



# Was ist Energie?

Mit Energie gehen wir täglich um. Energie wird „erzeugt“, umgewandelt, transportiert, gespeichert und „verbraucht“. Ohne Energie geht in unserem Alltag nichts. Aber wissen wir so genau, was Energie eigentlich ist?

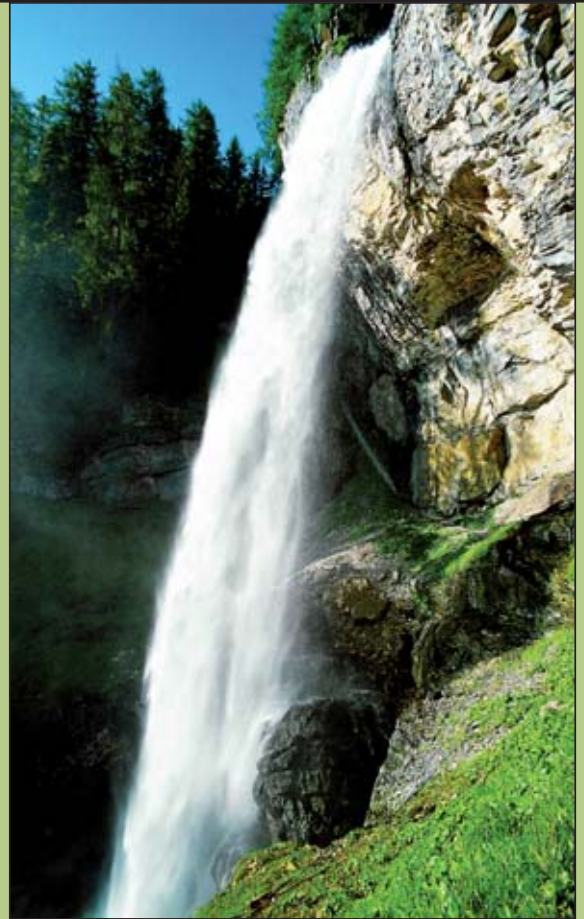
## EINLEITUNG

**M**enschen nutzen Energie in vielfältiger Weise, für warme Wohnungen und helle Räume oder den Transport und die Produktion von Gütern. Jede Aktivität ist mit dem Umsatz von Energie verbunden. Die verschiedenen Erscheinungsformen von Energie sind uns daher aus dem Alltag wohl vertraut: Die Wärme des Feuers, das Licht der Sonne, die Bewegung des Windes. Dabei kann man „Energie“ selbst nicht sehen, hören, schmecken, riechen oder fühlen. Wenn wir einen Blitz sehen oder in der Sauna schwitzen, dann erleben wir Energie. Das, was hinter diesen verschiedenen Erscheinungsformen steckt, nennen wir Energie.

Aber was ist nun Energie? Für die Physik ist „Energie“ einer ihrer zentralen Begriffe. Physikalisch betrachtet ist Energie die Fähigkeit, Arbeit zu verrichten. Wenn ein Auto durch einen Motor angetrieben wird, dann wird mechanische Arbeit verrichtet. Die Arbeit leistet ein Verbrennungsmotor. Im Zylinder wird ein Benzin-Luftgemisch verbrannt. Die dabei entstehenden Abgase haben ein größeres Volumen. Der Druck steigt und kann in Bewegungsenergie umgesetzt werden. Chemische Energie wird in Bewegungsenergie umgewandelt. Die Energieformen sind zumindest zum Teil ineinander überführbar: Aus chemischer Energie wird im Verbrennungsmotor Bewegungsenergie, aus Sonnenlicht wird in der

Photovoltaikanlage elektrischer Strom.

Energie kann von einer Energieform in eine andere umgewandelt werden, sie kann gespeichert und transportiert werden. Und dennoch ist sie kein Stoff. Als Wärme ist die Energie die ungeordnete Bewegung molekularer Teilchen, als elektrischer Strom die gerichtete Bewegung geladener Teilchen, als Strahlung elektromagnetische Wellen. Man kann Energie weder erzeugen noch verbrauchen, nur eine Energieform in eine andere überführen. In der Summe bleibt die Energiemenge gleich. Genauer betrachtet ist das, was wir „Energieverbrauch“ nennen, die Entwertung von Energie. Der Nutzwert der Energie kann durch Umwandlung und Transport abnehmen. Die im Erdgas gebundene chemische Energie wird beim Verbrennen in Wärme für die Beheizung eines Hauses umgesetzt. Wenn Wärme an die Umgebung abgegeben ist, ist sie nicht mehr nützlich, sie ist entwertet – wir sagen „verbraucht“.



