

# Wüstenstrom – von der Vision zur Wirklichkeit

## Neue Studie: Perspektiven solarthermischer Kraftwerke

Die Sonne ist *die* Energiequelle überhaupt: Die intelligente Nutzung der kostenlosen, unerschöpflichen und sauberen Sonnenenergie könnte die Lösung zentraler globaler Probleme, ob Energie-, Klima- oder Wirtschaftskrise, sein. Nur zwei Prozent der Sahara reichen aus, um die ganze Welt mit Strom aus Solarkraftwerken (CSP = *Concentrated Solar Power*) zu versorgen. Dabei ist es weder notwendig noch erstrebenswert, allein auf solarthermische Kraftwerke zu setzen. Es stehen weltweit weitere dezentrale Erneuerbare Energien wie Wind, Biomasse, Solarstrom auf Dächern oder Wasserkraft reichlich zur Verfügung.

Sauberer Sonnenstrom aus den Wüsten der Welt! Eine Verwirklichung dieser Idee galt bis vor kurzem als unrealistisch: Solarkraftwerke hielt man für zu ineffizient und zu teuer und vor allem: Die Leitungsverluste beim Transport von Strom über weite Distanzen galten bis vor wenigen Jahren als unüberwindbares Hindernis. Durch grundlegende Verbesserungen bei den solarthermischen Großkraftwerken, den Energiespeichern und vor allem bei den Übertragungsnetzen rückt die Vision vom sauberen, dauerhaften und kostengünstigen Wüstenstrom heute in den Bereich wirtschaftlicher und politischer Machbarkeit.

Neben der Stromproduktion können mit solarthermischen Kraftwerken ebenso Prozesswärme für verschiedenste Industriezweige geliefert, sowie Meerwasserentsalzungsanlagen betrieben werden. Angesichts gravierender Wasserprobleme in Wüstenregionen und der erheblichen Umweltauswirkungen von konventionell betriebenen Entsalzungsanlagen ergeben sich hierdurch zusätzliche Perspektiven.

### Ein weltumspannender Ansatz

Die Nutzung von Wüstenstrom ist ein weltumspannender Ansatz: Die solarthermischen Kraftwerke können in der Wüste Gobi, den Wüsten im Westen der USA, in Mexiko oder in Indien und Australien errichtet werden und Strom produzieren. Wüstenstrom basiert dabei nicht allein auf der Kraft der Sonne: Das gesamte Portfolio der Erneuerbaren Energien, ob Wind, Biomasse, Erdwärme oder Wasserkraft kann – je nach Standort – in Wüstenstrom-Projekte integriert werden. Der Import von Wüstenstrom aus den sonnenreichen Wüstengebieten der Erde kann somit eine sinnvolle Ergänzung (und keine Konkurrenz) zur dezentralen Nutzung Erneuerbarer Energien sein, damit eine Vollversorgung mit Erneuerbaren Energien noch schneller erreicht werden kann.

### Internationale Kooperationen

Wüstenstrom-Konzepte müssen durch gleichberechtigte, internationale Kooperationen erschlossen werden. Die Technologie muss zunächst den Menschen in der jeweiligen Region des Standorts zur Verbesserung ihrer Energie- und Wasserversorgung zu Gute kommen<sup>1</sup>. Zugleich können erhebliche Überschüsse an produziertem Strom in die industriellen Ballungszentren der Welt transportiert werden. Dies geschieht mit hocheffizienten Stromnetzen, so genannten „supergrids“ oder „HGÜ-Netzen“<sup>2</sup>. Diese Netze können Strom sehr verlustarm und günstig über tausende Kilometer transportieren.

Aus europäischer Sicht bietet sich die partnerschaftliche Nutzung von Wüsten-

<sup>1</sup>Mehr als 2 Milliarden Menschen haben weltweit noch keine ausreichende Stromversorgung.

