

# ENERGIE.....

Ausgabe 1/2007

## Perspektiven

Forschung für die Energieversorgung von morgen

Klimaschutz

### Kohlendioxid sicher endlagern?



Foto: Statoil

**B**ei der Stromerzeugung durch fossile Brennstoffe, Kohle und Erdgas, wird heute etwa ein Drittel aller vom Menschen verursachten Kohlendioxid-Emissionen freigesetzt, pro Kraftwerk mehrere Millionen Tonnen jährlich. Eine Möglichkeit, das Treibhausgas von der Atmosphäre fernzuhalten, wäre, es nach der Verbrennung aufzufangen und im Untergrund einzulagern – in leeren Öl- und Gasreservoirs, Kohleflözen oder porösen Gesteinsschichten.

Wie es um die Langzeitsicherheit solcher Speicher bestellt ist, weiß man bislang jedoch nicht genau. Das europäische CO2SINK-Projekt unter Federführung des Geoforschungszentrums Potsdam (GFZ) soll dies ändern. In Ketzin, einer kleinen Stadt westlich von Berlin

## EDITORIAL

**D**ie beunruhigenden Prognosen des jüngsten Klimaberichts der Vereinten Nationen brachten das Thema Klimaschutz in aller Munde. Auch hierzulande könnte der befürchtete Klimawandel empfindlich schaden (Seite 2): Stärkere Niederschläge im Winter und Frühjahr, trockenere und heißere Sommer, häufigere Überflutungen und Stürme haben Folgen, nicht nur für Landwirtschaft und Gesundheitswesen. Beispiele für Gegenmaßnahmen – wie kohlendioxidfreie Energieerzeugung oder die unterirdische Entsorgung des Treibhausgases – stellt diese Ausgabe vor.

Die Redaktion

Das Sleipner-Feld unter der Nordsee: Hier werden jährlich eine Million Tonnen Kohlendioxid entsorgt

Ergänzt werden die gedruckten Kurzbeiträge durch weiterführende Artikel im World-Wide Web.

begannen Ende Februar die Bohrarbeiten für den europaweit ersten unterirdischen Testspeicher für Kohlendioxid. 60 000 Tonnen sollen hier in den nächsten zwei Jahren unter die Erde gepumpt werden. Dann wird untersucht, ob das Gas für lange Zeit sicher eingeschlossen bleibt.

Die Bedingungen in Ketzin sind hierfür günstig: 700 Meter tief unter der Erdoberfläche wölben sich poröse Sandstein-Schichten, deren mit Salzwasser gefüllte Poren das Kohlendioxid aufnehmen sollen. Überdeckt und abgedichtet wird dieser „Aquifer“ von nahezu undurchlässigen Gips- und Tonschichten. Die Geologie des Gebiets ist typisch für große Teile Europas und zudem bereits gut untersucht: In den vergangenen Jahrzehnten wurde hier unterirdisch Erdgas gelagert.

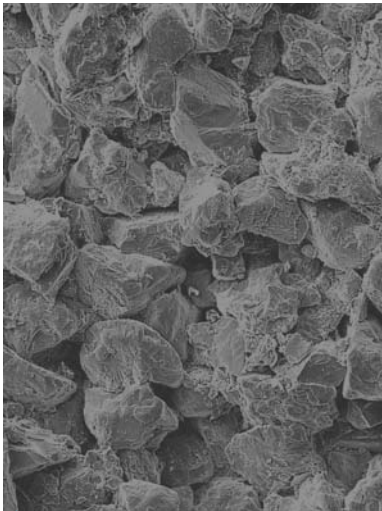
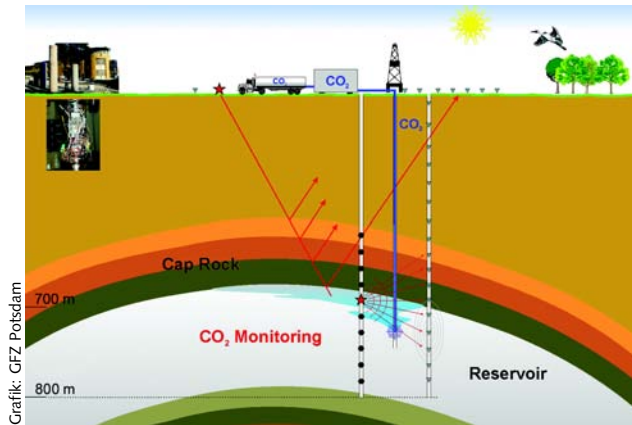


