



## Windkraftanlagen an guten Standorten in Spanien produzieren kostengünstiger als in Deutschland.

Foto: Volker Quaschnig

liefern zu können. Heute, so meinen Kritiker, sprechen vor allem die noch zu hohen Kosten regenerativer Kraftwerke gegen eine schnelle Ablösung konventioneller Kraftwerke. Von vielen Interessensvertretern und Politikern wird deshalb der Neubau von effizienten Kohle- und Gaskraftwerken als Ersatz von ausgedienten Anlagen propagiert. Auch für die deutschen Kernkraftwerke, die nach dem Ausstiegsbeschluss sukzessive abgeschaltet werden, müssten dann neue fossile Kraftwerke errichtet werden. Dabei sollen Deutschland und andere Industrienationen nach Empfehlungen von Klimaschutzexperten ihre Kohlendioxidemissionen um etwa die Hälfte bis zum Jahr 2020 gegenüber 1990 senken, bis zum Jahr 2050 sogar um 80%.

Der Neubau jedes einzelnen fossilen Kraftwerks, und sei es auch noch so effektiv, torpediert zwangsläufig die Klimaschutzbemühungen. Als Allheilmittel angepriesene Verfahren zur Kohlendioxidabtrennung und Deponierung sind derzeit noch in der Entwicklung und werden die Kosten der fossilen Stromerzeugung fast verdoppeln. Neue Kernkraftwerke sind politisch nicht durchsetzbar. Funktionstüchtige Fusionskraftwerke werden – wenn überhaupt – erst in 50 Jahren zur Verfügung stehen und dann Strom zu deutlich höheren Kosten als heutige Kraftwerke liefern.

Angesichts unserer angespannten wirtschaftlichen Lage wird dies mit hoher Wahrscheinlichkeit dazu führen, dass die Klimaschutzziele nach und nach geopfert werden. Die einzige Möglichkeit, die Deckungslücke bei der Kraftwerksleistung in den nächsten Jahrzehnten dennoch klimaverträglich und zudem noch zu marktüblichen Kosten schließen zu können, bieten regenerative Energien.

### Keine kleinen Brötchen backen

Selbst Lobbyisten der regenerativen Energiewirtschaft halten sich stets vornehm zurück, wenn es um die Kosten geht. Es scheint nahezu unmöglich, dass regenerative Kraftwerke – mit Ausnahme der Wasserkraft – in Deutschland kurzfristig Strom zu marktüblichen Preisen von 3 bis 5 Cent/kWh liefern können. Die Potenziale der Wasserkraft sind bekanntlich begrenzt. Rund 50 Cent/kWh sind hierzulande für den wirtschaftlichen Betrieb einer Photovoltaikanlage und 6 bis 9 Cent/kWh einer Windkraftanlage nötig. Somit backt man lieber kleine Brötchen und feiert eine gesamte installierte Photovoltaikleistung von nicht einmal 400 MW<sub>p</sub> bereits als Erfolg. Verglichen mit dem Ersatzbedarf der nächsten zwei Jahrzehnte für die bisherigen 15 Mitgliedsstaaten der EU von mindestens 300.000 MW (300 GW) mit durchschnittlich rund 4.000 Volllastbetriebsstunden pro Jahr ist diese PV-Leistung jedoch vollkommen irrelevant. Selbst der deutlich höhere Beitrag der Windenergie ist im europäischen Maßstab zurzeit noch vernachlässigbar.

# Think Big!

**Wirkungsvoller Klimaschutz ist nur möglich, wenn die erneuerbaren Energien schneller als bisher ausgebaut werden, und zwar in großem Stil an optimalen Standorten – zum Beispiel in Nordafrika.**

**M**ehr als die Hälfte aller Kraftwerke in der EU müssen in den nächsten 20 bis 30 Jahren ersetzt werden. Gleichzeitig sollen die CO<sub>2</sub>-Emissionen auf etwa die Hälfte sinken. Regenerative Kraftwerke können diese Deckungslücke vollständig zu konkurrenzfähigen Preisen schließen, wenn sie an optimalen Standorten eingesetzt und ihre Markteinführung im großen Stil konsequent umgesetzt wird.

