

# **Die post-fossile Mobilität**

und ihr energetischer Hintergrund

**Christian Bach**  
Abteilungsleiter Fahrzeugantriebssysteme

# Die heutige, CO<sub>2</sub>-reiche Energieversorgung

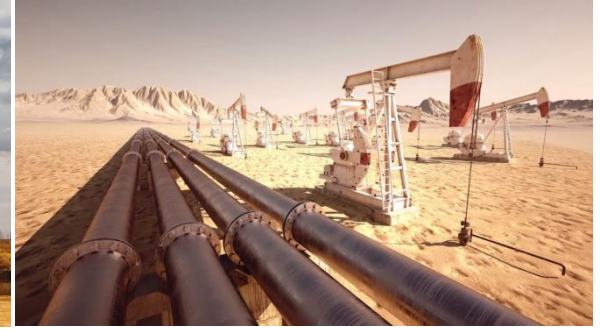
Weltweit werden \$6 Trillionen für Energie ausgegeben



80% der weltweiten  
Energieversorgung  
basiert auf fossiler  
Energie



50'000 Öl-, Gas- und  
Kohlefelder



50% der Reserven  
im mittleren Osten



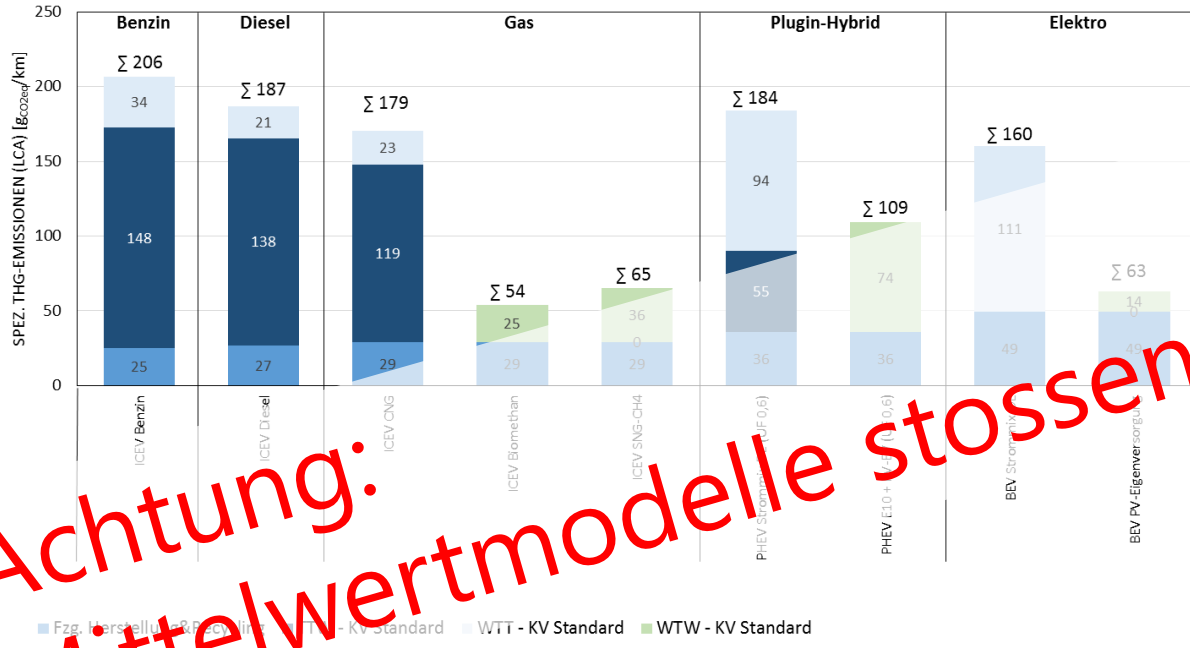


# Die Ökobilanz verschiedener Antriebskonzepte

# CO<sub>2</sub>-Lebenszyklusemissionen verschiedener Antriebe

## Standard-Fahrprofil, Realverbrauch, Fahrzeugtechnologie 2016

SPEZIFISCHE TREIBHAUSGAS-EMISSIONEN (LCA) FÜR KOMPAKTFahrZEUGE MIT 200'000 KM GESAMTLAUFLEISTUNG  
KUNDENVERBRAUCH (KV), STANDARD-FAHRPROFIL IM JAHR 2016



Achtung:

Mittelwertmodelle stossen an Grenzen!

