

# Die Kraft der Sonne nutzen!

## Solarthermie und Photovoltaik



# Die Kraft der Sonne nutzen! – Solarthermie und Photovoltaik

## Nutzung der Sonnenenergie

Die Sonnenenergie ist die Quelle allen Lebens. Sie ist ursächlich am Aufbau von Biomasse beteiligt, der u.a. als heimischer Energieträger eine wachsende Bedeutung zukommt. Die Sonne ist der Motor für Luftbewegungen (Windkraft) und sie treibt den Wasserkreislauf (Wasserkraft) an. Deren gemeinsamer Beitrag zur Stromversorgung in Deutschland beträgt etwa 6,5 Prozent (Prognose für 2004: 8 Prozent). Eine direkte Anwendung der Strahlungsenergie findet sich in Solaranlagen, die nutzbare Wärme (Solarthermie) bzw. Strom (Photovoltaik) produzieren.

Innerhalb der nächsten Jahrzehnte sollte es aufgrund der Anforderungen an den Klimaschutz und aufgrund der Begrenztheit fossiler Energieressourcen gelingen, die Energieversorgung umfassend regenerativ zu gestalten. Die Grafik des Deutschen Instituts für Luft- und Raumfahrt weist einen gangbaren und notwendigen Weg zum Umstieg auf unerschöpfliche Energiequellen.

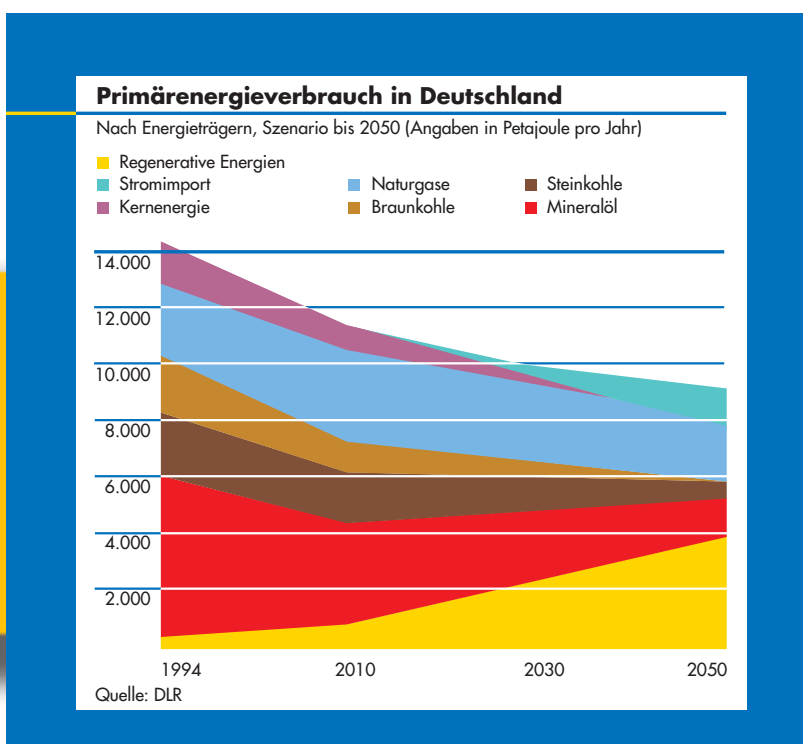
## Himmlische Energie

Auf die Erdoberfläche treffen bis zu 1.000 Watt Strahlungsleistung pro Quadratmeter. In der Summe entspricht dies dem mehr als 6000fachen des weltweiten Energiebedarfs der Menschheit. Die solare Energie, die innerhalb eines Jahres auf Nordrhein-Westfalen trifft, beträgt 1.000 Kilowattstunden (kWh) pro Quadratmeter. Selbst in der Sahara ist dieser Wert lediglich etwa doppelt so hoch.

Die Globalstrahlung (Gesamtstrahlung) setzt sich in unseren häufig bewölkten Breiten jeweils zur Hälfte aus direkter (bei sichtbarer Sonne), bzw. diffuser (Tageshelligkeit auch bei Bewölkung) Strahlung zusammen. Solaranlagen nutzen beides gleichermaßen.