Foto: GFZ Potsdam

- Unter dem Mikroskop: Sandstein aus dem Ketziner Untergrund.
- In seinen mikroskopisch kleinen, mit Salzwasser gefüllten Poren soll das Kohlendioxid gespeichert werden.

„Kohlendioxid verhält sich chemisch aber ganz anders als Erdgas“, erklärt Projektleiter Professor Frank Schilling vom GFZ. „In Wasser gelöst, bildet sich Kohlensäure, die bestimmte Gesteinsarten angreifen kann.“ Auch durch Störungen im Untergrund, durch Bohrungen oder bei Erdbeben könnte das Gas entweichen. „Die unterirdischen Speicher müssen daher – wie in Ketzin geschehen – sehr sorgfältig untersucht werden, um größere Freisetzungen zu vermeiden“, betont Frank



Grafik: GFZ Potsdam

- Der Speicher in Ketzin:
- Die Hauptbohrung ist von zwei Beobachtungsbohrungen flankiert.

Schilling. Er schätzt, dass in Deutschland geeignete Lager für etwa hundert Jahre Nutzungsdauer vorhanden sind: „Die unterirdische Speicherung ist nur eine Übergangslösung. Sie könnte die Jetzt-Zeit mit ihrem hohen Kohle- und Gasverbrauch überbrücken, bis kohlendioxidfreie Energiequellen wie Erneuerbare oder Fusion übernehmen können“.

Unterirdische Kohlendioxidlagerung ist keine ganz neue Idee. Der derzeit größte als Speicher genutzte Aquifer liegt unter der Nordsee: Im Sleipner-Feld vor der norwegischen Küste wurden seit 1996 über acht Millionen Tonnen Kohlendioxid entsorgt, das zuvor als Verunreinigung zusam-

men mit Erdgas zu Tage gefördert wurde. So wird die in Norwegen fällige Kohlendioxid-Steuer eingespart. Vielerorts wird eingepresstes Kohlendioxid auch benutzt, um die Ausbeute von Ölfeldern zu erhöhen.

Einmalig in Europa – und anders als die meisten Projekte unter dem Meer oder der Wüste – untersucht man in Ketzin einen Speicher in besiedeltem Gebiet. Während des zweijährigen Experiments wird das Areal ständig überwacht. Die Bohrung zur Kohlendioxid-Einspeisung wird dazu von zwei Beobachtungsbohrungen begleitet, die mit modernster Sensorik bestückt sind. Die Ausbreitung des Gases will man dann durch seismische Methoden von der Erdoberfläche aus untersuchen, unterstützt durch geochemische und physikalische Messungen in den Bohrlöchern sowie Analysen von Gesteinsproben, Gasen und Flüssigkeiten aus dem Untergrund. Ziel ist es, genau herauszufinden, welche Prozesse durch das Kohlendioxid ausgelöst werden. Die Daten werden anschließend in Simulationsmodelle eingespeist, um Prognosen über die Langzeitsicherheit des Speichers möglich zu machen.

