

# Wenn die Antriebstechnologie keine Rolle mehr spielt

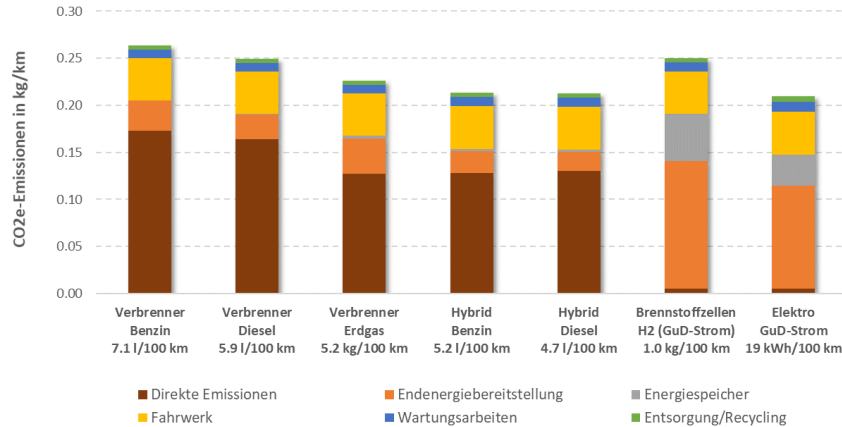
**Christian Bach**

Abteilung Fahrzeugantriebssysteme

# CO<sub>2</sub>-Reduktion im Strassenverkehr

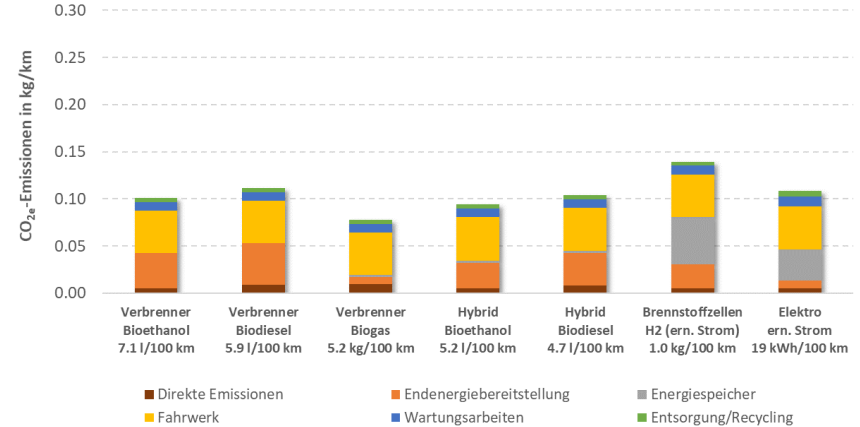
## Treibhausgasbilanz Mittelklassefahrzeug 2025 mit verschiedenen Antrieben

### Treibhausgasemissionen beim Betrieb mit **fossiler** Energie



Quelle: PSI (calculator, Mai 2022)

### Treibhausgasemissionen beim Betrieb mit **erneuerbarer** Energie



Quelle: PSI (calculator, Mai 2022)

Primär entscheidend für die Treibhausgasreduktion ist die CO<sub>2</sub>-Belastung der genutzten Energie.



**Woher kommt  
die erneuerbare Energie?**

# Woher kommt die erneuerbare Energie?

Aus einheimischen und ausländischen Quellen

## erneuerbare **chemische** Energieträger

- Synthetische Kohlenwasserstoffe  
(synMethan, synKerosin, synDiesel, synBenzin)
- Wasserstoff
- zzgl. Import von erneuerbarem Strom aus EU

