



Gas-Etagenheizung



Erntemaschine

# 1 Energiewandlungssysteme

Der Begriff „Energie“ begegnet uns in vielfältiger Weise im täglichen Leben. Man diskutiert über die Möglichkeiten der Energieeinsparung um den Klimawandel zu stoppen, um die Risiken bei der Gewinnung von Energie zu verringern (Atomstrom). Man benutzt den Begriff aber auch im übertragenen Sinne, wenn man davon spricht, dass ein Mensch mit viel Energie seine Aufgaben bewältigt.

Was ist nun eigentlich Energie? Die Energie ist zunächst eine physikalische Größe, die in allen Bereichen unseres Lebens eine zentrale Rolle spielt. So ist Energie notwendig, um Gegenstände zu bewegen, z. B. Maschinen und Fahrzeuge. Auch für die Erzeugung von Wärme ist Energie erforderlich. Die Nutzung der modernen Kommunikationstechnik wie Computer oder Handy wäre ohne Energie nicht möglich. Ohne Energie gäbe es kein Leben auf der Erde, da auch Pflanzen, Tiere und Menschen für ihre Entwicklung und Existenz Energie benötigen.

## Energiearten

Energie ist in unterschiedlichen Formen vorhanden. So unterscheidet man zwischen potenzieller Energie, kinetischer Energie, chemischer und thermischer Energie. **Potenzielle Energie** ist z. B. in einem Pumpspeicherwerk vorhanden. Dort wird zunächst Wasser in einen höher gelegenen See gepumpt. Diese potenzielle Energie des Wassers kann bei Bedarf genutzt werden, um damit Turbinen zu betreiben und elektrischen Strom zu erzeugen.



Pumpspeicherwerk



Kinetische Energie



Chemische Energie



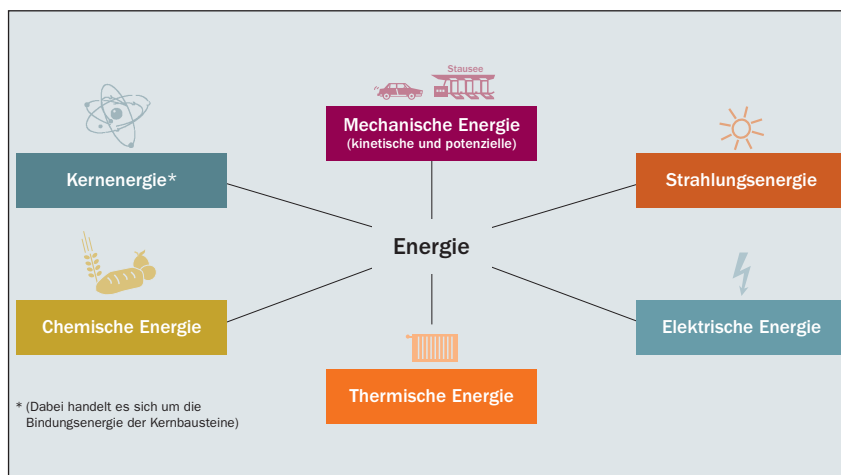
Thermische Energie

Die **kinetische Energie** bezeichnet man auch als Bewegungsenergie. Die Größe der kinetischen Energie hängt von der Masse und Geschwindigkeit des Körpers ab, der sich bewegt, z. B. ein Auto. So hängt es von der kinetischen Energie eines Fahrzeuges ab, wie hoch die Schäden bei einem Unfall sind.

**Chemische Energie** entsteht beim Ablauf chemischer Prozesse, z. B. in einer Batterie.

**Thermische Energie** entsteht meist im Zusammenhang mit der Verbrennung von Stoffen.

Energie kann in verschiedene Formen umgewandelt werden, z. B. potenzielle Energie in kinetische Energie durch Nutzung der Muskelkraft beim Werfen eines Balles. Sie kann aber in einem geschlossenen System weder vergrößert noch vermindert werden (**Energieerhaltungssatz**).



1. Nenne Beispiele für die Nutzung der verschiedenen Energiearten.
2. Was sind „Energieverluste“, wenn Energie weder vergrößert noch vermindert werden kann (Energieerhaltungssatz)?

## Energieträger

Als Energieträger bezeichnet man Stoffe oder physikalische Vorgänge, die Energie enthalten oder übertragen. Man unterscheidet zwischen **Primärenergieträgern** und sekundären Energieträgern. Primärenergieträger kommen in der Natur vor. **Sekundäre Energieträger** werden durch Umwandlung von Primärenergieträgern erzeugt und stehen dann als Nutzenergie zur Verfügung.

