

Material- und Konstruktionsanalysen preiswerter und robuster Spiegelsysteme für Parabolrinnenkraftwerke

Autoren: Dr.-Ing. Jamal Sarsour (ITV)
Dr.-Ing. Thomas Stegmaier (ITV)
Dr.-Ing. Martin Blacha (IKTD)
Dipl.-Wirtsch.-Ing. Alexander Keller, M.Sc. (IKTD)
Dr.-Ing. Stefan Wagner (IFU)
Dipl.-Ing. Christian Bolay (IFU)
Christoph Larsen-Mattes (Mattes & Ammann KG)
Dipl.-Kfm. Manfred Randecker (Synthesis-Solar-Thermal-
Energy AG)

Erschienen: 05.10.2009

Ziel des Vorhabens

Aufgrund steigender Energiepreise wird in sonnenreichen Gegenden die Stromerzeugung mittels Solarenergie zunehmend attraktiver. Eine Möglichkeit hierzu stellen so genannte solarthermische Parabolrinnenkraftwerke dar. Anlagen dieser Art befinden sich seit über zehn Jahren unter anderem in Kalifornien/USA und Almeria/Spanien im Betrieb.

Die bisherige technische Lösung der Spiegelfelder ist aufwändig in der Herstellung, in der Montage – insbesondere bei der manuellen Ausrichtung der Spiegel – als auch beim Austausch von Elementen. Neben den damit verbundenen hohen Kosten führt auch die extreme Bruchgefährdung der Glasspiegel angesichts der globalen Wetterveränderung mit vermehrtem Hagel in Europa sowie Spiegelflächen von mehreren Millionen Quadratmetern zu einem hohen Sicherheitsrisiko der Energieversorgung mit diesen Systemen.

Ziel des Projektes war die interdisziplinäre Erarbeitung von alternativen Lösungen für wesentlich preiswertere und robustere Parabolrinnen. Im Rahmen des Projektes sollte die Wirtschaftlichkeit von Solarfeldern mit Parabolrinnenkollektoren durch ein neues Leichtbau-Verbundmaterial erhöht werden. In integrierter Bauform wurden Demonstratoren von Kollektorkörpern aufgebaut und erprobt, deren Gesamtkosten inklusive der Ständerung preisgünstiger und leichter sind als die bisherigen Bauweisen. Damit lassen sich zukünftig wesentlich wirtschaftlichere Gesamtsysteme der Solarthermienutzung für das Inland als auch für den Weltmarkt entwickeln.

1. Angaben zur Durchführung des Projekts

Im Rahmen des Projektes wurden folgende Arbeitsschritte durchgeführt:

- Aufbau geeigneter Verbundmaterialien (alle Partner),
- Aufbau und Erprobung der Spiegel-Reflexionsschichten (ITV/Fa. Synthesis / Mattes & Ammann),
- Fertigungstechnik der gewölbten formstabilen Wanne (ITV /IFU),
- Bewertung der Herstellungsvarianten und Versuchsmuster (ITV, IFU, IKTD und Synthesis),
- Erarbeitung von Konstruktionsszenarien (IKTD).

2. Erzielte Ergebnisse

Im Rahmen dieses Projektes wurden am ITV Denkendorf folgende Ergebnisse erzielt:

- Erstellung eines Pflichtenheftes zur Anforderung der Parabolrinne,
- Herstellung und Auswertung einer Vielzahl von Metallblechverbundwerkstoffen, welche sich in Ihrer Struktur und Materialkombination unterscheiden,
- Bewertung und Festlegung der Spiegelreflexionsschicht auf 3 Varianten nach Analyse der auf dem Markt verfügbaren Technologien in Verbindung mit umfassenden Analysen mit verschiedensten Materialkombinationen (Blech, Klebstoff, Textileinlage) unter thermischer Belastung:
- Polierte Edelstahlspiegeloberfläche

- Laminierte Spiegelfolie auf Edelstahlblech
- Aufgedampfte Aluminiumschicht auf Aluminiumblech
- Herstellung der geplanten Materialverbänden mit Spiegelreflexionsschicht für die Verformungsversuche bei den Projektpartnern.
- Untersuchung der Alterung insbesondere der Veränderung des Reflexionsvermögens infolge einer Verschmutzung durch Staub und Sand.

