

HYDROSOL II

Zeitgleiches Bestrahlen von zwei Reaktorkammern mit unterschiedlicher Energiedichte: Der Lamellenshutter

Peter Rietbrock, Martin Roeb, Martina Neises, Christian Sattler, Jan-Peter Säck*

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) e. V., Institut für Technische Thermodynamik, Solarforschung
Linder Höhe, 51147 Köln

Zusammenfassung

In der Solarforschung des DLR wird im Projekt **Hydrosol II** mit der thermochemischen Herstellung von Wasserstoff aus Wasser durch Sonnenenergie. Zur quasi kontinuierlichen Wasserstoffherzeugung müssen die Temperaturen von zwei Reaktorkammern getrennt geregelt werden. Dies erfordert eine exakte Steuerung der Bestrahlungsstärke. Durch den Einsatz eines vertikal angeordneten Lamellenabschwächers, dem Lamellenshutter, konnte diese Steuerung realisiert werden. Er ist eine wesentliche Komponente bei Optimierung der Betriebsstrategie für den Wasserstoff-Erzeugungsprozess.

1 Einführung und Ziele

Im Projekt Hydrosol (2002 – 2005) und im Folgeprojekt Hydrosol II (2005 – 2009) wird die technische Realisierung und techno-ökonomischen Bewertung eines solaren Prozesses zur thermo-chemischen Wasserstoffherzeugung erarbeitet. Zu diesem Zweck wird ein neuartiger Solarreaktor als direkter Strahlungsempfänger eingesetzt. Das Ziel ist die Entwicklung eines Prozesses zur Wasserstoffherzeugung mit maximaler Effizienz, geringen Emissionen, geringem Verbrauch fossiler Rohstoffen und geringen Produktionskosten. Der so genannte HYDROSOL-Prozess nutzt ausschließlich erneuerbare Energie und arbeitet vollständig emissionsfrei. In einem zweistufigen Kreisprozess wird bei Temperaturen zwischen 800 und 1200 °C Wasserstoff aus Wasserdampf erzeugt. Im Kreis geführt wird ein Metalloxid-System (MO), das Sauerstoff aus Wassermolekülen abspalten und reversibel in seine Kristallstruktur einbinden kann: Es werden Eisenmischoxide (z.B. Ferrite) eingesetzt, die nacheinander oxidiert und reduziert werden. Im ersten Schritt wird der am Metalloxid vorbeiströmende heiße Wasserdampf durch Bindung des Sauerstoffs an das angeregte Metalloxidgitter bei Temperaturen von 800-900 °C gespalten und Wasserstoff freigesetzt. Im zweiten Schritt wird bei Temperaturen von 1100-1200 °C der zuvor in das Metalloxid eingebaute Sauerstoff wieder abgegeben und dieses so regeneriert bzw. wieder in den energiereicheren Zustand reduziert.^[1]

Ein wichtiger Schritt zur Optimierung der Betriebsstrategie für den Wasserstoff-Erzeugungsprozess ist die exakte getrennte Steuerung der Bestrahlung beider Reaktorkammern. Um das zu erreichen wurde die Entwicklung eines vertikal angeordneten Strahlungsabschwächers, dem Lamellenshutter, realisiert. Dieser Lamellenshutter ist in der Lage die Temperaturen der beiden Reaktionskammern des alternierenden Prozesses unabhängig voneinander zu regeln.

