

# Solare Kraftstoffe für den Energiemix der Zukunft

Andreas Rosenstiel, Philipp Holzemer-Zerhusen, Martin Roeb, Nathalie Monnerie, Stefan Brendelberger, Christian Sattler

Institut für Solarforschung, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt, Köln

## Motivation

Kohlenstoffhaltige flüssige Energieträger werden auch im zukünftigen Energiesystem eine wichtige Rolle spielen. Zumindest in absehbarer Zukunft sind sie aufgrund ihrer hohen Energiedichte für einige Anwendungen unverzichtbar: Dies gilt vor allem für den Luftverkehr aber teilweise auch für die Schifffahrt und den Schwerlastverkehr. Mit solarer Hochtemperaturwärme ist es möglich, synthetische kohlenstoffhaltige Kraftstoffe einzig und allein aus den Ausgangsstoffen Kohlenstoffdioxid und Wasser herzustellen. Die erneuerbare Energie, die bei diesem Prozess als chemische Energie gespeichert wird, könnte dann mit Tankschiffen effizient aus sonnenreichen Gegenden zu uns transportiert werden. Derartige solare Kraftstoffe sind somit auch eine interessante Option für die zügige Senkung der CO<sub>2</sub>-Emissionen im PKW-Verkehr. Ein großer Vorteil gegenüber anderen Lösungen wäre dabei, dass die so produzierten Drop-in-Fuels mit der bestehenden Fahrzeugtechnologie genutzt werden können und keine neue Betankungsinfrastruktur erforderlich ist.

## Gesamtprozess

- **Geschlossener Kohlenstoffkreislauf:** Das CO<sub>2</sub> für den Prozess wird der Umgebungsluft entzogen (**direct air capture**). Bei der Verbrennung wird das im Energieträger gespeicherte CO<sub>2</sub> wieder frei.
- Ein Heliostatfeld konzentriert Solarstrahlung auf einen Solarturm. Dort wird die so erzeugte **solare Hochtemperaturwärme** in einem thermochemischen Reaktor zur **Synthesegasproduktion** genutzt.
- Aus dem Synthesegas werden entweder im **Fischer-Tropsch Verfahren** oder über den Zwischenschritt der **Methanolsynthese (MtG)** schließlich die flüssigen Energieträger erzeugt.

