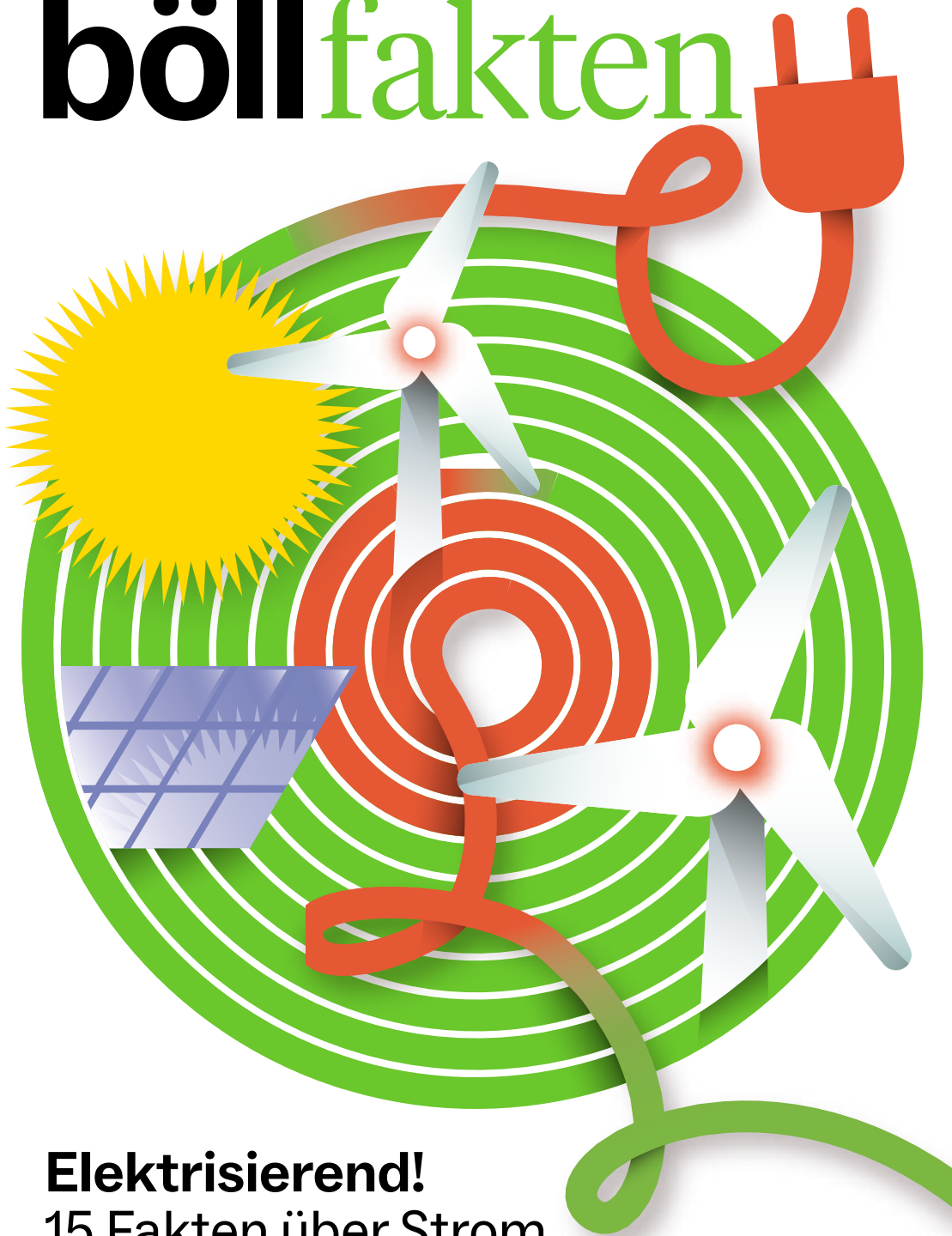


böllfakten



Elektrisierend!
15 Fakten über Strom

Impressum

Herausgeberin:
Heinrich-Böll-Stiftung e. V.

Berlin, September 2026

Text: Anke Herold, Anna Kopp,
Christoph Pistner (Öko-Institut e. V.)

Konzeption und Leitung:
Anna Brehm (Heinrich-Böll-Stiftung e. V.)

Redaktionelle Mitarbeit:
Rita Hoppe und Stephan Stoll
(Heinrich-Böll-Stiftung e. V.)

Peer Review: Dr. Matthias Stark
(Bundesverband Erneuerbare Energie e.V.)

Gestaltung und Infografiken:
Heimann + Schwantes

Druck: Piereg Druckcenter Berlin GmbH

ISBN 978-3-86928-286-1

V. i. S. d. P.: Annette Maennel,
Heinrich-Böll-Stiftung e. V.

Dieses Werk steht unter der Creative-
Commons-Lizenz CC BY-SA 4.0

Die Publikationen der
Heinrich-Böll-Stiftung dürfen nicht
zu Wahlkampfwzwecken verwendet
werden.

Bestell- und Download-Adresse:
Heinrich-Böll-Stiftung e. V.
Schumannstraße 8, 10117 Berlin
buchversand@boell.de
www.boell.de/publikationen

Wollen Sie regelmäßig von uns
per E-Mail oder per Post über
interessante Veranstaltungen und
Publikationen informiert werden?
Dann tragen Sie sich bitte unter
www.boell.de/news in unsere
Verteiler ein. Und folgen Sie uns auf

    @boellstiftung

15 Fakten über Strom

- 1 **Wie viel Energie verbraucht Deutschland jährlich?**
- 2 **Wie viel Strom wird in Deutschland produziert?**
- 3 **Was ist der Vorteil von erneuerbarem Strom?**
- 4 **Welchen Beitrag leisten Ökostromtarife zur Energiewende?**
- 5 **Wie entsteht der Strompreis?**
- 6 **Was sind Stromgestehungskosten, und warum sind sie wichtig?**
- 7 **Wie lässt sich Versorgungssicherheit im erneuerbaren Energiesystem gewährleisten?**
- 8 **Brauchen wir ein neues Strommarktdesign?**
- 9 **Kann die Digitalisierung die Energiewende beschleunigen?**
- 10 **Warum muss das Stromnetz ausgebaut werden?**
- 11 **Welche Bedeutung haben die Erneuerbaren für den Wirtschaftsstandort Deutschland?**
- 12 **Wie kann die Bevölkerung von der Energiewende profitieren und sich beteiligen?**
- 13 **Welche Auswirkungen hat die Energiewende auf den Arbeitsmarkt?**
- 14 **Welche Rohstoffe benötigen wir im erneuerbaren Energiesystem?**
- 15 **Wie sicher ist die Stromversorgung mit Erneuerbaren?**

Vorwort

Strom ist die Grundlage all unserer Lebens- und Wirtschaftsbereiche. Seine Bedeutung nimmt durch die Energiewende zu. Neben einer erneuerbaren Stromerzeugung sollen auch im Verkehr, bei Gebäuden und in der Industrie die Emissionen durch Elektrifizierung sinken. Die Elektrifizierung und der Ausbau der Erneuerbaren sind zentrale Hebel auf dem Weg zur Klimaneutralität. Zusätzlich machen sie uns unabhängiger von Energieimporten und Energiepreisschocks. Ein dezentrales, erneuerbares Energiesystem ist weniger angreifbar und zugleich ein wirtschaftlicher Standortvorteil.

Somit wirkt die Energiewende in sozialer Hinsicht gleich mehrfach: Zum einen schafft sie Beteiligungsmöglichkeiten für Bürger*innen sowie Wertschöpfung und Arbeitsplätze und schützt außerdem vor den kostspieligen Folgen der Klimakrise und hohen Energiepreisen. Durch Elektromobilität, Wärmepumpen oder die Elektrifizierung von Industrieprozessen, aber auch durch die Digitalisierung wird der Strombedarf steigen. Deshalb ist ein schneller und massiver Ausbau erneuerbarer Energien nötig. Die Menschen in Deutschland unterstützen den Ausbau mit großer Mehrheit, auch wenn er von manchen Akteur*innen in Frage gestellt wird. Daher ist es wichtig, die Vorteile und Bedeutung einer erneuerbaren Stromversorgung zu verstehen. Dieses Heft der Reihe böll.fakten vermittelt Wissen über die Funktionsweise unserer Stromversorgung und zeigt, wie sich der Aufbau eines erneuerbaren Stromsystems wirtschaftlich, sozial und ökologisch auswirkt.

Anna Brehm
Referentin für Ökologie, Heinrich-Böll-Stiftung

1

Wie viel Energie verbraucht Deutschland jährlich?

Deutschland ist das Land mit dem elftgrößten Energieverbrauch der Welt.

Strom ist nur ein kleiner Teil der Energie, die wir verbrauchen. Hinzu kommen Wärme, Kraftstoffe für den Verkehr oder Energie für industrielle Prozesse. Im Jahr 2024 wurden in der Bundesrepublik insgesamt 10.542 Petajoule Primärenergie¹ verbraucht. Das ist mehr als fünfmal so viel wie der gesamte Stromverbrauch. Rechnerisch entspricht der Primärenergieverbrauch nach der deutschen Energiebilanz rund 35.000 Kilowattstunden je Einwohner*in. Doch dieser Wert ist nur eine statistische Größe: Er verteilt den gesamten Energieverbrauch gleichmäßig auf die Bevölkerung und sagt nichts darüber aus, wie viel Energie jede einzelne Person tatsächlich verbraucht. Ein Großteil der in Deutschland verbrauchten Energie wird in Form fossiler Brennstoffe aus dem Ausland importiert. 2024 kosteten diese Importe rund 76 Milliarden Euro.²

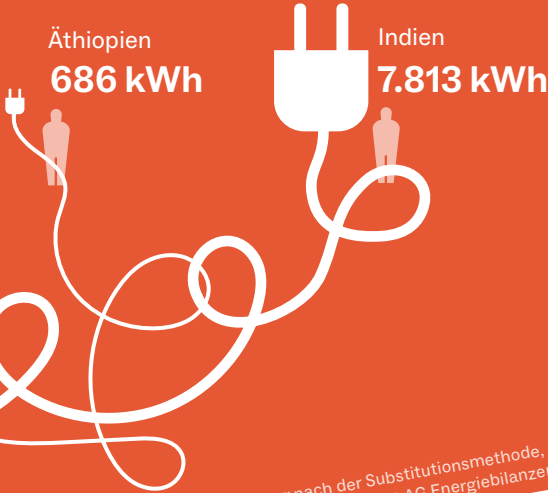
Seit 1990 ist der Primärenergieverbrauch in Deutschland um rund 30 Prozent gesunken.³ Dazu beigetragen haben vor allem eine effizientere Energienutzung, der Ausbau erneuerbarer Energien und der Wandel hin zu einer weniger energieintensiven Wirtschaftsstruktur. Der Endenergieverbrauch ist im selben Zeitraum jedoch deutlich weniger stark gesunken. Er beschreibt die Energiemenge, die nach Abzug der Um-

wandungsverluste in Kraftwerken und Raffinerien tatsächlich von Haushalten, Industrie oder Verkehr verbraucht wird. Damit ist die Bundesrepublik heute das Land mit dem elftgrößten Energieverbrauch der Welt, hinter Ländern wie China, den USA, Indien, Russland und Japan.⁴ Im Jahr 2024 verbrauchten Privathaushalte knapp 28 Prozent der Energie. Die übrigen 72 Prozent verteilen sich auf Industrie, Verkehr sowie Gewerbe, Handel und Dienstleistungen.⁵

In Deutschland ist ein emissionsfreies Leben derzeit kaum möglich. Denn unser Energiemix basiert noch immer größtenteils auf fossilen Brennstoffen. Erneuerbare Energien deckten 2025 nur 20,8 Prozent des Endenergieverbrauchs.^{6,7} Dadurch entstanden in Deutschland im Schnitt pro Kopf 9,8 Tonnen CO₂-Äquivalente⁸ – mehr als 60 Prozent über dem Weltdurchschnitt.⁹ Deutlich sinken kann der CO₂-Fußabdruck erst, wenn Strommix, Wärme, Verkehr und Industrie flächendeckend auf erneuerbarem Strom basieren. Im Jahr 2025 gingen die Emissionen in Deutschland nur minimal zurück.¹⁰

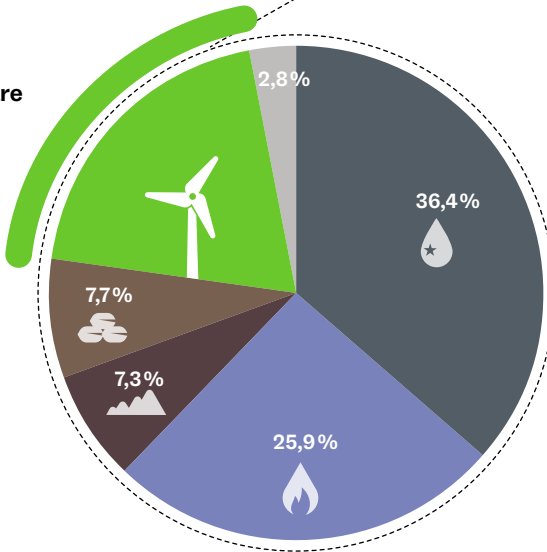
Energieverbrauch pro Kopf und Jahr 2024

Am Endenergieverbrauch in Deutschland hatten die Erneuerbaren 2024 lediglich einen Anteil von rund 20 Prozent.



(international harmonisierte Berechnung nach der Substitutionsmethode, Energieverbrauch pro Kopf in Deutschland in 2024 laut AG Energiebilanzen 34.400 kWh)

**Erneuerbare
Energien
19,9%**



- Braunkohle
- Steinkohle
- Erdgas
- Mineralöl
- Erneuerbare Energien
- Sonstige einschließlich Stromausgleich

2

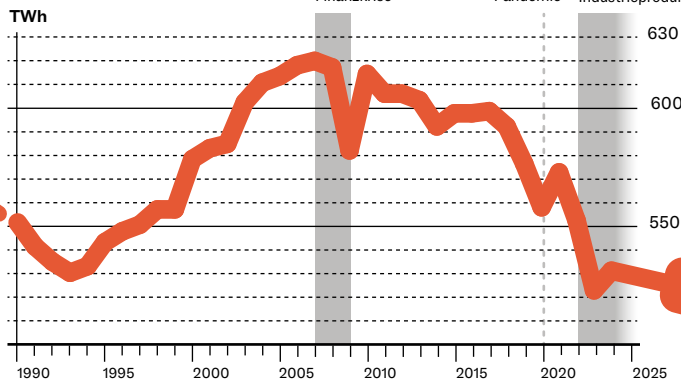
Wie viel Strom wird in Deutschland produziert?

