

Können/müssen auch Benzin- und Dieselfahrzeuge klimafreundlich werden?

Christian Bach

Abteilungsleiter Fahrzeugantriebssysteme

Netto Null CO₂ bis 2050

Bundesrat, 28.08.2019

Die heutige 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 künftige, CO₂-arme Energieversorgung

3 Möglichkeiten zur Auswahl



Nuklearenergie



Fossile Energie



Erneuerbare Energie



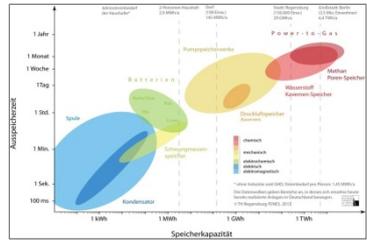
Endlager



Carbon Capture and Storage



Energiespeicher

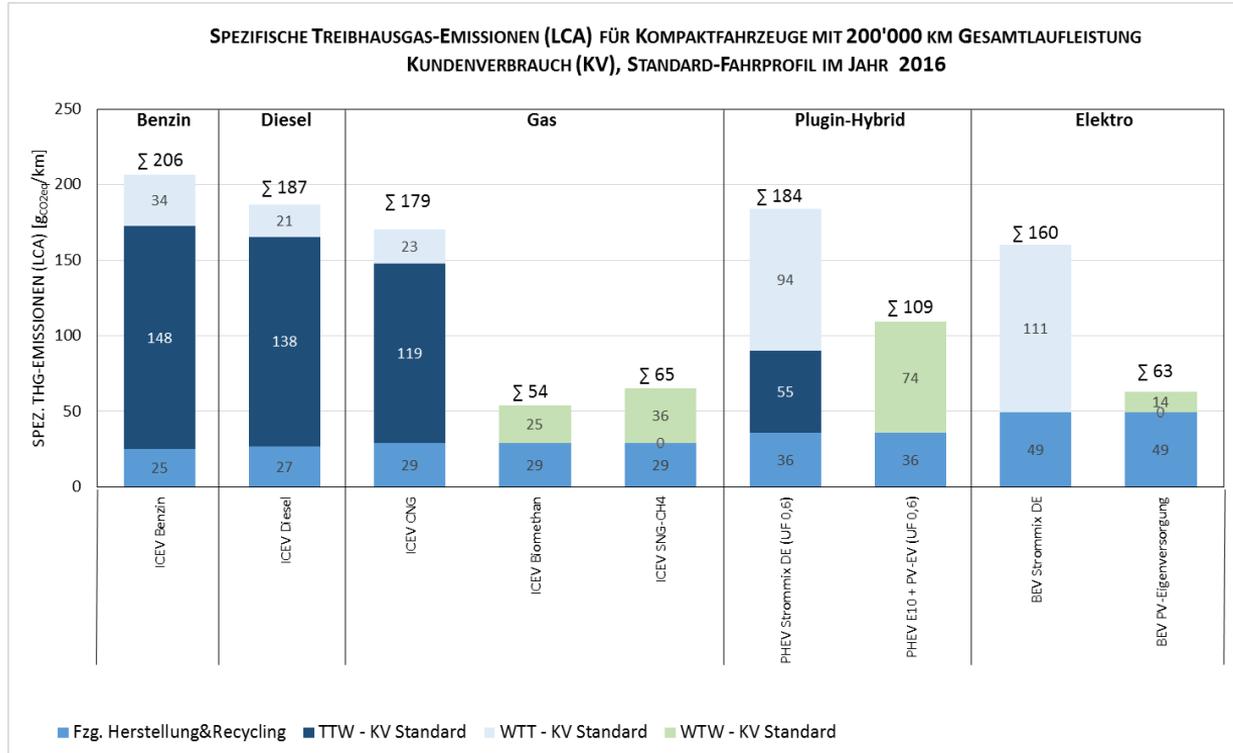




Die Ökobilanz verschiedener Antriebskonzepte

CO₂-Lebenszyklusemissionen verschiedener Antriebe

Standard-Fahrprofil, Realverbrauch, Fahrzeugtechnologie 2016



Der Umstieg auf mit **fossiler Energie** betriebene Gas-, PHEV- oder Elektro-Fahrzeuge bringt eine **CO₂-Reduktion von 10 – 20%**.

Der Umstieg auf mit **erneuerbarer Energie** betriebener Gas-, PHEV- oder Elektro-Fahrzeuge bringt eine **CO₂-Reduktion von 70 – 80%**.