<sup>2</sup>Hochspannung-Gleichstrom-Übertragungsnetze, (Abkürzung: HGÜ), auf englisch „supergrids“

### Spendenkonto

Postbank, KTO: 2 061 206, BLZ: 200 100 20

Greenpeace ist vom Finanzamt als gemeinnützig anerkannt. Spenden sind steuerabsatzfähig.

strom aus der MENA<sup>3</sup>-Region (Nahost und Nordafrika) an. Als Beispiel: Strom aus der Sahara könnte von Afrika bis nach Deutschland über 3.000 Kilometer durch die HGÜ-Technik mit lediglich zehn Prozent Verlusten transportiert werden. So kann nach Greenpeace Berechnungen zukünftig fast ein Viertel der europäischen Stromversorgung und etwa 15 Prozent des deutschen Bedarfs durch Wüstenstrom gedeckt werden.

## Die Technik: das Prinzip Brennglas

Das physikalische Prinzip solarthermischer Kraftwerke gleicht einem „Brennglas in Groß“. Die Sonneneinstrahlung wird mit der Hilfe hunderter Spiegel gebündelt und direkt auf Röhren mit einem wärmeleitenden Öl konzentriert. Es entstehen Temperaturen von 400 bis 1000 Grad Celsius, die zur Erzeugung von Wärme und Strom genutzt werden: Das heiße Öl erhitzt Wasser, bis es verdampft. Der Wasserdampf treibt eine Turbine an, diese wiederum einen Generator, so dass elektrischer Strom entstehen kann.

## Unterschiedliche Technologien können angewandt werden

Eine Reihe verschiedener Technologien kann eingesetzt werden, um das Sonnenlicht zu bündeln, zu sammeln und es schließlich umzuwandeln. Die Reflektoren zur Bündelung des Sonnenlichts in solarthermischen Kraftwerken sind entweder lineare Konzentratoren oder Punktkonzentratoren. Bei linearen Konzentratoren wird die Strahlung etwa um den Faktor 100 verstärkt, so dass Betriebstemperaturen von bis zu 550 Grad Celsius erreicht werden können. Bei Punktkonzentratoren können eine Verstärkung um einen Faktor von über 1.000 und damit Betriebstemperaturen von über 1.000 Grad Celsius erreicht werden. Es gibt vier hauptsächliche, kommerziell genutzte CSP-Technologien: Parabolrinnen und lineare Fresnel-Kollektoranlagen (mit linearen Konzentratoren) sowie Solarturmkraftwerke und Parabo-

loidkraftwerke (arbeiten mit Punktkonzentratoren).

Die Wärme wird verwendet, um auf herkömmliche Art und Weise Strom zu erzeugen, zum Beispiel mithilfe einer Dampf- oder Gasturbine oder einem Stirlingmotor. Tagsüber gesammelte Sonnenwärme kann in flüssigen oder festen Medien wie Salzschnmelzen, Keramiken, Beton oder Salzmischungen als Phasenübergangsmaterial gespeichert werden. Nachts kann die Wärme dem Speichermedium wieder entzogen werden, um die Turbine weiterhin anzutreiben. Solarthermische Kraftwerke, die lediglich mit Solarenergie betrieben werden, eignen sich gut für die mittäglichen Spitzenlasten, die im Sommer in Ballungszentren mit beträchtlichem Kühlungsbedarf anfallen (z.B. in Spanien und Kalifornien). In Verbindung mit Wärmespeichersystemen können sie über einen längeren Zeitraum betrieben werden und sogar die Grundlast abdecken.

## Regionen für den Einsatz von solarthermischen Kraftwerken

Typische Regionen für den Einsatz von solarthermischen Kraftwerken sind Gebiete ohne hohe atmosphärische Luftfeuchtigkeit, Staub und Dunst: dazu zählen Steppen, Buschland, Savannen, Halbwüsten und echte Wüsten<sup>4</sup>. Zu den idealen Gebieten der Welt zählen der Südwesten der USA, Mittel- und Südamerika, Nord- und Südafrika, die Mittelmeerländer Europas, der Nahe und Mittlere Osten, Iran, die Wüstenebenen Indiens, Pakistan, die ehemalige Sowjetunion, China und Australien. Das enorme Potenzial, das diese Regionen an Sonnenenergie zu bieten haben, übersteigt bei weitem den eigenen Strombedarf. Somit kann Solarstrom in andere Regionen exportiert werden, in denen eine große Stromnachfrage und geringere Sonnenressourcen bestehen.