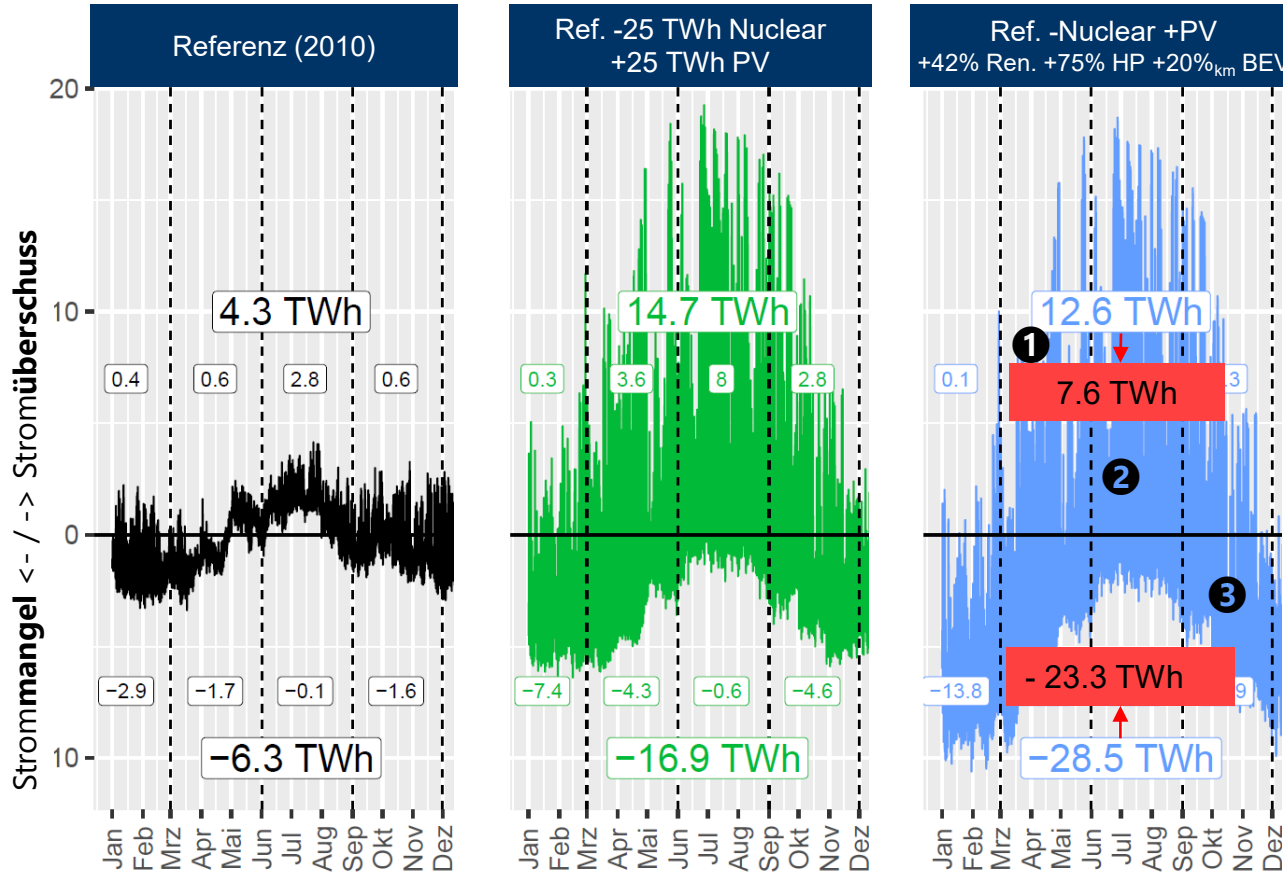


## erneuerbare **elektrische** Energie

- Wasserkraft
- Photovoltaik
- Windenergie
- zzgl. Biogas, Holz aus CH

# Das hypothetische Stromsystem der Schweiz in Zukunft

Ausstieg aus Nuklearenergie, Zubau von Photovoltaik sowie Effizienzsteigerung



## 1 Elektrofahrzeuge für den Tag-Nacht-Ausgleich

Erf. Speicherkapazität: 80 – 140 GWh

### Nutzung parkierter Elektroautos

3 Mio BEV → z.B. 60 GWh Speicher

## 2 Wasserstofffahrzeuge für die Nutzung von Stromüberschüssen

Verbl. Stromüberschuss: 7 – 8 TWh/a

### Wasserstoffproduktion für LKW

20'000 BZ-LKWs → 5.0 TWh<sub>H<sub>2</sub></sub>, (8 TWh<sub>el</sub>)