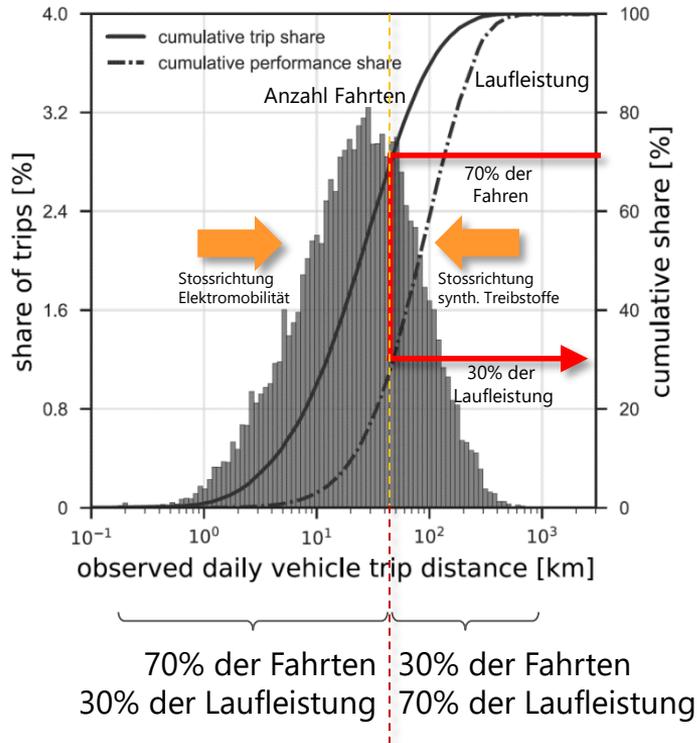
Nicht das Antriebskonzept ist entscheidend, sondern die genutzte Energie.

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 (CO₂)



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 CO₂-Emissionen verantwortlich.

Ergänzende Technologien:

Die Elektromobilität und mit synthetischen Treibstoffen betriebene Mobilität ergänzen sich.

