

# ENERGIE.....

Ausgabe 4/2006

## Perspektiven

Forschung für die Energieversorgung von morgen

Windenergie

### Steckdose auf See

Foto: Vestas Central Europe

#### EDITORIAL

**E**ine Verdoppelung der Energieproduktivität hat sich die Bundesregierung in ihrer „Nationalen Nachhaltigkeitsstrategie“ vorgenommen – ein ehrgeiziges, bei fast 80 Prozent Importabhängigkeit der deutschen Energieversorgung aber wünschenswertes Ziel. Das Verhältnis von wirtschaftlicher Leistung und Energieverbrauch soll bis 2020 im Vergleich zu 1990 auf das Doppelte steigen. Erforderlich dazu sind Modernisierungsmaßnahmen in allen Sektoren: Kraftwerke, private Haushalte, Verkehr und Industrie – sowie (Seite 3) die Hoffnung auf stagnierende Nachfrage. *Die Redaktion*

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

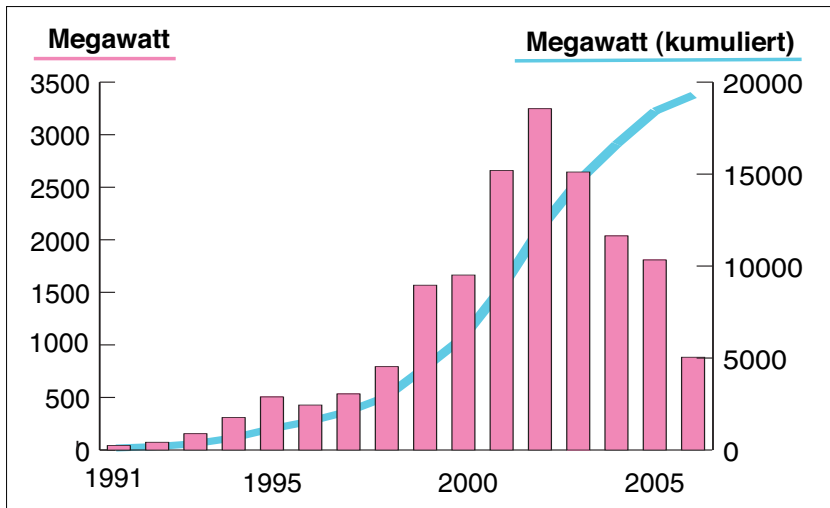
Windpark Horns Rev in der dänischen Nordsee. In 15 Meter Wassertiefe stehen hier 80 Anlagen mit je 2 Megawatt Spitzenleistung.

**R**und 300 Windräder stehen in der Nordsee vor den Küsten der Niederlande, Dänemarks, Schwedens, Großbritanniens und Irlands. In deutschen Gewässern dagegen drehen sich bis heute lediglich zwei Testräder vor Emden und Rostock. Dabei sollte nach der Strategie der Bundesregierung der Wind über Nord- und Ostsee in vier Jahren bereits 3.000 Megawatt elektrische Leistung liefern.

Im Unterschied zu den europäischen Nachbarn müssen in Deutschland – vor allem aus Naturschutzgründen – die meisten Offshore-Windparks weit draußen im Meer in 30 bis 100 Kilometer Entfernung von der Küste errichtet werden, erklärt der Bundesverband

Windenergie (BWE) diesen schlep-penden Aufbau. Im bis zu 40 Meter tiefen Wasser sind die Anforderungen an Fundament und Turm des Windrades wesentlich höher als direkt vor der Küste, auch Kabellegung, Netzanbindung und Wartung der Anlagen sind viel schwieriger. Deshalb sind Windparks auf See doppelt so teuer wie an Land, so der BWE: je nach Standort bis zu 2,5 Millionen Euro pro installiertem Megawatt.

Eine erhebliche, bis zu 30-prozentige Kostenentlastung verspricht jetzt ein neues Gesetz zur Beschleu-



Pro Jahr in Deutschland von 1991 bis 2006 onshore zugebaute Windkraftanlagen: Die ergiebigen Plätze an Land sind inzwischen fast alle besetzt.