Mit dieser Broschüre, die Teil der Solaroffensive des Landes NRW ist, möchte die Energieagentur NRW Baufamilien informieren und motivieren, Solaranlagen in die Planung des Neubaus zu integrieren oder bei einer Sanierung zu berücksichtigen.

Weiteres Informationsmaterial für Solarinteressierte nennen die Internetseiten der Energieagentur NRW unter [www.ea-nrw.de](http://www.ea-nrw.de)





## Solarwärme, Solarthermie

### Die Geschichte des Sonnenkollektors

Ausgelöst durch den Schock der ersten Ölkrise setzten Mitte der Siebzigerjahre vielfältige Aktivitäten ein, brauchbare Konzeptionen für die Solarenergienutzung zu entwickeln. Die erste Anlagengeneration brachte aber zunächst Ernüchterung. In den achtziger Jahren verschwand die Solartechnik nahezu aus dem Blickfeld der Öffentlichkeit. Trotzdem vollzog sich in dieser Zeit eine „Professionalisierung“ der Branche.

### Aktuelle Situation

Der solare Wärmemarkt ist sehr dynamisch. Das jährliche Wachstum liegt derzeit bei rund 30 Prozent. Bei einem Absatz von einer dreiviertel Million Quadratmeter Kollektorfläche im Jahr 2000 hat sich seit Beginn der Neunzigerjahre der Markt mehr als verzehnfacht. Mehr als 10.000 sichere Arbeitsplätze wurden geschaffen. Deutschland ist heute weltweit der größte Markt für solarthermische Anlagen. Zahlreiche, vor allem mittelständische Unternehmen bieten thermische Solaranlagen an und installieren sie vor Ort.

Solaranlagen zur Trinkwassererwärmung und zur Raumheizung verfügen heute über ein hohes Maß an technischer Zuverlässigkeit und Effizienz. Langzeituntersuchungen haben gezeigt, dass solarthermische Anlagen auch nach zwanzig Jahren wie am ersten Tag zuverlässig Wärme erzeugen. Inzwischen wurden auf europäischer Ebene auch einheitliche Normen und Qualitätsanforderungen für Solaranlagen festgelegt.

## Entlastung der Umwelt

In unseren Breiten produziert eine 6 m<sup>2</sup>-Standard-Kollektoranlage rund 2.200 kWh Nutzwärme. Wird so die Wärmebereitstellung eines konventionellen Gaskessels ersetzt, so werden der Umwelt jährlich 500 kg Kohlendioxid erspart. Bei einer Ölheizung sind es 700 kg und beim Ersatz einer Warmwasserbereitung mittels Strom in Nordrhein-Westfalen sogar 2.350 kg. Nach etwa einem Jahr hat die Solaranlage die Energiemenge produziert, die für ihre Produktion benötigt wurde.

