

Der Energiewende bei der Arbeit zuschauen

Visualisierte Daten zur Stromerzeugung in Deutschland



**Wir
gestalten
Zukunft**

VDI Research

Der Energiewende bei der Arbeit zuschauen

Visualisierte Daten zur Stromerzeugung in Deutschland

Der Begriff „Energiewende“ ist zu einem Schlagwort geworden und meint die Abkehr von fossilen Energieträgern hin zu einer Energieversorgung mit erneuerbaren Energien. Geprägt wurde der Begriff bereits im Jahr 1980 durch Autoren des Freiburger Öko-Instituts mit dem Buchtitel „Energie-Wende. Wachstum und Wohlstand ohne Erdöl und Uran“ (Grimm, o. J.). Damals wie heute wird mit der Energiewende der Ersatz von allen fossilen Energieträgern und ihren Anwendungen angestrebt – also das Verbrennen von Kohle, Erdgas und Erdöl zur Energieerzeugung (physikalisch exakt: zur Energieumwandlung) in Heizungen, Kraftfahrzeugen und eben in Kraftwerken zur Stromerzeugung. Unausgesprochen wird die „Energiewende“ vorrangig mit der Erzeugung von elektrischer Energie und ihrer Verteilung in Stromnetzen in Verbindung gebracht. Das scheint auch naheliegend, wenn man das weniger gebräuchliche Schlagwort der „All Electric Society“ heranzieht, das vor allem vom VDE Verband der Elektrotechnik Elektronik Informations-technik e. V. und seiner Normungsorganisation DKE seit etwa 2020 forciert wird (VDE, 2023). Da eine All Electric Society auch die Vernetzung von Sektoren und Technologien erfordert und als Grundlage regenerativ erzeugten Strom benötigt, ist diese Konzentration auf elektrische Energie nicht verwunderlich (VDE, 2024a).

Energie-Daten aus der Vergangenheit bis zur Prognose

Die elektrische Energiewende kann von jedem interessierten Betrachter beinahe in Echtzeit, mit tagesaktuellen Daten, verfolgt werden. Damit ist sie eines der wenigen Politikfelder, das messbar geworden ist. Der technische Sachverhalt ist damit quantitativ nachvollziehbar, unabhängig von den Betrachtungen der Akteure aus Politik und Ökonomie, die bei der Stromversorgung die öffentliche Diskussion bestimmen. Auch wenn „grüner Strom“ nur ein Begriff ist, können alle Interessierten anhand plakativer Diagramme die ansonsten unsichtbaren Energieflüsse nachverfolgen.

Einer der wichtigen Anlaufpunkte sind die „Energy Charts“ des Fraunhofer-Instituts für Solare Energiesysteme ISE (energy-charts.info).

Dies ist eine interaktive Website, auf der man selbst konfigurierte Grafiken aus Deutschland und 40 weiteren europäischen Ländern zu Stromerzeugung, Emissionen, Stromhandel und Börsenstrompreisen ansehen kann (Fraunhofer ISE, 2024).

