

Ruine einer modernen Zeit

von Hans-Peter Hofmann

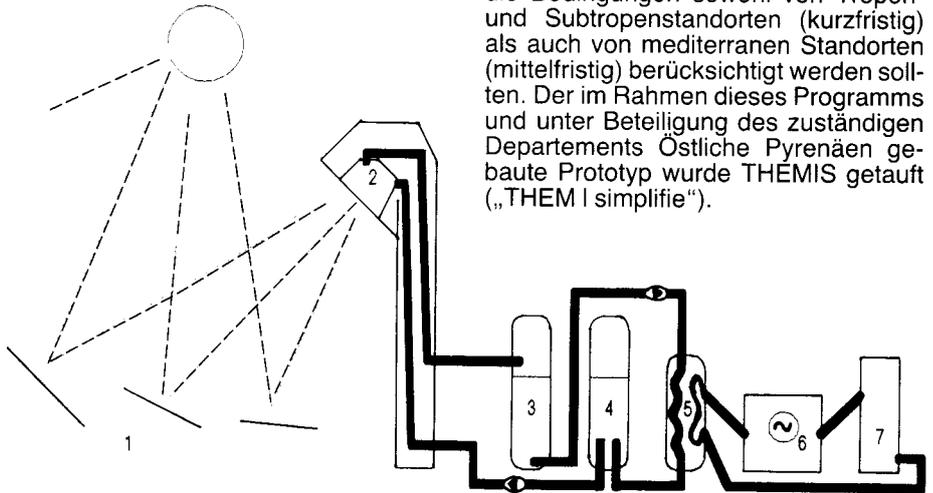
Die Luft in den französischen Pyrenäen ist klar und kalt, kaum eine Wolke trübt heute den Himmel. An den Skiliften rund um den Col de Puymorens herrscht in der Osterwoche reger Betrieb, und mit einem bedauernden Blick auf die sonnenglitzernden Hänge fahren wir weiter, unserem eigentlichen Ziel zu.

Wir interessieren uns für eine solartechnische Rarität: Hier im Vallee de Cerdagne, wenige km westlich des bekannten Wintersportorts Font-Romeu, befindet sich THEMIS, Frankreichs einziges Turm-Solarkraftwerk. Bei dieser Art von Anlage werden die Sonnenstrahlen durch Spiegel auf einen Brennpunkt gebündelt und die dabei entstehende hohe Temperatur zur Stromerzeugung ausgenutzt. Von der Methode der Wärmeerzeugung abgesehen, arbeitet THEMIS wie jedes andere Wärmekraftwerk auch. Mit einem relativ hohen Wirkungsgrad ist das Projekt technisch durchaus interessant und nach wie vor aktuell. Da es sich bei THEMIS um einen Prototypen handelt, konnten auch gelegentliche Berichte über technische Schwierigkeiten nicht weiter überraschen, doch nun wurde die Anlage im Sommer 1986 offenbar endgültig stillgelegt. Grund genug für einen Abstecher und einen Blick auf den Stand der Dinge, bevor es weiter an die Cote Vermeille gehen soll.

Die Straße führt an der französisch-spanischen Grenze entlang. Als sich das enge Tal der Carol nach dem Dörfchen Latour zum Vallee de Cerdagne weitet, sehen wir den hohen Turm etwa 10 km entfernt halbhoch an einem Hang stehen. Der Standort ist auf den ersten Blick gut gewählt: Etwa 1700 m hoch, süd-exponiert, Strahlungsklima mit hoher Anzahl an Sonnentagen und klarer Gebirgsluft. Die Heliostaten verschwinden vom Tal her gesehen in einer flachen Mulde am Hang. Doch für interessierte Besucher ist gesorgt, Hinweisschilder kündigen einen Parkplatz samt Panoramaterrasse an. Wir lassen das Auto stehen und steigen, einem Schotterweg folgend, den Hang hinauf. Die Vegetation ist typisch karg, einige Schmelzwasserbäche durchziehen die dünne Pflanzendecke.

