

Partikelmischungsreaktor zur Reduktion von Ceroxid in solaren thermochemischen Kreisprozessen zur Wasserstoffproduktion

Sebastian Richter¹, Stefan Brendelberger², Martin Roeb², Christian Sattler²

¹ *Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR), Jülich*

² *Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR), Köln*

Thermochemische Redox-Kreisprozesse sind aufgrund hoher theoretisch erreichbarer Wirkungsgrade attraktive mögliche Verfahren zur Herstellung von Wasserstoff mit Hilfe von Solarstrahlung. Besondere Beachtung finden zweistufige Prozesse unter Verwendung von Metalloxiden, insbesondere Ceroxid, die alternierend oxidiert und reduziert werden. Im Oxidationsschritt reduziert das eingesetzte Metalloxid dampfförmiges Wasser zu Wasserstoff bei ca. 800 – 1100 °C. Im Reduktionsschritt wird es nach Aufheizen durch konzentrierte Solarstrahlung auf etwa 1200 – 1500 °C in sauerstoffarmer Atmosphäre thermisch reduziert.

Im vorliegenden Fall wird Ceroxid in Partikelform betrachtet. Dadurch ergeben sich Vorteile in Bezug auf die mechanische Stabilität, die Effektivität der Wärmerückgewinnung [1] sowie die Skalierbarkeit des Prozesses. Weiterhin erlaubt die Verwendung von Partikeln die Entkopplung verschiedener Teilschritte: Absorption von Solarstrahlung, thermische Reduktion, Wärmerückgewinnung und Oxidation. Dies ermöglicht die unabhängige Optimierung der einzelnen Teilschritte, die mit verschiedenen charakteristischen Zeiten und unter sehr anspruchsvollen Prozessbedingungen ablaufen [2].

Der Fokus dieser Arbeit liegt auf der räumlichen und zeitlichen Entkopplung von Absorption der Solarstrahlung und thermischer Reduktion. Bei direkter Bestrahlung von Redoxpartikeln treten substantielle Rückstrahlverluste auf. Diese liegen begründet in der Diskrepanz der benötigten Oberflächen für Absorption und Reaktion: Die Oberfläche der Redoxpartikel pro freigesetzter Menge Wasserstoffgas übersteigt die zur Absorption der äquivalenten Strahlungsenergie benötigten Oberfläche um ein Vielfaches [3].

Die Entkopplung lässt sich umsetzen durch die Einführung eines weiteren Kreislaufs inerter Absorptionspartikel, die in einem Partikelreceiver Solarstrahlung absorbieren und im Reduktionsreaktor mit Redoxpartikeln gemischt werden, Wärme an diese übertragen und somit die Reaktion unterhalten.

Eine Analyse dieses indirekten, partikelbasierten Konzepts hat gezeigt, dass dabei trotz eines zusätzlichen Wärmeübertragungsschrittes Gesamtwirkungsgrade von ca. 30 % erreichbar sind – ähnlich denen von vergleichbaren Konzepten mit direkt bestrahlten Redoxmaterialien [2; 4].

Ziel der vorgestellten Arbeit ist die Entwicklung, Demonstration und Untersuchung des Reduktionsreaktors basierend auf einer binären Partikelmischung inklusive der zugehörigen Misch- und Trenneinrichtungen. Neben einer detaillierteren Vorstellung des beschriebenen Konzepts werden Anforderungen und Designaspekte sowie Entwürfe des Reaktors präsentiert. Dabei werden neben verschiedenen Betriebsmodi auch die erforderlichen Messgrößen und die Messstrategie diskutiert.

Literaturverzeichnis

- 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. DOI: 10.1016/j.applthermaleng.2014.08.036.
- 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. DOI: 10.1016/j.solener.2014.12.035.
- 3 Yuan, Cansheng; Jarrett, Colby; Chueh, William; Kawajiri, Yoshiaki; Henry, Asegun (2015): A new solar fuels reactor concept based on a liquid metal heat transfer fluid. Reactor design and efficiency estimation. In: *Solar Energy* 122, S. 547–561. DOI: 10.1016/j.solener.2015.08.019.
- 4 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. DOI: 10.1115/1.4023356.