

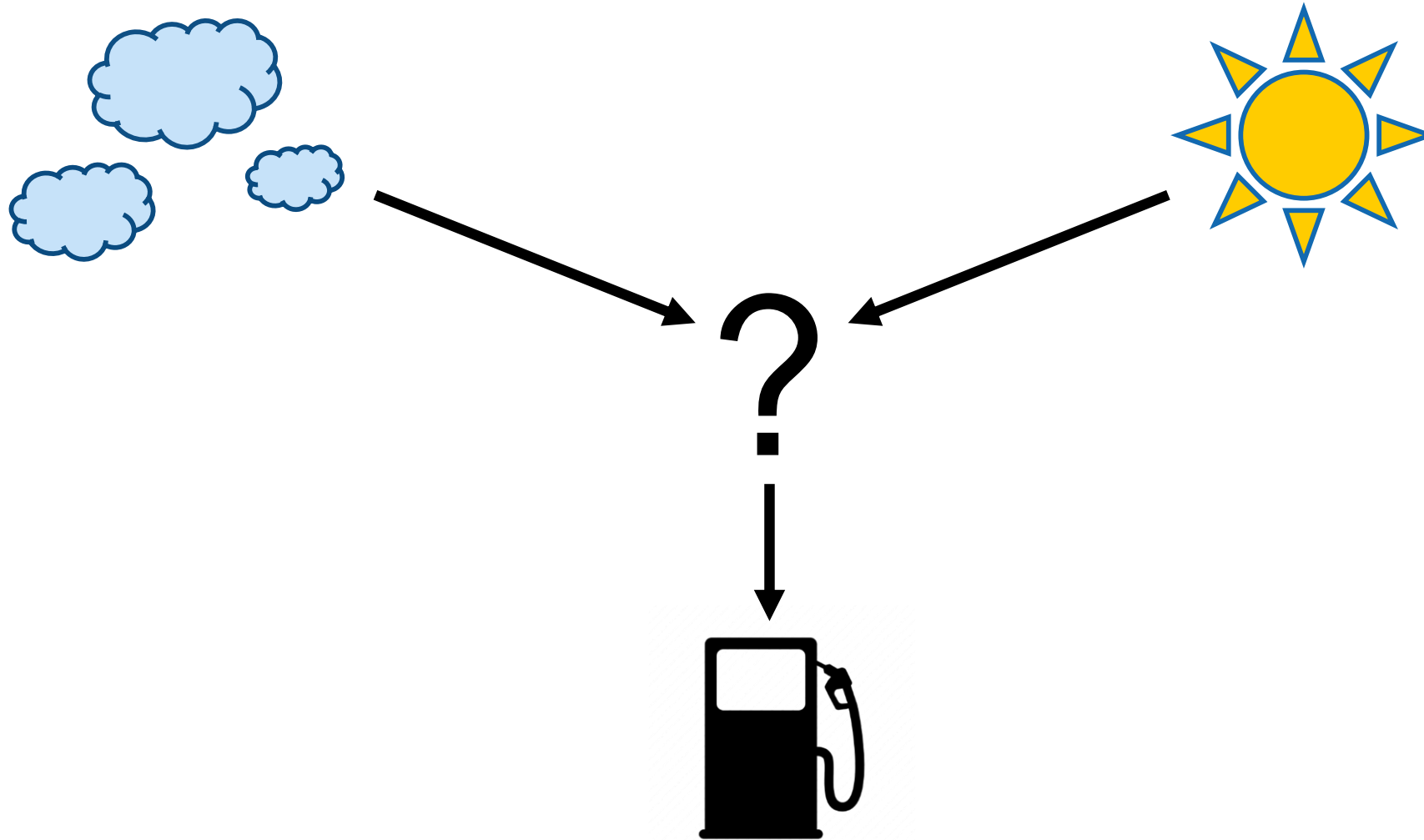


Treibstoff aus Luft und Sonnenlicht

Remo Schächli, Aldo Steinfeld

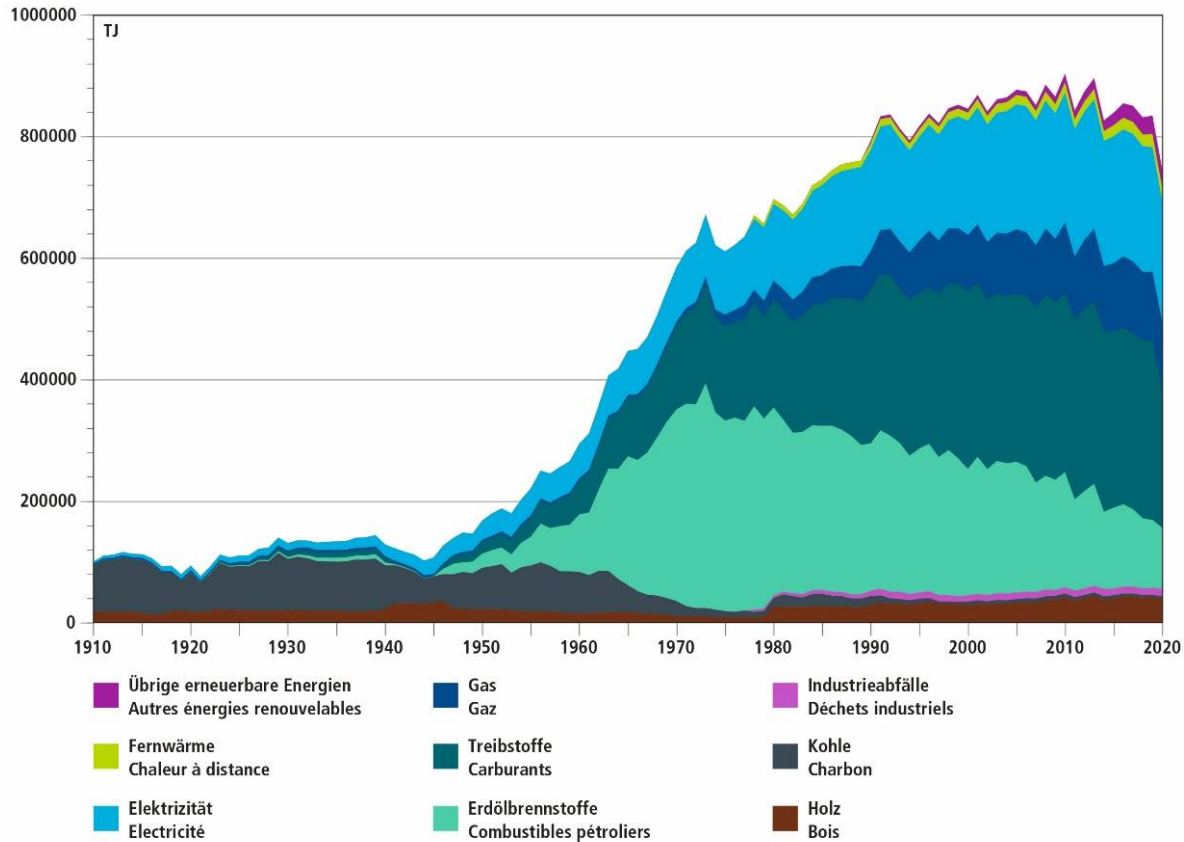
32. Energie-Lunch / Treibstoffe – quo vadis
November 2021, Casinotheater Winterthur

Treibstoff aus Luft und Sonnenlicht



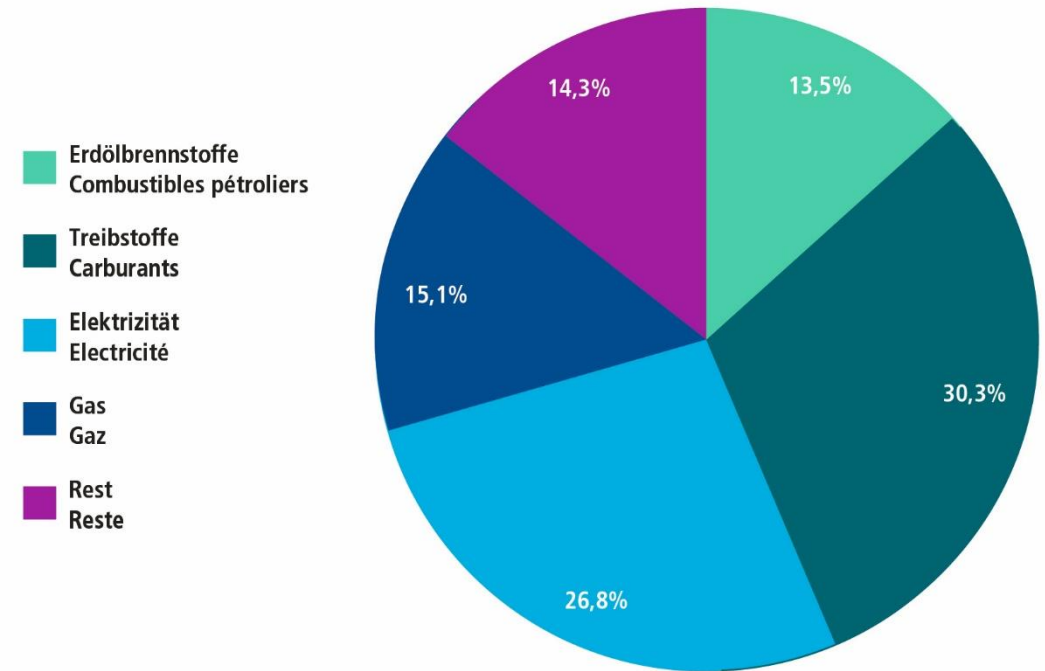
Energieverbrauch in der Schweiz

Fig. 1 Endenergieverbrauch 1910–2020 nach Energieträgern
Consommation finale 1910–2020 selon les agents énergétiques



BFE, Schweizerische Gesamtenergiestatistik 2020 (Fig. 1)
OFEN, Statistique globale suisse de l'énergie 2020 (fig. 1)

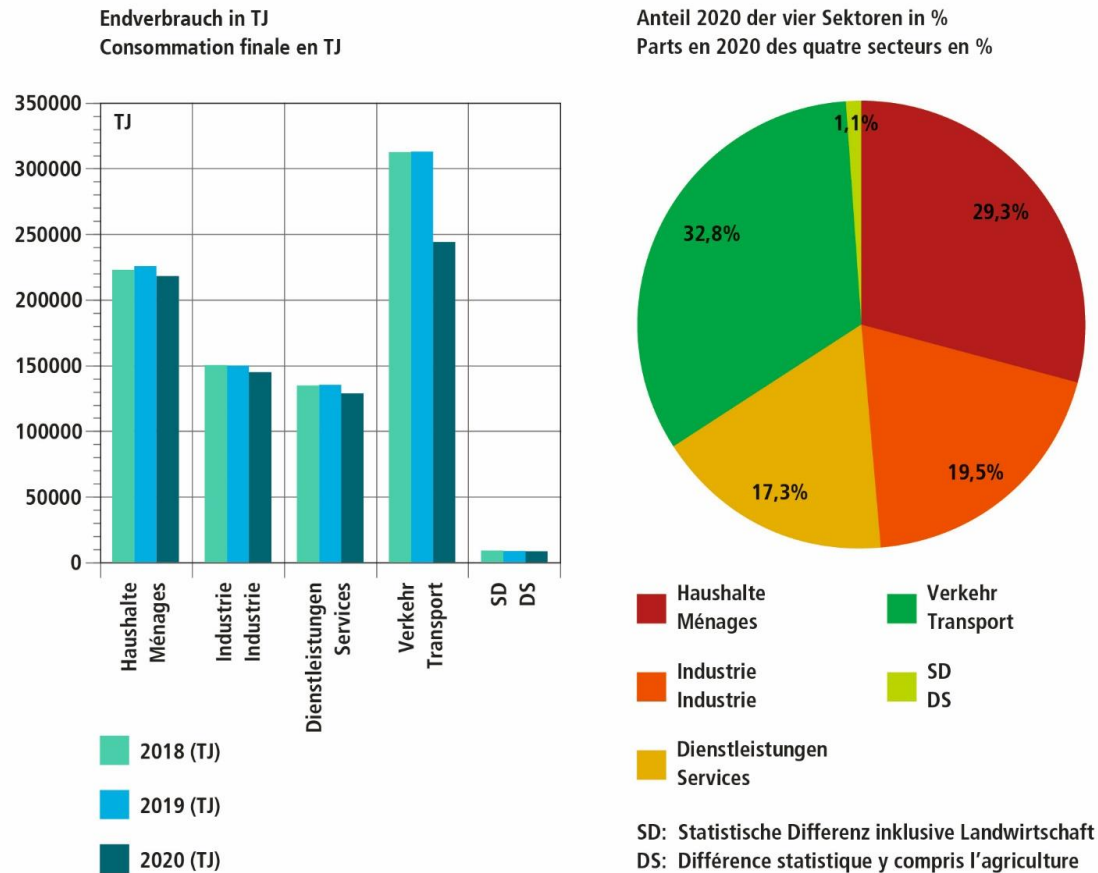
Fig. 2 Aufteilung des Endverbrauchs nach Energieträgern (2020)
Répartition de la consommation finale selon les agents énergétiques (2020)