## Technik und Funktionsweise

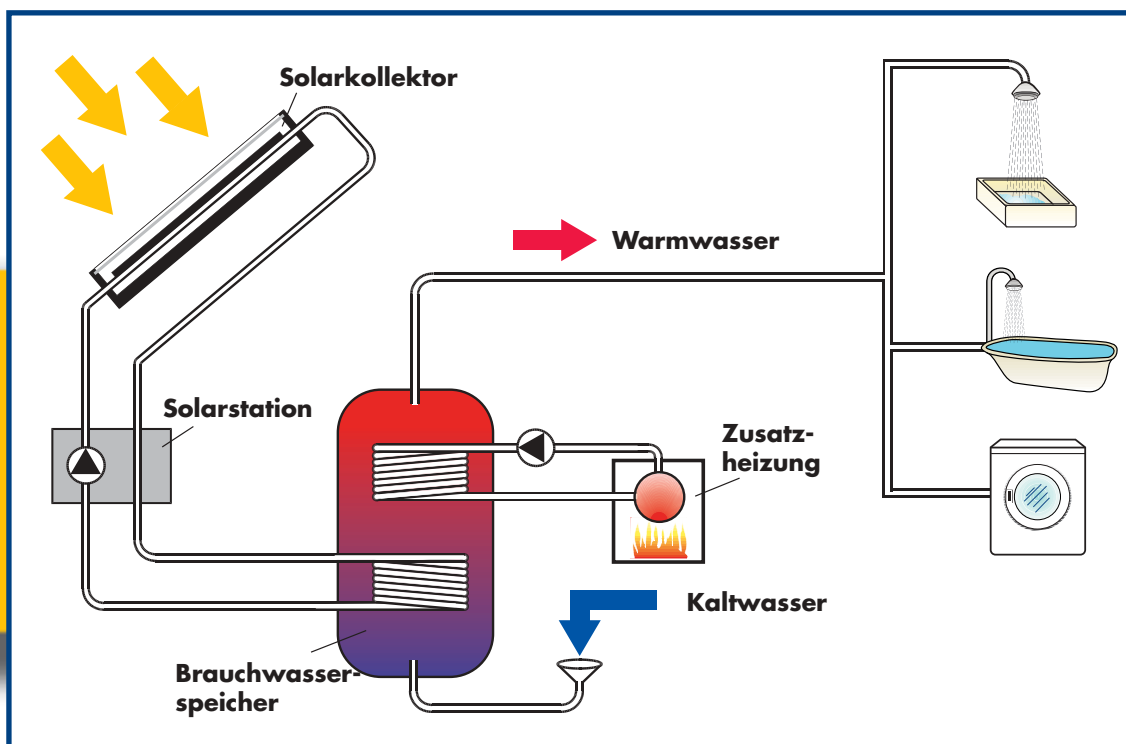
### Das Prinzip

Das Wasser in einem schwarzen Gartenschlauch erwärmt sich unter Sonneneinwirkung sehr rasch. Solarwärmanlagen – auch solarthermische Anlagen genannt – beruhen auf diesem denkbar einfachen Grundprinzip.

### Der Wärme-„Sammler“ (Kollektor)

Der Kollektor einer thermischen Solaranlage hat die Aufgabe einen möglichst großen Teil der einfallenden Strahlung einzufangen und in Wärme umzuwandeln. Damit die gewonnene Wärme nicht verloren geht, muss der Kollektor gut gedämmt sein. Dazu gibt es zwei Möglichkeiten.

- Der Kollektor wird an den Seiten und auf der Rückseite in Wärmedämmung eingepackt (Prinzip „Pullover“). Nach diesem Prinzip sind sogenannte Flachkollektoren aufgebaut.
- Der Kollektor wird in ein Vakuum verpackt (Prinzip „Thermoskanne“) Nach diesem Prinzip sind so genannte Vakuumröhrenkollektoren aufgebaut.



Funktionsprinzip einer Solarthermischen Anlage



## Der Speicher und weitere Komponenten

Damit auch bei ungünstigen Witterungsverhältnissen warmes Trink- oder Heizwasser zur Verfügung steht, ist die Installation eines Solarspeichers notwendig. Bei diesem Speicher handelt es sich um einen gedämmten Wassertank, in den die solarthermisch gewonnene Wärme eingespeist wird. Das so erwärmte Wasser steht auf diese Weise als Trink- oder Heizwasser bereit. Solarspeicher unterscheiden sich von normalen Warmwasserspeichern. Sie sind deutlich größer und mit speziellen Wärmetauschern für den Solar-Kreislauf und die Nachheizung ausgestattet. Außerdem verfügen Solarspeicher über eine besonders gute Isolierung. Bei allen Unterschieden in der Bauart bietet ein Solarspeicher denselben Komfort wie ein normaler Warmwasserspeicher.

Auch gesundheitliche Bedenken braucht man hinsichtlich der Wasserqualität nicht zu haben, denn das Trinkwasser durchfließt nicht etwa den Kollektor, sondern wird erst im Speicher durch den Solarwärmetauscher erhitzt.