CO₂-Lebenszyklusemissionen verschiedener Antriebe

Unterschiedliche Ergebnisse bei unterschiedlichen Einsatzbedingungen

Mit fossiler Energie betriebene Fahrzeuge

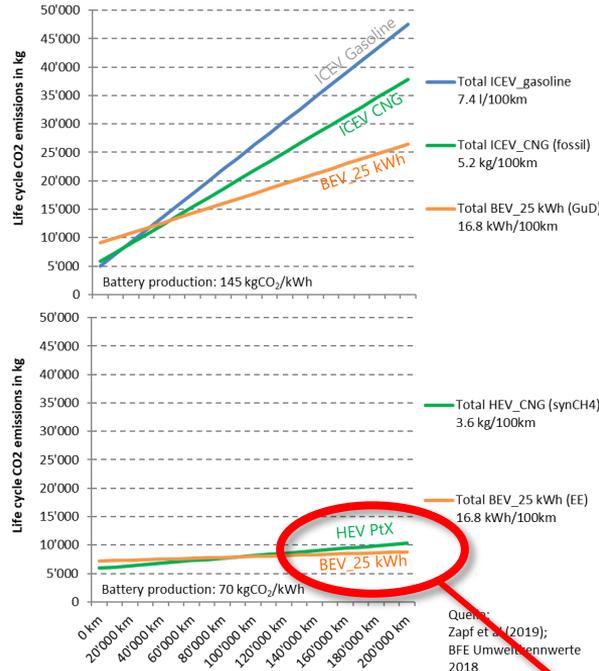
Batterie Herstellung: 145 kgCO₂/kWh

Mit erneuerbarer Energie betriebene Fahrzeuge

Batterie Herstellung: 70 kgCO₂/kWh
Wechsel von ICEV zu HEV

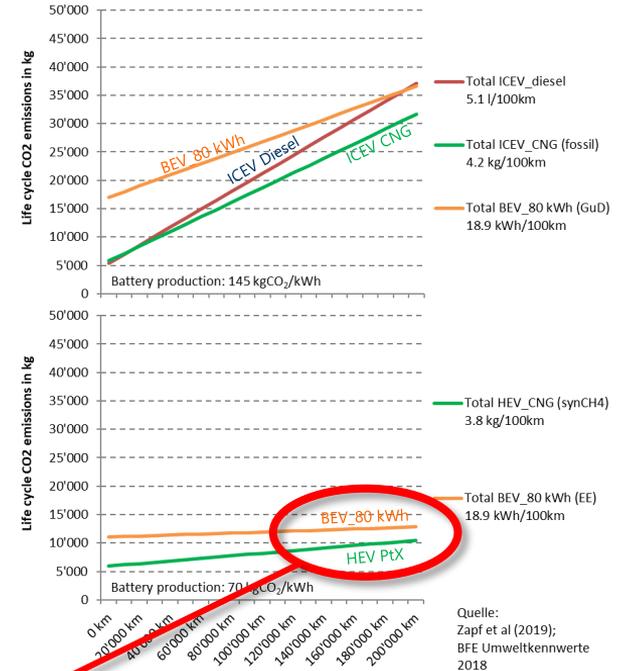
Innerortslastiger Betrieb

Kompaktfahrzeug mit Benzin-, Gas- und Elektroantrieb



Autobahnlastiger Betrieb

Kompaktfahrzeug mit Diesel-, Gas- und Elektroantrieb



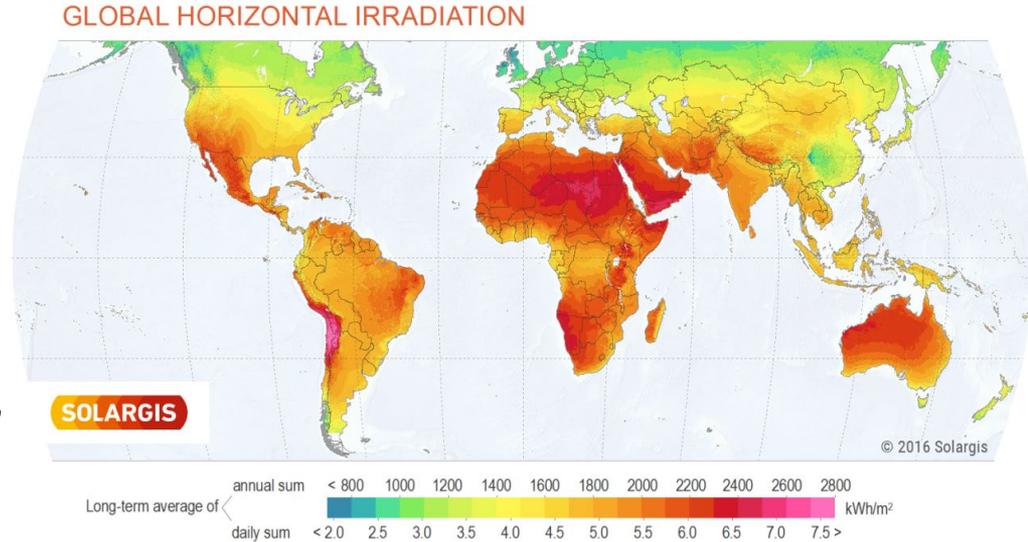
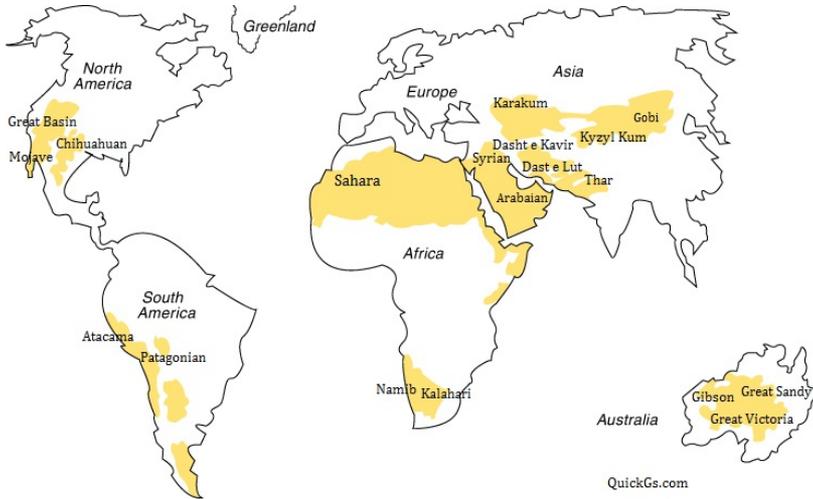
Wirtschaftlichkeit und Systemdienlichkeit?

A composite image illustrating renewable energy sources. In the foreground, there are rows of blue solar panels. 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 green, forested mountains under bright sunlight, with lens flare effects in the top left corner.

