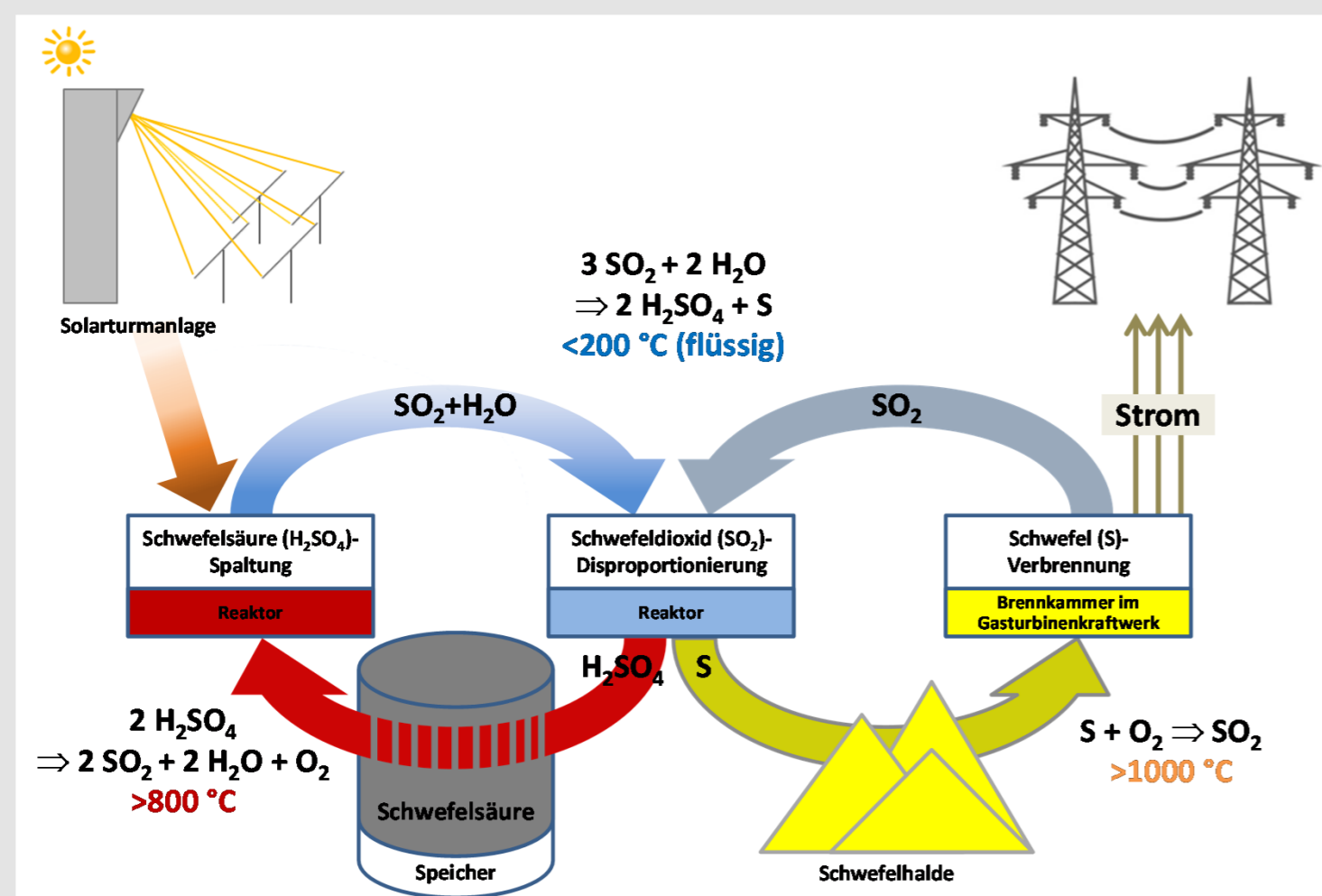
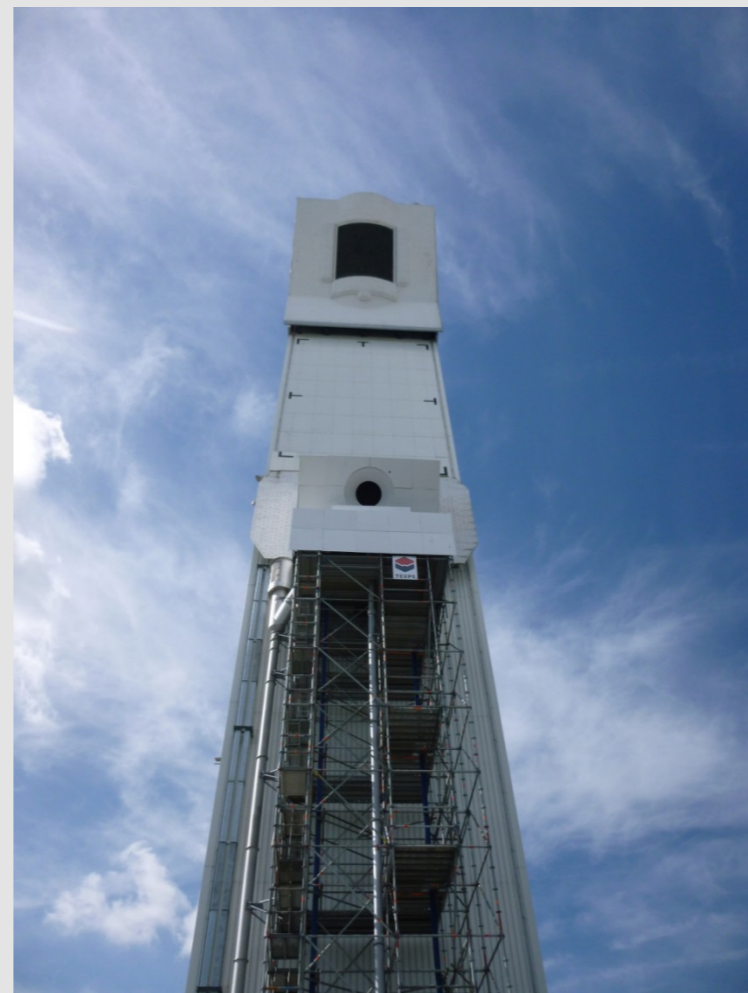