BFE, Schweizerische Gesamtenergiestatistik 2020 (Fig. 2)
OFEN, Statistique globale suisse de l'énergie 2020 (fig. 2)

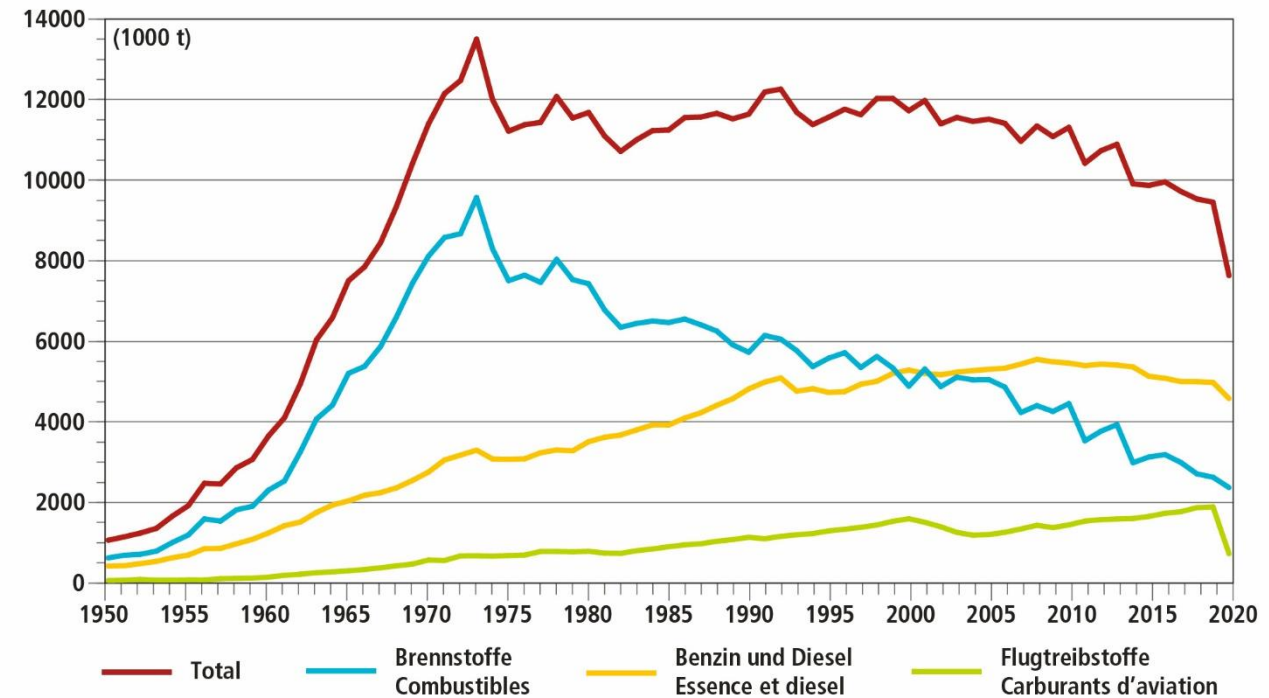
Energieverbrauch in der Schweiz

Fig. 3 Aufteilung des Energie-Endverbrauchs nach Verbrauchergruppen
Répartition de la consommation finale d'énergie selon les groupes de consommateurs



BFE, Schweizerische Gesamtenergiestatistik 2020 (Fig. 3)
OFEN, Statistique globale suisse de l'énergie 2020 (fig. 3)

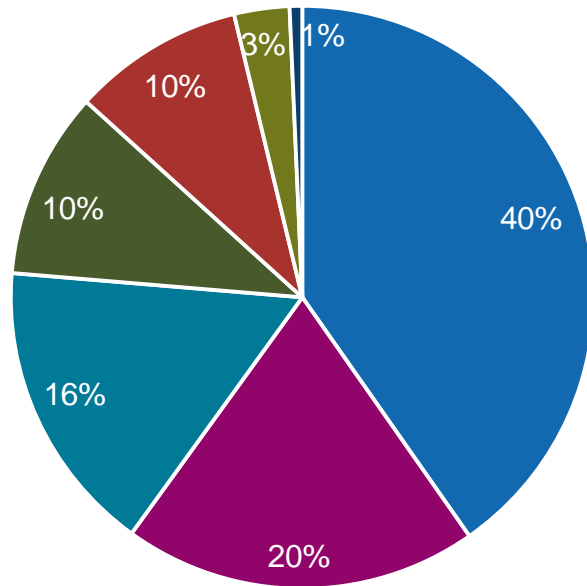
Fig. 10 Entwicklung des Endverbrauchs der Erdölprodukte
Evolution de la consommation finale des produits pétroliers



BFE, Schweizerische Gesamtenergiestatistik 2020 (Fig. 10)
OFEN, Statistique globale suisse de l'énergie 2020 (fig. 10)

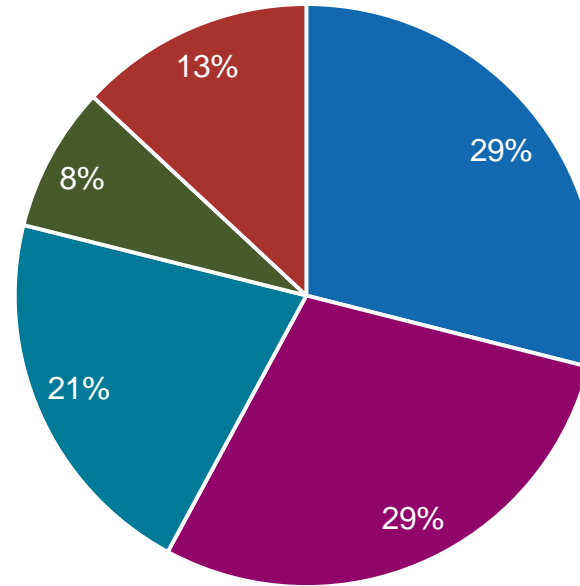
Energieverbrauch weltweit

Endverbrauch nach Energieträgern



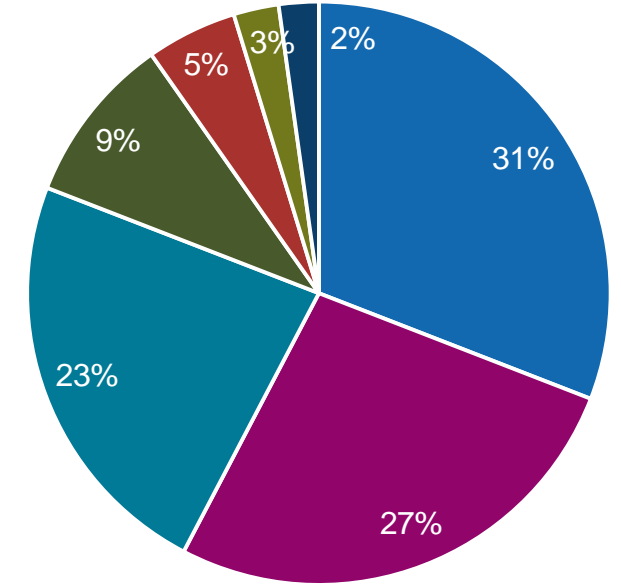
- Erdölprodukte
- Gas
- Kohle
- Rest
- Elektrizität
- Biobrennstoffe und Abfall
- Wärme

Endverbrauch nach Verbrauchergruppen



- Verkehr
- Industrie
- Haushalte
- Dienstleistungen
- Rest

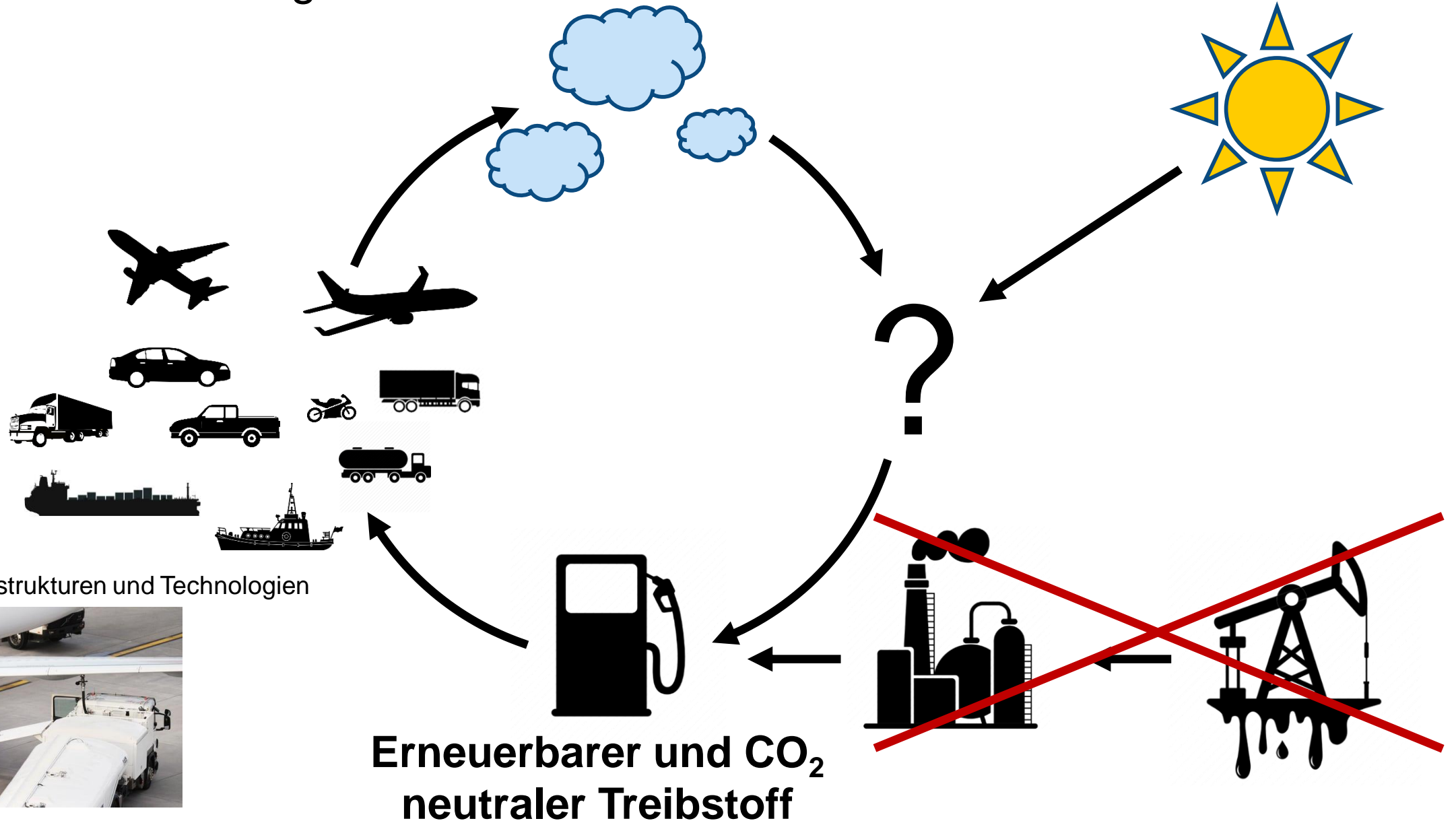
Energiequelle



- Öl
- Erdgas
- Kernenergie
- Wind, Solar, etc.
- Kohle
- Biobrennstoffe und Abfall
- Wasserkraft