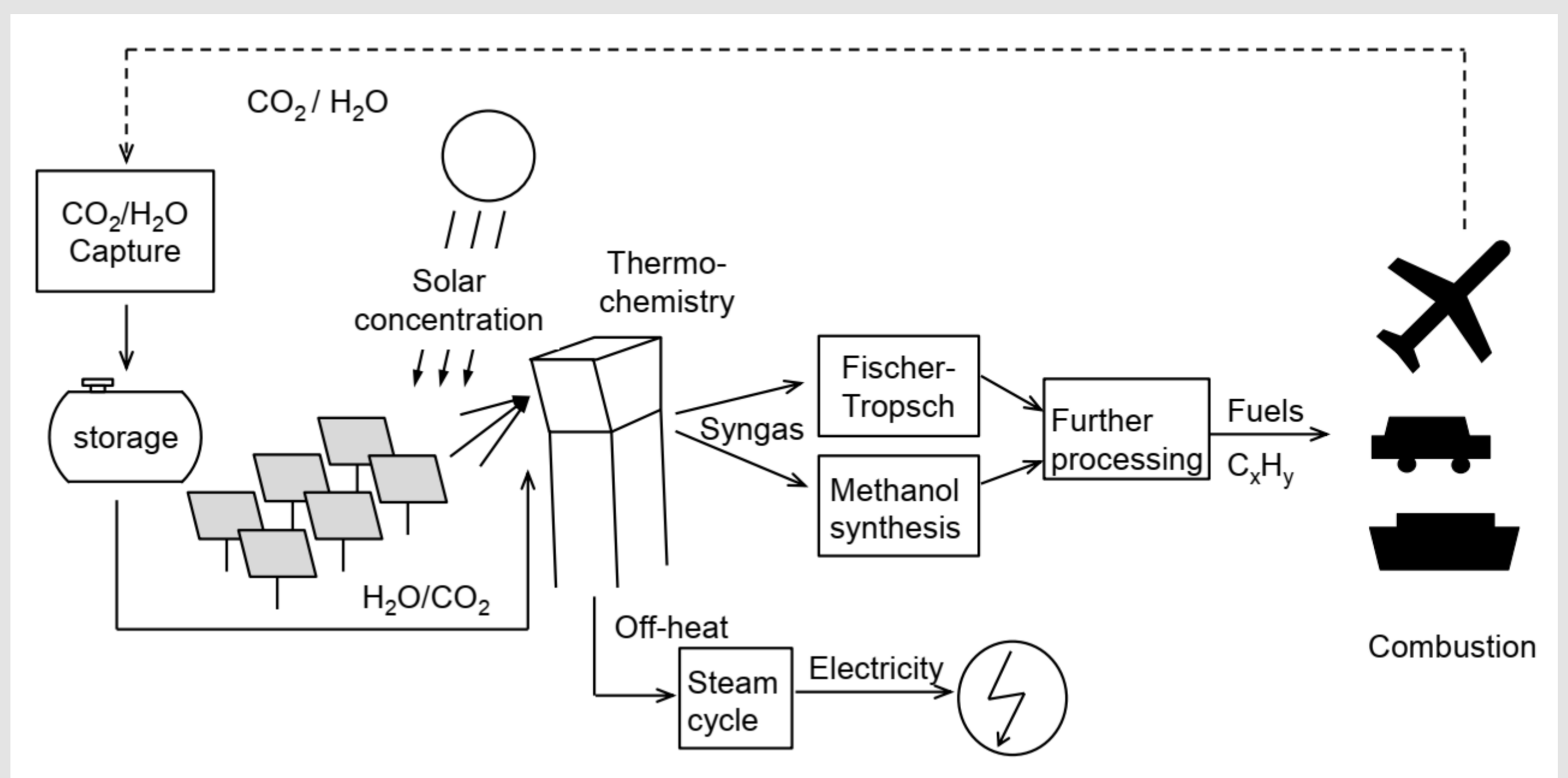


Abb. 1: Prozessschema der Erzeugung von kohlenstoffhaltigen Kraftstoffen mit solarer Hochtemperaturwärme.

## Solarthermische Synthesegaserzeugung

- Die solarthermische Synthesegaserzeugung beruht auf einem **zweistufigen Redox-Kreisprozess** (Abb. 2).
- **Reduktionsschritt** (endotherm): Ein Metalloxid wird bei hoher Temperatur (etwa 1500°C) reduziert, d.h. Sauerstoff wird aus dem Material freigesetzt.
- **Oxidationsschritt** (exotherm): Bei einer niedrigeren Temperatur (etwa 900 °C) kann das zuvor reduzierte Metalloxid Wasser und/oder Kohlenstoffdioxid spalten, indem es deren Sauerstoffatome aufnimmt.
- Die entstehende Mischung aus Wasserstoff und Kohlenstoffmonoxid wird als **Synthesegas** bezeichnet.
- Das Metalloxid befindet sich nun wieder in seiner oxidierten Form und der Kreisprozess beginnt von vorne.

## Steigerung des solar-to-fuel Wirkungsgrades

- Die erreichten Reaktorwirkungsgrade sind noch gering und liegen bei etwa 5% [1]. Mehr als 60% der thermischen Energie werden dabei für das Aufheizen der Redoxmaterials benötigt.
- **Neue Reaktorkonzepte** mit effizienter Wärmerückgewinnung zwischen Oxidations- und Reduktionsschritt.

