

# Die post-fossile Mobilität

Vor dem Hintergrund eines sich ändernden Energiesystems

**Christian Bach**

Abteilungsleiter Fahrzeugantriebssysteme

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

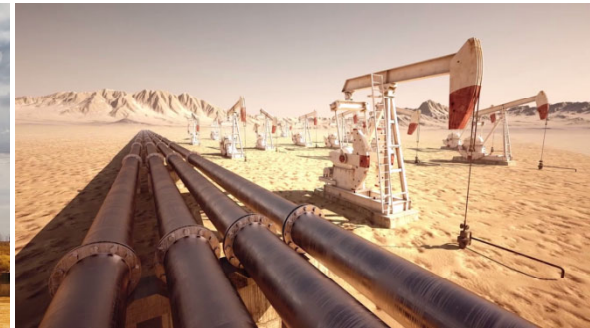
Weltweit werden \$6 Trillionen für Energie ausgegeben



80% der weltweiten  
Energieversorgung  
basiert auf fossiler  
Energie



50'000 Öl-, Gas- und  
Kohlefelder



50% der Reserven  
im mittleren Osten

Quelle: proton.energy, bp

# Die künftige, CO<sub>2</sub>-arme Energieversorgung

## 3 Möglichkeiten zur Auswahl



Nuklearenergie



Fossile Energie

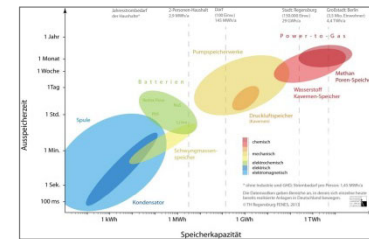
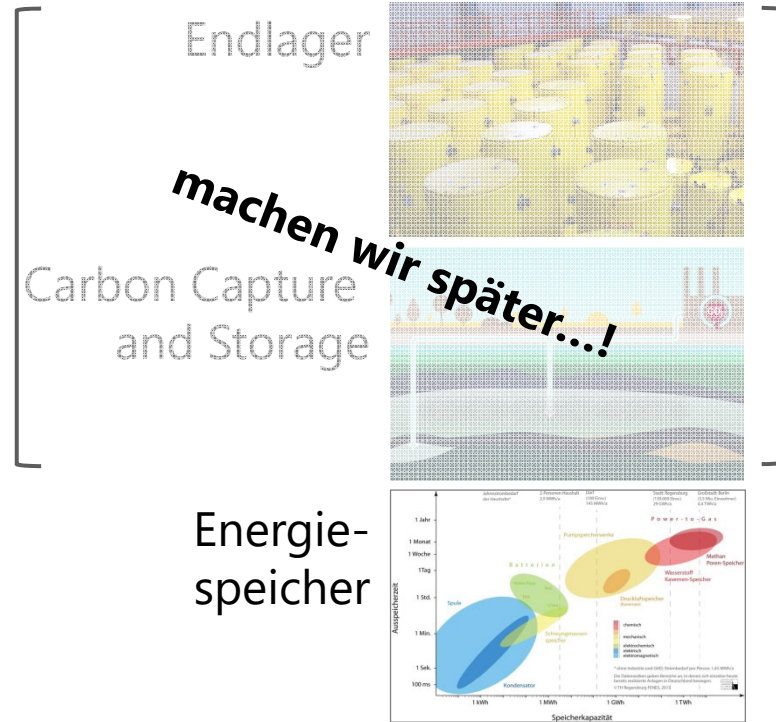


