

# Erneuerbare Energien – Was steht unterm Strich?



Der ökologische Nutzen Erneuerbarer Energien steht außer Frage. Neben den sehr verschiedenen Emissionsbilanzen von Solar- und Windenergieanlagen, Wasserkraftwerken und Biogas stehen in der Energiewendediskussion Wirkungsgrade und Ausbaupotenziale im Fokus. *Petra Franke*

Die Technologien zur Energiegewinnung aus Erneuerbaren Energien haben sich rasant entwickelt und mit ihnen nicht nur die Energieausbeute, sondern auch der Energieverbrauch bei ihrer Herstellung. Wir haben einen aktuellen Blick auf Wirkungsgrade, Emissionen, Naturverträglichkeit und Ausbauziele der Erneuerbaren Energien geworfen.

Der **Wirkungsgrad** beschreibt das Verhältnis aus zugeführter und nach der Umwandlung nutzbarer Energie. Er kann nie größer als 1 bzw. 100 Prozent sein. Bei der Photovoltaik ist die zugeführte Energie das Sonnenlicht, bei der Windkraftanlage die Windenergie, bei der Biomasseanlage die verwendete Pflanzenart, bei der Wasserkraftturbine die kinetische Energie des Wassers. Die Wirkungsgrade einer Anlage hängen auch vom Standort und anderen Systemkomponenten ab.

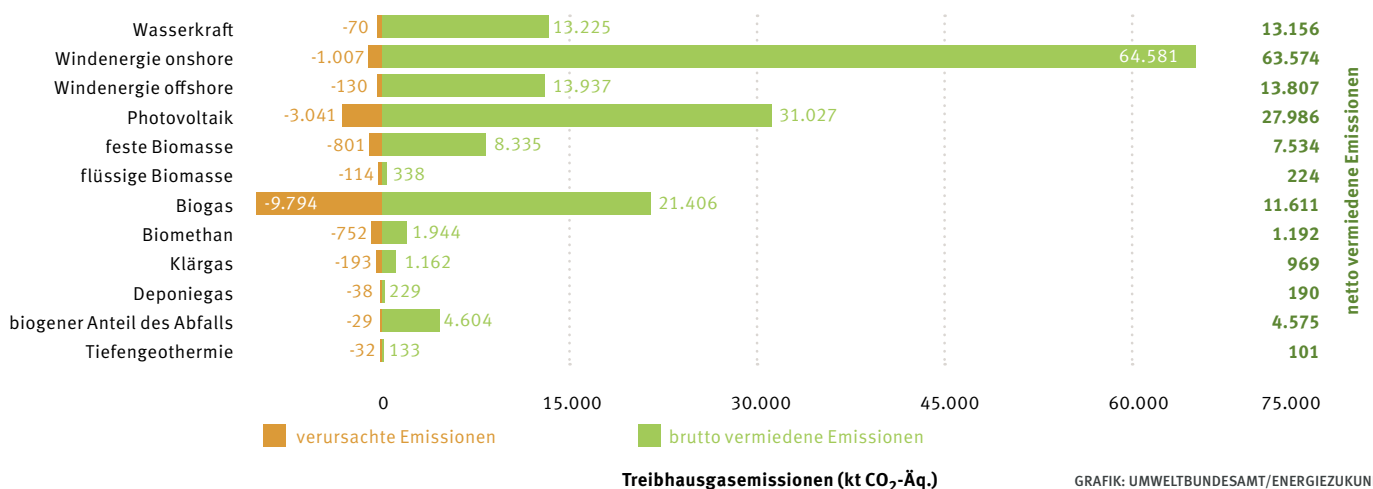
Die **Energy Payback Time** ist die Zeitspanne, nach der eine Anlage so viel Energie produziert hat wie zu ihrer

Herstellung aufgewendet wurde. Zwei Variablen beeinflussen die Rechnung. Zum einen unterscheiden sich die Herstellungsprozesse und damit der Energieverbrauch auch innerhalb einer Technologie stark. Zum anderen hängt der Ertrag einer Anlage – zumindest bei Wind und Photovoltaik – stark vom Standort ab.