In ferner Zukunft, d.h. in etwa 100 Jahren, wird regenerativen Kraftwerken allgemein zugestanden, einen großen Beitrag zur Elektrizitätsversorgung

Dabei bieten regenerative Energien durchaus die einzige Lösung, mittelfristig die Deckungslücke kostengünstig und kohlendioxidfrei zu schließen. Die regenerative Energieindustrie muss im Prinzip nur zwei Probleme lösen:

- Energiewirtschaftlich relevante Installationszahlen im hohen Gigawattbereich möglichst schnell erreichen, um die Kosten weiter deutlich zu senken.
- Regenerative Energiesysteme dort einsetzen, wo sie am kostengünstigsten produzieren können. Energieträger wie Erdöl, Erdgas, Kohle, Holz und Uran werden seit vielen Jahren global gehandelt. Nur wenn es um Kraftwerke geht, hält man zwanghaft an verhältnismäßig lokalen Versorgungslösungen fest und verzögert dadurch die schnelle vollständige Markteinführung erneuerbarer Energien.

## Von Hamburg nach Assuan

Die Photovoltaik soll hier als erstes Beispiel dienen. Sie wird in Deutschland, z.B. in Hamburg, auch langfristig keine energiewirtschaftlich relevanten Beiträge liefern können. Bei einer jährlichen Solarstrahlung von nicht einmal 1.000 kWh/m<sup>2</sup> ist man in der Hansestadt mit einem spezifischen Ertrag von 800



**Solarthermische Kraftwerke in Kalifornien mit einer Gesamtleistung von 350 MW haben die solaren Stromgestehungskosten bereits im Jahr 1991 auf nahezu 12 US-Cent/kWh gesenkt.** Foto: KJC

kWh/kW<sub>p</sub> bereits gut bedient. In Südspanien beträgt die jährliche solare Einstrahlung bereits fast das Doppelte und im Süden von Ägypten sogar bis zu 2.500 kWh/m<sup>2</sup>. Auf einer zweiachsig nachgeführten Fläche steigt die jährliche Einstrahlung dort sogar auf gut 3.500 kWh/m<sup>2</sup>. Damit erhöht sich der mögliche Ertrag einer PV-Anlage auf etwa das Dreifache. Während man derzeit in Deutschland noch rund 50 Cent/kWh Vergütung für einen wirtschaftlichen Betrieb benötigt, sind an optimalen Standorten im Sonnengürtel der Erde bereits heute rund 15 Cent/kWh ausreichend.

**PV-Strom für 4 Cent:** Bemerkenswert sind die stark gesunkenen Kosten der Pho-

tovoltaik der vergangenen Jahrzehnte. Bei einer Verdopplung der weltweit installierten Leistung konnte jeweils eine Kostenreduktion von rund 20% erreicht werden. Jeweils bei einer Verzehnfachung der installierten Leistung wurden also Kostensenkungen von gut 50% erzielt. Lässt sich dieser Trend fortsetzen, sinken die PV-Kosten bei einer Steigerung der weltweit installierten Leistung von derzeit rund 2 GW auf 20 GW um mehr als 50% und bei 200 GW sogar um über 75%. Bleiben die jährlichen Zuwachsraten bei der PV-Produktion in der Größenordnung der letzten Jahre, wird diese Leistung in etwa 20 Jahren erreicht werden, aber auch kürzere Zeiträume dafür sind denkbar. Damit werden die Stromgestehungskosten an Top-Standorten auf unter 4 Cent/kWh fallen. Dies sind bereits Kosten, die mit herkömmlichen fossilen und nuklearen Kraftwerken konkurrieren können, jedoch ohne Kohlendioxid auszustoßen oder radioaktiven Müll zu erzeugen.