# Bedarfsgerechte Solarstromproduktion durch Kombination von Partikeltechnologie und Schwefelspeicher-Kreisprozess

Dennis Thomey, Christos Agrafiotis, Nicolas Overbeck, Birgit Gobereit, Cathy Frantz, Torsten Baumann, Martin Roeb, Ralf Uhlig, Christian Sattler



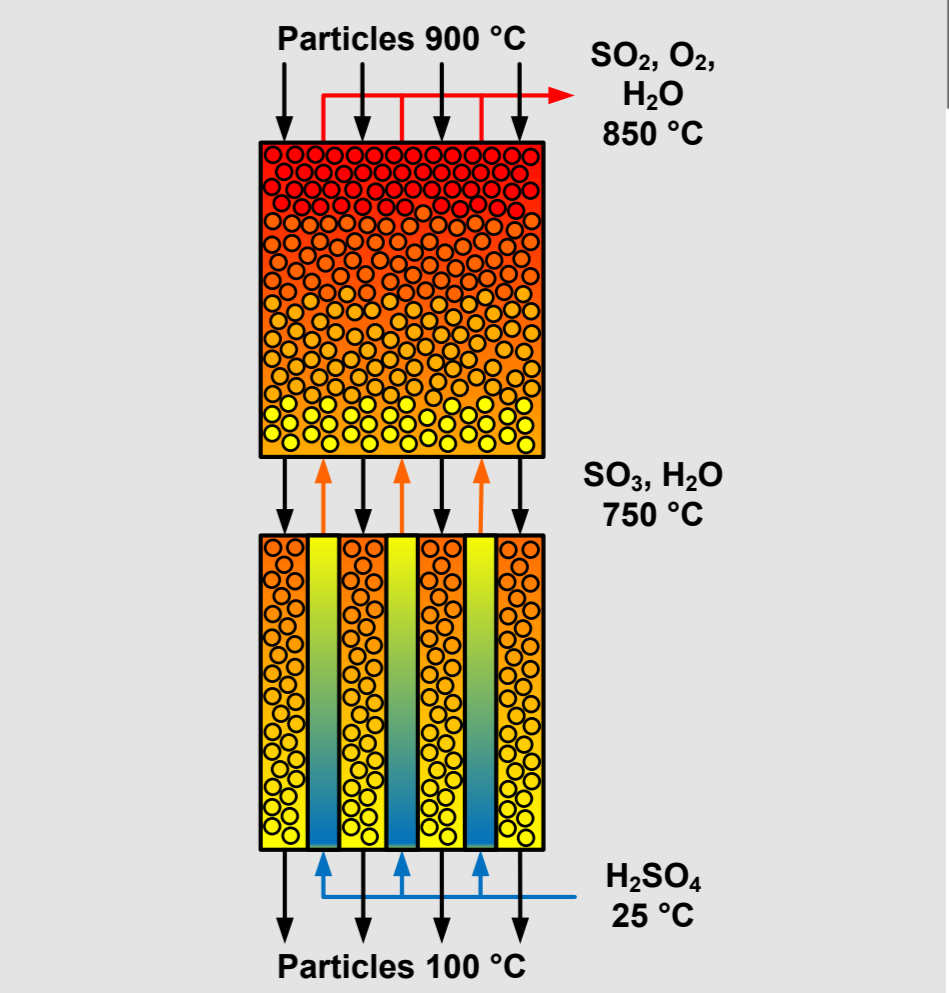
Schema des Schwefelspeicher-Kreisprozesses



