

Der Bau solarthermischer Kraftwerke – Produktion und Logistik der Montage

Paul Nava
FLAGSOL
paul.nava@flagsol.com

Dr. Eckhard Luepfert
DLR
eckhard.luepfert@dlr.de

Andreas Wohlfahrt
Fraunhofer-Institut für
Materialfluss und
Logistik (IML)
andreas.wohlfahrt@
iml.fraunhofer.de

Sonnenstrahlung lässt sich thermisch mit hoher Effizienz in elektrische Energie umwandeln. Kostengünstige Möglichkeiten bieten dafür thermische Solarkraftwerke in Ländern, wo Sonne und blauer Himmel vorherrschend sind. An diesen Standorten können sie besonders wirtschaftlich sein und erreichen ein hohes wirtschaftliches Potenzial. Die Sonnenstrahlung wird konzentriert und durch Dampf- oder Gasturbinen in elektrischen Strom umgewandelt. Das Solarfeld eines solarthermischen Kraftwerkes bei einer 50 MW Anlage mit Speicher hat eine Kollektorfläche von ca. 500.000 m².

Abbildung 1 zeigt das Funktionsschema eines solarthermischen Parabolrinnenkraftwerkes. In der Fokuslinie der 624 einachsigen nachgeführten Parabolrinnenkollektoren befindet sich ein selektiv beschichtetes, vakuumisoliertes Absorberrohr durch das ein synthetisches Öl gepumpt wird. Die 80-fach konzentrierte Solarstrahlung erwärmt das Öl auf 400 °C. In Wärmetauschersträngen wird Wasser vorgewärmt und ver-

dampft. Der danach überhitzte Dampf treibt über eine Dampfturbine den Generator an. Ein thermischer Speicher ist in der Lage, die Wärme aus dem entsprechend dimensionierten Solarfeld zu speichern und diese bei Bedarf wieder an die Turbine abzugeben, die damit in Lage ist, elektrische Energie zur Abdeckung des Spitzenbedarfs auch in Abendzeiten zu liefern.

Die Parabolrinnenkollektoren (Abb. 2) sind von Kosten, Platzbedarf, Materialmenge und Montageaufwand die dominierenden Komponenten eines derartigen Kraftwerkes. Die Kostenoptimierung der Fertigungskette für Kollektoren hat daher einen wesentlichen Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit der Anlagen. Die Hauptkomponente der kostenoptimierten Fertigungskette für Parabolrinnenkollektoren ist die Montagelinie für Kollektorsegmente (Abb. 3), die auf der Baustelle errichtet wird. In dieser Montagelinie wird die optische Präzision der Kollektoren mit Hilfe von so genannten Montagehellingen erzielt.