**Windstrom für 3 Cent:** Windstandorte in Deutschland mit einer mittleren Windgeschwindigkeit von mehr als 5 m/s in 10 m Höhe gelten in Deutschland bereits als attraktiv. Doch verglichen mit dem Windangebot an der westafrikanischen Küste von Mauritien und dem Wüstenstaat Westsahara herrscht in Deutschland lediglich ein laues Lüftchen. Deutlich über 8 m/s bieten Top-Standorte im relativ nahen Afrika<sup>1</sup>. Da der Anlagenertrag mit der dritten Potenz der Windgeschwindigkeit steigt, liegt der Ertrag von Windkraftanlagen hier mehr als das Doppelte über dem in Deutschland. Während man in Deutschland auch an sehr guten Standorten mit Erzeugungskosten von mehr als 6 Cent/kWh rechnen muss, sinken diese an den erwähnten Top-Standorten auf 3 Cent/kWh und darunter – bei Verwendung heutiger Anlagentechnik. Weitere Kostensenkungen durch technische Verbesserungen sind noch gar nicht berücksichtigt.

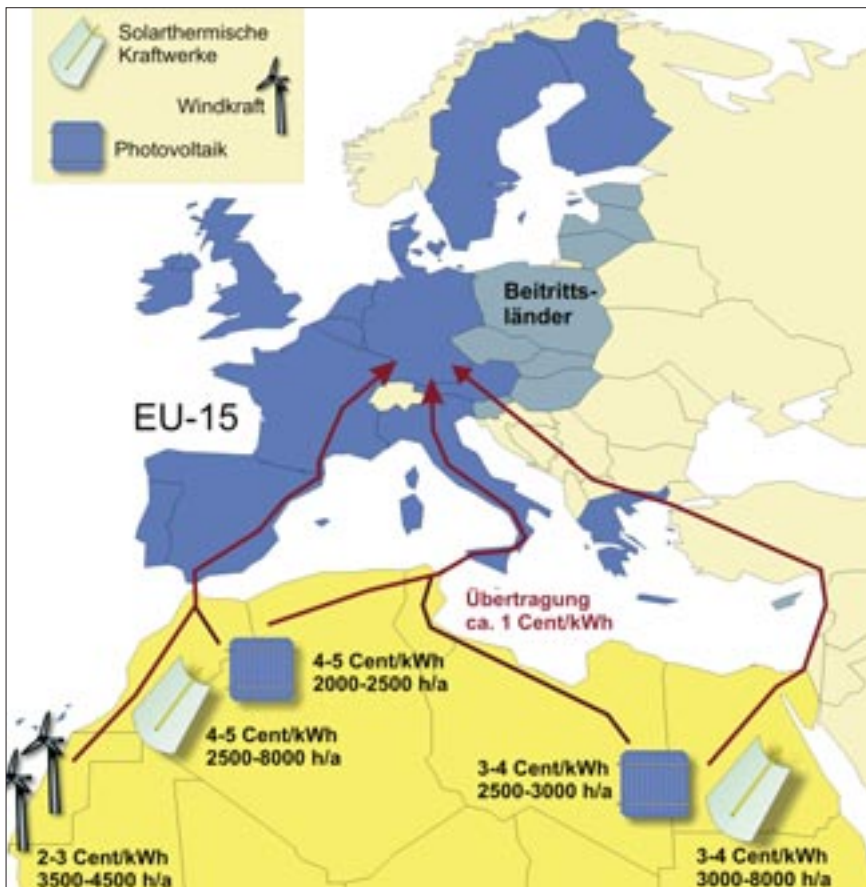
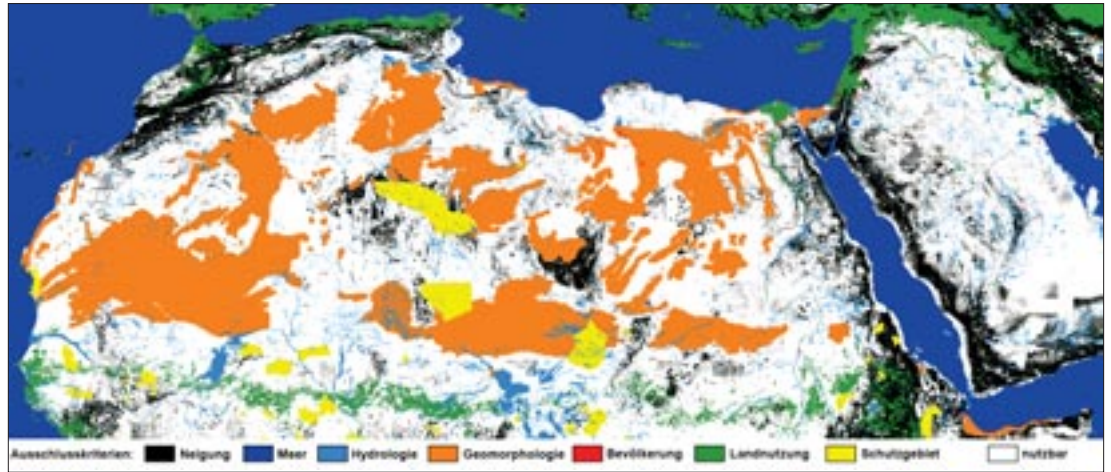
## Niedrige Kosten bei hoher Verfügbarkeit