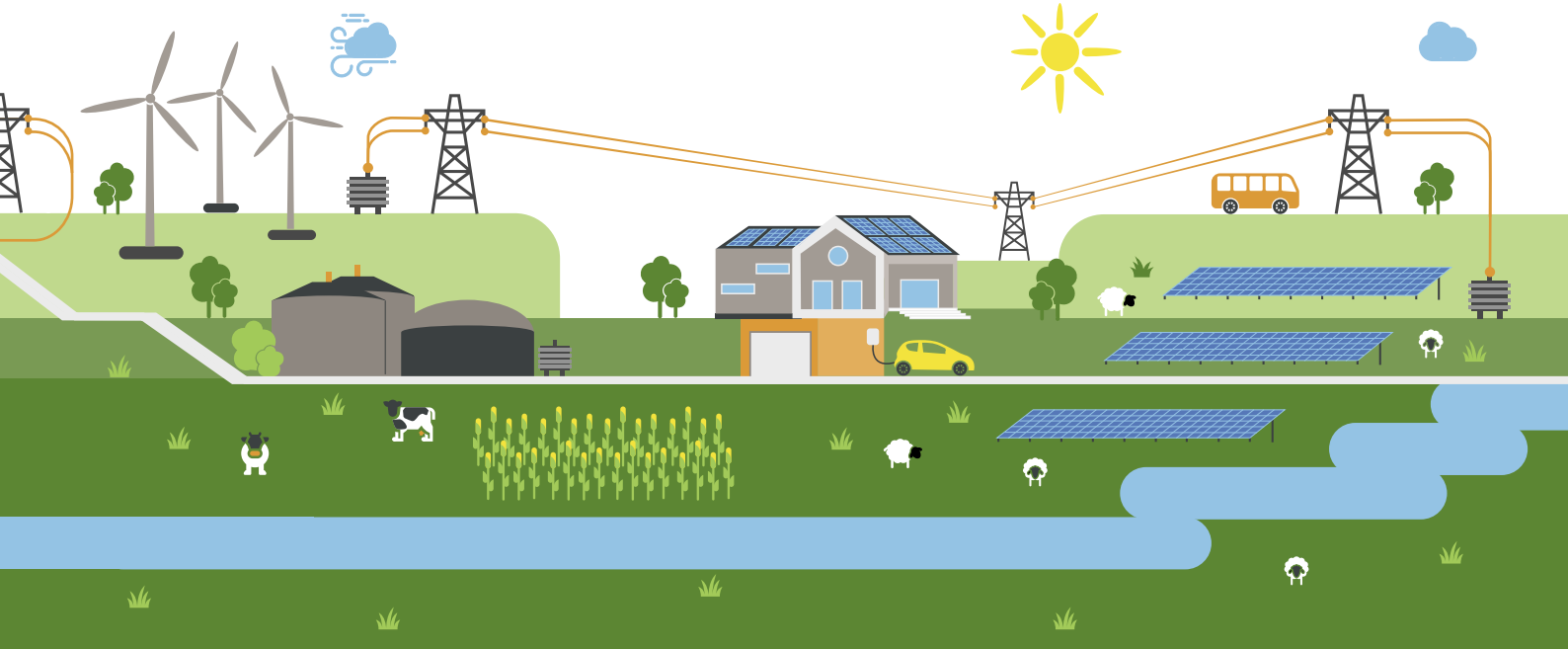
Beim **Flächenverbrauch und Naturschutz** versuchen wir eine qualitative Annäherung und wägen verschiedene Argumente ab.

Bei der Betrachtung der **Emissionen** spielen die verwendeten Materialien und ihre Verarbeitung die Hauptrolle, aber auch, ob bei der Produktion der Komponenten mit Erneuerbaren oder konventionellen Energien gearbeitet wird. Nicht zu vernachlässigen sind Transportwege und Verpackung. Das Umweltbundesamt bestimmt jährlich die Menge der durch die verschiedenen Energieträger vermiedenen Emissionen. Die aktuellen Daten betrachten das Jahr 2018.

## Emissionsbilanz Erneuerbarer Energieträger 2018



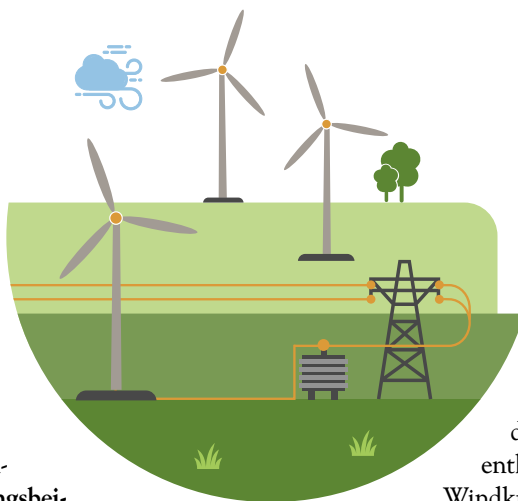
Die Netto-Emissionsbilanz der Erneuerbaren Energien unter Berücksichtigung der Vorketten weist eine Vermeidung von Treibhausgasemissionen in Höhe von rund 187 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalenten (CO<sub>2</sub>-Äq.) im Jahr 2018 aus. Auf den Stromsektor entfielen 144 Mio. Tonnen. Im Wärmesektor wurden 36 Mio. Tonnen und durch biogene Kraftstoffe 8 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalente vermieden.