Oben bietet sich ein grandioser Blick über das Heliostaten-Feld und die Betriebsgebäude der Anlage unmittelbar unter uns und das weite Tal bis zur spanischen Grenze, die auf der Gratlinie der gegenüberliegenden Bergkette verläuft. Ein kleines Restaurant auf der Terrasse ist geschlossen. „Über Winter“, wie eine Tafel an der Tür erklärt, aber mit der Wiedereröffnung hat es offenbar trotz des bevorstehenden Saisonbeginns noch Zeit. Gelbe Tafeln warnen

entlang des Zauns, der das Betriebsgebäude umgibt, vor den „rayons solaires“, womit die von den Heliostaten reflektierten Strahlen gemeint sind. Doch die Spiegel zielen nicht auf den Brennpunkt im Kopf des Turmes, sie sind waagrecht in Parkposition gestellt. Vor dem Brennpunkt selbst eine dunkle Jalousie – das Werk ist nicht mehr in Betrieb.



1 – Spiegelfeld 2 – Salz-„Kessel“ 3 – Reservoir im Zulauf 4 – Reservoir im Ablauf 5 – Wärmetauscher 6 – Dampfturbine, Generator 7 – Kondensator

Das Konzept von THEM sieht vier Hauptbaugruppen vor.

Heliostaten-Feld

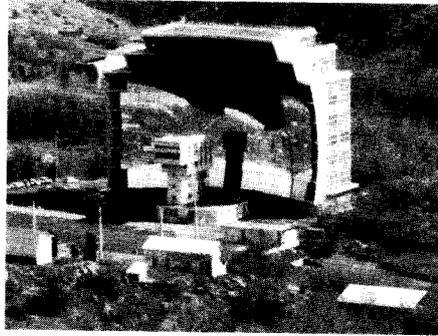
Die Spiegel sind mit der kostspieligste Teil der Anlage. Technische Schwierigkeiten betrafen die reflektierende Oberfläche, die steuerbare Trägerkonstruktion sowie die Nachführautomatik. Vier verschiedene Prototypen wurden gebaut und seit Juli 1977 bei THEMIS, bei CNRS in Odeillo und bei EDF in Martigues bei Marseille erprobt. Die technische Realisation sah für THEMIS 300 Heliostaten mit einer Spiegelfläche von je 54 m² vor, die in zwei Etappen aufgestellt werden sollten. Bei einer Nominaleinstrahlung von 800 W/m² mittags während der Tag- und Nachtgleichen liefert das Feld eine Leistung von etwa 13 MW. Die Genauigkeit der Bündelung beträgt etwa 4 mrd, die Spiegel vertragen Windgeschwindigkeiten bis zu 50 km/h. Bei höheren Geschwindigkeiten wird der Brennpunkt nicht mehr genau getroffen, und die Leistung fällt ab.



Solarkraftwerk Themis

Wärmesammler

Hier wurden zwei verschiedene Typen getestet. Ein System mit einem eutektischen Salzgemisch (53 % KNO₃, 40 % NaNO₂, 7 % NaNO₃ bei einer Betriebstemperatur von 400 bis 450 Grad C) wurde schließlich einem Wasserdampf-System (Betriebstemperatur 510 Grad C bei einem Druck von 88 bar) vorgezogen, da zusammen mit der amerikanischen ERDA (Energy Research and Development Agency) entwickelt worden war.