Die mangelnde Verfügbarkeit ist ein Hauptargument, dass oft gegen regenerative Kraftwerke vorgebracht wird, und das zu Recht. Da Photovoltaik- und Windkraftanlagen in Deutschland in der Regel weniger als 2.000 Volllaststunden pro Jahr erreichen und das Wetter die Betriebszeitpunkte verhältnismäßig zufällig bestimmt, sind stets Reservekraftwerke notwendig. Sie stellen die Versorgung sicher, wenn die Sonne nicht scheint und der Wind nicht weht. Mit zunehmenden

<sup>1</sup> [www.saharawind.com](http://www.saharawind.com)

**Abb. 1: Nutzbare und nicht nutzbare Flächen mit Ausschlusskriterien zur Errichtung von Solarkraftwerken in Nordafrika**

Grafik: Brösamle/Geuder, DLR



**Abb. 2: Top-Standorte zur Errichtung von solarthermischen, photovoltaischen und Wind-Kraftwerken in Nordafrika mit möglichen Stromgestehungskosten (siehe Text) und Volllaststunden sowie potenzielle Übertragungswege nach Europa**

Grafik: Volker Quaschnig

dem Angebot an Solarstrahlung und Windenergie steigt auch die Verfügbarkeit der regenerativen Kraftwerke. Bei extrem hohen solaren Einstrahlungen zum Beispiel im Süden Ägyptens gibt es faktisch keine Schlechtwetterperioden und auch Unterschiede zwischen Sommer und Winter sind dort sehr gering. Damit erreicht die Leistung einer PV-Anlage im sonnigen Afrika im Gegensatz zu Deutschland eine hohe Verfügbarkeit. Das bedeutet, sie kann fest in die Erzeugung eingeplant werden und nicht nur Brennstoff und Kohlendioxid einsparen, sondern tatsächlich herkömmliche Kraftwerke ersetzen. Ähnliches gilt für Windkraftanlagen an Top-Windstandorten.

Eine andere Technik erlaubt es sogar, die hundertprozentige Verfügbarkeit des Solarstroms zu garantieren. Solarthermische Kraftwerke konzentrieren das Sonnenlicht und erzeugen elektrischen

Strom über Wärmekraftwerke<sup>2</sup>. Ein thermischer Speicher ist in diese Kraftwerke einfach und kostengünstig zu integrieren. Bereits heute können diese Kraftwerke Solarstrom zu relativ niedrigen Kosten produzieren. Während man in Südspanien derzeit noch mit solaren Stromgestehungskosten von 15 bis 18 Cent/kWh rechnen muss, liegen diese bei den hohen Einstrahlungen im Süden Ägyptens bereits zwischen 9 und 11 Cent/kWh.