**Woher kommt
die erneuerbare Energie?**

Erneuerbare Energie

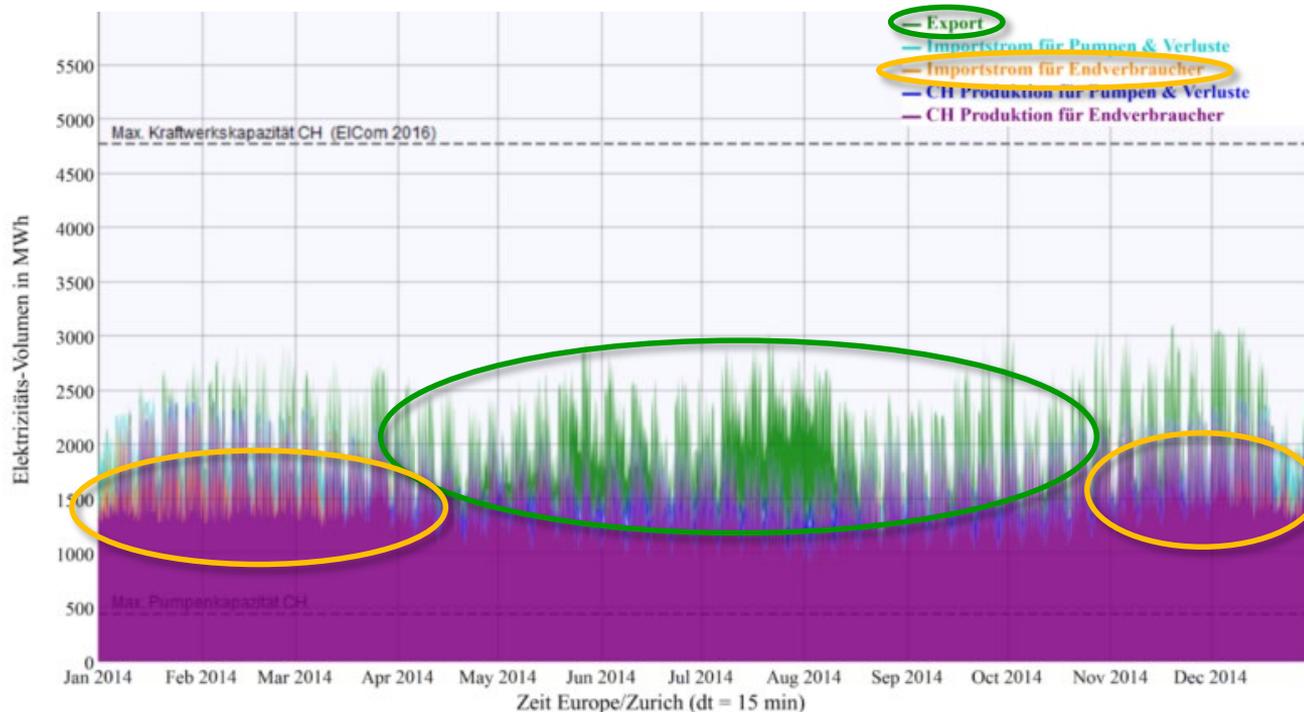
Ungenutzte Sonneneinstrahlung in Wüstenregionen



Um z.B. 50% der Strassenfahrzeuge mit ausländischen, chemischen Energieträgern zu versorgen, wäre eine PV-Fläche von ca. 200 km² erforderlich. Würde die ganze Welt bei gleicher Strassenmobilität das gleiche machen, wäre eine PV-Fläche von 200'000 km² erforderlich. **Das ist weniger als 1% der Wüstenfläche!**