Primärenergieträger können sehr unterschiedlich sein:

- fossile Energieträger wie Kohle, Erdöl oder Erdgas
- Sonnenenergie als nutzbare solare Energiestrahlung
- Windenergie
- Wasserkraft
- Kernenergie
- Erdwärme
- Meeresströmung
- Biomasse

Auch Nahrungs- und Futtermittel gehören zu dieser Gruppe, da sie die Grundlage für die Energieaufnahme von Mensch und Tier sind.

Für die Bereitstellung von Energie für unsere Gesellschaft gewinnt die sogenannten erneuerbare Energie (z. B. Windenergie, Sonnenenergie) eine immer größere Bedeutung, da sie unbefristet zur Verfügung stehen und bei ihrer Nutzung keine Umweltschäden entstehen.



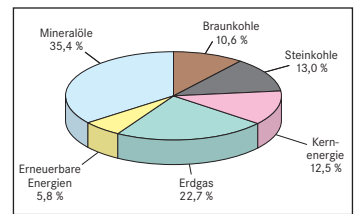
### Sonnenenergie aus der Sahara

**London (afp).** „Wüsten können zu kohlendioxidfreien Kraftwerken des 21. Jahrhunderts werden“, heißt es in einem Bericht, der anlässlich des internationalen Tags der Umwelt gestern veröffentlicht wurde.

Das UN-Umweltprogramm (UNEP) warnt vor der Zerstörung der Wüsten. „Die Wüsten sind einzigartige und dynamische Ökosysteme. Wenn sie sorgsam behandelt werden, können sie

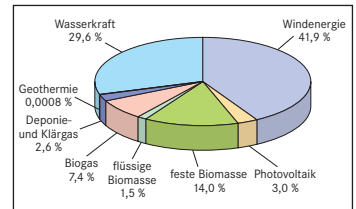
Antworten für viele Herausforderungen bieten, denen wir uns heute gegenüber sehen, sei es in den Bereichen Energie, Nahrungsmittelerzeugung oder in der Medizin“, sagte der Vizedirektor des UNEP World Conservation Monitoring Centre in Cambridge. In dem UN-Bericht heißt es weiter unter Verweis auf die Energiequellen Sonne und Wind, dass die Sahara genug Solarenergie für den gesamten Weltenergiebedarf hervorbringen könnte.

Die Vorräte der fossilen Energieträger, besonders das Erdöl, gehen in absehbarer Zeit zur Neige und müssen ersetzt werden. Außerdem entstehen durch die Verbrennung dieser Energieträger große Mengen  $\text{CO}_2$ , das unser Klima auf der Erde negativ beeinflusst. Die Nutzung der Kernenergie ist mit großen Risiken für Mensch und Natur verbunden, wie das jüngste Beispiel der Reaktorkatastrophe in Japan zeigt. Die Kernenergie muss daher ebenfalls in absehbarer Zeit ersetzt werden.



**Sekundäre Energieträger** sind vor allem elektrischer Strom, Heizöl, Benzin, Diesel, Flüssiggas, Wasserstoff, Druckluft und Fernwärme.

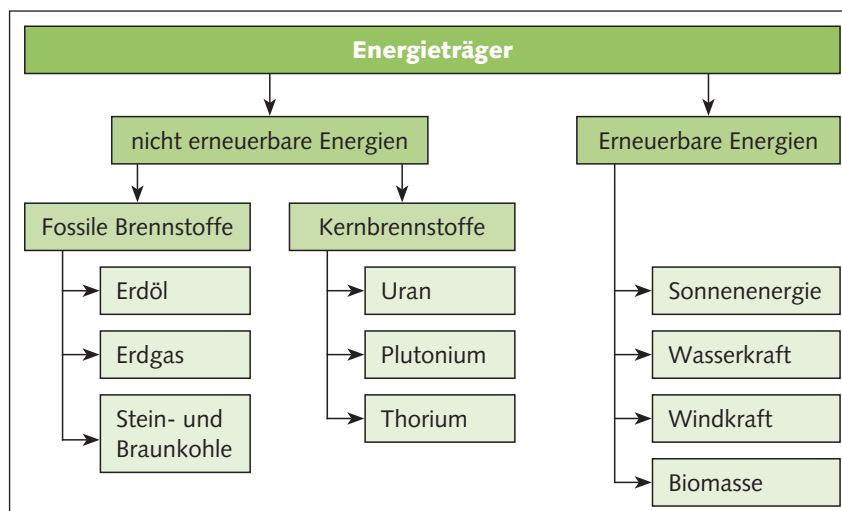
Die Vorteile der Sekundärenergie sind vor allem gute Transportfähigkeit (z. B. bei elektrischer Energie), einfache Lagerfähigkeit (z. B. bei Treibstoffen) und hohe Energiedichte.