FOUR SOLAIRE der CNRS

Speicher

Diese Baugruppe ist der kritische Teil der Anlage, da die Speichertemperatur des Salzgemischs nicht unter 140 Grad C fallen darf. Bei dieser Temperatur kristallisiert die erste Komponente aus der Mischung aus, was zu Krustenbildung und Verstopfung der Rohrleitungen führt. Damit wird eine Zusatzheizung notwendig. In diesem Zusammenhang ist die Speicherkapazität wichtig. Generell gilt: Je größer das Volumen, desto langsamer sinkt (bei geeigneter Behälterform) die Temperatur des Speichermediums. Andererseits ist das Volumen durch die Umlaufgeschwindigkeit im Kreislauf und damit durch den Wärme- fluß im Sammler begrenzt. Die technische Realisation für THEMIS sieht zwei Speichertemperaturen vor: Das Salzgemisch tritt mit einer Temperatur von 250 Grad C in den Wärmesammler ein. Dort wird sie auf etwa 430 Grad C erhitzt und einem Reservoir zugeführt. Aus diesem „heißen“ Reservoir wird ein Wärmetauscher gespeist, der mit Wasser als Sekundärmedium arbeitet. Die nun etwa 250 Grad C warme Salzgemischung gelangt in ein zweites „kaltes“ Reservoir, das dem Wärmesammler vorgelagert ist. Die gesamte gespeicherte Salzmenge beträgt 600 t. Die Kapazität des „heißen“ Reservoirs entspricht etwa 6 Stunden Nominaleinstrahlung.

Sekundärkreislauf und die Stromerzeugung

Im Wärmetauscher verdampft das Wasser und treibt so eine Dampfturbine mit angeschlossenen Wechselstromgenerator. Der Generator ist für eine Nominaleistung von 2 MW (Spitzenleistung 3 MW) ausgelegt. Die diversen Hilfsaggregate nehmen davon etwa 0,2 MW weg.

In erster Linie sollte mit THEMIS die Durchführbarkeit der thermodynamischen Umsetzung der Sonnenenergie bei höheren Leistungen nachgewiesen und die speziellen Hauptbaugruppen (Heliostaten, Wärmesammler, Speicher) erprobt werden. Eine wesentliche Hilfe dabei war der „four solaire“, eine Einrichtung der CNRS in Odeillo, wenige km von THEMIS entfernt, wo einige Bauteile und -gruppen ersten Tests unterzogen wurden.

In dieser Hinsicht war das Projekt zweifellos erfolgreich. Der Wirkungsgrad des Heliostatenfelds betrug 81 %, der des Wärmesammlers 89 % und der des Sekundärkreislaufs mit der Stromerzeugung 22 %. Rechnerisch kommt man zu einem Gesamtwirkungsgrad von 16 % bei idealen und 11 % gemittelt über verschiedene Betriebsbedingungen.

Neben diesen technischen Anforderungen standen aber auch wirtschaftliche Aspekte auf der Wunschliste der Betreiber. So sollten die Betriebsbedingungen eines entsprechenden Kraftwerks am nationalen Netz näher ermittelt werden und gleichzeitig eine Abschätzung des Preises des auf diese Weise erzeugten Stroms erfolgen. Hier zeigte sich nun, daß THEMIS zum Schluß etwa dreimal soviel Energie dem Netz entnahm, als es einspeiste. Die Gründe dafür liegen wohl in der selbst für mediterrane Verhältnisse noch zu geringen Speicherkapazität der Anlage. In kalten Nächten und längeren Perioden mit starker Wolkenbedeckung sank die Speichertemperatur zu stark ab, die Salzgemischung mußte zusätzlich aufgeheizt werden, um das Auskristallisieren zu verhindern. Auf der anderen Seite wurden nicht alle Möglichkeiten genutzt. Beim Aufstellen der Heliostaten blieb es bei der ersten Etappe (200 Stück), obwohl das Gelände Platz für 300 oder mehr Spiegel bietet. Möglicherweise ist also nicht die Gesamtfläche der Spiegel der begrenzende Faktor, sondern der Wärme- fluß im Sammler.