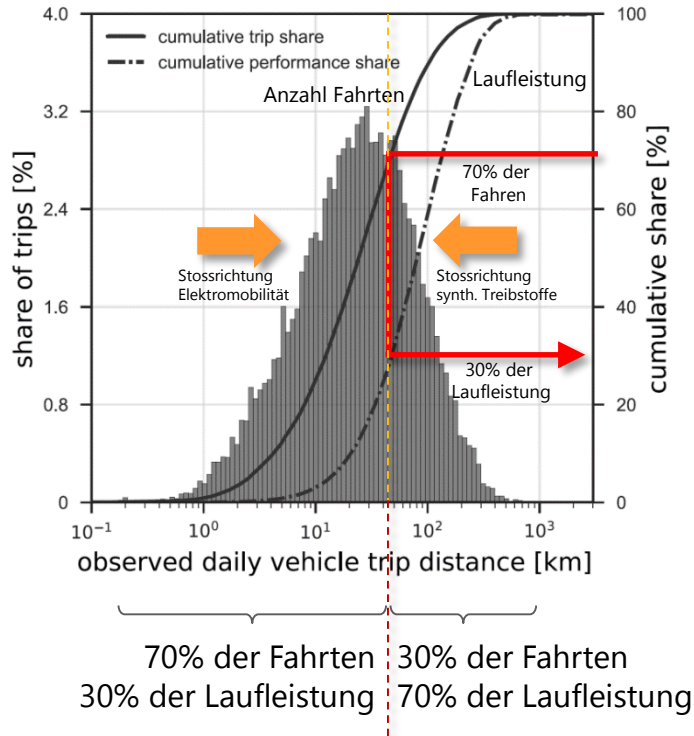
Der Umstieg auf mit **fossiler Energie** betriebene Gas-, PHEV- oder Elektro-Fahrzeuge bringt eine **CO<sub>2</sub>-Reduktion von 10 – 20%**.

Der Umstieg auf mit **erneuerlicher Energie** betriebene Gas-, PHEV- oder Elektro-Fahrzeuge bringt eine **CO<sub>2</sub>-Reduktion von 70 – 80%**.

Nicht das Antriebskonzept ist entscheidend, sondern die genutzte Energie.

# Hohe Relevanz der Langstreckenfahrten

Die 30% längsten Fahrten verursachen 70% der Laufleistung (CO<sub>2</sub>)



## Mikrozensus:

Die 70% kürzesten Autofahrten machen 30% der Laufleistung aus bzw. die 30% der längsten Autofahrten 70% der Laufleistung.

## Übertragung auf Fahrzeuge:

Ein kleiner Teil (z.B. 30%) der Vielfahrer-Fahrzeuge sind für den grössten Teil (z.B. 70%) der CO<sub>2</sub>-Emissionen verantwortlich.

## Ergänzende Technologien:

Die Elektromobilität und mit synthetischen Treibstoffen betriebene Mobilität ergänzen sich.

# CO<sub>2</sub>-Lebenszyklusemissionen verschiedener Antriebe

## Unterschiedliche Ergebnisse bei unterschiedlichen Einsatzbedingungen

### Innerortslastiger Betrieb

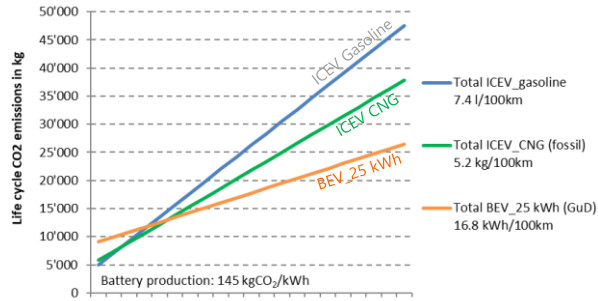
Kompaktfahrzeug mit Benzin-, Gas- und Elektroantrieb

### Autobahnlastiger Betrieb

Kompaktfahrzeug mit Diesel-, Gas- und Elektroantrieb

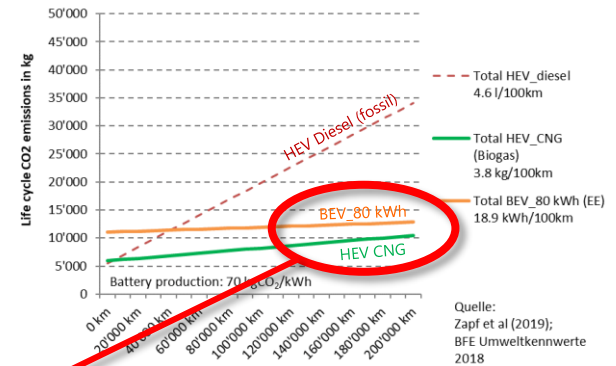
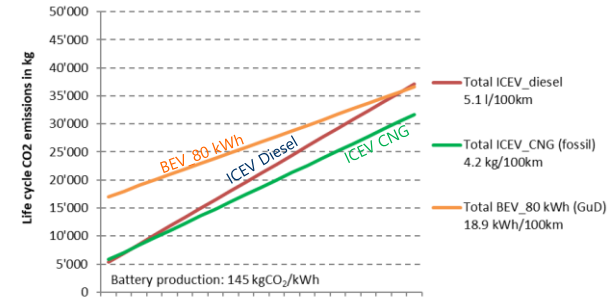
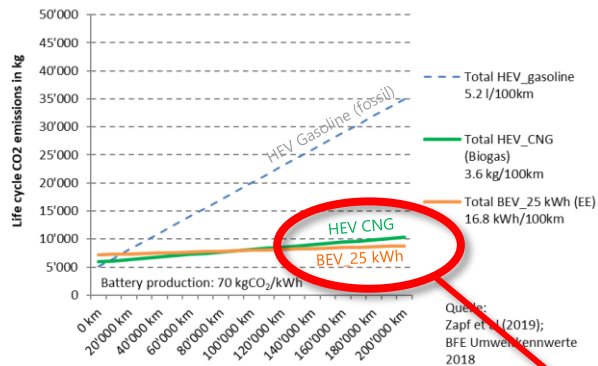
**Mit fossiler Energie**  
gebaute und betriebene  
Fahrzeuge

