Die Zukunft der Solarthermik

Autor(en): **Fricker, H. W.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association Suisse des Electriciens, de l'Association des Entreprises électriques suisses**

Band (Jahr): **82 (1991)**

Heft 2

PDF erstellt am: **24.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-902921

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Die Zukunft der Solarthermik

H. W. Fricker

Solarthermische Kraftwerke bieten unter geeigneten Randbedingungen günstige Voraussetzungen zur wirtschaftlichen Stromerzeugung mittels Sonnenenergie. Der Beitrag beschreibt die drei grundsätzlichen Kraftwerkstypen und geht dann auf die konkreten Ergebnisse einer internationalen Feasibility-Studie für ein 30 MW_e solarthermisches Kraftwerk in Jordanien ein.

Dans des conditions favorables, les centrales thermosolaires permettent aujourd'hui déjà de produire de manière économique de l'électricité à partir de l'énergie solaire. L'article décrit les trois types de centrales fondamentaux et présente les résultats concrets d'une étude de faisabilité internationale pour une centrale thermosolaire de 30 MW en Jordanie.

Das Potential

Das Potential der Sonne zur Energieversorgung der Erde ist enorm. Allein auf die Gebiete der ariden Wüsten wird rund 500mal mehr Energie eingestrahlt als dem Weltenergieverbrauch entspricht.

Die Anwendung

Die Strahlungsenergie der Sonne lässt sich u.a. an dunkel gefärbten Oberflächen absorbieren und direkt in Wärme umwandeln. Diese einfache Technik wird angewendet, um z.B. Heisswasser zu erzeugen.

Bei solarthermischen Kraftwerken wird ebenfalls ein Wärmeträger erhitzt, welcher dann einen konventionellen Kraftwerksteil beheizt und z.B. eine Dampfturbine treibt. Die relativ schwache Energiestrahlung der Sonne wird bei diesen Kraftwerkstypen im allgemeinen zuerst vielfach konzentriert, bevor sie an dunklen Flächen absorbiert wird. Dadurch gelingt es, die Absorber viel kleiner zu bauen und so ihre Kosten zu vermindern und den Wirkungsgrad zu erhöhen. Auch werden damit hohe Prozesstemperaturen und gute Umwandlungswirkungsgrade von thermischer zu mechanischer Energie möglich. Übliche Konzentrationsfaktoren liegen zwischen 100 und 1000; es können so Kreislauftemperaturen von mehreren hundert bis über 1000 °C erreicht werden.

Eine Speicherung eines Teils der thermischen Energie erlaubt, das Kraftwerk allenfalls auch bei aussetzender Sonneneinstrahlung oder nachts zu betreiben. Dadurch werden die Konstanz des Betriebs und die Wirtschaftlichkeit verbessert.

Solarthermische Kraftwerkstypen

Die drei hauptsächlichen Kraftwerkstypen unterscheiden sich vor allem durch die Art der Konzentration der Sonnenstrahlung.

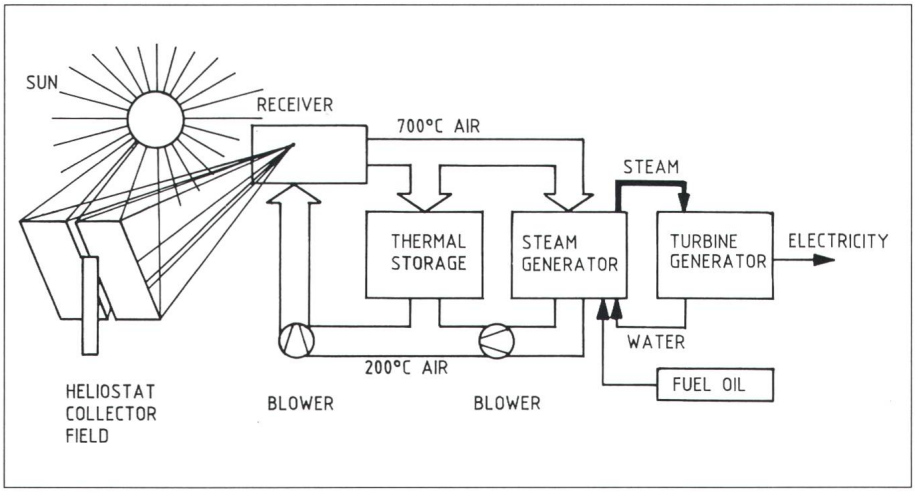


Bild 1 Flussdiagramm eines Solarkraftwerkes

Adresse des Autors
Hans W. Fricker, FC Consulting, Breitestr. 22, 8544 Rickenbach