## Wetterrekorde

Mit 4,5 Grad Celsius Durchschnittstemperatur war der letzte Winter in Deutschland der wärmste seit Beginn der Wetter-Aufzeichnungen, meldet die meteorologische Station der Universität Hohenheim – drei Grad über dem Mittel der letzten 35 Jahre. Das Besorgniserregende: von den zehn wärmsten Wintern der letzten 130 Jahre fallen sieben in die vergangenen 20 Jahre. Die Hohenheimer Messungen decken sich mit internationalen Klimatrends. Global ist die Jahrestemperatur in den letzten hundert Jahren um 0,74 Grad gestiegen, so der aktuelle Bericht des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) der Vereinten Nationen. Das 1988 gegründete Expertengremium verfolgt den Zustand des Klimasystems: Gab der Bericht von 2001 die Wahrscheinlichkeit, dass vom Menschen erzeugte Treibhausgase für die Erderwärmung verantwortlich sind, noch mit 66 Prozent an, sind es jetzt mehr als 90 Prozent. Der Kohlendioxid-Gehalt der Luft ist seit 1750 um 35 Prozent gestiegen, so der Bericht – 78 Prozent davon gehen auf das Konto fossiler Brennstoffe zur Energiegewinnung. Sollte sich nichts ändern, kann es teuer werden: Die Kosten der in Deutschland zu erwartenden Klimaschäden bis 2050 veranschlagt das Deutsche Institut für Wirtschaftsforschung auf rund 330 Milliarden Euro. kat/imi

➔ Weiteres:  
[www.energie-perspektiven.de](http://www.energie-perspektiven.de)

KLIMASCHUTZ

Auch Kostenfragen sollen in Ketzin untersucht werden: Heutige Preise für Lagerung und Langzeitbeobachtung, so eine amerikanische Studie, liegen zwischen 0,6 und 8 US-Dollar pro Tonne Kohlendioxid. Ein Vielfaches kommt für das Abtrennen des Gases im Kraftwerk hinzu. Neben den Kosten wird nicht zuletzt die öffentliche Akzeptanz darüber entscheiden, ob die sich die Kohlendioxid-Versenkung als Klimaschutz-Option durchsetzen kann. imi

➔ Weiteres:  
[www.energie-perspektiven.de](http://www.energie-perspektiven.de)

## Solarthermische Kraftwerke

# Die Sonne macht Dampf

**B**ei der energetischen Nutzung des Sonnenlichtes denkt man in Deutschland meist an Photovoltaik – Stromerzeugung mit Solarzellen, in den Urlaubsgebieten rund um das Mittelmeer eher an die dort weit verbreitete Warmwasser-

Grafik: Solar Millennium AG



Foto: DLR

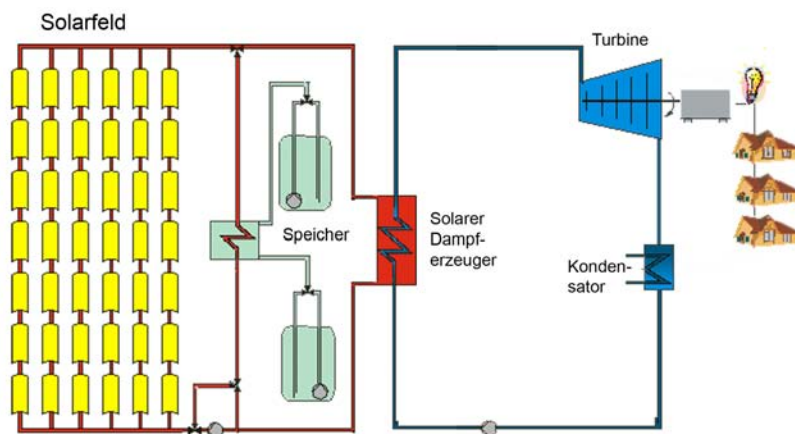
- Solarturm-Anlage:
- Bewegliche Spiegel konzentrieren das Sonnenlicht auf die Spitze eines Turmes.

bereitung mit Sonnenkollektoren – Solarthermie. Eine dritte, besonders erfolgversprechende Variante ist die Stromerzeugung in solarthermischen Kraftwerken: Die Energie des Sonnenlichtes erhitzt ein Arbeitsmittel, das in einer konventionellen Dampfturbine Strom erzeugt. Europas erste kommerzielle Anlage dieser Art, Andasol 1, entsteht derzeit in Andalusien. Solarthermische Kraftwerke werden in zwei Grundtypen entwickelt, als

Parabolrinnen- oder Solarturm-Anlagen. In beiden Fällen konzentrieren der Sonne nachgeführte Spiegel das Licht, um ein Arbeitsmittel – zum Beispiel Thermoöl oder Salz – möglichst stark aufzuheizen. Je höher die Temperatur im Dampfkreislauf, desto effizienter kann die Turbine arbeiten.