Fast 520 Milliarden Kilowattstunden Strom werden jährlich in Deutschland produziert. Der Bedarf ist jedoch etwas höher – und wird in den nächsten Jahren steigen.

Strom machte im Jahr 2025 nur etwa ein Viertel des gesamten Endenergieverbrauchs in Deutschland aus¹¹ – dies entspricht knapp 519,2 Milliarden Kilowattstunden.¹² Insgesamt ist der Stromverbrauch in Deutschland im letzten Jahrzehnt zurückgegangen. Gleichzeitig hat sich der Strommix deutlich verändert: Mehr als die Hälfte (58 Prozent) des hierzulande erzeugten Stroms stammte 2025 aus regenerativen Quellen; 38,8 Prozent lieferten fossile Kraftwerke (Braun- und Steinkohle, Erdgas, Mineralöl).¹³ Damit hat sich der Anteil der erneuerbaren Energien am Strommix in den letzten zehn Jahren nahezu verdoppelt. Im gleichen Zeitraum ist der Anteil der fossilen Stromerzeugung um ein Drittel gesunken, was einem Rückgang um 19,7 Prozentpunkte entspricht. Im ersten Quartal 2026 hat Deutschland erstmals seit 2023 wieder mehr Strom ins Ausland geliefert als importiert.¹⁴ In den kommenden Jahren wird Deutschland mal Netto-Importeur, mal Netto-Exporteur sein, je nach Wetterbedingungen, Ausbau der hiesigen Netzinfrastruktur und der Integration der europäischen Stromnetze.

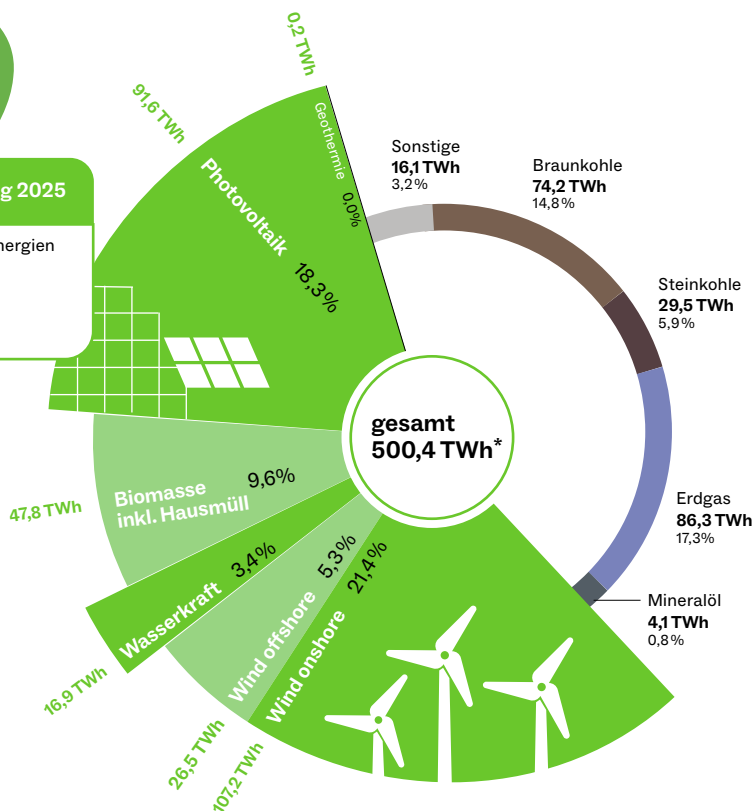
Verschiedene Studien erwarten, dass der Strombedarf bis zum Jahr 2030 auf 580 bis 910 Terawattstunden steigen wird.¹⁵ Das liegt daran, dass immer mehr Anwen-

dungen elektrifiziert werden: Elektroautos ersetzen Autos mit Verbrennungsmotoren, Wärmepumpen lösen fossile Heizungen ab, und Elektrolyseure erzeugen grünen Wasserstoff. Auch die zunehmende Digitalisierung und Anwendung von KI sowie die Elektrifizierung von Industrieprozessen erhöhen den Strombedarf. Die schwarz-rote Bundesregierung hat ihre Prognose für den Strombedarf im Jahr 2030 derweil von bisher 700 auf 600 Terawattstunden pro Jahr gesenkt, da die Elektrifizierung von Verkehr, Wärme und Industrie langsamer verläuft als ursprünglich erwartet. Die Gründe dafür sind unter anderem noch relativ hohe Investitionskosten für neue Heizungen, Elektroautos oder Industrieanlagen, Engpässe bei den Stromnetzen sowie Unsicherheiten bei gesetzlichen Vorgaben und Förderungen.¹⁶ Eine Beschleunigung der Elektrifizierung ist für das Erreichen der Klimaziele jedoch notwendig und würde den Strombedarf deutlich erhöhen.¹⁷



Anteil der erneuerbaren Energien

58 %
290,2 TWh



* ohne Pumpstromerzeugung PSE, nach AGEb

3

Was ist der Vorteil von erneuerbarem Strom?

Erneuerbarer Strom verursacht bei seiner Erzeugung keine Treibhausgase und ist damit zentral für den Klimaschutz.

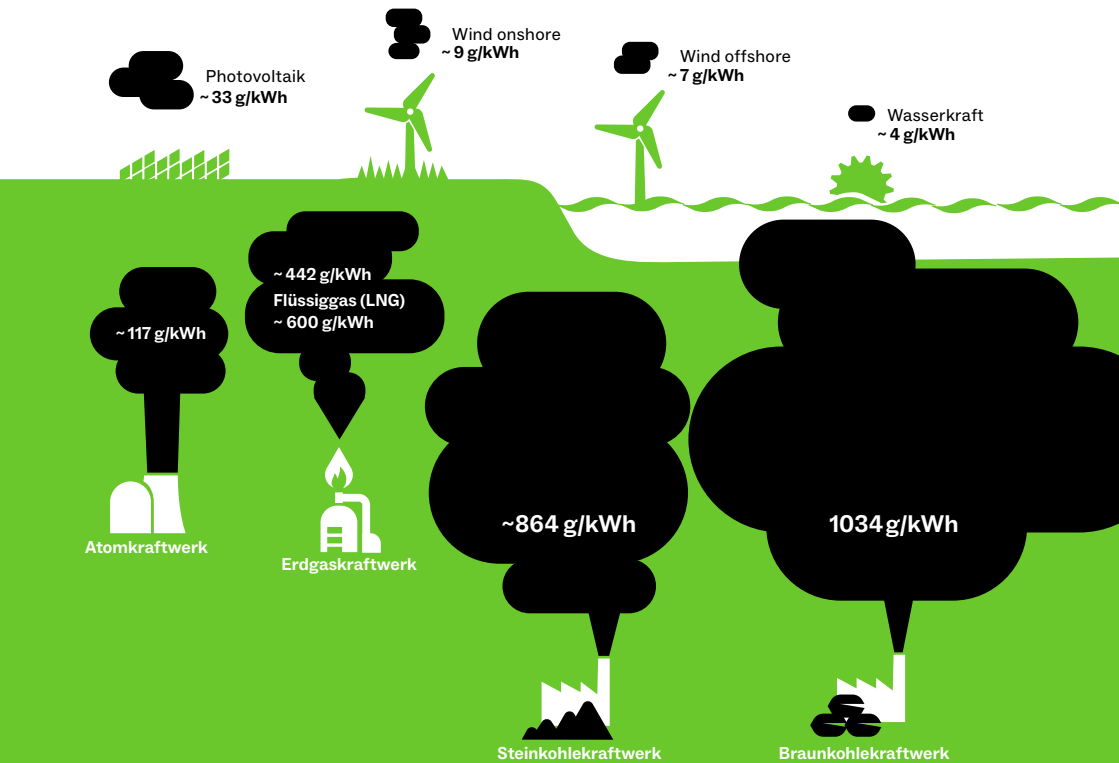
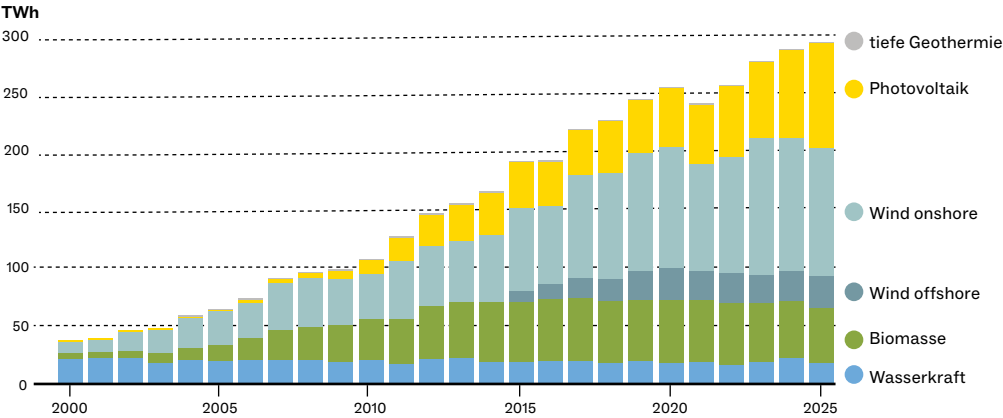
Erneuerbarer Strom – oft Ökostrom oder Grünstrom genannt – wird aus erneuerbaren Energiequellen erzeugt: aus Wind, Sonne, Wasserkraft, heißen Quellen in der Erde, dem Tidenhub der Gezeiten oder der Kraft der Ozeanwellen. Anders als Strom aus fossilen Kraftwerken (Gas, Kohle, Öl) entsteht bei seiner Produktion kein klimaschädliches Kohlendioxid. Deshalb ist das Ziel der Energiewende im Stromsektor, den Strombedarf vollständig aus erneuerbaren Energien zu erzeugen. Im Jahr 2025 wurden rund 55 Prozent des Stromverbrauchs durch regenerative Quellen gedeckt,¹⁸ bis 2030 müssen es dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) zufolge mindestens 80 Prozent sein.¹⁹ Weil der Strombedarf weiter steigt, muss sich die Erzeugung von Strom aus Erneuerbaren in den kommenden Jahren nahezu verdoppeln. Das bisherige Ausbautempo reicht jedoch derzeit nicht aus, um die Zielmarke von 80 Prozent zu erreichen.²⁰

Weil bei der Herstellung von Windrädern und Solarzellen ebenfalls Emissionen entstehen, gelten diese Anlagen über ihren gesamten Lebenszyklus betrachtet nicht als CO₂-frei, sondern lediglich als CO₂-arm. Auch Strom aus nachwachsender Biomasse wie Holz oder Mais zählt als regenerativ:

Hier wird in der Regel beim Verstromen so viel Treibhausgas frei, wie die Pflanzen zuvor während ihres Wachstums gespeichert haben.

Das im Jahr 2000 verabschiedete EEG²¹ hat maßgeblich zum Ausbau der Erneuerbaren beigetragen: Es ermöglicht den Betreibenden von entsprechenden Anlagen eine angemessene Vergütung und hat so ihren Ausbau beschleunigt und die Kosten gesenkt. Außerdem haben die nach dem EEG geförderten Anlagen Vorrang bei der Einspeisung ins Stromnetz: Netzbetreiber müssen Strom aus Sonne, Wind und Co. zuerst abnehmen. Erneuerbare-Energien-Anlagen können auch ohne staatliche EEG-Förderung betrieben werden. Der Strom aus diesen Anlagen kann dann mit Herkunftsnachweisen als erneuerbarer Strom vermarktet werden. Wird eine Anlage dagegen über das EEG gefördert, darf er aufgrund des Doppelvermarktungsverbots nicht zusätzlich als Ökostrom verkauft werden, da die „grüne“ Eigenschaft des Stroms bereits über die EEG-Förderung bezahlt worden ist.

Die Entwicklung der Bruttostromerzeugung aus erneuerbaren Energien in Deutschland und der CO₂-Ausstoß von Energiequellen



4

Welchen Beitrag leisten Ökostromtarife zur Energiewende? Die Nutzung von Ökostrom kann zum Ausbau der erneuerbaren Energien beitragen.

Eine Mehrheit der Menschen in Deutschland unterstützt den Ausbau von Erneuerbaren: Rund 85 Prozent halten ihn für „wichtig“ oder „sehr wichtig“.²² Direkt unterstützen kann man diesen Ausbau durch die Wahl eines sogenannten Ökostromanbieters bzw. eines Ökostromtarifs. Steigt die Nachfrage nach klimafreundlichem Strom, kann das Investitionen in Anlagen fördern, die erneuerbaren Strom produzieren. Wer Ökostrom kauft, zahlt dafür, dass eine entsprechende Menge Ökostrom ins Netz eingespeist wird.

Doch Vorsicht: Der Begriff „Ökostrom“ ist nicht gesetzlich geschützt, und manche Angebote sind unseriös. So können Anbieter ihren Kohlestrom mit dem Kauf von sogenannten Herkunftsnachweisen²³ als „Ökostrom“ vermarkten. Ein Beispiel: Ein deutscher Stromanbieter investiert nicht in die Energiewende und verkauft seinen nicht erneuerbaren Strom an deutsche Stromkund*innen. Ein Erzeuger von erneuerbarem Strom, etwa ein norwegischer Wasserkraftbetreiber, produziert zu 100 Prozent Ökostrom. Für meist nur geringe zusätzliche Kosten pro Megawattstunde „tauschen“ beide Anbieter die Eigenschaften ihres Stroms: Der deutsche Anbieter zahlt dafür, dass er Ökostrom-Zertifikate bekommt; der ausländische erhält im Gegenzug Geld

dafür, dass sein Ökostrom rechnerisch dem deutschen Strommix zugerechnet wird. Dadurch darf der deutsche Stromanbieter seiner Kundschaft gegenüber behaupten, dass er Ökostrom anbietet.