Häufig wird bei Kollektoren nach der Witterungsbeständigkeit und der Blitzschlagsicherheit gefragt: In beiden Fällen sind meist keine zusätzlichen Montagen notwendig. Die Anlagen werden an die hauseigene Blitzschutzanlage angeschlossen und sind durch ihre eigene Witterungsbeständigkeit bestens geschützt.



## Gestaltung

In der Regel sind Dacheindeckung, Dachkonstruktionen und Statik des Daches für den Einbau einer Solaranlage geeignet. Bei Schrägdächern besteht die Möglichkeit der Indach- und der Aufdachmontage. Die Aufständigung der Anlage auf Flachdächern setzt eine Bewertung der möglichen Dachlasten voraus.

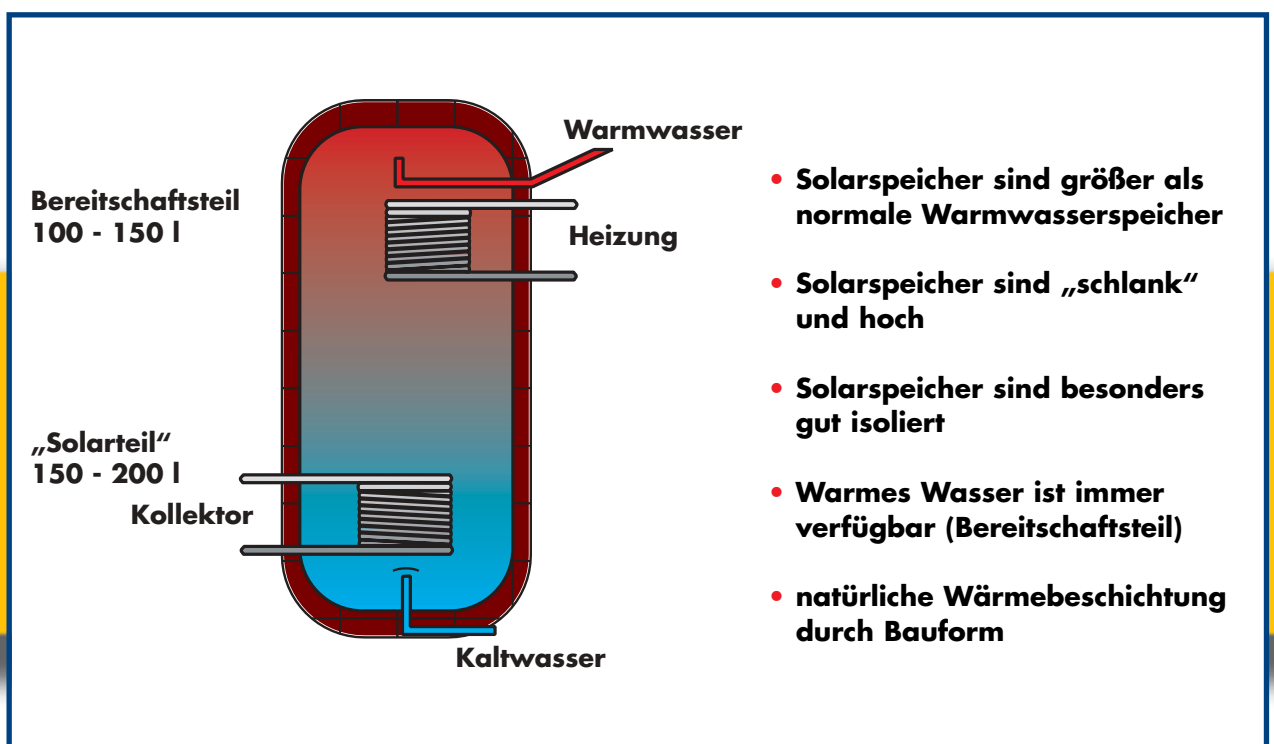
Damit ein möglichst hoher solarer Ertrag erzielt werden kann, sollte das Kollektorfeld einer thermischen Solaranlage nicht verschattet, in einem Neigungswinkel zwischen 30° und 50° montiert und in die Himmelsrichtung Südost bis Südwest ausgerichtet sein. Aber auch bei geringen Verschattungen und ungünstiger Ausrichtung lassen sich mit thermischen Solaranlagen noch hohe Erträge erzielen.