Abbildung 1
Funktionsschema eines
solarthermischen
Parabolrinnen-
kraftwerkes

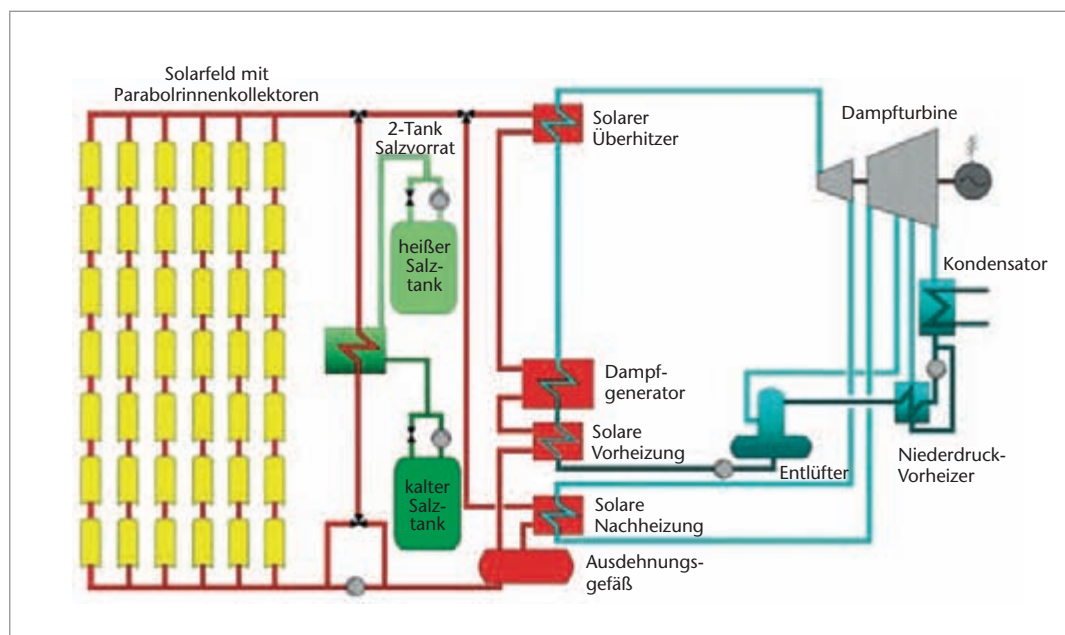




Abbildung 2
Parabolrinnen-
kollektoren eines
solarthermischen
Kraftwerkes

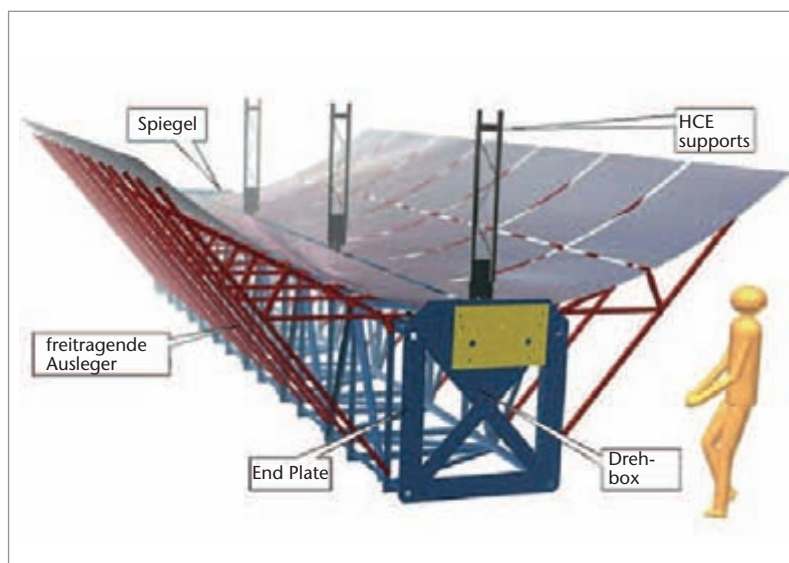


Abbildung 3
Drei Einstellvorrichtun-
gen, auf denen die
Serienfertigung abläuft

Montage und Materialfluss am Beispiel von Andasol 1

Das Projekt Andasol 1 wird in der südspanischen Provinz Granada auf der Hochebene von Guadix realisiert. Bei diesem Projekt handelt es sich um das erste Parabolrinnen-Kraftwerk Europas. Es wurde von der Erlanger Firma Solar Millennium AG entwickelt und befindet sich seit Juni 2006 im Bau. Mit einer Kollektorfläche von 510.000 m² handelt es sich zugleich um das größte solarthermische Kraftwerk der Welt. Die Bauzeit beträgt 24 Monate. Seit Februar 2007 befindet sich auch das baugleiche Schwesterprojekt Andasol 2 ganz in der Nähe (ebenfalls im südspanischen Andalusien) in Bau. Andasol 3 soll Ende 2007 folgen.

