



# Erneuerbare Energien

Sonne, Wind, Wasser, Bioenergie und Geothermie



# Mehr erneuerbare Energien für mehr Klimaschutz

Zu den erneuerbaren Energien zählen Wind-, Wasser-, Bio- und Sonnenenergie (Photovoltaik, Solarthermie und passive Systeme) sowie Geothermie. Anders als fossile Energieträger stehen sie nach menschlichen Maßstäben unbegrenzt zur Verfügung. Fossile Energieträger (Erdöl, Erdgas, Kohle) und die Atomenergie sind hingegen begrenzt und setzen durch die Nutzung Schadstoffe frei.

Diese Schadstoffe, etwa Kohlendioxid, das unter anderem in großen Kohlekraftwerken freigesetzt wird, gelangen in die Atmosphäre und heizen diese durch den Treibhauseffekt auf; das Schmelzen der Polkappen und Versauern der Meere sind die Folge. Die Auswirkungen hiervon sind fatal: Schwinden der Fischbestände und Absterben der Korallenriffe, die somit als elementarer Sauerstoffproduzent wegfallen, sowie Überschwemmung weiter, teils stark besiedelter, Küstenregionen aufgrund steigender Meeresspiegel. Hieraus können eine enorme Zunahme der Zahl von Klimaflüchtlingen sowie Hun-

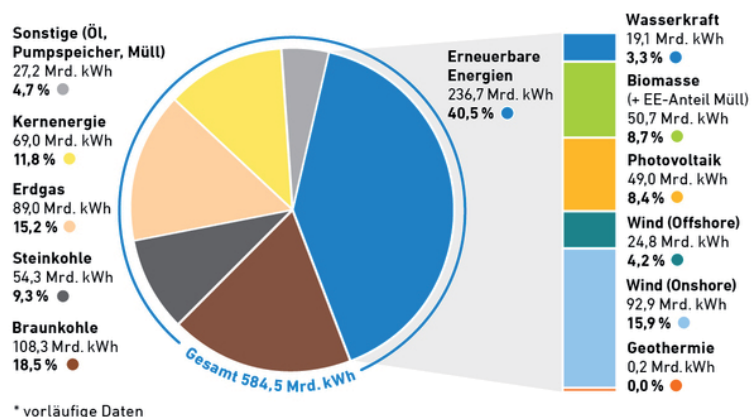
gersnöte resultieren. Ein langfristig angelegter Weg, um diese Szenarien zu vermeiden, ist der weitgehende Wechsel zu regenerativen Energieträgern.

Deren Bedeutung wuchs in den vergangenen Jahrzehnten kontinuierlich: Von der deutschen Stromerzeugung waren 2021 rund 224 Milliarden Kilowattstunden oder ein Anteil von 45,7 Prozent erneuerbar. Bezogen auf den Brutto-Endenergieverbrauch war das ein Anteil von rund 16 Prozent. Die Erneuerbaren Energien rangieren damit nur neun Prozentpunkte hinter Stein- und Braunkohle. Die erneuerbaren Energien vermieden so etwa 221 Millionen Tonnen Treibhausgas-Emissionen, der größte Teil davon im Strombereich.

Deutschland fördert den Ausbau regenerativer Energiequellen deshalb seit 2000 über das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG). Das langfristige Ziel: Die Erderwärmung auf maximal zwei Grad in diesem Jahrhundert zu begrenzen.

## Der Strommix in Deutschland im Jahr 2021

Mit 224 Milliarden Kilowattstunden liefern erneuerbare Energien fast 46 Prozent der deutschen Stromerzeugung und sind damit der wichtigste Energieträger für die Stromproduktion. Ihr Anteil am Primärenergieverbrauch lag bei 16,1 Prozent.



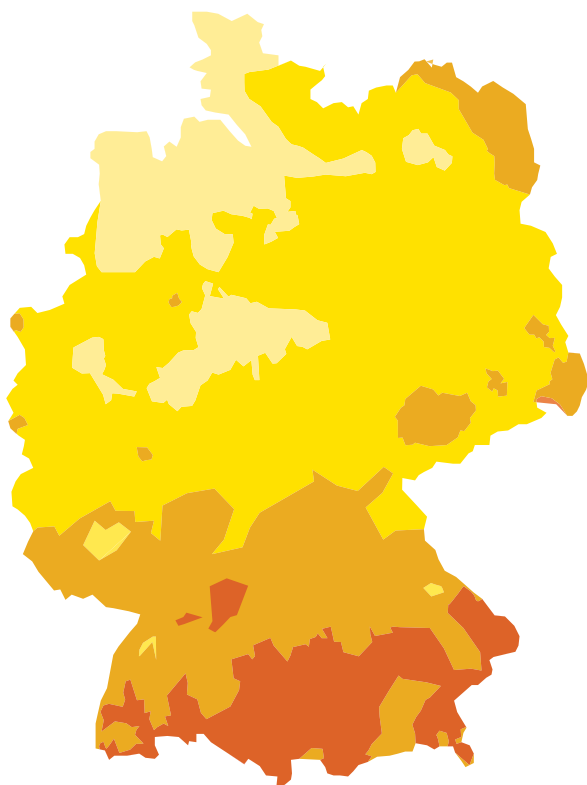
Quelle: AG Energiebilanzen; Stand: 12/2021  
© 2022 Agentur für Erneuerbare Energien e.V.

