

Sonnenkollektoren

WÄRME VON DER SONNE

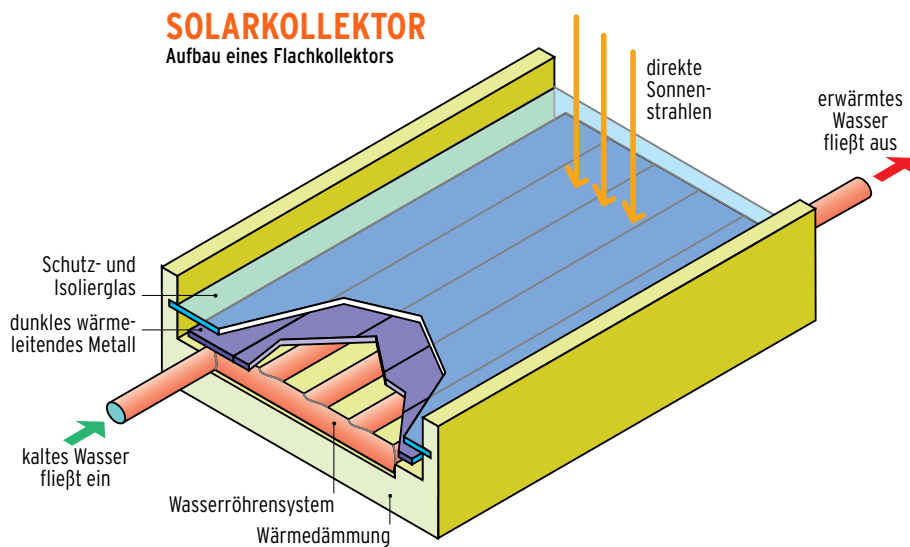
POTENZIALE

In Bayern sind derzeit schätzungsweise über 0,7 Millionen Quadratmeter Kollektorfläche installiert. Im Grunde würden sich jedoch mehr als die Hälfte aller Wohngebäude in Bayern für die Installation einer thermischen Solaranlage eignen. Wenn all diese Gebäude eine Solaranlage zur Warmwasserbereitung erhielten, ergäbe sich im Freistaat eine Kollektorfläche von knapp 10 Millionen Quadratmetern. Der Verbrauch fossiler Energieträger könnte dadurch um 4 Milliarden Kilowattstunden pro Jahr gesenkt werden, und die CO₂-Emissionen würden sich um 1,2 Mio. Tonnen pro Jahr reduzieren.

SONNENENERGIE LÄSST SICH AM EINFACHSTEN IN FORM VON WÄRME NUTZEN. Technisch dienen dazu so genannte Sonnenkollektoren. Ebenso wie sich das Wasser in einem schwarzen Gartenschlauch erwärmt, wenn er in der Sonne liegt, kann man in einem solchen Kollektor solare Wärme einfangen und zur Heizung oder Warmwasserbereitung nutzen. Vergleichsweise kostengünstig sind Sonnenkollektoren in unseren Breiten jedoch nur zur Heizung von Schwimmbädern und zur Wassererwärmung in Haushalten.

Für die Raumheizung sind sie nur bedingt geeignet, da im Winter – also dann, wenn der Heizbedarf am höchsten ist – die Ausbeute am geringsten ist.





Badespaß durch Sonnenenergie

DIE EINFACHSTE BAUWEISE EINES KOLLEKTORS besteht aus einem unverkleideten, nicht isolierten, schwarzen Röhrensystem (Absorber). In ihm fließt das Medium - beispielsweise Wasser -, das die Wärme transportiert. Derartige einfache Absorber setzt man hauptsächlich zur Erwärmung von Freibädern ein.

Im Münchner städtischen Freibad Georgenschwaige nutzt man die Sonnenwärme schon seit 1995. 630 Quadratmeter Absorber in Verbindung mit einem gasbefeuerten Heizkessel sorgen dafür, dass die Badenden immer 24 Grad warmes Wasser in den Becken vorfinden. Seit 1995 hat man auf diese Weise 25.000 Kubikmeter Erdgas eingespart.

Heizung und warmes Wasser aus der Solaranlage

WILL MAN DAS WASSER AUF HÖHERE TEMPERATUREN ERHITZEN, sind Kollektoren mit guter Wärmedämmung notwendig. Der meist aus Metall bestehende Absorber beim Flachkollektor ist auf der Rückseite durch Dämmstoffe, auf der Vorderseite durch eine transparente Scheibe von der Umgebung isoliert.

Noch besser ist die Wärmedämmung, wenn man den Raum zwischen Absorber und Gehäuse luftleer pumpt, wie es beispielsweise beim Vakuumröhrenkollektor der Fall ist. Die Dämmwirkung funktioniert wie bei einer Thermosflasche. Eine weitere Variante, die so genannten Luftkollektoren, benutzen Luft als Trägermedium für die Wärme. Sie wird unmittelbar in die Räume, die man beheizen will, eingeblasen.

Solaranlagen für Wohnbauten bestehen üblicherweise aus Flachkollektoren und dienen hauptsächlich der Warmwasserbereitung. Am wirtschaftlichsten ist eine solche Anlage, wenn man sie so groß baut, dass sie in den Sommermonaten den Warmwasserbedarf komplett decken kann, während sie in den Wintermonaten nur zur Vorwärmung des Wassers beiträgt.

Eine solare Raumheizung hat ihren größten Nutzen in der Übergangszeit. Um die hohe Einstrahlung im Sommer sinnvoll zu nutzen, kombiniert man die solare Raumheizung am besten mit der Warm-

DIMENSIONIERUNG

Kollektorfläche:

Pro Person sollten hier 1 bis 1,3 m² eines Flachkollektors, bzw. 0,8 bis 1,0 m² eines Vakuumröhrenkollektors eingeplant werden.

Speichervolumen:

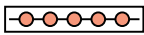



Pro Quadratmeter Kollektorfläche sollten 60 bis 80 Liter Speichervolumen veranschlagt werden, entsprechend dem 1,5- bis 2-fachen des täglichen Warmwasserverbrauchs. Diese Auslegung führt üblicherweise zu einer Energieeinsparung bei der Warmwasserbereitung von 55 bis 65 Prozent.