<sup>3</sup>„Middle East & North Africa“

<sup>4</sup>Ideal sind Regionen zwischen den nördlichen und südlichen 40. Breitengraden

## Die Übertragungsnetze

Für den Transport von Strom aus den Wüstengebieten in Afrika oder dem Nahen Osten nach Europa müssen die derzeitigen konventionellen Stromnetze erweitert werden. Die Ausweitung des Stromnetzes sollte mit Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragungsnetzen (HGÜ) erfolgen. Hierbei handelt es sich um hocheffiziente Stromnetze, die den Strom über lange Strecken zu wirtschaftlichen Kosten übertragen können. Auf 1.000 Kilometer haben HGÜ-Netze weniger als drei Prozent Stromverluste. Auf dem Weg zwischen Nordafrika und Deutschland (3.000 Kilometer) kann Wüstenstrom mit etwa zehn Prozent Verlusten und Kosten von weniger als zwei Cent pro Kilowattstunde transportiert werden.

Die HGÜ-Technik ist seit vielen Jahren erprobt und wird in vielen Ländern der Erde wie in China, Indien und den USA sowohl über Land als auch unter Wasser verwendet. Auch in Europa gibt es diese Technik. Sie wird zum Beispiel zur Stromübertragung in der Nord- und Ostsee angewendet (Seekabel). Diese Gleichstromnetze werden zukünftig zu einem Strom-Verbundnetz erweitert, um große Mengen an Strom aus den Offshore Windparks sowie von Wasserkraft aus Skandinavien in das europäische Netz zu integrieren.

## Die Studie „Globaler Ausblick auf die Entwicklung solarthermischer Kraftwerke 2009“

Bei der Studie handelt es sich um den dritten Report von Greenpeace, dem Europäischen Solarthermischen Verband (ESTELA) und dem internationalen Netzwerk SolarPaces. Die Studie gibt einen aktuellen Überblick über den Stand der Technologie und über die Entwicklungen in den einzelnen Regionen der Welt. Zudem erhebt sie in unterschiedlichen Szenarien eine Marktprognose für die Entwicklung solarthermischer Kraftwerke bis 2050. Dabei werden in verschiedenen Entwicklungspfaden die daraus resultierenden Energiepotenziale, sowie die ökologischen und ökonomischen Effekte ab-

geleitet. Abschließend werden Empfehlungen an die Politik formuliert.

## Resumée

Die Kraftwerke, die Speicherkapazitäten und die erforderlichen Übertragungsnetze sind technisch so weit entwickelt, dass die Vision vom sauberen Wüstenstrom in die Tat umgesetzt werden kann. Solarthermische Kraftwerke können nach der Windkraft und der Photovoltaik zum nächsten globalen Exportschlager der Erneuerbaren Energien werden. Sie benötigen für nur wenige Jahre eine Anschubfinanzierung. Bislang fehlt weltweit jedoch ein deutliches politisches Signal.

Ein Viertel des weltweiten Strombedarfs kann zukünftig in solarthermischen Kraftwerken umweltfreundlich, preiswert und zuverlässig erzeugt werden. Solarthermische Kraftwerke können zukünftig damit dreimal mehr Strom produzieren als alle Atomkraftwerke der Welt zusammen.

Hintergrund: Bis 2050 können Solarkraftwerke (circa 10.000 Stück) mit einer Gesamtkapazität von 1.500 Gigawatt installierter Leistung bis zu 7.800 Terrawattstunden Strom produzieren. Zum Vergleich: In 2007 haben alle 439 Atomkraftwerke der Welt 2,600 Terrawattstunden Strom produziert, was einem Anteil von 14 Prozent der Gesamtproduktion dieses Jahres entsprach.

Die Studie zeigt außerdem, dass mit solarthermischen Kraftwerken bis 2050 4,7 Milliarden Tonnen klimaschädliches Kohlenstoffdioxid vermieden werden kann. Diese Einsparung entspräche dem sechsfachen Volumen des derzeitigen CO<sub>2</sub>-Ausstoßes in Deutschland. Auch für die Weltwirtschaft wäre die Technologie ein Konjunkturmotor: Jährlich könnten durch die grüne Industrie 15 Milliarden Euro an zusätzlichen Investitionen ausgelöst und damit bis 2050 über 2 Millionen neue Arbeitsplätze geschaffen werden. Bereits 2020 kann die Zahl neuer Arbeitsplätze auf über 200.000 steigen.

