

# Sonnenenergie

Als **Sonnenenergie** oder **Solarenergie** bezeichnet man die **Energie** der **Sonnenstrahlung**, die in Form von elektrischem Strom, Wärme oder chemischer Energie technisch genutzt werden kann. Sonnenstrahlung ist dabei die elektromagnetische Strahlung, die auf der Sonnenoberfläche wegen ihrer Temperatur von ca. 5500 °C als **Schwarzkörperstrahlung** entsteht, was letztlich auf **Kernfusionsprozesse** im Sonneninneren (das **Wasserstoffbrennen**) zurückgeht.

Die Sonnenenergie lässt sich sowohl direkt (z. B. mit **Photovoltaikanlagen** oder **Sonnenkollektoren**) als auch indirekt (z. B. mittels **Wasserkraftwerken**, **Windkraftanlagen** und in Form von **Biomasse**) nutzen. Die Nutzung der Solarenergie ist ein Beispiel für eine moderne **Backstop-Technologie**.<sup>[1]</sup>

## Inhaltsverzeichnis

- Intensität**
- Nutzung der Sonnenenergie**
- Speicherung der Sonnenenergie**
- Potenzial der Sonnenenergie**
- Abhängigkeit der Strahlungsleistung vom Einfallswinkel**
- Bewertung der Sonnenenergienutzung**
  - Vorteile
  - Nachteile
- Literatur**
- Siehe auch**
- Weblinks**
- Einzelnachweise**

## Intensität

Die auf die Erde treffende Sonnenstrahlung ist, seitdem sie gemessen wird, annähernd konstant. Es gibt auch keine Hinweise auf deutliche Schwankungen in historischer Zeit. Die durchschnittliche Intensität der Sonneneinstrahlung beträgt an der Grenze der **Erdatmosphäre** etwa 1,367 kW/m<sup>2</sup>. Dieser Wert wird auch als **Solarkonstante** bezeichnet. Ein Teil der eingestrahelten Energie wird von der Atmosphäre von festen (z. B. Eiskristallen, Staub) oder flüssigen Schwebeteilchen sowie von den gasförmigen Bestandteilen **gestreut** und **reflektiert**. Ein weiterer Teil wird von der Atmosphäre **absorbiert** und bereits dort in Wärme umgewandelt. Der Rest geht durch die Atmosphäre hindurch und erreicht die Erdoberfläche. Dort wird er wiederum zum Teil reflektiert und zum Teil absorbiert und in Wärme umgewandelt. Unter anderem in der **Photosynthese**, der **Photothermik** und der **Photovoltaik** wird diese Energie nutzbar gemacht. Die prozentuale Verteilung der Einstrahlung auf Reflexion, Absorption und Transmission hängt vom jeweiligen Zustand der Atmosphäre ab. Dabei spielen die **Luftfeuchtigkeit**, die **Bewölkung** und die Länge des Weges, den die Strahlen durch die Atmosphäre zurücklegen, eine Rolle. Die auf die **Erdoberfläche** auftreffende Strahlung beträgt weltweit im Tagesdurchschnitt (bezogen auf 24 Stunden) noch ungefähr 165 W/m<sup>2</sup><sup>[2]</sup> (mit erheblichen Schwankungen je nach Breitengrad, Höhenlage und Witterung). Die gesamte auf die Erdoberfläche auftreffende Energiemenge ist mehr als fünftausend Mal größer als der **Energiebedarf der Menschheit**.<sup>[2]</sup> Letztlich wird die gesamte Energie der Sonne in Form von Wärmestrahlung wieder an den Weltraum abgegeben.