Batterie Herstellung: 145 kgCO<sub>2</sub>/kWh



**Mit erneuerbarer Energie**  
gebaute und betriebene  
Fahrzeuge

Batterie Herstellung: 70 kgCO<sub>2</sub>/kWh  
Wechsel von ICEV zu HEV



Wirtschaftlichkeit und Systemdienlichkeit?



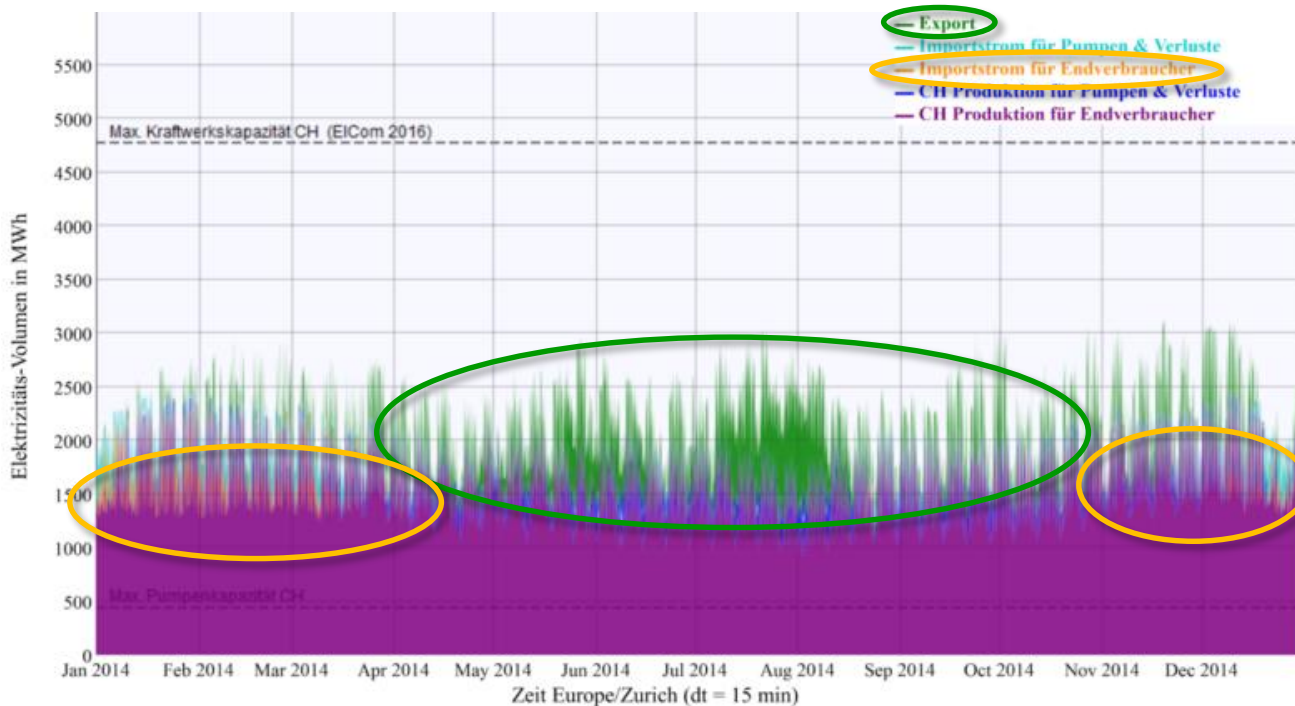
A composite image illustrating renewable energy sources. In the foreground, a large array of blue solar panels is tilted towards the sun. In the middle ground, two white wind turbines with blue accents on their blades stand against a clear blue sky. In the background, a concrete dam is visible, with a green reservoir in the lower left corner. The surrounding landscape consists of lush green mountains under bright sunlight, with rays of light visible in the upper left corner.