Quelle: IEA, 2019

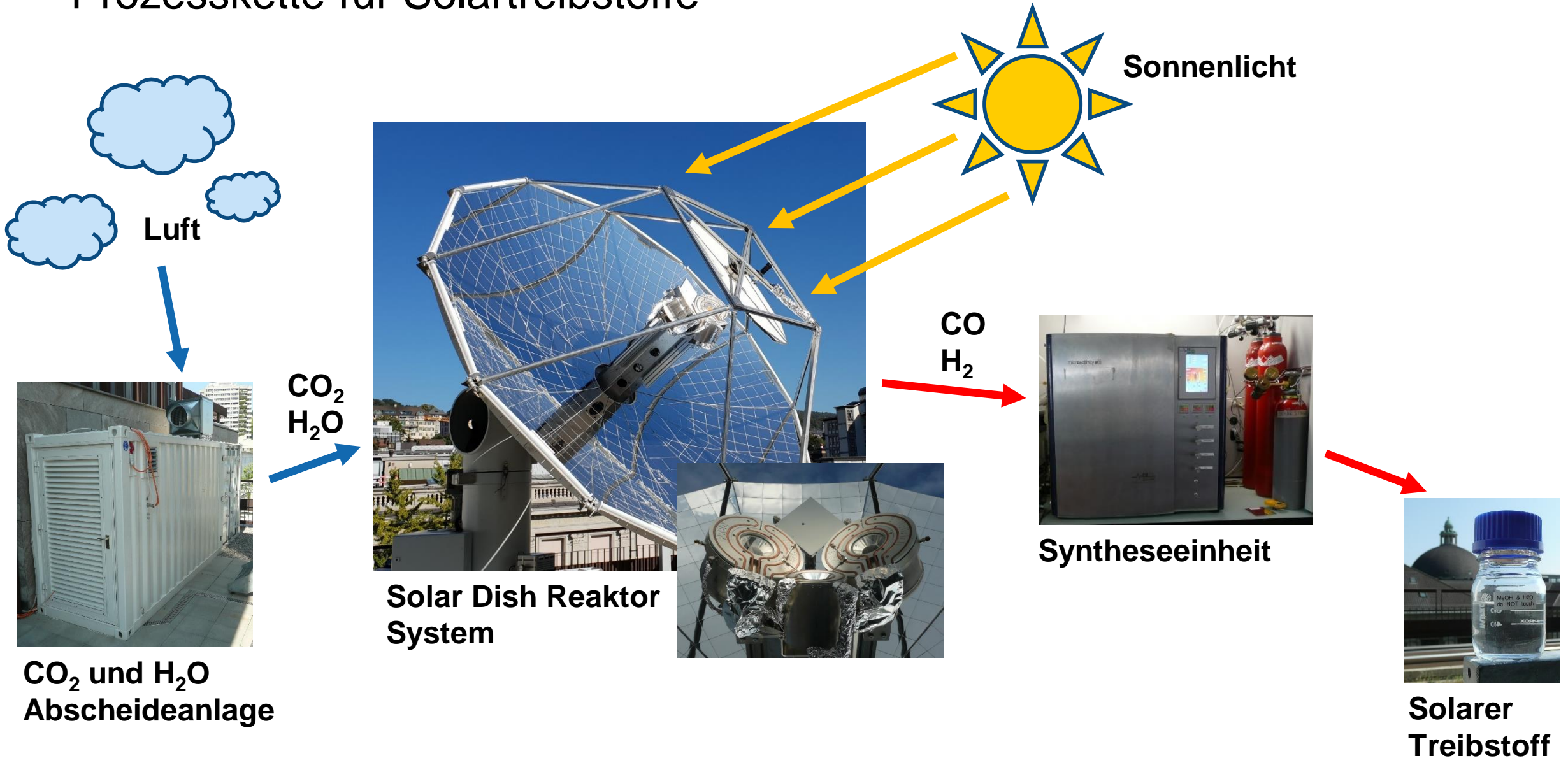
Treibstoffherstellung



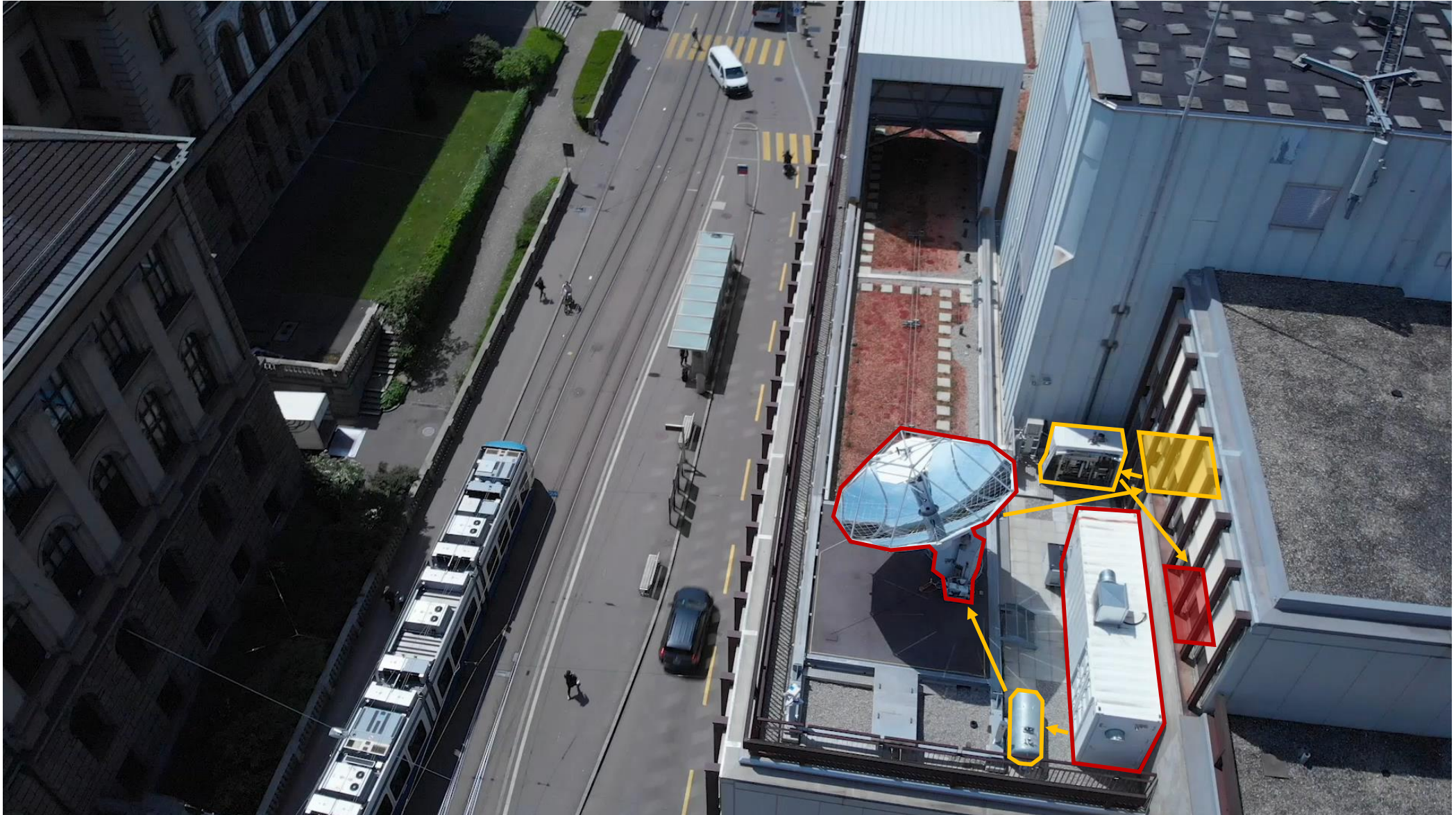
Existierende Infrastrukturen und Technologien



Prozesskette für Solartreibstoffe

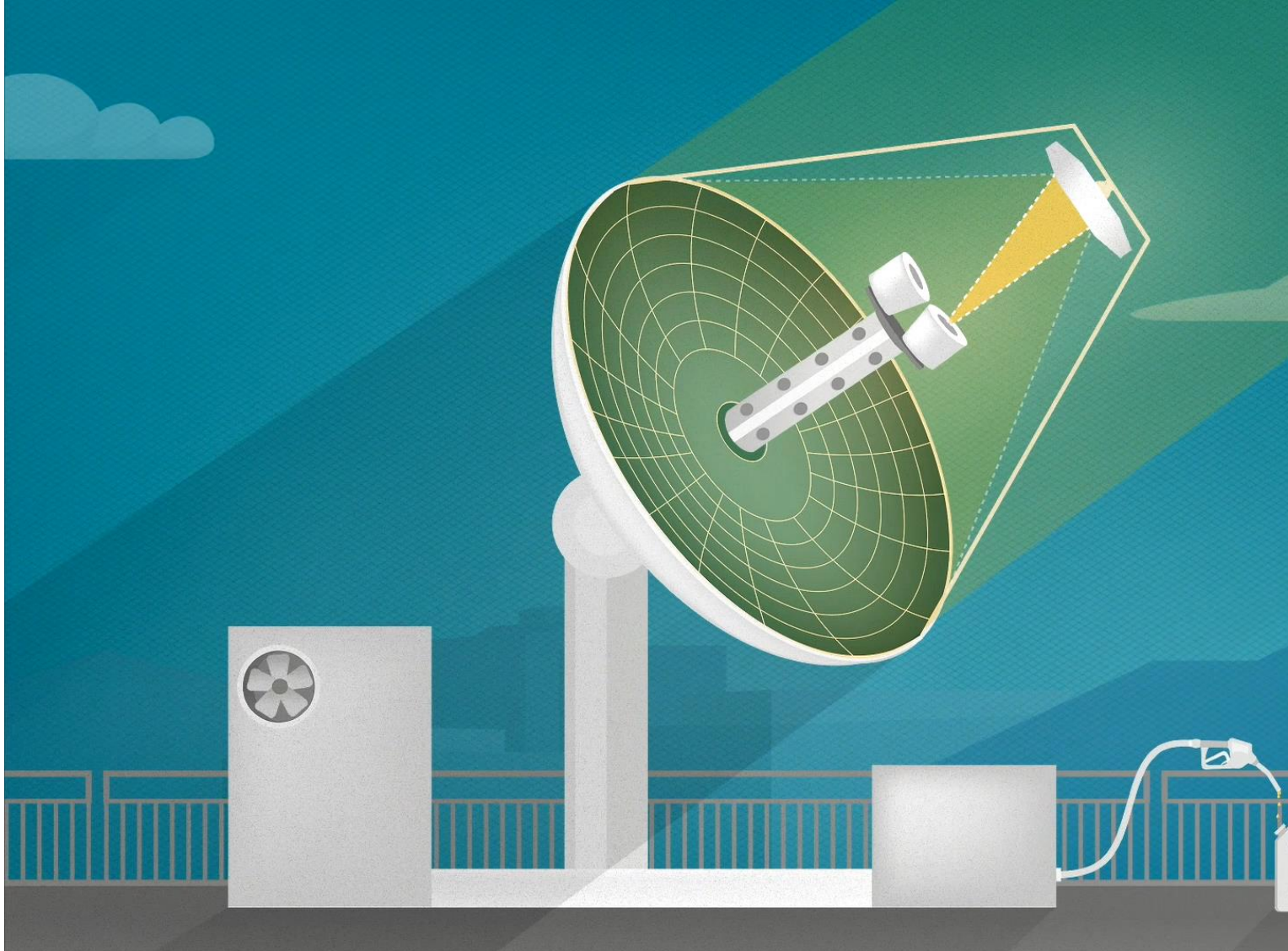


Anlage auf dem Dach des ETH-Maschinenlaboratoriums in Zürich

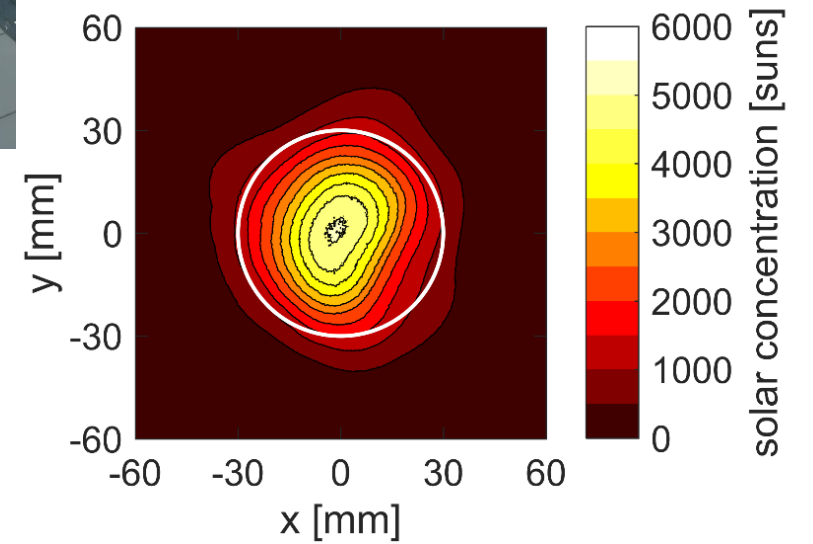
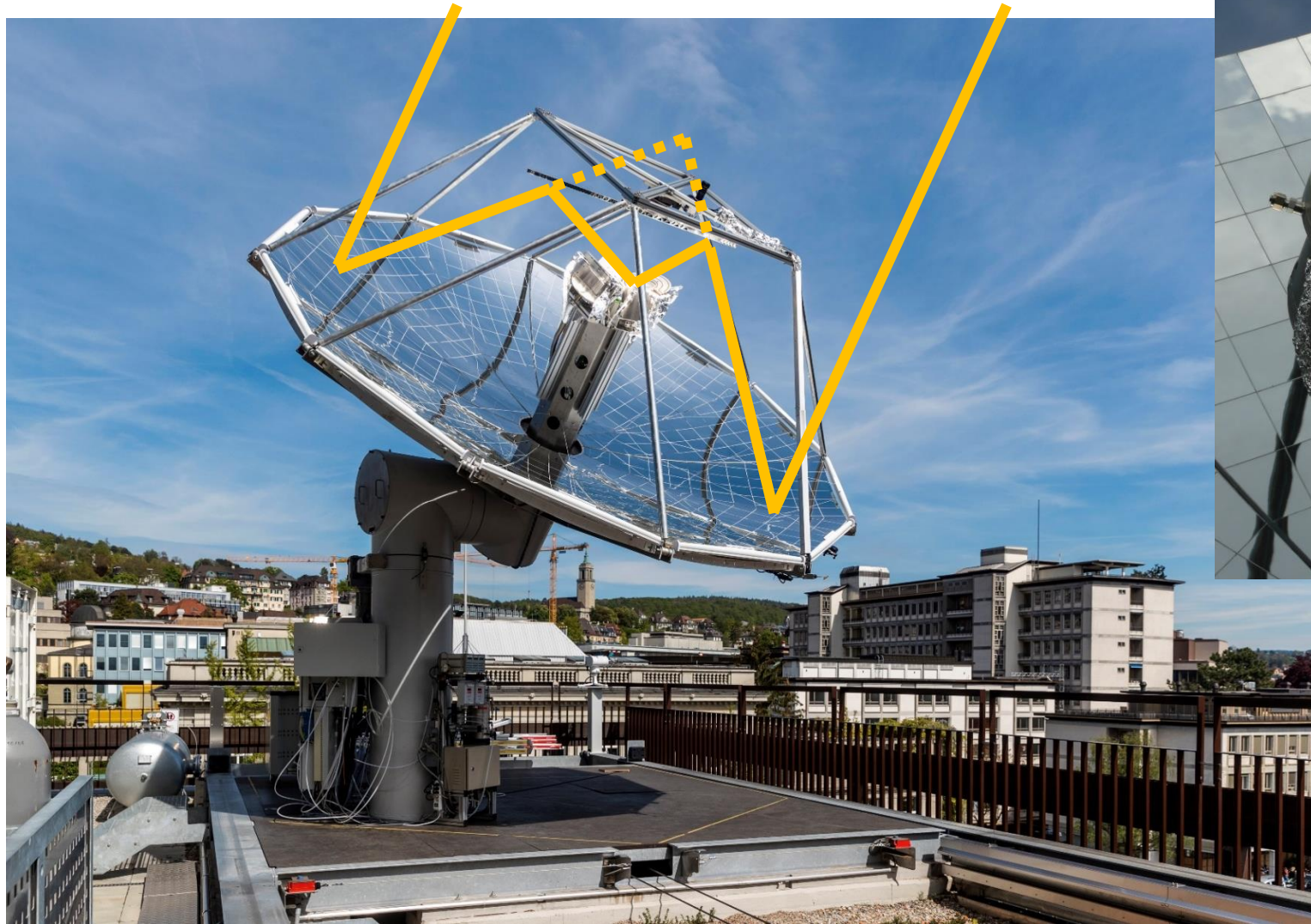