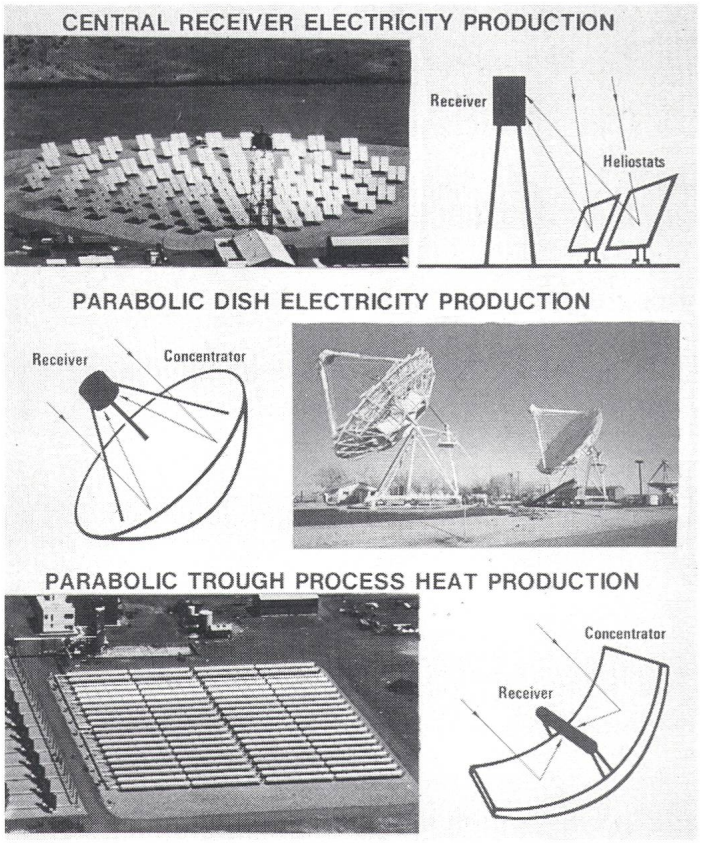


Bild 2
Die verschiedenen Solarkraftwerkstypen

Parabolspiegel

Die Sonnenstrahlung wird von einem Parabolspiegel konzentriert. Im Brennpunkt ist ein Empfänger (Receiver) angebracht, in dem ein Kreislaufmedium erhitzt wird. Angestrebt wird die Verwendung des Stirling-Motors; damit sind Wirkungsgrade von bis zu 30% erreichbar. Vorderhand existiert aber noch kein in der Praxis erprobter, industriell hergestellter Motor. Eine thermische Speicherung ist nur schwer machbar. Ein wesentlicher Vorteil dieses Typus könnte seine gute Eignung für die serienmässige Herstellung und die einfache Montage am Aufstellungsort sein. Die Kosten sind zurzeit noch unklar.

Parabolrinnen

Rinnenförmige Spiegel von parabolischer Form konzentrieren die Sonnenstrahlung auf eine Brennlinie. Entlang dieser ist ein Receiverrohr geführt, welches üblicherweise von Thermoöl gekühlt wird. Es sind Temperaturen bis etwa 400 °C möglich. Die Stromerzeugung erfolgt über eine Dampfturbine.

Thermische Speicherung sowie hybride Zusatzfeuerung mit Öl oder Gas sind möglich. Es handelt sich hier um ein einfaches, erprobtes System, das als einziges in grösserem Umfang gebaut wurde und von dem verschiedene Anlagen in Betrieb sind.

Turmkraftwerk

Der Sonne nachgeführte Spiegel (Heliostaten) konzentrieren die Sonnenstrahlung auf einen Receiver, der üblicherweise auf einem Turm steht. Im Receiver wird ein Wärmeträger erhitzt. Es sind hohe Konzentrationsfaktoren und damit auch hohe Temperaturen möglich.