**Woher kommt  
die erneuerbare Energie?**



# Erneuerbare Energie

## Das Ausland als heutiger Stromspeicher



Stromüberschüsse im Sommerhalbjahr können exportiert werden.

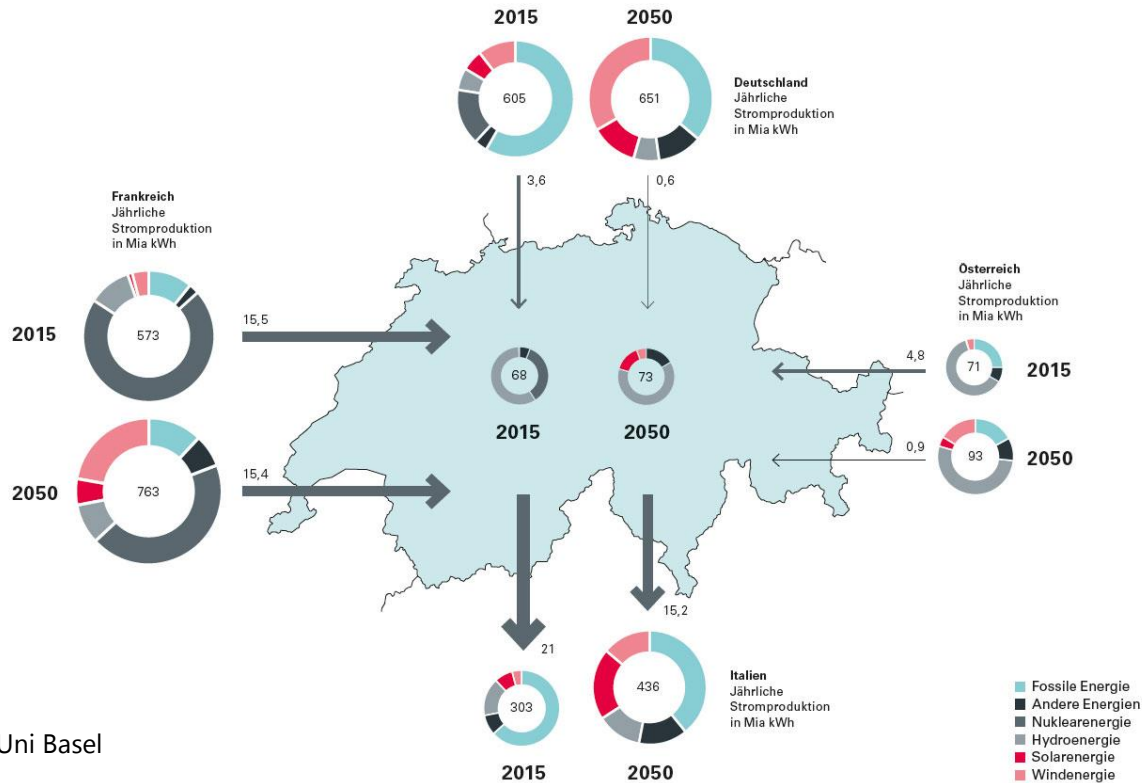
Stromdefizite im Winterhalbjahr können importiert werden.

Das Ausland stellt für die Schweiz einen saisonalen Stromspeicher dar.

