

Ziele und Optionen zur Anwendung hochkonzentrierter Strahlung in der Forschung und Entwicklung

Karl-Heinz Funken*

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

Zusammenfassung

Seit drei Jahrzehnten nutzt das Institut für Technische Thermodynamik (ITT) des DLR Experimentalvorrichtungen zur Bereitstellung hochkonzentrierter Strahlung für unterschiedlichste Anwendungen. Hierbei kommen sowohl natürliche Sonnenstrahlung als auch künstliche Strahlung mit einem Spektrum zum Einsatz, das dem der natürlichen Sonnenstrahlung mehr oder weniger ähnlich ist. Diese Experimentalvorrichtungen sind Unikate mit speziellen Features, jedoch der gemeinsamen Eigenschaft, dass sie breitbandige Strahlung mit hohen Bestrahlungsstärken liefern. Angesprochen werden in diesem Beitrag die Ziele und Optionen, die vor allem aus der Sicht der Solartechnik begründbar sind.

Sowohl für eigene F+E Projekte als auch in Zusammenarbeit mit oder im Auftrag von externen Partnern und Kunden aus Industrie und Forschung werden zahlreiche Experimente und Solar-Simulationen durchgeführt.

1 Ziele zur Anwendung hochkonzentrierter Strahlung

Der wichtigste – und in diesem Kreise offensichtliche – Grund für F+E mit hochkonzentrierter Strahlung ist der beginnende Wachstumsmarkt für solarthermische Kraftwerke. Konzentrierende Solarsysteme sind die einzige Option zur großmaßstäblichen solaren Stromerzeugung zu erschwinglichen Kosten im Sonnengürtel der Erde. Der Umsetzung dieser Option kommt die strategische Bedeutung zu, da sie das Potential besitzt, in erheblichem Maße zu einer Politik des nachhaltigen globalen Klimaschutzes beizutragen. Da die solaren Stromgestehungskosten je nach meteorologischen Bedingungen, Standort und angewandter Technik auf heutiger Basis zwischen 0,15 und 0,20 €/kWh liegen und noch deutlich höher als die fossil erzeugten Stroms sind, besitzt die Reduktion der Stromgestehungskosten die größte Bedeutung. Mehr als 50% der Kostenreduktionen erscheint durch Ergebnisse von Forschung und Entwicklung erreichbar. Vor allem die Verbesserung und der Zuverlässigkeitsnachweis der Schlüsselkomponente Receiver sind essentielle Ziele der F+E mit hochkonzentrierter Strahlung.

Neben der beginnenden Markteinführung solarthermischer Kraftwerke darf gerade eine Forschungseinrichtung die erst langfristig zu erreichenden Ziele nicht aus den Augen verlieren. Erhebliche Vorsorgeforschung ist noch angesagt, wenn es im Industriemaßstab zu vertretbaren Kosten gelingen soll, Sonnenenergie chemisch zu speichern oder auch energieintensive (Hochtemperatur)Verfahren der Grundstoffindustrie so zu modifizieren, dass sie mit konzentrierter Sonnenstrahlung anstelle fossiler Brennstoffe betrieben werden können. Im Vergleich zur thermischen Sonnenenergiespeicherung eröffnet die chemische Speicherung von Sonnenenergie Flexibilität, da die solar gewonnenen Sekundärenergieträger ort- und zeitunabhängig von ihrer Erzeugung genutzt werden können. In der Anwendung sind sie nicht zwingend an ein Netz gekoppelt. Somit werden sie auch für den Mobilitätsbedarf nutzbar. Die grundlegende Frage für die Forschung in diesem Gebiet ist, ob die direkte Herstellung solarer Brennstoffe mit Hilfe hochkonzentrierter Sonnenstrahlung Kosten- oder Verfahrensvorteile im Vergleich zur elektrolytischen Wasserstoffherstellung mit Hilfe erneuerbaren Stroms oder auch zu weiteren erneuerbaren Alternativen bietet. Dieses Thema ist noch weitgehend aus Grundlagenarbeiten zu erschließen. Allerdings sind bereits wichtige Erfolge in der Technologieentwicklung zu vermerken. Wichtige Meilensteine wurden beispielsweise im solaren Reformieren von Methan oder auch in einem solar betriebenen thermochemischen Zyklus auf Eisenoxidbasis erreicht. Typische Fragen, die nicht ohne experimentelle Möglichkeiten zu beantworten sind, betreffen die Reaktionskinetiken unter drastischen Versuchsbedingungen, die Beständigkeit von Redoxmaterialien sowie von Werkstoffen der Receiver-Reaktoren bei hohen Temperaturen und Temperaturwechseln und die Reproduzierbarkeit von Versuchsergebnissen unter definierten Bedingungen. Das Hauptaugenmerk gilt dem Nachweis der technischen Machbarkeit neuartiger Solarverfahren.