Erneuerbare Energie

&

&

&

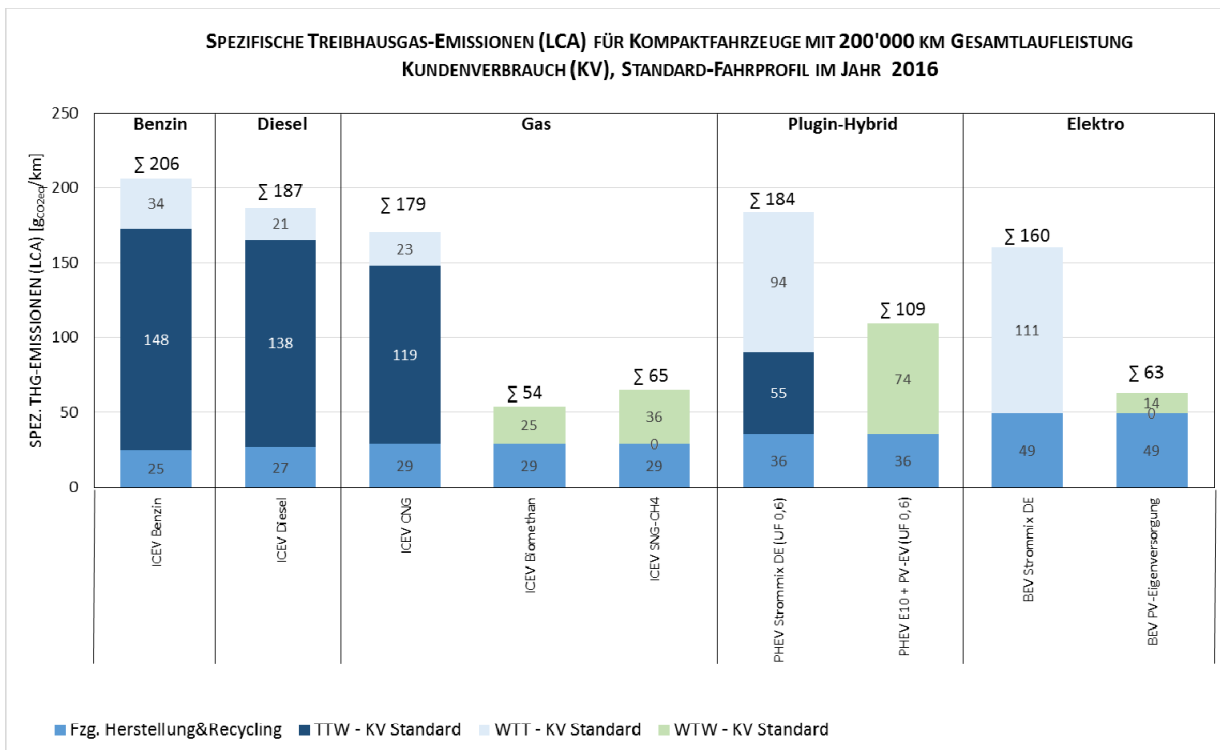




# Die Ökobilanz verschiedener Antriebskonzepte

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

## Standard-Fahrprofil, Realverbrauch, Fahrzeugtechnologie 2016



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 **erneuerbarer Energie** betriebener Gas-, PHEV- oder Elektro-Fahrzeuge bringt eine **CO<sub>2</sub>-Reduktion von 70 – 80%**.

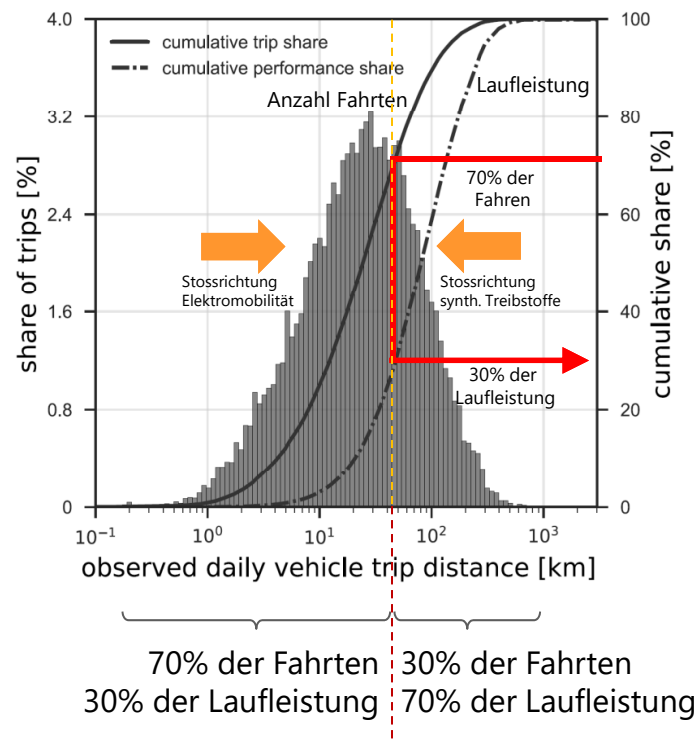
Nicht das Antriebskonzept ist entscheidend, sondern die genutzte Energie.