THEMIS ging am 15. Juni 1983 ans Netz. Nach drei Jahren Betrieb wurde die Station wieder abgeschaltet. Möglicherweise sind technische Gründe hierfür maßgebend. In den USA jedoch laufen Turm-Solarkraftwerke ohne nennenswerte Probleme. Genauso fraglich ist, ob politische Gründe allein entscheidend waren. Bekannt ist, daß EDF sehr stark auf Kernkraft setzt. Andererseits war EDF von Anfang an am Export solcher Anlagen interessiert, wie französische Presseberichte noch 1985 zeigten.

Möglicherweise waren die Anforderungen von Anfang an zu hoch geschraubt. Von der technischen Konzeption steht THEMIS an der Schwelle zwischen technischer Forschung einerseits und Einsatz nach streng wirtschaftlichen Kriterien andererseits. Doch von einer Nachfolgeanlage ist weder in Frankreich noch in den französischen Übersee-Departements die Rede.

„Sonnenofen“

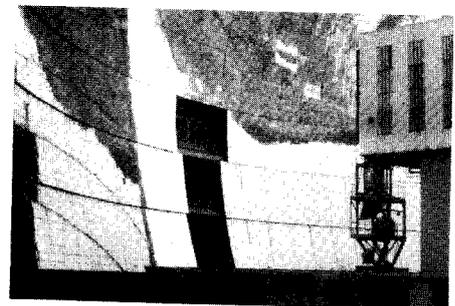
Wenige Kilometer von THEMIS entfernt findet man bei dem Örtchen Odeillo in den französischen Pyrenäen eine weitere solartechnische Sehenswürdigkeit: Der „four solaire“ (Sonnenofen) der CNRS. Anders als THEMIS, bei dem auch kommerzielle Aspekte zum Tragen kommen, dient diese Einrichtung reinen Forschungsaufgaben. Ein guter Teil der Technik von THEMIS wurde hier entwickelt.

Mehrere Reihen von einzeln stehenden Heliostaten lenken das Licht auf die konkave, mit kleineren Spiegelelementen verkleidete Nordseite des Hauptgebäudes. Von dort wird auf einen etwas abgesetzt stehenden Brennpunkt fokussiert.

Dieses Feld von 63 Spiegeln diente als Modell für THEMIS, wobei vor allem das Problem des Schattenwurfs untersucht wurde: Einerseits möchte man so viele Spiegel wie möglich auf einer gegebenen Fläche unterbreiten, andererseits dürfen sie sich, gerade in Hanglage, nicht selbst beschatten. In Verbindung mit einem eigenen Wärmesammlertyp (neben den beiden bei THEMIS beschriebenen Typen arbeitet dieser mit Schweröl als Medium, was Temperaturen bis 330 Grad C erlaubt) und einem 64 kW - Wechselstromgenerator wurden hier 1976 die ersten „Solar-Kilowatt-Stunden“ ins französische Netz eingespeist.

Ein kleiner Anbau dient als Demonstrationsraum, in dem anhand von Schaubildern und Modellen einzelne Experimente erläutert werden. Neben der Erprobung von Spiegeln zählen in erster Linie werkstofftechnische und Hochtemperatur-Experimente zum Programm, doch kommt auch die Photovoltaik nicht zu kurz: Das Projekt „arc-en-ciel“ („Regenbogen“) beschäftigt sich mit der selektiven Absorption bei Solarzellen. Dahinter verbirgt sich die Tatsache, daß herkömmliche Zellen bei bestimmten Wellenlängen besonders effizient arbeiten. Legt man nun verschiedene Zellen mit unterschiedlichen Absorptionsoptima übereinander, so kann man eine beträchtliche Steigerung des Wirkungsgrades gegenüber einfachen Solarzellen erzielen.

Direkt neben dem Eingang hängt eine Tafel zu THEMIS. Einige Details darauf sind bereits überholt; auch wird auf die Stilllegung nicht hingewiesen. Vom Rang eines bloßen Museumsobjekts ist die Anlage offenbar doch noch ein Stück entfernt.



Nordseite des Hauptgebäudes