## Größe und Auslegung

Bei einer thermischen Solaranlage zur Warmwasserbereitung dient der tägliche Warmwasserbedarf der Bewohner als Grundlage für die Auslegung der Anlage. Hierbei wird eine hundertprozentige Deckung in den Sommermonaten angestrebt, was einem jährlichen Deckungsanteil von ca. 60 Prozent entspricht.

Immer häufiger setzen sich kombinierte Anlagen durch, die neben der Trinkwassererwärmung auch die Raumheizung in den Übergangszeiträumen (Frühling, Herbst) unterstützen. Dieser Entwicklung kommt entgegen, dass der Wärmeschutz der Gebäude besser und damit der Heizenergiebedarf geringer wird. Bei der Heizungsunterstützung werden Kollektorfläche und Speicher im Vergleich zur solaren Brauchwasseraufbereitung deutlich größer dimensioniert. Im Altbau macht dies jedoch nur bei einer modernen Heizungsanlage und einem guten Wärmeschutz des Gebäudes Sinn.

Unter dieser Voraussetzung können diese Anlagen einen deutlichen Beitrag zur Beheizung des Hauses leisten (20-50 Prozent).



Der Brauchwasserspeicher





## Solarstrom, Photovoltaik

Photovoltaik (griechisch: Photo = Licht und Volt = Einheit für elektrische Spannung = PV) heißt die Technik, mit der Sonnenlicht direkt in Strom umgewandelt wird. Vollkommen geräuschlos und ohne Abgase arbeiten die Anlagen, die Strom direkt vom Hausdach liefern. Diese Technik ist zum Inbegriff einer umweltfreundlichen Energieversorgung geworden.

### Eine lange Geschichte

Im Jahr 1839 wurde bereits der photoelektrische Effekt entdeckt, der damals jedoch noch nicht erklärt werden konnte. Unter anderem leistete Albert Einstein 66 Jahre danach einen Beitrag zur Deutung dieser Entdeckung. Mit der Entwicklung der ersten Siliziumzelle 1954 in den USA (Wirkungsgrad 6 Prozent) wurde ein technischer Durchbruch erzielt. Die Kommerzialisierung begann mit den unverzichtbaren Anwendungen zur Energieversorgung von Satelliten (erstmalig 1958). Erst durch die Ölkrise in den Siebzigerjahren wurde das allgemeine und das Forschungsinteresse an dieser „heimischen“ Energiequelle geweckt. Später, im Zuge des Ölpreisverfalls wurden wichtige Jahre für die technische Entwicklung verschenkt. Angeregt durch die Klimadiskussion in den Neunzigerjahren waren aber weltweit Staaten und vor allem Unternehmen bereit, viel Kapital in die Solarzellenentwicklung und deren Produktion zu stecken. Wirkungsgrade von 18 Prozent für in Serie gefertigte Anlagen und Laborwirkungsgrade von mehr als 30 Prozent stellen internationale Maßstäbe dar.

## Die Situation heute: Der Einstieg ins Solarzeitalter

Mit der Verabschiedung des Gesetzes für den Vorrang Erneuerbarer Energien (kurz: Erneuerbare-Energien-Gesetz, EEG), wurden in Deutschland die Weichen für den Einstieg ins Solarzeitalter gestellt. Zentrales Element des Gesetzes sind feste Vergütungssätze für Strom aus Erneuerbaren Energien, der in das Stromnetz eingespeist wird. Nach dem EEG erhält der Anlagenbetreiber eine Vergütung, die über einen Zeitraum von 20 Jahren festgelegt ist. Bereits kurz nach seiner Einführung hat das EEG zu einem Boom bei der regenerativen Stromerzeugung und hier insbesondere bei der Photovoltaik geführt. Im EEG sinkt allerdings der Vergütungssatz pro Jahr um 5 Prozent. Das heißt, dass Anlagen, die 2002 installiert werden, 20 Jahre lang 48,1 ct/kWh erhalten, Anlagen, die 2003 installiert werden, 20 Jahre lang 45,7 ct/pro kWh erhalten u.s.w.