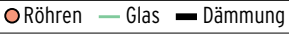
HIMMELSRICHTUNG UND DACHNEIGUNG

Kollektoren zur Warmwasserbereitung installiert man üblicherweise auf den Dachflächen eines Gebäudes. Bei der Warmwasserbereitung erzielt man die maximalen Erträge bei einer Orientierung der Kollektorflächen nach Süden und einer Neigung gegenüber der Horizontalen von 40 bis 50°. Bei Solaranlagen zur Raumheizung ist eine steilere Aufstellung des Kollektors (ca. 45 bis 60° Dachneigung) etwas günstiger. Im Frühjahr und Herbst - die Zeit, in der eine solare Heizungsunterstützung ihre höchsten nutzbaren Erträge beisteuern kann - steht nämlich die Sonne tiefer.

Die solare Einstrahlung auf ein nach Osten oder Westen orientiertes Dach ist im Jahresdurchschnitt etwa 20 Prozent geringer als auf ein Süddach. Dennoch ist die Installation einer Solaranlage auch auf einem Ost- oder Westdach möglich, wenn man die Kollektorfläche etwas größer dimensioniert oder einen geringeren solaren Deckungsgrad in Kauf nimmt.

SONNENKOLLEKTORARTEN

Technik	Querschnitt	Einsatzbereiche
Absorber		Schwimmbäder
Flachkollektor		Brauchwasser, Raumheizung
Vakuumröhrenkollektor		Brauchwasser, Raumheizung, Prozesswärme
Luftkollektor		Raumheizung, Trocknung von Agrarprodukten


Quelle: FfE

WIRTSCHAFTLICHKEIT

Beispielrechnung für thermische Solaranlagen im Einfamilienhaus	Solaranlage für Warmwasserbereitung	Solaranlage für Warmwasserbereitung und Raumheizungsunterstützung
Kollektorfläche	5 m²	12 m²
Energieeinsparung durch die Solaranlage	2200 kWh/a	3200 kWh/a
Investitionskosten	4000,- Euro	9000,- Euro
jährliche Kapitalkosten (Lebensdauer 20 Jahre, Zinssatz 6 %)	350,- Euro	780,- Euro
jährliche Betriebskosten	50,- Euro	120,- Euro
eingesparte Energiekosten pro Jahr	75,- Euro	120,- Euro
Preis pro kWh (ohne Förderung)	18 Cent/kWh	28 Cent/kWh
Preis pro kWh (mit Förderung)	16 Cent/kWh	24 Cent/kWh

„Für uns ist es einfach ein beruhigendes Gefühl, zu wissen, dass das warme Wasser von der Sonne erzeugt wurde.“ ERNST HELLRIEGEL

Solar-Warmwasserbereitung der Familie Hellriegel



wasserbereitung. Bei einem gut gedämmten Haus kann ein solches Heizsystem 20 bis 30 Prozent der Brennstoffkosten einsparen.

Ernst und Bettina Hellriegel entschlossen sich 1999 beim Bau ihres Einfamilienhauses in München, Solarenergie zu nutzen: „Gerade eine Familie mit Kindern verbraucht nun einmal viel warmes Wasser, und so griffen wir die Möglichkeit der Nutzung von Sonnenenergie zur Warmwassererzeugung auf.“ Ob sich ihre Anlage bezahlt macht, wird sich erst in einigen Jahren zeigen. Aber das Kostenargument steht bei ihnen nicht an erster Stelle. Ernst Hellriegel betont: „Bei vielen Dingen des täglichen Lebens ist der Nutzen nicht monetär zu bewerten. Ich denke dabei an Dinge wie Alu-Felgen oder Metallic-Lackierung fürs Auto. Für uns ist es einfach ein beruhigendes Gefühl, zu wissen, dass das warme Wasser, das wir verbrauchen, von der Sonne erzeugt wurde.“

Ähnlich empfinden Claudia und Bernhard Günther in Augsburg, die sich im Jahr 1997 entschlossen, ihren Neubau mit einer Solaranlage auszurüsten. „Bisher läuft sie problemlos, die Erfahrungen mit dem System sind hervorragend“.

Sommerwärme im Winter nutzen

EINE NEUHEIT BEI DER NUTZUNG VON SONNENWÄRME ist das Konzept der solaren Nahwärme. Es geht dabei darum, im Winter die Häuser mit Sonnenwärme zu beheizen, die im Sommer angesammelt wurde. Dazu sind natürlich große Wärmespeicher nötig, etwa Erdbeckenspeicher, Erdsondenspeicher und Aquiferspeicher.

Eine Demonstrationsanlage für solare Nahwärme gibt es in Arnstein bei Würzburg. Dort heizt eine zentrale Solaranlage 20 sehr gut wärmegeämmte Reihenhäuser und sorgt für warmes Wasser. Eine 230 Quadratmeter große Kollektorfläche wandelt die eingestrahelte Sonnenenergie in Wärme um. Sie ist kombiniert mit zwei Speichern: einem 60



ERDBECKENSPEICHER

(Heißwasserspeicher) sind ganz oder teilweise im Erdboden versenkte und mit Wasser gefüllte Betonbehälter. Diese Speicher kann man in nahezu jedem Gelände bauen.

ERDSONDENSPEICHER

nutzen das vorhandene Erdreich als Wärmespeicher. Man kann sie deshalb nur unter entsprechenden geologischen Voraussetzungen einsetzen.

AQUIFERSPEICHER

sind von der Umgebung abgeschlossene Kies-Wasserspeicher. Aquifere kommen zum Teil als natürliche Bodenformation vor, man kann sie aber auch künstlich anlegen.

Kubikmeter Wasser fassenden Pufferspeicher und einem 3000 Kubikmeter großen saisonalen Erdsondenspeicher.

Der Teil der Wärme, der nicht direkt verbraucht wird, wandert zunächst in den Pufferspeicher. Überschüssige Wärme wird durch 50 Meter tiefe Erdsonden im Muschelkalkfels unter dem Wohngebiet saisonal gespeichert. Bei Bedarf wird sie dem Speicher wieder entnommen und über eine Wärmepumpe auf ein höheres Temperaturniveau gebracht. Anschließend wird die Wärme über ein Rohrnetz zum Verbraucher geleitet. Wenn die solare Wärme den Bedarf der Gebäude nicht decken kann, heizt man mit Gas nach. Die Planungen sehen vor, mit dem Nahwärmesystem 60 Prozent des Wärmebedarfs zu decken. Im Vergleich zu konventioneller Heizung vermeidet man damit in Arnstein 40 Tonnen Kohlendioxid pro Jahr.