Bei Solarturm-Anlagen folgen hunderte von flachen Spiegeln der Sonnenbahn und bündeln das Licht auf die Spitze eines südlich des hektar-großen Spiegelfeldes stehenden Turmes. Auf einer Fläche von einem Quadratmeter werden hier Temperaturen von über 1000 Grad erzielt – genug, um auch chemische „Hochtemperatur“-Reaktionen ablaufen zu lassen.

Im Unterschied hierzu ist Andasol 1, das von der Erlanger Solar Millennium AG entwickelt und federführend gebaut wird, eine Parabolrinnen-Anlage. Der Sonnenbewegung einachsig nachgeführte, parabolisch gebogene Spiegel konzentrieren das Licht auf ein Rohr in der Brennlinie. Hier erhitzt die 80-fach verstärkte Sonnenstrahlung Thermoöl auf 400 Grad. Das Hightech-Rohr ist speziell beschichtet, um eine hohe Absorption bei geringer Energieabstrah-



- Schema des Parabolrinnen-Kraftwerks Andasol 1. Auf einer Fläche von 270 Fußballfeldern konzentrieren gebogene, bewegliche Spiegel die Sonnenstrahlung auf ein Rohr in ihrer Brennlinie.



Foto: Solar Millennium AG

*Parabolspiegel: Das vielfach verstärkte Sonnenlicht erhitzt im Absorberrohr Thermoöl auf mehrere 100 Grad.*



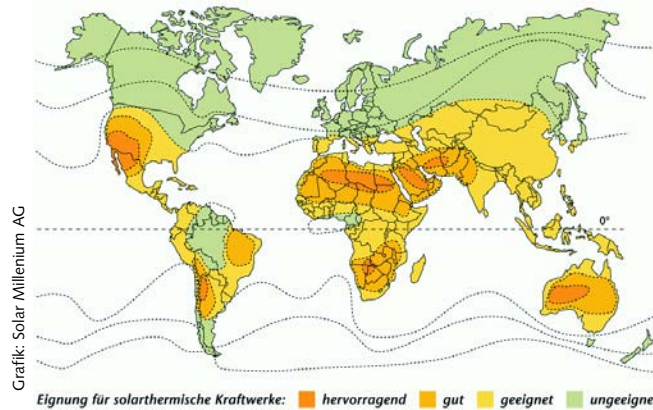
Foto: Solar Millennium AG

Parabolrinnenkraftwerk in Kalifornien

lung zu erreichen. Zum Schutz gegen Abkühlen ist es zusätzlich von einer evakuierten Glasröhre umschlossen, deren Antireflex-Beschichtung das Sonnenlicht mit nur geringstem Energieverlust hindurchlässt.

Sonne weg, Strom weg? Lieferten die Parabolrinnen von Andasol 1 um die Mittagszeit mehr Energie, als die Turbine in Strom umwandeln kann, wird der Überschuss von einem Wärmespeicher – auf 390 Grad aufgeheiztes flüssiges Salz – aufgenommen. Zu Sonnenmangelzeiten, früh morgens oder abends, wird die Wärme dann zum Betrieb der Turbine wieder abgegeben. Über die nutzbaren 2000 Sonnenstunden hinaus kann das Kraftwerk mit dieser Zwischenspeicherung pro Jahr 3600 Stunden lang Strom ins Netz einspeisen.

Bei Gesamtkosten von 300 Millionen Euro für die 50 Megawatt-Anla-



Grafik: Solar Millennium AG

Eignung für solarthermische Kraftwerke: ■ hervorragend ■ gut ■ geeignet ■ ungeeignet

ge liegen die Investitionskosten bei 6000 Euro pro Kilowatt installierter Leistung, die für knapp die Hälfte des Tages zur Verfügung steht. Anders als bei Windstrom – mit 2500 bzw. 1250 Euro pro Kilowatt off- bzw. onshore – fällt die Energie hier jedoch langfristig planbar und zu Zeiten des höchsten Stromverbrauchs an, etwa von 7 bis 16 Uhr. Bei den wesentlichen Komponenten gehören deutsche Hersteller zu den Weltmarktführern; in Deutsch-

land selbst können die Anlagen jedoch nicht effizient betrieben werden: Sie benötigen direktes Sonnenlicht und sind nicht – wie Sonnenkollektoren oder Solarzellen – schon bei diffusem oder gestreutem Licht brauchbar. Interessante Standorte sind daher nur im Sonnengürtel der Erde, in Europa bestenfalls in Spanien, zu finden.