## Nutzung der Sonnenenergie

Der Menge nach größter Nutzungsbereich der Sonnenenergie ist die Erwärmung der Erde, so dass im oberflächennahen Bereich biologische Existenz in den bekannten Formen möglich ist, gefolgt von der **Photosynthese** der **Algen** und Höheren **Pflanzen**. Die meisten Organismen, die Menschen eingeschlossen, sind entweder direkt (als Pflanzenfresser) oder indirekt (als Fleischfresser) von der Sonnenenergie abhängig. Brennstoff und Baumaterial stammen ebenfalls daraus. Die Sonnenenergie ist weiterhin dafür verantwortlich, dass es in der Atmosphäre zu Luftdruckunterschieden kommt, die zu Wind führen. Auch der Wasserkreislauf der Erde wird von der Sonnenenergie angetrieben.

Neben diesen „natürlichen“ Effekten gibt es zunehmend eine technische Nutzung vor allem im Bereich Energieversorgung. Da die Sonnenenergie eine **regenerative Energiequelle** ist, wird ihre Nutzung in vielen Ländern gefördert, in Deutschland beispielsweise durch das **Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG)**.<sup>[3]</sup>

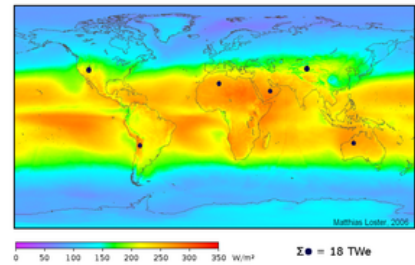
Mit Hilfe der **Solartechnik** lässt sich die Sonnenenergie auf verschiedene Arten sowohl direkt als auch indirekt nutzen:

Direkte Nutzungsformen umfassen:

- Sonnenkollektoren** gewinnen Wärme (**Solarthermie** bzw. Photothermik)
- Solarzellen** erzeugen elektrischen Gleichstrom (**Photovoltaik**)
- Sonnenwärmekraftwerke** erzeugen mit Hilfe von Wärme und Wasserdampf elektrischen Strom
- Aufwindkraftwerke** erzeugen in einem Treibhaus heiße Luft, die durch einen Kamin aufsteigt und Strom erzeugt
- Solarballons** können durch die heiße Luft in ihrem Innern fliegen
- Solarcooker** oder Solaröfen erhitzen Speisen oder sterilisieren medizinisches Material

Indirekt wird Sonnenenergie genutzt:

- Pflanzen** und pflanzliche Abfälle werden so verarbeitet, dass nutzbare Flüssigkeiten (z. B. **Ethanol**, **Rapsöl**) oder Gase (z. B. **Biogas**, gereinigt wird daraus **Methan**) entstehen
- Wind-** und **Wasserkraftwerke** erzeugen elektrischen Strom
- Als **Passive Sonnenenergie** um Häuser aufzuwärmen und somit den Energiebedarf zu senken

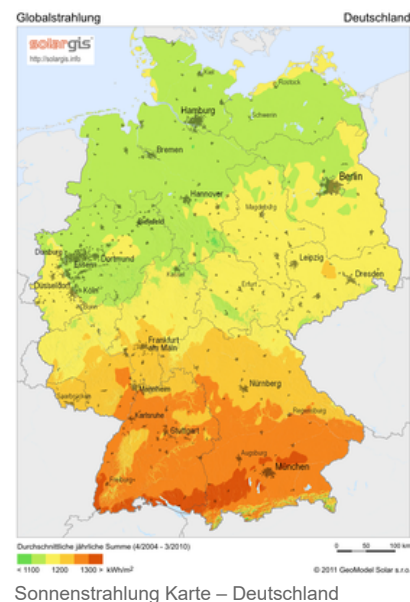


**Weltweit verfügbare Sonnenenergie.** Die Farben in der Karte zeigen die örtliche Sonneneinstrahlung auf der Erdoberfläche gemittelt über die Jahre 1991–1993 (24 Stunden am Tag, unter Berücksichtigung der von Wettersatelliten ermittelten Wolkenabdeckung). Zur Deckung des derzeitigen Weltbedarfs an Primärenergie allein durch Solarstrom wären die durch dunkle Scheiben gekennzeichneten Flächen ausreichend (bei einem Wirkungsgrad von 8 %).