So hat z. B. Wasserstoff eine Energiedichte von 33,3 kWh/kg und Benzin 12,7 kWh/kg, d. h. mit 1 kg Wasserstoff kann man 33,3 kWh erzeugen. Mit 1 kg Wasserstoff hat man wesentlich mehr Energie zur Verfügung als mit 1 kg Benzin.

Bezieht man die Energiedichte aber auf das Volumen, so sieht das anders aus. Dann hat Benzin eine Energiedichte von 8760 kWh/m<sup>3</sup>, während Wasserstoffgas bei Normaldruck nur eine Energiedichte von 3 kWh/m<sup>3</sup> hat. Mit 1 m<sup>3</sup> Benzin steht wesentlich mehr Energie zur Verfügung als mit 1 m<sup>3</sup> Wasserstoffgas.

Von allen sekundären Energieträgern hat die Elektroenergie die größte volkswirtschaftliche Bedeutung. Sie ist auch über weite Strecken übertragbar (Überlandleitungen) und sie kann vor Ort schnell in die gewünschte Energieform umgewandelt werden, z. B. in Wärmeenergie, in kinetische Energie in Motoren, in Licht, in chemische Energie bei der Elektrolyse.







### Photovoltaik

Unter Photovoltaik versteht man die direkte **Umwandlung** der Energie des **Sonnenlichtes** in **elektrische Energie** mithilfe von **Solarzellen**. Die Solarzellen bestehen aus zwei übereinander liegenden **Siliziumschichten** mit unterschiedlichen elektrischen Eigenschaften. Bei Lichteinstrahlung entsteht Gleichspannung. Von einer 100 mm x 100 mm großen Zelle beträgt die **Leistung** bei voller Sonneneinstrahlung max. 1 W. Mehrere Zellen werden zu einem **Modul** und mehrere Module zu einem **Solargenerator** zusammengesetzt. Die „geerntete“ Energie kann entweder in **Akkus** gespeichert oder auch direkt in Wechselspannung umgeformt und ins **Netz eingespeist** werden. Die Energiegewinnung ist sehr stark **wetterabhängig**.

**Wirkungsgrad:** ca. 25 %

**Mögliche Leistung je Anlage:** ca. 300 W pro Modul



### Windenergie

Über 40 % der regenerativen Energien wird durch Windenergie erzeugt, die ebenfalls **wetterabhängig** ist. Ab einer Windgeschwindigkeit von ca. 2 m/s startet ein Computer die **Windrichtungsführung** und dreht die Anlage in den Wind. Bei zu hohen Windgeschwindigkeiten sorgt er auch für die **Abschaltung** der Anlage. Das aerodynamische Profil der **Rotorblätter** erzeugt auf der einen Seite **Überdruck** und auf der anderen Seite **Unterdruck**. Dabei wird die Energie des Windes auf die Blätter übertragen. Der **Rotor** dreht sich. Der Rotor ist über eine **Antriebswelle** mit einem mehrstufigen **Getriebe** verbunden. Das Getriebe passt die Drehzahl des Rotors an die Generatordrehzahl an. Wenn der **Generator** schnell genug läuft, wird der erzeugte Strom in das Energieversorgungsnetz eingespeist.

**Wirkungsgrad:** ca. 60 %

**Mögliche Leistung je Anlage:** 5 MW



### Wasserstoff

Wasserstoff ist Bestandteil von über 90 % der kosmischen Materie. In den Ozeanen kommt er in nahezu **unbegrenzter Menge** vor. Um den Wasserstoff zur Energiegewinnung nutzbar zu machen, ist es notwendig, ihn freizusetzen, also **Wasser zu spalten**. Dies geschieht z. B. durch **Wasserelektrolyse**. Der freigesetzte Wasserstoff dient in **Brennstoffzellen** als Brennstoff. In diesen Zellen wird **chemische Energie** in **elektrische** und **thermische Energie** umgewandelt. Eine Zelle besteht aus **zwei getrennten Kammern** und zwei **Elektroden**, die durch eine spezielle **Membran** getrennt sind. Die mit der Anode bestückte Kammer wird mit **Wasserstoff** und die katodenseitige mit **Sauerstoff** befüllt. Die Wasserstoffmoleküle teilen sich an der Anode in ihre zwei Wasserstoffatome. **Jedes Atom gibt ein Elektron ab**, das über einen elektrischen Leiter zur Katode wandert. Es fließt ein elektrischer Strom. Als „Verbrennungsrückstand“ entsteht Wasser.

