

Partikelmischungsreaktor für die Reduktion von Ceroxid zur solaren Wasserstoffproduktion

sebastian.richter@dlr.de

Institut für Solarforschung | Solare Verfahrenstechnik | Jülich
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR)

Sebastian Richter, Stefan Brendelberger, Martin Roeb, Christian Sattler

Einführung

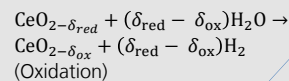
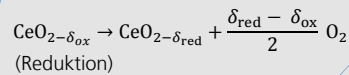
- Thermochemische Herstellung von H₂, CO und Synthesegas aus Solarenergie
- Hohe theoretische Wirkungsgrade
- Indirektes Konzept – Verwendung eines inerten Wärmeträgermediums
- Redoxmaterial und Wärmeträger in Partikelform

Zielsetzung

- Demonstration des Reduktionsreaktors im indirekten Konzept – binäre Partikelmischung
- Experimentelle Untersuchung
- Modellierung, Extrapolation und Optimierung

Prozess

- Kreisförmige Prozessführung von Metalloxiden über zwei Temperaturstufen
- Thermische Reduktion bei hoher Temperatur, Einsatz konzentrierter Solarstrahlung
- Oxidation bei niedriger Temperatur: H₂- oder CO-Produktion
- Bei Ceroxid (CeO₂) nichtstöchiometrische Reaktion, Ertrag steigt mit steigender Temperatur und sinkendem Sauerstoffpartialdruck



Materialien

- Partikeln vs. poröse Festkörper
 - Wärmerückgewinnung [1]
 - Skalierbarkeit
 - Mechanische Stabilität
- Redoxpartikeln: z.B. CeO₂ oder Perowskite
- Absorptionspartikeln: z.B. Al₂O₃, SiC



Abbildung 2: Potentielle Absorptions- und Redoxpartikeln

Indirektes Konzept

- Teilprozesse laufen auf unterschiedlichen Zeitskalen ab
- Ziel: Entkopplung der Teilprozesse, unabhängige Optimierung
- Homogenes Aufheizen der Redoxpartikeln
- Erreichbare Wirkungsgrade vergleichbar mit direkten Konzepten [2,3]
- Absorptionspartikeln als thermischer Speicher



Abbildung 1: Solarturm Jülich

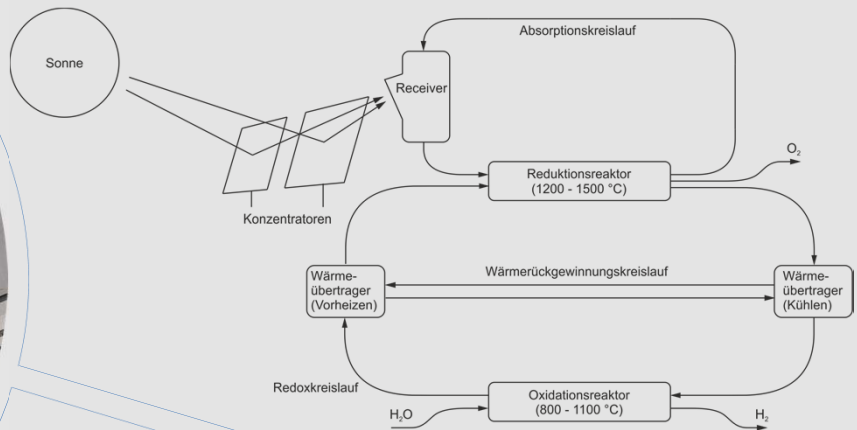


Abbildung 3: Schema des indirekten Konzeptes

Reaktor

- Reduktion von Redoxpartikeln ($T \leq 1200 \text{ °C}$)
- Redox- und Absorptionspartikeln in binärer Mischung
- Abgegebene Wärme der Absorptionspartikeln unterhält Reaktion
- Absenkung Sauerstoffpartialdruck: Vakuum oder Spülgas
- Automatisierte Ein- und Auslässe
- Betriebsweise: Einzel- oder Mehrfach-Batchversuch
- Messgrößen:
 - Temperaturen (räumlich verteilt)
 - Druck
 - Partikel- und Gasmengenströme
 - Verweilzeit
 - Mischqualität
 - Wärmeverluste

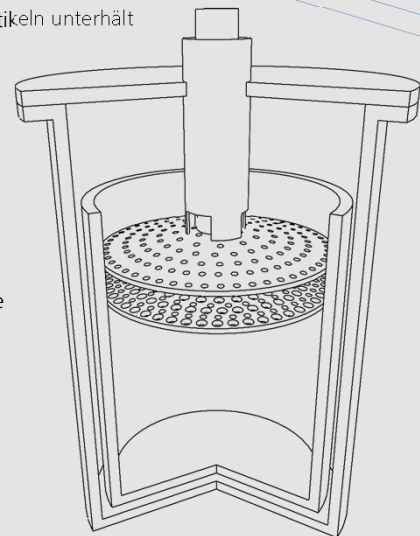


Abbildung 4: Erster Entwurf des Reaktors

Mischeinrichtung

- Vermeidung von Haufenbildung
- Über den Querschnitt verteilte Zuführung
- Unabhängige Steuerbarkeit der Partikelströme
- Zuverlässiger Partikelfluss
- Qualifizierung der Mischung
 - DEM-Simulation
 - Computertomografie
 - Schichtweises Abtragen



Abbildung 5: Binäre Partikelmischung

Literatur

- [1] Felinks, Jan; Brendelberger, Stefan; Roeb, Martin; Sattler, Christian; Pitz-Paal, Robert (2014): Heat recovery concept for thermochemical processes using a solid heat transfer medium. In: *Applied Thermal Engineering* 73 (1), S. 1006–1013
- [2] Brendelberger, Stefan; Sattler, Christian (2015): Concept analysis of an indirect particle-based redox process for solar-driven H₂O/CO₂ splitting. In: *Solar Energy* 113, S. 158–170
- [3] Ermanoski, Ivan; Siegel, Nathan P.; Stechel, Ellen B. (2013): A New Reactor Concept for Efficient Solar-Thermochemical Fuel Production. In: *J. Sol. Energy Eng.* 135 (3), S. 31002