## Technik und Funktionsweise

### Der Grundstoff

Das Silizium, aus dem im wesentlichen die Solarzellen bestehen, ist nach dem Sauerstoff das zweithäufigste Element der Erdkruste und steht damit praktisch unbegrenzt zur Verfügung. Zudem ist es ungiftig und kann nicht korrodieren.

### Die Solarzelle

Eine Solarzelle besteht im Prinzip aus zwei kristallinen Siliziumschichten. Diese Schichten werden positiv bzw. negativ dotiert, das bedeutet mit einer genau festgelegten Anzahl Fremdatome gezielt „verunreinigt“. Diese Verunreinigung führt dazu, dass sich freie Elektronen bilden können, die bei Lichteinfall Strom liefern. Eine Antireflexschicht und die metallischen Kontaktfinger zur Stromleitung machen schließlich aus dem Zellenrohling die fertige Solarzelle. Die zurzeit gebräuchlichsten Zelltypen sind die mono- (bis 18 Prozent Wirkungsgrad) und multikristallinen (13-14 Prozent Wirkungsgrad) Zellen. Darüber hinaus gewinnen die Dünnschichttechnologien zunehmend an Bedeutung.

Fällt Licht auf eine Solarzelle, fließt elektrischer Gleichstrom. Dieser Effekt verursacht kein Geräusch, keinen Geräusch und verbraucht keine Primärenergie sondern liefert umweltfreundlichen Strom.





## Photovoltaik-Module

Werden mehrere Solarzellen zusammengeschaltet spricht man von einem Modul. Die marktüblichen Module haben gemeinsam, dass die Frontseite aus Spezialglas (bruchsicher und sehr lichtdurchlässig) besteht. Bei den Modulvarianten kommen diejenigen mit einem Aluminiumrahmen bzw. die so genannten Lamine (z.B. Glas-Glas-Lamine bei denen die Solarzellen zwischen zwei Glasplatten liegen) zur Anwendung. Werden 36 oder 72 Zellen in einem Modul verschaltet, ergeben sich Ausgangsspannungen, die als Basis für ein 12- bzw. 24-Volt-System gut geeignet sind. Der Begriff Solargenerator umschreibt die Gesamtheit der verschalteten Module.