Daten: Swissgrid  
Auswertung: Empa

# Erneuerbare Energie

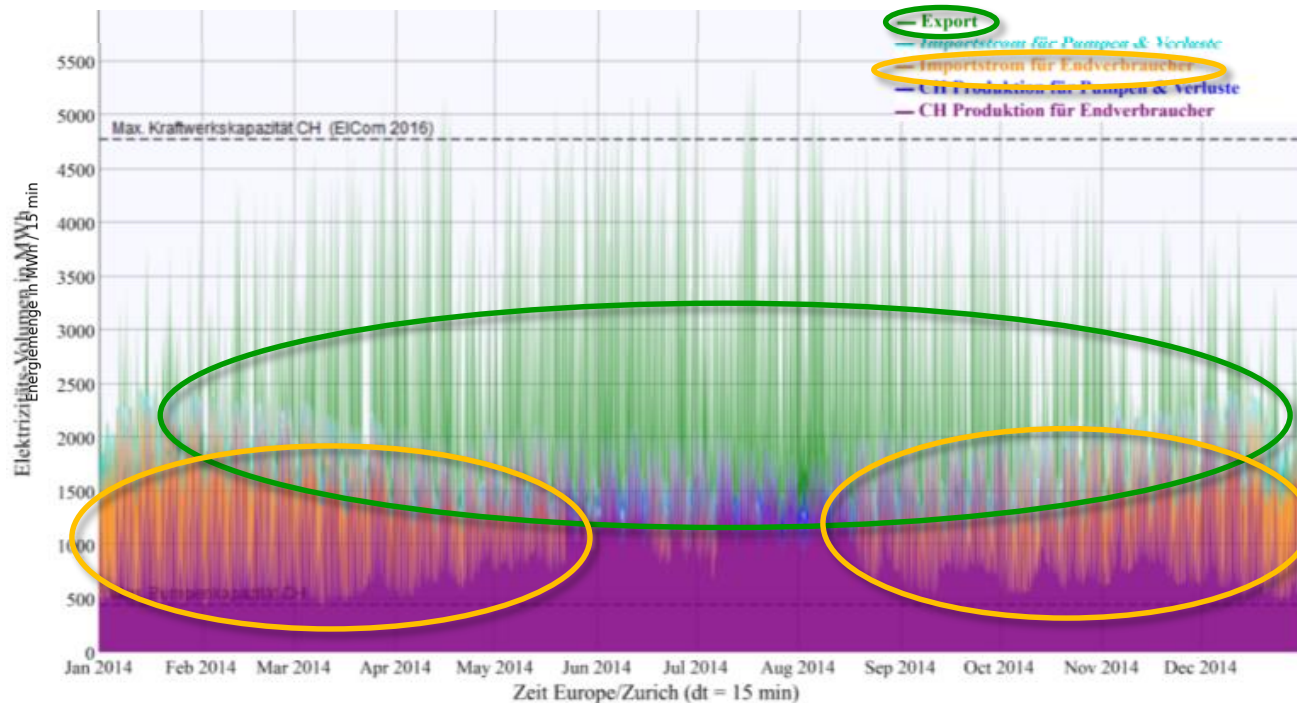
Ausstieg (?) Atomenergie; Zubau PV/Wind + Importe



Quelle: Uni Basel

# Erneuerbare Energie

## Hoher Anteil an fluktuierender PV-Energie



Stromüberschüsse im Sommerhalbjahr können exportiert werden.

Stromdefizite im Winterhalbjahr können importiert werden.

Das Ausland stellt für die Schweiz einen saisonalen Stromspeicher dar.

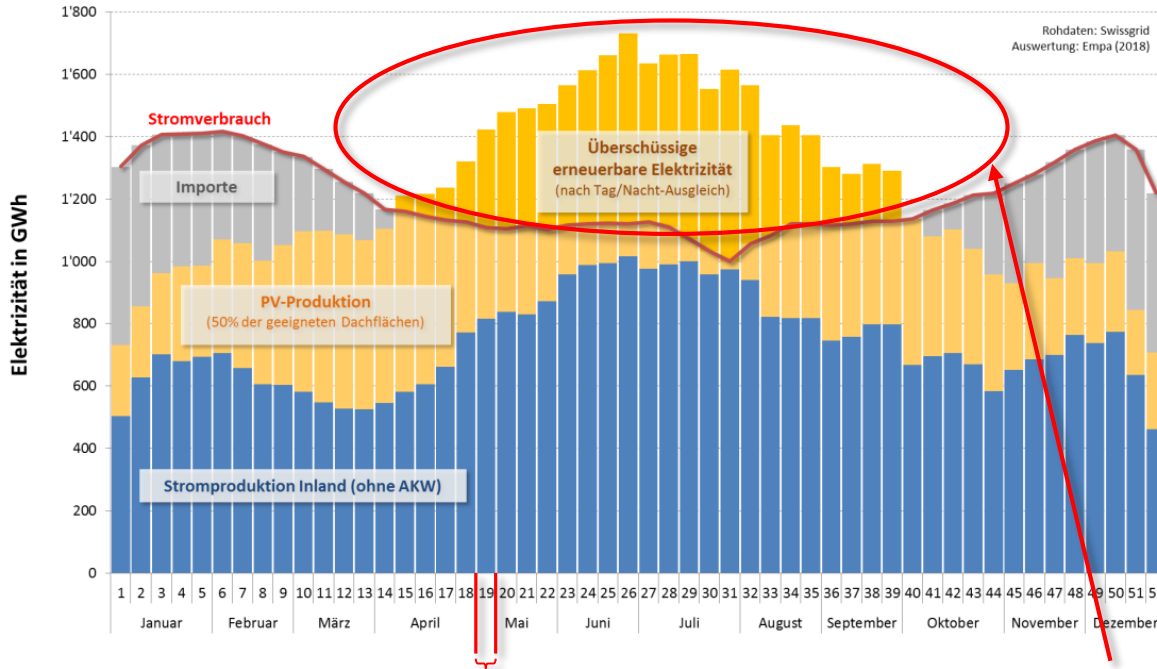
Daten: Swissgrid  
Auswertung: Empa

# Erneuerbare Energie

## Erwartete «Überschuss-Elektrizität» in der Schweiz

### Hypothetisches Elektrizitätsprofil der Schweiz

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



Bei einem vollständigen Tag/Nacht-Ausgleich über ganze Wochen (z.B. mittels PSK, Batterien) liegt die erwartete Überschuss-Elektrizität nach dem AKW-Ausstieg (-25 TWh) und einem Ausbau des PV-Potentials auf 50% (+25 TWh) bei rund 10 TWh (dunkelgelbe Fläche).