## 3 Synth. Energieträger für Langstrecken LKWs und Winterstrom

Stromimportbedarf: 10 - 20 TWh<sub>el</sub>

### Synthetische Energieträger & BHKW

5 GW<sub>el</sub> BHKW @ 4'000 FL-h/a



Materials Science and Technology

Quelle: Empa

# Woher kommt die erneuerbare Energie?

Aus einheimischen und ausländischen Quellen



## erneuerbare **chemische** Energieträger

- Synthetische Kohlenwasserstoffe (synMethan, synKerosin, synDiesel, synBenzin)
- Wasserstoff
- zzgl. Import von erneuerbarem Strom aus EU



## erneuerbare **elektrische** Energie

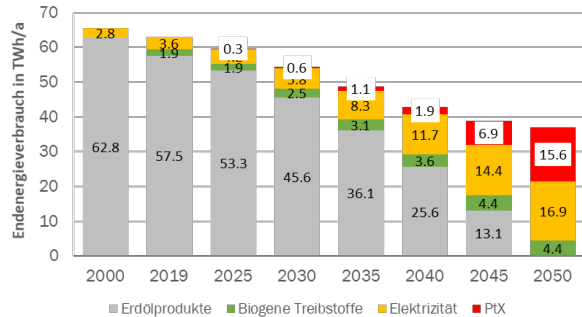
- Wasserkraft
- Photovoltaik
- Windenergie
- zzgl. Biogas, Holz aus CH

# Bedarf an strombasierten, synthetischen Energieträgern

Erneuerbare **ausländische** chemische Energie

## Strassenverkehr

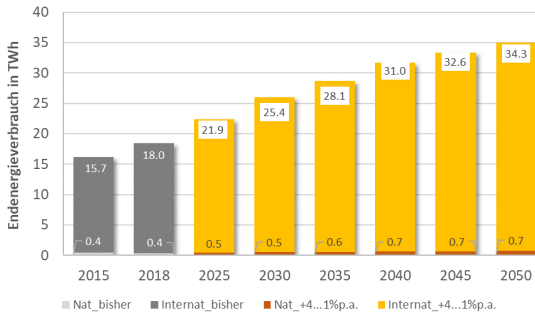
PtX-Bedarf: 16 TWh<sub>th</sub>/a bis 2050



Quelle: BFE Energieperspektiven 2050+, Szenario «ZERO Basis»

## Flugverkehr ab CH (National + International)

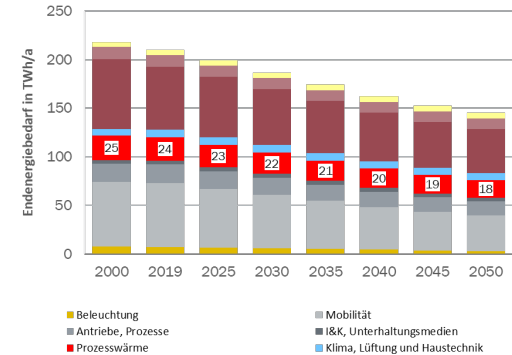
PtX-Bedarf: 1 bis >30 TWh<sub>th</sub>/a bis 2050



Quelle: BAFU THG-Inventar, ab 2020: +4 ... 1%p.a.