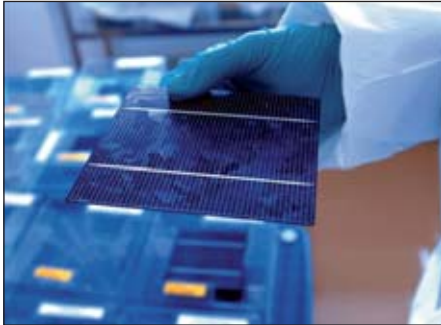
**Abb. 1** Die ursprüngliche Energiequelle für die Wasserkraft ist eingestrahlte Sonnenenergie, die durch Verdunstung von Oberflächenwasser den globalen Wasserkreislauf in Gang hält. Die kinetische und potenzielle Energie von Wasser kann in Wasserkraftwerken in elektrische Energie umgewandelt werden. (Foto: SalzburgerLand - Bilddatenbank)

### ZENTRALE BEGRIFFE

- > Fähigkeit, Arbeit zu verrichten
- > „Energieverbrauch“

# ENERGIE ALS PHÄNOMEN

Man unterscheidet die Erscheinungsformen der Energie in mechanische Energie (kinetische und potenzielle Energie), thermische, elektrische und chemische Energie, Strahlungsenergie und Kernenergie (Abb. 2). In der praktischen Anwendung wird die Arbeitsfähigkeit von energiereichen Systemen in Form von Kraft, Wärme oder Licht genutzt. Chemische Energie, Kernenergie und Strahlungsenergie müssen für die Anwendung zuerst in mechanische, thermische oder elektrische Energie umge-



**Abb. 3** Mit Solarzellen aus Halbleitermaterialien wird Sonnenlicht (Photonen) in elektrischen Strom umgewandelt. Solarmodule werden im Reinraum produziert. (Foto: Solar World, Bonn)

Energieform	Weitere Bezeichnung	Beispiel / Erscheinungsweise	Technische Energieanwendung
<b>Mechanische Energie</b>	Bewegungsenergie = Kinetische Energie	Fließendes Wasser, fahrendes Auto, Schwungrad	Wasserkraft
	Lageenergie = Potenzielle E.	Stausee, gespannter Bogen	Speicherkraftwerke
<b>Wärmeenergie</b>	Thermische Energie	Heizkörper, Wärmflasche	Wärmespeicher, Heizung
<b>Elektrische Energie</b>		Elektrischer Strom, Blitz	Generator, Elektromotor
<b>Chemische Energie</b>		Brennstoffe, Sprengstoffe	Kohlekraftwerk, Holzofen
<b>Kernenergie</b>		Kernspaltung	Atomkraftwerk
<b>Strahlungsenergie</b>	Elektromagnet. Energie	Sonnenlicht, Radiowellen	Photovoltaikanlage

**Abb. 2** Energie kommt in verschiedenen Erscheinungsformen vor.

wandelt werden. So werden beispielsweise Sonnenstrahlen in einer Solaranlage thermisch oder als elektrischer Strom nutzbar gemacht.

Sonnenlicht ist elektromagnetische Strahlung, die im Sonneninneren durch Kernfusion entsteht und in den Weltraum abgestrahlt wird. Im Jahr trifft in Mitteleuropa eine Energiemenge von ca. 1.000 kWh auf jeden Quadratmeter der Erdoberfläche. Die Strahlungsenergie der Sonne kann für die Gewinnung von Wärme oder elektrischem Strom genutzt werden. Bei der thermischen Solar-energienutzung wird die Solarstrahlung mit

Hilfe von Absorbern in Wärme für Warmwasser oder die Beheizung von Wohnungen umgewandelt. Um Strom aus Sonnenlicht zu gewinnen, benötigt man Solarzellen. Das sind Halbleitermaterialien, meist auf Siliziumbasis. Dringen Photonen (Licht) in die Zellen ein, werden Elektronen freigesetzt – elektrischer Strom fließt.

## ZENTRALE BEGRIFFE

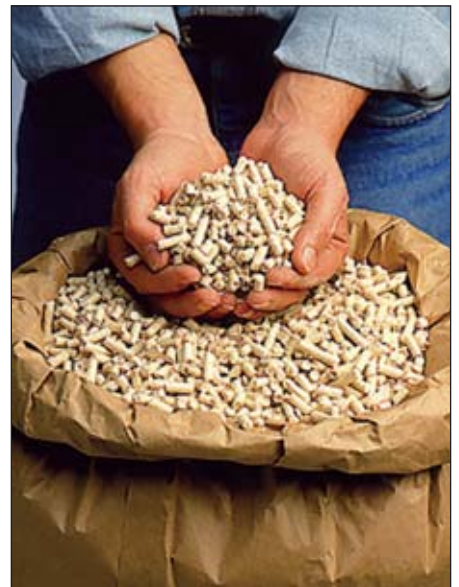
- > Energieform
- > Arbeitsfähigkeit
- > Elektromagnetische Strahlung