Wird diese nicht nutzbar gemacht, könnte der PV-Ausbau ins Stocken geraten.

Batteriespeicher Elektromobilität  
Tag/Nacht-Ausgleich über mehrere Tage

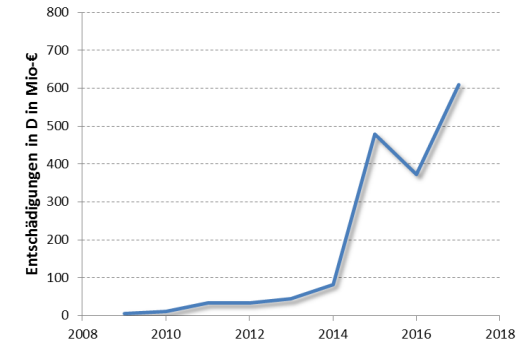
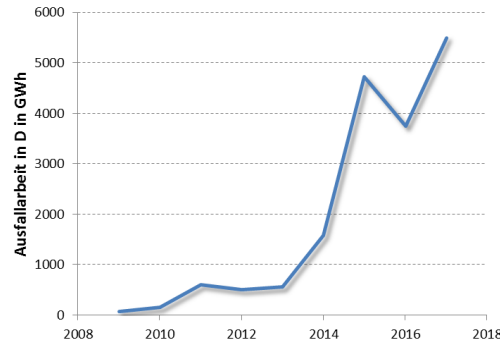
Synthetisches Methan  
Nutzbarmachung Überschuss-Elektrizität

# Erneuerbare Energie ist der Schlüssel!

Heute wird überschüssige erneuerbare Elektrizität «abgeregelt»...(!)

## Situation in Deutschland

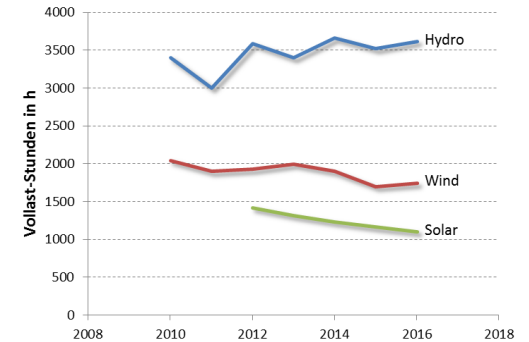
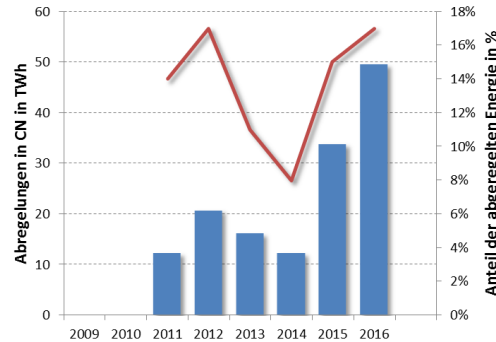
Bundesnetzagentur, Monitoringbericht 2017



## Situation in China

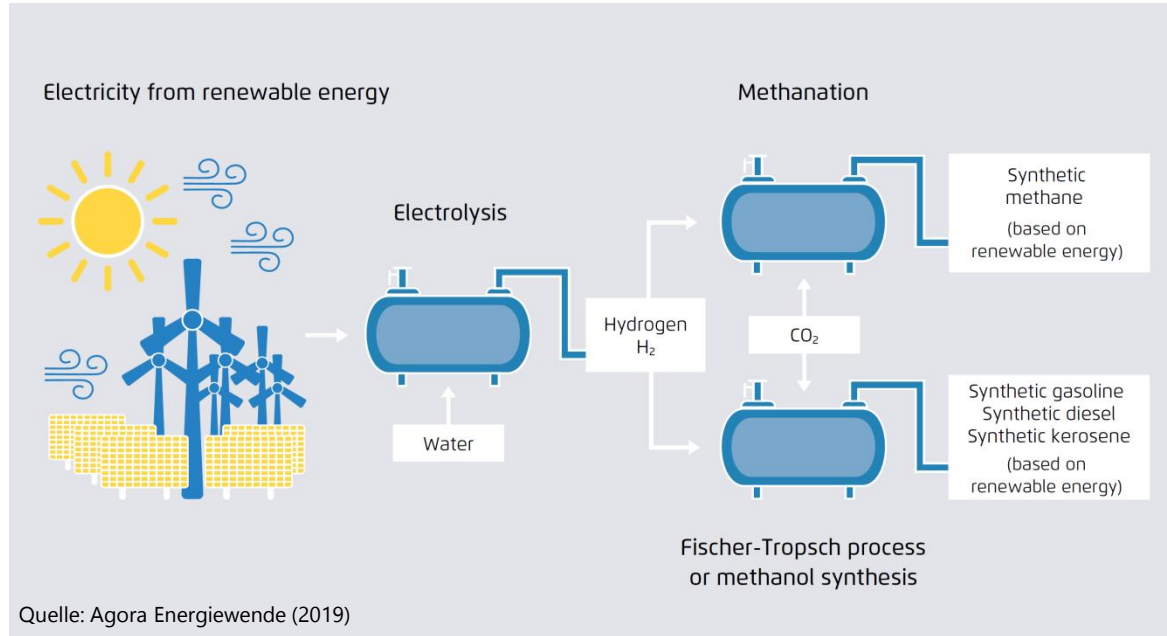
Agora, Energy Transition in the Power Sector in China: State of Affairs in 2016