Die Stromerzeugung erfolgt z.B. über einen Dampfturbinen-Generatorsatz. Der Einsatz von Gasturbinen oder anderen Maschinen ist grundsätzlich ebenfalls möglich.

Das System eignet sich wegen der hohen oberen und tiefen unteren Kreislauftemperatur gut zur thermischen Speicherung, da dadurch pro Masseneinheit relativ viel Energie gespeichert werden kann.

Auch eine hybride Zusatzfeuerung mit Öl oder Gas lässt sich sehr gut integrieren. Dank der Möglichkeit, sehr hohe Temperaturen mit gutem Wirkungsgrad zu erzeugen, besteht ein hohes Potential für den Einsatz solcher Anlagen bei zukünftigen Hochtemperaturprozessanwendungen.

Erzeugungskosten

Verschiedene Studien haben sich mit der Ermittlung bzw. Vorausberechnung der Stromerzeugungskosten befasst. Ein Vergleich von Rinnen- und Turmkraftwerken auf Basis eines Zinssatzes von 7% und einer Amortisationsdauer von 20 Jahren ergab Stromerzeugungskosten für heutige Kraftwerke von ca. 30 MW_e Leistung zwischen 30 und 40 Rp./kWh. Zukünftige Turmanlagen mit Leistungen um 100 MW_e versprechen Kosten von

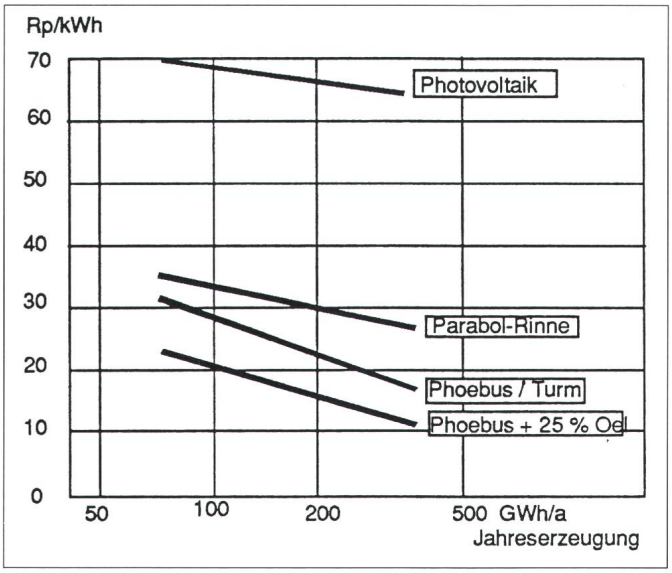
Bild 3 Parabolrinnen-Solarkraftwerk der Firma Luz in Kalifornien

ca. 20 Rp./kWh. Erlaubt man den Verbrauch einer beschränkten Menge fossilen Brennstoffes, z.B. 25% der gesamten in das System eingebrachten Energie, so reduzieren sich die Stromerzeugungskosten auf wenig über 10 Rp./kWh.

In länger dauernden grosstechnischen Anwendungen werden zwangsläufig Fortschritte erzielt, die in den gemachten Analysen nicht oder nur beschränkt angenommen wurden. Diese Fortschritte werden jedoch mit Sicherheit eine weitere Senkung der Stromerzeugungskosten bewirken.

Es kann ohne grosses Risiko angenommen werden, dass zukünftig solarthermische Kraftwerke an geeigneten Standorten zu kommerziell vorteilhaften Kosten Strom werden erzeugen können. Bedingung dazu ist, dass eine Entwicklung kommerzieller Anlagen einsetzt.

Bild 4
Stromerzeugungskosten 1990 verschiedener Solarkraftwerkstypen



Landbedarf

Solarthermische Kraftwerke heutiger Technologie erzeugen pro Quadratmeter und Jahr 50 kWh elektrische Energie. Nimmt man als Hypothese an, der gesamte heutige Weltenergieverbrauch von 80000 TWh/a würde in Form von Elektrizität von solarthermischen Turmkraftwerken erzeugt, dann wäre dazu eine Landfläche von 1,6 Mio. km² nötig. Zum Vergleich die Flächen einiger Gegenden und Länder in geeigneten Regionen in Mio. km²:

Sahara	ca. 8
Algerien	2,38
Saudi-Arabien	2,15
Libyen	1,76
Arizona	0,30
Kalifornien	0,41

Daraus geht hervor, dass die Flächen zur Gewinnung von genügend grossen Mengen von Energie vorhanden sind – sofern der politische Wille zur Verwirklichung vorausgesetzt wird.