# ERNEUERBARE ENERGIEN

Viele Energieträger auf der Erde sind nichts anderes als gespeicherte Sonnenenergie. Kohle ist in der Vergangenheit im Laufe mehrerer hundert Millionen Jahre aus den abgestorbenen Pflanzen versunkener Wälder entstanden. Erdöl und Erdgas entstanden vor allem durch Zersetzung von Kleinstlebewesen in den ehemaligen Meeren. Diese fossilen Energieträger gehören jedoch zu den Nicht-Erneuerbaren Energien. Nach ihrer Verbrennung im Kraft- oder Heizwerk stehen sie nicht mehr zur Verfügung – sie regenerieren sich nicht, sie sind entwertet. Dagegen stehen die so genannten erneuerbaren Energien in nahezu unerschöpflichem Maße zur Verfügung, weil mit dem Sonnenlicht permanent neue Energie in das „System“ Erde einstrahlt. Die Sonne hat noch eine Lebensdauer von ca. 5 Milliarden Jahren. Solarstrahlung kann in Strom (Photovoltaik) oder Wärme (Solarthermie) umgesetzt werden. Windenergie, Wasserkraft und Biomasse (Holz, Energiepflanzen) sind ebenfalls Sonnenenergie in verwandelter Form. Auch sie stehen zeitlich unbegrenzt zur Verfügung. Nicht solaren Ursprungs sind die Wärme im Erdinneren (Geothermie), die Kernenergie und die Gezeitenenergie.



**Abb. 4** Wind ist Sonnenenergie. Die Sonne erwärmt die Erdoberfläche und die darüber liegenden Luftmassen. Über stark erwärmten Regionen steigt die Luft auf und es entstehen Tiefdruckgebiete, während Hochdruckgebiete sich in kühleren Regionen bilden. Luft strömt von Hoch zu Tiefdruckgebieten – es entsteht Wind. (Foto: Nordex AG)



**Abb. 5** Biomasse – pure Energie (Foto: Energieagentur NRW)

## ZENTRALE BEGRIFFE

- > Gespeicherte Sonnenenergie
- > Solarstrahlung
- > Geothermie
- > System „Erde“

# UMWANDLUNG DER ENERGIE

Als Endenergie bezeichnet man die Energie, die man als Verbraucher direkt nutzt – also in Form der Energieträger Heizöl, Benzin oder Strom. Endenergie wird durch Umwandlung von Primärenergie bereitgestellt. Aus Erdöl wird in der Raffinerie Heizöl und Benzin, aus Kohle oder Erdgas wird elektrischer Strom. Primärenergie muss aufbereitet werden, um die Energie beispielsweise wie Strom zum Endverbraucher transportieren zu können.

Bei der Umwandlung geht ein Teil der Energie ungenutzt verloren. Beispielsweise braucht man heute im Schnitt für die Erzeugung einer Kilowattstunde elektrischen



**Abb. 10** Endenergie ist direkt nutzbare Energie wie Benzin oder Strom. Endenergie wird durch Umwandlung von Primärenergie bereitgestellt – aus Erdöl wird Benzin gewonnen, mit Kohle wird Strom erzeugt. (Foto: H. G. Oed)

	Primärenergie >	Endenergie >	Nutzenergie	
Energieträger	Kohle, Erdöl	Strom	Licht	
Umwandlung in	-	Kraftwerk	Klassische Glühbirne	Energiesparlampe
Wirkungsgrad	-	36%*	5%	25%
Energiemenge	100	36	2	10

**Abb. 9** Nur 2-3 Prozent der ursprünglich eingesetzten Primärenergie werden bei der klassischen Glühbirne als Licht genutzt. Die Energiesparlampe hat bei gleicher elektrischer Leistung eine um den Faktor 5 höhere Lichtausbeute

\* Moderne GuD-Kraftwerke haben Wirkungsgrade von über 50 Prozent.

Stroms etwa drei Kilowattstunden Primärenergie (Kohle, Erdöl). Die Endenergie Strom ist teure und hochwertige Energie, aber auch umweltbelastend bei der Bereitstellung aus fossilen Energieträgern. Aus der Endenergie Strom wird die Nutzenergie Licht, wenn der Lichtschalter betätigt wird. Konventionelle Glühbirnen setzen nur 5% des Stroms in Licht um. D. h. als Licht werden am Ende nur 2-4% der ursprünglichen Primärenergie genutzt – der Rest verpufft als Wärme (Abb. 9).

Jede Maschine arbeitet mit Energieverlust, d.h. sie nimmt mehr Energie auf, als sie an nutzbarer Energie abgibt. Ein Teil der Verluste bei der Energieumwandlung kann unvermeidlich sein („Exergie“, siehe unten). Ein großer Teil der Verluste ist jedoch auf Effekte wie unerwünschte Reibung und Wärmeentwicklung durch elektrischen Widerstand zurückzuführen. Ziel der Energie-