Review on the Developments in 2016 and an Outlook



# Erneuerbare Energie ist der Schlüssel!

## Nutzbarmachung von Überkapazitäten



Durch Umwandlung von 50% der erwarteten Überschuss-Elektrizität in Methan (oder flüssige HC) könnten mehrere 100'000 Fahrzeuge sehr CO<sub>2</sub>-arm betrieben werden.

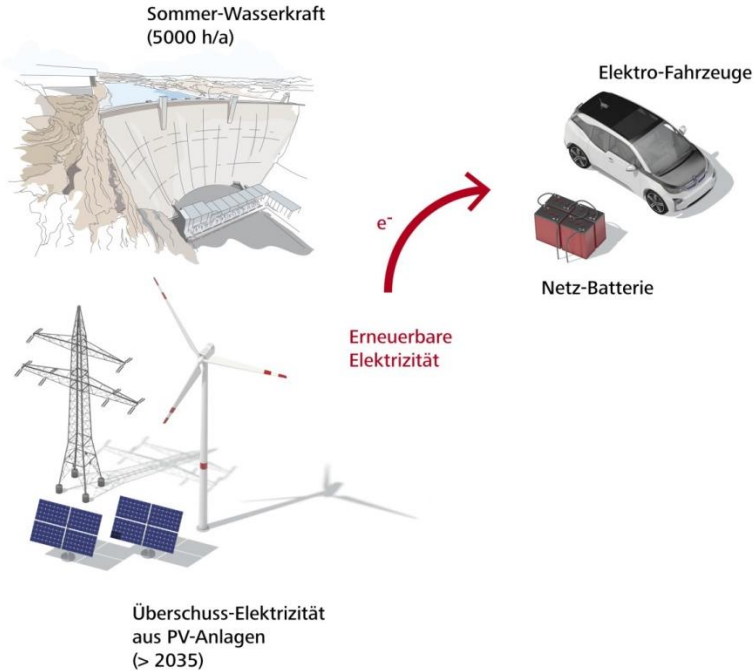




**Future Mobility Demonstrator**  
**«move»**

# Erneuerbare Energie in der Mobilität

## Effizienz und Flexibilität

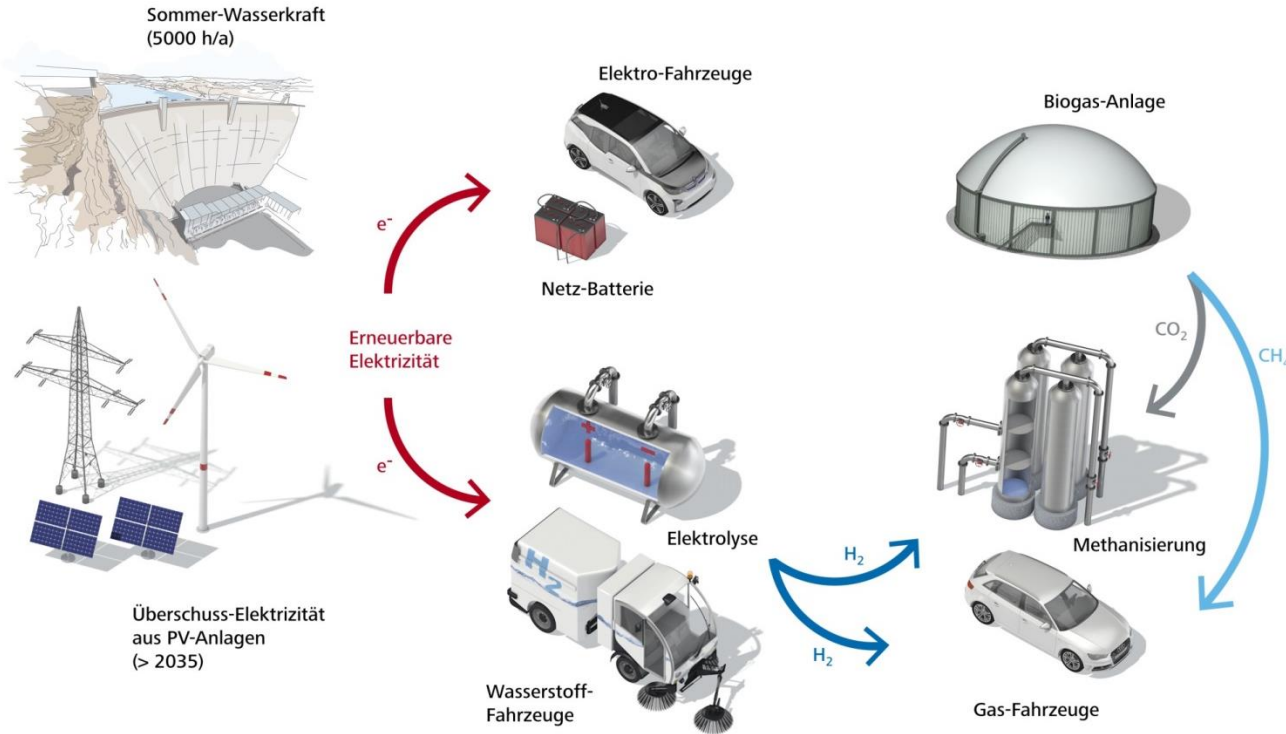


Um von fossilen Kraftwerken unabhängig zu werden, braucht es eine Effizienzsteigerung und eine zeitliche Flexibilisierung beim Strombezug.

- Elektrofahrzeuge weisen die **höchste Effizienz** aber die **geringste Flexibilität** beim Strombezug auf.
- Wasserstofffahrzeuge weisen eine **mittlere Effizienz** sowie eine **mittlere Flexibilität** beim Strombezug auf.
- Gasfahrzeuge (bzw. synthetische flüssige Treibstoffe) weisen **niedrigste Effizienz**, aber **höchste Flexibilität** beim Strombezug auf (PtG-Konzept).

# Erneuerbare Energie in der Mobilität

## Effizienz und Flexibilität



Um von fossilen Kraftwerken unabhängig zu werden, braucht es eine Effizienzsteigerung und eine zeitliche Flexibilisierung beim Strombezug.