Erneuerbare Energie

Das Ausland als heutiger Stromspeicher



Daten: Swissgrid
Auswertung: Empa

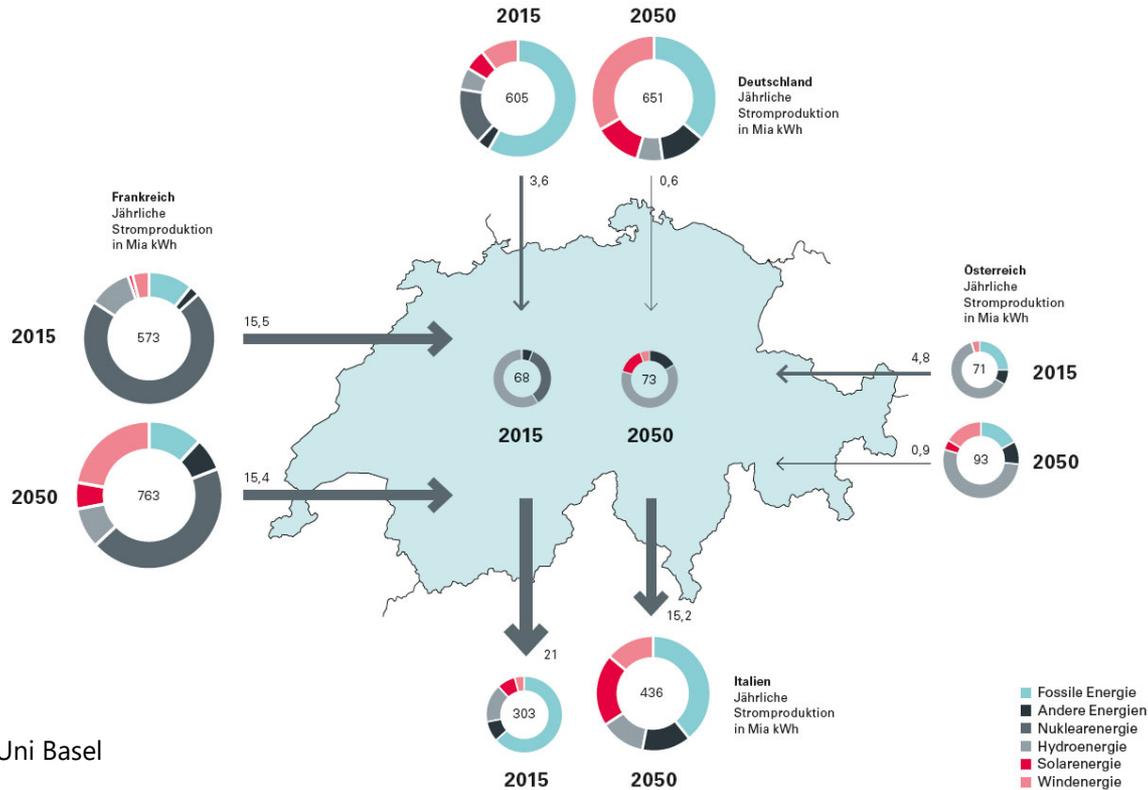
Stromüberschüsse im Sommerhalbjahr können exportiert werden.

Stromdefizite im Winterhalbjahr können importiert werden.

Das Ausland stellt für die Schweiz einen saisonalen Stromspeicher dar.

Erneuerbare Energie

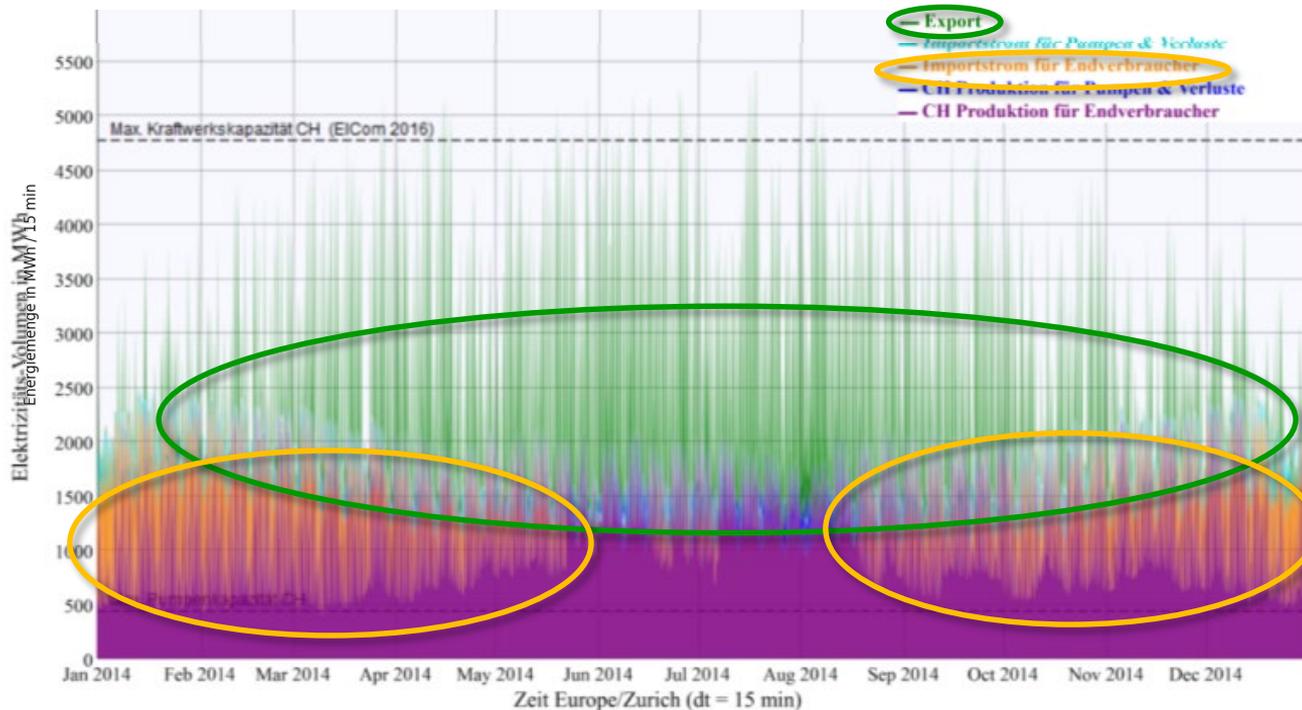
Ausstieg (?) Atomenergie; Zubau PV/Wind + Importe