Dieses System bringt die Energiewende nicht voran. Umweltverbände haben deshalb das Label „Grüner Strom“²⁴ entwickelt. Es hilft dabei, mit der richtigen Anbieterwahl den Ausbau der erneuerbaren Energien tatsächlich voranzutreiben. Ein Kriterium ist etwa, ob der Anbieter einen Teil seines Gewinns in erneuerbare Technologien investiert. Eigenheimbesitzer*innen können sich außerdem über eine Dachsolaranlage mit selbst erzeugtem Ökostrom versorgen und den überschüssigen Strom ins Netz einspeisen.

Rund 80 Prozent der Deutschen unterstützen den Ausbau der erneuerbaren Energien.
Seit Jahren ist die Zustimmung zum Ausbau der Erneuerbaren durchgehend hoch, wie regelmäßige Befragungen zeigen.

Die stärkere Nutzung und
der Ausbau von
erneuerbaren Energien sind ...

... sehr wichtig **55%**

26%
... wichtig

9% ... weniger wichtig

6% ... nicht wichtig

4% keine Angabe



5

Wie entsteht der Strompreis?

Den Strompreis bestimmen drei Komponenten: Märkte, Netzentgelte und staatliche Zusatzkosten.

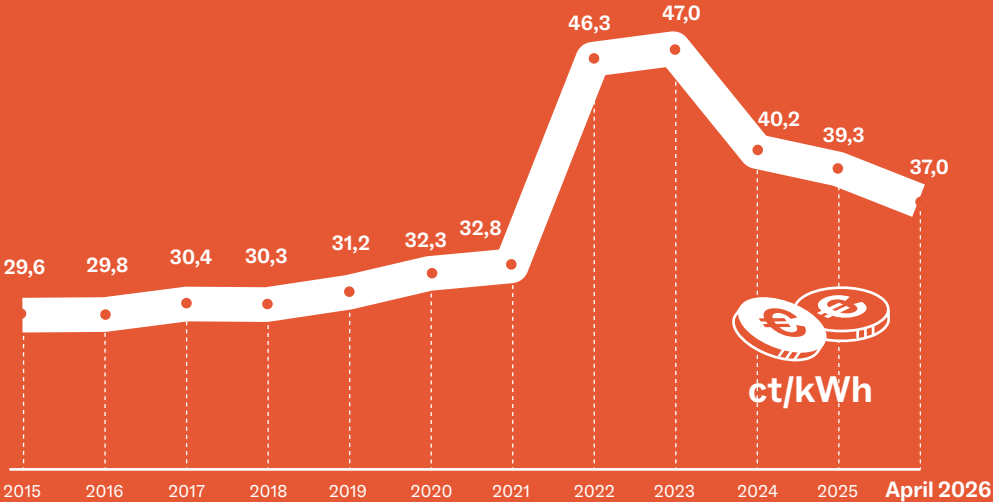
Der Strompreis für Haushalte setzt sich aus mehreren Komponenten zusammen. Eine Komponente ist der Einkaufspreis: Stromhändler kaufen große Mengen Strom auf dem langfristigen Terminmarkt. Dort sichern sie sich Strom, der erst im kommenden Jahr produziert wird. Benötigt der Stromanbieter im kommenden Jahr dann aber mehr Strom als geplant, weil die Haushalte mehr Strom verbrauchen, muss er am kurzfristigen Spotmarkt einkaufen. Dort kommen immer zuerst jene Kraftwerke zum Zug, die den günstigsten Preis anbieten. Lange Jahre führten die Atomkraftwerke diese Einsatzreihenfolge an,²⁵ heute sind es Photovoltaik- und Windkraftwerke. Den Preis bestimmt jedoch gemäß dem „Merit-Order-Prinzip“ das teuerste Kraftwerk, das noch benötigt wird, um den Strombedarf zu decken. Diese Funktion erfüllen in Zeiten mit wenig Wind oder Sonne oft noch kostspielige Gaskraftwerke – und treiben so den Strompreis nach oben.

Zu den Einkaufskosten kommt zweitens das Netzentgelt²⁶ hinzu: Strom muss oft über weite Strecken transportiert werden. Dafür sind in Deutschland vier Übertragungsnetzbetreiber sowie über 800 Verteilungsnetzbetreiber zuständig. Für ihre Dienste erhalten sie ein Netzentgelt, dessen Höhe

die Netzbetreiber festlegen und durch die Bundesnetzagentur bestätigen lassen. Aus diesen Entgelten finanzieren die Betreiberfirmen unter anderem den Ausbau und den Betrieb der Stromnetze, die für die Energiewende nötig sind. Das wiederum führt zu steigenden Strompreisen für die Endkund*innen.

Die dritte Komponente, die im Strompreis steckt, bestimmt der Staat: Sie umfasst Steuern, Abgaben und Umlagen, um politische Vorgaben umzusetzen. Die sogenannte KWK-Umlage soll den Ausbau der besonders klimaschonenden **Kraft-Wärme-Kopplungstechnologie** unterstützen. Die Konzessionsabgabe wiederum erhalten Gemeinden als Gegenleistung für die Benutzung der öffentlichen Straßen zur Verlegung von Strom- und Gasleitungen. Diese dritte Strompreis-Komponente ist stark gesunken, seit die EEG-Umlage im Jahr 2022 abgeschafft wurde. Bis dahin förderte sie den Ausbau der Erneuerbaren und betrug zuletzt 3,72 Cent je Kilowattstunde.²⁷ Die Finanzierung des Ausbaus der Erneuerbaren erfolgt seither über den Bundeshaushalt. Insgesamt machen Steuern, Abgaben und Umlagen circa ein Drittel des Strompreises aus.²⁸

Die Entwicklung und Zusammensetzung des Haushaltsstrompreises



6

Was sind Stromgestehungskosten, und warum sind sie wichtig?

Faktoren wie Bau, Brennstoff und Betrieb bestimmen die Stromgestehungskosten – und damit auch künftige Investitionen.

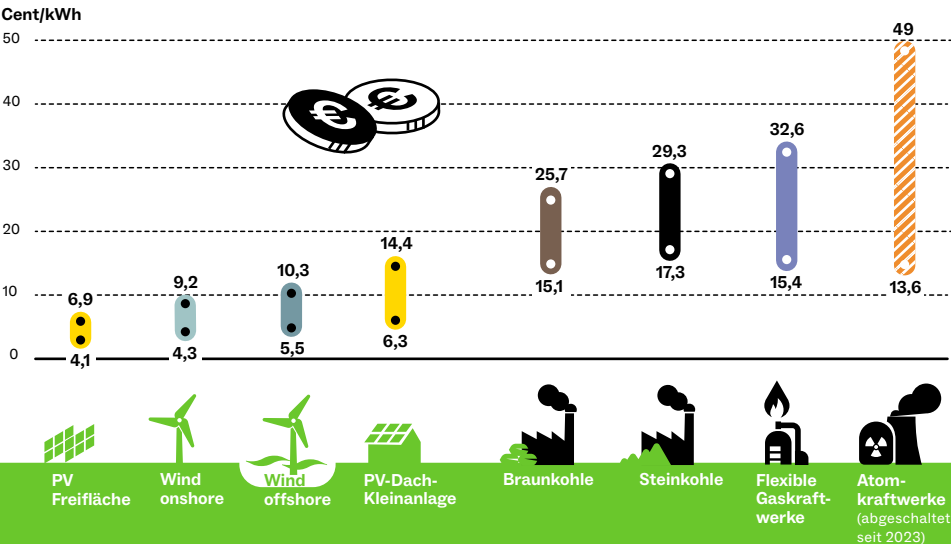
Was kostet es, eine Megawattstunde Strom aus Braunkohle, Erdgas, Atomspaltung, Sonnen- oder Windkraft herzustellen? Diese „Umwandlungskosten“ ergeben sich aus vielen Faktoren: Wie teuer ist zum Beispiel der verwendete Brennstoff? So ist Erdgas durch den russischen Angriff auf die Ukraine 2022 und andere geopolitische Spannungen deutlich teurer geworden; Wind hingegen gibt es gratis. Wie viel kostet es zudem, ein Windrad zu bauen im Vergleich zu einem Gaskraftwerk? Wie viel Personal ist notwendig, um ein Windkraftwerk oder ein Gaskraftwerk zu betreiben? Und wie viel Kredit musste der*die Investor*in aufnehmen, um das Kraftwerk zu bauen? Aus der Gesamtheit aller Kosten geteilt durch den erwarteten Ertrag eines Kraftwerkes ergeben sich die Stromgestehungskosten. Diese Kosten sind wiederum zentral für die Investitionsentscheidung: Photovoltaik (PV) ist derzeit die günstigste Form der Stromerzeugung, gefolgt von Windenergie an Land („onshore“) und Windenergie zur See („offshore“).²⁹ Am anderen Ende der Skala stehen Gas- und Steinkohlekraftwerke; sie sind am teuersten.

Die Stromgestehungskosten der erneuerbaren Energien sind in den letzten Jahren dank der technologischen Entwicklung so stark gesunken, dass sich viele

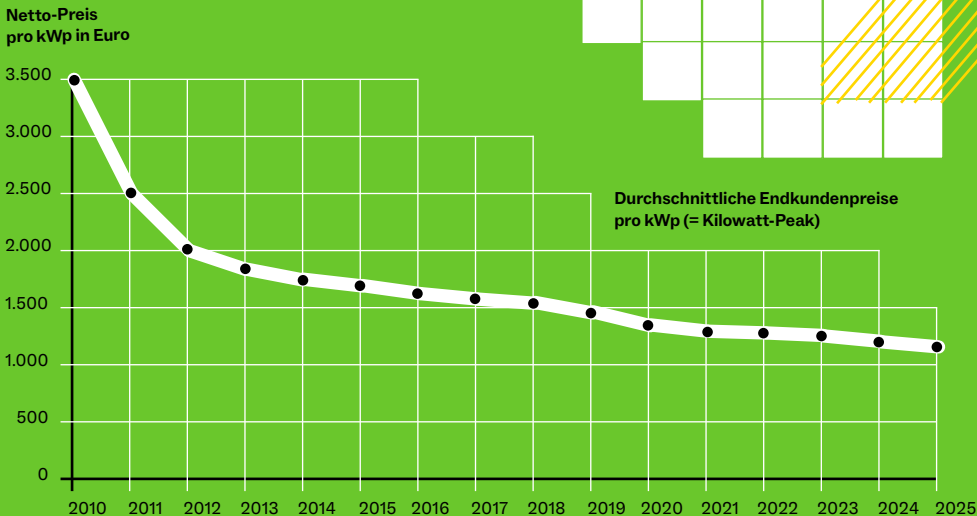
Investor*innen gegen ein Kohlekraftwerk entschieden haben. So ist seit 2015 der geplante Ausbau von Kohlekraft weltweit stark eingebrochen: Ein großer Teil der Projekte wurde gestrichen, sodass nur noch etwa ein Drittel tatsächlich gebaut wurde.³⁰ Parallel sind die Kosten für Solarmodule zwischen 2010 und 2020 um rund 90 Prozent gesunken.³¹ Auch das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) hat diese Entwicklung unterstützt: Die Förderung der Solarenergie kurbelte die Nachfrage an, sodass immer größere Stückzahlen produziert wurden, was die Kosten pro Stück weiter senkte. Heute verstärkt der weltweite Ausbau der erneuerbaren Energien diesen Trend – erneuerbare Technologien werden immer günstiger.³²

Gaskraftwerke brauchen am meisten Geld, um eine Kilowattstunde Strom zu produzieren, Sonnen- und Windkraft am wenigsten.

Stromgestehungskosten für erneuerbare Energien und konventionelle Kraftwerke in Deutschland 2024



Die Preise für Solaranlagen haben sich in den letzten 15 Jahren mehr als halbiert.



Wie lässt sich Versorgungssicherheit im erneuerbaren Energiesystem gewährleisten?

Speicher und andere Flexibilitäten gleichen die wetterabhängige Stromerzeugung der Erneuerbaren aus und ermöglichen eine verlässliche Stromversorgung ohne fossile Kraftwerke.

Auch künftig wird zu jeder Tageszeit Strom gebraucht. Weil die Sonne jedoch nicht immer scheint und der Wind nicht immer weht, müssen in einem erneuerbaren Stromsystem Erzeugung und Verbrauch des Stromes zeitlich entkoppelt werden. Wenn Strom im Überschuss verfügbar ist, muss er deshalb für Momente der Knappheit gespeichert werden. Dafür sind Systeme notwendig, die Elektrizität in andere Energieformen umwandeln oder in Batterien speichern.