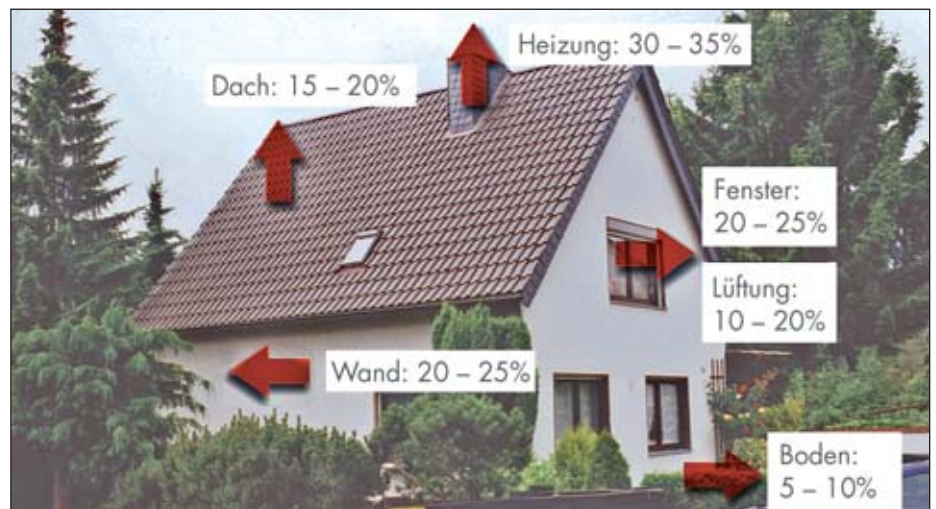
forschung ist es, durch effizientere Technik die gleiche Energiedienstleistung bei geringerem Energieaufwand zu erreichen. Der Wirkungsgrad kennzeichnet die Effizienz der Umwandlung. Er beschreibt das Verhältnis von nutzbarer Energie zur aufgewandten Energie. Der Wirkungsgrad ist stets kleiner als 1. Ein Elektromotor wandelt beispielsweise den Strom nicht nur in nutzbare Bewegungsenergie, sondern zu einem kleinen Teil auch in Wärmeenergie um – der Motor erwärmt sich. Bei großen Elektromotoren liegt der Wirkungsgrad z.B. zwischen 0,7 und 0,95.

## ZENTRALE BEGRIFFE

- > Primärenergie
- > Endenergie
- > Energiedienstleistung
- > Wirkungsgrad

# ENERGIE WIRD ENTWERTET

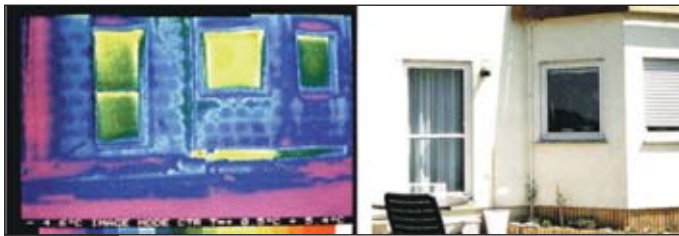
Die Umwandlung von Energie macht Leben auf der Erde erst möglich. Die Strahlung der Sonne treibt die Photosynthese an, der wir das Wachstum der Pflanzen (Biomasse) und letztlich Erdöl, Erdgas und Kohle verdanken. Chemische Energie, in Holz oder Erdgas gespeichert, wird durch Verbrennung in Wärme (thermische Energie) überführt und für die Beheizung von Häusern eingesetzt. Energie wird beim Beheizen eines Hauses nicht „verbraucht“, sondern aus der chemisch gebundenen Energie des Erdgases wird Wärme. Ein „Verlust“ von Energie entsteht dadurch, dass chemische Energie technisch nicht vollständig in Heizenergie umgewandelt werden kann, aber auch weil die Wärme im Haus nicht dauerhaft gespeichert werden kann. Abhängig von der Wärmedämmung des Hauses fließt die Wärme mehr oder weniger schnell an die kalte Umgebung ab. Die Wärme ist für die menschliche Nutzung damit verloren. Energie wurde entwertet – also „verbraucht“. Moderne Gebäude haben



**Abb. 11** Wärmeverluste eines freistehenden Einfamilienhauses (Baujahr vor 1984)

einen guten Wärmeschutz, um möglichst wenig Heizwärme abzugeben. Niedrigenergiehäuser verbrauchen im Jahr pro Quadratmeter Wohnfläche weniger als 7

Liter Heizöl, Passivhäuser nur noch 1,5 Liter. Zum Vergleich: Ein Haus ohne Wärmeschutz verheizt mehr als 20 Liter Heizöl pro Quadratmeter im Jahr.