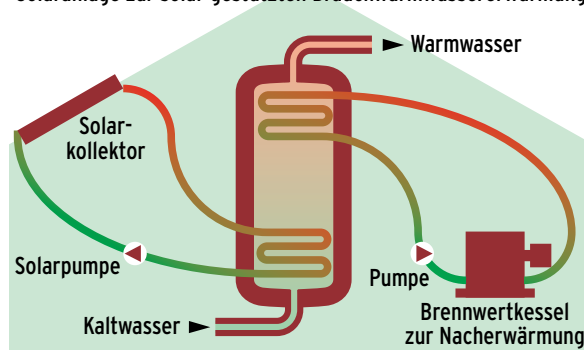
Vakuurröhren-Kollektoren erzeugen Warmwasser für Familie Günther

WAS MÜSSEN SIE BEACHTEN, WENN SIE EINE THERMISCHE SOLARANLAGE AUF IHREM HAUS INSTALLIEREN WOLLEN?

- Besteht auf Ihrem Dach die Möglichkeit, Solarkollektoren anzubringen?
- Prüfen Sie die Ausrichtung der Dachfläche zur Sonne.
- Ist Ihr Dach verschattungsfrei?
- Haben Sie eine zentrale Warmwasserversorgung?
- Kann eine Solaranlage evtl. auch in Ihr Heizsystem integriert werden?
- Vergleichen Sie die Kosten verschiedener Kolleortypen.
- Besprechen Sie mit einem Fachmann das geplante Projekt.
- Vergessen Sie nicht, vorab auch mit konventionellen Mitteln (z.B. Wärmedämmung des Gebäudes, Austausch eines veralteten Kessels) den Energieverbrauch Ihres Gebäudes zu senken.

SOLARTHERMALANLAGE

Solaranlage zur solar gestützten Brauchwarmwassererwärmung



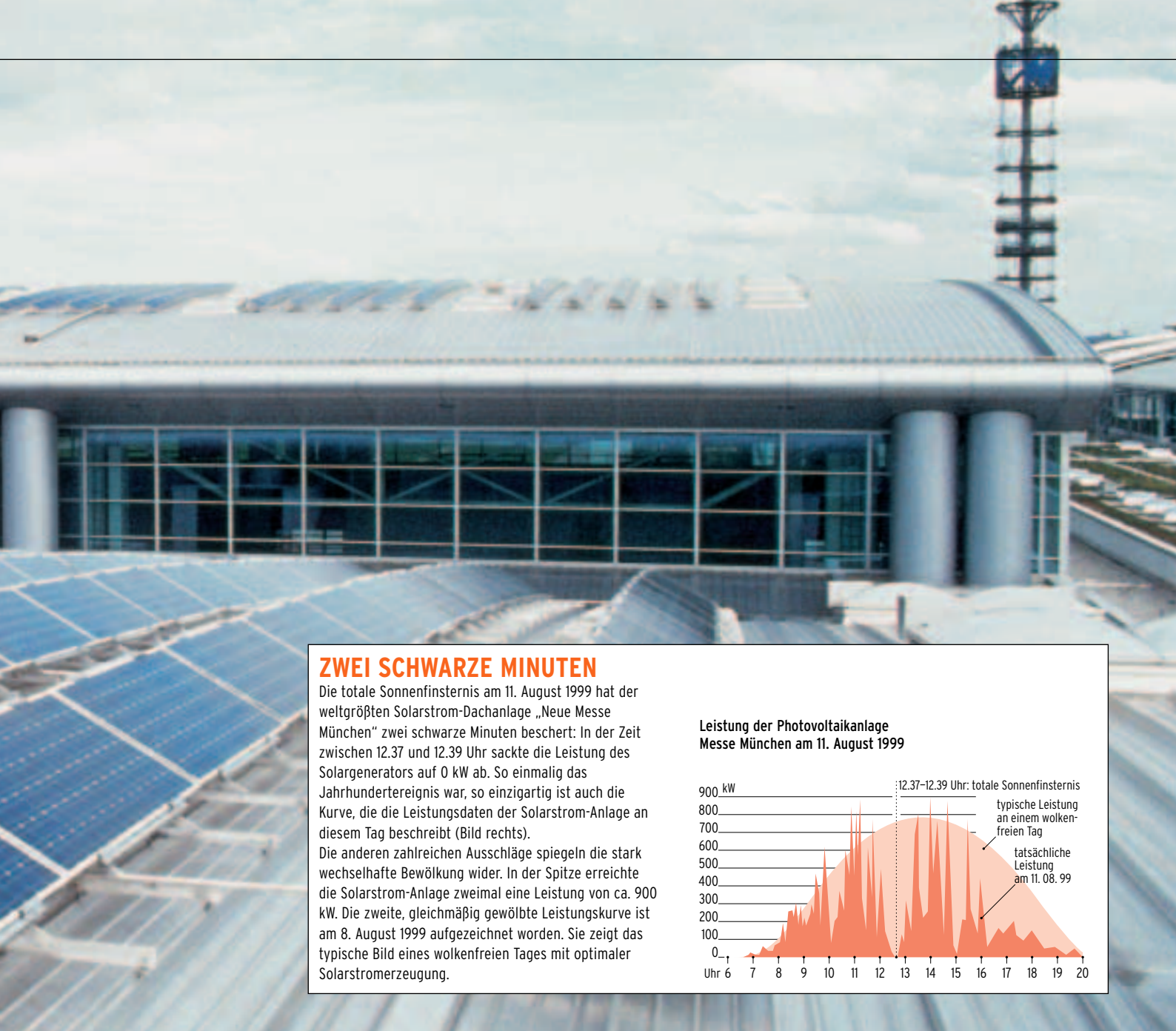


Photovoltaik

Strom aus Sonnenlicht

IN BAYERN STEHT EINE
DER GRÖSSTEN
SOLARZELLENFABRIKEN
EUROPAS

Julia Schauer geht in die erste Klasse der Erich-Kästner-Grundschule in Alzenau. Die mit Solarzellen verkleidete Fassade demonstriert den Schülern unmittelbar, wie man Strom aus Sonne gewinnt.