Die ältesten Speicherformen basieren auf mechanischen Verfahren: Pumpspeicher nutzen beispielsweise überschüssigen Strom, um Wasser in ein Becken auf dem Berg zu pumpen. Wird zusätzlicher Strom gebraucht, rauscht das Wasser zu Tal und treibt dabei eine Turbine an, die Strom produziert. Bei Druckluftspeichern wird in großen Hohlraum-Kavernen Luft komprimiert und bei Bedarf wieder entspannt, um ebenfalls Strom zu erzeugen. Auch Wasserstoff kann als Zwischenspeicher dienen: Überschüssiger Strom treibt einen Elektrolyseur an, der Wasser in Wasserstoff umwandelt. Dieser kann direkt in der Industrie genutzt, in begrenztem Umfang ins Erdgasnetz eingespeist und über Gaskraftwerke oder Brennstoffzellen wieder zurück in

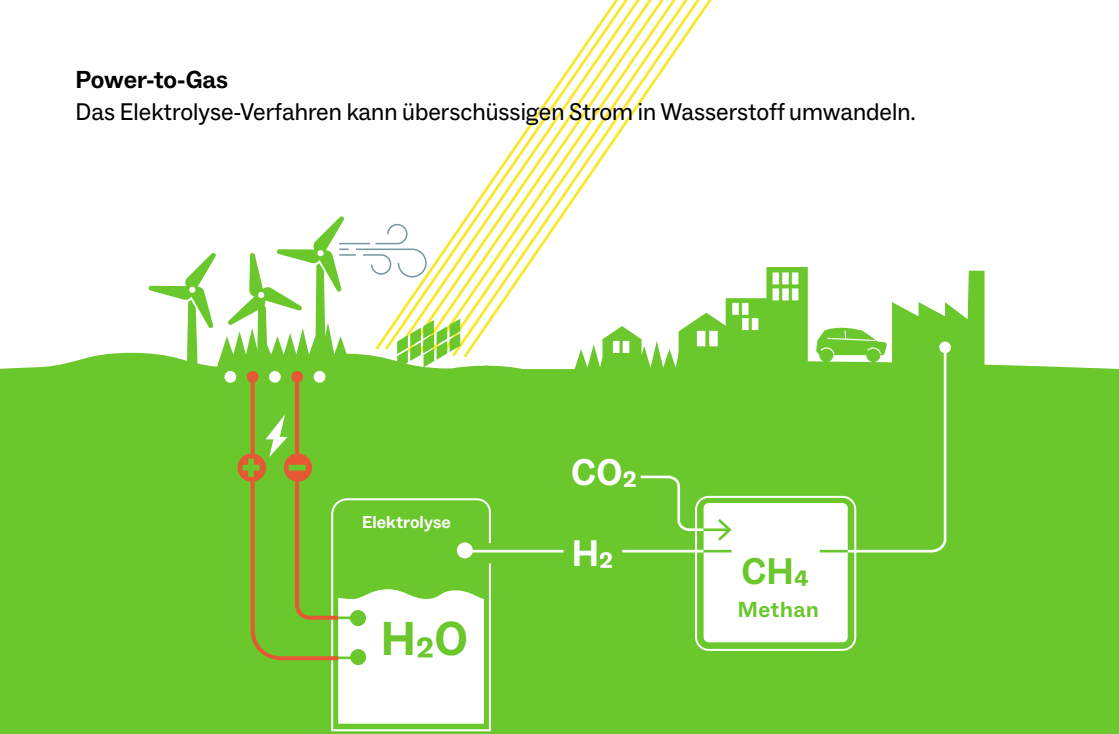
Strom verwandelt werden. Im heutigen Gasnetz und in bestehenden Gaskraftwerken kann jedoch nur ein geringer Anteil reinen Wasserstoffs eingespeist werden. Zusätzliche Investitionen sind daher nötig, um die Gasinfrastruktur auf Wasserstoff umzurüsten.

Unterschieden wird außerdem zwischen Kurz- und Langzeitspeichern.³³ Kurzzeitspeicher wie beispielsweise Batterien können an einem Tag mehrfach Energie aufnehmen und wieder abgeben. Sie bieten in der Regel jedoch nur ein begrenztes Speichervolumen. Langzeitspeicher dagegen speichern Strom über Wochen, um etwa Phasen einer langen Dunkelflaute mit wenig Sonne und Wind zu überbrücken.

Die Nutzung von Batteriespeichern wächst exponentiell, da sie immer günstiger, leistungsfähiger und vielseitiger werden. Sie können fossile Backup-Kraftwerke ersetzen und haben bereits heute einen höheren Wirkungsgrad als andere Speicherformen.³⁴ Weil Speicher als Schlüssel zum erneuerbaren Zeitalter gelten, wird in diesem Bereich außerdem sehr viel geforscht.

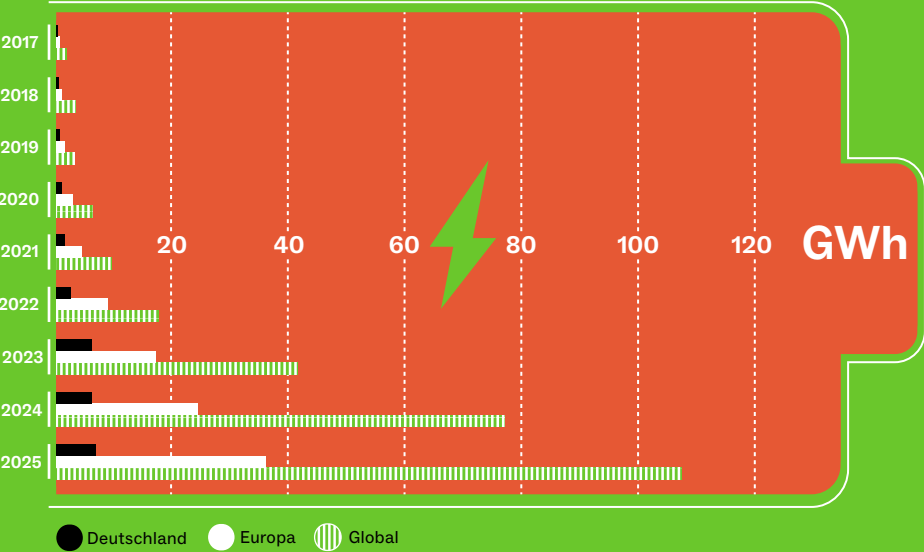
Power-to-Gas

Das Elektrolyse-Verfahren kann überschüssigen Strom in Wasserstoff umwandeln.



Die weltweite Speicherkapazität von Batteriespeichern wächst rasant und schafft die Flexibilität, die ein Stromsystem mit viel Wind- und Sonnenenergie braucht.

Kapazität stationärer Batteriespeicher in GWh



8

Brauchen wir ein neues Strommarktdesign?

Die wetterabhängige Stromerzeugung durch erneuerbare Energien erfordert mehr Flexibilität, Speicher und Reservekraftwerke und daher neue Regeln für den Strommarkt.

Beim Strommarktdesign geht es darum, den Großhandel mit Strom so zu organisieren, dass eine sichere Stromversorgung durch die Marktbeteiligten immer garantiert werden kann. Aktuell ist der Strommarkt auf fossile Energieträger ausgelegt. Am teuersten ist jener Strom, der durch das Verbrennen von Erdgas oder Öl erzeugt wird. Allerdings wird dieser Strom bei Engpässen zeitweise gebraucht, da die mit Erdgas oder Öl betriebenen Reservekraftwerke in Minuten schnelle hoch- und wieder heruntergefahren werden können. Deshalb gilt am Spotmarkt das sogenannte „Merit-Order-Prinzip“.³⁵ Der Preis im Spotmarkt an der Strombörse wird dabei durch das teuerste Kraftwerk bestimmt, das gerade noch benötigt wird, um die Nachfrage zu decken – und das ist aktuell noch oft ein Gaskraftwerk. Dieses Prinzip von Angebot und Nachfrage kommt ganz natürlich bei allen gleichartigen Gütern zur Anwendung: So wird sich ein Bauernhof, der besonders günstig Kartoffeln produziert, trotzdem am teuersten Preis orientieren, zu dem Kartoffeln noch verkauft werden.

Am Spotmarkt wird für jede Stunde ein eigener Preis festgelegt. Lange Zeit lag dieser selbst in der jeweils teuersten Stunde des Tages bei rund 5 Cent pro Kilowattstunde. Nach Russlands Vollinvasion in die Ukraine

und infolge der Knappheit von Erdgas schoss er aber im Jahr 2022 bis auf 87,1 Cent pro Kilowattstunde nach oben³⁶ – fast 18-mal so viel. Weil aber alle Verkäufer*innen am Spotmarkt diesen Preis bekommen, kletterten die Strompreise für Endkund*innen 2022 auf ein neues Rekordhoch. Mit steigendem Anteil erneuerbarer Energien wird der Strompreis weniger anfällig für solche Preisschocks. Denn Wind- und Solarstrom werden kostengünstig im Inland produziert und sind unabhängig von den Entwicklungen auf den globalen Rohstoffmärkten. Allerdings erfordern mehr erneuerbare Energien im Stromnetz ein neues Marktdesign: Der Strommarkt muss sich zukünftig vermehrt auf hohe Strommengen aus wetterabhängigen Quellen wie Sonnen- und Windenergie einstellen. Gleichzeitig müssen zum Ausgleich dieses fluktuierenden Angebots Flexibilitäten wie Speicher und Reservekraftwerke entstehen und sich wirtschaftlich betreiben lassen.³⁷

Merit-Order-Prinzip

Bildung des Markträumungspreises auf dem Strommarkt

Markträumungspreis während der Energiepreiskrise 2022 („Gaspreisschock“)

Strompreis
in €/MWh



Abgebildet sind die verschiedenen Energieträger, die an der Strombörse gehandelt werden, aufsteigend geordnet nach Angebotspreis. Das letzte Kraftwerk, das noch gebraucht wird, um den Strombedarf zu decken, bestimmt den Strompreis, den alle Anbieter pro Megawattstunde erhalten. Zeitweise werden auch Gaskraftwerke gebraucht, um den Strombedarf in Deutschland zu decken. Da die Gaspreise im Zuge der Energiekrisen in 2022 und 2026 massiv gestiegen sind, ist auch der Strompreis im Spothandel rasant gestiegen (schematische Darstellung).

- Photovoltaik
- Wasserkraft
- Windenergie
- Biomasse
- Atomkraft
- Kohle
- Erdgas

Kann die Digitalisierung die Energiewende beschleunigen?

Intelligente Stromnetze stimmen Erzeugung, Speicherung und Verbrauch in Echtzeit aufeinander ab – und verteilen den vorhandenen Strom effizient.

Weil Sonne und Wind nicht immer zur Verfügung stehen, gibt es Zeiten, in denen sehr viel oder sehr wenig erneuerbarer Strom im Netz ist. Daher braucht es Flexibilität im Stromsystem, um Stromerzeugung und -nachfrage besser aufeinander abzustimmen. Eine wichtige Rolle spielen dabei Speicher. Für Verbraucher*innen bietet vor allem die Digitalisierung viele Lösungen: Intelligente Stromzähler können dabei helfen, dass zu Hause in Zeiten mit Stromüberschuss mehr Strom verbraucht wird – zum Beispiel, indem das Elektroauto lädt, die Wärmepumpe läuft oder die Waschmaschine anspringt. In diesen Zeiten ist der Strom auch besonders günstig.

Hierfür kann es flexible Stromtarife geben, bei denen stündlich abgerechnet wird oder bei denen Verbraucher*innen einen vergünstigten Tarif für ihre Flexibilität erhalten. Die Kommunikation zwischen Elektrogerät und Stromzähler funktioniert dabei über „Smart-Meter-Gateways“. Diese intelligenten Stromzähler können dazu beitragen, dass der vorhandene Strom im Netz möglichst effizient genutzt wird.

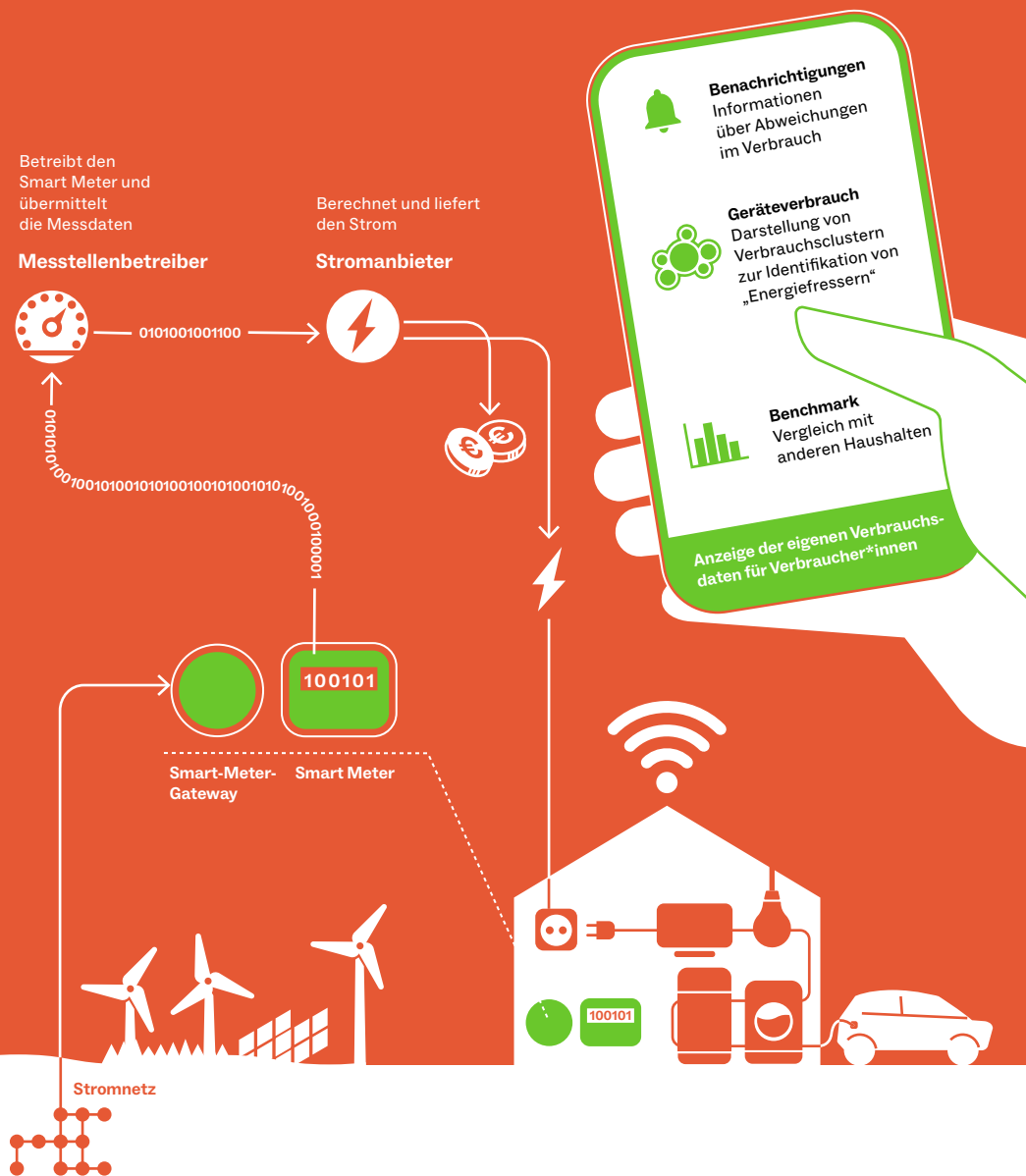
Allerdings gab es viele Jahre datenschutzrechtliche Vorbehalte gegen diese Technologie. Anfang 2023 beschloss die Ampelregierung ein „Gesetz zum Neustart der

Digitalisierung der Energiewende“,³⁸ mit dem die intelligenten Stromzähler schrittweise zur Pflicht werden. Millionen Haushalte könnten davon profitieren.

