

Optimierung der Struktur eines linienfokussierenden Kollektors mit ortsfestem Absorber

Christoph Prah^{*}, Tamara Schapitz, Ralf Uhlig

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) e.V.,
Institut für Technische Thermodynamik, Solarforschung,
Plataforma Solar de Almería, Apartado 39, 04200 Tabernas, Spanien)

Zusammenfassung

Als neuer Ansatz für linienfokussierende Kollektoren wurde im DLR ein Konzentrator mit ortsfestem Absorberrohr entwickelt^{[1][2]}, der die Vorteile von Linearen Fresnel- und Parabolrinnenkollektoren vereint. Dieser Kollektor ist durch eine Segmentierung der Spiegelfläche gekennzeichnet, wodurch erreicht wird, dass Schwerpunkt und Brennlinie koinzidieren. In der hier vorgestellten Konzeptstudie wird ein FEM Modell des Kollektors hinsichtlich der optischen Performance und des Gewichts unter Betriebsbedingungen (Verformung durch Eigengewicht und Windlasten) untersucht und optimiert.

1 Einführung und Ziele

Das übergeordnete Ziel der Forschung und Entwicklung im Bereich von CSP ist die Reduzierung der gemittelten Stromgestehungskosten. Im Bereich von Solarkraftwerken mit linien-konzentrierenden Kollektoren (Linear Fresnel und Parabolrinne) werden durch die Verwendung neuer Materialien für Struktur und Spiegel und durch die Optimierung der Kollektordimensionen Fortschritte erzielt. An dieser Stelle wird ein alternatives Kollektorkonzept präsentiert, welches aufgrund der Verwendung einer neuartigen Kollektorgeometrie ein hohes Potential hinsichtlich Kostenreduktion bei verbesserter Performance bietet. In Abbildung 1 ist die Funktionsweise dieses „Fix-Fokus“ Kollektors anhand des Strahlengangs und eines 3D Modells illustriert.

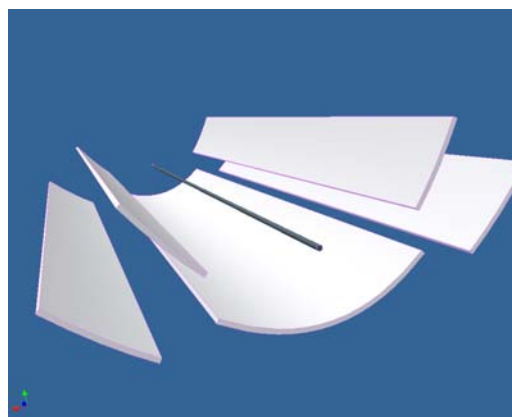
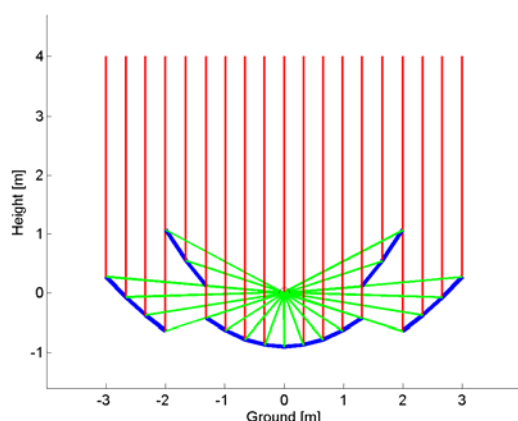


Abbildung 1: Links: Spiegelanordnung des Fix-Fokus Kollektors in Zenith Position. Die Spiegelpaneele (blau) bestehen aus Parabelsegmenten unterschiedlicher Brennweite und sind als um die Brennlinie drehbare Einheit ausgelegt. Rote Linien stellen einfallende und grüne Linien reflektierte Sonnenstrahlen dar. Die Struktur zur Verbindung der Segmente ist nicht dargestellt. Rechts: 3D-Modell eines Moduls mit 12 m Länge und 6 m Aperturweite.

Vorteile ergeben sich bei diesem Kollektor hinsichtlich der optischen Performance durch die Minimierung der Länge der reflektierten Strahlen. Durch das ortsfeste Absorberrohr entfallen flexible Rohrverbinder. Die offene Spiegelstruktur und die Möglichkeit einer „Upside-Down“ Stow-Position macht die gesamte Konstruktion weniger anfällig für Windlasten^[1]. Insbesondere bei der Verwendung dezentraler Antriebe kann eine erhebliche Materialersparnis erfolgen, da sich dabei die Anforderungen an die Torsionssteifigkeit des Kollektors reduzieren. Zur Umsetzung dieses Kollektortyps sind bisherige Konstruktionsansätze von Parabolrinnenkollektoren nur bedingt geeignet. Um beispielsweise die gewünschte Massenverteilung zu erhalten sind idealerweise selbsttragende Spiegelpaneele (z.B. aus GFK- Sandwich) erforderlich. Des Weiteren muss eine Struktur entwickelt werden, welche die Spiegelpaneele untereinander und mit dem Absorberrohr verbindet.