**Quelle:**

Zapf M., Pengg H., Bütler T., Bach C., Weindl C.; Kosteneffiziente und nachhaltige Automobile – Springer Vieweg (2019; *in press*)

# Hohe Relevanz der Langstreckenfahrten

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



Quelle: ETHZ/Empa (2018)

## 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

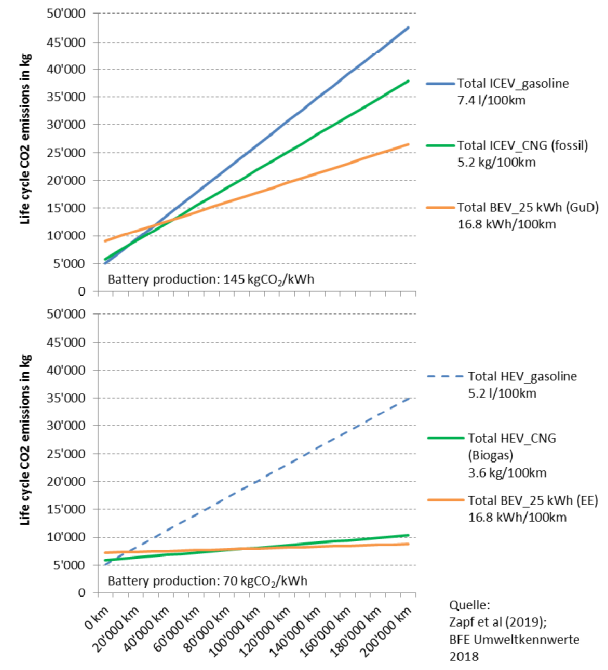
**Fossil energy operated vehicles**

Battery production: 145 kgCO<sub>2</sub>/kWh

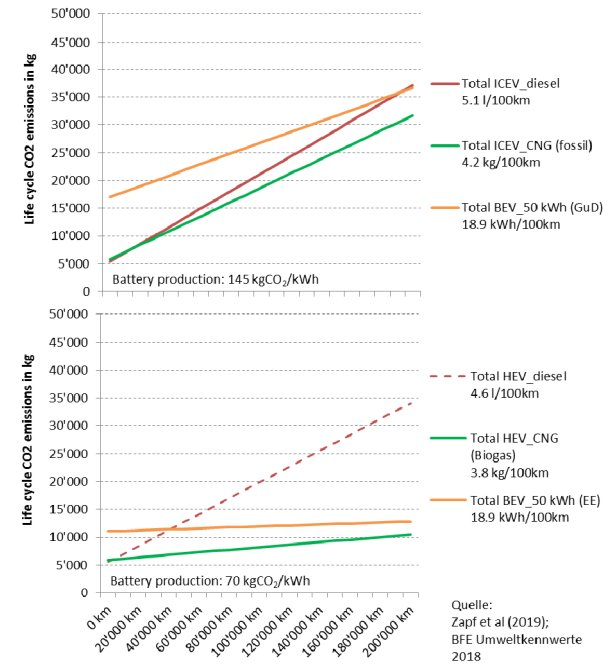
**Renewable energy operated vehicles**

Battery production: 70 kgCO<sub>2</sub>/kWh  
Switch from ICEV to HEV

**City driving profile**  
Compact car with gasoline, gas and electric powertrain



**Highway driving profile**  
Compact car with diesel, gas and electric powertrain



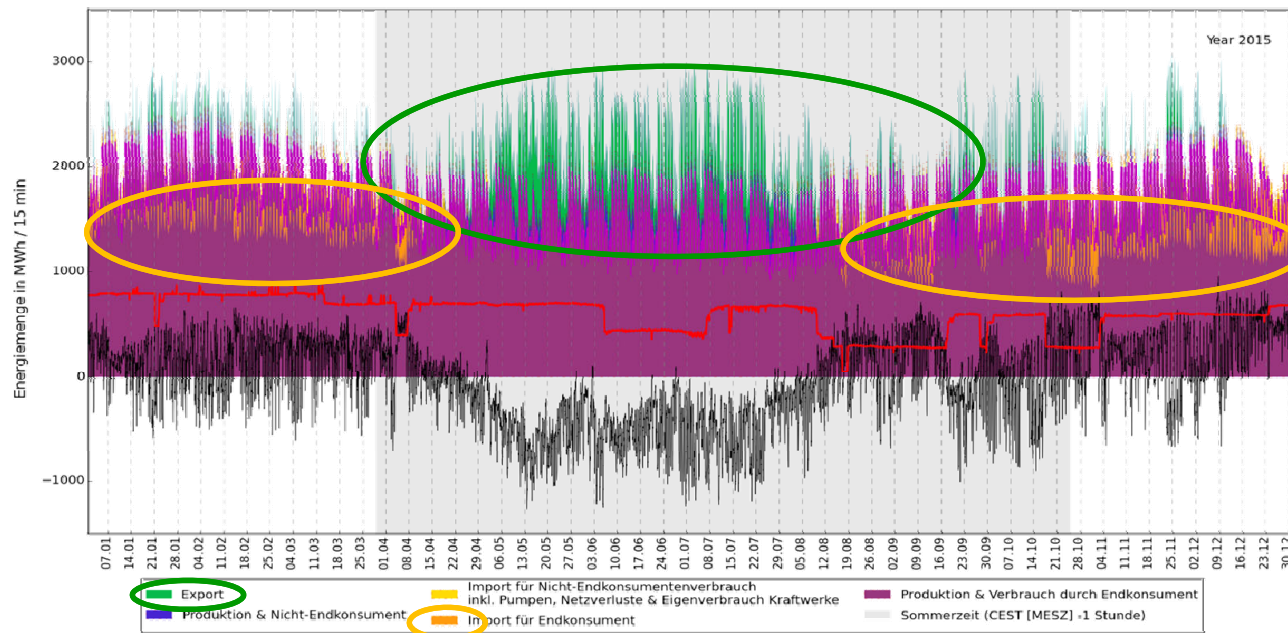