Eine Windkraftanlage kann die kinetische Energie des Windes nicht vollständig nutzen. Die physikalische Grenze liegt bei maximal 59 Prozent. Optimierte moderne Anlagen können bei idealen Betriebsbedingungen einen **Leistungsbeiwert** von knapp über 50 Prozent erreichen. Leistungsbeiwert ist hier das Synonym für Wirkungsgrad. Entscheidend für eine hohe Effizienz, aber auch niedrige Stromgestehungskosten ist die ideale Dimensionierung von Generatorleistung und Nabenhöhe am jeweiligen Standort. Es gilt, mit den vorhandenen Windpotenzialen möglichst viele Volllaststunden zu erreichen.

Die **energetische Amortisationszeit** hängt vor allem vom Standort, aber auch von der Größe der Anlage ab – bei höherer Nabenhöhe und längeren Rotorblättern wird mehr Material verbraucht, was den Wert beeinflusst.

**Flächenverbrauch und Naturschutz:** Im Moment besteht Konsens darüber, dass zwei



Prozent der Landesfläche Deutschlands gebraucht werden, um im Energiemix der Zukunft ausreichend Windenergie bereitzustellen. In dieser Prozentzahl sind auch die notwendigen Abstandsflächen enthalten. Von dieser für Windkraft ausgewiesenen Fläche werden wiederum nur zwei Prozent tatsächlich bebaut.

Für das Fundament wird Fläche versiegelt. Hinzu kommen die Kranstellfläche und die Zuwegungen, die projektspezifisch sind. Knapp ein Prozent der deutschen Landfläche wird derzeit für Windenergie genutzt – wohlgermerkt inklusive der Abstandsflächen. Die Flächen für Windkraft sind der größte Engpass beim Ausbau.

Die Veränderung des Landschaftsbildes oder die Angst vor Lärmemissionen ist oftmals der Grund, weshalb sich Bürger dagegen wehren. Für den Schutz von Vögeln gibt es inzwischen Lösungen, die auf den Erhalt der Populationen abzielen.

## Windkraft

Leistungsbeiwert:  
**knapp über 50 Prozent**

Energy Payback Time:  
**3 bis 7 Monate**

Installierte Leistung 2020:  
**Onshore 54,8 Gigawatt**  
**Offshore 7,7 Gigawatt**

Energieerzeugung 2020:  
**Onshore 105 TWh,**  
**Offshore 26,9 TWh**  
**gesamt 131,9 TWh**

Anteil Stromerzeugung 2020:  
**27 Prozent**

Ausbauziel Onshore 2030:  
**71 Gigawatt (EEG 2021)**

Ausbauziel Offshore:  
**2030: 20 Gigawatt,**  
**2040: 40 Gigawatt**  
**(Windenergie-auf-See-Gesetz)**

## Photovoltaik

Wirkungsgrad:  
**20 bis 21 Prozent**  
(aktuelle monokristalline PERC-Module)

Energy Payback Time:  
**4 bis 18 Monate**

Installierte Leistung Ende 2020:  
**53,58 Gigawatt**

Energieerzeugung 2020:  
**51,42 TWh**

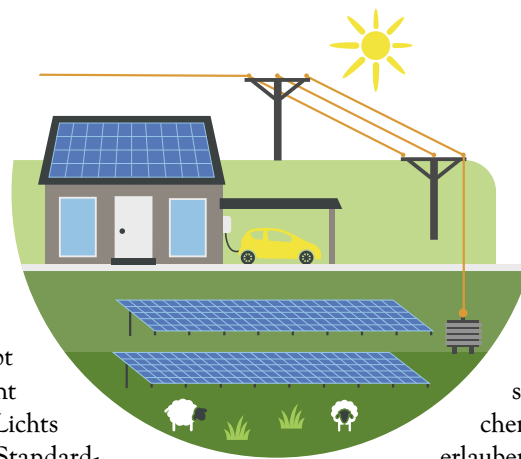
Anteil Stromerzeugung 2020:  
**10,5 Prozent**