**Abb. 12** Wärmeverluste durch die Gebäudehülle lassen sich durch einen optimierte Wärmedämmung vermindern. Thermografie einer Fensterfront: je heller die Fläche, umso größer die Wärmeverluste. (Quelle: Energieagentur NRW)

Auch aus einem Altbau mit hohen Wärmeverlusten lässt sich ein energiesparendes Eigenheim machen. Abb. 11 zeigt die typischen Energieverluste eines Einfamilienhauses. Durch einen verbesserten Wärmeschutz (Wärmedämmung der Außenwände und des Daches, Wärmeschutzverglasung) und

einer effizienten Heiztechnik (z.B. Gas-Brennwertkessel) lässt sich sehr viel Energie einsparen. Energie sparen heißt aber nicht, auf Komfort zu verzichten. Im Gegenteil: Die Innenflächen der Außenwände haben auch im Winter eine angenehme Temperatur. Die Behaglichkeit und der Komfort für die

Bewohner nehmen daher zu. Abb. 13 zeigt die wesentlichen Maßnahmen um den „Energieverbrauch“ eines Hauses zu senken.

Bauteil	Maßnahmen	Prozent
		<b>vor Sanierung: 214 kWh/m<sup>2</sup>a</b>
Außenwand	12 cm Dämmung	100 %
Fenster	Wärmeschutzglas U-Wert 1,1 W/m <sup>2</sup> K	70 %
Dach	20 cm Dämmung	59 %
Heizung	Gas-Brennwertkessel	48 %
Kellerdecke	6 cm Dämmung	39 %
		<b>nach Sanierung: 71 kWh/m<sup>2</sup>a</b>
zusätzlich:	Thermische	
Warmwasser	Solaranlage	26 %

**Abb. 13** Wesentliche Schritte zu einem energiesparenden Altbau.

### ZENTRALE BEGRIFFE

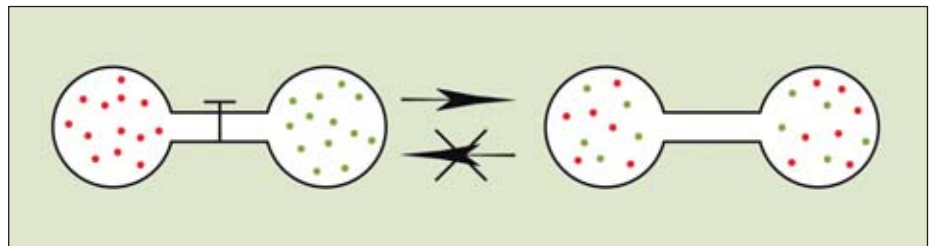
- > Energieentwertung
- > Wärmeschutz

## ENERGIE UND ORDNUNG

Zeitreisen sind eine phantastische Sache, viele Science-Fiction-Romane widmen sich diesem Thema. Die Physik konnte lange Zeit nichts gegen die Möglichkeit von Zeitreisen einwenden. Denn nach der Mechanik, wie sie Newton entworfen hat, hat die Zeit keine Richtung. Alle Prozesse sind demnach umkehrbar. Zeitreisen – im Prinzip kein Problem.

Der zweite Hauptsatz der Thermodynamik, der auf Rudolf Clausius zurückgeht, brachte schließlich eine Richtung ins Naturgeschehen. Clausius erkannte 1865, dass Wärme die Tendenz hat, von wärmeren auf kältere Körper überzugehen. Nicht jedoch umgekehrt. Der Wärmeübergang von warm nach kalt ist ein gerichteter Vorgang. Bisher hat niemand einen Körper niedriger Temperatur beobachtet, der sich weiter abkühlt und dadurch ein Körper höherer Temperatur seine Temperatur erhöht.

Weiterhin stellte Clausius fest, dass mechanische Arbeit sich vollständig in Wärme umwandeln lässt, nicht aber Wärme vollständig in Arbeit. Die Richtung der Umwandlung von thermischer Energie in mechanische Energie und umgekehrt ist nicht gleichwertig. Der zentrale Begriff für diese Tendenz ist die Entropie, sie kann in einem geschlossenen System nur zunehmen. Anschaulich kann man sich die Entropie als ein Maß für die Unordnung vorstellen. Das Entropie-Prinzip wirkt sich auf die Umwandlung von Energie aus. Energie in geordneter Form (mechanische Bewegungsenergie) kann vollständig in Energie weniger geordneter Form (Wärme) überführt werden. In umgekehrter Richtung funktioniert die Energieumwandlung nur teilweise. Wärme kann nur zum Teil in elektrische Energie (geordnete Form) gewandelt werden. Deshalb kann man die Energie, die in Kohle steckt,



**Abb. 14** Entropie ist aus statistischer Perspektive ein Maß für die Unordnung. Zwei Kolben mit zwei unterschiedlichen Gasen sind durch ein Rohr verbunden. Wenn das Ventil geöffnet wird, mischen sich die Gase. Die vollständige Entmischung ist nicht möglich (konnte noch nicht beobachtet werden). Den Prozess nennt man deswegen auch irreversibel (= nicht umkehrbar).