Quelle: Uni Basel

Erneuerbare Energie

Hoher Anteil an fluktuierender PV-Energie



Daten: Swissgrid
Auswertung: Empa

Stromüberschüsse im Sommerhalbjahr können exportiert werden.

Stromdefizite im Winterhalbjahr können importiert werden.

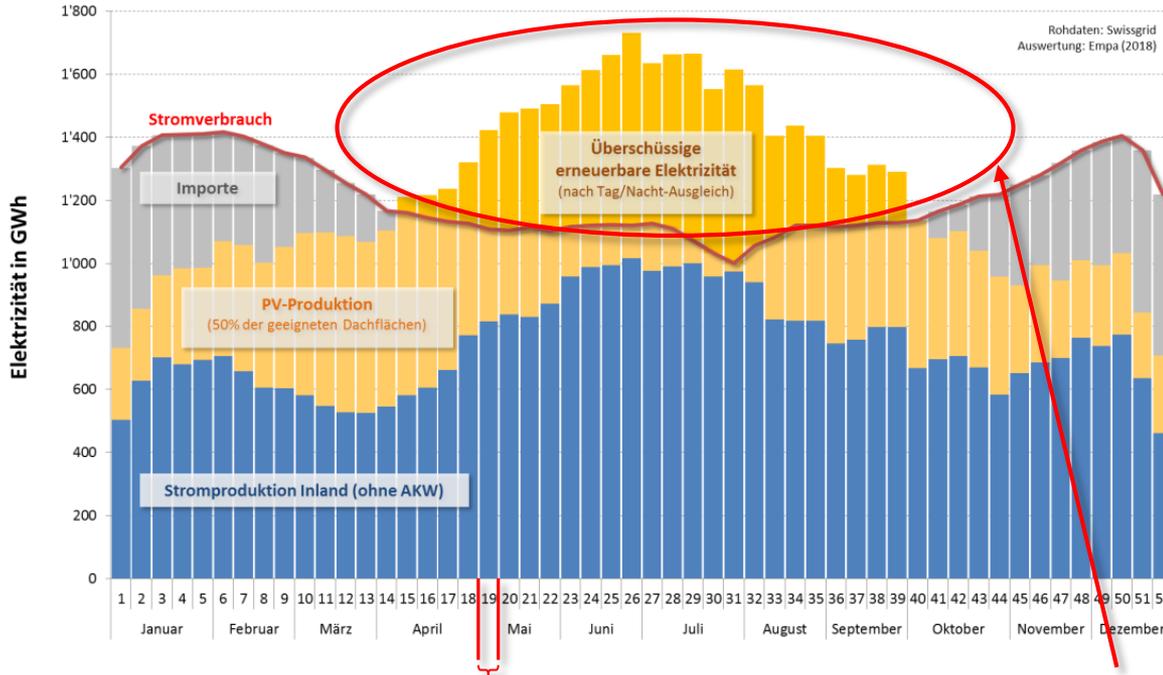
Das Ausland stellt für die Schweiz einen saisonalen Stromspeicher dar.