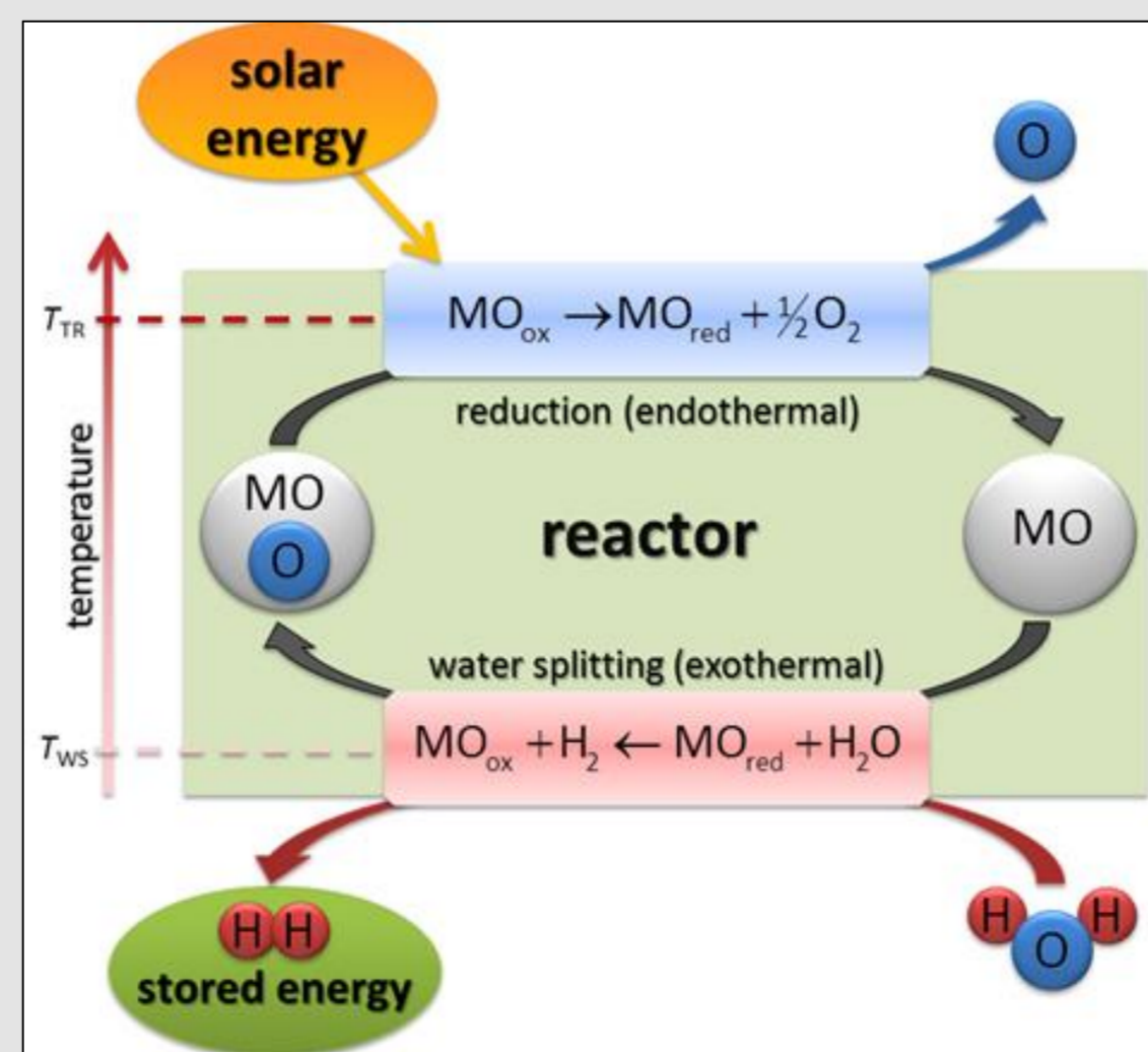


Abb. 2: Veranschaulichung des zweistufigen Redox-Kreisprozesses.

- z.B. in [2] durch einen Feststoff-Feststoff-Wärmeübertrager oder durch **Wärmespeicher** in Verbindung mit einem Wärmeträgerfluid bei monolithischen Receivern. Berechnungen zeigen, dass sich damit **40% der sensiblen Wärme** einsparen lassen [3].
- Nutzung der Prozessabwärme: zur **Co-Produktion von Elektrizität** [4] und in den anschließenden Down-Stream-Prozessen.
- Einsatz von **thermochemischen Pumpen**, um den für die Reduktion benötigten niedrigen Sauerstoffpartialdruck (<10 Pa) mit geringerem Energieaufwand bereitzustellen [5].

## Quellen:

- [1] Marxer, D., et al, Energy Environ. Sci., 2017, 10, 1142.
- [2] Siegrist, S., et al. 2018.
- [3] Brendelberger, S. et al., Journal of Solar Energy Engineering (2019), 141(2), 021008.
- [4] Budama, V., et al, International Journal of Hydrogen 43 (2018).
- [5] Brendelberger, S. et al., Solar Energy, (2017), 141, 91-102.

Kontakt: **Institut für Solarforschung** | Solare Verfahrenstechnik | Köln | Andreas Rosenstiel  
 Telefon: 02203/601 2981 | E-Mail: andreas.rosenstiel@dlr.de