## Industrielle Prozesswärme in CH

PtX-Bedarf: bis 18 TWh<sub>th</sub>/a bis 2050



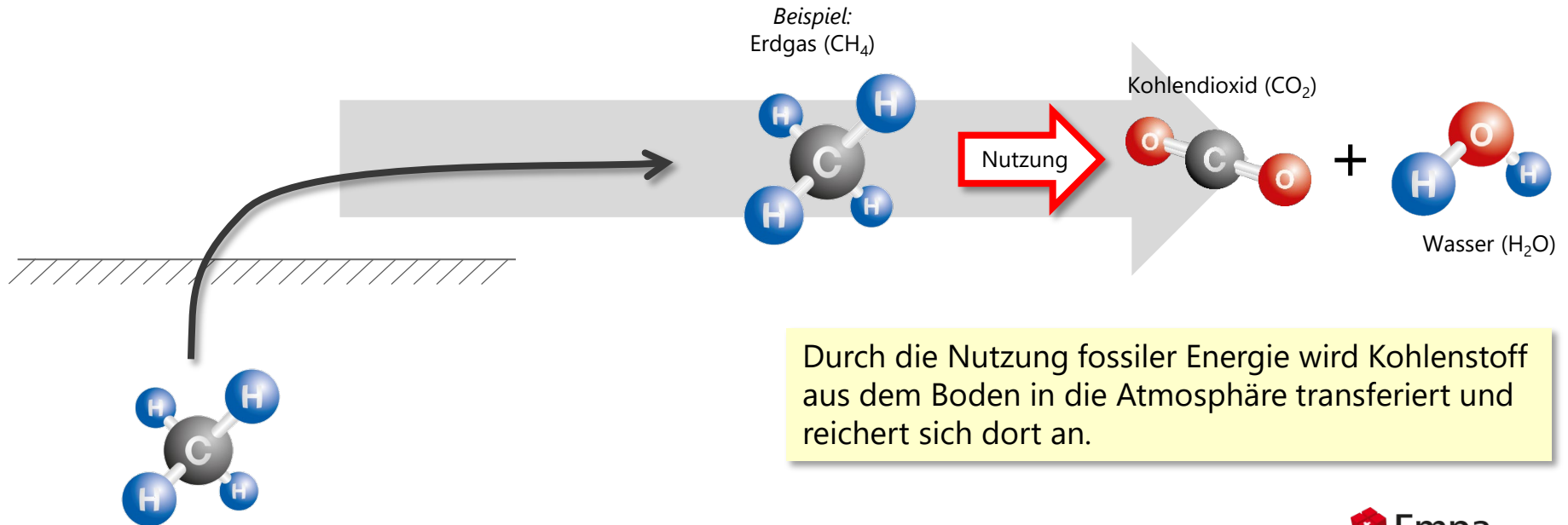
Quelle: BFE Energieperspektiven 2050+, Szenario «ZERO Basis»

Um den Strassen- und Luftverkehr (sowie die industriellen Hochtemperaturprozesse) vollständig auf erneuerbare Energie umzustellen, werden **30 – 60 TWh<sub>th</sub>** an erneuerbaren chemischen Energieträgern benötigt. Dazu sind 10 – 20 GW<sub>el</sub> an Elektrolysekapazität erforderlich.