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

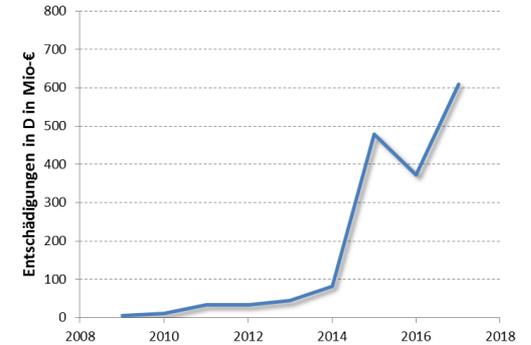
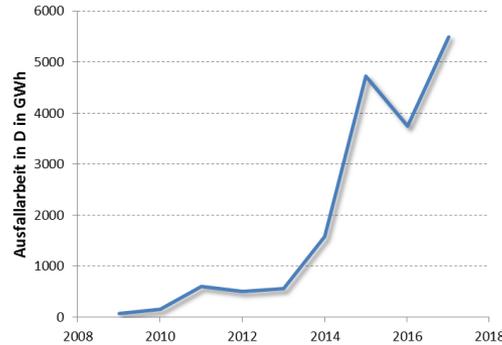
Synthetische Treibstoffe
Nutzbarmachung Überschuss-Elektrizität

Erneuerbare Energie ist der Schlüssel!

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

Situation in Deutschland

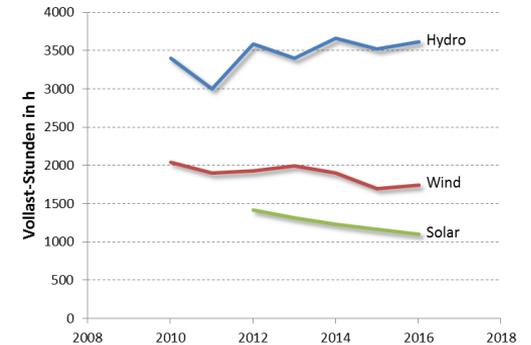
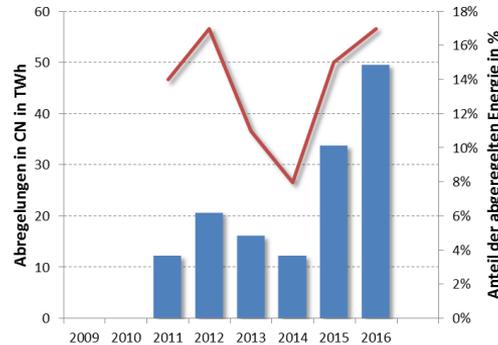
Bundesnetzagentur, Monitoringbericht 2017



Situation in China

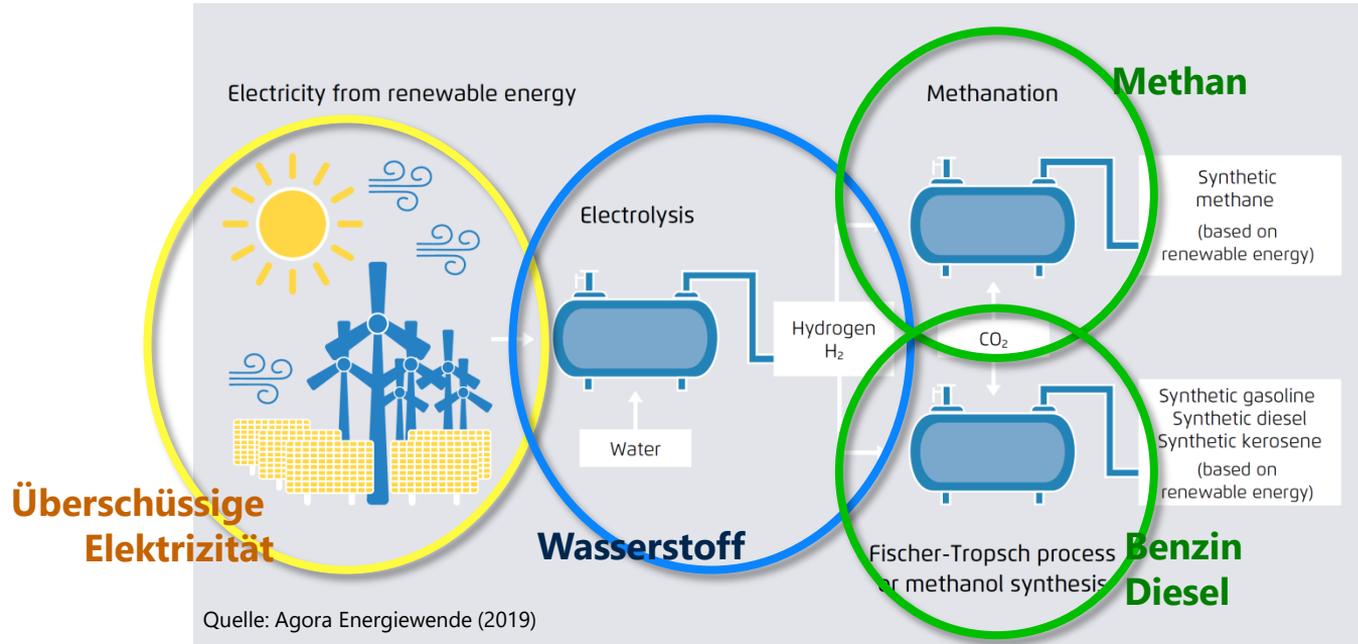
Agora, Energy Transition in the Power Sector in China: State of Affairs in 2016