Furcht vor Blackouts: der Ursprung der Fraunhofer-Energy-Charts

Die Gründungsgeschichte der Energy Charts wird von Bruno Burger, dem Abteilungsleiter „Neue Bauelemente und Technologien“ am Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE, mit seinem Ärger über einen prognostizierten Blackout im Juni 2011 begründet. Weil hohe Solarstromeinspeisung auf geringe Last an den Pfingstfeiertagen treffen sollte und elektrische Energie – im Gegensatz etwa zu Erdgas in Gasnetzen – prinzipiell nicht im Stromnetz selbst gespeichert werden kann, müssen Erzeugung und Verbrauch stets übereinstimmen (Fraunhofer ISE, 2024). Obwohl bisher kein regionaler oder bundesweiter Stromausfall stattfand, hält sich die „Sorge vor dem Blackout“ (RP online, 2024) weitere anderthalb Jahrzehnte (Der Spiegel, 2025). Immer wieder, unter anderem Ende 2024 (Berliner Zeitung, 2024) und Anfang 2025 (Welt, 2025) kam es erneut zu ähnlich lautenden Meldungen, die eher politisch als technisch motiviert waren. Nur gelegentlich werden Akteure aus dem Energiesektor befragt und technische als auch politisch-regulatorische Lösungsansätze dargestellt (WirtschaftsWoche, 2025). Doch es gibt auch positive Aussagen, etwa unter der Überschrift „Deutsches Stromnetz superstabil trotz Solar-Rekordzubau“ – gerichtet allerdings an eine eher unaufgeregte, technisch gebildete Leserschaft der VDI nachrichten (VDI nachrichten, 2025). Es verwundert im technischen Umfeld kaum, dass der VDE in einer Studie noch Potenziale sieht, die Jahrzehnte alten Übertragungsstromnetze auch ohne raschen Netzausbau bei moderaten Kosten an die neuen

Anforderungen anzupassen und die Strombelastbarkeit bestehender, ja alter Betriebsmittel zumindest kurzfristig zu erhöhen (VDE, 2024b). Tatsächlich ist die Dauer von Stromversorgungsunterbrechungen in Deutschland seit 18 Jahren nicht gestiegen, wie Abbildung 1 zeigt.

Aber auch die Anwendung neu zu etablierender Techniken kann in Zukunft zur Stabilisierung der Stromnetze beitragen, wie die der STATCOMs (Static Synchronous Compensators) der zweiten Generation (50Hertz, 2024). Ein STATCOM wirkt wie ein „elektrischer Stoßdämpfer“ im Stromnetz, er stabilisiert die Netzspannung, indem er in Millisekunden die nötige Ausgleichsleistung als Blindleistung einspeist oder aufnimmt und so Spannungsschwankungen abfedert (sig Media, 2024). Ingenieur*innen haben also durchaus Lösungsansätze parat, die in der Politik womöglich übersehen werden.

Agorameter und Primärdatenquellen

Neben den Energy-Charts bietet auch **Agora Energiewende mit dem Agorameter** Statistiken zu Stromerzeugung und -verbrauch (agora-energiewende.de/daten-tools/agorameter) und stellt mit dem „Auf einen Blick“-Tool zeitnahe Daten mit zwei bis vier Stunden Verzögerung dar (Agora Energiewende, 2023, S. 2). Seit

August 2025 informiert eine „Lokal“-Ansicht über die Netzauslastung zwischen 22 modellhaft angenommenen Knotenpunkten des deutschen Übertragungsnetzes.

Die Aufbereitung und illustrative Darstellung der Daten obliegt Anbietern wie Fraunhofer ISE und Agora Energiewende, die Rohdaten für die Leistungen, Energiemengen und Preise stammen von den Netzbetreibern, der Transparenzplattform der europäischen Übertragungsnetzbetreiber ENTSO-E und der Transparenzplattform der European Energy Exchange (EEX) in Leipzig.

Energieflüsse in den Electricity Maps

Eine originelle Ansicht bieten die „**Electricity Maps**“ (app.electricitymaps.com), die die klimarelevanten Emissionen der Stromerzeugung visualisieren. Auf einen Blick zeigt die Welt-Karte die einzelnen Länder (oder auch weiter heruntergebrochene Zonen) von dunkelgrün bis schwarz an, je nach Kohlendioxid-Emission für Stromerzeugung oder -verbrauch. In der Liveansicht handelt es sich um Angaben für die letzte volle Stunde, also sehr aktuelle Daten. In der Verbrauchs-Ansicht werden für Europa auch grenzüberschreitende Im- und Exporte als elektrische Leistung und deren CO₂-Intensität angezeigt (Electricity Maps, o. J.). Als Anhalts-