# Die Sonne größter und ergiebigster Energiespender

Die Sonne ist Voraussetzung allen Lebens und unser wichtigster Energiespender. Sie ist ein unglaubliches Energiebündel. Die Energie, die von der Sonnenoberfläche abgestrahlt wird und auf der Erdoberfläche ankommt, entspricht etwa dem 10.000fachen des heutigen Weltenergiebedarfs. Mit einer maximalen Durchschnittsleistung von etwa 1.000 Watt pro Quadratmeter strahlt die Sonne auf die Erdoberfläche ein. Der nutzbar gemachte Teil der Sonnenenergie ist aber noch deutlich geringer: Der Wirkungsgrad handelsüblicher Solarmodule liegt zwischen 15 und 22 Prozent.

*Gesamte Sonneneinstrahlung auf eine nach Süden geneigte Fläche*

Mittlere Globalstrahlung pro Jahr in kWh/m<sup>2</sup>



1200 und höher    1125–1200    1050–1125    975–1050

Werte: Deutscher Wetterdienst



Quelle: fotolia, © Robert Angermayr

Photovoltaik heißt der Fachbegriff für die direkte Umwandlung von Sonnenstrahlung in Strom mit Hilfe von Solarzellen. Diese werden heute fast ausschließlich aus Silizium hergestellt, das aus Quarzsand gewonnen wird.

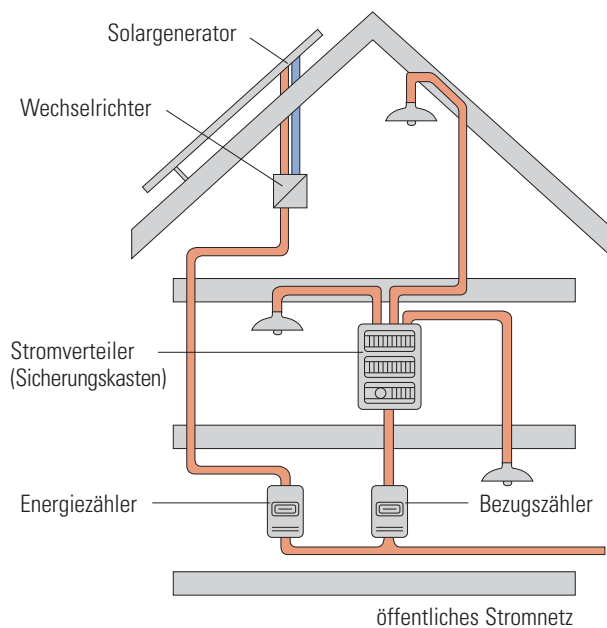
Solarzellen werden aus unterschiedlichen Silizium-Qualitäten hergestellt. Den weitaus größten Marktanteil haben dabei sogenannte polykristalline Siliziumzellen, die einen Wirkungsgrad zwischen 15 und 20 Prozent erreichen.

Scheint die Sonne nur „mit halber Kraft“, halbiert sich natürlich auch die Leistung der Solarzelle. Der beste Wirkungsgrad einer Photovoltaikanlage wird bei senkrechter Sonneneinstrahlung erreicht. In unseren Breiten ist eine fest installierte Anlage optimal ausgerichtet, wenn sie einen Neigungswinkel von 30° hat und möglichst nach Süden zeigt.

Die Lebensdauer von Photovoltaikmodulen wird meist mit 30 Jahren angegeben. Garantiert wird in der Regel eine 80prozentige Leistung nach 25 Jahren. Dafür ist eine hohe Witterungsbeständigkeit notwendig. Zugelassene Photovoltaikmodule haben umfangreiche Tests zu UV-Belastung, Hagel, Winddruck, Schnee und Klimawechsel durchlaufen.

# Wirkprinzip der Photovoltaik – Wie aus Sonnenstrahlen Strom wird

## Netzgekoppelte Photovoltaikanlage



Netzgekoppelte Photovoltaikanlagen sind über einen Wechselrichter an das öffentliche Versorgungsnetz angeschlossen. Der Wechselrichter wandelt den in Solarzellen erzeugten Gleichstrom in Wechselstrom um und speist ihn ins öffentliche Netz ein.

Die Nennleistung von Photovoltaikanlagen wird in Wattpeak (Wp) angegeben. Diese Einheit bezeichnet die von Solarzellen abgegebene Leistung unter Standard-Testbedingungen bei 25 °C, einer Einstrahlung von 1.000 Watt pro Quadratmeter und einer senkrechten Ausrichtung zum einfallenden Licht. Diese Testbedingungen dienen zur Normierung und zum Vergleich verschiedener Solarzellen.

Eine netzgekoppelte Anlage mit einer Nennleistung von einem Kilowattpeak ist etwa 10 Quadratmeter groß und kostet rund 1.300 (Stand Januar 2020). Damit können im Jahr etwa 800 bis 1.000 Kilowattstunden Strom erzeugt werden. Zum Vergleich: Ein 3-Personen-Haushalt verbraucht im Durchschnitt rund 3.000 Kilowattstunden im Jahr.