**Wirkungsgrad:** ca. 80 %

**Mögliche Leistung je Anlage:** bis 250 kW je Brennstoffzelle

## Wasserkraft

Bei der Energiegewinnung durch Wasserkraft wird die Energie in einer Wasserströmung über ein Turbinenrad in mechanische **Rotationsenergie** umgewandelt und zum Antrieb von Maschinen genutzt. Am häufigsten werden **Laufwasserkraftwerke** eingesetzt. Hierbei werden Flüsse gestaut und der entstehende Höhenunterschied zur Spannungserzeugung verwendet. **Speicherkraftwerke** nutzen aufgestauten Wasser aus höher gelegenen Seen. Sie erzeugen große elektrische Leistungen und sind gut regelbar. **Pumpspeicherkraftwerke** können zu Schwachlastzeiten „überschüssige“ Energie nutzen, um Wasser wieder nach oben zu pumpen und so **Energie** zu **speichern**. Laufwasserkraftwerke decken die **Grundlast** des täglichen Energiebedarfs ab. Speicher- und Pumpspeicherkraftwerke werden für die Abdeckung von **Spitzenlasten** eingesetzt.

**Norwegen** gewinnt über 90 % seiner elektrischen Energie aus Wasserkraft.

**Wirkungsgrad:** über 90 %

**Mögliche Leistung je Anlage:** 700 MW



## Bioenergie

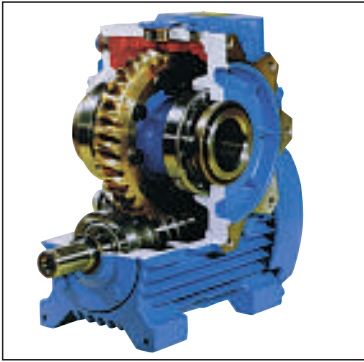
Biomasse stellt **gespeicherte Sonnenenergie** dar. Sie ist damit nicht direkt an die unmittelbare Sonnenstrahlung gekoppelt und **unterliegt nicht** den **Schwankungen des Energieangebots**. Es sind keine zusätzlichen Speichersysteme notwendig. Für jede Pflanzenart wird ein geeignetes Speichersystem von der Natur „mitgeliefert“. Man unterscheidet zwischen **primärer Biomasse**, zu der schnell wachsende Pflanzen gehören, und **sekundärer Biomasse** wie Stallmist, Gülle oder Klärschlamm. Bei der **Gewinnung** von Bioenergie wird Biomasse entweder verbrannt, vergast oder vergärt. Die dabei **entstehende Wärme** erhitzt Wasser, die eine **Dampfturbine** zur **Stromerzeugung** antreibt. Die **Kohlenstoffdioxid-Bilanz** ist **neutral**. Die schnell nachwachsenden Bioenergieträger geben nur die  $\text{CO}_2$ -Menge an die Atmosphäre ab, die bei ihrer Entstehung gebunden wurde.

**Wirkungsgrad:** ca. 85 %

**Mögliche Leistung je Anlage:** 5 MW



1. Begründe, warum die immer stärkere Nutzung der erneuerbaren Energie eine entscheidende Voraussetzung für die weitere Entwicklung unserer Gesellschaft ist.
2. Beschreibe die Vorteile der Elektroenergie gegenüber anderen Energieträgern.
3. Erkunde, welche Primärenergieträger in deiner Region genutzt werden.
4. Erkunde, welche Projekte es für die stärkere Nutzung erneuerbarer Energie es in deiner Region gibt.



Getriebe



Solarkollektoren



Akkumulator

## Energiewandler

Um Energie praktisch nutzen zu können, ist es meist notwendig, eine Energieform in eine andere umzuwandeln. So muss z. B. die chemische Energie einer Batterie zunächst in elektrische Energie und in einem Motor in kinetische Energie umgewandelt werden, um ein Gerät antreiben zu können.