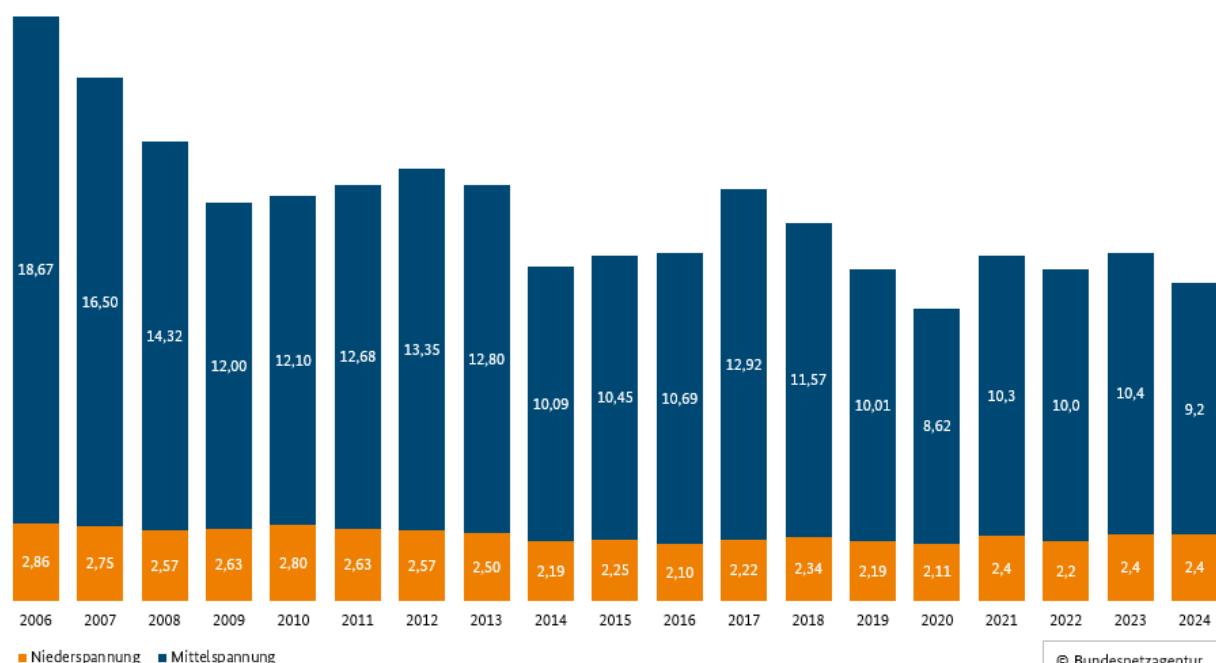


Abbildung 1: Dauer von Stromausfällen in Deutschland in Minuten pro Jahr, ohne geplante Unterbrechungen, höhere Gewalt und Ausfälle unter drei Minuten (SAIDI_{EnWG}, System Average Interruption Duration Index).
Quelle: Bundesnetzagentur, https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthemen/ElektrizitaetundGas/Versorgungssicherheit/Versorgungsunterbrechungen/Auswertung_Strom/start.html