## Das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG)

Das EEG schuf unter anderem die Grundlage dafür, dass Betreiber von netzgekoppelten Photovoltaikanlagen eine auf 20 Jahre festgeschriebene Vergütung für jede eingespeiste Kilowattstunde Strom erhalten. Damit hat das EEG einen großen Zubau von Photovoltaikanlagen bewirkt. Andere Länder (z. B. Spanien) haben sich bei ihrer nationalen Gesetzgebung am EEG orientiert.

Die Fördersätze sanken in den vergangenen Jahren stetig, blieben aber für den einzelnen Anlagenbetreiber für 20 Jahre konstant. Entscheidend ist dabei das Jahr der Inbetriebnahme.

Je nach Betriebsart unterscheidet man zwischen netzgekoppelten und netzunabhängigen Photovoltaikanlagen.

Netzunabhängige Photovoltaikanlagen arbeiten im sogenannten „Inselbetrieb“, also ohne Verbindung zum öffentlichen Stromversorgungsnetz. Zur Überbrückung von sonnenarmen Zeiten und für die Nacht sind hier wiederaufladbare Batterien zur Speicherung des Stroms notwendig. Für die Größe des Solargenerators sind das Verbrauchsverhalten sowie die Speicherkapazität der Batterien entscheidend, wobei unbedingt spezielle Solarbatterien verwendet werden sollten.

Netzunabhängige Anlagen sind nur sinnvoll, wenn ein Anschluss an das Stromnetz nicht möglich oder dieser Anschluss sehr viel teurer als eine Photovoltaikanlage ist. Sie eignen sich beispielsweise besonders für Schrebergärten, die keine Stromversorgung haben.

# Warmes Wasser dank der Sonne – Sonnenkollektoren machen es möglich

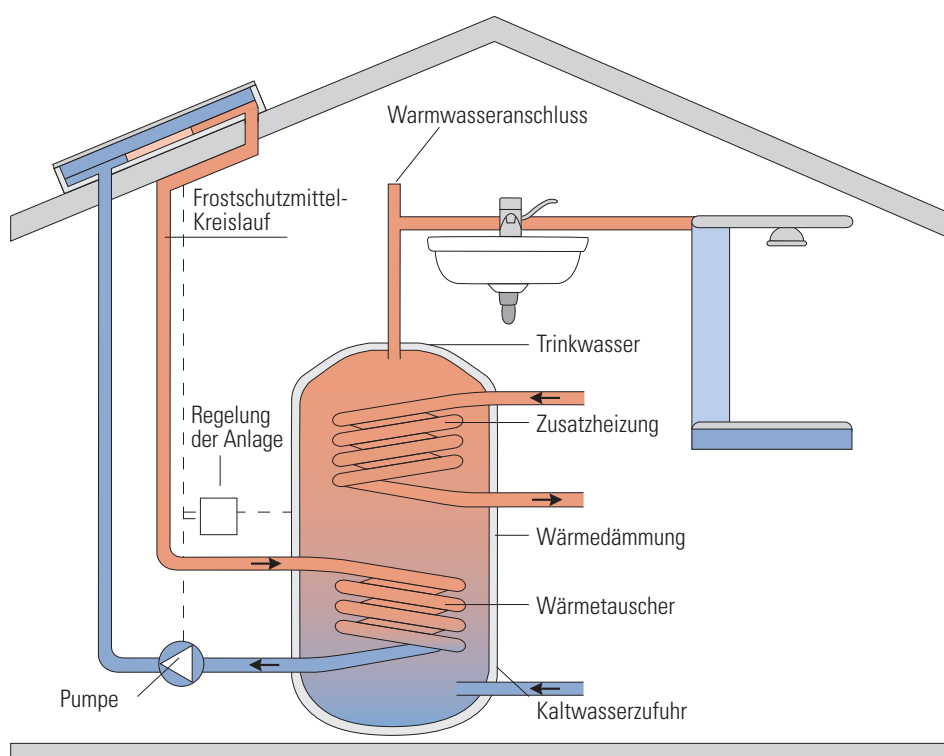
Solarenergie lässt sich über thermische Solaranlagen auch zur Warmwasserbereitung oder zur Heizungsunterstützung nutzen. Eine richtig dimensionierte Anlage kann bis zu 25 Prozent des gesamten jährlichen Wärmeverbrauchs umwelt- und ressourcenschonend mit Solarenergie decken.

In thermischen Solaranlagen werden Flach- oder Vakuumröhrenkollektoren eingesetzt, die die Sonnenenergie einfangen. Zur Speicherung können Druck-, Puffer- und Schichtenspeicher verwendet werden. Zwischen den Sonnenkollektoren und einem separaten Solar-Warmwasserspeicher im Haus zirkuliert eine Flüssigkeit mit Frostschutzmittel, die durch die Sonnenstrahlen erwärmt wird. Diese Wärme wird dann über einen Wärmetauscher an das Wasser abgegeben. An sonnenarmen Tagen erwärmt eine Zusatzheizung das Trinkwasser.