**Abb. 15** Die Entropie strebt in einem abgeschlossenen physikalischen System einem Maximum zu. Der Endzustand ist mit dem Zerfallen jeglicher Strukturen und einer Angleichung aller Temperaturen gleichbedeutend. Auf das Weltall übertragen – wenn man das Weltall als abgeschlossenes System ansieht – spricht man daher vom "Wärmetod des Weltalls". Da sich die niedrigste Temperatur einstellen würde, müsste man eher vom "Kältetod" sprechen. (Foto: NASA)

nicht vollständig in Strom umwandeln. Der zweite Hauptsatz der Thermodynamik beschreibt also die Erkenntnis, dass die Richtungen der Energiewandlungen nicht gleichwertig sind. Der Anteil der Energie, der in Energie einer geordneten Form umgewandelt werden kann, wird Exergie genannt.

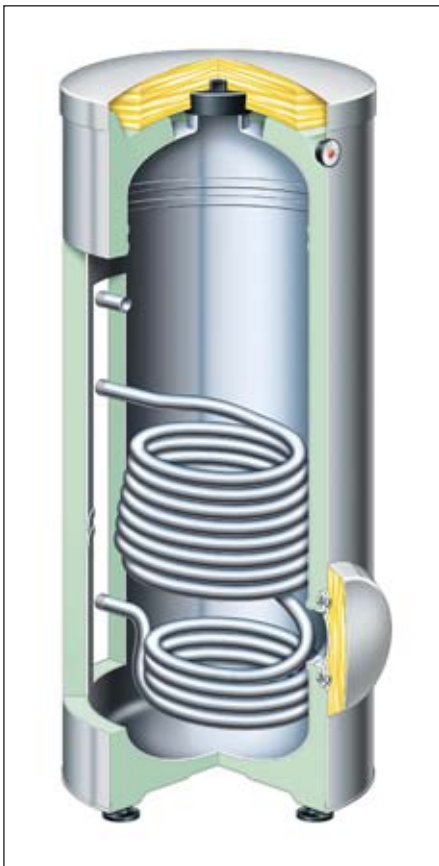
### ZENTRALE BEGRIFFE

- > 2. Hauptsatz der Thermodynamik
- > Entropie
- > Exergie

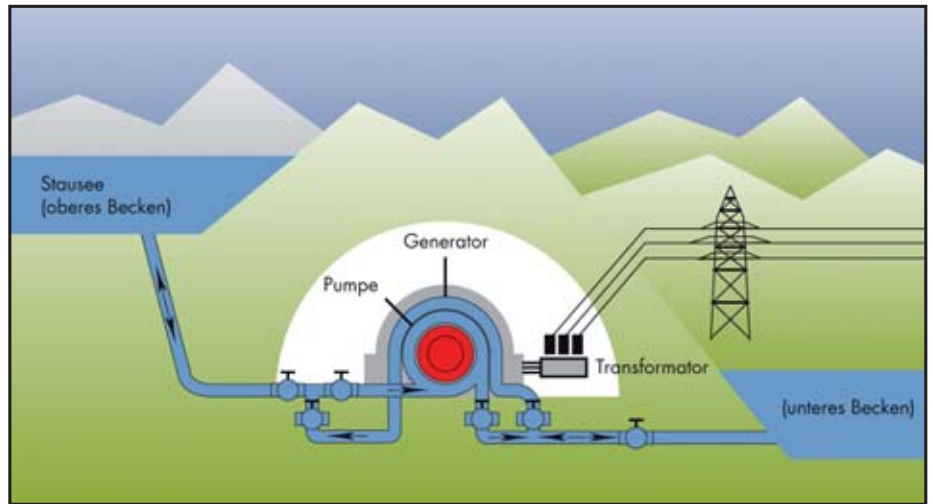
# ENERGIE SPEICHERN UND TRANSPORTIEREN

**E**nergieträger sind die Medien, in denen Energie gespeichert werden kann. In der Technik hat das Speichern von Energie den Zweck, Energie abrufbar zu halten und sie gegebenenfalls transportieren zu können. Elektrische Energie etwa kann man in Batterien oder Akkus (chemische Energie) speichern. Die elektrische Energie lässt sich für den Betrieb eines Handys oder Walkman später überall einsetzen. Elektrische Energie kann man aber auch als Lageenergie speichern. So verfügen Pumpspeicherkraftwerke (Abb. 6) über ein oberes und ein unteres Staubecken. Bei geringer Stromnachfrage wird das Wasser mit elektrischer Energie gegen die Kraft der Erdanziehung in den höher gelegenen Speichersee gepumpt. Wird dann wieder mehr elektrische Energie benötigt, kann das im oberen Staubeck gespeicherte Wasser zum Antrieb der Kraftwerksturbinen genutzt werden, um wieder Strom zu gewinnen.