© ETH Zürich / Alessandro Della Bella

CO₂ und H₂O Abscheideanlage

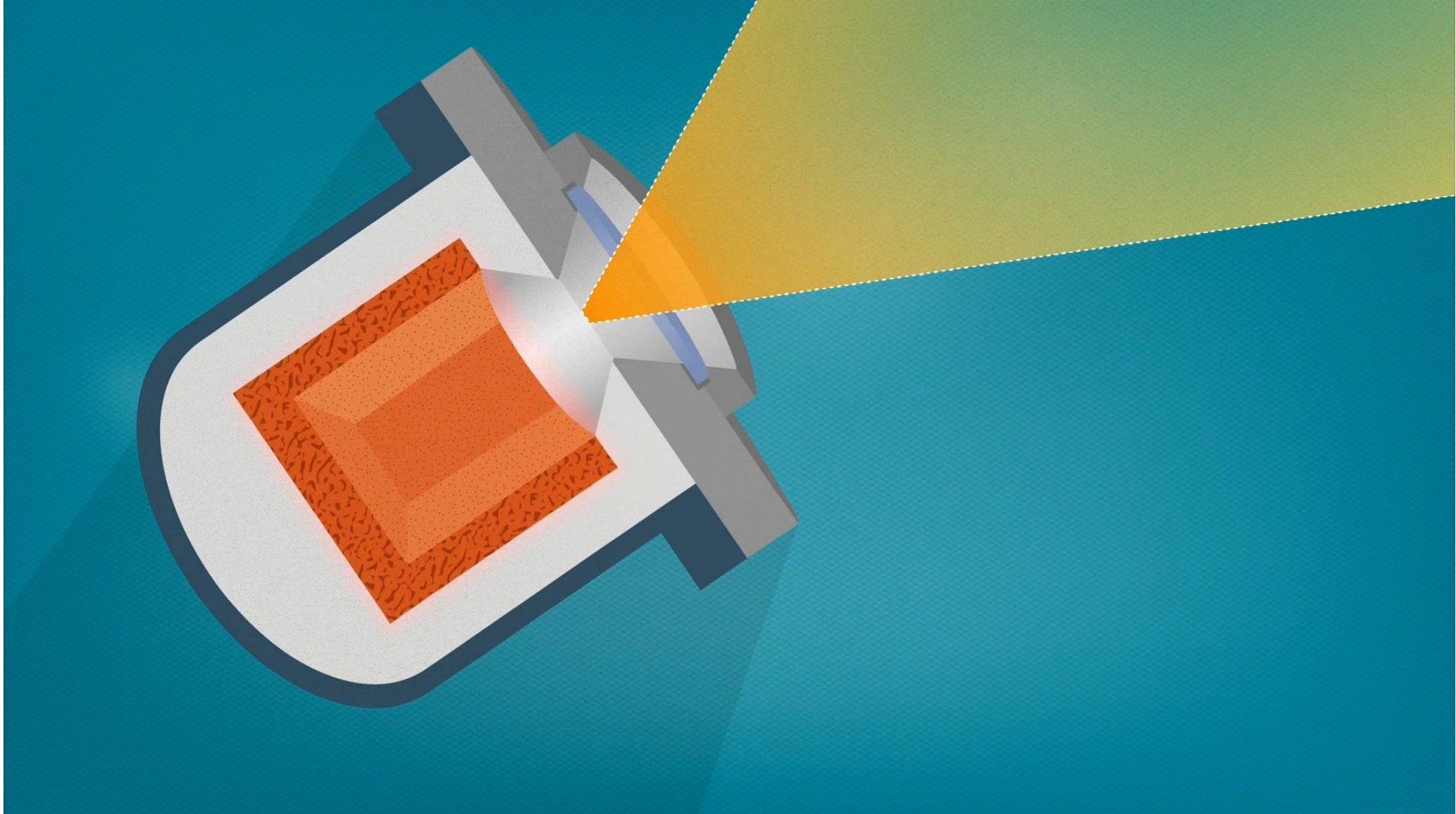


Dish-Reaktor System

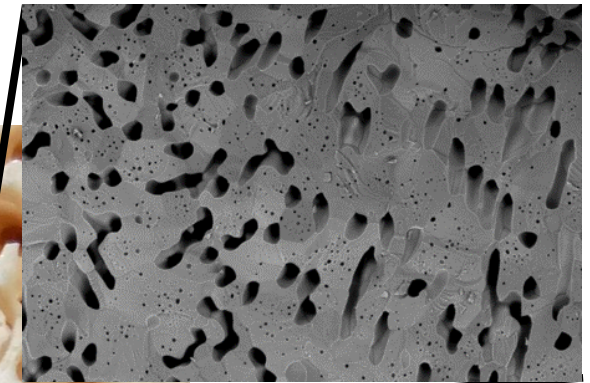
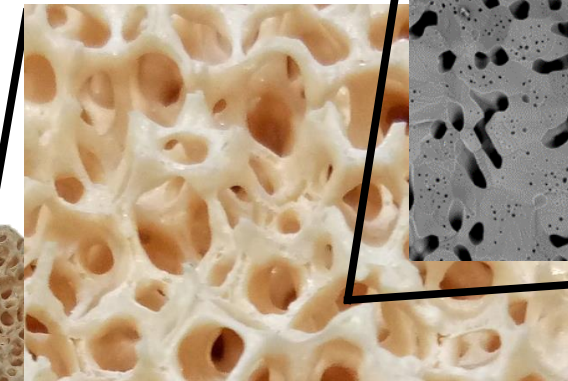
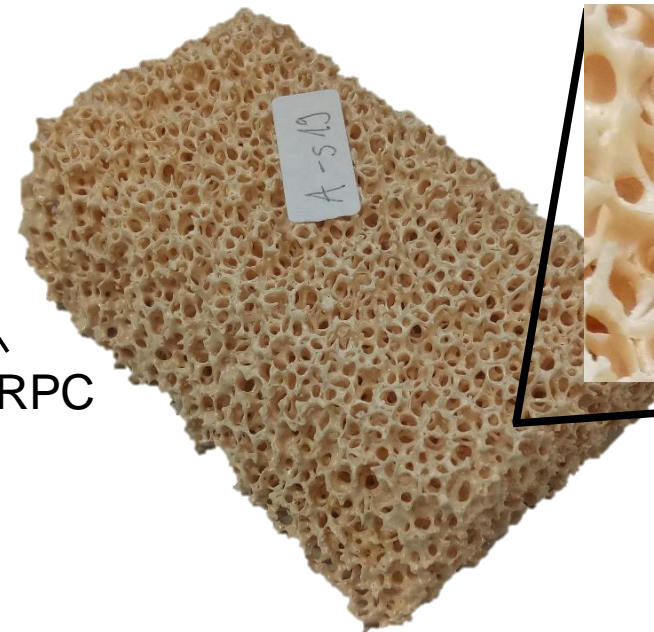
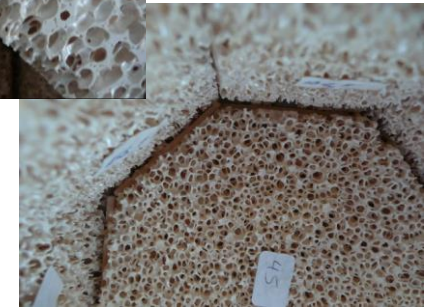
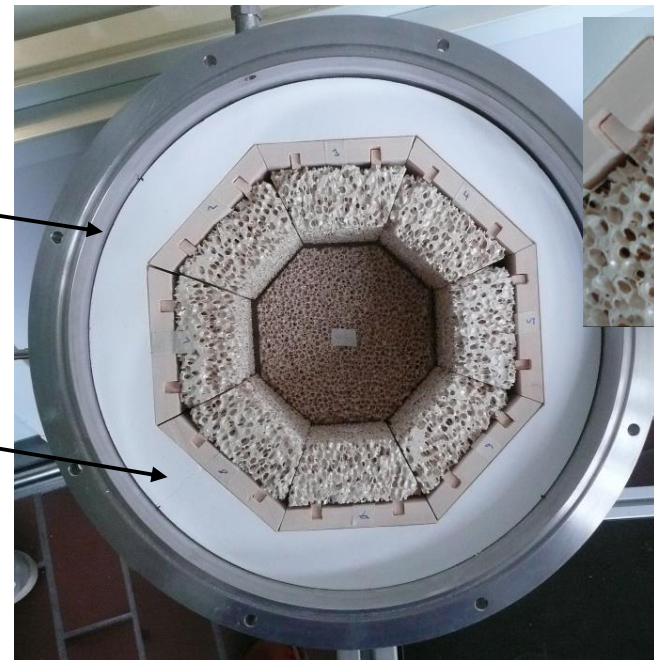
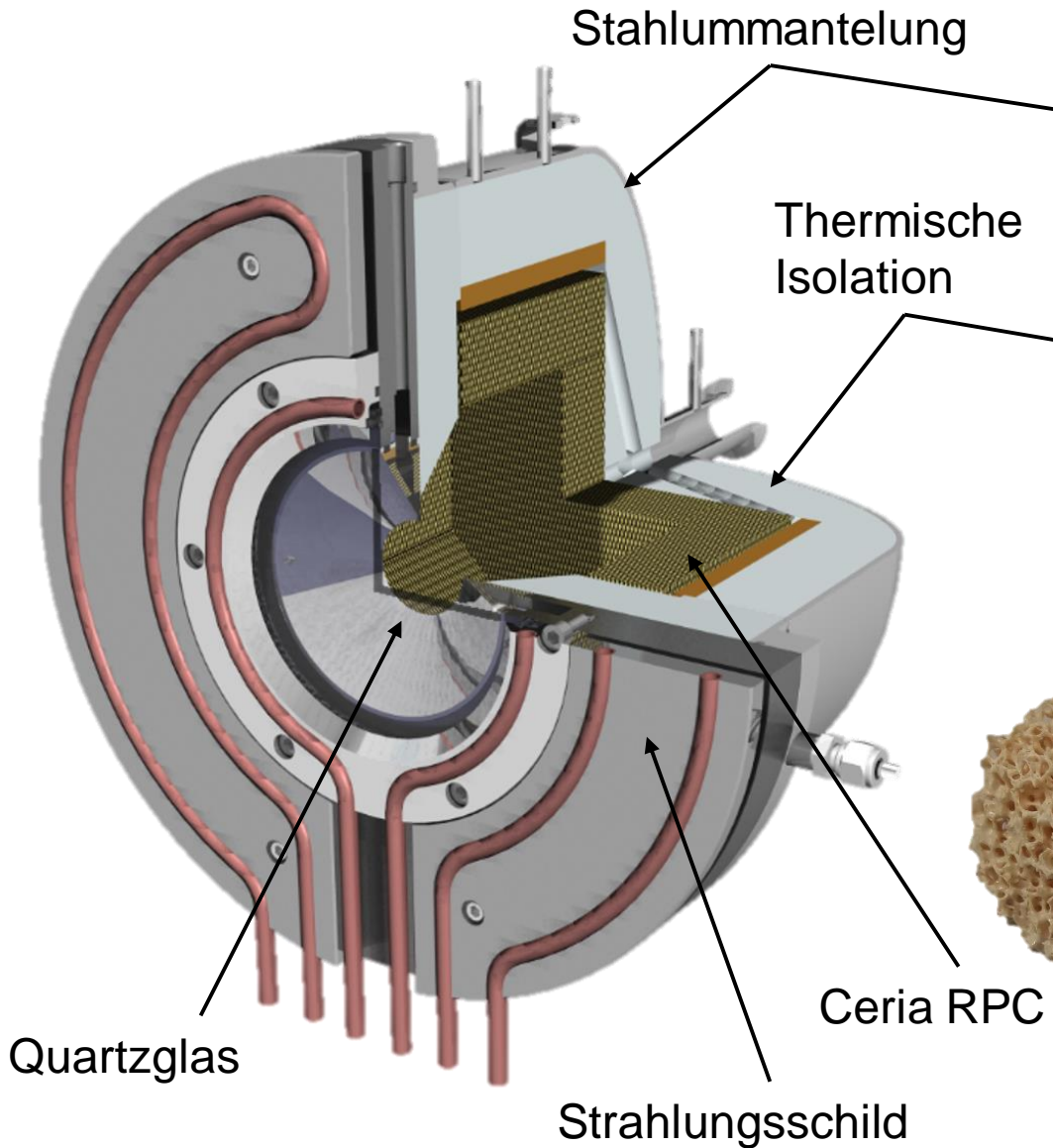