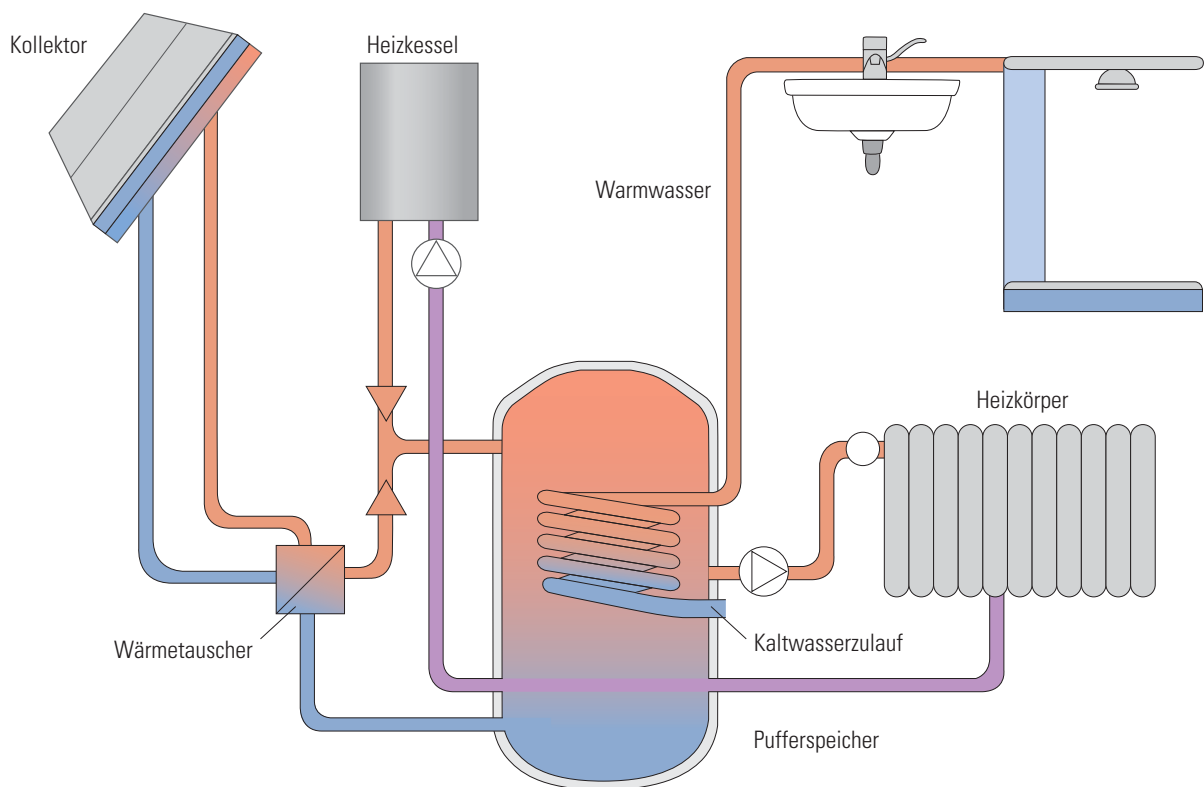
Für die Warmwasserbereitung ist eine Kollektorfläche von etwa 1,3 Quadratmeter pro Person ausreichend. Man geht dabei von 80 Litern Speichervolumen pro Person (bei 50 °C), mindestens mittels eines 300-Liter-Speichers, aus. Ein 4-Personen-Haushalt muss mit etwa 3.050 Investitionskosten plus Montagekosten rechnen. Für zehn Personen liegen die Kosten ohne Montage bei rund 7.400 .

## Das Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG)

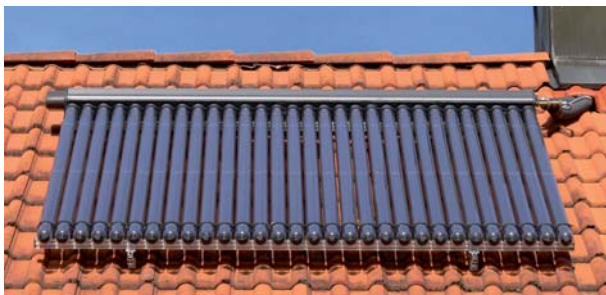
Das Erneuerbare-Energien-Wärme-Gesetz verlangt bereits seit 2009, dass bei Neubauten und bei bestimmten Bauvorhaben bei Bestandsgebäuden ein gewisser Teil der bereitgestellten Wärme für Heizung und Warmwasser sowie gegebenenfalls für Klimatisierung aus erneuerbaren Energien gedeckt wird.



# Die Sonne sorgt für Wärme – Solare Heizungsunterstützung



Solaranlagen, die nur Trinkwasser erwärmen, sind vielfach im Einsatz. Kombinierte Solaranlagen zur Trinkwassererwärmung und Heizungsunterstützung sind die weitergehendere Lösung. Sie eignen sich vorwiegend für Niedrigenergiehäuser mit Fußbodenheizung. Im Frühjahr und im Herbst können diese Anlagen einen Beitrag zur Raumheizung leisten und den Verbrauch der konventionellen Heizung mindern.