Das Projekt Phöbus

Dieses Projekt wird von einem internationalen Firmenkonsortium getragen. Staatliche Entwicklungsorganisationen stehen mit ihrem Fachwissen und ihren Einrichtungen für Versuche zur Verfügung. Ziel ist es, die Turmtechnologie zu kommerzialisieren. Zu diesem Zwecke ist es als nötig erachtet worden, in einem ersten Schritt eine Demonstrationsanlage von 30 MW_e zu bauen, um damit eine industrielle Basis zu erreichen.

Als Standort ist aus vielen möglichen Ländern Jordanien ausgewählt worden. Verhandlungen mit den verantwortlichen Regierungsstellen wurden erfolgreich durchgeführt. Basis des Kraftwerkes ist der atmosphärische Luftkreislauf mit volumetrischem Drahtreceiver, thermischem Speicher und Öl-Zusatzfeuerung in beschränktem Umfang.

Die Machbarkeitsstudie wurde 1990 erfolgreich abgeschlossen. Sie ergab folgende wesentliche Resultate:

Leistung	30	MW_e
Landbedarf	1,6	km^2
Spiegelfläche	202000	m^2
Turmhöhe	130	m
Thermische Speicherkapazität	250	MWh
Ölverbrauch	8400	t/a
Stromproduktion	98	GWh/a
Anlagekosten	250	Mio./SFr.
Stromerzeugungskosten	10	Rp./kWh

Diese niedrigen Stromerzeugungskosten sind wegen sehr günstiger Finanzierung möglich.

Ausblick

Von den solaren Stromerzeugungsmöglichkeiten bietet die Turmtechnologie die besten Aussichten auf günstige Kosten. Der atmosphärische Luftkreislauf eignet sich wegen seiner problemlosen Betriebsweise vor allem auch für entlegene Standorte. Sein Potential für hohe Temperaturen macht ihn auch für Prozesswärme attraktiv. Die thermische Speicherung kann dank der grossen Temperaturdifferenzen ebenfalls kostengünstig realisiert werden.

Die heutige Technologie kann Strom zu ca. 20 bis 30 Rp./kWh erzeugen. Künftige grössere Anlagen versprechen Stromgestehungskosten im Bereich von 10 Rp./kWh. Um diese Werte zu erreichen ist es nötig, die Technologie auf eine industrielle Basis zu stellen. Der Bau einer Demonstrationsanlage wäre das Mittel dazu. So würde unter anderem auch die Massenfabrikation von Heliostaten in Gang gesetzt, eine absolut notwendige Voraussetzung für tiefe Kosten.

Parallel zum Bau einer Demonstrationsanlage müssen vor allem die thermischen Kreisläufe optimiert werden. Die Entwicklung von kostengünstigen thermischen Speichern muss ebenfalls vorangetrieben werden.

Literatur

H.W. Fricker: Phoebus – Ein 30 MW_e Demonstrationskraftwerk. VDI Berichte Nr. 704, 1988.

W. Grasse: Phoebus – Das europäische Solarturmprojekt. BWK Bd. 40 (1988) Nr. 10 Oktober.

M. Geyer, H. Klaiss: 194 MW Solarstrom mit Rinnenkollektoren. BWK Bd. 41 (1988) Nr. 6 Juni.

T. Hillesland, E. Weber: Utilities Study of Solar Central Receivers. 4th int. Symp. on Solar Thermal Techn., Santa Fe, 1988.

H.W. Fricker: A Proposal for a Novel Type of Solar Gas Receiver. Int. Seminar on Solar Thermal Heat Production and Solar Fuels and Chemicals, DFVLR Stuttgart, Oct. 1983.

A 30 MW_e solar tower power plant for Jordan, Phase 1B-Feasibility Study, March 1990.