Anfang 2025 waren in Deutschland erst gut 2 Prozent aller Haushalte mit einem intelligenten Stromzähler ausgestattet. In vielen europäischen Nachbarländern ist der Ausbau deutlich weiter. In Norwegen, Schweden und Finnland, aber auch in Frankreich und Spanien verfügen fast alle Haushalte über ein Smart Meter.³⁹ Seit 2025 müssen alle Stromversorger unabhängig von der Zahl ihrer Kund*innen aufgrund von EU-Vorgaben sogenannte dynamische Tarife anbieten, bei denen der Preis zeitlich variiert.⁴⁰ Um diese Tarife nutzen zu können, benötigen die Haushalte intelligente Stromzähler, weshalb die dynamischen Tarife in Deutschland bisher wenig genutzt werden.

Die Digitalisierung ist allerdings auch für das neue Strommarktdesign und die Netzsteuerung wichtig, damit intelligente Stromnetze („Smart-Grids“⁴¹) Erzeugung, Speicherung und Verbrauch in Echtzeit koordinieren können. Die Bundesnetzagentur bezeichnet die Digitalisierung deshalb auch als „Treiber der Energiewende“.⁴²

Ein intelligentes Messsystem (Smart Meter) liefert in Echtzeit Daten über den Stromverbrauch und hilft, das Stromnetz präzise zu steuern und Strom effizient zu nutzen.



10

Warum muss das Stromnetz ausgebaut werden?

Günstig produzierter Strom aus Windrädern im Norden kann nur mit einem besseren Netz auch im Süden genutzt werden.

Ins Stromnetz muss stets exakt so viel Strom eingespeist werden, wie gerade verbraucht wird. Früher wurden Atom- oder Kohlekraftwerke dort gebaut, wo die Nachfrage besonders groß war: in Ballungsräumen und Industriezentren. Von diesen zentralen Großkraftwerken wurde der Strom über Trassen im Land verteilt. Künftig wird Strom von vielen kleinen Kraftwerken landesweit dezentral erzeugt und muss anders verteilt werden. Dafür ist das Stromnetz derzeit noch nicht gerüstet. Viel Wind in Norddeutschland führt zu viel günstigem Windstrom im Netz, der Börsenpreis tendiert gegen null. Wenn sich dann Unternehmen in Süddeutschland mit Strom eindecken wollen, springen – weil es zu wenige Leitungen aus dem Norden in den Süden gibt – im Süden Gaskraftwerke an, um den erhöhten Bedarf zu decken. Gleichzeitig müssen die Windräder im Norden abgeschaltet werden, da nur so viel Strom im Netz sein kann, wie nachgefragt wird. Wegen des gesetzlich festgelegten Einspeisevorrangs werden Windradbetreiberfirmen dafür entschädigt. Am Ende zahlen die Stromkund*innen doppelt: einmal für den teuren Strom aus den Gaskraftwerken und ein zweites Mal für den nicht produzierten Windstrom. Im Jahr 2025

kamen so 433 Millionen Euro Kosten zusammen.⁴³

Daher ist ein zügiger Ausbau des Übertragungsnetzes ein zentraler Hebel der Energiewende. Diese Hochspannungsleitungen dienen vor allem dazu, große Mengen dezentral erzeugten Stroms aus Wind- und Solaranlagen weit zu transportieren und im ganzen Land nutzbar zu machen.⁴⁴ Derzeit sind 128 Netzausbauprojekte mit einer Gesamtlänge von 16.781 Kilometern geplant. Zuständig für den Bau sind die vier Übertragungsnetzbetreiber.

Der Stromnetzausbau ist eine langwierige, komplexe Aufgabe: Bis Ende 2025 gingen erst 4.030 Kilometer der notwendigen neuen Stromleitungen in Betrieb.⁴⁵ Auch die Netzverbindungen in den europäischen Nachbarstaaten müssen ausgebaut werden, um Stromüberschüsse und Engpässe über Ländergrenzen hinweg auszugleichen. Außerdem können neue Regeln im Stromsystem bei Engpässen helfen, wie etwa regionale Preissignale und dynamische Netzentgelte. Sie setzen Anreize, Strom dort zu nutzen, wo er gerade erzeugt wird und das Netz nicht ausgelastet ist. Auch „Energy Sharing“ kann helfen, indem lokal erzeugter Strom direkt mit anderen geteilt wird.

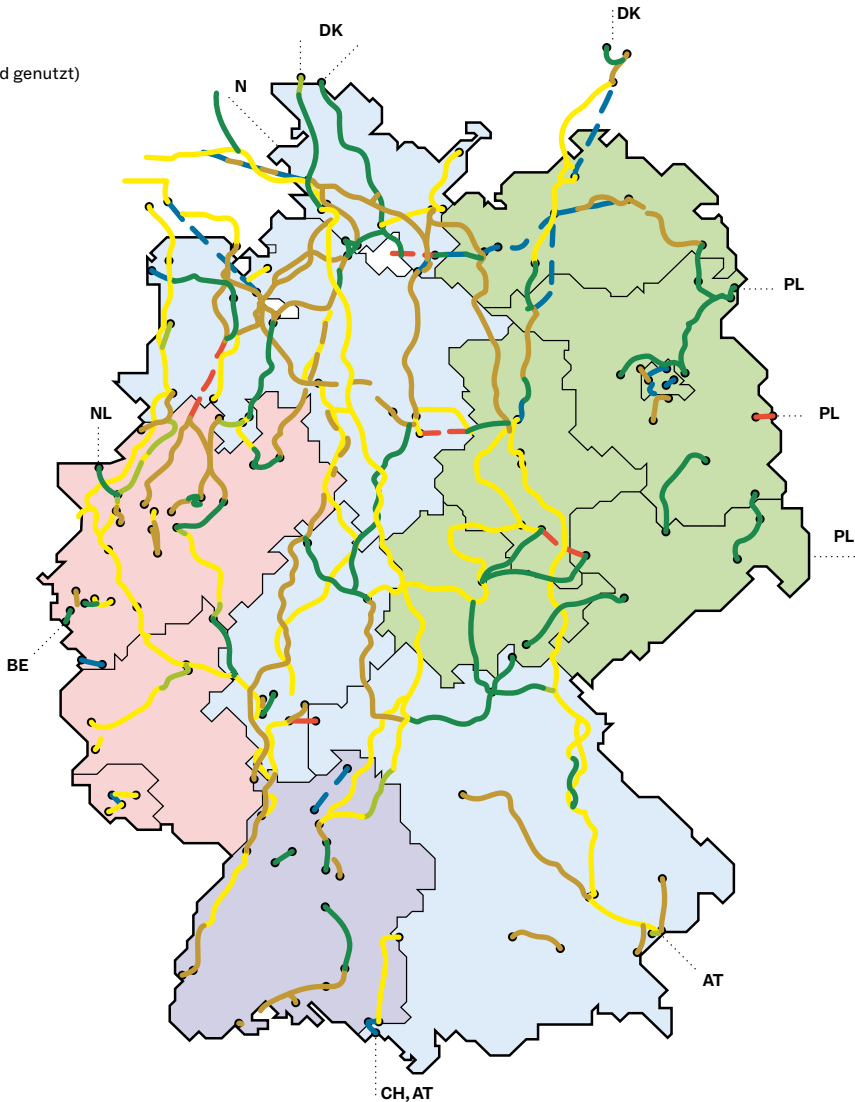
Ohne den Netzausbau wird der Süden nicht vom preiswerten
Windstrom aus dem Norden profitieren können.

Netzausbaupläne

- Noch kein Genehmigungsverfahren
- Trasse wird geprüft
- Genehmigung wird vorbereitet oder läuft
- Genehmigt oder Im Bau
- Fertig gebaut
- In Betrieb
(die Leitung wird genutzt)

Netzbetreiber

- Tennet TSO
- amprion
- 50hertz
- Transnet BW



Welche Bedeutung haben die Erneuerbaren für den Wirtschaftsstandort Deutschland?

Die Erneuerbaren ermöglichen Wertschöpfung in Milliardenhöhe, insbesondere für die regionale Wirtschaft.

Die russische Völlinvasion in der Ukraine im Februar 2022 schreckte auch die deutsche Wirtschaft auf: Plötzlich war die Versorgung mit scheinbar günstigem Erdgas unterbrochen. Unter großem Zeitdruck wurde eine neue fossile Infrastruktur für Flüssigerdgas, das sogenannte LNG, aufgebaut.⁴⁶ Manches Bioenergie-dorf im ländlichen Raum stand mit seinen Solarpaneelen und Biomassekraftwerken deutlich besser da: mit großen Mengen kostengünstiger Energie, geopolitisch unabhängig, mit Wertschöpfung vor Ort und ausreichenden Fachkräften.

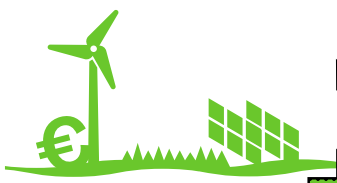
Die geopolitischen Krisen der letzten Jahre und die dadurch ausgelösten Energiepreisschocks haben gezeigt, dass erneuerbare Energien für bezahlbaren Strom und die Versorgungssicherheit in Deutschland unverzichtbar sind. Windräder, Solarparks und Biomassekraftwerke sorgen dafür, dass die Wertschöpfung größtenteils in der Bundesrepublik bleibt. Im Jahr 2024 erzeugte allein der Betrieb von Erneuerbare-Energien-Anlagen durch Wartung, Personal, Ersatzteile und weitere Leistungen wirtschaftliche Impulse in anderen Branchen von 23 Milliarden Euro.⁴⁷

Insbesondere ländliche Regionen mit geeigneten Flächen für Erneuerbare können von der Energiewende profitieren – durch

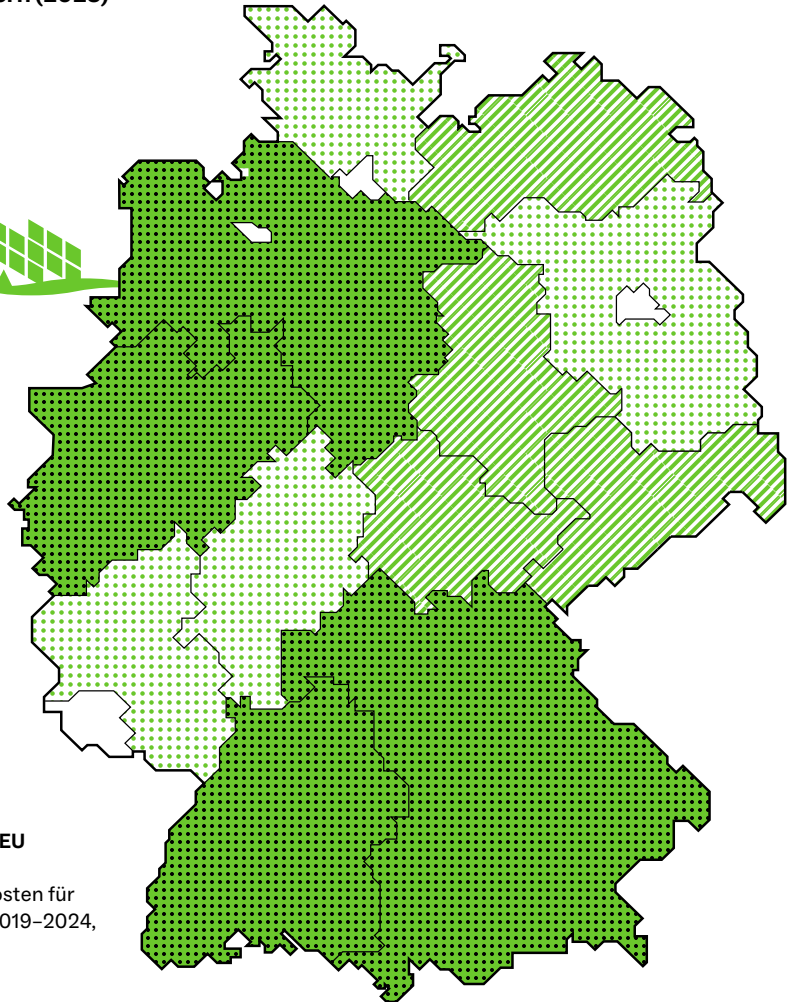
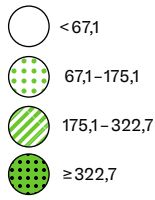
Steuereinnahmen, neue Arbeitsplätze und Gewinne ansässiger Unternehmen. Rund die Hälfte der Wertschöpfung von Wind- und Solarenergie verbleibt laut dem Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW) direkt in den Standortregionen.⁴⁸

Auch gesamtwirtschaftlich ist die Energiewende relevant: Die bis 2030 notwendigen Investitionen könnten laut Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft (BDEW) und der Wirtschaftsprüfungsgesellschaft Ernst & Young potenziell eine jährliche Wirtschaftsleistung von bis zu 52 Milliarden Euro erzeugen; das sind etwa 1,5 Prozent der gesamten Bruttowertschöpfung Deutschlands.⁴⁹ Zudem wirken die Erneuerbaren preisdämpfend. Der geplante Ausbau erneuerbarer Energien bis 2030 senkt den durchschnittlichen Börsenstrompreis um rund 20 Euro pro Megawattstunde – im Vergleich zu einem Szenario, in dem die Energiewende langsamer vorangeht.⁵⁰ Ein schneller Ausbau der Erneuerbaren stärkt damit Deutschlands Attraktivität als Wirtschaftsstandort und schafft zukunftssichere Arbeitsplätze.⁵¹

Wertschöpfung durch Windenergie- und Solaranlagen nach Bundesländern (2023)

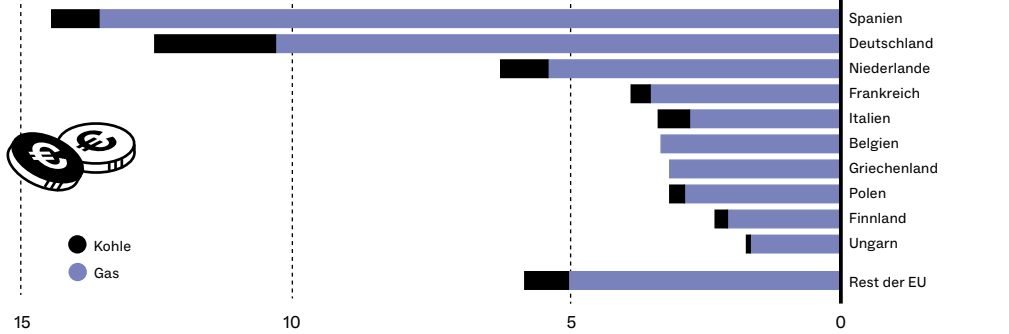


In Mio. Euro



So viel Geld spart die EU durch Erneuerbare
 Vermiedene Importkosten für fossile Brennstoffe (2019–2024, in Milliarden Euro)

Mrd. €



Wie kann die Bevölkerung von der Energiewende profitieren und sich beteiligen?