© ETH Zürich / Alessandro Della Bella

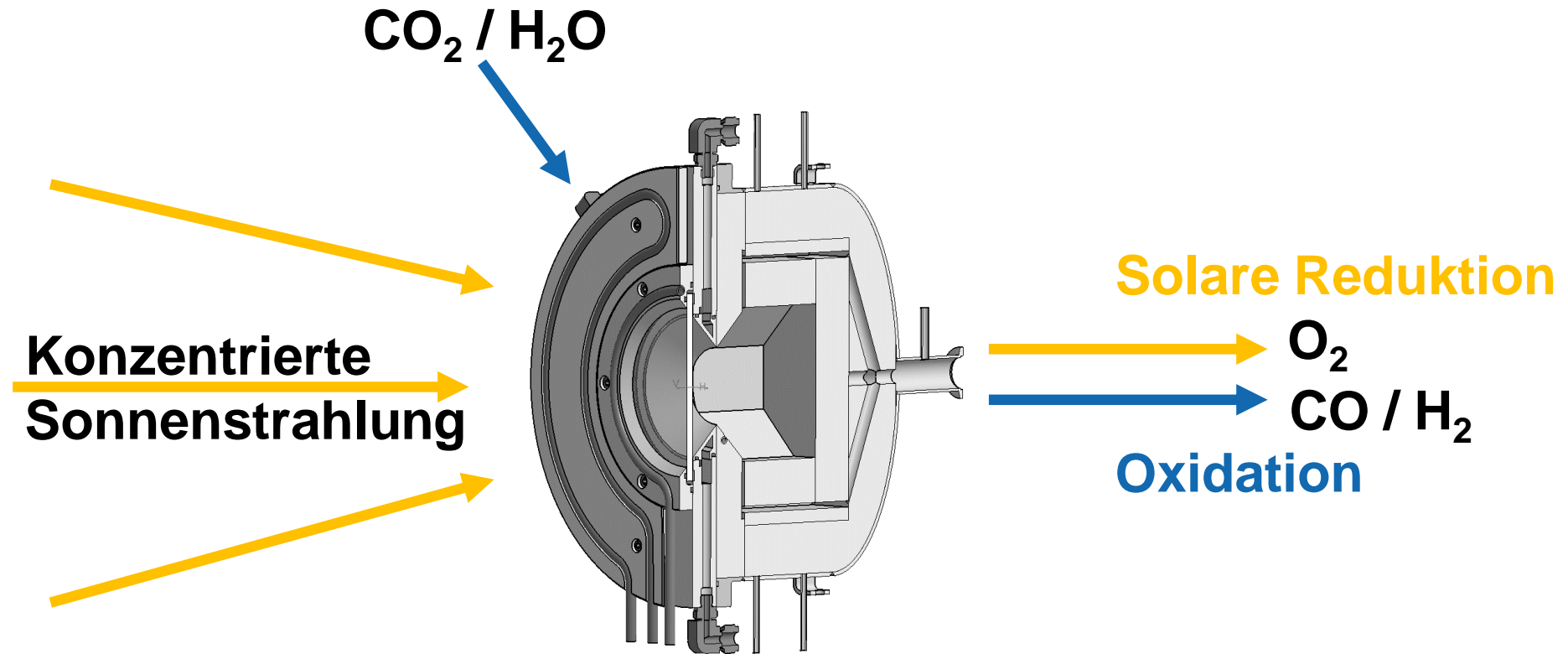
Solarreaktor



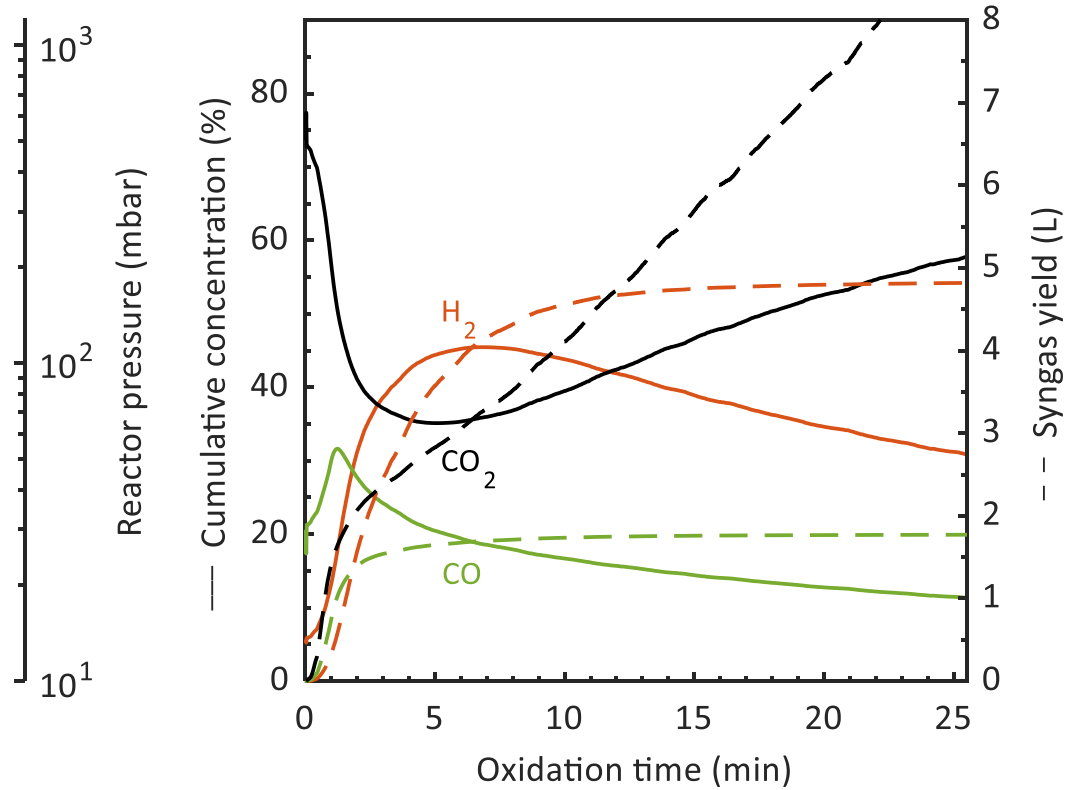
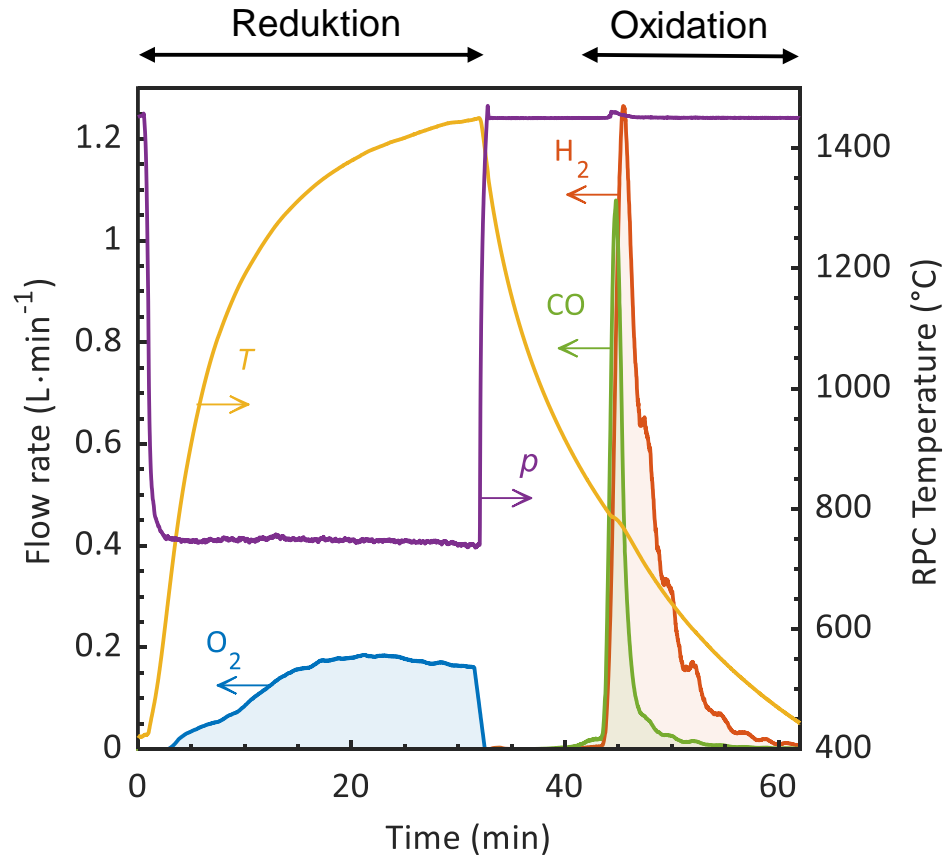
Solarreaktor