## Netzanbindung

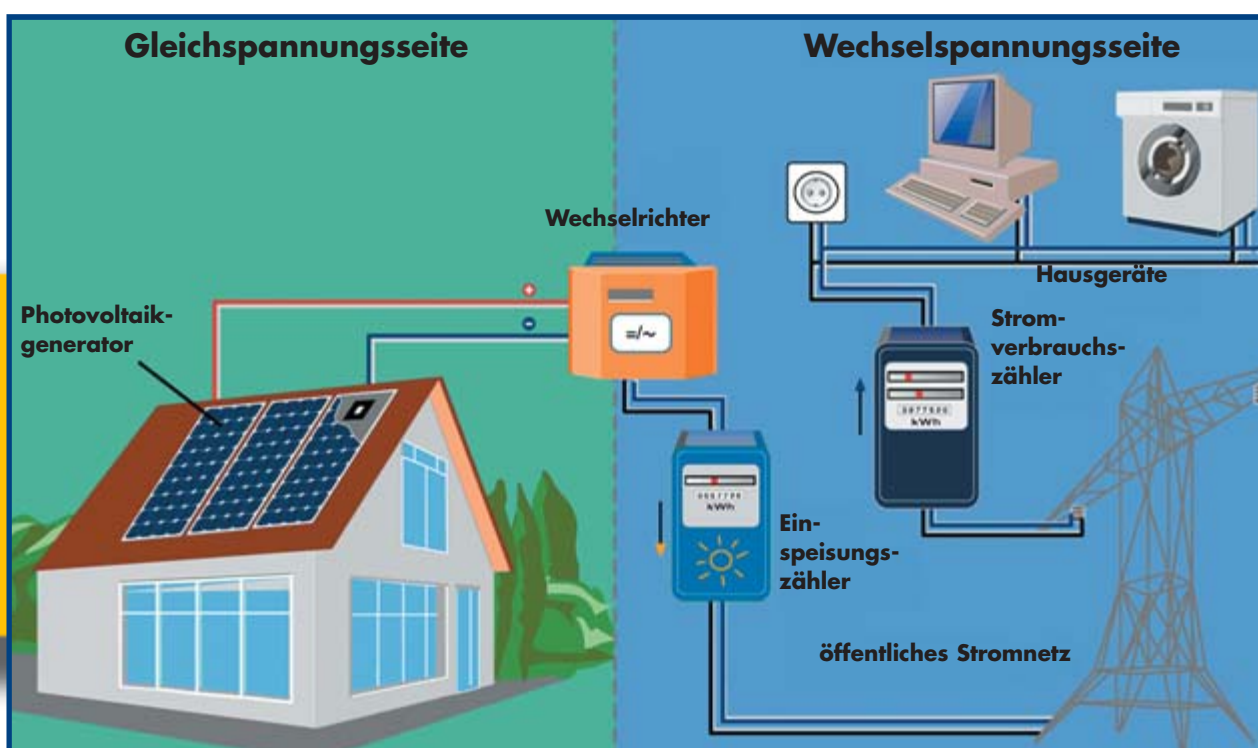
Die einfachste und wirtschaftlichste Art, den Strom einer PV-Anlage zu nutzen, bietet das netzgekoppelte System. Hierbei wird der Solarstrom vollständig in das Netz des örtlichen Netzbetreibers eingespeist. Vor der Einspeisung in das öffentliche Netz muss der von den Solarmodulen erzeugte Gleichstrom mit Hilfe eines sogenannten Wechselrichters auf 230 V Wechselspannung transformiert werden. Ein zusätzlicher Einspeisezähler misst die Stromproduktion der Anlage. Sowohl für den Anlagenbetreiber als auch für den Netzbetreiber ist der Zählerbetrieb für die Abrechnung der Einspeisevergütung von Bedeutung.

Der Einsatz sogenannter Inselanlagen ist aufgrund fehlender Förderung/Einspeisevergütung in Deutschland nur wenig attraktiv. Diese Anlagen kommen nur dort zum Einsatz, wo kein allgemeines Stromversorgungsnetz vorhanden ist. Im täglichen Leben begegnen uns solche Anlagen bei Parkscheinautomaten, Verkehrsüberwachungssystemen und bei der Beleuchtung von Bushaltestellen, da somit auf eine aufwendige Verlegung eines Erdkabels verzichtet werden kann.

## Gestaltung

Für PV-Anlagen existieren prinzipiell die selben Installationsvarianten wie für thermische Solaranlagen. Zusätzliche Möglichkeiten bieten Glas-Glas-Lamine auf verglasten Dach- und Fassadenpartien, die sich architektonisch gut einbinden lassen sowie in die Dacheindeckung integrierte Zellen (z.B. Solarzellen in Dachpfannen). Der Anordnung und farblichen Gestaltung von PV-Modulen sind fast keine Grenzen gesetzt.

Auch in Bezug auf Ausrichtung, Neigungswinkel und Verschattung gelten bei PV-Anlagen ähnliche Rahmenbedingungen wie bei solarthermischen Anlagen. PV-Module reagieren allerdings wesentlich sensibler auf Verschattung.



Funktionsprinzip einer Photovoltaik-Anlage



## Größe und Auslegung

Im Gegensatz zu Inselanlagen oder solarthermischen Anlagen gibt es bei netzgekoppelten PV-Anlagen keinen besonderen Dimensionierungsanspruch, denn der erzeugte Strom dient nicht nur dem Eigenbedarf, sondern kann auch verkauft sprich eingespeist werden.