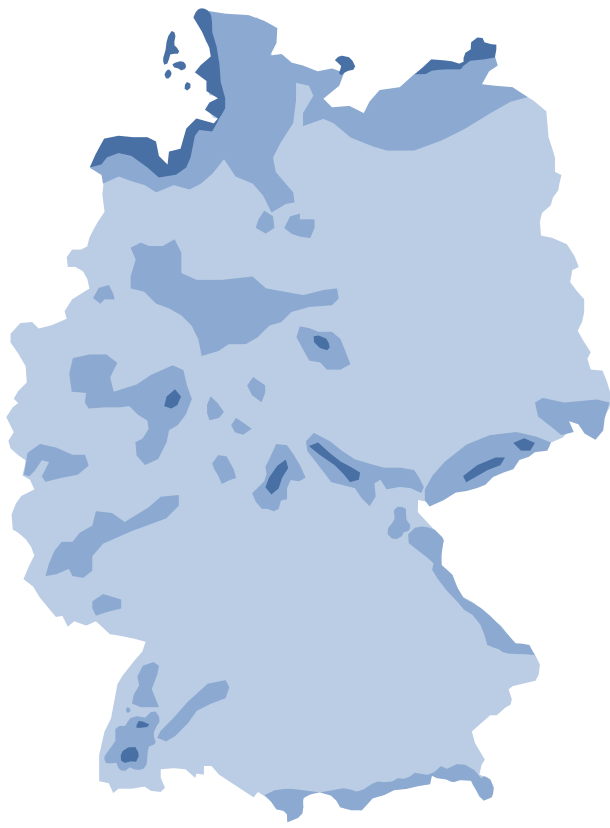
In diesem Fall sorgt eine herkömmliche Heizung bereits dafür, dass die Temperatur im Heizkessel auf einem voreingestellten Niveau gehalten wird. Warmwasser- sowie Heizbedarf können daher durch den Heizkessel gedeckt werden. Weil demzufolge sowohl eine Temperaturüberwachung als auch eine bedarfsgerechte Heizungssteuerung bereits vorhanden sind, macht sich die Solarthermieanlage dies zunutze: Sie heizt den Heizkessel soweit auf wie durch die einfallende Sonnenstrahlung möglich. Die Heizungssteuerung registriert die erhöhte Temperatur und reduziert daraufhin ihre Leistung entsprechend.

# Stromerzeugung aus Windkraft – sauber und effizient

Mit mittlerweile fast 55,8 Gigawatt installierter Leistung lässt sich die Windenergie als Motor der Energiewende bezeichnen. Bereits heute deckt die Windenergie rund 23,7 Prozent der Bruttostromerzeugung in Deutschland und steht damit für mehr als die Hälfte der gesamten erneuerbaren Stromproduktion.

Die Windenergie kann bereits ab einer Windgeschwindigkeit von etwa 14,5 Kilometern pro Stunde genutzt werden.

*Mittlere Windgeschwindigkeit in der Bundesrepublik Deutschland in 10 m Höhe*  
Windgeschwindigkeit in Kilometer pro Stunde (km/h)



■ über 18 km/h    ■ 14,5 – 18 km/h    ■ unter 14,5 km/h

Werte: Bundesverband WindEnergie e.V.

## *Förderung der Windenergie*

Das EEG fördert auch Windenergie. Der Schwerpunkt liegt seit 2009 auf Offshore-Windanlagen (d.h. Anlagen auf offener See), deren Potenzial stärker als bisher genutzt werden soll. Zum Ausgleich für fehlende Anschlüsse an das Stromnetz oder längere Netzstörungen wurde 2012 die sogenannte Offshore-Netzumlage beschlossen.

Windstärke	Geschwindigkeit km/h	Auswirkungen
0	< 1	–
1	1–5	nur am Rauch erkennbar
2	6–11	Blätter bewegen sich
3	12–19	dünne Zweige bewegen sich
4	20–28	dünne Äste bewegen sich
5	29–38	kleine Bäume bewegen sich
6	39–49	Pfeifen an Drähten
7	50–61	Hemmung beim Gehen
8	62–74	Zweige brechen, stürmisch
9	75–86	kleine Schäden an Dächern
10	87–102	entwurzelte Bäume, mittlere Schäden
11	103–117	schwere Sturmschäden (orkanartiger Sturm)
12	118–133	an Land äußerst selten, schwere Orkan
> 12	> 133	starke Wirbelstürme, Hurrikanes, Tornados