Solarreaktor



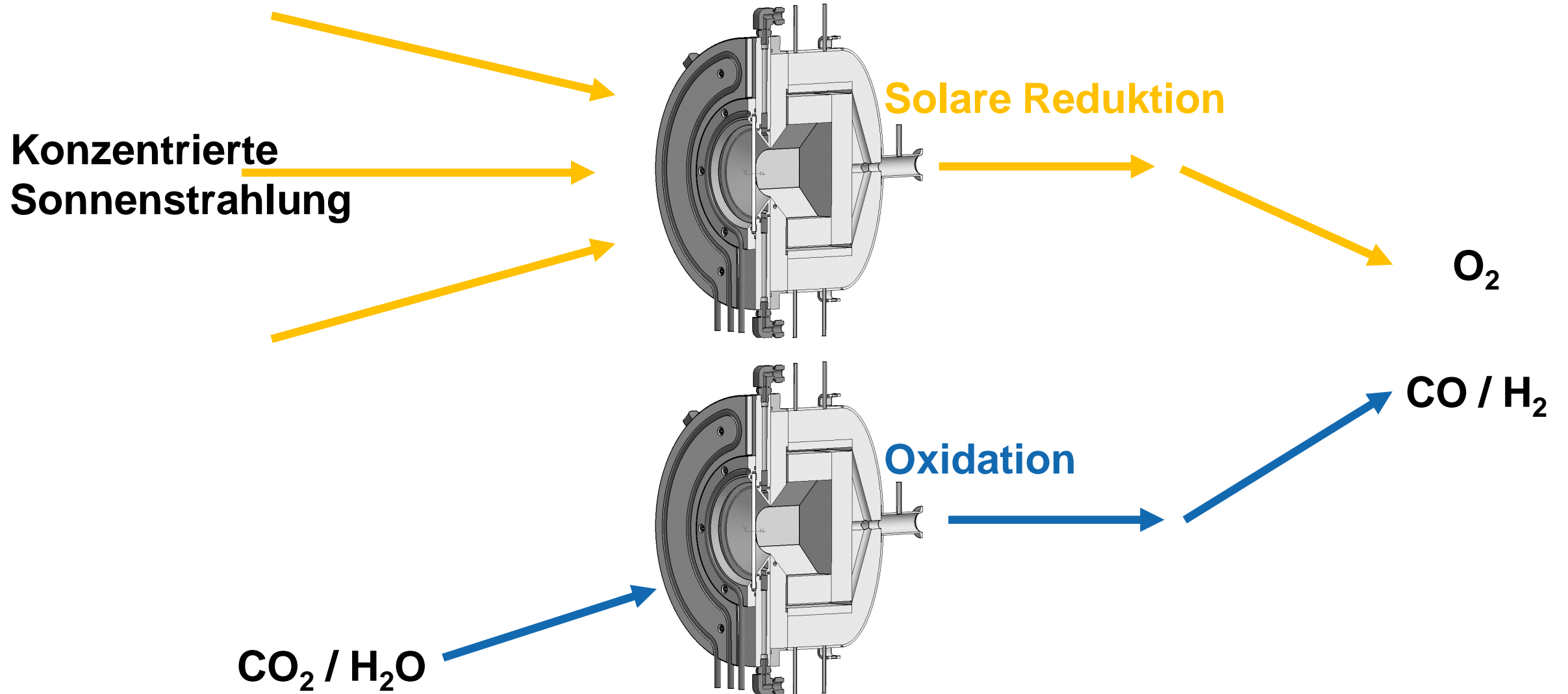
Beispielzyklus



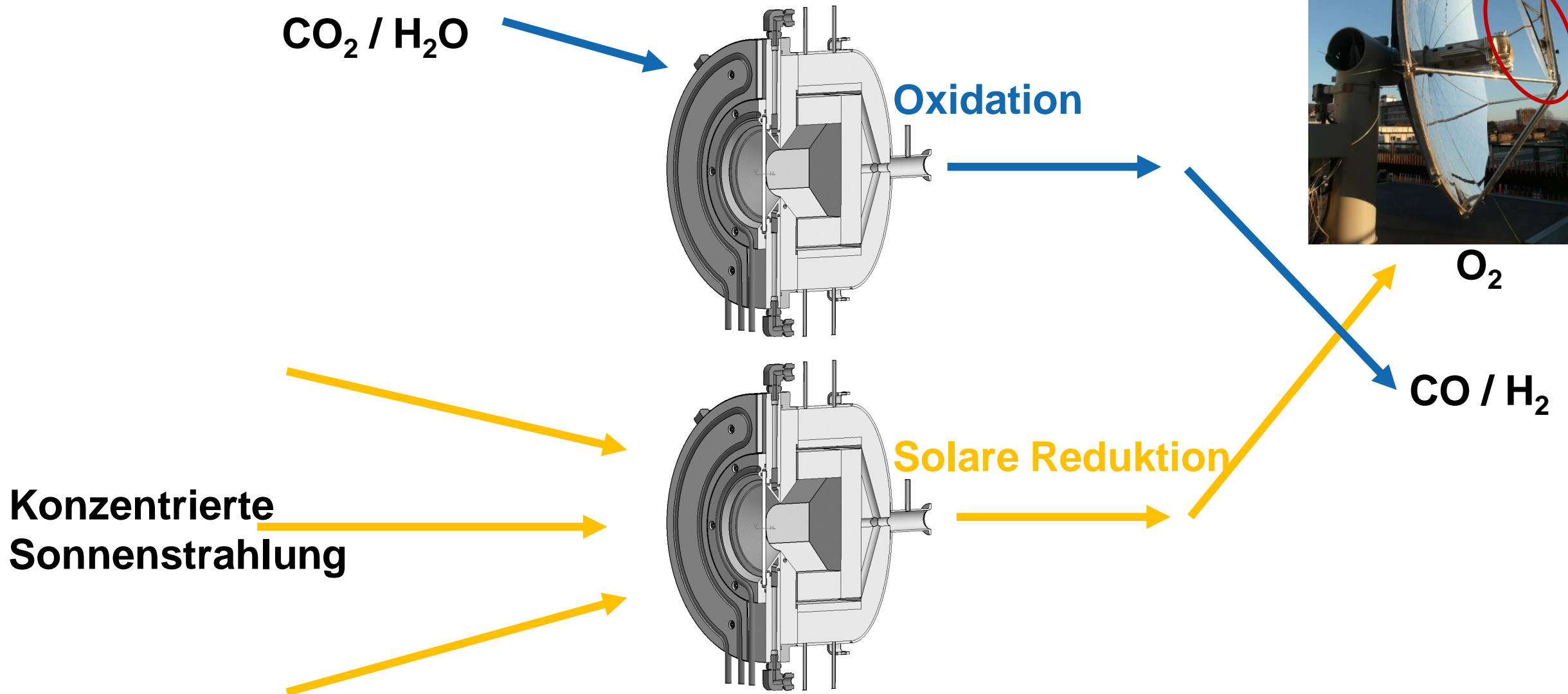
	Reduktion	Oxidation
	On-sun	Off-sun
Gasstrom	0.5 l/min Ar	0.2 l/min CO ₂ 9.8 g/min H ₂ O
Druck	50 mbar	1 bar

Source: Schäppi, R. *et al.* Drop-in Fuels from Sunlight and Air. *Nature* (2021).

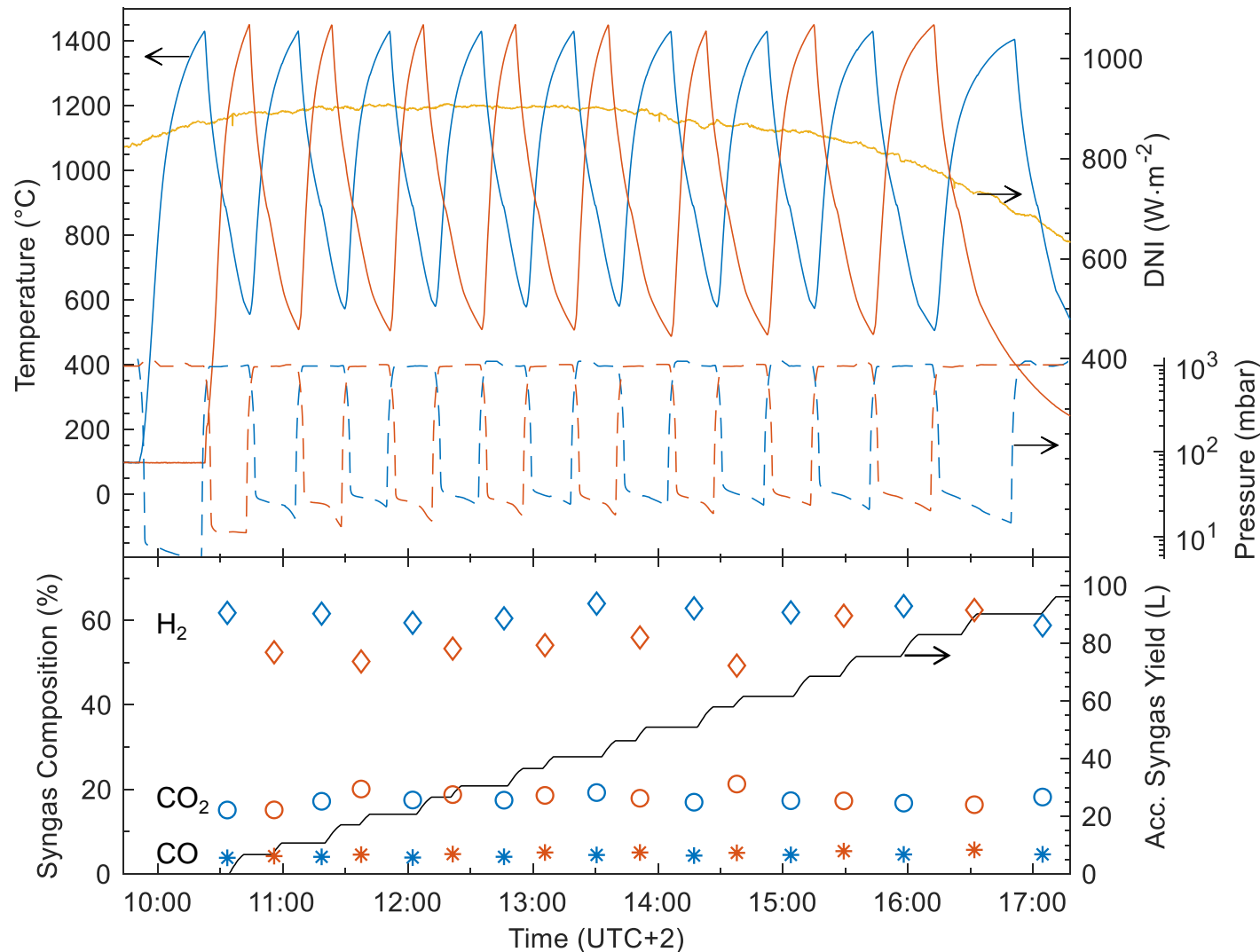
Paralleler Betrieb zweier Reaktoren



Paralleler Betrieb zweier Reaktoren



Beispiel: Automatisierter Produktionstag



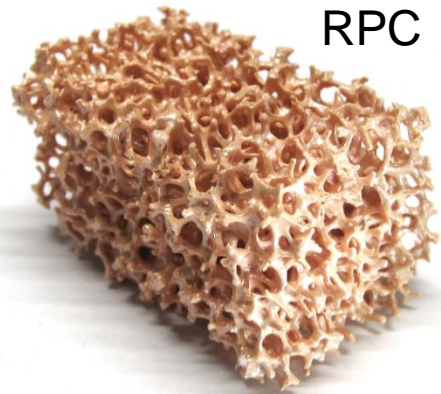
- 17 Zyklen:
 - 96.2 L Synthesegas
 - 57.2% H₂, 4.4% CO, 16.8% CO₂, 17.7% Ar
 - H₂/CO_x Verhältnis: 2.7
 - CO₂ Umwandlungsgrad: 21%

Effizienz:

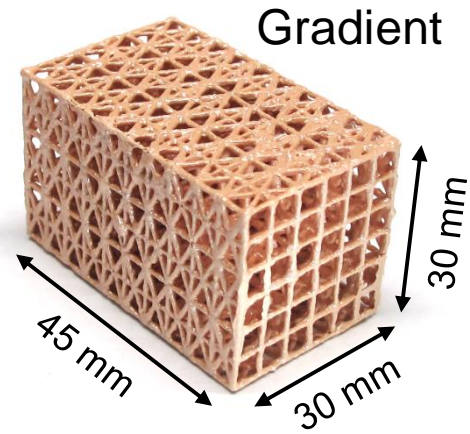
- $\eta_{solar-to-fuel} = \frac{Q_{fuel}}{Q_{solar} + Q_{inert} + Q_{pump}} = 1.9 - 3.8\% \quad (5.6\% \text{ auf Solarturm})$

- Optimieren der Prozessparameter
- Optimieren der keramischen Struktur
- Wärmerückgewinnung

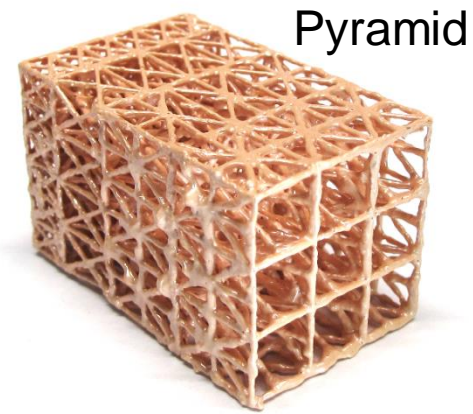
Forschungsprojekte zur Optimierung der Keramikstruktur



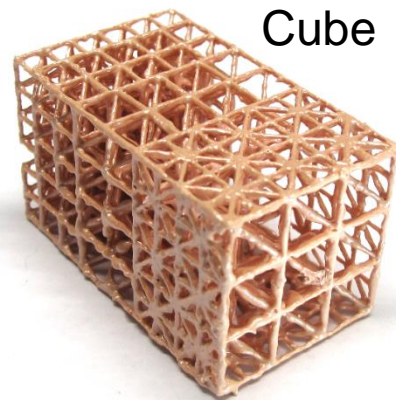
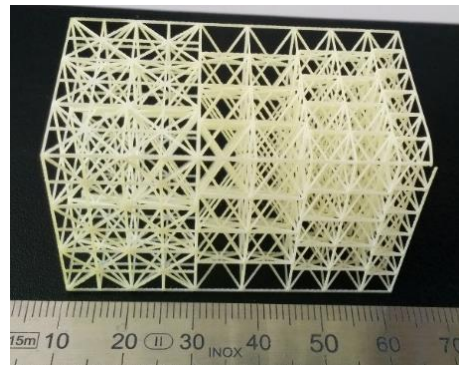
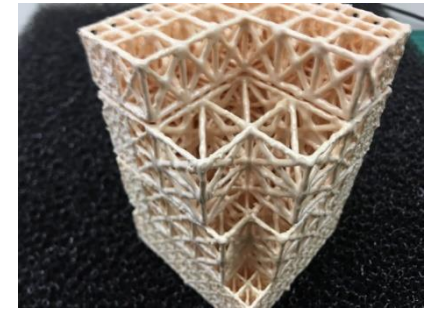
RPC