Eine Photovoltaikanlage mit einer Leistung von einem Kilowatt-peak ( $kW_p$ ) hat je nach Wirkungsgrad der Anlage einen Flächenbedarf von 6 - 15  $m^2$  (im Mittel 10  $m^2$ ). Die Einheit  $kW_p$  verweist auf die Spitzenleistung einer Anlage, gemessen unter Standardbedingungen, die der Sonneneinstrahlung zur Mittagszeit an einem klaren Sommertag entspricht. Im privaten Bereich werden Anlagen zwischen 2 und 5  $kW_p$  bevorzugt eingesetzt. Grundsätzlich sollte eine netzgekoppelte PV-Anlage aufgrund der Förderbedingungen und aus Kostengründen eine Leistung von mind. 1 - 2  $kW_p$  Leistung haben.

Der jährliche Stromertrag für multikristalline Solaranlagen in NRW beträgt etwa 750 - 830  $kWh/kW_p$  und Jahr. Zum Vergleich: Der Durchschnittshaushalt in Deutschland hat einen jährlichen Strombedarf von 3.500  $kWh$ . Eine 4  $kW_p$ -Anlage führt demnach rein rechnerisch zur Bedarfsdeckung.

## Der Umweltvorteil

Mit dem Stromertrag einer 1  $kW_p$  Anlage werden in Nordrhein-Westfalen pro Jahr ca. 900 kg Kohlendioxidemissionen eingespart. Die energetische Rücklaufzeit („Erntefaktor“ bzw. das Verhältnis von Energieertrag der Anlage und der zu ihrer Herstellung benötigten Energie) liegt heute bei 3 bis 5 Jahren. Tendenz sinkend. Konventionelle Kraftwerke hingegen, die Strom aus endlichen Ressourcen bereitstellen, können sich energetisch nicht amortisieren.

## Die Vision

Wir schreiben das Jahr 2048. Das Erscheinungsbild der Städte hat sich gewandelt. Die Gebäude sind mit speziellen Anstrichen versehen, die ihnen ein neues, farbiges Aussehen geben. Die Beschichtung ist aktiv und produziert Strom in gewaltigen Mengen. Die Städte selbst sind Kraftwerke – Schornsteine sind dabei überflüssig. Strom wird auch im Lack der Fahrzeuge, dem Belag der Straßen, den Fassaden und Dächern produziert. Kaum wahrnehmbar sind die photovoltaischen Fensterbeschichtungen. Aus überschüssiger Elektrizität wird im Sommer aus Wasser Wasserstoff produziert, der im Winter in Brennstoffzellen wieder zu Strom, Wärme und Wasser umgewandelt wird. Dieser Energie-„Kreislauf“ führt zu keinerlei Umweltverschmutzung. Internationale Unruhen um die letzten verbliebenen Öl-, Gas- und Kohlevorkommen gehören schon lange der Vergangenheit an...



## Die Energieagentur NRW

Die Energieagentur NRW wurde 1990 als unabhängige Landeseinrichtung gegründet. Ihr Auftrag lautet, als neutrale und nicht-kommerzielle Anlaufstelle Hilfestellung zur rationellen Energieverwendung und zur Nutzung unerschöpflicher Energiequellen zu geben – einerseits durch Beratung, andererseits durch Know-how-Transfer im Rahmen ihres Impuls-Programms. Die Energieagentur NRW wird getragen vom Ministerium für Wirtschaft und Mittelstand, Energie und Verkehr sowie dem Ministerium für Städtebau und Wohnen, Kultur und Sport des Landes Nordrhein-Westfalen.

## Bildnachweis

Die Fotos auf der Titelseite (Bild 2 und 3), Seite 6 (linke Bildleiste) und Seite 7 (rechte Bildleiste, oben) wurden von [www.solarnova.de](http://www.solarnova.de) dankenswerter Weise zur Verfügung gestellt. Weitere Bilder: Archiv Energieagentur NRW.

## Impressum

© **Energieagentur NRW**  
REN Impuls-Programm „Bau und Energie“

Kasinostraße 19 - 21  
42103 Wuppertal  
Tel: 0202 / 2 45 52-60  
Fax: 0202 / 2 45 52-99  
E-mail: [Energieagentur@ea-nrw.de](mailto:Energieagentur@ea-nrw.de)  
Internet: <http://www.ea-nrw.de>