Ein Waschanlage in Kalifornien, USA, der sein Warmwasser mit Solarenergie erhitzt

165 W/m<sup>2</sup><sup>[2]</sup> (mit erheblichen Schwankungen je nach Breitengrad, Höhenlage und Witterung). Die gesamte auf die Erdoberfläche auftreffende Energiemenge ist mehr als fünftausend Mal größer als der **Energiebedarf der Menschheit**.<sup>[2]</sup>



Sonnenstrahlung Karte – Deutschland



Sonnenwärmekraftwerk  
Ivanpah, USA



Aufwindkraftwerk  
Manzanares, Spanien



Solarkocher in Betrieb



Windkraftanlage



Photovoltaikanlage in Berlin-Adlershof



Laufwasserkraftwerk



Solarmodul (links) und Sonnenkollektor (rechts oben)

## Speicherung der Sonnenenergie

Die solare Einstrahlung unterliegt tages- und jahreszeitlichen Schwankungen von Null bis zum Maximalwert der Bestrahlungsstärke von rund 1000 W/m<sup>2</sup>. Um die notwendige Energieversorgungssicherheit zu gewährleisten, sind deshalb immer zusätzlich Maßnahmen wie Energiespeicher, Regelungstechnik oder auch Zusatzsysteme wie zum Beispiel ein mit Brennstoff betriebener Heizkessel notwendig.

Im März 2011 ging in der Morbacher Energielandschaft die erste Solargas-Anlage in Deutschland in Betrieb.<sup>[4]</sup> Dabei wird Sonnenenergie in synthetisches Erdgas umgewandelt und in Gasform gespeichert.

Thermische Solaranlagen verwenden unterschiedliche Arten von Wärmespeichern. Diese reichen bei Geräten für Warmwasser meist für einige Tage aus, damit – zumindest im Sommerhalbjahr – auch in der Nacht und während einer Schlechtwetterperiode ausreichend Wärme zur Verfügung gestellt werden kann. Langzeitspeicher, die sommerliche Wärme in den Winter übertragen, sind technisch möglich, aber noch relativ teuer.

In solarthermischen, elektrischen Kraftwerken wird durch Spiegel konzentrierte Sonnenstrahlung genutzt, um Flüssigkeiten zu verdampfen und mittels Dampfturbinen Strom zu gewinnen. Wärmespeicher (beispielsweise Flüssigsaltztanks) können darüber hinaus einen Teil der Wärme (mit geringen Verlusten) tagsüber speichern, um kurzfristige Bedarfsschwankungen auszugleichen oder die Dampfturbine nachts anzutreiben.

In photovoltaischen Kraftwerken wird elektrischer Strom mittels Halbleitereffekten erzeugt. Der dadurch produzierte Gleichstrom wird entweder im Rahmen einer dezentralen Stromerzeugung in einem Inselstromnetz als solcher verwendet (Pufferung zum Beispiel durch Akkumulatoren) oder über Wechselrichter in ein vorhandenes Wechselstromnetz eingespeist. Dort ist die Speicherung über dezentrale Batterien und die Umwandlung in Wasserstoff und Methan und der anschließenden Speicherung im Erdgasnetz möglich. Die bereits bestehenden Erdgasspeicher in Deutschland würden ausreichen, um hier den Speicherbedarf einer Stromversorgung zu decken, die überwiegend auf der Erzeugung durch Photovoltaik- und Windkraftanlagen basiert.<sup>[5]</sup>

## Potenzial der Sonnenenergie

Als die größte Energiequelle liefert die Sonne pro Jahr eine Energiemenge von etwa 1,5 · 10<sup>18</sup> kWh<sup>[6]</sup> auf die Erdoberfläche. Diese Energiemenge entspricht mehr als dem 10.000fachen des Weltenergiebedarfs der Menschheit im Jahre 2010 (1,4 × 10<sup>14</sup> kWh/Jahr).