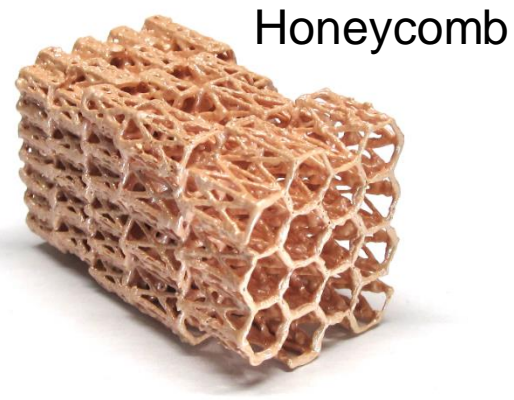
Gradient



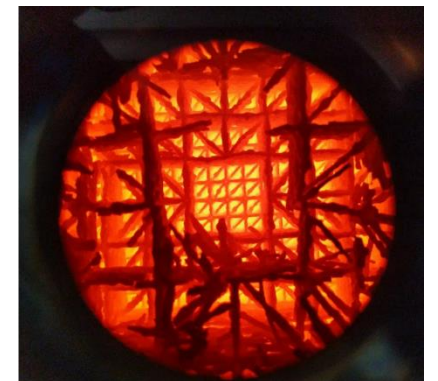
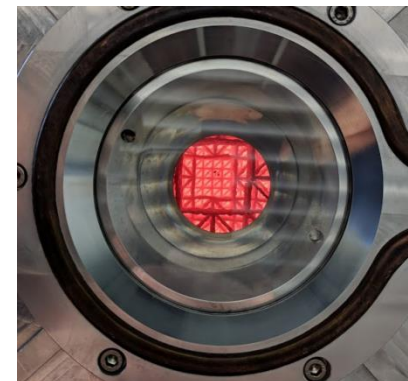
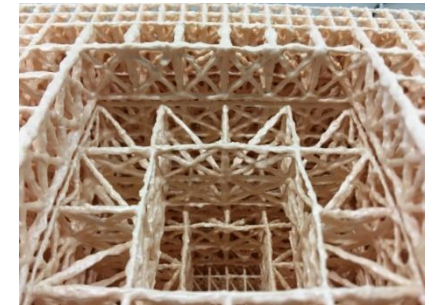
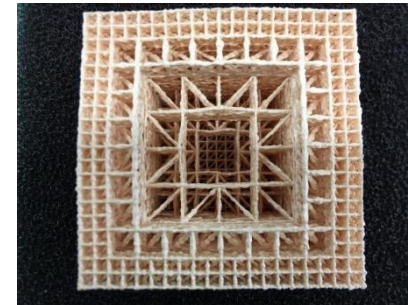
Pyramid



Cube

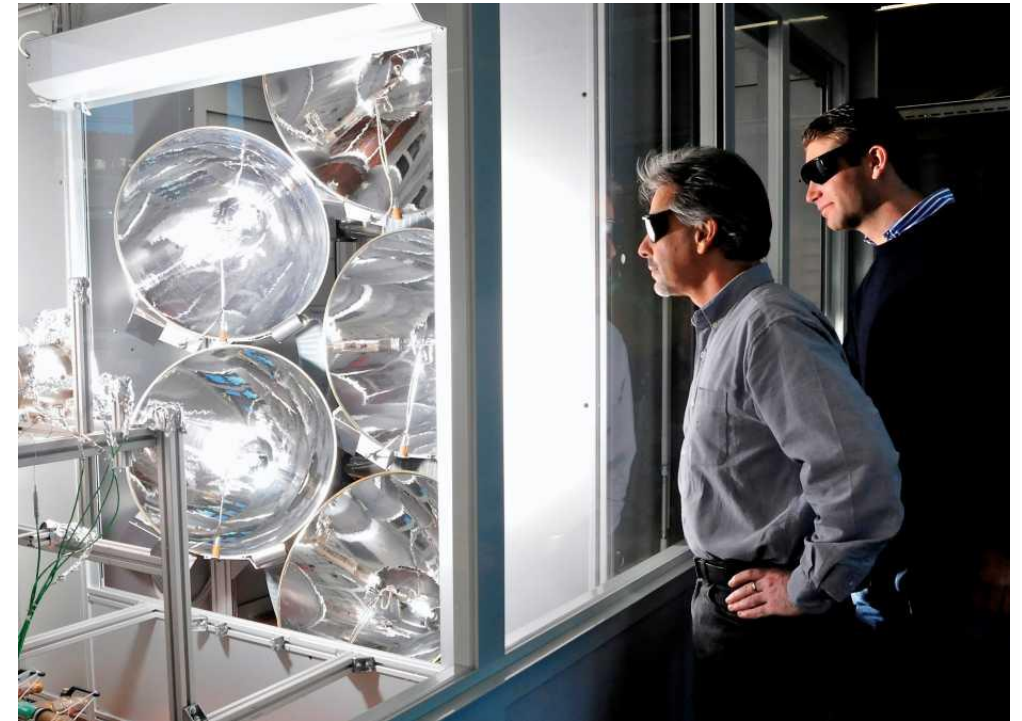
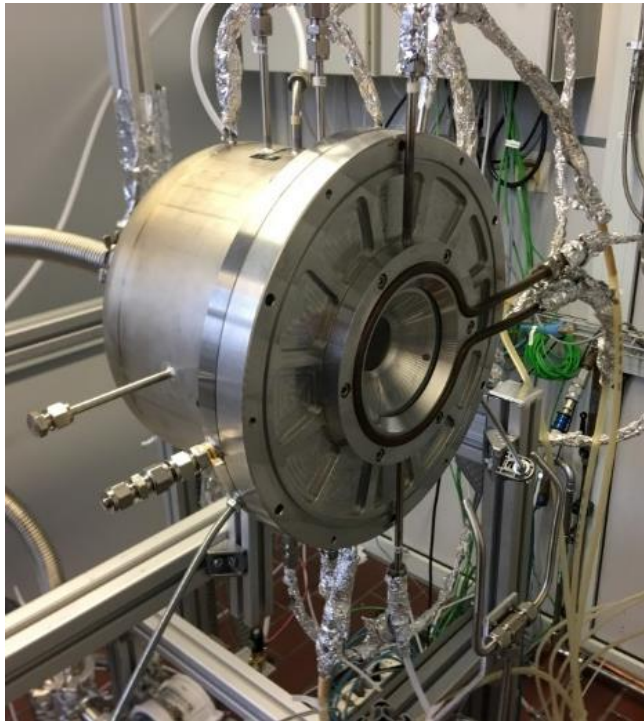


Honeycomb



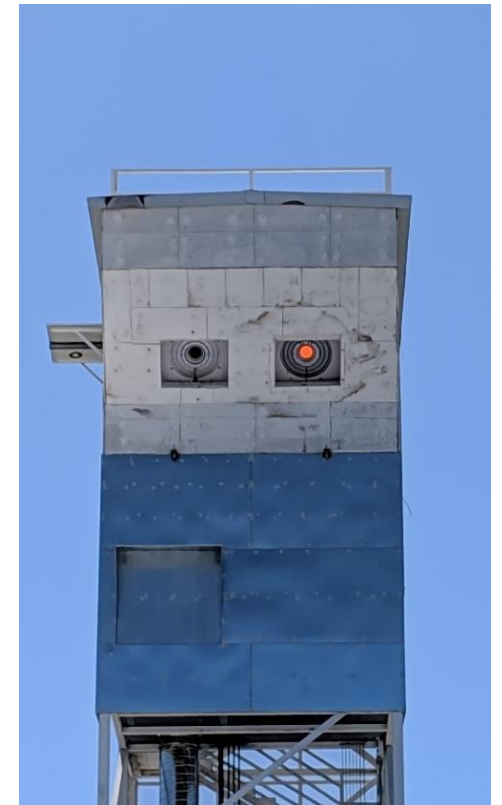
Solarsimulator

- Indoor Testanlage für Solarreaktoren und Installationen

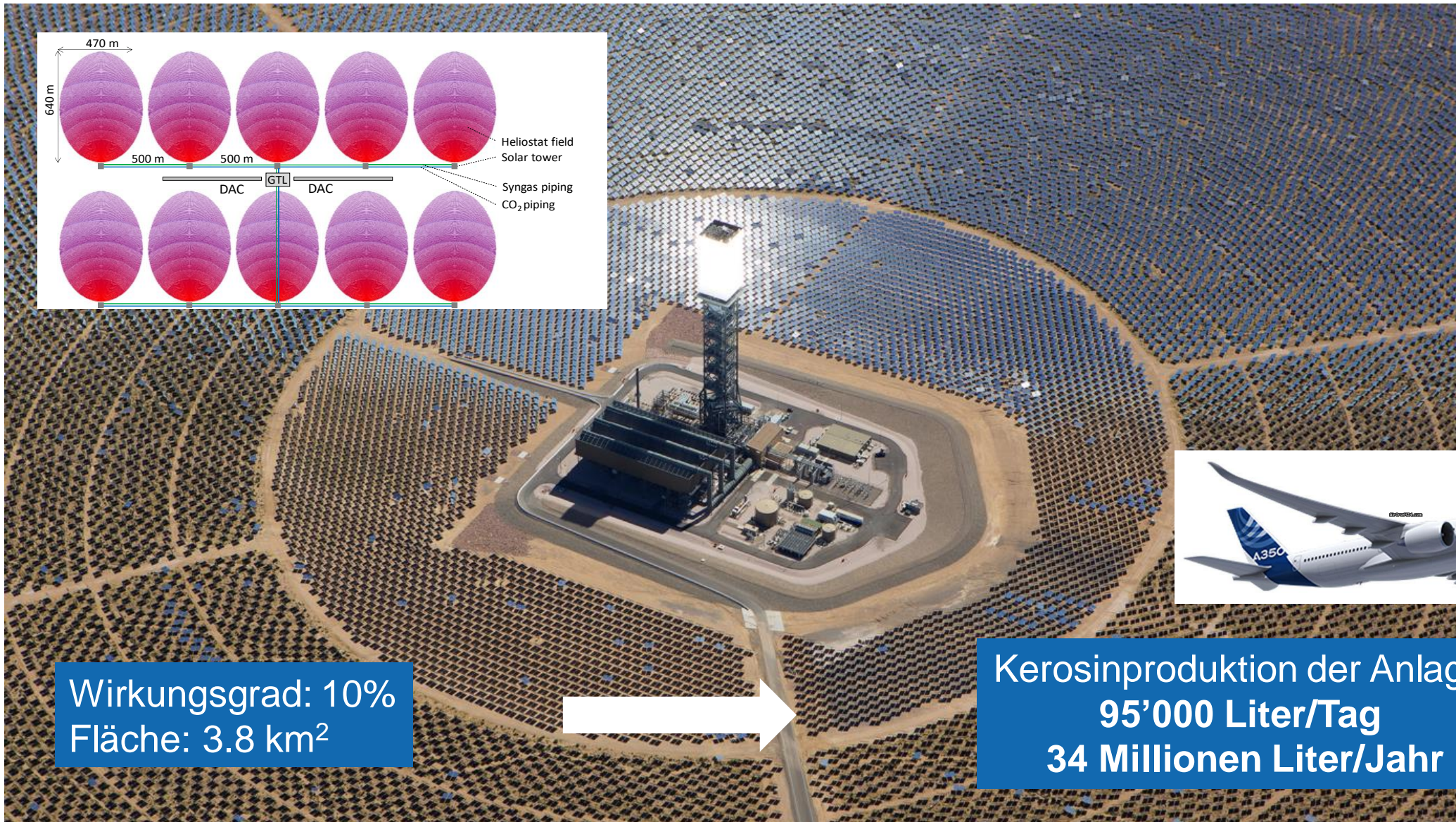


Sun-to-liquid Projekt (Móstoles, Spanien)

- Upscaling: 50 kW Reaktor
- Turm mit 169 Heliostaten



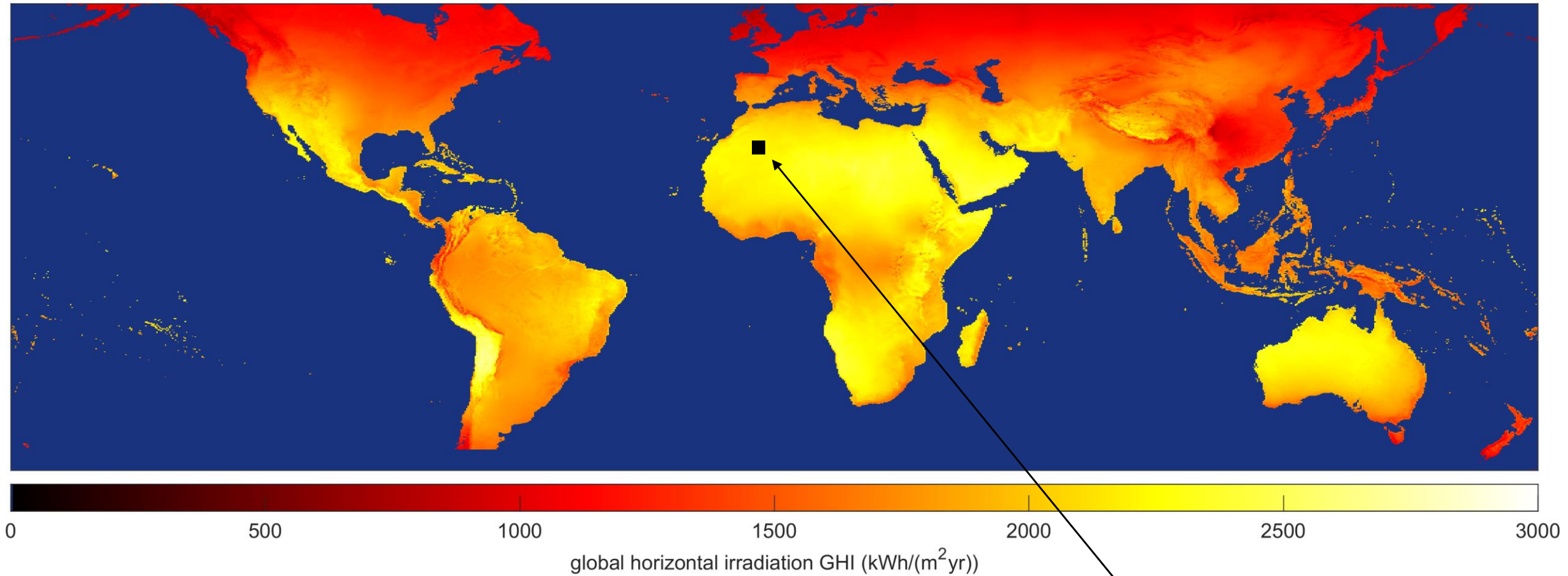
Industrielle Produktion Beispiel: 10 x 100MW