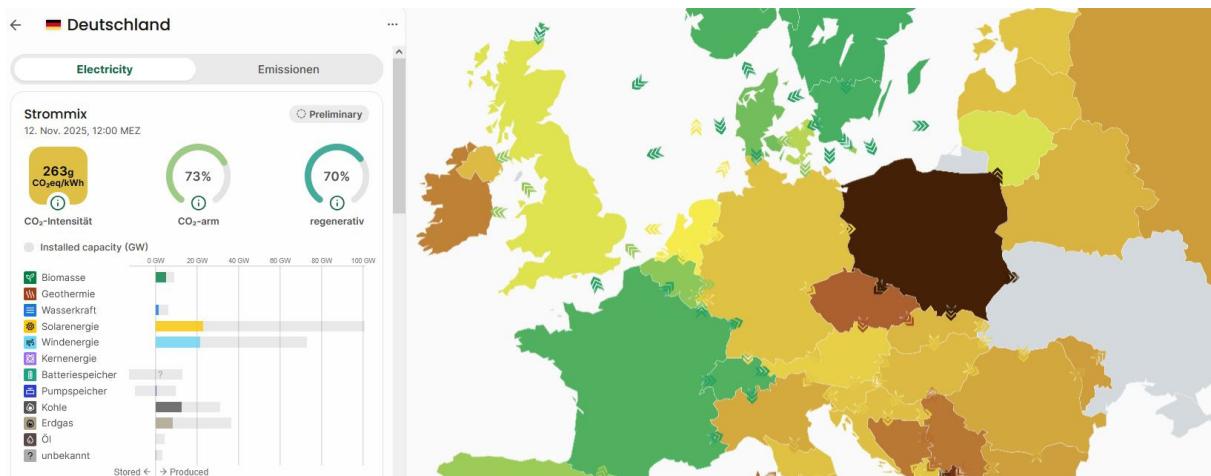


Abbildung 2: Bildschirmfoto der Startseite von Electricity Maps. Die Daten in der linken Spalte gelten für Deutschland am 12. November 2025 um 12 Uhr. Die Farben der Karte codieren die CO₂-Intensität des Strommixes im jeweiligen Land, von grün über gelb bis braun und schwarz.

Quelle: <https://app.electricitymaps.com/map/zone/DE/live/hourly>

punkt für diese Stromflüsse sei genannt, dass 100 MW der durchschnittlichen Leistung von etwa 50 modernen Windenergieanlagen an Land entsprechen. Man könnte damit etwa zehn ICE-Züge mit Höchstgeschwindigkeit betreiben (DB Energie, o.J.).

Entwickelt hat die Electricity Maps der dänisch-französischer Computerfachmann Olivier Corradi im Jahr 2016 für sein damaliges Start-up „Tomorrow“ in Dänemark (Tagesspiegel, 2017). Auch hier liefert ENTSO-E die Grunddaten, die um viele weitere Angaben ergänzt werden. Das ist Teil des Angebots, das vor allem von Unternehmen genutzt wird, um deren CO₂-Fußabdruck senken zu können. Ein Klick auf ein Land oder eine Zone liefert ausführliche Statistiken für die letzten Tage.

Nicht allein die Electricity Maps sind kartenbasiert, auch die Energy Charts zeigen auf Wunsch Kartogramme von aufsummierten, stündlich aktualisierten Werten – auch für Tage, Monate und Jahre.

Atomstrom aus Frankreich

Unter besonderer Beobachtung stehen beim internationalen Stromtausch, wie er in den Electricity Maps gezeigt wird, nach dem deutschen Atomausstieg Stromimporte aus Frankreich mit ihrem hohen Atomstromanteil (Bild, 2024) – wobei noch 2022 die meisten Atomstrom-Importe quasi unkommentiert aus

Tschechien nach Deutschland kamen (Tages-Schau, 2023). Bei Betrachtung der Salden wird gern übersehen, dass das europäische Verbundsystem nicht nur der Netzstabilität, also dem physikalischen Ausgleich von Erzeugung und Verbrauch, dient, sondern auch dem preisorientierten Stromhandel – eingekauft wird Energie dort, wo die Kosten für Stromerzeugung und CO₂-Zertifikate gering sind. Dementsprechend wurde 2024 weit mehr Öko-Strom aus Dänemark und Norwegen nach Deutschland importiert als Atomstrom aus Frankreich (Fraunhofer ISE, 2025a). Besonders im Sommer exportiert Frankreich generell viel Strom an seine Nachbarländer, weil die Atomreaktoren als Grundlastkraftwerke darauf ausgelegt waren, idealerweise den gesamten französischen Eigenbedarf decken zu können. Die in Frankreich verbreiteten, elektrischen Gebäude-Heizungen werden im Sommer aber nicht benötigt, so dass dieser Strom exportiert werden muss (Nuklearforum Schweiz, 2023). Bemerkenswert ist eher die desolate Lage der französischen Kraftwerke: französische Atomkraftwerke als Grundlastproduzenten erreichten früher eine akzeptable Auslastung von über 70 % ihrer installierten Kapazität, was seit 2019 in keinem Jahr mehr möglich war, unter anderem durch Reparaturen nach Defekten und wegen Kühlwassermangels (EDF, 2023, Folie 47). In Deutschland kamen die Atomkraftwerke in ihren letzten acht Betriebsjahren auf eine Auslastung von 86 % (Fraunhofer ISE, 2025b, Folie 47).