## Kurzfassung der Ergebnisse

### „Status Quo“

In den vergangenen fünf Jahren expandierte die CSP-Branche mit hohem Tempo: Eine einst neue Technologie hat sich inzwischen zur massentauglichen Lösung für die Stromherstellung entwickelt. Ende 2008 trugen solarthermische Kraftwerke zwar erst mit 436 Megawatt installierter Leistung zur weltweiten Stromversorgung bei. Die aktuell im Bau befindlichen Anlagen, überwiegend in Spanien, werden bis 2011 aber mindestens weitere 1.000 Megawatt beitragen. In den USA sind Anlagen mit 7.000 Megawatt geplant und in der Entwicklung. In Spanien sollen Anlagen mit einer Leistung von 10.000 Megawatt gebaut werden. Diese könnten bis zum Jahr 2017 ans Netz gehen.

Ausgehend von der Bestandsaufnahme in 2008 wurden unterschiedliche Szenarien des Ausbaus solarthermischer Kraftwerke berechnet.

### Potenziale und mögliche ökonomische Effekte nach dem moderaten Szenario<sup>5</sup>

- **Installierte Leistung:** Bis 2020 liegt die globale Solarenergieleistung über 68,6 Gigawatt (GW), mit einem jährlichen Zuwachs von 12,6 GW. Bis zum Jahr 2050 hat die Welt eine kombinierte Solarenergieleistung von über 830 GW und der Markt wächst jährlich um annähernd 41 GW.
- **Stromerzeugung:** Im Jahr 2020 werden mehr als 246 Terrawattstunden (TWh) Strom aus solarthermischen Kraftwerken produziert. Je nachdem wie sich die Nachfrage entwickelt, stellt diese Menge im Jahr 2020 1,1–1,2 Prozent und im Jahr 2050 8,5–11,8 Prozent des globalen Bedarfs dar.
- **CO<sub>2</sub>-Einsparungen:** 148 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub> pro Jahr im Jahr 2020, auf 2,1 Mrd. Tonnen im Jahr 2050 ansteigend. Die kumulierte Einsparung läge bis 2020 bei 630 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>. Über den gesamten Zeitraum

<sup>5</sup>Setzt politische Maßnahmen voraus, die bereits in Kraft bzw. in Planung sind.

läge die Einsparung dieses Szenarios knapp über 28,3 Milliarden Tonnen.

- **Investitionen:** Das jährliche, weltweite Investitionsvolumen der solarthermischen Kraftwerksindustrie würde bis 2020 auf 36 Milliarden Euro steigen und im Jahr 2050 mit 92,5 Milliarden Euro seinen Höhepunkt erreichen.
- **Arbeitsplätze:** Bis zum Jahr 2020 entstehen mehr als 200.000 Arbeitsplätze und bis 2050 etwa 1,2 Millionen.

### Potenziale und mögliche ökonomische Effekte nach dem ehrgeizigen Szenario<sup>6</sup>

- **Installierte Leistung:** Bis 2020 liegt die globale Leistung bei mehr als 84 GW, mit einem jährlichen Zuwachs von etwa 14,7 GW. Bis zum Jahr 2030 hat die gesamte Solarenergieleistung fast 342 GW erreicht. Bis 2050 hat die Gesamtflotte aller Solarkraftwerke weltweit eine Leistung von 1.500 GW erreicht.
- **Stromerzeugung:** Bezüglich des erzeugten Stroms würden beim ehrgeizigen Szenario im Jahr 2020 355 TWh in solarthermischen Kraftwerken erzeugt werden. Bis zum Jahr 2050 wären es über 7.800 TWh. Je nachdem wie stark die Nachfrage durch Steigerung der Energieeffizienz begrenzt werden kann, decken Solarkraftwerke im Jahr 2020 1,5–1,7 Prozent des globalen Strombedarfs. Bis 2050 wären es sogar 18,3–25,70 Prozent.
- **Investitionen:** Das jährliche, weltweite Investitionsvolumen würde bis 2020 auf 39,7 Milliarden Euro steigen. Im Jahr 2050 würde es 174 Milliarden Euro betragen.
- **Arbeitsplätze:** Bis zu 210.000 neue Arbeitsplätze entstehen bis zum Jahr 2020 und bis 2050 circa 2,1 Millionen.