Die Zusammensetzung des Sonnenspektrums, die Sonnenscheindauer und der Winkel, unter dem die Sonnenstrahlen auf die Erdoberfläche fallen, sind abhängig von Uhrzeit, Jahreszeit und Breitengrad. Damit unterscheidet sich auch die eingestrahelte Energie. Diese beträgt beispielsweise etwa 1.000 kWh pro Quadratmeter und Jahr in Mitteleuropa und etwa 2.350 kWh pro Quadratmeter und Jahr in der Sahara. Es gibt verschiedene Szenarien, wie eine regenerative Energieversorgung der EU realisiert werden kann, unter anderem auch mittels Energiewandlung in Nordafrika und Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung. So ergaben zum Beispiel satellitengestützte Studien des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR), dass mit weniger als 0,3 Prozent der verfügbaren Wüstengebiete in Nordafrika und im Nahen Osten durch Thermische Solarkraftwerke genügend Energie und Wasser für den steigenden Bedarf dieser Länder sowie für Europa erzeugt werden kann.<sup>[7]</sup> Die Trans-Mediterranean Renewable Energy Cooperation, ein internationales Netzwerk von Wissenschaftlern, Politikern und Experten auf den Gebieten der erneuerbaren Energien und deren Erschließung, setzt sich für eine solche kooperative Nutzung der Solarenergie ein. Eine Veröffentlichung aus den USA namens Solar Grand Plan schlägt eine vergleichbare Nutzung der Sonnenenergie in den USA vor.



DESERTEC: Skizze einer möglichen Infrastruktur für eine nachhaltige Stromversorgung in Europa, dem Nahen Osten und Nord-Afrika

Es wurde auch darüber nachgedacht, Solarenergie per Satellit einzufangen und auf die Erde zu übermitteln.<sup>[8]</sup> Der Vorteil läge in einer höheren Energiedichte am Boden und in der Vermeidung von Tag-Nacht-Schwankungen. Auf Grund des großen dafür nötigen Aufwands, weit oberhalb von aller bisherigen Raumfahrttechnik, wurde jedoch keines dieser Projekte bisher realisiert.

## Abhängigkeit der Strahlungsleistung vom Einfallswinkel

Die Sonneneinstrahlung auf die Erdoberfläche ist die Haupteinflussgröße des Wettergeschehens und des regionalen wie globalen Klimas. Die Strahlungsstromdichte (engl. *heat flux density, irradiation*), also die Strahlungsenergie pro Fläche und Zeitspanne, hängt vom Winkel der Sonneneinstrahlung ab. Bei flachem Winkel treffen weniger Photonen pro Fläche auf dem Boden auf und erwärmen ihn weniger stark als bei senkrechtem Einfall. Dies kommt durch folgende Formel zum Ausdruck:

$$J = J_0 \cdot \sin(\beta)$$

Hierbei bezeichnet **J** die Strahlungsleistung, **J<sub>0</sub>** die Strahlungsleistung bei senkrechtem Einfallswinkel und **β** den Einfallswinkel gegenüber dem Horizont.

Verstärkt wird der Effekt durch den verlängerten Weg, den das Licht bei flachen Winkeln durch die Atmosphäre zurücklegen muss.

## Bewertung der Sonnenenergienutzung

---

### Vorteile

- Sonnenenergienutzung setzt keine Luftschadstoffe frei, wie z. B. Feinstaub.
- Sonnenenergienutzung setzt keine Treibhausgase frei und ist damit klimaschonend.
- Sonnenenergienutzung erspart Importe fossiler oder nuklearer Brennstoffe und reduziert damit die Abhängigkeit von möglichen Krisenherden und internationalen Konflikten, wie etwa in der Nahostregion.
- Sonnenenergie ist nach menschlichem Ermessen unbegrenzt verfügbar.