- Elektrofahrzeuge weisen die **höchste Effizienz** aber die **geringste Flexibilität** beim Strombezug auf.
- Wasserstofffahrzeuge weisen eine **mittlere Effizienz** sowie eine **mittlere Flexibilität** beim Strombezug auf.
- Gasfahrzeuge (bzw. synthetische flüssige Treibstoffe) weisen **niedrigste Effizienz**, aber **höchste Flexibilität** beim Strombezug auf (PtG-Konzept).

# Erneuerbare Energie in der Mobilität

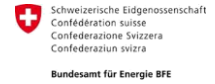
## Effizienz und Flexibilität





# Future Mobility Demonstrator «move»

## Post-fossile Strassenmobilität



PtX-Studie  
Schweiz

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

Realverbrauch /  
Carsharing



ETH zürich

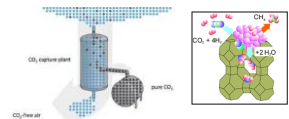
350 bar HCNG-  
Praxiserprobung



350 Bar H<sub>2</sub>-  
Kehrfahrzeug



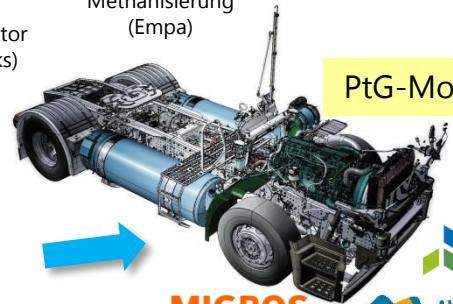
700 Bar H<sub>2</sub>-  
Personenwagen



CO<sub>2</sub>-Kollektor  
(Climeworks)

Methanisierung  
(Empa)

PtG-Mobilität



MIGROS



Batteriespeicher  
für EVs







# Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!

**Dank KollegInnen:** Thomas Bütler  
Dr. Patrik Soltic  
Urs Cabalzar  
Dr. Sinan Teske  
Dr. Martin Rüdisüli  
Urs Elber  
Dr. Brigitte Buchmann

**Bei Fragen:**

[christian.bach@empa.ch](mailto:christian.bach@empa.ch)