Derzeit erreicht die weltweit installierte Leistung solarthermischer Kraftwerke nur 350 MW. Die Kostenreduktionspotenziale sind etwas geringer als bei der Photovoltaik. Bei einer Verdopplung der installierten Leistung kann mit Kostenreduktionen von 12% gerechnet werden. Bei Erhöhung der weltweit installierten Leistung auf weniger als 15 GW ist mit einer Halbierung der Kosten zu rechnen. Bereits bei einer installierten Leistung von 30 GW sind Stromgestehungskosten unter 4 Cent/kWh zu erwarten. Dies ließe sich problemlos in einem Zeitraum von gut 10 Jahren realisieren. Durch den thermischen Speicher können diese Kraftwerke dabei jede gewünschte Lastkurve abdecken und auch Schwankungen von Wind- und Photovoltaikanlagen ausgleichen. Die Potenziale für Kraftwerksstandorte allein in Afrika sind gigantisch. Auf den in Abb. 1 gezeigten verfügbaren Flächen könnten Solarkraftwerke mehr als das Hundertfache des weltweiten Strombedarfs erzeugen.

### Transport frei Haus für 1 Cent

Bleibt die Frage offen, wie uns kostengünstiger Strom in Ägypten oder Mauretanien bei der Bewältigung unserer Energieproblematik helfen kann. Die Lösung dieser Frage ist einfach. Der billige Strom muss lediglich zu uns transportiert werden. Abb. 2 zeigt die Top-Standorte und die infrage kommenden Transportwege<sup>3</sup>.

Sowohl technisch und finanziell ist der Transport bereits heute zu bewältigen<sup>4,5</sup>. Das Zauberwort heißt Hochspannungsgleichstromübertragung (HGÜ). Bei einer 5.000 km langen HGÜ-Leitung im 600-kV-Spannungsniveau ist mit rund 18% Übertragungsverlust

<sup>2</sup> Sonne Wind & Wärme 10-11/2001: Solarkraftwerke – Konzentration auf die Sonne

<sup>3</sup> vgl. Sonne Wind & Wärme 6/2003: Strom aus der Sahara

ten, im 800-kV-Spannungsniveau mit weniger als 14% Übertragungsverlust zu rechnen. Bezogen auf die möglichen Stromgestehungskosten von 3 bis 4 Cent/kWh schlagen diese Verluste mit rund 0,5 Cent/kWh zu Buche. Hinzu kommen die Kosten für die Leitung zwischen 0,5 und 1 Cent/kWh. Insgesamt lässt sich somit regenerativer Strom für 4 bis 5 Cent/kWh erzeugen, nach Deutschland transportieren und über eine Kombination aus Photovoltaik-, Windkraft- und solarthermischen Kraftwerken auch Leistung garantieren.

Diese niedrigen Kosten lassen sich nach der obigen Abschätzung bereits realisieren, wenn solarthermische Kraftwerke im Umfang von 30 GW oder Photovoltaikanlagen im Umfang von 200 GW errichtet werden. Die Windkraft ist bereits heute in der Lage, kostengünstig Strom zu liefern. Ergänzt werden könnte der regenerative Energiemix durch billige Wasserkraft aus Skandinavien oder Island, günstigen Windstrom aus Großbritannien und Geothermie. Biomassekraftwerke können zudem Leistungsreserven bilden und durch Kraft-Wärme-Kopplung auch zur Deckung des Wärmebedarfs beitragen.

## Hightech aus Deutschland

Auch wenn es aus ökonomischen Gründen sinnvoll ist, große Mengen regenerativen Stroms zu importieren, bedeutet das nicht, dass Installationen in Deutschland absolut sinnlos sind. Um möglichst schnell die niedrigen Kosten zu erreichen, müssen die Produktionszahlen deutlich gesteigert werden. Dabei ist es nicht von Bedeutung, wo die produzierten Anlagen letztendlich aufgebaut werden.

Photovoltaik und Windkraft in Deutschland haben unter dem Gesichtspunkt der Markteinführung und der schnellen Erreichung konkurrenzfähiger Preise durchaus ihre Berechtigung. Wenn das Ziel jedoch sein sollte, eine konkurrenzfähige regenerative Elektrizitätsversorgung in Deutschland selbst aufzubauen, wird dies einige Jahrzehnte länger dauern als bei der Nutzung der Option des regenerativen Stromimports – und damit letztendlich einen effektiven Klimaschutz erschweren.