Daten: BWE

in ganz Deutschland bringen zu können. Allein bis 2015 sind bei projektierten 10.000 Megawatt Offshore-Wind laut Netzstudie der Deutschen Energieagentur dena rund 850 Kilometer neue Höchstspannungsleitungen nötig, die die Netzbetreiber für insgesamt 1,1 Milliarden Euro verlegen sollen. Hierzu kämen nun auch die Kosten für die Verkabelung vom Windpark hin zum Stromnetz. Das Erneuerbare-Energien-Gesetz und der Wegfall der Netzanschlusskosten reichen nach Einschätzung der Windenergie-Agentur Bremerhaven aber immer noch nicht aus, um Offshore-Parks in tieferen Gewässern wirtschaftlich zu machen. Die Agentur fordert daher, die Förderung „auf ein international übliches und kostendeckendes Niveau“ zu heben. Dies könnte durch ein Marktanreizprogramm geschehen oder bei der Novellierung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes, die Ende 2007 ansteht. imi

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

nigung der Infrastrukturplanung: Danach muss den Netzanschluss von Offshore-Windparks, deren Bau bis Ende 2011 begonnen wird, nicht der Investor sondern der Netzbetreiber bezahlen. Die Kosten für diese „Steckdose auf See“ werden dann auf alle Stromkunden umgelegt. „Für die Offshore-Windenergie ist das ein deutlicher Schritt in die richtige Richtung, den Bau erster Windparks auf See wirtschaftlich zu machen“, meint BWE-Vizepräsident Hermann Albers. Durch die Neuregelung werde ein jahrelanger Investitionsstau beim Ausbau der Windenergie in der deutschen Nord- und Ostsee beseitigt, freut sich auch Fritz Vahrenholt vom Windradhersteller Repower Systems: „Damit sind Offshore-Windkraft und konventionelle Kraftwer-

ke an Land endlich gleichgestellt“. Bis 2011 werden seiner Einschätzung nach 1.500 Megawatt ans Netz gehen können, fünf neue Kabel müssten hierfür gebaut werden. In 25 Jahren soll nach dem Willen der Bundesregierung die Windenergiekapazität auf See auf 20.000 bis 25.000 Megawatt ausgebaut sein. Um dies zu erreichen, wird jede Kilowattstunde Strom aus Offshore-Windrädern über das Erneuerbare-Energien-Gesetz je nach Küstentfernung bis zu 20 Jahre lang mit maximal 9,1 Cent vergütet. Ab 2030 sollen so Windanlagen in Nord- und Ostsee 15 Prozent des deutschen Strombedarfs decken können. Zuvor muss allerdings das Stromnetz verstärkt werden, um den Strom vom äußersten Norden zu den Verbrauchszentren

## Photovoltaik

# Organische Solarzellen

Es ist altbekannt: Eine Leuchtdiode spendet Licht, eine Solarzelle liefert Strom. Trotz der unterschiedlichen Nutzung besitzen beide im Prinzip den gleichen Kern: eine Doppelschicht aus Elektronen abgebenden bzw. aufnehmenden anorganischen Halbleitern, meist auf Silizium-Basis. Wird diese Schicht beleuchtet, so werden Elektronen freigesetzt und abgesaugt – es fließt Strom. Lässt man umgekehrt Strom fließen, so werden die Elektronen eingefangen – es leuchtet.

Neuerdings funkeln die Displays einiger MP3-Player bunt mit organi-

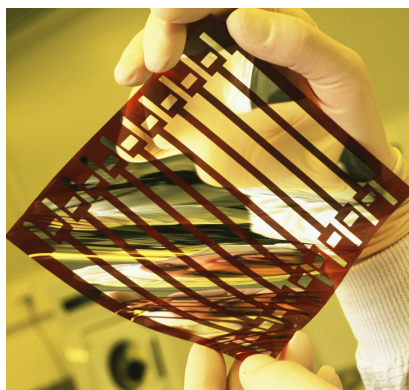
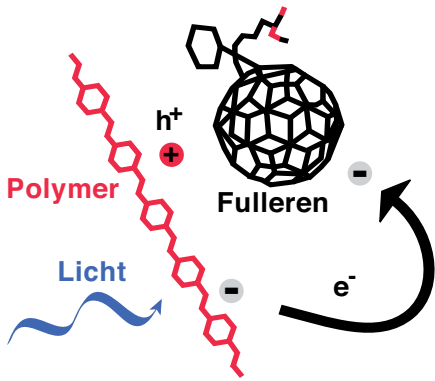