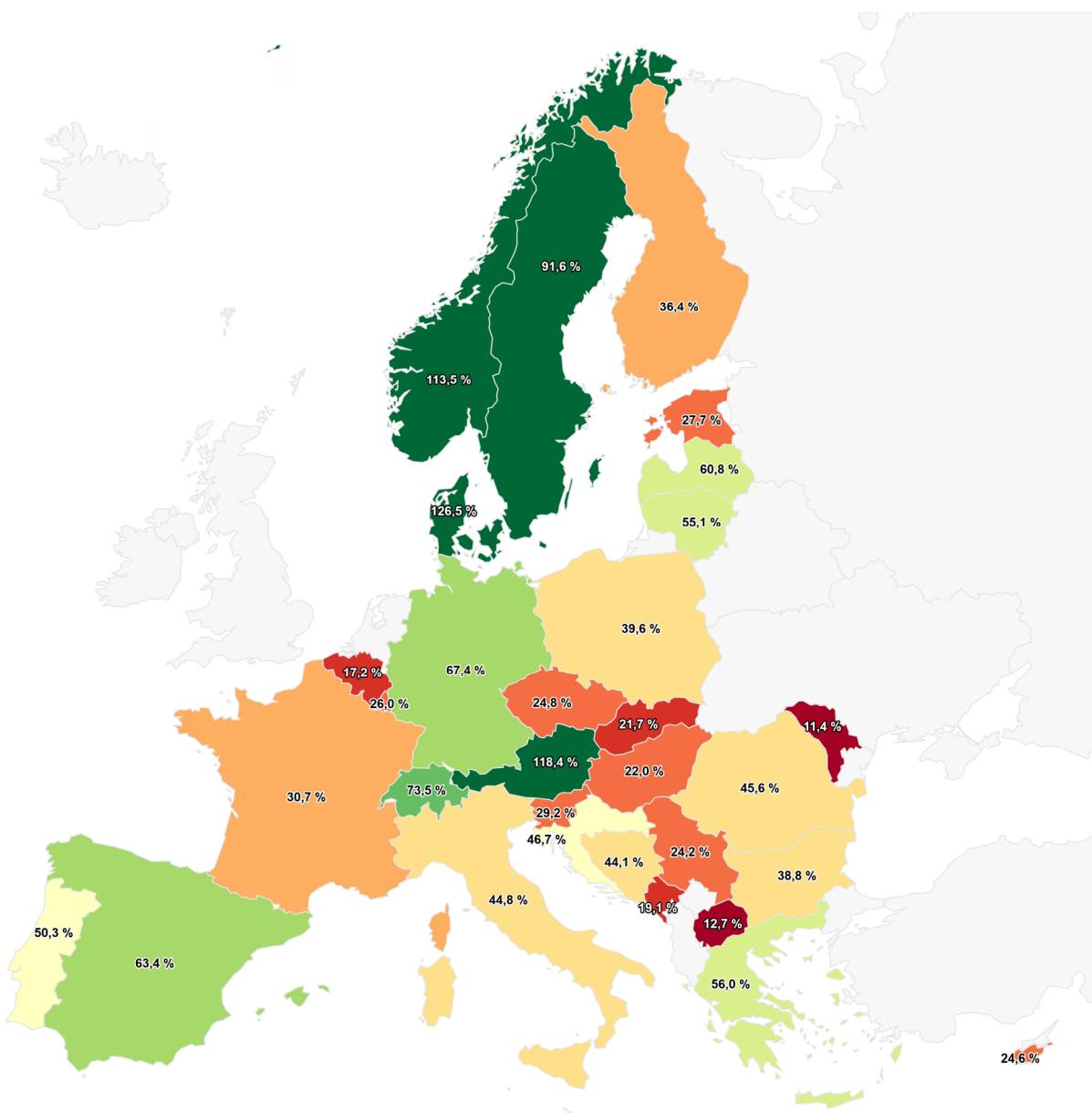


Abbildung 3: Der Anteil Erneuerbarer Energien an der elektrischen Last in Europa am 22.08.2025 als Kartogramm bei den Energy-Charts.

Quelle: https://www.energy-charts.info/charts/renewable_share_map/chart.htm?l=de&c=DE&interval=day&datetime-picker=22.08.2025&share=renewable_share_of_load

Zeit- und Ortsaufgelöste PV-Leistung

Alle vorgenannten Datenquellen zeigen auch die eingespeiste Leistung der Photovoltaik in Deutschland. Eine weitere Art der Illustration nutzt das deutsche Unternehmen **SMA Solar Technology AG**, das vorrangig Wechselrichter für größere PV-Anlagen baut, um aus dem Gleichstrom der Solarzellen den Wechselstrom für die Netzeinspeisung umzurichten. Etwa jede siebte Solaranlage (ohne Balkonkraftwerke) ist mit SMA-Geräten ausgestattet, deren Leistungsdaten per Telemetrie beim Unternehmen gesammelt werden, woraus sich die aktuelle PV-Leistung hochrechnen lässt (sma.de/unternehmen/

[pv-leistung-in-deutschland](#)). Diese wird um etwa zwei Stunden verzögert angezeigt, es lassen sich zurückliegende Tage im Bewegtbild „abspielen“ und vor allem zeigt eine Karte (mittels Mouse-Over) auch regionale Daten, aufgelöst zu den ersten zwei Stellen der Postleitzahlen.

Daten für fossile Kraftwerke

Auch für konventionelle, fossil betriebene Kraftwerke können aktuelle Daten angeschaut und heruntergeladen (SMARD, o. J.) werden. Die **Bundesnetzagentur** betreibt das **Portal SMARD**, was für „Strommarktdaten für Deutschland“ steht. Hier sind sowohl Solar- und Windparks als