Bei der Energieumwandlung ist es nicht möglich, eine Energieform zu 100 % in eine andere zu überführen. Es treten immer Verluste auf, da ein Teil der Energie in andere Energieformen umgewandelt wird, z. B. in Wärme, also thermische Energie.

### Beispiele für Energiewandlung

von \ in	Mechanische Energie	Thermische Energie	Elektrische Energie	Chemische Energie
<b>Mechanische Energie</b>	Getriebe	Bremsen	Generator	
<b>Thermische Energie</b>	Dampfturbine	Wärmeübertrager	Thermoelement	Hochofen
<b>Strahlungsenergie</b>	Radiometer	Solar Kollektor	Solarzelle	Photosynthese
<b>Elektrische Energie</b>	Elektromotor	Elektroherd	Transformator	Akkumulator
<b>Chemische Energie</b>	Muskel	Ölheizung	Brennstoffzelle	Kohlevergasung

1. Begründe die Notwendigkeit der Energieumwandlung in Natur und Technik.
2. Beschreibe an einem Beispiel den Vorgang der Energieumwandlung.

## Energiewandlungsmaschinen

In Industrie und Haushalt werden je nach Verwendungszweck unterschiedliche Energieformen benötigt. Für den Betrieb z. B. eines Staubsaugers oder einer Waschmaschine ist kinetische Energie notwendig, um die Saugvorrichtung beim Staubsauger oder die Waschtrommel in Bewegung zu halten. In der Waschmaschine ist außerdem thermische Energie notwendig, um die Waschlauge zu erwärmen. Da aber im Haushalt meist nur elektrische Energie zur Verfügung steht, sind Maschinen und Geräte notwendig, um die Elektroenergie in die für den Arbeitsvorgang notwendige Energie umzuwandeln. Diese Maschinen und Geräte bezeichnet man meist als **Energieumwandlungsmaschinen**.

Je nachdem, von welcher Energieform sie in eine andere Form umgewandelt werden soll, gibt es auch sehr unterschiedliche Energiewandlungsanlagen (siehe auch Tabelle S. 54). So wird in einer klassischen Uhr mit Uhrwerk zunächst durch das Spannen eine Spiralfeder (das Aufziehen einer Uhr) potenzielle Energie gespeichert, sie wird dann schrittweise im Uhrwerk in kinetische Energie umgewandelt und damit die Uhrzeiger in Bewegung gesetzt. Bei alten Pendeluhrn nutzte man zur Energiespeicherung Gewichte. Die potenzielle Energie der Gewichte wurde ebenfalls im Uhrwerk in kinetische Energie umgewandelt.

Die häufigsten Formen von Energieumwandlungsmaschinen sind der Elektromotor und der Verbrennungsmotor. Im Elektromotor wird elektrische Energie in kinetische Energie umgewandelt. Er kann den konkreten Anforderungen zum Betrieb einer Maschinen oder Anlage gut angepasst werden und ist überall einsetzbar, wo Elektroenergie vorhanden ist.

Im **Verbrennungsmotor** wird zunächst chemische Energie (Treibstoff) in Wärmeenergie umgewandelt, die wiederum im Zylinder in kinetische Energie umgewandelt wird.



Mechanisches Uhrwerk



Pendeluhr



Elektromotor



Verbrennungsmotor





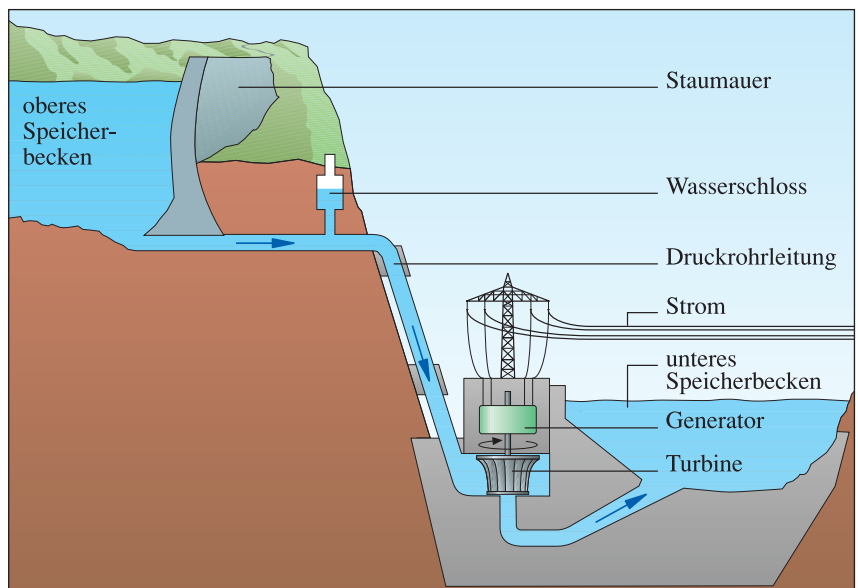
Pumpspeicherwerk



Kohlekraftwerk

In vielen technischen Anlagen wird die Energie mehrfach umgewandelt, um die gewünschte Gebrauchsenergie zu erhalten.