Um das vorgestellte Kollektorkonzept hinsichtlich der Realisierbarkeit zu überprüfen, wurde ein FEM Modell mit den Dimensionen 12 x 6 m erstellt. Dieses Modell wurde verschiedenen Lastfällen unterworfen. Zur Beurteilung des optischen Wirkungsgrads des deformierten Kollektors wurde die Fokusabweichung in Richtung der Parabelkrümmung (FD_x) herangezogen. Bei den Lastfällen wurden Eigengewicht und Windlast (seitliche freie Anströmung mit 10 m/s in Zenithstellung) berücksichtigt. Für die Kollektorstruktur bestehend aus Spiegelpaneelen und Verstrebung wurden verschiedene Lösungsansätze untersucht. Insgesamt war das Ziel der vorgestellten Arbeit die Minimierung des Gewichts der Kollektorstruktur unter der Randbedingung minimaler Fokusabweichung.

* Korrespondenzautor: Tel.: +34 950 285883, E-mail: christoph.prah@dlr.de

2 Resultate

Abbildung 2 links zeigt exemplarisch den Einfluss von Eigengewicht und Windlast auf den Kollektor. Der Einfluss des Eigengewichts äußert sich in einer Durchbiegung in Längsrichtung und einer Verformung insbesondere der äußeren Paneele. Die Windlast führt in erster Linie zu einer Torsion des gesamten Kollektors, wobei der Verdrehwinkel kaum vom Abstand vom Fixpunkt (Antriebspylon) abhängt. Für verschiedene Strukturansätze wurde die Dimensionierung der einzelnen Bauteile optimiert. Das Ziel dieser Optimierung ist das geringst mögliche Gesamtgewicht für bestimmte Vorgaben des optischen Wirkungsgrads. Abbildung 2 rechts zeigt erzielte Resultate dieser Optimierung anhand der Gesamtmasse aufgetragen gegen die Fokusabweichung.

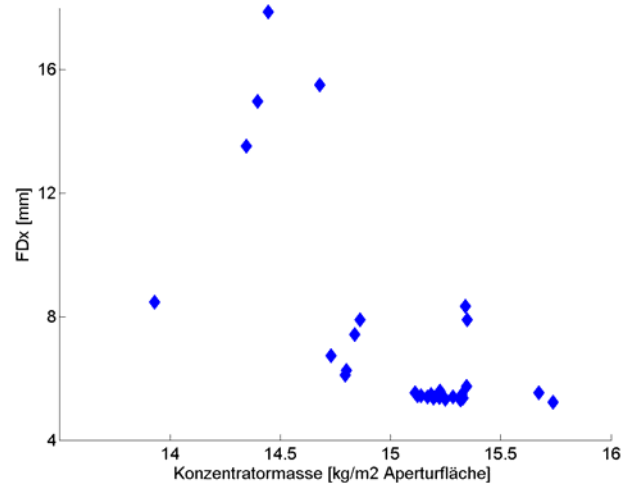
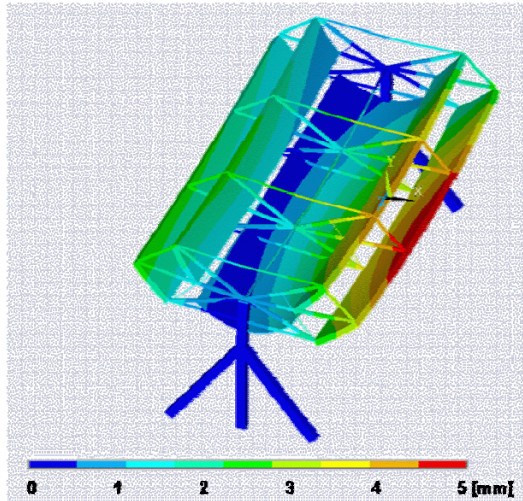


Abbildung 2: Links: Gesamtverformung des FEM Modells der Kollektorstruktur unter dem Einfluss von Windlast (seitliche Anströmung mit 10 m/s) und Eigengewicht. Die Abweichung der Struktur äußert sich in erster Linie in einer Torsion um die Kollektorlängsachse und einer Verformung der äußeren Spiegelsegmente. Rechts: Die aus der Verformung resultierende Fokusabweichung aufgetragen gegen die Masse des Konzentrators (Spiegelpaneel mit Dünnglas und Verstrebung, jedoch ohne Absorberrohre und Pylone). Die Datenpunkte entsprechen den Ergebnissen einzelner Iterationsschritte einer Optimierung, bei welcher die Dimensionierung der Verstrebung untersucht wurde.

3 Zusammenfassung und Ausblick

Die hier vorgestellte Konzeptstudie dient in erster Linie als Machbarkeitsanalyse. Die Frage, ob der Fix Fokus Kollektor unter Betriebsbedingungen realisierbar ist konnte positiv beantwortet werden. Auch bei vergleichsweise hohen Windlasten konnte eine ausreichend hohe optische Performance bei gleichzeitig signifikant reduzierter Gesamtmasse erreicht werden. Die nächsten Schritte werden die technische Umsetzung der Strukturansätze sein. Weitere Herausforderungen sind die Konstruktion von Lagerung und Antrieb sowie ein Konzept zur Kompensation der thermischen Ausdehnung des Absorberrohrs.

Literatur

- ^[1] C. Prahl, A. Pfahl, A new concept for line-concentrating CSP collectors, Proceedings of the SolarPACES conference 2009, Berlin Germany.
- ^[2] Europäische Patentanmeldung 09 753 III.5 "Fixed Focus Parabolrinnen-Kollektor"