Wärmespeicher sind aus dem Alltag bekannt (Abb. 7). Das Speichermedium ist hier in der Regel Wasser. Anfallende Wärme, zum Beispiel von einer Solaranlage, wird gespeichert, damit auch dann warmes Wasser zum Duschen vorhanden ist, wenn die Sonne mal nicht scheint. Für das thermische

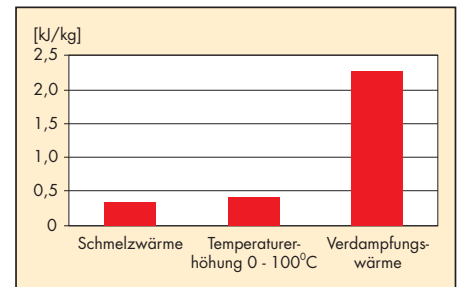


**Abb. 7** Wasser ist das bevorzugte Wärmespeichermedium: Es ist ungiftig, chemisch stabil und hat eine vergleichsweise große Wärmekapazität. Warmwasserspeicher benötigen eine gute Wärmedämmung. (Quelle: Viessmann Werke GmbH & CoKG)



**Abb. 6** Pumpspeicherwerk: Lageenergie wird zur zwischenzeitlichen Speicherung überschüssiger Energie genutzt.

Speichern kommen Flüssigkeiten (oft Wasser) oder Feststoffe (Gestein) als Medium infrage. Eine Wärmedämmung verhindert das rasche Abkühlen des Speichermediums. Ein Alternative zur „fühlbaren“ (sensiblen) Wärmespeicherung, bei der sich die Wärmespeicherung in einer Temperaturerhöhung des Speichermediums bemerkbar macht, sind so genannte Latentwärmespeicher. Hier wird der Phasenübergang eines Stoffes, z. B. von fest nach flüssig genutzt, um Wärme zu speichern. Das Speichermedium (z. B. Paraffin) beginnt beim Erreichen der Temperatur des Phasenübergangs zu schmelzen und erhöht dann, trotz weiterer Einspeicherung von Wärme, seine Temperatur nicht, bis das komplette Material geschmolzen ist. Der Vorteil von Latentwärmespeichern: Es kann etwa doppelt so viel Energie im gleichen Volumen Speichermedium gespeichert werden wie in einem sensiblen Wärmespeicher. Deswegen spricht man von der höheren „Energiedichte“ des Latentwärmespeichers. Man kann sich die Wärmespeicherfähigkeit am Beispiel von Wasser leicht vor Augen führen: Um Eis von 0°C zu Wasser von 0°C zu schmelzen, braucht man in etwa so viel Energie, wie um Wasser von 0°C auf 80°C



**Abb. 8** Wenn Eis soweit erhitzt wird, dass daraus Wasserdampf wird, so werden nur 14 Prozent der benötigten Energie als sensible Wärme aber 76 Prozent als latente Wärme gespeichert.

zu erhitzen. Noch mehr Energie wird für den Phasenübergang Wasser zu Wasserdampf benötigt. Hier braucht man die 5,4-fache Menge der Energie, die nötig ist, um Wasser von 0°C auf 100°C zu erhitzen (Abb. 8).

## ZENTRALE BEGRIFFE

- > Energieträger
- > Wärmespeicherfähigkeit
- > Sensible Wärmespeicher
- > Latentwärmespeicher

## Glossar:

Wärmeenergie	Ungeordnete Bewegung der Atome
Potentielle Energie	Lageenergie
Kinetische Energie	Bewegungsenergie, geordnete Bewegung von Atomen
Exergie	Der Anteil der Energie einer Energieform, der in Energie einer geordneten Form (z.B. elektrischer Strom) umgewandelt werden kann.
Entropie	Statistisch gesehen: ein Maß für die Unordnung
Grave Energie	Materialgebundene Energie, umfasst die Bereiche Herstellung, Transport, Dienstleistung, Recycling und/oder Entsorgung.
Wirkungsgrad, energetischer	Quotient aus der nutzbaren abgegebenen Leistung und der zugeführten Leistung; Angabe in Prozent oder Dezimalen
Leistung	Quotient aus der Arbeit W und der betreffenden Zeiteinheit; Einheit W(att)
Energieeinheiten	1 Joule = 1 Watt x Sekunde = 1 Newton x Meter
Perpetuum mobile	Die Idee einer Maschine, die Arbeit verrichtet, ohne Energie zu verbrauchen. Widerspricht dem 1. Hauptsatz der Thermodynamik.

## ENERGIE IN DER GESCHICHTE

Der Energiebegriff in seiner modernen, im heutigen Sinne naturwissenschaftlichen Bedeutung wurde erst im 19. Jahrhundert eingeführt. Der Engländer Thomas Young schlug 1802 vor, „energy“ zur Bezeichnung des Arbeitsvermögens von Maschinen zu bezeichnen. Die Definition als „Fähigkeit zur Verrichtung von Arbeit“ brachte erstmals der Franzose Jean V. Poncelet 1829 ins Spiel. Der Begriff Energie wird hier allerdings im rein mechanischen Sinne gebraucht.

