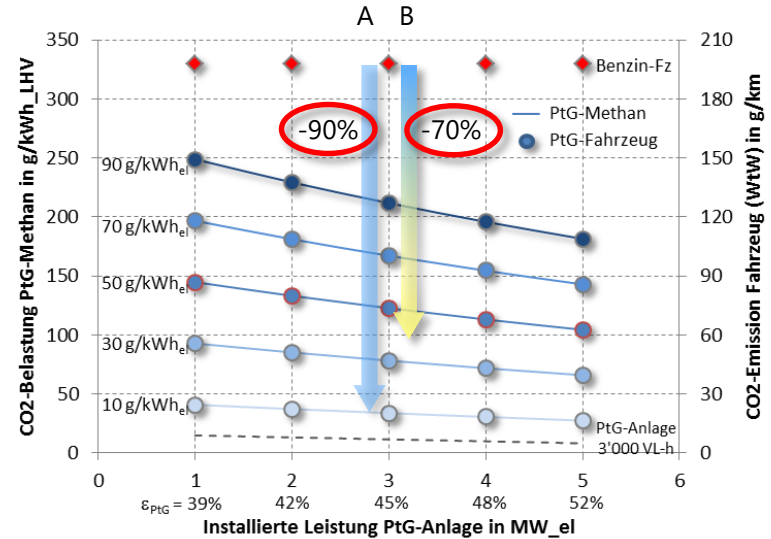
CO₂-Emissionen der Anlage



Wirkungsgrad der Anlage



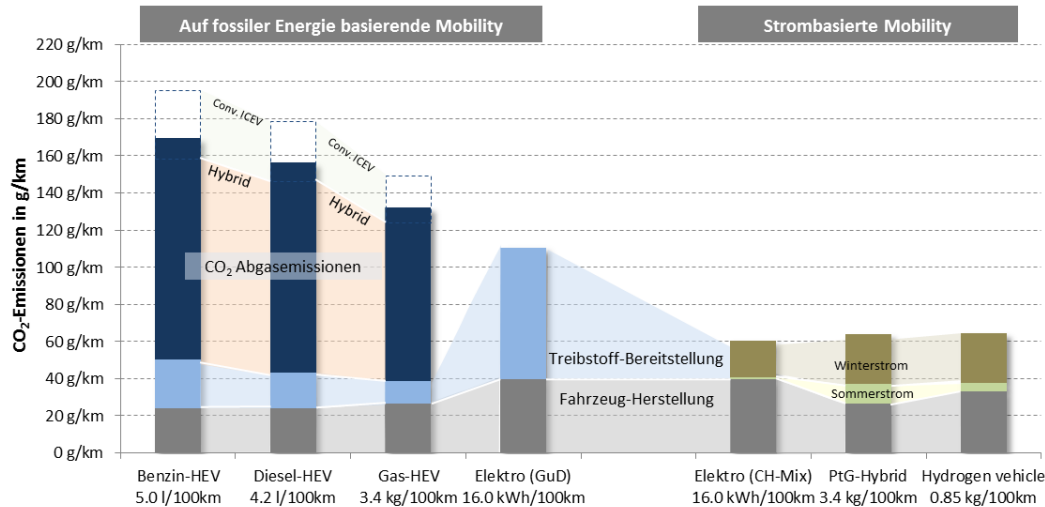
A: 100% Wasserkraftwerk (10 g_{CO2}/kWh) Wh
 B: 50% Wasserkraft / 50% PV (40 g_{CO2}/kWh)



Synthetisches Methan

«Gleichwertigkeit» von Effizienz und Flexibilität bez. CO₂

CO₂ Lebenszyklusemissionen Kompakt-Auto (225'000 km)



Annahmen

Verbrauch

- Benzin:
- Diesel:
- CNG/PtGV:

ICEV

- 6.2 l/100km
- 5.3 l/100km
- 4.3 kg/100km

HEV

- 5.0 l/100km
- 4.2 l/100km
- 3.4 kg/100km

- BEV_{Sommer}
- BEV_{Winter}

- 13.6 kWh/100km
- 18.4 kWh/100km

Mittel 16.0 kWh/100km

CO₂-Belastung Strom

- Sommer
- Winter

- 20 g/kWh
- 200 g/kWh

Wirkungsgrade

- Ladegerät
- Synth. CH₄ (200 bar)
- H₂ (700 bar, -40°C)