A composite image illustrating renewable energy sources. In the foreground, a large array of solar panels is tilted towards the sun. In the middle ground, two wind turbines with white towers and blue-tipped blades stand against a clear blue sky. In the background, a dam is visible across a river, with a forested mountain range behind it. The sun is shining brightly from the top left, creating lens flare effects across the scene.

**Woher kommt  
die erneuerbare Energie?**



# Strommarkt Schweiz

## Das Ausland als heutiger Stromspeicher

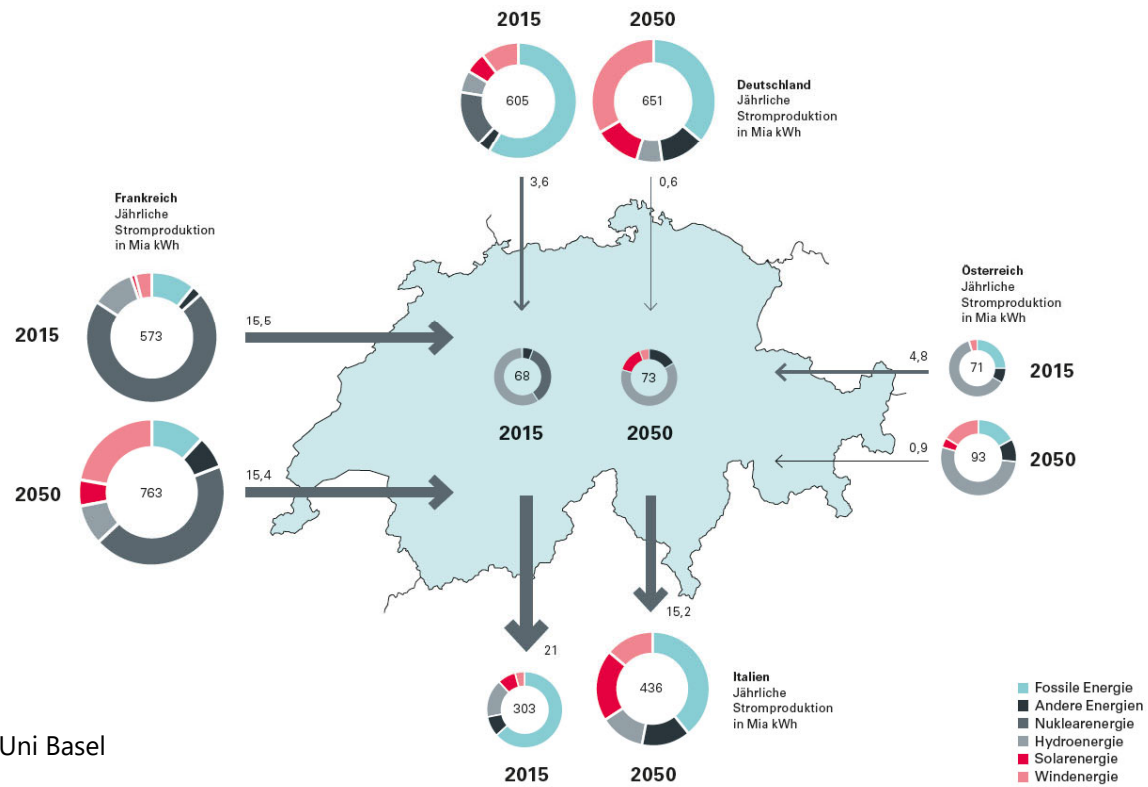


Daten: Swissgrid  
Auswertung: Empa

Von April – September 2015 wurden ca. 5'000 GWh Strom exportiert. Im Winterhalbjahr werden ähnliche Mengen importiert. Das Ausland funktioniert heute als unser Stromspeicher. Nur: Wie lange noch?