Im Rahmen dieses Projektes wurden am IFU folgende Ergebnisse erzielt:

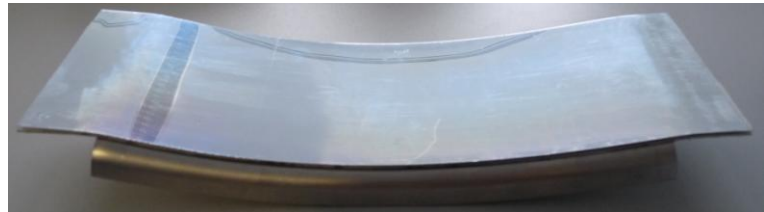
- Aufbau eines Werkzeugkonzepts, um Parabolrinnen aus Textil-Verbundblechen mit Reflexionsschichten umzuformen, ohne diese Schichten zu beschädigen, mittels zuvor gewonnener Simulationsergebnisse
- Herstellung einer Demonstratorgeometrie von 440x160mm mit den maßstäblichen Blech- und Textildicken anhand folgender Prozessschritte:
 - a) Das Blech wird zwischen der Matrize und dem Blechhalter geklemmt.
 - b) Das geklemmte Blech wird mittels Streckziehen /-biegen um den parabolförmigen Stempel umgeformt.
 - c) Das Blech wird in der gebogenen Parabolform zwischen Stempel und Matrize gehalten, während am Blechrand mit den Abkantbacken ein Bord aufgestellt wird, um die Form zu fixieren.



a) Das Umformwerkzeug



b) Verbund mit abgekantetem Ober- und Trägerblech



c) Verbund mit einem abgekantetem Trägerblech

Im Rahmen dieses Projektes wurden am IKTD folgende Ergebnisse erzielt:

- Ist-Stand-Analyse bestehender Spiegelsysteme von Parabolrinnenkraftwerken
- Simulation verschiedener Lastfälle und Lasteinleitungsszenarien an der definierten Spiegelfläche für die Substruktur
- Erforschung von Optimalstrukturen für unterschiedliche geometrische Randbedingungen, z. B. unterschiedliche zur Verfügung stehende Bauräume, die eine baumartig verzweigte Struktur aufweisen, mit Hilfe von FEM-gestützter Topologieoptimierungssoftware
- Definition der strukturellen Anforderungen an die als Sandwich-Mehrschichtverbund ausgeführte Spiegeleinheit hinsichtlich ihrer unbedingt zu erfüllenden Eigenschaft, temperaturbedingte Dehnungen ohne Änderung der Parabelform zu ermöglichen
- Wertanalytischen Betrachtung verschiedener vereinfachter Anbindungsmöglichkeiten des Spiegels an die steifigkeitsoptimierte Substruktur und deren Vergleich
- Entwurf einer Verbindung mit ineinander einrastenden, stranggepressten Profilen, die in ihrer Längsachse zur Erleichterung der thermischen Längendehnungen verschieblich sind. Auf diese Weise ist eine präzise Anbindung des Spiegels auf sehr einfache Weise realisiert.

Danksagung:

Bei diesem Projekt handelt es sich um einen Forschungsauftrag des Landes Baden-Württemberg, der aus Mitteln der Baden-Württemberg Stiftung gGmbH finanziert wurde.

Der Schlussbericht zu diesem Projekt ist im Internet unter folgendem Link veröffentlicht:
http://www.itv-denkendorf.de/images/ITV/forschung/geschaeftsfelder/textiles-bauen-leichtbaumaterialien/endbericht_e14.pdf

Ansprechpartner:

Dr.-Ing. Thomas Stegmaier (thomas.stegmaier@itv-denkendorf.de)