## Kostenentwicklung

Die Stromerzeugungskosten eines solarthermischen Kraftwerks liegen derzeit bei 15 Eurocent/kWh an Standorten mit ho-

<sup>6</sup>Setzt politische Maßnahmen voraus, die einem konsequenten Ausbau der Technologie verfolgen.

her Sonneneinstrahlung und bei 23 Eurocent/kWh an Standorten mit niedriger, durchschnittlichen Sonneneinstrahlung. Mit zunehmender Größe der Anlage, höheren Fertigungskapazitäten für die Komponenten und einer höheren Anzahl entsprechender Lieferanten, sowie Verbesserungen durch F&E, werden die Kosten voraussichtlich auf circa acht Eurocent/kWh sinken. Neben den geschätzten weiteren Preissenkungen wird der Abstand zu den Produktionskosten aus fossilen Brennstoffen voraussichtlich ebenfalls rapide sinken. Denn: Die Preise für herkömmliche Brennstoffe werden auf dem Weltmarkt steigen. Nicht zuletzt wird die Preissteigerung auch durch steigende CO<sub>2</sub>-Vermeidungskosten zustande kommen. Die Konkurrenzfähigkeit mit Mittellastkraftwerken (zum Beispiel Kohlekraftwerke) könnte bereits in fünf bis 10 Jahren erreicht werden.

## Politische Empfehlungen

Die Studie empfiehlt unterschiedliche politische Maßnahmen für den forcierten Ausbau solarthermischer Kraftwerke:

- Globale Klimaschutzmechanismen: Kyoto-Instrumente wie CDM (Cleaner Development Mechanism) und JI (Joint Implementation) für solarthermische Kraftwerke zu öffnen.
- Nationale Einspeisegesetze für solarthermische Kraftwerke zu etablieren.
- Das europäische Stromnetz für Solarstrom aus Nordafrika zu öffnen und zu erweitern.
- Überregionale Einspeisetarife wie zwischen Europa, Afrika und dem Nahen und mittleren Osten zu entwickeln.
- Der Solarplan für die Mittelmeerunion muss weiterentwickelt und konsequent umgesetzt werden.
- Eine Erhöhung der Haushalte für Forschung und Entwicklung von Solartechnologie.

## Greenpeace fordert

- Die Bundesregierung muss das Thema Wüstenstrom auf die Agenda des nächsten G 8-Gipfels in Italien und der Klimakonferenz in Kopenhagen setzen.
- Die Bundesregierung sollte eine „Europäische Wüstenstrom-Taskforce“ mit Vertretern der Regierung, der Wissenschaft, der Industrie und den Umweltverbänden einrichten. Das Ziel: Entwicklung einer Road-Map für den Ausbau eines überregionalen Stromnetzverbundes.
- Deutschland und die Europäische Union sollten gemeinsam mit Wüstenstaaten der MENA-Region Fördergesetze (Einspeisetarife) für die Erzeugung und den Import von Strom aus den Wüsten entwickeln.
- Die Bundesregierung sollte den Forschungsetat für solarthermische Kraftwerke von derzeit acht Millionen Euro jährlich auf das Niveau der Kernfusionsforschung von über 130 Millionen Euro anpassen.

## Lesetipps

- „Globaler Ausblick auf die Entwicklung solarthermischer Kraftwerke 2009“, Greenpeace 2009. Download: [www.greenpeace.de](http://www.greenpeace.de)
- „energy (r)evolution – a sustainable global energy outlook“, Greenpeace international 2008. Download unter: [www.greenpeace.de](http://www.greenpeace.de)
- „Trans-Mediterraner Solarstromverbund“, DLR 2006. Download: [www.dlr.de](http://www.dlr.de)
- „Red Paper – das Desertec Konzept im Überblick“, Desertec Foundation 2008. Download: [www.desertec.org](http://www.desertec.org)