Wirkungsgrad: 10%
Fläche: 3.8 km²

Kerosinproduktion der Anlage:
95'000 Liter/Tag
34 Millionen Liter/Jahr

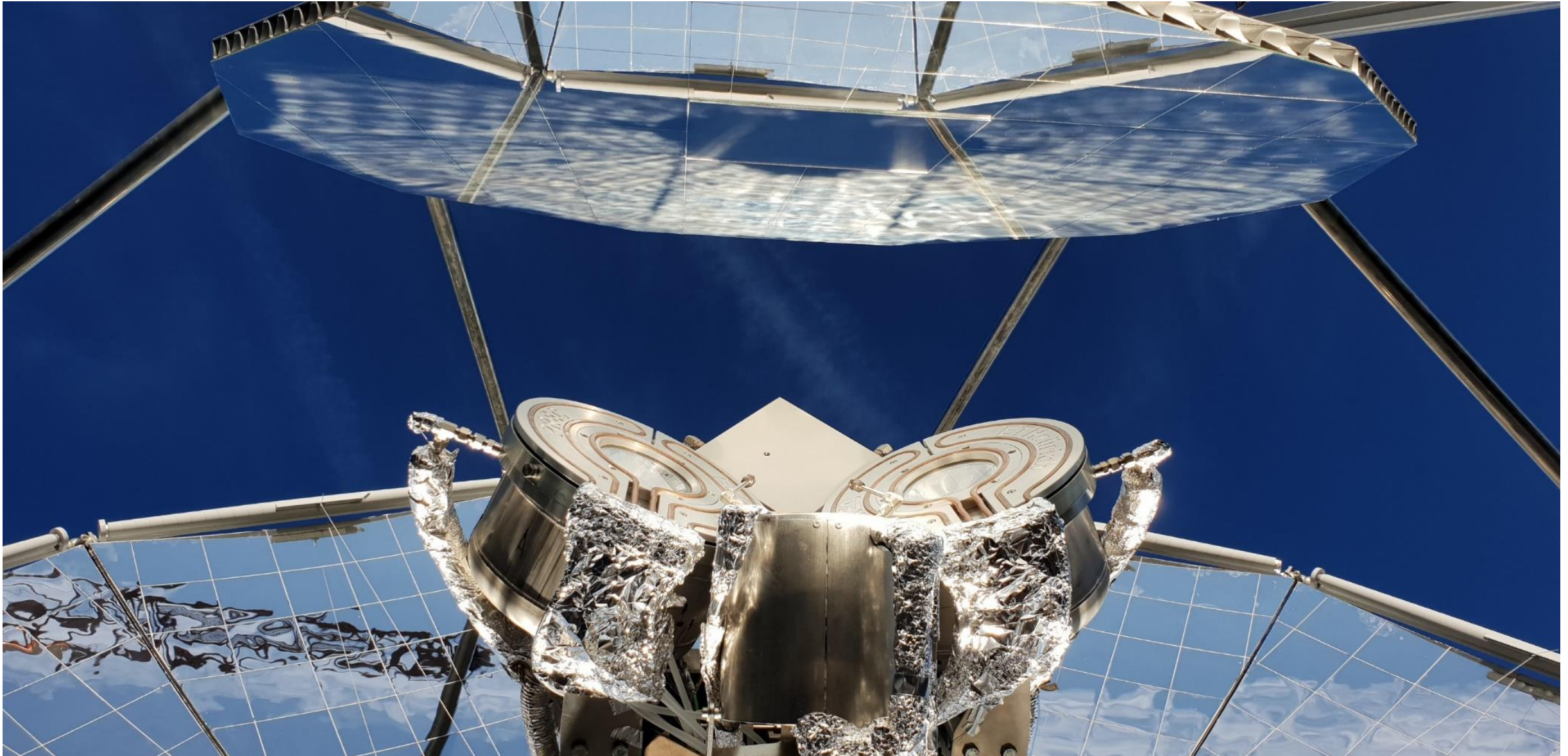
Gibt es genügend erneuerbare Sonnenenergie?



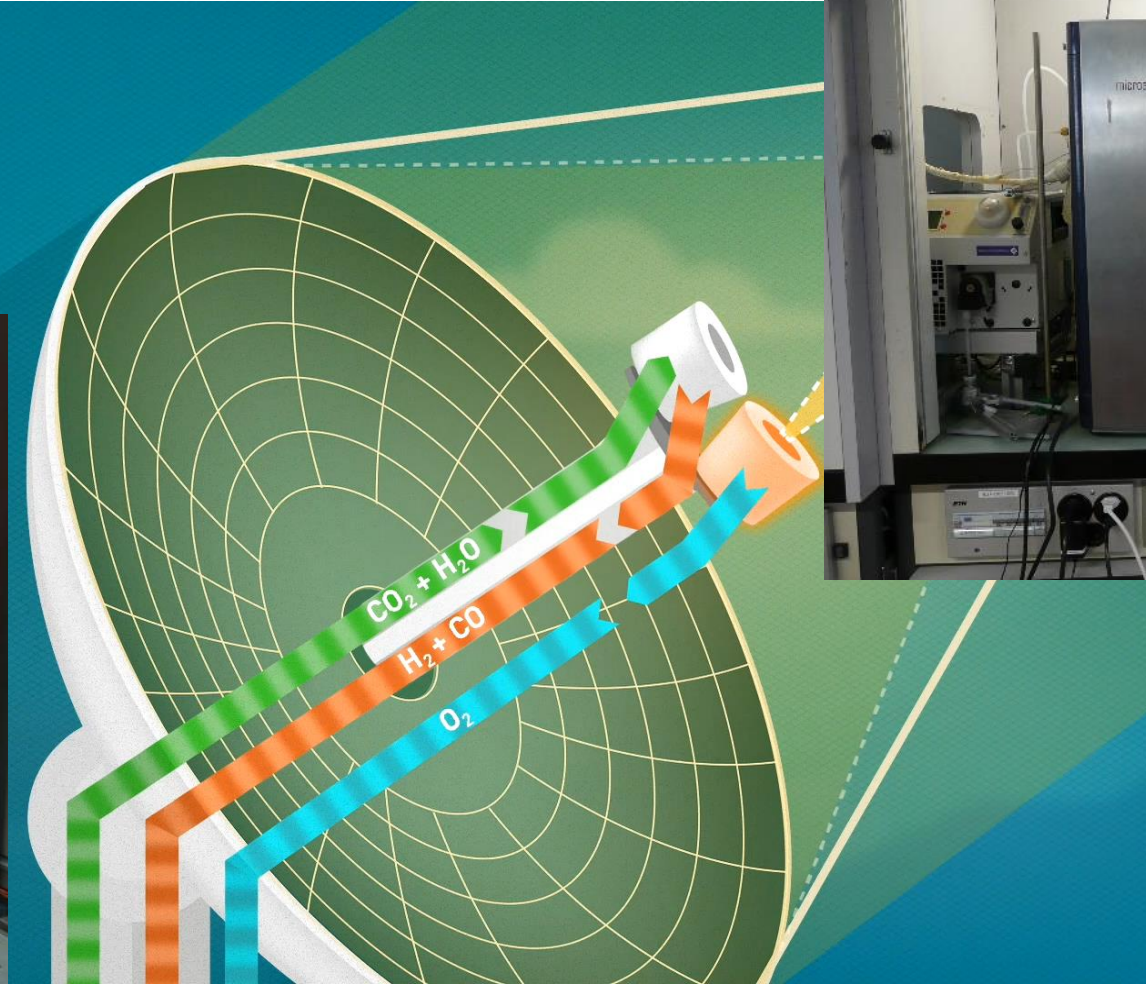
Globaler Energieverbrauch Verkehr (2018): 2.890 Gtoe = $3.3611 \cdot 10^{13}$ kWh
Jährliche Sonneneinstrahlung: 2000 kWh/m²
Umwandlungswirkungsgrad: 15%



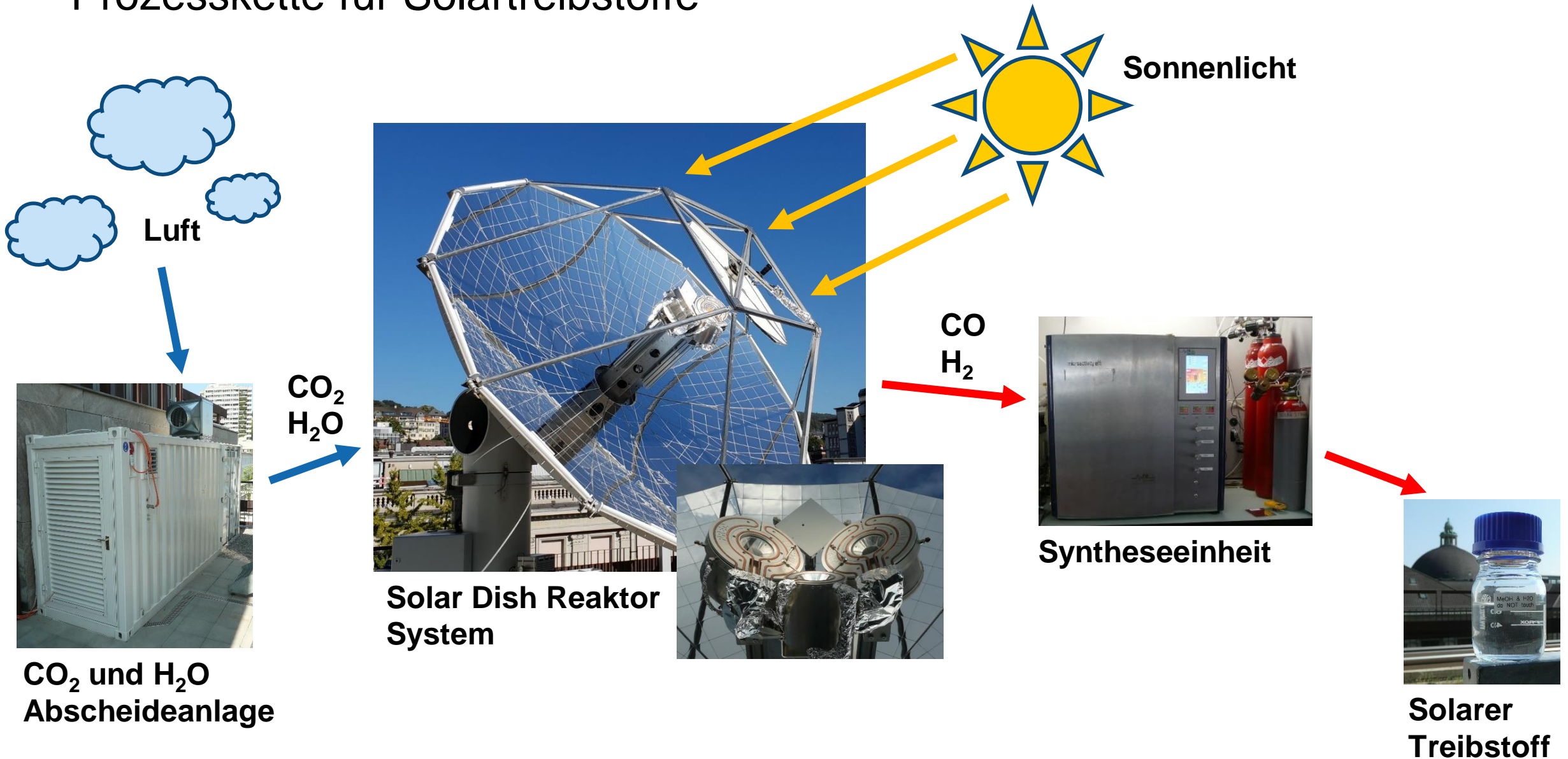
Flächenbedarf: 109'000 km²
335 x 335 km



Synthese zu flüssigem Treibstoff



Prozesskette für Solartreibstoffe



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Dieses Projekt wurde finanziert durch das Bundesamt für Energie (Grant No. SI/501213-01), den Schweizerischen Nationalfonds (Grant No. 206021_170735) und den Europäischen Forschungsrat (EU ERC Advanced Grant SUNFUELS – Grant No. 320541).