So wird in einem Kohlekraftwerk zunächst Kohle verbrannt und damit chemische Energie in thermische Energie umgewandelt. Mit dieser thermischen Energie wird Wasser erhitzt und Wasserdampf erzeugt. Dieser enthält durch die Erhitzung potenzielle Energie. Der Wasserdampf wird in Turbinen geleitet und somit die potenzielle Energie in kinetische Energie umgewandelt. Die Turbinen wiederum treiben Generatoren an, die kinetische Energie in elektrische Energie umwandeln. Dieser Prozess kann sich fortsetzen, wenn die elektrische Energie gespeichert werden soll. Dann wird die elektrische Energie genutzt, um mit Elektromotoren Pumpen anzutreiben, die Wasser in höher gelegene Staubecken pumpen. So wird elektrische Energie wieder in kinetische Energie zur Bewegung des Wassers umgewandelt. Das in das Staubecken hoch gepumpte Wasser besitzt nun eine potenzielle Energie die bei Bedarf in Turbinen in kinetische Energie und über Generatoren wieder in elektrische Energie umgewandelt wird.



Wasserkraftwerk

Bei der Energiewandlung haben die erneuerbaren Energien eine immer größere Bedeutung, da die Wärmekraftwerke für fossile Brennstoffe und Kernkraftwerke wegen ihrer Gefahren und Risiken für Mensch und Umwelt in absehbarer Zeit ersetzt werden müssen. Dabei spielt die Windenergie eine immer größere Rolle. Deshalb wurde bereits eine Vielzahl von Windenergieanlagen gebaut, die einen wachsenden Anteil der Stromerzeugung haben. Von großer Bedeutung sind dabei die sogenannten Offshore-Windparks, vor allem vor der Küste der Nordsee entstehen.

Bei den Windanlagen wird die kinetische Energie des Windes genutzt, um Windräder anzutreiben. Die Windräder sind mit Generatoren gekoppelt, die die kinetische Energie in elektrische Energie umwandeln. Auf diese Weise kann kostengünstig Elektroenergie erzeugt werden. Allerdings sind die Kosten für den Bau eines Windparks im Meer ziemlich hoch, da die Windräder auf dem Meeresboden fest verankert werden müssen, damit sie auch Stürmen widerstehen. Weiterhin muss der Strom von dem Windpark über Seekabel an Land und dann zu den Verbrauchern weitergeleitet werden. Ein weiteres Problem ist, dass der Wind nicht kontinuierlich weht, deswegen ist die Menge der erzeugten Elektroenergie sehr unterschiedlich. Es ist daher eine Speicherung des elektrischen Stromes oder ein Ausgleich durch andere Energieträger notwendig.

Eine weitere Möglichkeit zur Nutzung erneuerbarer Energie ist die Nutzung der Strahlungsenergie der Sonne. Mit Solarzellen wird die Strahlungsenergie in elektrische Energie umgewandelt.

In den letzten Jahren wurden auch durch zielgerichtete staatliche Förderung eine Vielzahl von Solaranlagen auf Gebäuden errichtet oder ganze Solarparks gebaut. Eine andere Form der Nutzung der Strahlungsenergie der Sonne sind die solarthermischen Kraftwerke.



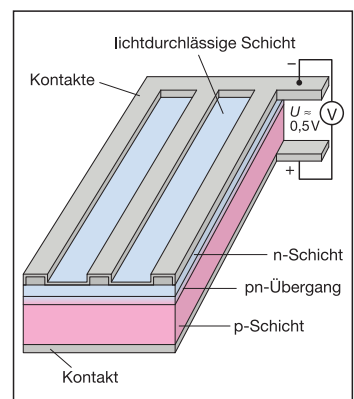
Offshore-Windpark



Solarpark



Parabolrinnen-Kraftwerk in Spanien



Aufbau einer Solarzelle