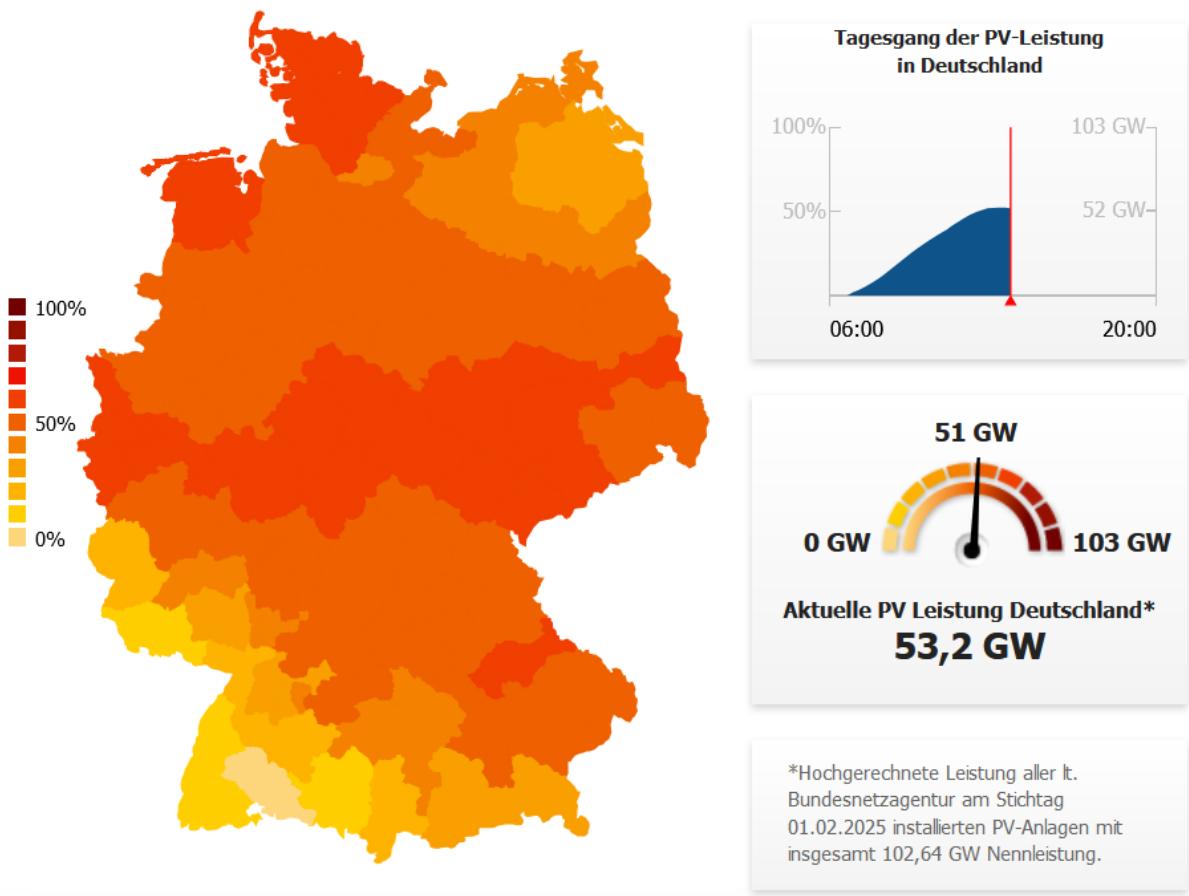


Abbildung 4: Bildschirmfoto der PV-Leistungskarte der SMA Solar Technology AG mit Daten für die PV-Leistung am Mittag des 20.08.2025.

Quelle: SMA Solar Technology AG, <https://www.sma.de/unternehmen/pv-leistung-in-deutschland>

auch konventionelle, fossil befeuerte Kraftwerke verzeichnet, für letztere sind teilweise auch Werte für deren Stromproduktion bis auf Stundenbasis verfügbar (smard.de/home/ueberblick).

Dashboards von Bundesnetzagentur, Destatis und Medien

Das SMARD-Portal der Bundesnetzagentur bedient sich, wie andere Anbieter auch, der einprägsamen Visualisierung aggregierter Daten in einem „Dashboard“, vergleichbar mit dem Armaturenbrett eines Fahrzeugs, das alle wichtigen Betriebszustände auf einen Blick zeigen soll. Die Bundesnetzagentur nennt dieses Dashboard „**Energiedaten kompakt**“ (smard.de/home/energiedaten-kompakt) und präsentiert darin über 25 Grafiken zum Strommarkt, meist aufgelöst auf die zurückliegenden Kalenderjahre. Das Informationsangebot geht so weit, dass angezeigt wird, dass im Jahr 2023 drei Millionen Privathaushalte ihren Stromlieferanten wechselten, womit sich 7.83 TWh Stromverbrauch verschoben – im Schnitt also 2.600 kWh pro Kunde. Im Jahr 2018 waren es noch 3.200 kWh je Kunde,

damals wechselten also eher die verbrauchsstarken Kunden.

Dashboards zu verschiedenen Themen, auch zur Energieversorgung, bietet das **Statistische Bundesamt** (Destatis) an (dashboard-deutschland.de/energie). Neben elektrischer Energie geht es in diesem Dashboard auch um Mineralölprodukte, Importe fossiler Energieträger, Benzinpreise in Europa, die Wasserstoffproduktion und den Datenpunkt, der nach Beendigung der russischen Erdgaslieferungen über Pipelines seit September 2022 (Bundesregierung, 2023) eine große Rolle spielte: der Füllstand deutscher Erdgasspeicher. Diese Werte wurden und werden daraufhin tagesgenau auf den Webseiten öffentlich-rechtlicher Fernsehsender publiziert, etwa beim NDR (NDR, 2025) und ZDF (ZDF, 2025).