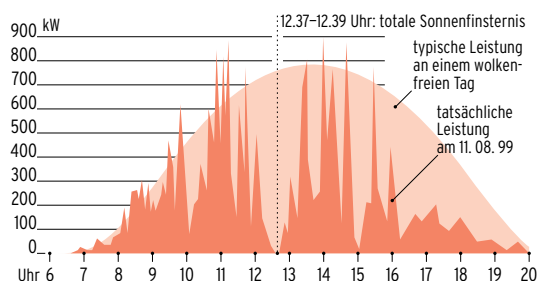


ZWEI SCHWARZE MINUTEN

Die totale Sonnenfinsternis am 11. August 1999 hat der weltgrößten Solarstrom-Dachanlage „Neue Messe München“ zwei schwarze Minuten beschert: In der Zeit zwischen 12.37 und 12.39 Uhr sackte die Leistung des Solargenerators auf 0 kW ab. So einmalig das Jahrhundertereignis war, so einzigartig ist auch die Kurve, die die Leistungsdaten der Solarstrom-Anlage an diesem Tag beschreibt (Bild rechts).

Die anderen zahlreichen Ausschläge spiegeln die stark wechselhafte Bewölkung wider. In der Spitze erreichte die Solarstrom-Anlage zweimal eine Leistung von ca. 900 kW. Die zweite, gleichmäßig gewölbte Leistungskurve ist am 8. August 1999 aufgezeichnet worden. Sie zeigt das typische Bild eines wolkenfreien Tages mit optimaler Solarstromerzeugung.

Leistung der Photovoltaikanlage
Messe München am 11. August 1999



Die Photovoltaikanlage auf den Dächern der Neuen Messe in München ist ein Highlight der Solaraktivitäten in Bayern. Die 8000 m² große Solaranlage mit einer Leistung von 1 Megawatt ist seit 1997 in Betrieb und produziert jährlich über eine Million Kilowattstunden Strom.

SEIT JEHER GIBT UNS DIE SONNE LICHT UND WÄRME; in neuer Zeit kann sie uns sogar auf direktem Weg Strom liefern. Die dazu nötige Technik gibt es seit dem Jahr 1954, als Wissenschaftler der Bell Telephone/USA beobachteten, wie an elektrischen Bauteilen aus dem Halbleiterwerkstoff Silizium eine elektrische Spannung auftrat, sobald Licht darauf fiel. Nachdem die Technologie 1958 zunächst bei der Stromversorgung von Weltraumsatelliten ihre Bewährungsprobe bestanden hatte, findet sie mittlerweile in einer Vielzahl unterschiedlichster Anwendungsfälle ihre praktische Verbreitung. Eine der eindrucksvollsten Anlagen gibt es in der bayerischen Landeshauptstadt München.

Solarparcours und Solarzellenfabrik in der fränkischen Kleinstadt Alzenau

ALS MITGLIED DES BUNDESRECHNUNGSHOFS WEISS RALPH KOHLITZ GENAU, wie man Geld sinnvoll einsetzt. Trotzdem hat er im Jahr 1999 zwölf Quadratmeter Solarzellen auf das Dach seines Hauses in Alzenau montieren lassen. 1,4 Kilowatt leistet die Anlage maximal: Strom, den die Familie Kohlitz aus dem Netz wesentlich billiger haben könnte. „Ich weiß, dass Strom aus Sonnenenergie heute noch unwirtschaftlich ist“, sagt Ralph Kohlitz, „aber wir wollten etwas für die Umwelt tun. Deshalb

SOLARZELLEN

Die Photovoltaik ist eine junge Entwicklung in der Energiewirtschaft. Das wesentliche Element einer Photovoltaikanlage ist die Solarzelle. Für Solarzellen wird überwiegend der Halbleiter Silizium verwendet. Wenn die Sonne auf die Solarzelle scheint, dann wandelt diese das eingestrahelte Licht in elektrische Energie um. Dabei schlagen die Lichtstrahlen Elektronen aus dem Halbleitermaterial heraus, die sich dann im Material bewegen und als Gleichstrom ableitbar sind. Ein Wechselrichter wandelt den erzeugten Gleichstrom in den haushaltsüblichen Wechselstrom um. Der Besitzer einer Photovoltaikanlage kann den Strom entweder selbst verbrauchen oder er speist ihn in das öffentliche Netz ein.

haben meine Frau und ich uns zu der Investition entschlossen.“ Pro Jahr spart seine Solaranlage eine Tonne Kohlendioxid ein, die sonst bei der Stromgewinnung aus fossilen Brennstoffen entstanden wäre.

Ähnlich dachten auch viele andere Bewohner der Kleinstadt Alzenau im nordwestlichsten Eck Bayerns. Sie beteiligten sich an einem vom Freistaat Bayern geförderten Photovoltaik-Gemeinschaftsprojekt der Stadt Alzenau und der Herstellerfirma RWE Solar GmbH. „Unser Solarparcours umfasst 21 Stationen mit den unterschiedlichsten Anwendungen“, erklärt Umweltreferent Dr. Michael Neumann. Neben einigen Einfamilienhäusern und größeren Gebäuden mit aufgeständerten Solarzellen gibt es eine Bushaltestelle mit Solardach und die Fassade der Grundschule, die mit Solarzellen verkleidet ist, ebenso wie den Carport der Familie Stein, der die Autos schützt und gleichzeitig Strom erzeugt. In den Kumpfgärten, einer Kleingartenanlage, leuchten Straßenlaternen, deren Batterien tagsüber mit Solarstrom aufgeladen werden. „Sehr praktisch“, freut sich Kleingärtner Hans-Peter Schmitt, „der etwas abgelegene Weg ist so hell genug beleuchtet.“

In dem Alzenauer Solarparcours wird aber nicht nur Strom produziert; wie in einer Photovoltaik-Fachausstellung werden in Alzenau auch die vielfältigen Einsatzvarianten dieser solaren Stromerzeugung im praktischen Betrieb demonstriert. So hat beispielsweise die größte Anlage des Projekts auf dem Dach des örtlichen Bauhofs 43 Kilowatt Leistung. Sie läuft seit 1998 problemlos und hat die erwartete Energieausbeute in den ersten beiden Jahren bereits übertroffen. Auch die Solarzellen auf dem Forstamt, die schon seit 1995 arbeiten, zeigten bis her keine Probleme. Die Solarzellen haben sich mittlerweile zum festen Bestandteil des Stadtbildes entwickelt. In der Kindertagesstätte Iglauer Abenteuerland kommen die Kinder sogar schon im Sandkasten mit der Solarenergie in Berührung. Und wer die Fußgängerampel am Mühlweg benutzt, macht sich heute kaum mehr darüber Gedanken, dass diese Anlage allein durch Solarenergie betrieben wird.