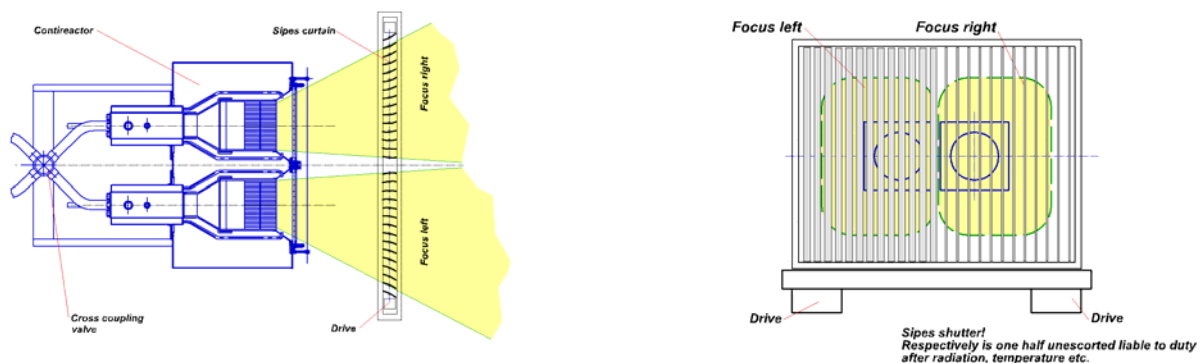


Abbildung 1: Schema Lamellenshutter Draufsicht und Frontansicht

2 Resultate und Diskussion

Die zentrale Herausforderung beim Betrieb des oben beschriebenen 2-stufigen Wasserspaltungsprozesses war es konzentriertes Sonnenlicht so einzukoppeln, dass eine kontinuierliche Produktion von Wasserstoff gewährleistet ist. Eine spezielle modulare Ausführung des Reaktors erlaubt den quasi-kontinuierlichen Betrieb des 2-Stufen-Prozesses und damit die kontinuierliche Bereitstellung von solar erzeugtem Wasserstoff. Der Lamellenshutter ermöglicht einen Betrieb unter alternierenden Reaktionsbedingungen hinsichtlich der Temperaturen.

Die Lamellen des Shutters wurden aus Aluminium in Sandwich-Veredelung der Fa. Alanod –Jordan-Reflektoren Wuppertal mit besonderer, statischer Formgebung hergestellt. Durch diese Art der Formgebung soll die Torsionssteifigkeit und Windsteifigkeit bei minimalem Schattenwurf gewährleistet werden. Die Querholme des Rahmens sind aus identischem U-Profil in rostfreier Ausführung gefertigt. Die Position der Lager unten und der Gleitpasslager des oberen Holms sind zueinander fluchtend gefertigt, der Abstand dieser Lager ist für die Lamellen individuell angepasst und entspricht den Strahlungsparalaxen des Konzentrators im Sonnenofen des DLR in Köln-Porz. Die Gleitpasslager des oberen Holms sind notwendig, da jede Lamelle der thermischen Ausdehnung unterliegt. Diese Ausdehnung beträgt bei Temperaturen von 200 °C bis zu 5 mm.



Abbildung 2: Der Lamellenshutter im Sonnenofen des DLR in Köln und im Betrieb

Als Antrieb wurde eine Seiltransmission gewählt, die einen gleichförmigen Bewegungsablauf aller Lamellen einer Shutterhälfte garantiert. Ein Schrittmotor mit dazugehörigem Getriebe sorgt für die richtige Positionierung der Lamellen entsprechend der Regelanforderungen der Steuerung. Es ist also damit möglich die Strahlungsleistung auf die zwei Reaktormodule exakt nach den Temperaturen zu regeln.

Der Lamellenshutter wurde im Sonnenofen des DLR in Köln-Porz, der Sonnenstrahlung bis zu 5000fach konzentriert, erprobt.

3 Zusammenfassung und Ausblick

Bei dem Hydrosol-Prozess herrschen optimale Betriebsbedingungen in schmalen Temperaturbereichen um 850 °C bzw. 1150 °C. Dies macht eine exakte Steuerung der Bestrahlung erforderlich. Diese Steuerung wurde durch den Einsatz eines vertikal angeordneten Lamellenabschwächers, dem Lamellenshutter, realisiert und ist ein wichtiger Schritt zur Optimierung der Betriebsstrategie für den Wasserstoff-Erzeugungsprozess. Nach der Optimierung des Lamellenshutters gelang es, die Temperaturen der zwei Reaktionskammern in den notwendigen Bereichen unabhängig von einander zu regeln. Für eine weitere Verbesserung des Betriebs ist eine Ausrichtung aller Konzentratordfacetten des Sonnenofens notwendig.

Wir möchten der Europäischen Kommission für die Co-Finanzierung der Projekte Hydrosol und Hydrosol-II (Vertrag-Nr. ENK6-CT-2002-00629 und 020030-SES6) danken.

Literatur

[1] L. de Oliveira, R. Klüser, S. Mohr, P. Rietbrock, M. Roeb, C. Sattler, N. Monnerie, HYDROSOL: Solar Thermochemical Splitting of Water Using Coated Ceramic Monoliths – DLR Contributions, 8th Cologne Solar Symposium, June 14th, 2005, Abstracts of Presentations and Posters.