



# SONNEN- WENDE

BAUBEGINN FÜR DAS ERSTE KOMMERZIELLE SOLARKRAFTWERK EUROPAS

Von Dr. Christoph Richter und Prof. Dr. Robert Pitz-Paal

**D**er 20. Juli 2006. Spanien, Provinz Granada: Im sonnigen Andalusien wird der Grundstein für ein Kraftwerk gelegt. Nach Fertigstellung wird es das größte Solarkraftwerk der Welt sein. Sein Name verheißt Folgeprojekte: Andasol-1. Etwa 510.000 Quadratmeter Spiegel werden auf einer Gesamtfläche von 1,5 Quadratkilometern ab dem Jahr 2008 die Sonnenstrahlung konzentrieren und 50 Megawatt elektrische Energie erzeugen. Als erstes von insgesamt drei am selben Ort geplanten Solarkraftwerken dieser Art ist dieses deutsch-spanische Projekt der Start für den kommerziellen Einsatz der Technologie solarthermischer Kraftwerke. In Andalusien und weltweit sollen sie einen wichtigen Beitrag zu einer sicheren und sauberen Versorgung mit elektrischer Energie ohne Emission von Treibhausgasen liefern.

Die Geschichte von Andasol begann 50 Kilometer südlich der heutigen Großbaustelle, in der Nachbarprovinz Almeria. Dort, wo sich die Wüste von Tabernas erstreckt, wird im größten europäischen Testzentrum Plataforma Solar de Almeria (PSA) seit 1980 an der Entwicklung der solarthermischen Kraftwerkstechnologie gearbeitet. Das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt war im Auftrag der Internationalen Energieagentur maßgeblich am Aufbau dieser Test- und Demonstrationseinrichtung beteiligt und ist seitdem mit eigenem Personal vor Ort präsent.



Planierungsarbeiten für das zukünftige Solarkraftwerk



Blick entlang der Längsachse eines Parabolrinnenkollektors (oben das Absorberrohr, unten der Parabolspiegel)

Auf der Plataforma Solar wurden erste Erfahrungen in Aufbau und Betrieb eines kleinen Parabolrinnenkraftwerks gesammelt. Diese sind auch in die Projektierung der ersten kommerziellen Solarkraftwerke in



© Solar Millennium AG

Der andalusische Wirtschaftsminister Francisco Vallejo Serrano macht den ersten Spatenstich, rechts von ihm der deutsche Staatssekretär Matthias Machnig (BMU)

Kalifornien, die bereits in den 1980er-Jahren aufgebaut wurden und bis heute betrieben werden, eingeflossen.

Für den Aufbau von Andasol gingen wesentliche Beiträge und Entwicklungen von der Plataforma Solar aus. Im Auftrag des deutschen Projektentwicklers Solar Millennium waren die vor Ort tätigen DLR-Mitarbeiter in einer frühen Phase der Projektentwicklung an der Technologiedefinition und an der Suche geeigneter Standorte beteiligt. Später hat das DLR meteorologische Stationen betrieben, um die Strahlungsdaten zu

erfassen. Diese wurden mit Zeitreihen aus Satellitendaten korreliert. Im Ergebnis lagen langjährig ermittelte statistische Mittelwerte der solaren Einstrahlung vor. Wesentliche Entwicklungsschritte für den im Andasol-Kraftwerk eingesetzten Parabolrinnenkollektor wurden vom DLR begleitet, so der Aufbau und Test des Pilotkollektors auf der Plataforma Solar. Auch das im Andasol-Solarfeld eingesetzte Absorberrohr wurde von der Firma Schott Rohrglas unter wesentlicher Beteiligung des DLR entwickelt. Schließlich verfügt das DLR in seinem Geschäftsfeld Energie



© ministerio de educación y ciencia

auch über schnelle optische Messverfahren zur präzisen Fertigungskontrolle der Kollektorstrukturen, die beim Aufbau des Feldes eingesetzt werden können. Der Energie-Ertrag und somit die Wirtschaftlichkeit des späteren Kraftwerks lassen sich so optimieren.