Ausbauziel 2030:  
**100 Gigawatt (EEG 2021)**

Die Angabe des **Wirkungsgrades** bezieht sich auf die verbauten Module. Der Wirkungsgrad gibt an, wieviel Prozent des einfallenden Lichts ein Modul unter Standardbedingungen in Energie umwandeln kann. Darüber hinaus beeinflussen Wechselrichter, Verkabelung, Einstrahlung oder Verschattung den Ertrag und damit den Wirkungsgrad einer Anlage.

Die **Energy Payback Time** hängt vom Modultyp und der Systemkonfiguration ab, aber auch in starkem Maße vom Standort und dem Herstellungsprozess der Komponenten. Die Angabe bezieht sich auf Aufdachsysteme in Europa, wobei Solaranlagen in Südeuropa eine kürzere Energierücklaufzeit haben als im Norden installierte Anlagen.

**Flächenverbrauch und Naturschutz:** Freiflächensolarparks, die ihre Vergütung in Aus-



schreibungen gewinnen, dürfen nicht auf landwirtschaftlichen Flächen errichtet werden, sondern nur entlang von Autobahnen, auf Industriebrachen oder sonstigen Konversionsflächen. Einige Bundesländer erlauben auch den Bau auf benachteiligten Landwirtschaftsflächen.

Bei Freiflächenparks ohne EEG-Vergütung steuern die Kommunen die Flächenvergabe über den Bebauungsplan. Große Anlagen können für Ökosysteme eine Belastung sein. Allerdings werden die Flächen nicht versiegelt und gedüngt, was wiederum der Biodiversität und dem Gewässerschutz dient.

Dachflächen – vor allem in Städten – bieten ein riesiges Flächenpotenzial, dessen Nutzung kaum Konflikte verursacht. Allerdings ist der Bau einer Dachanlage teurer. Vor allem der PV-Zubau in Städten sollte deshalb politisch forciert und gefördert werden.

## Biomasse

Wirkungsgrad:  
variiert nach Pflanzenart

Energy Payback Time:  
siehe Erläuterung

Installierte Leistung 2020:  
**8,54 Gigawatt**

Energieerzeugung 2020:  
**47,15 TWh**

Anteil Stromerzeugung 2020:  
**9,7 Prozent**

Ausbauziel 2030:  
**8,4 Gigawatt (EEG 2021)**

Pflanzen bauen durch Photosynthese Biomasse in Form von Kohlenhydraten auf. Den **Wirkungsgrad** einer Pflanze kann man bestimmen, indem man den Heizwert der getrockneten Biomasse durch die Sonnenenergie teilt, die eine Pflanze während ihres Wachstums aufnehmen konnte. Manche Pflanzen, zum Beispiel Mais, Amaranth und Zuckerrohr, nutzen die Sonnenenergie besonders intensiv und erreichen Wirkungsgrade von zwei bis fünf Prozent. Holz sollte nur als Abfall in die Verbrennung gelangen und zuvor anders stofflich genutzt werden.



Biomasse kann wie fossile Brennstoffe zum Heizen, zur Stromgewinnung oder als Treibstoff eingesetzt werden. Je nach Nutzung finden verschiedene Prozesse statt. Biogas entsteht durch die Vergärung von Biomasse. Das können Gülle, Festmist, Energiepflanzen aber auch Abfälle und Klärschlamm sein.

Biogas erreicht seinen maximalen Wirkungs- und Versorgungsgrad und seine beste Klimabilanz, wenn es gleichzeitig zur Strom- und Wärmeerzeugung genutzt wird (Kraft-Wärme-Kopplung), es kann auch über die weitere

Veredlung zu Biomethan als Erdgasersatz in Kraftwerken und Motoren dienen. Zudem hat Biogas den Vorteil, dass es speicherbar ist und so ideal die fluktuierende Stromerzeugung aus Wind und Sonne ergänzen kann.

Ein Biomassekraftwerk braucht ständig Energieträger zur Umwandlung in Strom oder Wärme. Eine **Energy Payback Time** lässt sich deshalb nicht sinnvoll angeben.