# Energiewende Schweiz

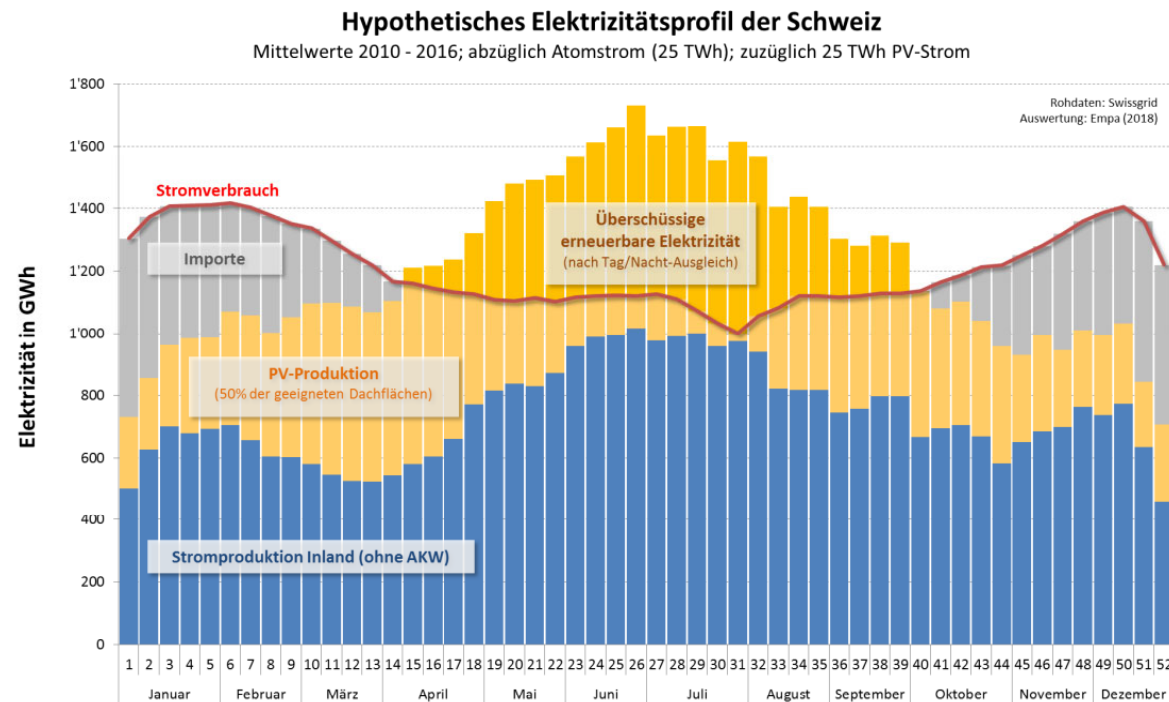
Ausstieg Atomenergie; Zubau PV/Wind + Importe



Quelle: Uni Basel

# Erneuerbare Energie ist der Schlüssel!

## Erwartete «Überschuss-Elektrizität» in der Schweiz



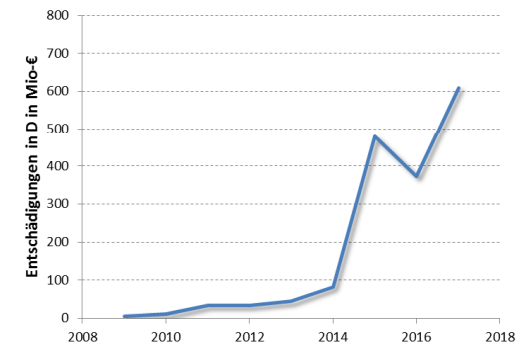
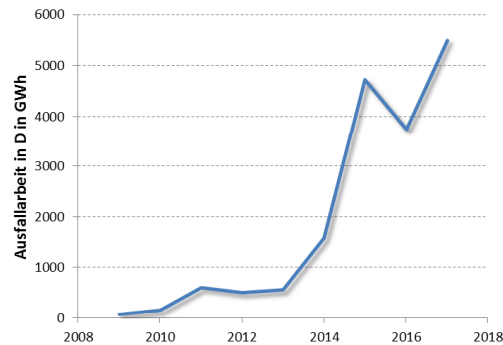
Bei einem vollständigen Tag/Nacht-Ausgleich über ganze Wochen (z.B. mittels PSK, Batterien) liegt die erwartete Überschuss-Elektrizität nach dem AKW-Ausstieg (-25 TWh) und einem Ausbau des PV-Potentials auf 50% (+25 TWh) bei rund 10 TWh (dunkelgelbe Fläche). Wird diese nicht nutzbar gemacht, könnte der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