Große, mittlere und kleine Solaranlagen, konventionell gestaltete ebenso wie hochmoderne bis hin zum photovoltaischen Dachziegel - alles bietet der Solarparcours Alzenau.

In Bayern steht eine der größten Solarzellenfabriken Europas

DAS UNTERNEHMEN RWE SOLAR macht die fränkische Kleinstadt zu einem Photovoltaik-Zentrum. Hier steht eine der modernsten und größten Produktionsanlagen für Solarzellen in Europa. „Der weltweite Markt für Photovoltaik boomt“, so Dr. Winfried Hoffmann, Geschäftsführer der RWE Solar. „Nach durchschnittlichen Zuwachsraten von 20 Prozent Mitte der neunziger Jahre betrug der Anstieg im Jahr 1997 rekordverdächtige 40 Prozent. Allein in jenem Jahr haben die Deutschen rund 100.000 Quadratmeter Solarzellen installiert, das entspricht in etwa unserer derzeitigen Jahresproduktion.“

ERWARTETE ENERGIEAUSBEUTE

Die maximale Leistung einer Solarzelle wird in kW_{Peak} angegeben. Dies entspricht der elektrischen Solarzellenleistung bei einer Sonneneinstrahlung von 1000 W/m² (bei einer Solarzellentemperatur von 25° C). Diese maximale Leistung wird jedoch in Deutschland nur an wenigen Stunden im Jahr erreicht. Entscheidend ist jedoch die jährliche Stromerzeugung der Photovoltaikanlage. Die gleiche Solarzelle erzeugt an einem sonnenreichen Standort deutlich mehr Solarstrom als in einer wolkenreichen Region. Aber auch die Ausrichtung der Solarzellen, also Neigung und Himmelsrichtung, beeinflusst den jährlichen Ertrag. Durchschnittlich erzeugt eine Photovoltaikanlage mit einer maximalen Leistung von 1 kW_{Peak} in Deutschland jährlich etwa 800 bis 1000 kWh Strom.

PHOTOVOLTAIK

Das Name Photovoltaik entstand aus dem griechischen Wort phos, was Licht bedeutet, und Volt, der physikalischen Einheit der elektrischen Spannung.

FASSADE

Eine Photovoltaikanlage erzeugt den meisten Solarstrom, wenn sie möglichst direkt von der Sonne angestrahlt wird. Solarzellen sollten deshalb nach Süden ausgerichtet werden. Optimale Ergebnisse liefern Solarzellen auf Dächern mit einer Neigung von etwa 30° bis 40°. Der Ertrag einer senkrechten Photovoltaikfassade ist ungefähr 30 Prozent niedriger. Bei Photovoltaikanlagen ist darauf zu achten, dass keine benachbarten Häuser oder Bäume die Solarzellen beschatten. Auch wenn der Schatten nur auf einen kleinen Teil der Photovoltaikanlage fällt, kann sich der Ertrag der gesamten Anlage deutlich verschlechtern.

STRASSENLATERNEN

Sollen einzelstehende Geräte oder Gebäude mit Strom versorgt werden, dann ist eine Photovoltaikanlage oft auch eine kostengünstige Alternative. Der netzunabhängige Betrieb von Photovoltaikanlagen bietet sich an, wenn die Verlegung eines Stromanschlusses zu teuer wäre. Dies ist beispielsweise bei Berghütten, bei einsamen Bauernhöfen oder, wie in unserem Fall, bei einer abgelegenen Straßenlaterne der Fall. Damit auch in Zeiten, in denen die Sonne nicht scheint, ausreichend Strom zur Verfügung steht, muss der Strom in einer Batterie zwischengespeichert werden.

INVESTITION

Für eine Photovoltaikanlage mit einer maximalen Leistung von 1 kW muß man ungefähr 6650,- Euro bezahlen. Wer das Geld nicht sofort aufbringen will, kann beispielsweise über das so genannte 100.000-Dächer-Solarstrom-Programm zinsgünstige Kredite aufnehmen. Eine zusätzliche Unterstützung bekommen Photovoltaikanlagen durch das am 1. April 2000 verabschiedete „Erneuerbare-Energien-Gesetz“, auf dessen Grundlage die Einspeisung von Photovoltaikstrom in das öffentliche Netz mit bis zu 51 Cent je kWh vergütet wird. Trotzdem ist eine Photovoltaikanlage heute noch nicht wirtschaftlich, da die Stromerzeugungskosten bei ungefähr 66 Cent bis 87 Cent pro kWh liegen.





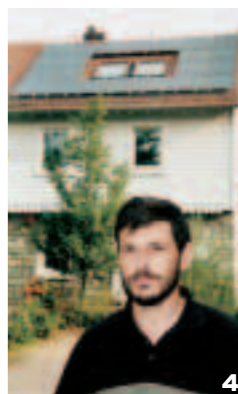
1 Ralph Kohlitz hat viel Geld für Solarzellen ausgegeben: »Solarstrom ist heute noch sehr teuer, aber wir wollten etwas für die Umwelt tun.«

2 Die Citybus-Haltestelle im Alzenauer Vorort Wasserlos hat ein gewölbtes Solardach mit einer Leistung von 100 Watt.

3 Die Straßenlaternen in den Kumpfgärten in Alzenau speichern tagsüber Sonnenenergie, nachts leuchten sie. Kleingärtner Hans-Peter Schmitt: »Die Straßenlaternen scheinen hell genug für die Beleuchtung der Wege.«

4, 5 Umweltreferent Michael Neumann: »Dies ist die älteste Anlage in Alzenau. Wir nahmen sie 1995 in Betrieb und haben bisher nur gute Erfahrungen damit gemacht.«

6 Die 130 Kinder in der Kindertagesstätte Iglauer Abenteuerland haben Solarnutzung tagtäglich vor Augen, als Sonnenschutz über dem Sandkasten. Erzieherin Martina Krautschneider findet das gut: »Man soll die Kleinen schon früh über Energie aus der Sonne informieren.«



„Man soll die Kleinen schon früh über Energie aus der Sonne informieren.“

MARTINA KRAUTSCHNEIDER, ERZIEHERIN



Dr. Hoffmann ist verantwortlich für die hochmoderne Produktionsanlage für Solarzellen in Alzenau

„Der weltweite Markt für Photovoltaik boomt.“

DR. WINFRIED HOFFMANN, GESCHÄFTSFÜHRER DER RWE SOLAR

80 Meter sind die beiden vollautomatischen Produktionslinien jeweils lang, die in der Werkshalle der RWE Solar stehen. Insgesamt erzeugt die Fabrik pro Jahr Solarzellen mit einer Leistung von 13 Megawatt.