# Windenergie – wie sich die Nutzung der Windkraft weiterentwickelt

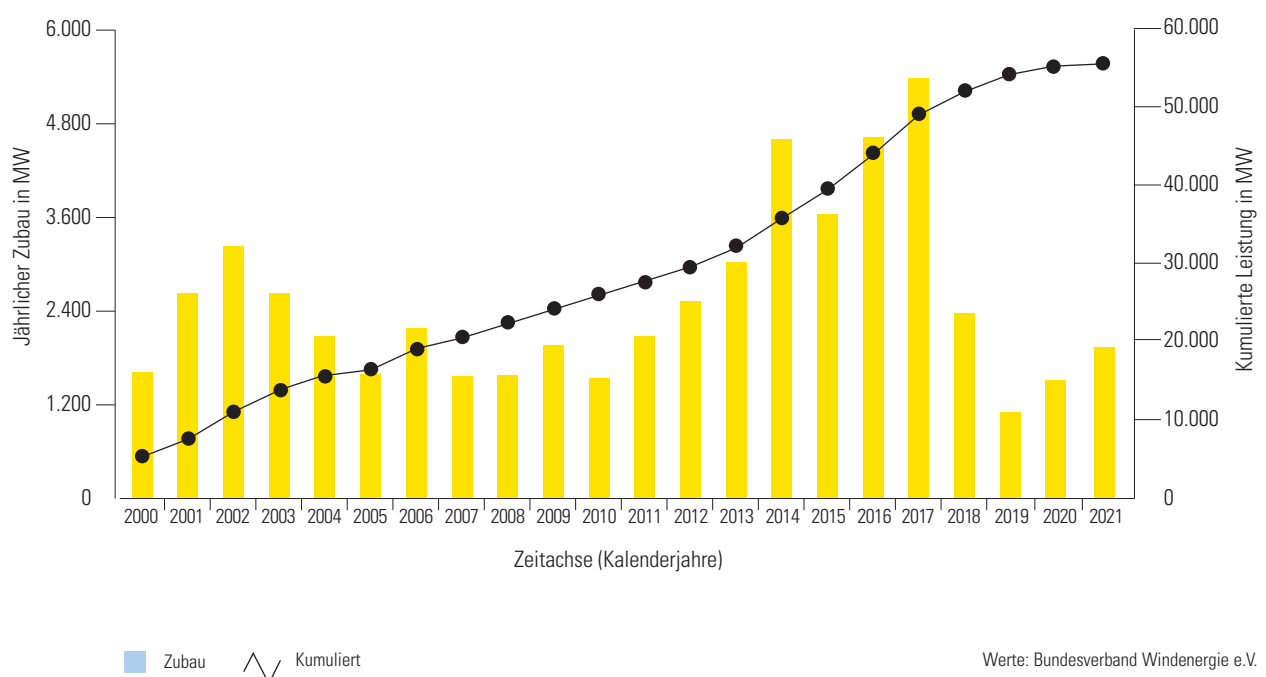
Die Zahl der Windkraftanlagen hat sich in den vergangenen Jahren rasant entwickelt. Derzeit stehen in Deutschland über 31.000 Windkraftanlagen mit einer installierten Leistung von fast 63.000 Megawatt.

Windkraftanlagen sind im Laufe der Jahre immer größer und wirkungsvoller geworden. Elektrische Leistungen von 750 bis zu 5.000 Kilowatt (im Offshore-Bereich sogar noch mehr) sind inzwischen Standard. Naturgemäß ist die regionale Verteilung der Windkraftanlagen in Deutschland entsprechend dem natürlichen Windangebot sehr unterschiedlich. Die Mehrzahl der Anlagen steht in den norddeutschen Küstenländern. Dort ermöglichen hohe durchschnittliche Windgeschwindigkeiten einen hohen Ausnutzungsgrad der Anlagen. Inzwischen sind aber auch in den Mittelgebirgen der Binnenländer zahlreiche Windparks mit teilweise beachtlichen Leistungen entstanden.

## *Künftiger Ausbau der Windenergienutzung auf See – Offshore-Windenergie*

Das Potenzial der Windenergienutzung auf See ist ungleich höher als an Land. Jedoch sind dem Küstenbereich der deutschen Nordsee große Naturschutzgebiete vorgelagert. Dies bedeutet, dass die Windkraftnutzung auf See in Deutschland vor allem in küstenfernen Bereichen erfolgen muss. Hier sind die Belange der Schiffssicherheit, des Naturschutzes und der Meeresökologie zu berücksichtigen. Bis zum Jahr 2030 sollen in der Nord- und Ostsee Anlagen mit einer Gesamtleistung von 25 Gigawatt entstehen. (Quelle: Bundesverband WindEnergie e.V.)

## *Entwicklung der jährlich neu installierten Leistung und der kumulierten Leistung aus Windenergieanlagen in Deutschland*





# Strom aus Wasserkraft – Wo Tradition & Moderne sich treffen

*Strom aus Wasserkraft: ein wichtiger Anteil am Regenerativstrom*

Im Jahr 2021 konnten mit regenerativer Wasserkraft 3,3 Prozent des Bruttostromverbrauchs aus dem Netz der öffentlichen Versorgung gedeckt werden. Aus Wasserkraftwerken der Stromversorger und von privaten Einspeisern stammten zusammen 19,3 Milliarden Kilowattstunden. Dadurch leistet die Wasserkraft einen wesentlichen Beitrag zur regenerativen Stromerzeugung. (Quelle: Agentur für Erneuerbare Energien)



Quelle: fotolia, © pb press

Wasserkraft gehört zu den ältesten Energiequellen der Menschheit. Schon unsere Ahnen nutzten die Kraft des Wassers zum Betreiben von Mühlen, Sägen und Pumpen.

In Deutschland wurde die Wasserkraft im vergangenen Jahrhundert massiv ausgebaut, so dass ein großer Teil des Potenzials bereits genutzt wird. Deshalb stehen bei der Nutzung der Wasserkraft hierzulande die Modernisierung von bestehenden Anlagen und die Wiederinbetriebnahme alter und stillgelegter Kleinwasserkraftwerke im Vordergrund, weniger der Bau von Neuanlagen.