# Erneuerbare Energie ist der Schlüssel!

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

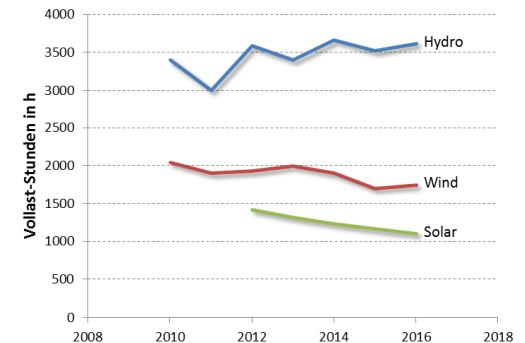
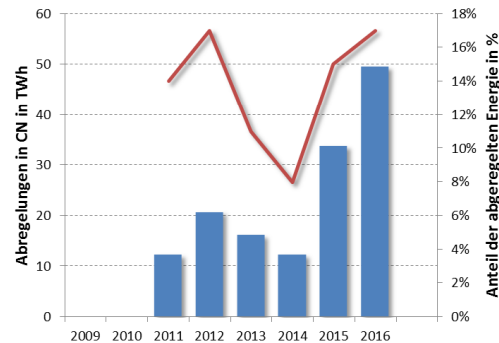
## Situation in Deutschland