Das Ausgangsmaterial dieser Solarzellen sind dünne Siliziumscheiben, so genannte Wafer, die RWE Solar aus den USA bezieht. Dort stellt man sie mit Hilfe eines besonders rohstoffsparenden Verfahrens her, der so genannten Oktagon-Technologie. „Während bei der konventionellen Technik, dem Zersägen massiver Siliziumblöcke, nur etwa die Hälfte des Ausgangsmaterials genutzt werden kann, erzeugen wir mit unserer Methode gleich dünne Folien aus Silizium“, erklärt Geschäftsführer Dr. Winfried Hoffmann.

Die Fertigungshalle der RWE Solar in Alzenau ist ein Reinraum, so sauber, dass man vom weiß lackierten Boden essen könnte. Kein Staub darf in der Luft sein, er könnte sich womöglich auf der Oberfläche der Wafer ablagern und die Qualität vermindern. Hinter Glasscheiben arbeiten Robotergreifer und legen die höchst zerbrechlichen Scheiben sanft auf die Förderbänder. Kontinuierlich durchlaufen sie die Fertigungsstraße mit ihren Produktionsschritten Reinigung, Dotieren mit Phosphor, Abätzen, Aufbringen der Antireflexschicht, Veredelung der Oberfläche und Aufdrucken der elektrischen Kontakte. Am Ende steht die Qualitätskontrolle. Jede Zelle wird genau vermessen und nach ihren Eigenschaften eingeordnet. „Der Wirkungsgrad eines Moduls richtet sich nach der jeweils schlechtesten Zelle“, erklärt Produktionsleiter Bernd Woesten, „deshalb ist es sinnvoll, stets Solarzellen mit den gleichen Eigenschaften zu einem Modul zu kombinieren.“ Die fertigen Solarzellen werden dann an die Modulhersteller weitergeliefert. „Wir könnten natürlich auch selbst fertige Module produzieren“, sagt Dr. Hoffmann, „aber wir konzentrieren uns zunächst lieber auf unser

OKTAGON-TECHNOLOGIE

Das Herstellungsverfahren der Oktagon-Technologie ist durch ein internationales Patent geschützt. Es arbeitet besonders materialsparend, da es eine Siliziumröhre erzeugt, deren Wandstärke bereits der Dicke der späteren Solarzellen entspricht. Dazu zieht man aus der 1420 Grad heißen Siliziumschmelze ganz langsam eine achteckige Röhre hoch; ihr Durchmesser beträgt 25 Zentimeter. Das Material kühlt sofort ab, und es dauert rund fünf Stunden, bis die Röhre fünf Meter hoch ist. Ein Laserstrahl zerschneidet sie anschließend in die 10 x 10 Zentimeter großen Wafer.

AUSGANGSMATERIAL

Das Ausgangsmaterial für die Herstellung der kristallinen Solarzellen ist der Halbleiter Silizium. Das Silizium wird gereinigt und so lange erhitzt, bis es schmilzt. Beim Abkühlen bildet sich der mono- oder multikristalline Siliziumblock. Monokristalline Solarzellen sind zwar teurer, haben jedoch einen höheren Wirkungsgrad (15 - 20 Prozent) als polykristalline Solarzellen (13 - 16 Prozent). Eine Säge schneidet den Siliziumblock in dünne Scheiben. Die fertigen Siliziumwafer sind das Ausgangsprodukt für die Herstellung der kristallinen Solarzellen. Amorphe Solarzellen sind Dünnschichtzellen mit einem geringeren Wirkungsgrad (6 - 8 Prozent). Bei der Herstellung wird auf ein Trägermaterial (z. B. Glas, Blech) eine sehr dünne Siliziumschicht aufgedampft. Hauptanwendungsgebiete der amorphen Solarzellen sind Kleingeräte wie Uhren und Taschenrechner etc. In Bayern wird Silizium im Chemiedreieck Burghausen und in Wasserburg hergestellt.

WIRKUNGSGRAD

Der Wirkungsgrad gibt an, welcher Anteil der eingestrahnten Sonnenenergie tatsächlich in Strom umgewandelt wird.



Kerngebiet und überlassen die Montage der Module der mittelständischen Industrie.“

Vielseitiges Photovoltaik-Know-how in Bayern

MIT DER SHELL SOLAR GMBH IN MÜNCHEN befindet sich eine weitere Firma mit großem Photovoltaik-Know-how in Bayern. Das Unternehmen hat bis heute insgesamt Solarzellen und -module mit einer Leistung von mehr als 200 MW ausgeliefert. Dies entspricht einem Fünftel der gesamten weltweit installierten Leistung.

Dünne Schichten - aussichtsreiche Technologien

UM LANGFRISTIG EINE KOSTENMINDERUNG BEI DER PHOTOVOLTAIK zu erreichen und den hohen Forschungsstand Deutschlands zu halten, müssen verstärkt Solarzellen der nächsten Generation entwickelt und zur Produktionsreife gebracht werden. Dabei handelt es sich unter anderem um die Dünnschicht-Solarzellen, deren Erforschung und Entwicklung in Deutschland, aber auch in Japan und den USA mit großem Nachdruck vorangetrieben werden.

Im Vergleich zu den konventionellen Silizium-Technologien ist bei Dünnschicht-Technologien der Materialeinsatz um den Faktor 100 kleiner, der Energieverbrauch bei der Herstellung geringer und die Produktionstechnik stärker automatisierbar.

Shell Solar verfolgt die Entwicklung einer material- und kostensparenden Dünnschicht-Technologie auf der Basis von Kupfer-Indium-Diselenid (CIS). Die ersten Produkte dieser neuen Technologie haben einen Wirkungsgrad von über 10 Prozent und werden zur Zeit weltweit in einer Reihe von Anlagen mit jeweils ca. 1,3 Kilowatt installierter Leistung getestet. Man will erforschen, wie sich der Jahres-Energieertrag der CIS-Solarmodule unter den unterschiedlichen klimatischen Bedingungen darstellt.