Mit eigenen Anlagen, einem Balkonkraftwerk oder als Mitglied einer Energiegenossenschaft können alle von der Energiewende profitieren und sie aktiv mitgestalten.

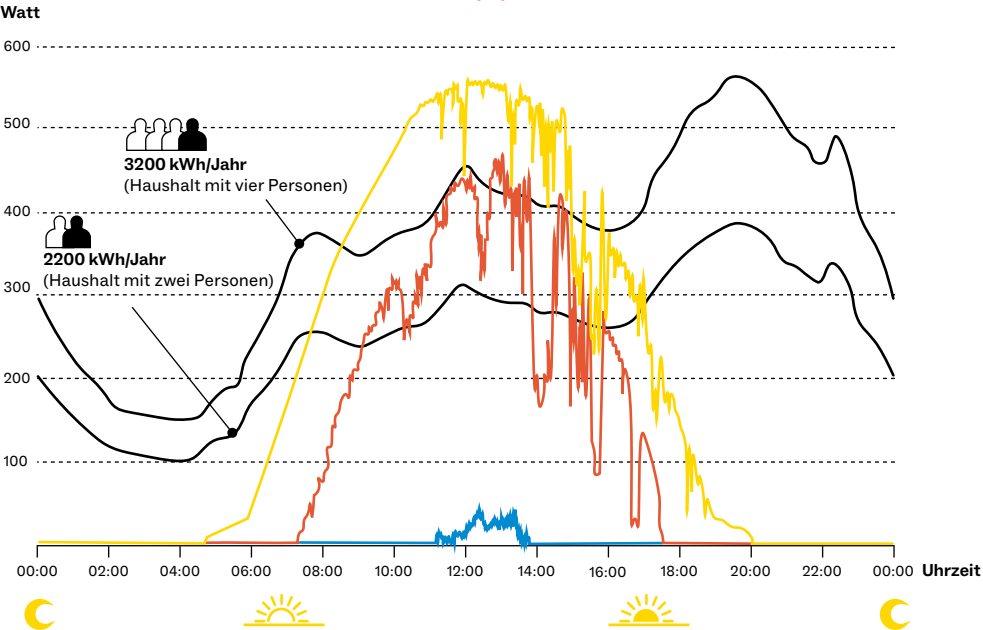
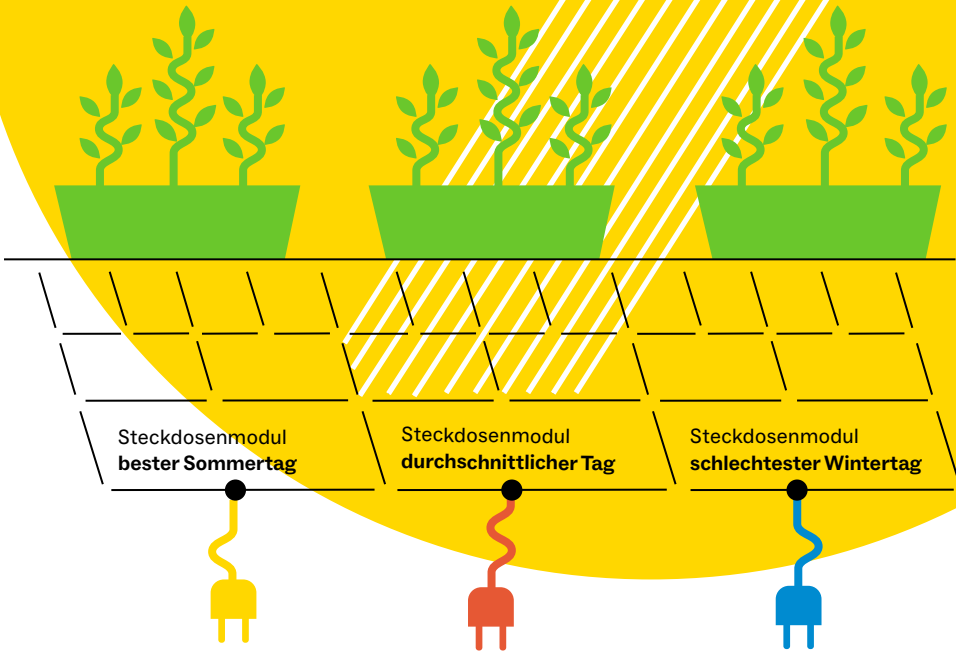
Wer ein eigenes Dach besitzt, kann dort eine Solaranlage installieren und selbst Strom erzeugen. Die Anlagen sind im Verlauf der letzten Jahre immer günstiger geworden: Zwischen 2010 und 2020 sind die Kosten für PV-Module um 90 Prozent gesunken.⁵² Kostete eine komplette Anlage vor 15 Jahren mit einer Spitzenleistung von 4,5 Kilowatt noch circa 15.000 Euro, so ist sie heute schon für rund die Hälfte zu haben. Seit 2023 fällt zudem beim Kauf kleiner Anlagen keine Mehrwertsteuer mehr an. Finanziell lohnt es sich am meisten, den Strom selbst zu nutzen: Strom vom Versorger kostete 2025 im Durchschnitt fast 40 Cent pro Kilowattstunde,⁵³ während selbst erzeugter Solarstrom für 6 bis 14 Cent produziert werden kann.⁵⁴ Die Einspeisung ins Netz ist dagegen oft unrentabel, weil die Einspeisevergütung zuletzt nur bei maximal 12,6 Cent pro Kilowattstunde lag und für neue Anlagen ganz abgeschafft wird. Das könnte dazu führen, dass sich PV-Anlagen nur für Haushalte mit hohem Eigenverbrauch lohnen und sich die Amortisationszeit für Anlagen verlängert.

Wer zur Miete wohnt, kann trotzdem in Photovoltaik investieren: Die Ampelregierung hat die Bedingungen für Mieterstrom-Solaranlagen vereinfacht. Zwar ist die Zustimmung des*der Vermieter*in notwendig, diese

wird aber in der Regel erteilt, weil geringere Energiekosten eine Wohnung aufwerten. Falls sich die Mietenden nicht auf den Kauf einer gemeinsamen Anlage einigen können, gibt es Balkon-Solaranlagen.⁵⁵ Sie speisen den erzeugten Strom per Stecker ins Netz ein. Ein Standardmodul mit 400 Watt kostet zwischen 200 und 300 Euro. Aktuell können Haushalte damit ihre Stromrechnung um etwa 60 Euro jährlich entlasten.⁵⁶ Dabei wird immer erst der eigene Strom verbraucht, bevor Strom aus dem öffentlichen Netz bezogen wird.

In Deutschland sind bereits über eine Million Balkonsolaranlagen installiert.⁵⁷ Kein Dach, kein Garten, kein Balkon? Für solche Fälle gibt es zum Beispiel Anteilsscheine bei einer Bürgerenergiegenossenschaft. Diese errichtet Windräder oder installiert Solaranlagen auf Schulen oder Rathäusern. Je nach Genossenschaft ist der Einstieg ab 100 Euro möglich; der Ertrag wird an alle Eigner*innen ausgeschüttet.

Durchschnittlicher Stromertrag von Balkonkraftwerken mit 600 Watt und
Stromverbrauch von Beispielhaushalten pro Tag



13

Welche Auswirkungen hat die Energiewende auf den Arbeitsmarkt? Durch den Ausbau der Erneuerbaren entstehen mehr Jobs, als in der konventionellen Energiewirtschaft wegfallen.

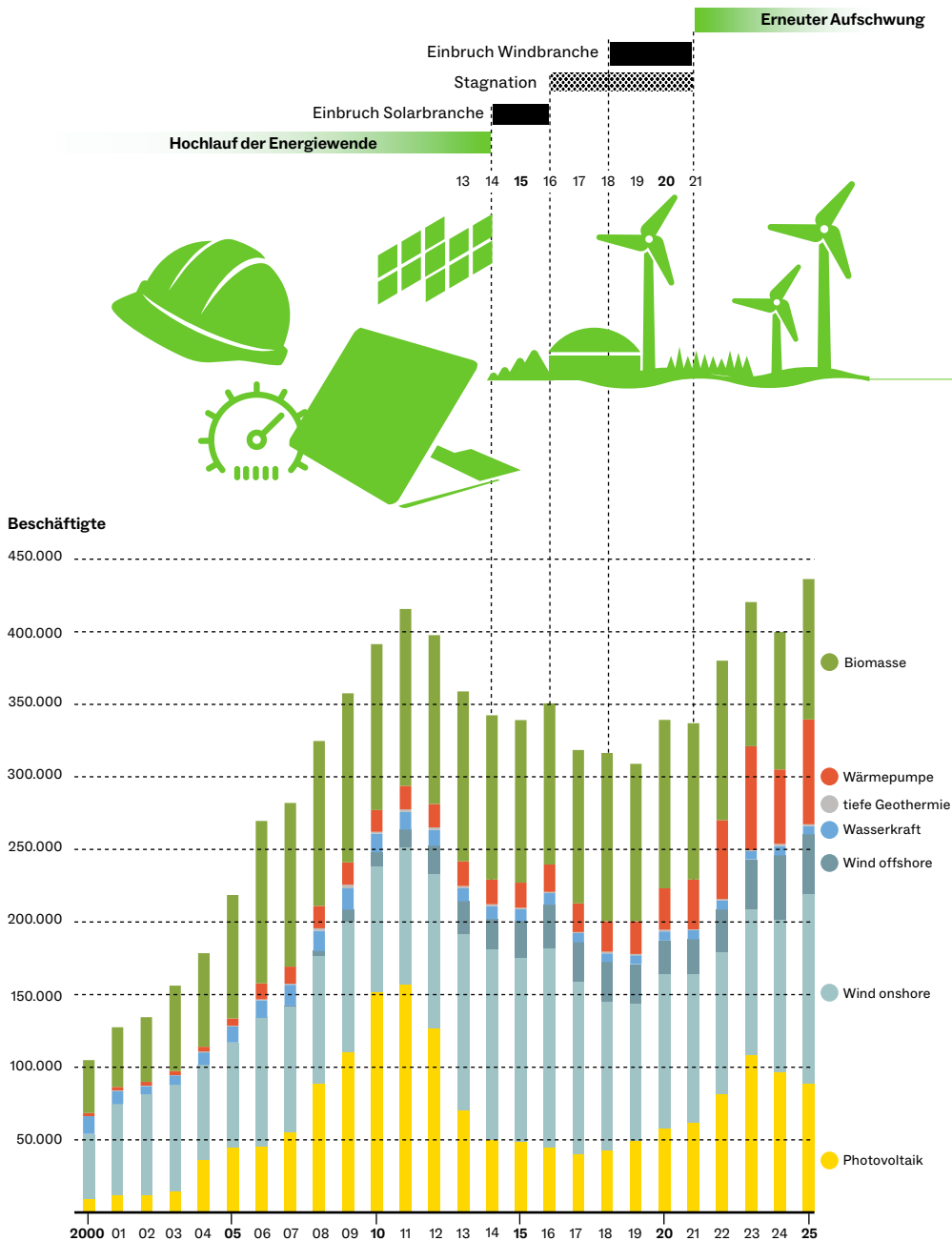
Wenn Kohle- oder Gaskraftwerke durch Erneuerbare ersetzt werden, fallen Arbeitsplätze in Tagebauen und Kraftwerken weg. Ende 2020 lag die Anzahl der direkten Jobs in der deutschen Braunkohleindustrie bei etwa 19.700;⁵⁸ Prognosen zufolge sinkt die Zahl bis 2030 auf 8.000. Allerdings entstehen durch den Ausbau der Erneuerbaren deutlich mehr Jobs, als im konventionellen Energiesektor wegfallen. Seit 2000 hat sich ihre Zahl mehr als verdreifacht. Im Jahr 2025 waren 436.000 Menschen in Deutschland in der Branche der Erneuerbaren beschäftigt.⁵⁹ Die meisten arbeiteten 2025 in der Windkraftindustrie, nämlich 172.300, gefolgt von 96.800 Personen, die in der arbeitsintensiven Branche der Biomasse tätig sind. Auf Platz drei im Jobranking steht die Solarbranche mit 88.200 Beschäftigten, gefolgt von der Wärmepumpenbranche mit 72.200 Beschäftigten.⁶⁰

Jedoch haben in der Vergangenheit die immer wieder geänderten politischen Rahmenbedingungen zu einem volatilen Arbeitsmarkt geführt. So waren in der Solarenergie im Jahr 2011 noch 156.700 Menschen beschäftigt; sechs Jahre später arbeiteten nur noch 39.900 Personen in der Branche. Diese Verluste waren vor allem auf die gesetzlichen Kürzungen

der EEG-Tarife durch die Koalition aus CDU/CSU und FDP zurückzuführen: Die Nachfrage nach PV-Modulen brach 2013 um 56,5 Prozent⁶¹ ein und im Folgejahr nochmals um 66 Prozent.⁶² Viele Werke schlossen, die Firmen wurden von asiatischen Konkurrenten übernommen, die so auch in den Besitz der deutschen Patente kamen. In der Folge wurde die Produktion ins Ausland verlagert. Mit den stark gestiegenen Ausbauzahlen seit 2021 arbeiten inzwischen wieder mehr Menschen in der Photovoltaik-Branche. Diese Entwicklungen zeigen den direkten Zusammenhang zwischen energiepolitischen Entscheidungen und der Arbeitsplatzentwicklung in den Branchen der erneuerbaren Energien.

Auf europäischer Ebene sollen mit der „Made in EU“-Vorgabe des Industrial Accelerator Act europäische Wertschöpfung und heimische Produktion grüner Zukunftstechnologien gefördert werden. Dadurch sollen europaweit Millionen neue Arbeitsplätze in den Branchen Wind- und Solarenergie, Wärmepumpen und Batterietechnologien entstehen.⁶³

Jobmotor Energiewende: Die Anzahl der Beschäftigten im Bereich erneuerbare Energien hat 2025 einen Rekordstand erreicht.