CentRec-Pilot am Solarturm Jülich



Bauxit-Partikel



Designkonzept des Partikelreaktors

## Einleitung

Die zunehmende Stromproduktion mit diskontinuierlichen erneuerbaren Technologien wie Photovoltaik und Windkraft führt zu einer Diskrepanz von Angebot und Nachfrage, die durch geeignete Speicher behoben werden kann. Hierbei können moderne CSP-Kraftwerke mit Schmelzsatzspeicher einen Beitrag leisten, die einen kontinuierlichen Betrieb bis in die Nachstunden ermöglichen. Zusätzlich werden flexible Reservekapazitäten benötigt, um bei kurzfristigen Lastabfällen (z.B. wegen Wolken oder Windflaute) die Versorgung im gesamten Stromnetz stabil halten zu können. Hierzu eignen sich insbesondere Gasturbinenkraftwerke mit Kaltstartzeiten von wenigen Minuten. Werden diese Anlagen mit solaren Brennstoffen betrieben, so ist eine Stromversorgung vollständig ohne CO<sub>2</sub>-Emissionen möglich. Ein attraktives Speichermedium für Solarenergie ist in diesem Zusammenhang elementarer Schwefel (S), der mit dem unten beschriebenen Kreisprozess produziert werden kann und eine mehr als 30-mal höhere massenspezifische Energiedichte aufweist als heute verwendete Schmelzsätze. Schwefel ist ein bedeutender Grundstoff der chemischen Industrie mit einer globalen Jahresproduktion von über 69 Mio. Tonnen (2014), der hauptsächlich bei der Entschwefelung von Erdöl und Erdgas sowie in metallurgischen Prozessen anfällt und für die Herstellung von Schwefelsäure (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) eingesetzt wird. Dabei wird der Schwefel zunächst unter Bildung von Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>)

verbrannt, das dann im sogenannten Kontaktverfahren zu Schwefeltrioxid (SO<sub>3</sub>) oxidiert wird, welches wiederum mit Wasser zu Schwefelsäure weiterreagiert. Die entstehende Abwärme wird zur Stromproduktion mittels Dampfturbine genutzt. Für den Schwefelspeicher-Kreisprozess ergeben sich folglich gute Optionen für die Integration in bestehende Schwefelsäureanlagen, was im Hinblick auf einen Markteinführung von großem Vorteil wäre.

## Schwefelspeicher-Kreisprozess

Der oben dargestellte Prozess wurde von Norman [1] vorgeschlagen und erstmals von General Atomics unter Beteiligung des DLR untersucht [2]. Konzentrierte Solarstrahlung wird dabei genutzt, Schwefelsäure bei Temperaturen  $>800^\circ\text{C}$  katalytisch zu spalten und SO<sub>2</sub> zu erzeugen, das dann in einem Disproportionierungsreaktor zusammen mit Wasser bei ca. 40 bar und 120-165 °C in Schwefelsäure und Schwefel (Verhältnis 2:1) umgewandelt wird [3]. Lagerung und Transport von Schwefelsäure und Schwefel ist ohne weiteres und nahezu verlustfrei möglich. Bei der Verbrennung von Schwefel können Temperaturen über 1000 °C erzielt werden, die für den Betrieb von Gasturbinen geeignet sind [4] und deutlich über der eingebrachten Solarwärme liegen.

## Projektüberblick

Das Projekt PEGASUS (Renewable Power Generation by Solar Particle Receiver Driven Sulphur Storage Cycle, 2016-20) wird von der europäischen Kommission

kofinanziert und vom DLR koordiniert. Beteiligt sind APTL/CERTH (Griechenland), KIT (Deutschland), Baltic Ceramics (Polen), Processi Innovativi (Italien) und BrightSource (Israel). Der Projektplan sieht vor, katalytisch aktive Solarpartikel zu entwickeln, die für die Schwefelsäurespaltung eingesetzt werden können (DLR, APTL, Baltic Ceramics). Zusätzlich wird ein 10 kW Schwefelbrenner-Prototyp entwickelt (KIT) und der Gesamtprozess in einer techno-ökonomischen Studie umfassend untersucht (Processi Innovativi, BrightSource).

## Integration der Partikeltechnologie

Aufgabe des DLR ist es, einen 50 kW Partikelreaktor-Prototypen für die Schwefelsäurespaltung zu entwickeln. Das oben dargestellte Designkonzept sieht einen Wanderbett-Reaktor vor mit indirekt beheiztem Verdampfer und direktem Kontakt zwischen den Reaktionsgasen und den katalytischen Partikeln während der SO<sub>3</sub>-Spaltung.

## Ausblick

Im letzten Projektjahr ist ein integrierter Betrieb des Partikelreaktors für die Schwefelsäurespaltung mit der vom DLR entwickelten Zentrifugalreceiver-technologie [5] geplant, die derzeit am Solarturm Jülich demonstriert wird (siehe Abbildungen oben).

## Referenzen

- [1] Norman JH (1983) US Patent No. 4,421,734
- [2] Wong B (2014) Final Project Report GA-A27976.
- [3] Wong B, et al. (2015) Sol Energ.
- [4] Harman RTC, Williamson AG (1977) Appl Energ.
- [5] Amsbeck L, et al. (2014) SolarPACES

Kontakt: Institut für Solarforschung | Solare Verfahrenstechnik | Köln | Dennis Thomey  
Telefon: 02203/601 2936 | E-Mail: dennis.thomey@dlr.de