DOTIEREN MIT PHOSPHOR

Unter Dotieren versteht man das gezielte Einbringen von Fremdatomen (z. B. Bor und Phosphor) in die Siliziumscheiben. Ziel ist die Herstellung von zwei Schichten mit unterschiedlichen elektrischen Eigenschaften. Der Übergangsbereich zwischen den beiden Schichten - der so genannte p/n-Übergang - ist das Kernstück für die Umwandlung von Licht in Strom in der Solarzelle. Die p-Schicht wird erzeugt, indem man dem Ausgangsmaterial der Wafer bereits etwas Bor beimischt. Bor erzeugt einen Elektronenmangel, deshalb nimmt die p-Schicht mit Vorliebe Elektronen auf. Das Phosphor wird bei der Solarzellenproduktion auf die Oberseite der Wafer aufgebracht. Phosphor erzeugt einen Elektronenüberschuss, wodurch sich die n-Schicht ergibt.

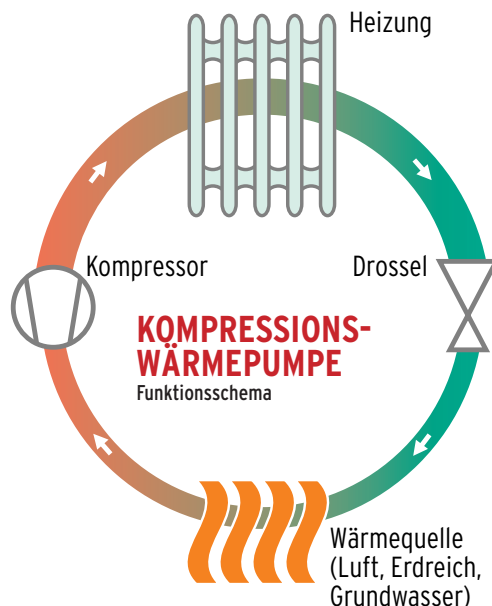
Wärmepumpe: Energie aus der Umwelt

WEDER DIE AUSSENLUFT, NOCH DAS ERDREICH ODER DAS GRUNDWASSER sind warm genug, als dass man ihre Wärme direkt zum Erhitzen von Wasser oder zum Heizen nutzen könnte. Ein Trick hilft hier aber weiter: der Einsatz einer Wärmepumpe. Mit ihrer Hilfe kann man die ansonsten nicht nutzbare Umweltenergie auf ein höheres Temperaturniveau anheben. In Bayern gibt es etwa 15.000 Wärmepumpenanlagen.

Wärmepumpen funktionieren ähnlich wie ein Kühlschrank. Bei einem Kühlschrank wird dem Kühlraum ständig Wärme entzogen und an der Geräterückseite bei höherer Temperatur an die Umgebung abgegeben. Dazu ist ein Kompressor notwendig. Analog dazu wird bei einer Wärmepumpe die Wärme einer Wärmequelle entzogen. Die Wärme wird an das Heizungssystem abgegeben. Auch hier ist ein mittels Elektro- oder Gasmotor angetriebener Kompressor notwendig. Bei der Elektro-Wärmepumpe kommen etwa drei Viertel der Heizwärme aus der Umwelt, und nur etwa ein Viertel muss als Strom für den Antrieb zugeführt werden. Er sorgt dafür, dass die Umweltwärme auf eine für die Heizung oder Warmwasserbereitung nutzbare Temperatur „hochgepumpt“ wird.

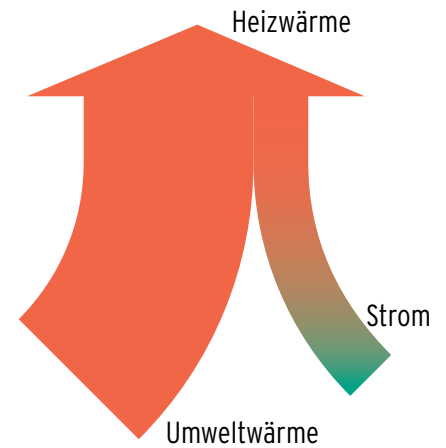
Erde, Luft und Wasser als Wärmequellen

Umweltwärme kann man aus Luft, Grundwasser oder Erdreich gewinnen. Jede Quelle hat ihre Vor- und Nachteile.



FUNKTIONSPRINZIP WÄRMEPUMPE

Grundsätzlich unterscheidet man Kompressionswärmepumpen und Absorptionswärmepumpen. Die gebräuchlichere Variante ist die Kompressionswärmepumpe. Sie wird meist von einem Elektromotor, in selteneren Fällen von einem Verbrennungsmotor angetrieben. Das so genannte Kältemittel sorgt für den Transport der Wärme. Alle Kältemittel nehmen, wie auch Wasser, beim Verdampfen viel Wärme auf und geben diese Wärme wieder ab, wenn sie kondensieren. Bei welcher Temperatur Kältemittel verdampfen oder kondensieren, hängt unter anderem vom Druck ab. Je höher der Druck, um so höher die Temperatur, bei der das Kältemittel zu sieden beginnt (Siedetemperatur). Bei der Wärmepumpe verdampft das Kältemittel in der Wärmequelle bei niedrigem Druck und niedriger Temperatur, wobei es Wärme aufnimmt. Um die aufgenommene Wärme an die Heizung abzugeben, muss der Druck soweit erhöht werden, dass das Kältemittel wieder kondensiert. Hierfür ist der Kompressor notwendig. Über die Drossel wird der Druck wieder reduziert und der Kreislauf geschlossen.



ENERGIEFLUSS

bei einer elektrischen
Kompressionswärmepumpe



Erdreich: Erdreichkollektor



Erdreich: Erdwärmesonden



Grundwasser: Entnahme- und
Schluckbrunnen



Außenluft: Wärmetauscher mit
Ventilatoren
Quelle: BWP

Entnimmt man die Wärme der Erde, setzt man am besten senkrechte Wärmetauscher (Erdsonden) ein, die man üblicherweise bis zu 100 Meter tief in die Erde einbringt. Eine Alternative hierzu sind großflächige, horizontale Wärmetauscher. Bei Neubauten kann man solche Erdreichwärmetauscher unter die Gartenoberfläche legen lassen. Dies setzt allerdings voraus, dass der Garten etwa ein bis zwei Mal so groß ist wie die Wohnfläche. Das Wachstum der Pflanzen im Garten beeinträchtigt eine solche Anlage kaum.