Bundesnetzagentur, Monitoringbericht 2017



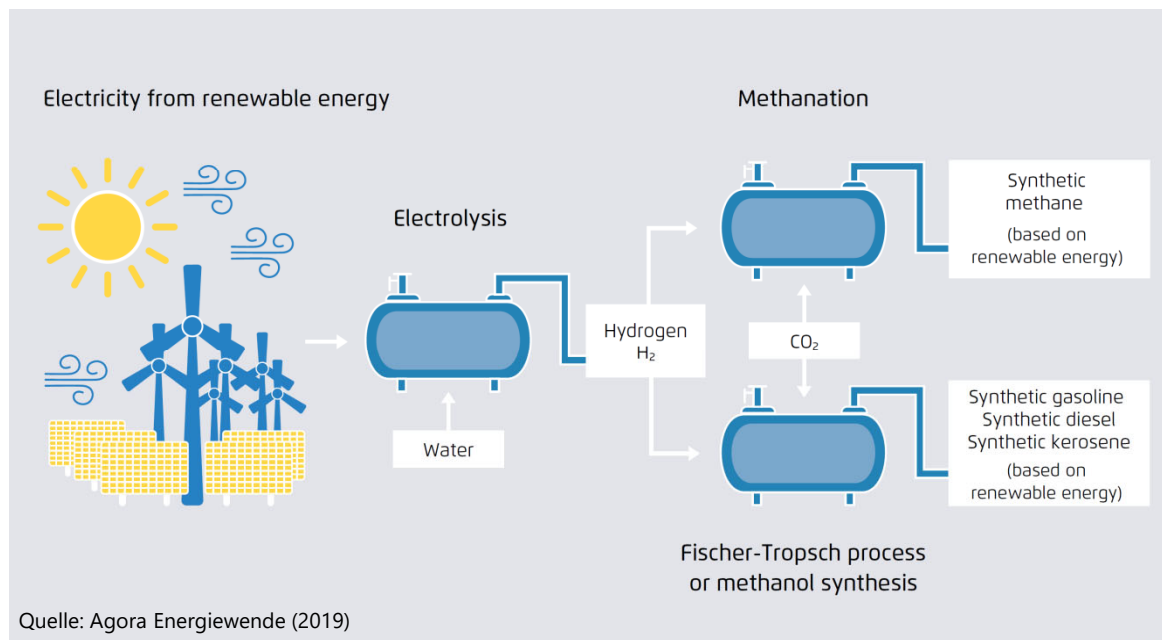
## Situation in China

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



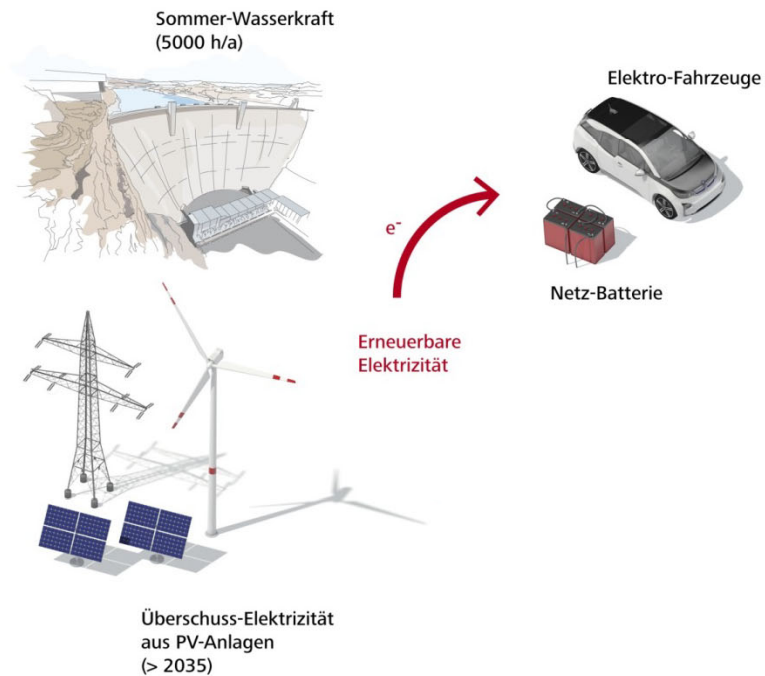
Durch Umwandlung von 50% der erwarteten Überschuss-Elektrizität in Methan (oder flüssige HC) könnten mehrere 100'000 Fahrzeuge sehr CO<sub>2</sub>-arm betrieben werden.