**Diese Anlagen werden im Ausland stehen.**

# Was sind fossile Energieträger?

Fossile Energieträger mit linearem Kohlenstoff-Transfer in die Atmosphäre

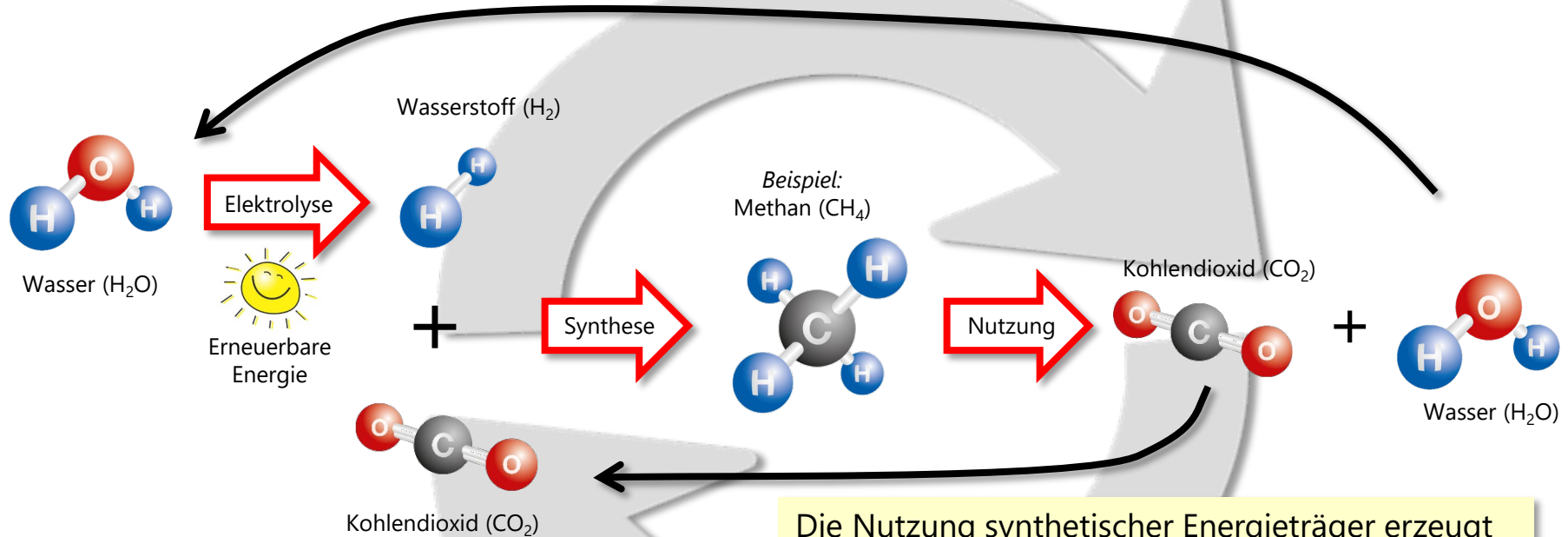


Durch die Nutzung fossiler Energie wird Kohlenstoff aus dem Boden in die Atmosphäre transferiert und reichert sich dort an.



# Was sind synthetische Energieträger?

**Synthetische** Energieträger mit zirkulärer CO<sub>2</sub>- (und Wasser-)Nutzung



Die Nutzung synthetischer Energieträger erzeugt nur soviel CO<sub>2</sub>, wie zuvor für die Herstellung aus der Atmosphäre entzogen wurde.

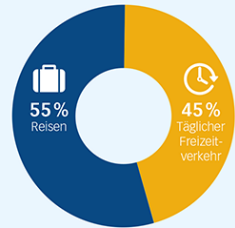
# Mobilitätsverhalten

## Freizeit-Mobilität ist der wichtigste Mobilitätszweck

### Freizeitmobilität der Schweizer Bevölkerung zwischen 2005 und 2015

Freizeitverkehr macht 40% der Tagesdistanz aus. Zwischen 2005 und 2015 gingen die Distanzen für den Freizeitverkehr, die im Inland zurückgelegt wurden, zurück, jene im Ausland nahmen zu.

15 295 km im Jahr 2015 pro Person



3300 km mehr als 2005

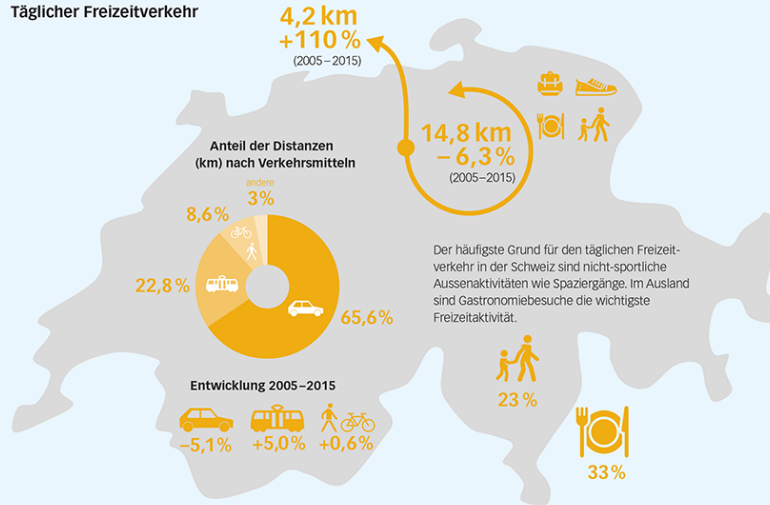
#### Flugreisen für die Freizeit

5671 km des Freizeitverkehrs pro Person wurden 2015 im Flugzeug zurückgelegt.



Das sind **123%** mehr Kilometer als 2005.

#### Täglicher Freizeitverkehr



#### Billige Flüge

Das grosse Angebot an Billigflügen ist ein wichtiger Faktor für die Zunahme des Freizeitverkehrs. Dies ist auch an der wachsenden Bedeutung der Flughäfen Basel und Genf abzulesen.