Grundwasser ist als Wärmequelle nur interessant, wenn es in weniger als zwanzig Metern Tiefe vorkommt, sonst sind die Baukosten für Entnahme- und Schluckbrunnen für einen Privathaushalt zu hoch. Erdreich und Grundwasser stellen auch im tiefsten Winter leistungsfähige Wärmequellen dar, so dass Zusatzheizungen überflüssig sind.

Luft als Wärmequelle ist interessant, weil sie überall verfügbar und vergleichsweise kostengünstig erschließbar ist. Diese Wärmequelle hat jedoch den Nachteil, dass man bei zu geringer Außentemperatur mit Strom oder Brennstoff zuheizen muss.

Wann ist eine Wärmepumpe sinnvoll?

WÄRMEPUMPEN HABEN DIE EIGENHEIT, DASS IHRE LEISTUNGSFÄHIGKEIT sinkt, je kälter die Wärmequelle und je höher die Heiztemperatur ist. Wegen ihrer gleichmäßigen, relativ hohen Temperatur sind daher Wärmequellen wie Grundwasser und Erdreich besonders günstig. Aber auch auf Seiten der Heizung müssen die Rahmenbedingungen passen. In einem Altbau, der für seine alten Heizkörper Vorlauftemperaturen von 60 Grad Celsius und mehr erfordert, wird auch die beste Wärmepumpe nicht zufriedenstellend arbeiten. Am besten eignen sich eine Fußbodenheizung oder großflächige Niedertemperaturheizkörper mit Vorlauftemperaturen von maximal 35 Grad Celsius.

Wärmepumpenanlagen sind in der Anschaffung meist teurer, im Betrieb aber kostengünstiger als Heizkessel. Wann eine Wärmepumpe wirtschaftlich arbeitet, lässt sich nicht pauschal sagen. Der Verbraucher sollte deshalb vor dem Einbau eines solchen Heizsystems folgende Fragen klären:

1. Was kostet Öl, Gas oder Fernwärme?
2. Was kostet der Strom für die Wärmepumpe (Sondertarif)?
3. Welche Wärmequelle kann man verwenden?
4. Welches Heizungssystem wird eingesetzt?
5. Welche Kosten einer konventionellen Heizung können der Wärmepumpe gutgeschrieben werden? (Entfall eines Kamins)
6. Welche Förderung bekommt man am gewählten Standort?

ENERGIEBILANZ EINER WÄRMEPUMPE

Bei der energetischen Gesamtbilanz der Wärmepumpe ist zu berücksichtigen, dass die Erzeugung des zu ihrem Antrieb benötigten Stroms aus physikalischen Gründen mit Energieverlusten verbunden ist (in Deutschland etwa zwei Drittel der eingesetzten Primärenergie). Wärmepumpen sind dann ökologisch sinnvoll, wenn man insgesamt eine Ersparnis an Primärenergie im Vergleich zu einer konventionellen Wärmeversorgung erreichen kann. Wärmepumpen lassen sich bei günstigen Einsatzbedingungen und staatlicher Förderung bereits wirtschaftlich betreiben.

BILDNACHWEIS

Titel: Michael Pasdzior, E.ON, Foto Factory/Alexander Obst, Picture Press, look

Seite 6/7: Michael Pasdzior

Seite 8/9: Deutsches Museum, Photonica

Seite 10/11: Deutsches Museum, Michael Pasdzior

Seite 12/13: Bayerisches Wirtschaftsarchiv, Deutsches Museum, look

Seite 15 und 18: Foto Factory/Alexander Obst

Seite 20/21: Foto Factory/Alexander Obst, E.ON Wasserkraft,
Landesverband Bayerischer Wasserkraftwerke

Seite 23: Mauritius

Seite 24/25: Photonica

Seite 26/27: Photonica, Michael Pasdzior

Seite 28/29: Foto Factory/Alexander Obst

Seite 30/31: Foto Factory/Alexander Obst, Tony Stone

Seite 32/33: Foto Factory/Alexander Obst

Seite 34/35: Picture Press, Projekt Greußenheim, Zefa

Seite 36/37: MR-Sulz, Tony Stone

Seite 39: Stefan Moses

Seite 40/41 und 42/43: Dieter Leistner/artur

Seite 44/45: Dieter Leistner/artur, Verlag Gerd Hatje, Verena Herzog-Loibl

Seite 46: Haase & Partner, Fink + Jocher

Seite 48/49: Dieter Leistner/artur, Prestel Verlag

Seite 50/51: Tony Stone

Seite 52/53: Foto Factory/Alexander Obst

Seite 54/55: Messe München, Foto Factory/Alexander Obst

Seite 56/57 und 58/59: Foto Factory/Alexander Obst

Seite 61: FP-Werbung

Seite 63: Tony Stone

Seite 64/65: Foto Factory/Alexander Obst

Seite 66/67: Stadtwerke München

Seite 68/69: Foto Factory/Alexander Obst

Seite 70: Picture Press

HINWEIS

Diese Druckschrift wird im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit der Bayerischen Staatsregierung herausgegeben. Sie darf weder von Parteien noch von Wahlwerbern oder Wahlhelfern im Zeitraum von fünf Monaten vor einer Wahl zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für Landtags-, Bundestags-, Kommunal- und Europawahlen. Missbräuchlich ist während dieser Zeit insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken und Aufkleben von parteipolitischen Informationen oder Werbemitteln. Untersagt ist gleichfalls die Weitergabe an Dritte zum Zwecke der Wahlwerbung. Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die Druckschrift nicht in einer Weise verwendet werden, die als Parteinahme der Staatsregierung zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte. Den Parteien ist gestattet, die Druckschrift zur Unterrichtung ihrer eigenen Mitglieder zu verwenden. Die Druckschrift wurde mit großer Sorgfalt zusammengestellt. Gewähr für die Richtigkeit und Vollständigkeit des Inhalts kann dessen ungeachtet nicht übernommen werden.

IMPRESSUM

Herausgeber: Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Verkehr und Technologie

Postanschrift: 80525 München

Hausadresse: Prinzregentenstr. 28, 80538 München

Telefon: 0 89/21 62-23 03, 0 89/21 62-01

Fax: 0 89/21 62-35 99, 0 89/21 62-27 60

E-Mail: info@stmwvt.bayern.de, Poststelle@stmwvt.bayern.de

Internet: <http://www.stmwvt.bayern.de>

Fachliche und gestalterische Konzeption: Forschungsstelle für Energiewirtschaft, München; Zeitbild Verlag GmbH, München

Druck: Bartels & Wernitz, München

© **Copyright:** Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Verkehr und Technologie