* Korrespondenzautor: Tel.: +49 2203 601 3220; Fax: + 49 2203 601 4141; e-mail: karl-heinz.funken@dlr.de

Für industrielle Anwendungen, die Ähnlichkeiten mit solartechnischen Anwendungen aufweisen, fanden insbesondere Weltraumanwendungen besondere Aufmerksamkeit.

2 Optionen zur Anwendung hochkonzentrierter Strahlung

Generell lassen sich die Bestrahlungsverfahren in die mit und in die ohne Leistungsanforderungen unterteilen. Eine weitere Klassifizierungsmöglichkeit besteht hinsichtlich des anzustrebenden Temperaturniveaus hoch – niedrig.

Aus verfahrenstechnischer Sicht besitzen Bestrahlungsverfahren einige attraktive Möglichkeiten: So können Objekte ohne Kontamination durch Begleitmaterialien oder Verbrennungsprodukte mit hohen Wärmestromdichten auf hohe Temperaturen erhitzt werden. Auch gelingt es, große Objekte unter oxidierenden Bedingungen uniform oder unter definierten transienten Bedingungen zu erhitzen.

Zur Bereitstellung hochkonzentrierter Strahlung stehen im ITT des DLR mehrere Versuchstände zur Verfügung. Mit elektrischem Strom betrieben werden der Sonnensimulator SIMSON, ein leistungsfähiger IR-Strahler und in der Zukunft auch der neue Hochleistungsstrahler sowie. Der „Dish mit kurzer Brennweite“ DISKUS ist in der Lage, die Direktstrahlung der Sonne mehr als 10.000-fach zu konzentrieren. Der Sonnenofen ist als „Arbeitspferd“ in der Entwicklung solar betriebener Verfahren im Miniplant-Maßstab sowie in der Prüfung und Qualifizierung von Komponenten so weit etabliert, dass er an seiner Kapazitätsgrenze arbeitet.

Für die Hochskalierung in den Megawatt-Maßstab besteht der Zugang zur Plataforma Solar de Almería.

3 Ausblick

Mit dem begonnenen Bau und ersten Inbetriebnahmen einer ganzen Reihe solarthermischer Kraftwerke in Spanien und USA ist die Zukunft für konzentrierende Solartechniken optimistisch zu sehen. Auf dem Weg zur vollen Konkurrenzfähigkeit mit fossil befeuerten Kraftwerken müssen Komponenten weiterhin experimentell verifiziert und vor allem auch qualifiziert werden. Mehr als 50% der erwarteten Kostenreduktionen wird auf den Ergebnissen von Forschung und Entwicklung beruhen. Entscheidende Werkzeuge in der Verifikation und Qualifizierung sind Hochleistungsstrahler, mit deren Hilfe der zu beschreitende Weg schneller zurückgelegt werden kann. Hinzu kommt das noch sehr durch Grundlagenforschung geprägte Feld der solaren Brennstoffe auf der Basis thermochemischer Kreisprozesse oder solarisierter Prozesse zur Veredelung fossiler Energieträger. Eine dritte Kategorie kommt hinzu, in der konzentrierte Strahlung in speziellen Qualifizierungstests eingesetzt wird, die nicht originär durch Solarforschung zu begründen sind, in denen jedoch die Werkzeuge vorteilhaft eingesetzt werden können.

Zahlreiche Fragen aus Forschung und Anwendung können mit den Hilfsmitteln hoch konzentrierender Bestrahlungstechniken beantwortet werden. Neben den im ITT verfügbaren Bestrahlungsprüfständen eröffnet insbesondere die enge Zusammenarbeit mit dem spanischen Forschungszentrum CIEMAT den Zugang zur PSA, auf der Bestrahlungsexperimente bis in den MW-Maßstab ermöglicht werden.