**Flächenverbrauch und Naturschutz:**

Für die Ökobilanz macht es einen großen Unterschied, ob die Biomasse aus Reststoffen kommt oder gezielt angebaut wird. Der gezielte Anbau verbraucht Flächen und konkurriert mit dem Anbau von Nahrungsmitteln.

Monokulturen für die Biogasgewinnung anzubauen, ist weniger sinnvoll. Eine Alter-

native ist beispielsweise Klee gras, das als Zwischenfrucht zur Erholung der Böden angepflanzt wird. Es leistet zugleich einen Beitrag zur Biodiversität und zum Bodenschutz.

Auch Abfälle bieten ein großes Potenzial an energetisch wertvollen Stoffen. In Deutschland sind im Jahr 2020 nach Berechnungen des Deutschen Biomasseforschungszentrums allein durch die Kompostierung des anfallenden Biomülls und durch Grünschnitt aus der Landschaftspflege etwa 22.500 Terajoule angefallen. Das wären umgerechnet 6,25 Terawattstunden, die zur Verstromung und Wärmebereitstellung genutzt werden können.

Biomasse soll nicht nennenswert ausgebaut werden, jedoch sollen in etwa so viele neue Anlagen entstehen, wie stillgelegt werden.

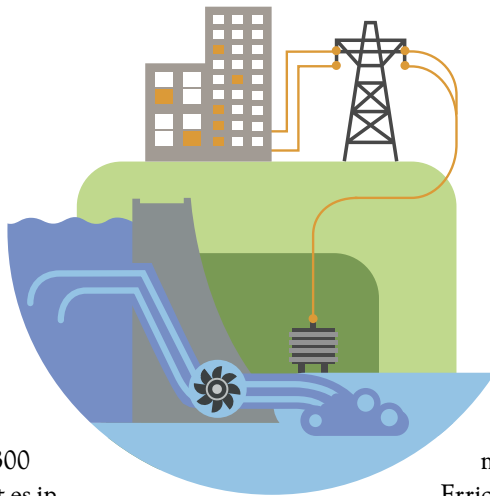
**Der Wirkungsgrad**

eines Wasserkraftwerks hängt von der Fallhöhe des Wassers und der Durchflussmenge ab. Auch kleine Kraftwerke im Gebirge können große Mengen Strom produzieren. Rund 7.300

Wasserkraftwerke gibt es in Deutschland, vor allem in Bayern. Der überwiegende Teil (94 Prozent) hat eine Leistung von unter einem Megawatt.

Wasserkraftwerke stellen ihren Strom stetig bereit, was der Stabilität des Stromnetzes dient und Netzausbaukosten reduziert. Kleine Wasserkraftwerke speisen häufig in die verbrauchsnahen unteren Spannungsebenen des Verteilnetzes ein und vermeiden somit Übertragungsverluste höherer Ebenen.

Die **Energy Payback Time** ist für Wasserkraftwerke nur individuell anzugeben und aufwändig zu errechnen. Örtliche Gegebenheiten und Baujahr sind die entscheidenden Größen. Eine wissenschaftliche Publikation



errechnete für ein Kleinwasserkraftwerk in der Steiermark einen Erntefaktor von 25. Das heißt, das Kraftwerk produziert in seiner angenommenen Betriebsdauer von 100 Jahren 25 Mal mehr Energie als zu seiner Errichtung verbraucht wurde.

**Flächenverbrauch und Naturschutz:**

Wasserkraftwerke greifen stark in die Natur ein. Deshalb sind solche Bauvorhaben in der heutigen Zeit kaum noch umweltverträglich umzusetzen. An den bestehenden Kraftwerken haben sich aber meist neue Biotop- und Lebensräume gebildet, die zur Biodiversität beitragen. An Flusswasserkraftwerken gibt es Fischtreppen, die den wandernden Fischen das Überwinden der Barriere ermöglichen.

Es gibt keinen festgelegten **Ausbaupfad** für die Wasserkraft. Ertragssteigerungen bei bestehenden Kraftwerken werden im Rahmen von Modernisierungen erreicht.

**Wasserkraft**

Wirkungsgrad:  
**80 bis 90 Prozent**

Energy Payback Time:  
siehe Erläuterung

Installierte Leistung 2020:  
**3,87 Gigawatt Laufwasser**  
**0,98 Gigawatt Speicherwasser**

Energieerzeugung 2020:  
**18,40 TWh**

Anteil Stromerzeugung 2020:  
**3,8 Prozent**

Ausbauziel 2030:  
**Effizienz alter Kraftwerke durch Modernisierung erhöhen**