Die Kraft des Wassers wird in Laufwasser-, Speicher-, Pumpspeicher- und Gezeitenkraftwerken genutzt und in elektrische Energie umgewandelt. Viele Vorteile sprechen für die Wasserkraft:



Quelle: fotolia, © LianeM

- Die Energieumwandlung geschieht mit einem sehr hohen Wirkungsgrad. Das heißt: Ein hoher Prozentsatz der eingesetzten Energie wird in Strom verwandelt.
- Die Nutzung dieser Energiequelle führt nicht zur Freisetzung von Schadstoffen.
- Die Wärmeabgabe an die Umgebung ist sehr gering, es gibt praktisch keine Abwärme.

# Energie aus Biomasse: Klimaneutral und regional

Biomasse entsteht als Endprodukt der Photosynthese. Bei der Photosynthese wandeln Pflanzen Sonnenenergie, Mineralien aus dem Boden, Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) aus der Luft und Wasser in organisches Material um – d. h. sie wachsen. Die Sonnenenergie wird also umgewandelt und macht Biomasse zu einem Energieträger. Biomasse ist wohl der älteste Energielieferant – z. B. wird Holz schon Jahrtausendlang genutzt. Mit der Industrialisierung kamen dann fossile Energieträger wie Kohle, Erdöl und Erdgas hinzu.

*Biomasse kann man in zwei Gruppen unterteilen:*

## **Rückstände und organische Abfälle**

- Holz
- Stroh
- tierische und pflanzliche Abfälle z. B. Gülle oder Stroh
- organische Abfälle aus Haushalten, Industrie, Gewerbe
- Klärgas, Deponiegas und Biogas

## **Energiepflanzen**

- Getreide- und Kulturpflanzen\* (z. B. Korn, Stroh, Raps)
- Gräser (z. B. Chinaschilf)
- schnellwachsende Hölzer (z. B. Pappeln und Weiden)

Um die in der Biomasse gespeicherte Energie nutzen zu können, unterzieht man die organischen Materialien unterschiedlichen Verfahren. Diese sind physikalisch, chemisch, biologisch oder kombiniert und laufen in Verbrennungsöfen, Pressen, Silos, Kraftwerken etc. ab. Durch diese Prozesse wird Energie in Form von Wärme oder Strom gewonnen.

## *Umweltverträglichkeit*

Die Energiegewinnung aus Biomasse ist im Vergleich zur Energiegewinnung aus fossilen Brennstoffen wesentlich umweltverträglicher:

- Biomasse ist ein ständig nachwachsender Rohstoff, durch dessen Einsatz Ressourcen geschont werden.
- Die Nutzung von Biomasse als Energielieferant trägt nicht weiter zur Erhöhung des Treibhauseffekts bei, da nicht mehr CO<sub>2</sub> freigesetzt wird als vorher bei der Entstehung der Biomasse aus der Atmosphäre gebunden wurde.
- Biomasse ist im Gegensatz z. B. zu Erdöl regional verfügbar, was bedeutet, dass die Transportwege wesentlich kürzer sind.

## **Marktanteil Bioenergie**

Rund 19,2 Prozent des regenerativ erzeugten Stroms wird durch Bioenergie erzeugt, im Wärmebereich sind es 67 Prozent. Bis Ende 2021 wuchs ihr Anteil an der Stromerzeugung auf 7,7 Prozent. Fachleute halten einen Marktanteil von 15 Prozent bis zum Jahr 2030 für realisierbar. (Quelle: Bundesverband BioEnergie e.V.)

## **Förderung der Biomasse**

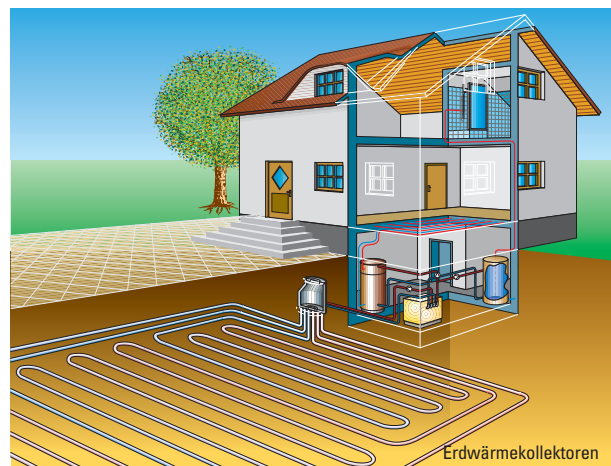
Wie die anderen regenerativen Energieträger fördert das EEG auch die Biomassenutzung. Das trägt zur Wirtschaftlichkeit nachwachsender Rohstoffe sowie zur effizienten Nutzung von Klär- und Deponiegas bei.

\* Kritik: Die Nutzung von Getreide- und Kulturpflanzen sieht sich mit dem Vorwurf konfrontiert, dass auf den begrenzten landwirtschaftlichen Flächen immer mehr Energiepflanzen anstelle von Nahrungsmitteln angebaut werden. Das wirkt sich einerseits negativ auf das natürliche Ökosystem und die gewachsene Vielfalt aus. Andererseits steigen die Preise für Lebensmittel, wenn aus Weizen und Mais vornehmlich Treibstoffe gewonnen werden.