Welche Rohstoffe benötigen wir im erneuerbaren Energiesystem?

Erneuerbare Anlagen brauchen viele kritische Rohstoffe, eignen sich aber auch gut für die Kreislaufwirtschaft.

Anders als fossile Kraftwerke kommt die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien ohne den Einsatz endlicher Brennstoffresourcen aus. Die Herstellung von Wind- und Solaranlagen erfordert jedoch große Mengen mineralischer Rohstoffe. Laut Internationaler Energieagentur benötigt eine PV-Anlage pro installierter Leistung mehr als doppelt so viele mineralische Rohstoffe wie ein Kohlekraftwerk, Onshore-Windanlagen brauchen fast fünfmal und Offshore-Windanlagen mehr als siebenmal so viele.⁶⁴ Dieser Vergleich bezieht sich jedoch nur auf den Bau der Anlagen, nicht auf den gesamten Lebenszyklus oder die tatsächlich erzeugte Strommenge. Werden dagegen Bau, Betrieb und Rückbau über den gesamten Lebenszyklus berücksichtigt und wird der Rohstoffbedarf auf die erzeugte Strommenge bezogen, sieht es anders aus: Dann ist der Rohstoffeinsatz für Wind- und Solaranlagen ähnlich hoch oder teilweise sogar geringer als der für fossile Kraftwerke.⁶⁵

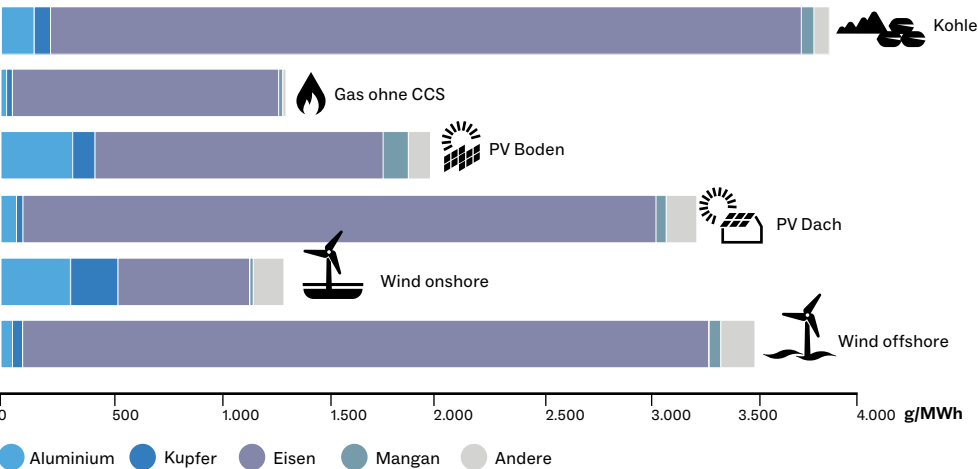
Für den Bau von Wind- und Solaranlagen werden sogenannte kritische Rohstoffe benötigt, darunter Silizium, Phosphor, Aluminium, Kupfer und Seltene Erden.⁶⁶ Sie gelten als „kritisch“, weil sie für die Wirtschaft wichtig sind und die Versorgung mit diesen Rohstoffen mit Risiken verbunden

ist – etwa weil nur wenige Staaten die Lieferketten kontrollieren, sodass die Gefahr einer Abhängigkeit besteht.

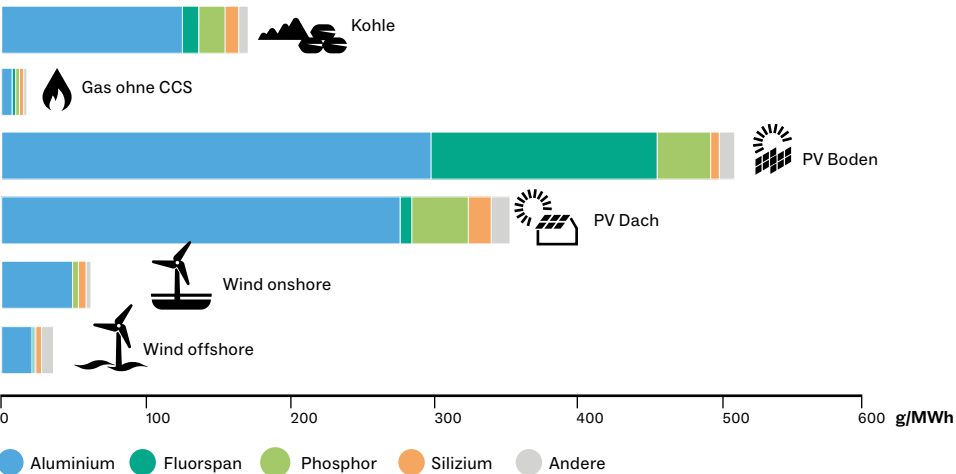
Außerdem geht ihr Abbau oft mit Umweltzerstörung und Menschenrechtsverletzungen einher.⁶⁷ Kritische Rohstoffe werden allerdings nicht nur für erneuerbare Energien eingesetzt. Bei der Elektromobilität ist der Bedarf sogar noch größer. Anders als bei den Erneuerbaren gibt es beim E-Auto jedoch Alternativen, z.B. den Ausbau des öffentlichen Nah- und Fernverkehrs. Klar ist: Der Abbau und die Verarbeitung der für die Energiewende notwendigen metallischen und mineralischen Rohstoffe setzt Emissionen frei und beansprucht große Flächen. Darum müssen Windkraft- und Solaranlagen ihre Potenziale in einer Kreislaufwirtschaft⁶⁸ nutzen, um den Rohstoffverbrauch zu reduzieren. Der große Rohstoffbedarf zeigt zudem, dass es ebenso wichtig ist, den Energieverbrauch zu senken, statt lediglich fossile durch elektrische Technologien zu ersetzen – etwa durch den Umstieg vom Auto auf den ÖPNV, energetische Sanierungen oder effizientere Geräte.

Auch die Erneuerbaren brauchen Rohstoffe.

Metallbedarf für ausgewählte Energietechnologien
in Gramm pro Megawattstunde



Bedarf an kritischen Rohstoffen für ausgewählte Energietechnologien
in Gramm pro Megawattstunde



Wie sicher ist die Stromversorgung mit Erneuerbaren?

Mit steigendem Anteil erneuerbarer Energien sind die Stromausfälle zurückgegangen.

Weil der Wind nicht immer weht und die Sonne nicht immer scheint, wurde lange Zeit befürchtet, dass die Versorgungssicherheit mit dem Ausbau der Erneuerbaren abnimmt. Ganz im Gegenteil gingen bei einem steigenden Anteil von Strom aus Sonne, Wind und Co. die Stromausfälle in den letzten Jahren um ein Drittel zurück.⁶⁹

Da das erneuerbare Stromsystem nicht von wenigen großen Kraftwerken abhängt, sondern Strom aus vielen verteilten Quellen bezieht, sinkt das Risiko großflächiger Ausfälle, und das Netz wird robuster gegen Störungen und Angriffe. Die geopolitischen Krisen der letzten Jahre haben gezeigt, wie gefährdet die Versorgungssicherheit ist, wenn wir uns auf importierte Rohstoffe verlassen.⁷⁰ Zudem gerät die fossile Stromerzeugung durch die Klimakrise immer stärker unter Druck. Wegen Kühlwassermangels und Niedrigwasser in Flüssen, die für Kohletransporte genutzt werden, mussten Kohle- und Atomkraftwerke in den Dürresommern 2018, 2019, 2022 und 2026 ihre Leistung erheblich drosseln⁷¹ – das wirkte sich auf das gesamte europäische Energieversorgungssystem aus.⁷²

Zur Wahrung der Versorgungssicherheit braucht das Stromnetz mehr Flexibilität und intelligente Steuerung.⁷³ Auch der Strom-

markt muss weiterentwickelt werden, damit genügend flexible und steuerbare Kraftwerke und Speicher wirtschaftlich betrieben werden können. Das ist wichtig, um das Stromsystem auch dann stabil zu halten, wenn Wind und Sonne wenig Strom liefern. Ergänzend gibt es Anlagen als Reserve für das Stromsystem, die nicht am normalen Strommarkt teilnehmen. Sie erzeugen nicht dauerhaft Strom, sondern helfen dabei, Engpässe im Stromnetz auszugleichen, oder liefern zusätzlichen Strom, wenn nicht genug Strom verfügbar ist. Weil diese Anlagen nur selten genutzt werden, aber jederzeit einsatzbereit sein müssen, sind ihre Kosten für die Stromerzeugung relativ hoch. Neben Gaskraftwerken, die perspektivisch auf Wasserstoff umgerüstet werden, übernehmen diese Aufgabe auch bereits Bioenergieanlagen und Batteriespeicher.

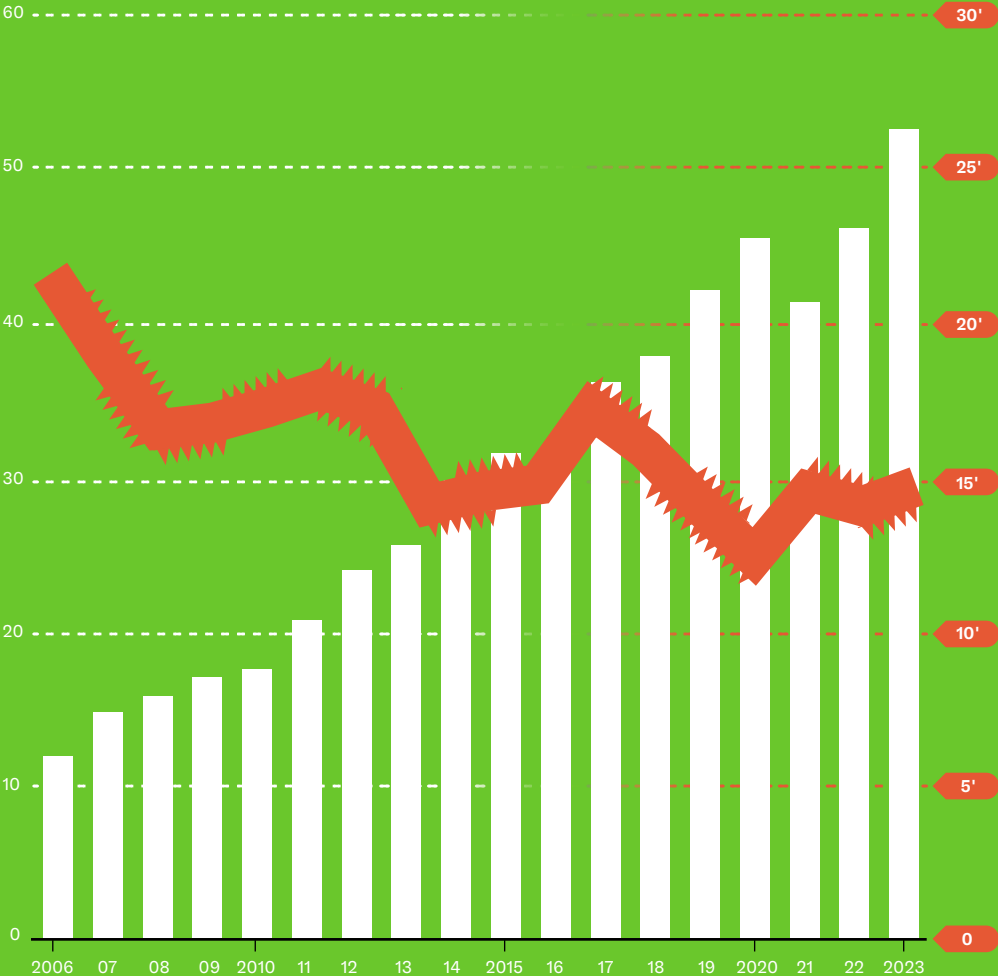
Auch die Verknüpfung der Stromnetze mit europäischen Nachbarn erhöht die Versorgungssicherheit: Weht in einem Land gerade wenig Wind oder scheint kaum Sonne, kann Strom aus anderen Regionen den Engpass ausgleichen.

Bei steigendem Anteil erneuerbarer Energien sanken
in den letzten Jahren die Netzausfälle.