- 95%
- 47%
- 61%

Fz-Herstellung

- HEV (Be/Di)
- FCV
- CNG/PtGV
- BEV_{40kWh @ 100 kg/kWh}

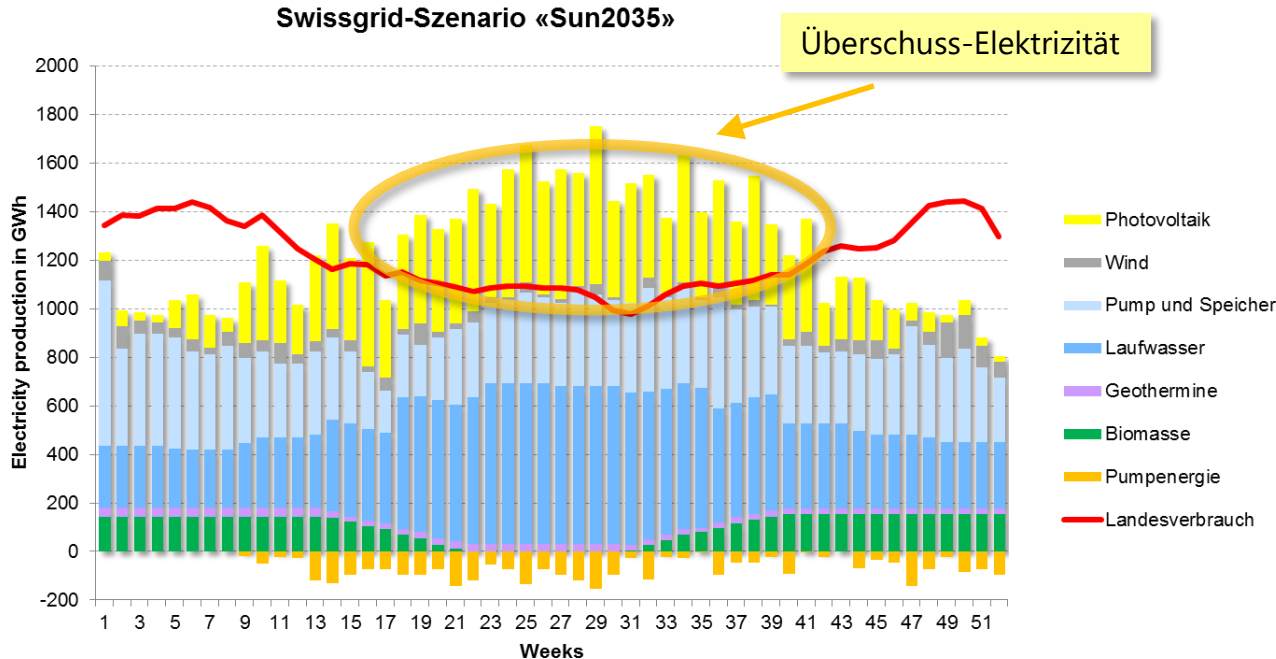
- 5.5 t
- 7.5 t
- 6.0 t
- 9.0 t

Inhalt

- Hintergrund
- Hybridisierung
- Synthetisches Methan
- **Wirtschaftlichkeit von synthetischem Methan**
- Zusammenfassung

Wirtschaftlichkeit

Saisonales Ungleichgewicht bei erneuerbarer Energie



Die Nutzbarmachung von Stromüberschüssen ist wichtig für einen starken Zubau von PV.

Nutzbarmachung heisst, kurz-/mittelfristig durch Umwandlung in synthetische Treibstoffe; langfristig als saisonaler Energiespeicher.

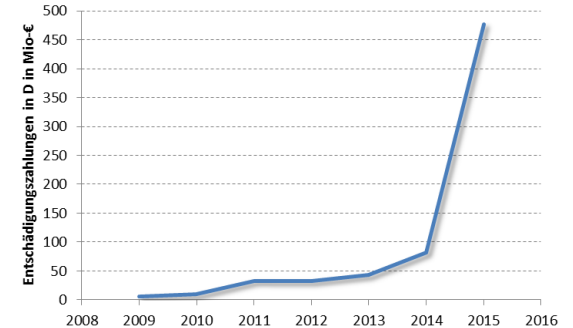
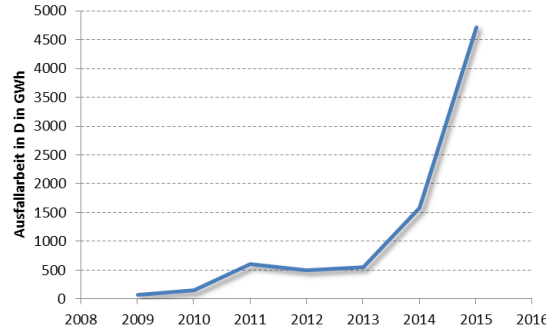
Herausfordernd ist die Wirtschaftlichkeit.

Wirtschaftlichkeit

Teures «Abregeln» oder teures «Nutzen»?