### Nachteile

- Sonnenenergie ermöglicht aufgrund der wetter-, tages- und jahreszeitabhängigen Sonneneinstrahlung keine konstante bzw. bedarfsgerechte Energieversorgung.
- Sonnenenergienutzung hat aufgrund der geringen Energiedichte einen relativ hohen Flächenbedarf und kann bei der Nutzung von Photothermik- oder Photovoltaikanlagen in Konkurrenz zur landwirtschaftlichen Nutzung von Flächen treten.

## Literatur

---

- Ursula Eicker: *Solare Technologien für Gebäude. Grundlagen und Praxisbeispiele*, 2., vollständig überarbeitete Auflage, Vieweg + Teubner, Wiesbaden 2012, ISBN 978-3-8348-1281-0.
- Bernward Janzing: *Solare Zeiten – Die Karriere der Sonnenenergie. Eine Geschichte von Menschen mit Visionen und Fortschritten der Technik*. Picea Verlag, Freiburg 2011, ISBN 978-3-9814265-0-2.
- Martin Kaltschmitt, Wolfgang Streicher, Andreas Wiese (Hrsg.): *Erneuerbare Energien. Systemtechnik, Wirtschaftlichkeit, Umweltaspekte*. Springer Vieweg, Berlin / Heidelberg 2013, ISBN 978-3-642-03248-6.
- Volker Quaschnig: *Regenerative Energiesysteme*. 9. Auflage. Hanser, München 2015, ISBN 978-3-446-44267-2.
- Hans-Günther Wagemann, Heinz Eschrich: *Photovoltaik – Solarstrahlung und Halbleitereigenschaften, Solarzellenkonzepte und Aufgaben*. 2. Auflage. Teubner, Stuttgart 2010, ISBN 978-3-8348-0637-6.

## Siehe auch

---

- Strahlungshaushalt der Erde

## Weblinks

---

**Commons: Sonnenenergie** ([https://commons.wikimedia.org/wiki/Category:Solar\\_energy?uselang=de](https://commons.wikimedia.org/wiki/Category:Solar_energy?uselang=de)) – Sammlung von Bildern, Videos und Audiodateien

- [futureisclean.org](http://www.futureisclean.org) (<http://www.futureisclean.org>)
- [solargis.info: Globalstrahlungskarte der Schweiz](http://solargis.info/doc/pics/freemaps/1000px/ghi/SolarGIS-Solar-map-Switzerland-de.png) (<http://solargis.info/doc/pics/freemaps/1000px/ghi/SolarGIS-Solar-map-Switzerland-de.png>)
- European Energy Exchange, [transparency.eex.com: Tatsächliche Produktion Solar](http://www.transparency.eex.com/de/daten_uebertragungsnetzbetreiber/stromerzeugung/tatsaechliche-produktion-solar) ([http://www.transparency.eex.com/de/daten\\_uebertragungsnetzbetreiber/stromerzeugung/tatsaechliche-produktion-solar](http://www.transparency.eex.com/de/daten_uebertragungsnetzbetreiber/stromerzeugung/tatsaechliche-produktion-solar)). Stündlich aktualisierte Ertragsdaten deutscher Anlagen der
  - SMA Solar Technology, [sma.de: Visualisierung](http://www.sma.de/de/news-infos/pv-leistung-in-deutschland.html) (<http://www.sma.de/de/news-infos/pv-leistung-in-deutschland.html>)
- [volker-quaschnig.de: „Think Big!“](http://volker-quaschnig.de/artikel/thinkbig/index.html) (<http://volker-quaschnig.de/artikel/thinkbig/index.html>): Szenario Energieerzeugung in Afrika und HGÜ. Artikel aus *Sonne Wind & Wärme*, Mai 2004
- [zeit.de, Juni 2004: Grüne Wiese, rotes Tuch – Die Solarbranche fürchtet Widerstände gegen Freilandanlagen und müht sich um öffentliche Zustimmung](http://www.zeit.de/2004/25/E-Anti_Solar) ([http://www.zeit.de/2004/25/E-Anti\\_Solar](http://www.zeit.de/2004/25/E-Anti_Solar))