Review on the Developments in 2016 and an Outlook



Erneuerbare Energie ist der Schlüssel!

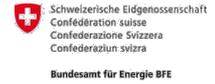
1. Schritt: Wasserstoff; ev. 2. Schritt: synthetische Kohlenwasserstoffe



Durch Umwandlung von 50% der erwarteten Überschuss-Elektrizität in Wasserstoff oder gasförmige oder flüssige Kohlenwasserstoffe könnten mehrere 100'000 Fahrzeuge sehr CO₂-arm betrieben werden.

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

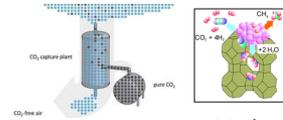
350 bar HCNG-
Praxiserprobung



350 Bar H₂-
Kehrfahrzeug



700 Bar H₂-
Personenwagen

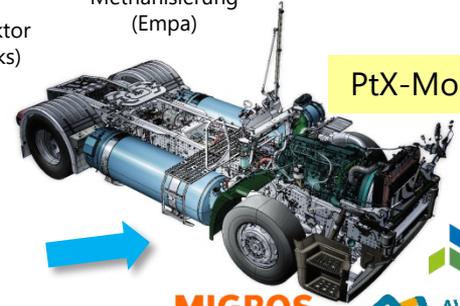


CO₂-Kollektor
(Climeworks)



Methanisierung
(Empa)

PtX-Mobilität



MIGROS



Batteriespeicher
für EVs

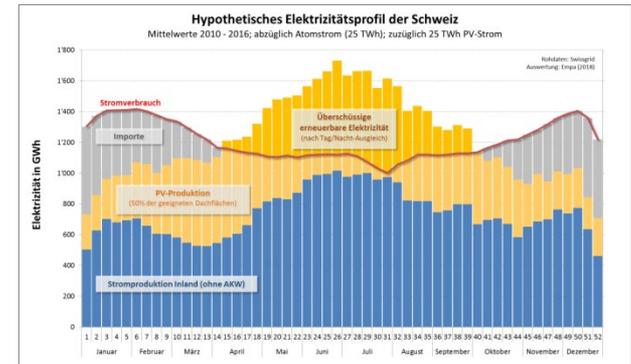
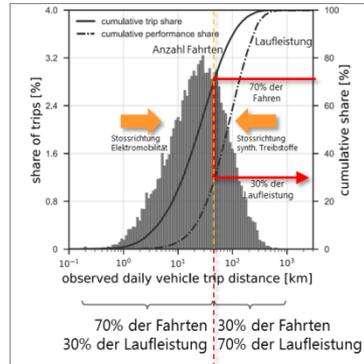
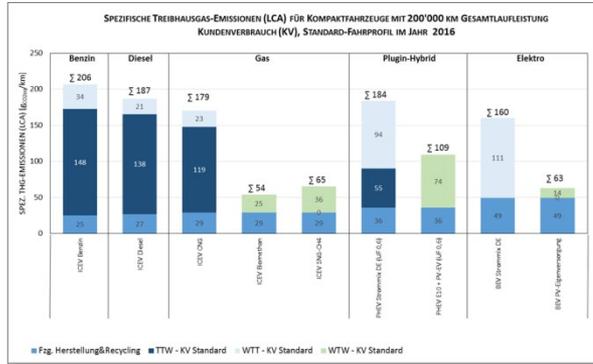
FZSoNick



CONCLUSION

Zusammenfassung

Ja, auch Benzin-/Dieselfahrzeuge müssen klimafreundlich werden!



Entscheidend für die CO₂-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 nur dem Energiesystem entzogen, fehlt sie möglicherweise in anderen Energiesektoren, was insgesamt nicht zu einer CO₂-Reduktion führen muss.

Wird für die Mobilität **«überschüssige» Elektrizität** oder **bisher ungenutzte Sonnenenergie** eingesetzt, resultiert eine hohe CO₂-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