Die Konkurrenzfähigkeit von Technologie und Standort lässt sich an den Subventionen ablesen: Eine

*Interessante Standorte sind auf den Sonnengürtel der Erde beschränkt. Daher kann solarthermisch erzeugter Strom die Importabhängigkeit in Deutschland nicht reduzieren.*

Vergütung von rund 20 Cent pro Kilowattstunde sieht das spanische Einspeisegesetz für solarthermischen Strom vor, verglichen mit etwa 50 Cent für deutschen Photovoltaikstrom. Die Massenfertigung wichtiger Komponenten und die Optimierung einzelner Prozessparameter könnten mittelfristig die Stromgestehungskosten selbst in Südeuropa auf 10 Cent pro Kilowattstunde senken, meinen die Entwickler. An besseren Standorten könnte dies schon heute erreicht werden. Damit erscheinen solarthermische Kraftwerke als die derzeit sinnvollste Solarstrom-Alternative.

Axel Kampke

➔ *Weiteres:*

[www.energie-perspektiven.de](http://www.energie-perspektiven.de)

## ENERGIESPAREN

# Glühlampen verbieten?

**K**aum werden Pläne aus Australien bekannt, Glühlampen ab 2010 zu verbieten, steigt man auch in Deutschland in das Thema ein. In der Tat: Glühlampen haben ihre Berechtigung eigentlich nur noch in Nischen, zum Beispiel zur kurzzeitigen Beleuchtung wenig genutzter Räume. Zum Kauf verführen sie, weil sie billig scheinen: 50 Cent für eine 60-Watt-Birne – verglichen mit rund vier Euro für eine gleichhelle Energiesparlampe von 12 bis 15 Watt. Berücksichtigt man aber die jeweiligen Stromkosten, so ist die Entscheidung „pro Energiesparlampe“ eindeutig: Eine Glühbirne bringt es während ihrer tausend Stunden Lebensdauer auf Stromkosten von rund 10 Euro, eine Energiesparlampe für dieselbe Lichtleistung lediglich auf 2,70 Euro. Der Versuch, dies über die Energieeffizienz-Kennzeichnung A bis G zu kommunizieren, zeigt allerdings wenig Wirkung. Statt deshalb Glühlampen auf den Index zu setzen, könnte man sich – etwas weniger rabiat – der in Deutschland erst 1993 abgeschafften Leuchtmittelsteuer erinnern: Schon als mittelalterlicher Zins auf die Luxusware Kerzenwachs besserte sie staatliche Einnahmen auf. Bei einer klimafreundlichen Abgabe von 10 Cent pro Watt Lampenleistung entschiede sich der Verbraucher nicht mehr gedankenlos für die dann 6,50 Euro teure 60-Watt-Glühbirne sondern für die einen Euro billigere Energiesparlampe. Noch günstiger wäre es jedoch, gleich richtig zu rechnen.

Axel Kampke

IMPRESSUM

**Herausgeber:**  
Max-Planck-Institut für  
Plasmaphysik  
Postfach 1322, 85741 Garching  
Tel.: (089) 3299-1288  
Fax: (089) 3299-2622  
E-Mail: [info@ipp.mpg.de](mailto:info@ipp.mpg.de)  
Redaktion: Isabella Milch  
Gestaltung: Dagmar Aalden  
Gedruckt auf 100% Recyclingpapier  
8. Jahrgang 2007  
**Nächste Ausgabe: Juni 2007**  
**Abonnement:**  
[www.energie-perspektiven.de](http://www.energie-perspektiven.de)  
ISSN 1438-5708