## Einzelnachweise

---

- ↑ Robert C. Allen, *The British Industrial Revolution in Global Perspective*, Cambridge University Press, 2009, S. 88.
- ↑ DESERTEC Whitebook ([http://www.desertec.org/fileadmin/downloads/DESERTEC-WhiteBook\\_en\\_small.pdf](http://www.desertec.org/fileadmin/downloads/DESERTEC-WhiteBook_en_small.pdf)), Clean Power from Deserts (PDF-Datei; 3,0 MB), DESERTEC
- ↑ Zeit: Zu schnell, zu groß (<http://www.zeit.de/online/2007/08/Solarenergie-Aktien>)
- ↑ juwi und SolarFuel testen Verfahren zur Speicherung von Windstrom als Erdgas (<http://www.photovoltaik-guide.de/erdgas-aus-oekostrom-juwi-und-solarfuel-testen-verfahren-zur-stromspeicherung-17629>)
- ↑ Volker Quaschnig: *Würde da nicht das Licht ausgehen?* (<http://www.volker-quaschnig.de/artikel/2012-05-Licht-aus/index.php>) In: *Sonne Wind & Wärme*. 07/2012, S. 10–12.
- ↑ *Grundlagen der Sonnenenergieeinstrahlung*. (Nicht mehr online verfügbar.) Institut für Wärmetechnik, TU Graz, ehemals im Original ([https://tools.wmflabs.org/gifbot/deref.fcgi?url=http%3A%2F%2Flamp.tu-graz.ac.at%2F%7Eiwt%2Fdownloads%2Fskripten%2FTeil2\\_Grundlagen.pdf](https://tools.wmflabs.org/gifbot/deref.fcgi?url=http%3A%2F%2Flamp.tu-graz.ac.at%2F%7Eiwt%2Fdownloads%2Fskripten%2FTeil2_Grundlagen.pdf)); abgerufen am 2. Dezember 2014. (Seite nicht mehr abrufbar, Suche in Webarchiven ([http://timetravel.mementoweb.org/list/2010/http://lamp.tu-graz.ac.at/~iwt/downloads/skripten/Teil2\\_Grundlagen.pdf](http://timetravel.mementoweb.org/list/2010/http://lamp.tu-graz.ac.at/~iwt/downloads/skripten/Teil2_Grundlagen.pdf)))  **Info**: Der Link wurde automatisch als defekt markiert. Bitte prüfe den Link gemäß *Anleitung* und entferne dann diesen Hinweis.
- ↑ dlr.de: Der Beitrag des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt ([http://www.dlr.de/desktopdefault.aspx/tabid-5885/9548\\_read-18787/](http://www.dlr.de/desktopdefault.aspx/tabid-5885/9548_read-18787/))
- ↑ spiegel.de: (<http://www.spiegel.de/wissenschaft/weitall/0,1518,511203,00.html>) PENTAGON-PLAN: Satelliten sollen Sonnenenergie zur Erde beamen

Abgerufen von „<https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Sonnenenergie&oldid=187705899>“

Diese Seite wurde zuletzt am 19. April 2019 um 14:07 Uhr bearbeitet.

Der Text ist unter der Lizenz „Creative Commons Attribution/Share Alike“ verfügbar; Informationen zu den Urhebern und zum Lizenzstatus eingebundener Mediendateien (etwa Bilder oder Videos) können im Regelfall durch Anklicken dieser abgerufen werden. Möglicherweise unterliegen die Inhalte jeweils zusätzlichen Bedingungen. Durch die Nutzung dieser Website erklären Sie sich mit den Nutzungsbedingungen und der Datenschutzrichtlinie einverstanden.

Wikipedia® ist eine eingetragene Marke der Wikimedia Foundation Inc.