Foto: Siemens Pressebild

- Solarzellen auf Polymerbasis lassen sich auf flexiblen Substraten aufbauen, wie hier auf einer Kunststoff-Folie mit leitfähiger Beschichtung

schen Leuchtdioden. Diese nutzen eine recht neue Materialklasse – halbleitende Kunststoffe bzw. Polymere. Was liegt näher, als auch sie zur Stromgewinnung einzusetzen? Tatsächlich befinden sich diese organischen Solarzellen bereits in einem fortgeschrittenen Entwicklungsstadium: So wie bei den anorganischen Zellen die Doppelschicht die durch Lichteinfall freigesetzten Elektronen trennt, nehmen in den organischen Zellen Fullerene – oder andere organische Akzeptor-Materialien – die von den Polymeren freigesetzten Elektronen auf. Im Vergleich der Systeme zeigen sich die jeweiligen Stärken und Schwächen: Anorganische Zellen besitzen eine lange Lebensdauer, müssen aber unter hohem Energie- und Chemie-Einsatz hergestellt



Funktionsprinzip einer organischen Polymer-Solarzelle

werden. Hingegen altern die organischen Zellen bisher recht schnell. Dafür können sie aber kostengünstig und umweltfreundlich in Druckverfahren auch auf flexiblen Unterlagen aufgebracht werden. So werden neue Anwendungsfelder erschlossen, beispielsweise die

Energieversorgung mobiler Elektronik, Energie liefernde Bekleidungsstücke oder aufrollbare Solarpaneele. Die Anschaffungskosten für beide Systeme sind derzeit vergleichbar hoch: Jeweils rund fünf Euro pro Watt Spitzenleistung. Unter einen Euro könnten sie bei den organischen Zellen fallen. Dafür müssen die organischen Moleküle für die Stromerzeugung optimiert werden: Bisher werden nämlich meist Materialien genutzt, die für Leuchtdioden entwickelt wurden. Mit dem dann höheren Wirkungsgrad von vielleicht zehn statt derzeit zwei bis fünf Prozent könnte die Energie liefernde Fläche zudem kleiner ausfallen. Schon vor über zehn Jahren versprach eine andere organische Zelle billigen Solarstrom: Die Grätzel-Zelle setzt organische Farbstoffe als innere Elektronenpumpe ein.

Grafikvorlage: Universität Oldenburg

Auch die Farbstoff-Zellen können inzwischen auf flexiblen Kunststoffträgern aufgebracht werden. Ihre Markteinführung wird für die nähere Zukunft erhofft. Mittlerweile erreichen aber anorganische Zellen – als Dünnschicht-, Tandem-, Triplett- oder Konzentratormodule mit Sonnennachführung – im Labor hohe Wirkungsgrade bis fast 40 Prozent. Die organischen Schwestern werden ihnen daher beim subventionierten Stromspeichern in das Netz nicht so schnell Konkurrenz machen. Es wird vermutlich etwas dauern, bis sie Anwendungsnischen erobern, etwa die Energieversorgung kurzlebiger mobiler Unterhaltungselektronik, und aus ihnen herauswachsen können. Axel Kampke

➤ Weiteres:

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

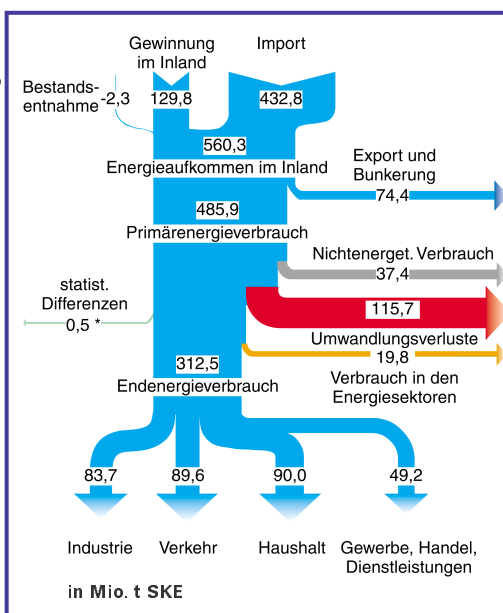
## Energieeffizienz

# Haushalte verbrauchen mehr

**O**bwohl die Energieeffizienz von Elektrogeräten und Gebäuden in den letzten zehn Jahren deutlich verbessert werden konnte, ist der Energieverbrauch der privaten Haushalte nicht gesunken. Im Gegenteil ist er um 3,5 Prozent angewachsen: „Die erheblichen Verbesserungen bei Wärmedämmung, Heizungstechnik und Haushaltsgeräten reichten nicht aus, um den gestiegenen Energieverbrauch der Haushalte auszugleichen, der unter anderem durch eine wachsende Ausstattung mit Elektrogeräten und die zunehmende Wohnfläche verursacht wird“, erklärte Walter Radermacher vom Statistischen Bundesamt in Wiesbaden kürzlich bei der Vorstellung der „Umweltökonomischen Gesamtrechnungen“.

Die meiste Energie – rund drei Viertel – verbrauchen die Haushalte für Raumwärme, den Rest für warmes Wasser sowie für Kochen, Elektrogeräte und Beleuchtung. Vor allem für die letzten drei Posten stieg der Energieverbrauch stark an, um 17,3 Prozent: 2005 wurden dreimal soviel Personalcomputer genutzt als zehn Jahre zuvor, doppelt soviel

Grafik: AG Energiebilanzen



Mehr als ein Viertel des gesamten deutschen Endenergiebedarfs wird in den Haushalten verbraucht. Sie sind damit die größten Energiekonsumenten, knapp gefolgt vom Verkehr. Im vergangenen Jahr entfiel auf die beiden Sektoren, so Berechnungen der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen, ein Anteil von jeweils über 28 Prozent. Es folgten die Industrie mit knapp 27 sowie Gewerbe, Handel und Dienstleistungen mit zusammen rund 16 Prozent.

**ENERGIEFLUSS 2005**

Wäschetrockner, Geschirrspüler und Mikrowellenherde. Dies hat die in der gleichen Zeit erreichte erhebliche Effizienzsteigerung der Geräte mehr als aufgezehrt. Auch für die Heizung verbrauchten die Haushalte 2,8 Prozent mehr Energie: Verbesserte Wärmedämmung und Heizungstechnik konnten zwar den Verbrauch pro Quadratmeter Wohnfläche um rund neun Prozent

senken. Diese Einsparerfolge wurden aber durch die gleichzeitige Erhöhung der genutzten Wohnfläche um 13 Prozent wieder zunichte gemacht.

Für die Teilnehmer des zweiten Energiegipfels, den Bundeskanzlerin Angela Merkel im Oktober einberufen hatte, ist die Steigerung der Energieeffizienz „der Schlüssel zu einer nachhaltigen Energiepoli-

tik“ mit zentraler Bedeutung für die angestrebte Senkung des Energieverbrauchs. Das vorhandene Potenzial ist in der Tat groß – was aber, wie die Studie des Statistischen Bundesamtes zeigt, den Sparerfolg nicht wirklich garantieren kann. bal

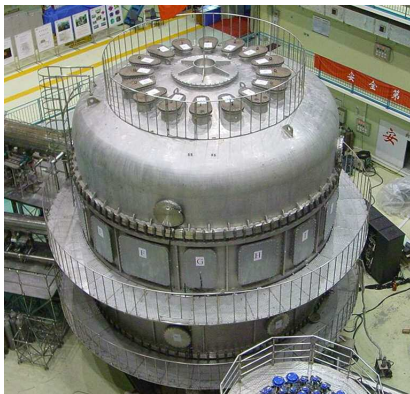
➤ *Weiteres:*  
[www.energie-perspektiven.de](http://www.energie-perspektiven.de)

## Fusionsforschung

# EAST startet in China

Mit der Erzeugung des ersten Plasmas ging Ende September das chinesische Fusionsexperiment EAST, der „Experimental Advanced Superconducting Tokamak“ in Betrieb. Standort ist das Institut für Plasmaphysik der Chinesischen Akademie der Wissenschaften in Hefei. Mit EAST, der ersten vollständig supraleitenden Fusionsanlage vom Typ Toka-

Foto: ASIIP



Die chinesische Fusionsanlage EAST in Hefei

mak, gewinnt China Anschluss an aktuellste Fragen der Fusionsforschung.