Andasol 1 ist zwar das erste Parabolrinnenkraftwerk in Europa, verdankt seine Realisierung jedoch auch der Tatsache, dass bereits seit Mitte der 80er-Jahre in der kalifornischen Mojave-Wüste insgesamt neun Kraftwerke dieses Typs mit einer Gesamtleistung von 354 Megawatt erfolgreich Solarstrom ins kalifornische Netz einspeisen. Diese langjährige Erfahrung im kommerziellen Betrieb war ein wesentliches Argument für die be-

teiligten Firmen und finanzierenden Banken, sich zur Durchführung dieses Projekts mit Gesamtkosten von circa 300 Millionen Euro zu entschließen.

Die entscheidende politische Voraussetzung für die Verwirklichung dieses ersten europäischen Parabolrinnenkraftwerks hat die spanische Regierung mit der Verabschiedung eines Einspeisegesetzes im März 2004 geschaffen: Es garantiert für Strom aus solarthermischen Kraftwerken eine Vergütung von 21 Cent pro Kilowattstunde. Der deutsche Projektentwickler Solar Millennium hat inzwischen 75 Prozent der An-

teile an den großen spanischen Baukonzern ACS verkauft, der auch als Generalunternehmer auftritt. Schlüsselkomponenten wie Spiegel, Absorberrohre und das Solarfeld-engineering stammen aus Deutschland, die Dampfturbine wird von Siemens geliefert.

Solarthermische Kraftwerke nutzen großflächige Spiegelsysteme, um die Energie der direkten Sonnenstrahlung in Hochtemperaturwärme umzuwandeln. Diese wird einer Dampf- oder Gasturbine zugeführt, die dann ähnlich wie in konventionellen Kraftwerken Strom erzeugt. Das Andasol-Kraftwerk gehört zu den so genannten Parabolrinnenkraftwerken. Die konzentrierenden Spiegel haben

## SPIEGELSYSTEM

in diesem Fall die Form einer sehr langen Rinne mit parabolischem Querschnitt. Die einzelnen Elemente dieser Rinne, die Kollektoren, werden mittels Drehung um die Längsachse der Sonne nachgeführt. Dabei wird die senkrecht auf die Öffnung fallende direkte Sonnenstrahlung in einen Brennpunkt bzw. eine Brennlinie etwa um den Faktor 80 konzentriert. In dieser Brennlinie verlaufen die Absorberrohre. Diese Rohre aus Stahl nehmen durch eine spezielle selektive Schicht an der Oberfläche die einfallende konzentrierte Solarstrahlung besonders gut auf und wandeln sie in Wärme um. Dabei entstehen an ihrer

Oberfläche Temperaturen deutlich über 400 Grad Celsius.

Damit die bei dieser hohen Temperatur erzeugte Wärme nicht sofort wieder an die Umgebung verloren geht, ist das Stahlrohr dicht in ein luftleeres Glasrohr eingeschlossen – ähnlich wie bei einer Thermoskanne. Das schützt außerdem die selektive Schicht gegen die zerstörende Wirkung des Luftsauerstoffs. Durch das Innere des absorbierenden Stahlrohres wird so genanntes Thermo-Öl gepumpt, das dabei selbst auf knapp 400 Grad erhitzt wird und die gesammelte Wärmeenergie in einen Wärmetauscher führt. In ihm wird aus Wasser Dampf

mit hoher Temperatur und Druck erzeugt. Wie in konventionellen Kraftwerken wird dieser Dampf einer Turbine zugeführt, die – gekoppelt an einen Generator – Strom erzeugen kann.

Zur Leistungssteigerung werden in Parabolrinnenkraftwerken zahlreiche Kollektoren im so genannten Solarfeld zusammengeschaltet, um so Sonnenenergie auf einer insgesamt sehr großen Fläche absorbieren zu können. Im Falle des Andasol-Kraftwerks sind die einzelnen Kollektoren circa 150 Meter lang und 5,7 Meter breit. Insgesamt 624 solcher „Son-



Montage der Spiegel für ein Parabolrinnenkraftwerk



Spiegel eines Parabolrinnenkraftwerks

nenfänger“ sind im Solarfeld auf einer Fläche von 1.500 mal 1.300 Metern zusammengeschaltet. Das entspricht in etwa der Größe von 300 Fußballfeldern. In der Mitte dieses Feldes sind die Gebäude mit der Dampfturbine und dem Generator zu finden. Das gewährleistet kurze Wege von den Kollektoren zur Turbine.