# Energiegewinnung aus Geothermie – Wärme, die aus der Erde kommt

## Oberflächennahe Geothermie

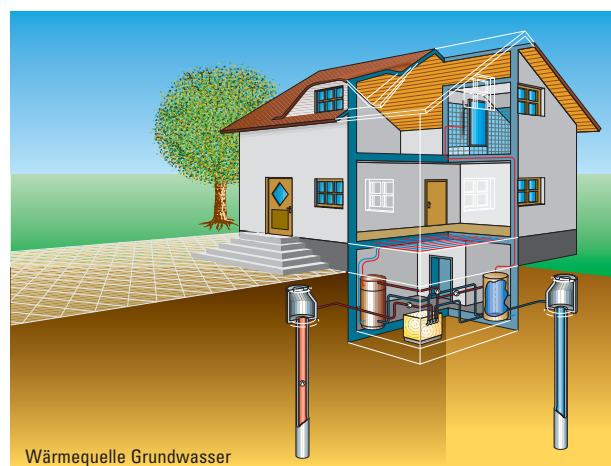
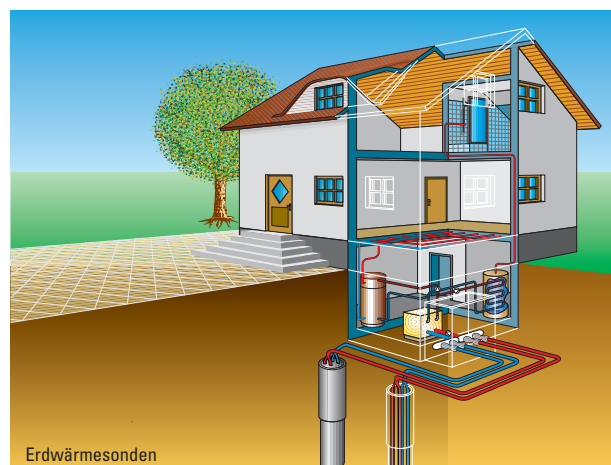
Die oberflächennahe Geothermie nutzt die Energie, die in den obersten Erdschichten bis 400 Meter oder im Grundwasser gespeichert ist. Die hier herrschenden geringen Temperaturen von 8 bis 12 °C lassen sich unterschiedlich nutzen und dienen sowohl zur Bereitstellung von Raumheizung und Warmwasser als auch von Klimakälte. Um die vorhandene Energie im flachen Untergrund zu nutzen, werden Wärmepumpen, Erdwärmekollektoren, Erdwärmesonden, Energiepfähle oder erdberührte Betonbauteile eingesetzt. Wärmepumpen kommen verstärkt für die Raumheizung zur Anwendung.



## Tiefengeothermie

Als Tiefengeothermie bezeichnet man die Nutzung der Erdwärme in Tiefen zwischen 400 und 5.000 Meter. Im Vergleich zur oberflächennahen Geothermie sind dort die Temperaturen weit aus höher. Neben der Wärmeversorgung ist Tiefengeothermie auch für die Stromerzeugung nutzbar. Ab einer Temperatur von etwa 90 °C ist eine wirtschaftliche Stromerzeugung möglich. Der Vorteil der Geothermie ist ihre ständige Verfügbarkeit. Die geothermische Stromerzeugung in Deutschland steht noch am Anfang. Bis Ende 2021 gingen 42 Anlagen in Betrieb.

(Quelle: Bundesverband Geothermie e.V.)



Grafiken: Bundesverband Wärmepumpe (BWP) e. V.

# Wir beraten Sie gern – nachhaltig und effizient!

Der effiziente Einsatz von Energie und Wasser hat für Sie mehrfachen Nutzen: Sie tun etwas für die Umwelt und fördern den Klimaschutz. Und auch wirtschaftlich gibt es nur Vorteile: Denn wer Energie und Wasser spart, spart gleichzeitig bares Geld.

Sie haben noch Fragen? Dann sind Sie bei uns an der richtigen Adresse: Mit speziellen Dienstleistungs- und Serviceangeboten, wirkungsvollen Anregungen und praktischen Tipps zum Energiesparen helfen wir Ihnen gerne weiter.

**Herausgeber/Copyright:**

ASEW GbR | Eupener Straße 74 | 50933 Köln | info@asew.de | www.asew.de

Nachdruck und Wiedergabe – auch auszugsweise – nur mit ausdrücklicher Genehmigung der ASEW GbR

**Quellenvermerk:**

Titelfoto: fotolia, © frankoppermann, Grafiken S. 02: Agentur für Erneuerbare Energien, Grafik/Foto S. 03: Deutscher Wetterdienst/fotolia, © Robert Angermayr, Fotos S. 06: fotolia, © cybercrisi, Grafiken S. 07/08: Bundesverband WindEnergie e.V., Fotos S. 09: fotolia, © pb press/© LianeM, Grafik S. 10: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Grafiken S. 11: Bundesverband Wärmepumpe (BWP) e. V.