Ziel der weltweiten Bemühungen um die Kernfusion ist es, die Energieproduktion der Sonne in einem Kraftwerk nachzuvollziehen. Um das Fusionsfeuer zu zünden, muss der Brennstoff – ein Wasserstoff-Plasma – wärmeisoliert in Magnetfeldern eingeschlossen und auf über 100 Millionen Grad aufgeheizt

## Stromverbrauch

# Weihnachtsbeleuchtung

Rund 77 Millionen Euro werden sich die deutschen Haushalte dieses Jahr ihre Weihnachtsbeleuchtung kosten lassen, so die Prognose des Heidelberger Instituts für Energiedienstleistungen (Ifed). Die dafür verbrauchten 409 Millionen Kilowattstunden würden ausreichen, um etwa 140.000 Haushalte ein Jahr lang komplett mit Strom zu versorgen. Städte und Gemeinden dagegen kommen für ihre weihnachtliche Illumination nur auf 10 Millionen Kilowattstunden. Eine einzige Lichterkette im privaten Bereich verbraucht laut Ifed

über die Weihnachtszeit im Mittel 30 Kilowattstunden oder 5,60 Euro, Lichtschläuche ein Mehrfaches: Stromsparende Leuchtmittel, zum Beispiel LED-Lichterketten, und Zeitschaltuhren sind also sehr zu empfehlen.

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



Foto: Lichterhaus Drensteinfurt

- ▲ Fast 500.000 Birnchen erleuchten das Lichterhaus in Drensteinfurt bei Münster

werden. Während der magnetische Käfig in den meisten Fusionsanlagen heute noch mit Kupferspulen erzeugt wird, benutzt EAST supraleitende Spulen. Auf Tieftemperatur abgekühlt, verbrauchen diese Spulen beim Betrieb kaum Energie. Mit einem Plasmavolumen von rund zehn Kubikmetern besitzt EAST etwa die Dimensionen von ASDEX Upgrade, der als größte deutsche Fusionsanlage im Garching Max-Planck-Institut für Plasmaphysik betrieben wird. Im Vergleich zu dem europäischen Gemeinschaftsexperiment JET und dem geplanten internationalen Testreaktor ITER sind beide nur mittelgroße Anlagen. Mit Hilfe der supraleitenden Magnetspulen strebt EAST jedoch im Unterschied zu den Zehn-Sekunden-Pulsen von ASDEX Upgrade und JET Pulslängen von rund tausend Sekunden an. „Dies macht das Team um die chinesische Anlage zu interessanten Forschungspartnern“, meint Dr. Otto Gruber, Projektleiter von ASDEX Upgrade: „Mit EAST können die fortgeschrittenen Betriebsweisen, die an ASDEX Upgrade sowie an JET entwickelt wurden,

im Langpulsbetrieb untersucht werden“.

Auch an ITER, dem nächsten Schritt der weltweiten Fusionsforschung, ist China beteiligt. Von europäischen, japanischen, russischen und zeitweise auch US-amerikanischen Wissenschaftlern vorbereitet, haben sich dem Projekt neben China zudem Süd-Korea und Indien angeschlossen. Alle drei sind dabei, sich auch im eigenen Land mit modernen Anlagen auszurüsten: Etwas größer als EAST, entsteht in Südkorea zurzeit KSTAR (Korean Superconducting Tokamak Advanced Research). In Indien soll der supraleitende SST-1 demnächst den Betrieb aufnehmen. imi

## 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  
 Redaktion: Isabella Milch  
 Gestaltung: Dagmar Aalden  
 Gedruckt auf 100% Recyclingpapier  
 7. Jahrgang 2006  
**Nächste Ausgabe: März 2007**  
**Abonnement:**  
[www.energie-perspektiven.de](http://www.energie-perspektiven.de)  
 ISSN 1438-5708