Um die künftige Deckungslücke im europäischen Kraftwerkspark klimaverträglich zu schließen, müssen also schnell hohe Produktionskapazitäten speziell für Solarkraftwerke geschaffen werden. Gleichzeitig müssen Allianzen mit Ländern von Top-Standorten für regenerative Kraftwerke ins Leben gerufen und Pilotprojekte initiiert werden. Hiervon können beide Seiten profitieren: Deutschland und Europa, indem es Hightech-Komponenten zur Erzeugung und Übertragung regenerativen Stroms entwickelt und produziert, und die Standortländer, weil sie sich dadurch wirtschaftlich weiterentwickeln können und unzählige neue Arbeitsplätze schaffen. Aufbau und Wartung der Anlagen würde viele Menschen beschäftigen.

Die Errichtung konkurrenzfähiger regenerativer Kraftwerke zur Schließung der Deckungslücke im europäischen Kraftwerkspark ist in einem Zeitraum weniger als 20 Jahren durch sinnvollen Einsatz der Finanzmittel im Energiesektor prinzipiell zu realisieren. Hierzu dürfen regenerative Interessensvertreter jedoch nicht länger kleine Brötchen backen, sondern müssen auf die schnelle und konsequente Realisierung der Klimaschutzziele pochen und ihren Horizont um einige tausend Kilometer erweitern – Think big! ✨

*Volker Quaschning*

**Kontakt:** [www.volker-quaschning.de](http://www.volker-quaschning.de)

<sup>4</sup> Czisch, Gregor: Potenziale der regenerativen Stromerzeugung in Nordafrika – Perspektiven ihrer Nutzung zur lokalen und großräumigen Stromversorgung. Kassel, ISET, 1999

([www.iset.uni-kassel.de/abt/w3-w/projekte/Pot\\_Strom\\_Nordafrika.pdf](http://www.iset.uni-kassel.de/abt/w3-w/projekte/Pot_Strom_Nordafrika.pdf))

<sup>5</sup> Dreier, Thomas; Wagner, Ulrich: Perspektiven einer Wasserstoff-Energiewirtschaft, Teil 2. BWK Bd. 53 (2001) Nr. 3. pp. 47-54

# Testen Sie unser Schnupperabo!



## 7 gute Gründe, Sonne Wind & Wärme jetzt zu lesen:

1. Berichte und Fachartikel zu Solarwärme, Solarstrom, Windenergie in jeder Ausgabe
2. Weitere Schwerpunkte zu BHKW, Biomasse, Biogas, Solararchitektur, Wärmepumpe, Brennstoffzelle
3. Meinungen und Stellungnahmen von Experten, Führungskräften und Politikern
4. Service, Produktvorstellungen, Tagungsvorschau, Terminkalender und Firmenverzeichnis
5. Firmenporträts
6. Aktuelle Nachrichten, kurz und bündig aus der gesamten Branche
7. Jeden Monat neu.

## Bestellen Sie jetzt!

Die nächsten 3 Hefte zum Sonderpreis von 12 €

Sie sparen zum Einzelkauf 4,20 €

Bitte Coupon ausfüllen und per Post oder Fax (0521-595 507) an:

**BVA - Bielefelder Verlag, Frau Wengeler, Ravensberger Str. 10 f, 33602 Bielefeld**

Ja, ich möchte SW&W näher kennenlernen und bestelle ein Probeabonnement über 3 Ausgaben zum Preis von 12,- €. Wenn ich nach Erhalt der 3. Ausgabe binnen 10 Tagen nichts von mir hören lasse, bin ich damit einverstanden, Sonne Wind & Wärme mindestens für 1 Jahr zum derzeit gültigen Preis von 63,- € (Inland) zu erhalten.

Name/Firma: \_\_\_\_\_ Branche: \_\_\_\_\_

Straße/Nr.: \_\_\_\_\_ PLZ/Ort: \_\_\_\_\_

Datum/Unterschrift: \_\_\_\_\_

[www.SonneWindWaerme.de](http://www.SonneWindWaerme.de)