Ebenfalls in der Mitte des Solarfeldes, neben dem Turbinengebäude, befindet sich der riesige Wärmespeicher des Andasol-Kraftwerks. Die über 500.000 Quadratmeter Spiegeloberfläche des Solarfeldes liefern während der Mittagsstunden nämlich erheblich mehr Wärmeenergie, als die auf 50 Megawatt elektrische Leistung ausgelegte Dampfturbine des Kraftwerks verarbeiten kann. Mit der überschüssigen Energie wird flüssiges Salz in einem gewaltigen Tank von 14 Metern Höhe und 30 Metern Durchmesser auf eine Temperatur von etwa 390 Grad Celsius erhitzt.

Wenn in den Abendstunden dann nicht mehr genügend Sonnenstrahlung vorhanden ist, kann aus diesem Tank heißes flüssiges Salz entnommen und einem Wärmetauscher zugeführt werden, der damit wiederum Dampf für den Weiterbetrieb der Turbine produzieren kann. Das dabei abgekühlte flüssige Salz wird in einem gleich großen zweiten Tank ge-

speichert und kann am folgenden Tag wieder mit der Wärme aus dem Solarfeld erhitzt werden. Durch diesen Speicher wird die Zeit, die das Kraftwerk jährlich unter Volllast arbeiten kann, von 2.000 auf 3.600 Stunden erhöht. Der Speicher ermöglicht damit einerseits, Strom auch nach Sonnenuntergang zu liefern und bringt so das Angebot von Sonnenenergie und die Nachfrage nach elektrischem Strom besser zur Deckung. Andererseits wird die Investition in die Dampfturbine und in den Generator besser genutzt und

damit insgesamt eine bessere Wirtschaftlichkeit des Kraftwerks erreicht.

An einem typischen andalusischen Sommertag mit strahlendem Sonnenschein arbeitet das Andasol-Kraftwerk rechnerisch insgesamt rund dreizehn Stunden lang bei Volllast, sechs Stunden direkt aus der Sonnenstrahlung tagsüber und weitere sieben Stunden aus dem thermischen Speicher in den späten Nachmittags- und Abendstunden. Das Andasol-Kraftwerk produziert jährlich circa 180 Gigawattstunden elektrische Energie, das sind 180 Millionen Kilowattstunden (kWh). Legt man einen durchschnittlichen Haushaltsverbrauch von 2.000 Kilowattstunden jährlich zu Grunde, reicht diese Menge, um den jährlichen Energieverbrauch von etwa 90.000 Haushalten oder etwa

200.000 Personen zu decken. Dabei wird die Freisetzung von ungefähr 90.000 Tonnen Kohlendioxid vermieden. Das Andasol1-Kraftwerk ist ein wesentlicher Schritt für einen Einstieg in den Bau vieler weiterer solarthermischer Kraftwerke in Spanien und weltweit. Allein in Spanien wird derzeit in verschiedenen Kraftwerksprojekten die Lieferung von über 1.000 Megawatt Leistung vorbereitet, viele davon unter Beteiligung großer spanischer Energieversorger wie Iberdrola. In diesem nun wachsenden neuen Markt werden durch Massenfertigung sowie Umsetzung neuer Forschungser-

gebnisse erhebliche Kostensenkungen erwartet. Damit könnte sich in 15 bis 20 Jahren die Schere zwischen den Kosten konventionell und solar erzeugter elektrischer Energie schließen. Solarthermische Kraftwerke könnten dann zu konkurrenzfähigen Preisen ihr hohes Potenzial für eine saubere und sichere Energieversorgung weltweit beitragen. Für die deutschen Technologielieferanten würden sich weltweit neue Exportmärkte öffnen.

#### **Autoren:**

Dr. Christoph Richter leitet die DLR-Gruppe auf der Plataforma Solar de Almeria, Prof. Dr. Robert Pitz-Paal ist Leiter der Solarforschung im Institut für Technische Thermodynamik an den Standorten Köln, Stuttgart und Almeria.

## WÄRMESPEICHER