Das Montagekonzept wurde beim Aufbau einer Teststrecke in einem bestehenden Solarkraftwerk in Kalifornien erprobt. Drei Jigs – die Montagehelfen – kamen auf der Baustelle zum Einsatz. In diesen Jigs werden die entscheidenden Geometriepunkte, die Montagepunkte der Spiegel relativ zur Drehachse des Kollektors, exakt fixiert. Mittels „Huck Bolts“, einer Art von unlöslichen hochfesten Schraubverbindungen, werden die ansonsten aus Kostengründen relativ grob tolerierten, feuerverzinkten Stahlteile gefügt. Hierdurch wird die hohe Präzision der Jigs auf den Kollektor abgeformt.

Basierend auf den Testerfahrung des Montagekonzeptes wurde dann eine Montagelinie zur Serienfertigung der Kollektorsegmente konzipiert.

Abbildung 4 und 5
Einstellvorrichtungen
(jigs) für die
Serienfertigung



Abbildung 6
Transport eines
montierten Kollektor-
elementes in das
Solarfeld



Die Zieltaktzeit dieser Linie beträgt eine Stunde je Kollektorsegment. Durch den Bau von zwei parallelen Linien können somit 16 Segmente je 8-Stunden-Schicht montiert werden. Die Linie wird zurzeit im Zwei-Schichtbetrieb gefahren, und die erreichte Produktionsrate liegt bei 32 bis 36 Stück je Tag. Die Bilder 4 und 5 zeigen zwei Jigs, auf denen die Serienfertigung abläuft. Aufbau und Inbetriebnahme der Montagelinie dauern etwa sechs Monate und die anschließende Fertigung der rund 7.500 Kollektorelemente in der Linie beträgt etwa zehn bis elf Monate.

Das Einhalten der Toleranzen der Parabel-Geometrie ist entscheidend für die Leistungsfähigkeit des Solarfeldes, die Sonnenstrahlung zu konzentrieren. Die wichtigste Qualitätssicherungsmaßnahme ist die Vermessung der gefügten Struktur. Diese erfolgt automatisiert und berührungslos durch ein 3D-Mess-System basie-

rend auf Fotogrammetrie. Mittels fotogrammetrischer Methoden lassen sich die quantitativen Größen für die Qualifizierung der Genauigkeit schnell und zuverlässig messen [1]. Für die Serienfertigung der Parabolrinnen wurde eine automatisierte photogrammetrische Messeinrichtung entwickelt. Sie wird in die Kollektorproduktionslinie integriert und ermöglicht es, Montagefehler im Produktionsprozess sofort zu erkennen, um rechtzeitig deren Ursachen zu beseitigen. Die gemessenen Koordinaten der Spiegelauflagepunkte werden dahingehend überprüft, ob eine spannungsfreie Spiegelmontage möglich ist und ob die Winkelfehler zwischen den Auflagepunkten innerhalb der zulässigen Toleranzen liegen. Der Einsatz eines solchen Systems stellt daher eine sinnvolle Maßnahme zur Dokumentation der Fertigung sowie zur Sicherung des energetischen Ertrags des Solarfeldes und damit des ökonomischen Erfolges eines Kraftwerkprojekts dar.

Die Spiegelmontage schließt die Fertigung des Kollektorsegmentes in der Linie ab.

Abbildung 6 zeigt den Transport eines montierten Kollektorelementes in das Solarfeld, wo die Module auf die Fundamente gesetzt und an die Nachführ-Antriebe montiert werden, die Absorberrohre mit der Feldverrohrung montiert und schließlich das Kollektorfeld in Betrieb genommen wird.

Derartige Kraftwerke befinden sich zur Zeit in Spanien und in den USA in Bau, weitere folgen auch in Nordafrika.

Literatur

- [1] Pottler, K.; Lüpfert, E.; Johnston, G.; Shortis, M.: A powerful tool for geometric analysis of solar concentrators and their components, Journal of Solar Energy Engineering 127 (2005), 94-101.