Anteil erneuerbarer Energien in %

Unterbrechung der Stromversorgung (SAIDI)
bei den Stromverbraucher*innen in Minuten



- 1 https://ag-energiebilanzen.de/wp-content/uploads/AGEB_Infografik_01_2025_Energie-mix_2024-1.pdf
- 2 <https://www.kfw.de/PDF/Download-Center/Konzernthemen/Research/PDF-Dokumente-Volkswirtschaft-Kompakt/One-Pager-2025/VK-Nr.-251-April-2025-fossile-Importe.pdf>
- 3 <https://www.umweltbundesamt.de/daten/umweltindikatoren/indikator-primaerenergieverbrauch>
- 4 <https://www.energyinst.org/statistical-review>
- 5 https://ag-energiebilanzen.de/wp-content/uploads/AGEB_Infografik_07_2026_Endenergieverbrauch.pdf
- 6 Für die Erzeugung von Endenergie wird Primärenergie eingesetzt, beispielsweise um im Tagebau Kohle abzubauen. Der Primärenergieverbrauch ist daher höher als der Endenergieverbrauch.
- 7 https://ag-energiebilanzen.de/wp-content/uploads/AGEB_Infografik_01_2026_Energiemix_2025.pdf
- 8 <https://www.bundesumweltministerium.de/media/kohlenstoffdioxid-fussabdruck-pro-kopf-in-deutschland>
- 9 <https://www.umweltbundesamt.de/service/uba-fragen/wie-hoch-sind-die-treibhausgasemissionen-pro-person>
- 10 <https://www.bundesumweltministerium.de/media/kohlenstoffdioxid-fussabdruck-pro-kopf-in-deutschland>
- 11 <https://www.umweltbundesamt.de/daten/umweltzustand-trends/energie/endenergieverbrauch-nach-energetraeger-sektoren#anteil-erneuerbarer-energien-am-gesamten-bruttoendenergieverbrauch>
- 12 <https://ag-energiebilanzen.de/wp-content/uploads/Abgabe-2026-02.pdf>
- 13 <https://ag-energiebilanzen.de/wp-content/uploads/Abgabe-2026-02.pdf>
- 14 <https://www.smar.de/page/home/topic-article/444/220298/nettoexport-von-strom-im-ersten-quartal>
- 15 https://www.bundeswirtschaftsministerium.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/energiewende-effizient-machen.pdf?__blob=publicationFile&v=1 (Seite 55)
- 16 https://www.agora-energiewende.de/fileadmin/Projekte/2025/2025-15_DE_Monitoring_Energiewende/A-EW_Effiziente_Energiewende_WEB.pdf (Seite 20)
- 17 <https://www.agora-energiewende.de/daten-tools/klima-neutrales-deutschland-2045-datenanhang> sowie <https://www.ise.fraunhofer.de/de/veroeffentlichungen/studien/wege-zu-einem-klimaneutralen-energiesystem.html>
- 18 <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/erneuerbare-energien-in-zahlen>
- 19 https://www.umweltbundesamt.de/system/files/medien/384/bilder/dateien/DE_Indikator_ENER-04b_EE-BrStV_2026-05-15.pdf
- 20 https://www.diw.de/de/diw_01.c.998851.de/energiewende-kommt-voran-aber-noch-zu-langsam.html
- 21 <https://dserver.bundestag.de/btp/14/14091.pdf>
- 22 <https://www.unendlich-viel-energie.de/akzeptanzumfrage-2025>
- 23 <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/nachweis-systeme-fuer-energie-klimaschutz/strom-herkunfts-regionalnachweise-fragen-antworten#>
- 24 <https://gruenerstromlabel.de/>
- 25 <https://www.tagesschau.de/wirtschaft/verbraucher/strompreis-preisbildung-101.html>
- 26 https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Beschlusskammern/BK08/BK8_06_Netzentgelte/BK8_NetzE.html
- 27 <https://www.bundesregierung.de/breg-de/service/archiv-bundesregierung/eeg-umlage-faellt-weg-2011728>
- 28 <https://www.bdew.de/service/daten-und-grafiken/bdew-strom-preisanalyse/>
- 29 https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/DE2024_ISE_Studie_Stromgestehungskosten_Erneuerbare_Energien.pdf (Seite 18)
- 30 <https://www.wri.org/insights/lessons-for-coal-plant-cancellation> sowie <https://www.e3g.org/publications/no-new-coal/>
- 31 <https://www.ise.fraunhofer.de/de/veroeffentlichungen/studien/aktuelle-fakten-zur-photovoltaik-in-deutschland.html> (Seite 9)
- 32 https://www.boell.de/sites/default/files/2025-09/eine_globale_energierevolution_erneuerbare_energien_setzen_sich_weltweit_durch.pdf
- 33 <https://www.unendlich-viel-energie.de/projekte/projektarchiv/energie-update/mehr-speicher>
- 34 <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S036054422032733X?via%3DiHub>
- 35 <https://www.bundestag.de/resource/blob/915340/850849/66b30e1cd8e9f7753cecdffdc/b-Merit-Order-Grundlage-der-Strompreisbildung-data.pdf>
- 36 <https://www.smar.de/page/home/topic-article/444/209624>
- 37 <https://www.klimaneutrales-stromsystem.de>
- 38 <https://www.bundeswirtschaftsministerium.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2023/01/20230111-kabinett-beschliesst-neustart-fur-die-digitalisierung-der-energiewende.html>
- 39 <https://www.tagesschau.de/wirtschaft/energiewende-sonnenstrom-smart-meter-100.html>

- 40 <https://www.bundeswirtschaftsministerium.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2023/01/20230111-kabinett-beschliesst-neustart-fur-die-digitalisierung-der-energie-wende.html>
- 41 <https://energie-wende.bundeswirtschaftsministerium.de/EWD/Redaktion/Newsletter/2019/05/Meldung/direkt-erklaert.html>
- 42 https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Allgemeines/DieBundesnetzagentur/Insight/Texte/Digitalisierung/Blog3_Digitalisierung_SmartMeter.html
- 43 <https://www.smar-d.de/page/home/topic-article/444/219906/massnahmen-volumen-im-gesamt-jahr-stabil>
- 44 https://www.bundeswirtschaftsministerium.de/Redaktion/DE/Downloads/M-O/netzausbau-schreitet-voran.pdf?__blob=publicationFile&v=5 (Seite 7f.)
- 45 <https://www.netzausbau.de/Daten/monitoring/de.html>
- 46 <https://www.bundesregierung.de/breg-de/service/archiv-bundesregierung/erstes-Ing-terminal-2143122>
- 47 <https://www.unendlich-viel-energie.de/mediathek/grafiken/umsaetze-investitionen-erneuerbare-energien-anlagen>
- 48 https://www.ioew.de/publikation/staerkung_der_regionalen_wertschoepfung_durch_erneuerbare_energien
- 49 https://www.bdew.de/media/original_images/2024/04/24/fortschrittsmonitor_2024_zCu1QX7.pdf
- 50 <https://www.agora-energie-wende.de/publikationen/erneuerbare-energie-senken-strompreise-unabhaengig-von-der-nachfrage/>
- 51 <https://epico.org/de/studie-standortvorteil>
- 52 <https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/aktuelle-fakten-zur-photovoltaik-in-deutschland.pdf> (Seite 9)
- 53 <https://www.bdew.de/service/daten-und-grafiken/bdew-strom-preisanalyse/>
- 54 <https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/aktuelle-fakten-zur-photovoltaik-in-deutschland.pdf>
- 55 https://www.focus.de/earth/auf-den-balkonen-der-deutschen-zeigt-sich-ein-grosser-erfolg_ae426621-6939-44c4-a653-3ac1d4555443.html
- 56 <https://www.verbraucherzentrale.de/wissen/energie/erneuerbare-energien/stecker-solar-solarstrom-vom-balkon-direkt-in-die-steckdose-44715>
- 57 <https://strom-report.com/balkonkraftwerk/>
- 58 https://www.umweltbundesamt.de/system/files/medien/1410/publikationen/2023-01-05_texte_28-2021_daten_fakten_braun_und_steinkohle.pdf (Seite 59)
- 59 https://www.bertelsmannstiftung.de/fileadmin/files/BiW/Focus_Paper_Beschaeftigung_in_den_erneuerbaren_Energien.pdf
- 60 <https://www.bertelsmannstiftung.de/de/themen/aktuelle-meldungen/2026/beschaeftigungsrekord-bei-erneuerbaren-energien-aber-kehrwende-der-politik-gefahrdet-arbeitsplaetze>
- 61 <https://www.iwr.de/news/solarmarkt-deutschland-bricht-2013-ein-news25364>
- 62 <https://www.pv-magazine.de/2021/02/01/photovoltaik-zubau-in-deutschland-steigt-2020-auf-knapp-5-gigawatt/>
- 63 https://single-market-economy.ec.europa.eu/industry/sustainability/net-zero-industry-act_en
- 64 <https://www.iea.org/reports/the-role-of-critical-minerals-in-clean-energy-transitions>
- 65 https://power-shift.de/wp-content/uploads/2023/05/PS_066_Studie_Kreislaufwirtschaft_Web_230507.pdf
- 66 Zu den Seltenen Erden gehören die Elemente Scandium, Yttrium und Lanthan sowie die 14 im Periodensystem folgenden Lanthanoide: Cer, Praseodym, Neodym, Promethium, Samarium, Europium, Gadolinium, Terbium, Dysprosium, Holmium, Erbium, Thulium, Ytterbium und Lutetium.
- 67 https://commission.europa.eu/topics/competitiveness/green-deal-industrial-plan/european-critical-raw-materials-act_de
- 68 https://power-shift.de/wp-content/uploads/2023/05/PS_066_Studie_Kreislaufwirtschaft_Web_230507.pdf
- 69 <https://www.statistikportal.de/de/nachhaltigkeit/ergebnisse/ziel-9-industrie-innovation-und-infrastruktur/versorgungsunterbrechungen>
- 70 <https://www.swp-berlin.org/themen/dossiers/energiepolitik/versorgungssicherheit>
- 71 <https://www.carbonbrief.org/factcheck-how-nuclear-gas-wind-and-solar-power-are-affected-during-heatwaves>
- 72 <https://www.handelsblatt.com/unternehmen/energie/energie-erste-kraftwerke-drosseln-leistung-so-beeinflusst-die-hitze-unsere-energieversorgung/28575890.html>
- 73 <https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthemen/ElektrizitaetundGas/Versorgungssicherheit/start.html>

Alle Quellen wurden im September 2026 abgerufen.

Quellen

Seite 5

- https://ag-energiebilanzen.de/wp-content/uploads/AGEB_Infografik_01_2025_Energiemix_2024-1.pdf
- <https://ourworldindata.org/grapher/per-capita-energy-use> (Zahlen gerundet)

Seite 7

- <https://www.umweltbundesamt.de/daten/energie/stromverbrauch#:~:text=Allerdings%20war%20der%20Stromverbrauch%20in,%E2%80%9EBruttostromverbrauch>
- <https://www.umweltbundesamt.de/daten/umweltzustand-trends/energie/stromverbrauch>

Seite 9

- https://www.erneuerbare-energien.de/EE/Redaktion/DE/Bilder/Grafiken_erneuerbare_Energien/Diagramm-06.png und <https://www.dw.com/de/fakten-check-ist-atomenergie-klima-freundlich-was-kostet-strom-aus-kernkraft/a-59709250>
- <https://www.klimareporter.de/images/dokumente/2023/01/230105-energycomment-Ing-report.pdf>

Seite 11

- <https://www.unendlich-viel-energie.de/akzeptanzumfrage-2025>

Seite 13

- <https://www.bdew.de/service/daten-und-grafiken/bdew-strompreisanalyse/>
- https://www.bdew.de/media/original_images/2022/10/26/a_wJFoSg4.png

Seite 15

- <https://de.statista.com/infografik/26886/stromgestehungskosten-fuer-erneuerbare-energien-und-konventionelle-kraftwerke-in-deutschland/>
- <https://www.solaranlage-ratgeber.de/photovoltaik/photovoltaik-wirtschaftlichkeit/preisentwicklung>

Seite 17

- <https://energiewinde.orsted.de/trends-technik/power-to-gas-pilotanlage-prenzlau>
- <https://www.solarpowereurope.org/insights/outlooks/european-market-outlook-for-battery-storage-2024-2028>
- <https://www.solarpowereurope.org/insights/outlooks/european-battery-market-outlook-2026-2030-1/detail>
- <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/global-battery-storage-capacity-additions-2010-2023>
- <https://www.benchmarkminerals.com/battery-energy-stationary-storage?camefrom=rhomotion.com>
- <https://www.solarwirtschaft.de/fuer-verbraucher/marktdaten/>

Seite 19

- <https://www.spektrum.de/news/merit-order-prinzip-warum-der-strompreis-nach-oben-schnell/2051949>

Seite 21

- <https://1komma5.com/de/strommarkt/smart-meter/>
- <https://www.swd-ag.de/magazin/innovationskraft/smart-metering/>

Seite 23

- https://de.m.wikipedia.org/wiki/Datei:Regelzonen_deutscher_%C3%9Cbertragungsnetzbetreiber_neu.png
- https://www.bundeswirtschaftsministerium.de/Redaktion/DE/Bilder/Energie/buergerdialog-stromnetze-netzausbau-karte.jpg?__blob=normal&v=4&size=760w

Seite 25

- <https://www.ioew.de/publikationen/karten-zur-wertschoepfung-durch-erneuerbare-energien-in-einzelnen-bundeslaendern-und-landkreisen> und Ember (2025): European Electricity Review, Chapter 2 (S. 18), <http://bit.ly/4oELRj>

Seite 27

- <https://www.finanztip.de/photovoltaik/balkon-solaranlage/>
- <https://www.solaranlagen-portal.com/photovoltaik/balkonkraftwerk#balkonkraftwerk-ertrag-maximale-leistung>

Seite 29

- <https://www.bertelsmann-stiftung.de/de/publikationen/publikation/did/beschaeftigung-in-den-erneuerbaren-energien-entwicklung-und-politische-reformen>

Seite 31

- https://power-shift.de/wp-content/uploads/2023/05/PS_066_Studie_Kreislaufwirtschaft_Web_230507.pdf

Seite 33

- Eigene Darstellung, Daten der Bundesnetzagentur 2024: Bundesnetzagentur (2024): Bundesweite Kennzahlenentwicklung Strom 2006 bis 2024, https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthemen/ElektrizitaetundGas/Versorgungssicherheit/Versorgungsunterbrechungen/Auswertung_Strom/start.html

Glossar

CCS Carbon Caption and Storage: Technologie, die CO₂ abfängt und unterirdisch speichert

EEG Erneuerbare-Energien-Gesetz

Elektrolyseur Gerät, das mit Strom Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff aufspaltet

GWh Gigawattstunde, entspricht 1 Million Kilowattstunden

kWh Kilowattstunde

KWK Kraft-Wärme-Kopplung: gleichzeitige Erzeugung von Strom und Wärme in einem Prozess

kWp Kilowatt-Peak: maximale Leistung einer PV-Anlage unter Standard-Testbedingungen

LNG Liquefied Natural Gas, Flüssigerdgas

MWh Megawattstunde, entspricht 1.000 Kilowattstunden

PV Photovoltaik

RECS-Zertifikat RECS steht für Renewable Energy Certificate System und ist ein Nachweis für den Ursprung von Ökostrom

SAIDI System Average Interruption Duration Index: gibt die durchschnittliche Dauer von Stromausfällen von mehr als 3 Minuten pro Kund*in und Jahr an

Smart Grid ein intelligentes Stromnetz, das Erzeugung, Verbrauch und Speicherung von Strom digital aufeinander abstimmt

TWh Terrawattstunde, entspricht 1 Milliarde Kilowattstunden

Ohne Strom steht alles still, im Alltag und in der Wirtschaft. Durch die Energiewende wird Strom noch wichtiger. Erneuerbare Energien machen uns unabhängiger von Energieimporten und Preisschocks, und sie sind die Voraussetzung, um unsere Emissionen deutlich zu senken. Diese böll.fakten-Ausgabe erklärt, wie die Stromversorgung funktioniert, und warum der schnelle Ausbau der Erneuerbaren nicht nur gut fürs Klima ist, sondern auch für Wirtschaft und Gesellschaft.