Ursprünglich geht der Begriff Energie auf das griechische „energeia“ zurück, ein Wort, das zuerst beim antiken Philosophen Aristoteles (384–322 v. Chr.) auftaucht. energeia steht bei Aristoteles für den göttlichen Geist oder die Wirksamkeit, die dem bloß Möglichen zur Wirklichkeit verhilft. Für Aristoteles ist alles Geschehen der Übergang aus dem Zustand des Möglichen in den der Wirklichkeit und Wirksamkeit.

Die Ideen der Thermodynamik, die im 19. Jahrhundert entwickelt wurden, haben den modernen Energiebegriff geprägt. Überwunden wurde die Vorstellung eine „Wärmestoffs“ und durch die Idee ersetzt, dass Wärme eine Form von Energie ist, die sich in andere Energieformen umwandeln lässt. Insbesondere das Studium der Dampfmaschine brachte neue Vorstellungen über die Eigenschaften der (thermischen) Energie hervor. Hermann Helmholtz formulierte 1847 schließlich den Energieerhaltungssatz: Energie kann weder vernichtet noch erzeugt werden, sondern sie ändert allenfalls ihre Erscheinungsform. Der erste Hauptsatz der Wärmelehre (Thermodynamik) war geboren. Damit kann es auch kein Perpetuum Mobile geben, also eine Maschine, die ohne Energiezufuhr ständig Arbeit verrichten kann.

Eine besondere Deutung erhielt die Energie durch die Relativitätstheorie von Albert Einstein (1879–1955). Nachdrücklich brachte Einsteins Formel  $E = m \cdot c^2$  die Energie in einen unmittelbaren, erstaunlichen Zusammenhang mit der Materie. Energie ist gleich Masse mal dem Quadrat der Lichtgeschwindigkeit. Ist das Entstehen des Universums, aller Materien möglicherweise als ein Kondensieren von Energie zu verstehen? Entstand aus dem Feuerball des Urknalls vor vielen Milliarden Jahren die Materie?

Auch der Begriff der Entropie, der energetischen Prozessen eine Richtung weist, hat viele Spekulationen befördert. Entropie kann als ein Maß aufgefasst werden, wie weit sich ein System auf einen Zustand maximaler Unordnung zubewegt hat. Da die Entropie (Unordnung) in einem geschlossenen System (Universum) beständig zunimmt, spricht man vom „Wärmetod des Weltalls“. Genau genommen müsste man vom Kältetod sprechen, wenn man von einem sich stetig expandierenden Weltall ausgeht. Die in den Sternen und Planeten konzentrierte Energie verflüchtigt sich demnach in eine maximal verteilte „Wärmesuppe“.

### ZENTRALE BEGRIFFE

- > energeia
- > Energieerhaltungssatz
- > Relativitätstheorie
- > Wärmetod des Weltalls

## ERGÄNZENDE INFORMATIONEN

Photovoltaik. BasisEnergie 3. FIZ Karlsruhe. BINE-Informationsdienst (Hrsg.). Dez. 2007

Thermische Solaranlagen. BasisEnergie 4. FIZ Karlsruhe. BINE-Informationsdienst (Hrsg.). Aug. 2008

Windenergie. BasisEnergie 2. FIZ Karlsruhe. BINE-Informationsdienst (Hrsg.). Dez. 2007

Fisch, N.; Bodmann, M.; Kühl, L. u. a.: Wärmespeicher. BINE-Informationspaket. FIZ Karlsruhe. BINE-Informationsdienst (Hrsg.). Berlin: Solarpraxis, 2005. 4., vollständig überarb. Aufl., ISBN 978-3-934595-54-5

## IMPRESSUM

▼ **Herausgeber**  
**FIZ Karlsruhe GmbH**  
76344 Eggenstein-Leopoldshafen

▼ **Autor**  
Paul Feddeck

▼ **ISSN**  
1438–3802

▼ **Nachdruck**  
Nachdruck des Textes zulässig bei vollständiger Quellenangabe und gegen Zusendung eines Belegexemplares – Nachdruck der Abbildungen nur mit Zustimmung der jeweils Berechtigten.

▼ **Fachliche Beratung**  
Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften (IPN) an der Universität Kiel, Prof. Dr. Manfred Euler

▼ **Stand**  
Dezember 2003

### BINE Informationsdienst Energieforschung für die Praxis

BINE Informationsdienst berichtet zu Energieeffizienztechnologien und Erneuerbaren Energien.

In kostenfreien Broschüren, unter [www.bine.info](http://www.bine.info) und per Newsletter zeigt die BINE-Redaktion, wie sich gute Forschungsideen in der Praxis bewähren.

BINE Informationsdienst ist ein Service von FIZ Karlsruhe und wird vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) gefördert.

#### Kontakt

Fragen zu diesem **basisEnergieinfo?**  
Wir helfen Ihnen weiter:

Tel. 0228 92379-44

 **BINE**  
Informationsdienst

FIZ Karlsruhe, Büro Bonn  
Kaiserstraße 185 – 197  
53113 Bonn

[kontakt@bine.info](mailto:kontakt@bine.info)  
[www.bine.info](http://www.bine.info)