#### Auto «on demand»

Personen, die nach Bedarf über ein Auto verfügen, legen dieselben Distanzen zurück wie jene, denen jederzeit ein Auto zur Verfügung steht, jedoch deutlich öfter mit öffentlichen Verkehrsmitteln.



#### Mobile Jugend

Junge Erwachsene zwischen 18 und 24 Jahren reisen in ihrer Freizeit häufiger und legen pro Reise im Durchschnitt **1200 km** mehr zurück als 2005. Diese Altersgruppe legte 2015 die meisten Kilometer zurück – pro Person durchschnittlich **19 000 km**.

### Kennzahlen:

- Mit einem Anteil von 40% ist der Freizeitverkehr der wichtigste Verkehrszweck (im Ø: 19 km pro Tag und Person, davon 14.8 km im Inland (sinkend) und 4.2 km (steigend) im Ausland).
- 2/3 des Freizeitverkehrs wird mit Autos zurückgelegt, 23% per Bahn und 11% per Velo/zu Fuss.
- Personen mit eigenem Auto legen einen höheren Anteil mit dem Auto zurück als Personen ohne eigenes Auto.
- **Der Flugverkehr verursacht pro Personen-km gleich viel CO<sub>2</sub>-Emissionen, wie ein Benzinauto!**

# Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!

Dank an Kolleginnen und Kollegen:

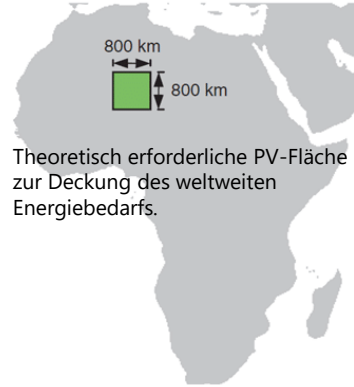
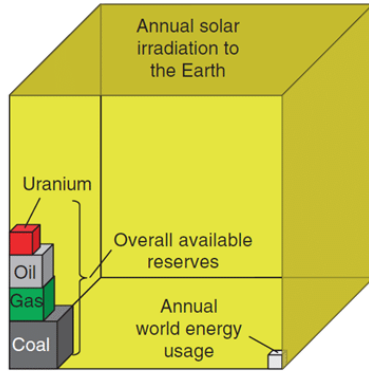
Dr. Martin Rüdüsüli  
Thomas Bütler

**Bei Fragen:**

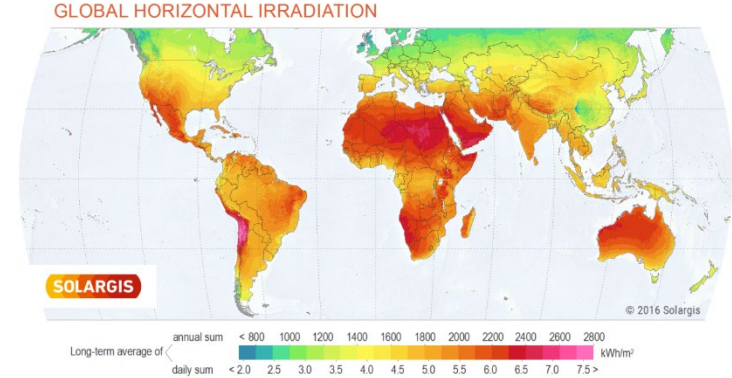
[christian.bach@empa.ch](mailto:christian.bach@empa.ch)

# Erneuerbare ausländische (chemische) Energie

Die Welt hat global kein Energieproblem - sondern ein CO<sub>2</sub>-Problem



Theoretisch erforderliche PV-Fläche zur Deckung des weltweiten Energiebedarfs.



Schweiz  
1'100 kWh/m<sup>2</sup>/a



Oman  
2'200 kWh/m<sup>2</sup>/a

Die Sonne «schickt» pro Jahr sehr viel mehr (Sonnen-)Energie auf die Erde, als die Welt je brauchen wird.

Quelle: Burlafinger Klaus; Development of a High Irradiance Setup for Precisely Controlled Accelerated Photo-Degradation of Organic Solar Cells; Doktorarbeit Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg (2020)

Riesige ungenutzte Flächen und doppelte Sonneneinstrahlung im Sonnengürtel.