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

# Erneuerbare Energie in der Mobilität

## Effizienz und Flexibilität

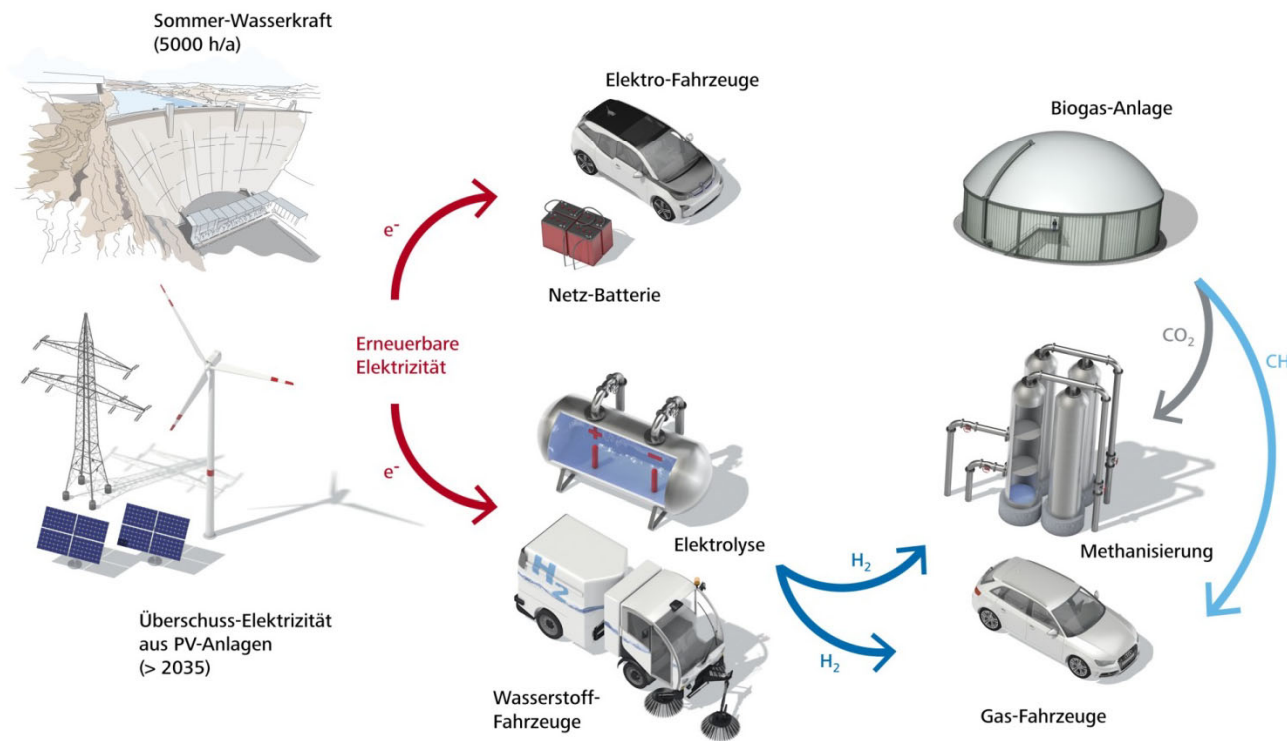


Um von fossilen Kraftwerken unabhängig zu werden, braucht es eine Effizienzsteigerung und eine zeitliche Flexibilisierung beim Strombezug.

- 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

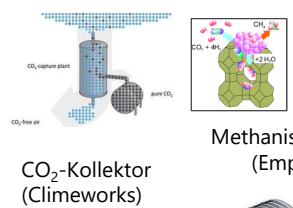
Bundesamt für Umwelt BAFU

**Realverbrauch / Carsharing**

ETH zürich

**350 bar HCNG-Praxiserprobung**

Mobility Solutions  
DIE POST  
apex  
IVECO  
erdgas biogas  
Swagelok



**PtG-Mobilität**

swisspower  
glattwerk optimal versorgt  
AVENERGY SUISSE

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

ccem.ch  
Atlas Copco  
Stadt Dübendorf municipal  
BUCHER

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

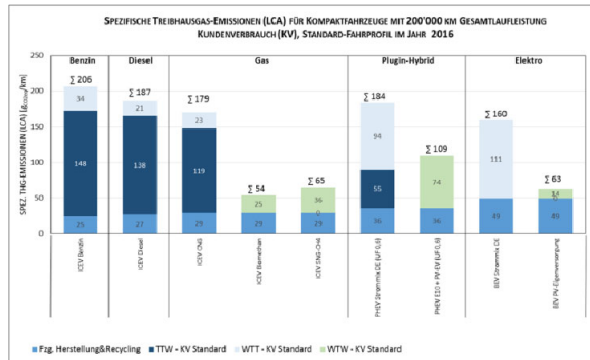
suva  
METAS  
HYUNDAI  
H<sub>2</sub>energy  
STÄUBLI

**Batteriespeicher für EVs**

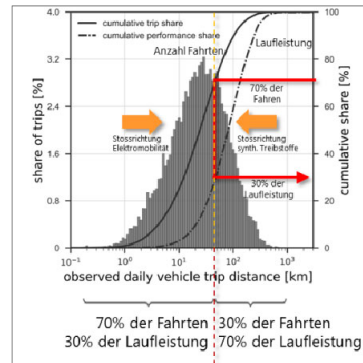
FZSoNick  
Empa  
Materials Science and Technology

MIGROS

# Zusammenfassung

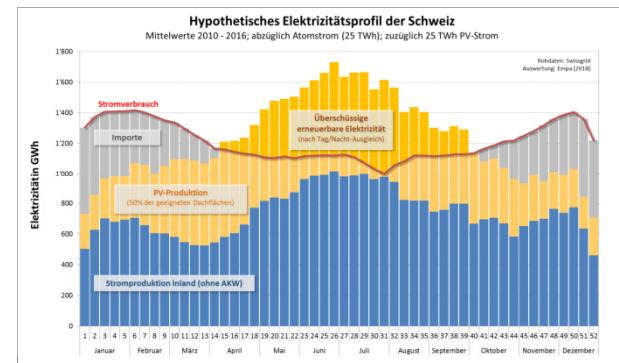


Entscheidend für die CO<sub>2</sub>-Reduktion ist nicht das Antriebskonzept, sondern ob fossile oder **erneuerbare Energie** eingesetzt wird.



Während die überwiegende Anzahl Fahrten nur kurze Strecken absolvieren weisen die **Langstreckenfahrten** weisen eine überdurchschnittliche Relevanz auf.

**Die E-Mobilität ist für die Kurzstreckenfahrten und die synthetischen Treibstoffe für Langstrecken vorteilhaft.**



Wird erneuerbare Energie einfach dem Energiesystem entzogen, fehlt sie möglicherweise in anderen Energiesektoren.

Wird für die Mobilität **«überschüssige» Elektrizität** genutzt, resultiert eine hohe CO<sub>2</sub>-Reduktion.

# 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)