Situation in Deutschland

Bundesnetzagentur, Monitoringbericht 2016



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

The wind power curtailment situation in China showed improvement until 2014, but worsened again during the past two years. Figure 11



National Energy Administration

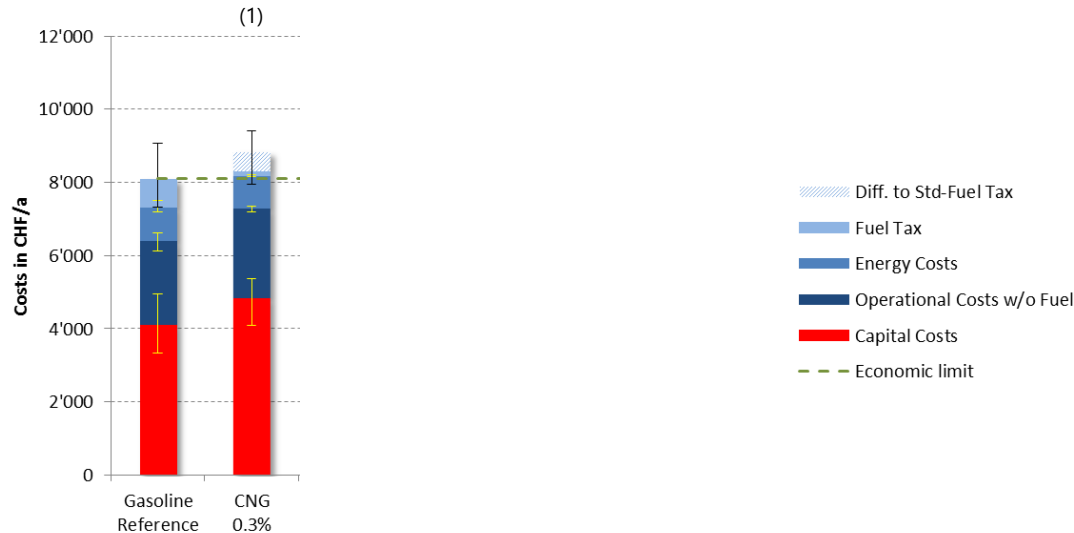
Full load hours of hydro, wind and solar power from 2010 to 2016. Figure 13



Full load hours already include curtailment; theoretically, full load hours are higher; for PV, no accurate data is available prior to 2012. China Electricity Council

Wirtschaftlichkeit

Skaleneffekte und ökologischer Mehrwert der PtG-Mobilität



- (1) CNG-Fahrzeug vergleichbar zu Benzinfahrzeug trotz Nischenanwendung
- (2) PtG erhöht TCO um ca. 20%
- (3) Erhöhung Marktanteil von 0.3 auf 1.2% reduziert TCO (v.a. geringere CAPEX bei Tankstellen)
- (4) Skaleneffekte in Fahrzeugproduktion senken Kaufpreis
- (5) Ökologischer Mehrwert CNG-Fahrzeug aufgrund CO₂-Reduktion senkt Kaufpreis
- (6) Ökologischer Mehrwert PtG-Fahrzeug aufgrund CO₂-Reduktion senkt Kaufpreis

Inhalt

- Hintergrund
- Hybridisierung
- Synthetisches Methan
- Wirtschaftlichkeit von synthetischem Methan
- **Zusammenfassung**

Zusammenfassung

Hintergrund:

Die Energiestrategie und das Pariser Klimaabkommen werden einen grossen Einfluss auf das Energiesystem und damit auch auf die Mobilität ausüben.

Hybridisierung:

Die Hybridisierung weist überschaubare Kosten und eine hohe Akzeptanz auf. Die Potentiale liegen im Bereich von 20 – 25%. Grosse Batterien erhöhen den Verbrauch aufgrund des Mehrgewichts.

Synthetische Treibstoffe:

Synthetische Treibstoffe sind aus energiesystemischer Sicht notwendig. Damit kann die Wirtschaftlichkeit und die Effizienz des Stromsystems verbessert werden. Entscheidend ist, den fossilen Strombezug nicht zu erhöhen.

Wirtschaftlichkeit:

Die Wirtschaftlichkeit synthetischer Treibstoffe im Vergleich zu fossilen Energieträgern ist nicht gegeben. In der Mobilität mit niedrigem Energie[^]-kostenanteil ist diese zumindest für Methan aber machbar, wenn bereits minimale Skaleneffekte erzielt werden und der ökologische Mehrwert berücksichtigt wird.

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!

Dank Kollegen:

Dr. Brigitte Buchmann
Dr. Patrik Soltic
Thomas Büttler
Urs Cabalzar
Dr. Sinan Teske

Bei Fragen:

christian.bach@empa.ch