Eine Fülle von Datenpunkten zur Energieversorgung liefert auch das **Dashboard der Wochenzeitung „Die Zeit“**, etwa der Ausbau der Wind- und Photovoltaik-Anlagen (inklusive Zielvergleich mit den Vorgaben des Erneuer-

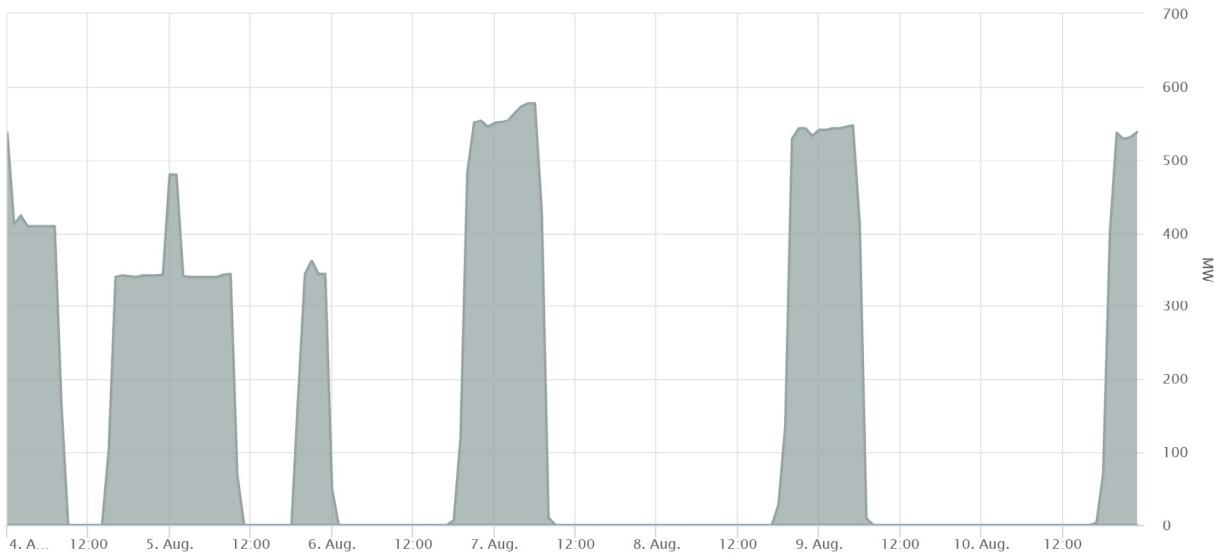


Abbildung 5: Die erzeugte Leistung des Gas-Kraftwerks Lausward in Düsseldorf in der Kalenderwoche 32/2025.
Quelle: Bundesnetzagentur (www.smard.de), <https://tinyurl.com/lausward-kw32>

bare-Energien-Gesetzes für alle Bundesländer), indizierte Energiepreise, Anteile von Antriebsarten bei neu zugelassenen Pkw sowie die Anteile der Energieträger an allen Baugenehmigungen (Die Zeit, 2025).

Visualisierungen zur Stromerzeugung

Nicht-fossile Stromquellen

Heutzutage, 25 Jahre nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (Umweltbundesamt, 2023) aus dem Jahr 2000, erscheinen uns über 250 TWh nicht-fossil erzeugte elektrische Energie im Jahr selbstverständlich. Noch 1993 waren sich die deutschen Stromversorger sicher, dass Sonne,

Wasser und Wind langfristig nicht mehr als vier Prozent des Strombedarfs decken könnten (Solarenergie-Förderverein Deutschland e.V., 2008). Der durch Naturwissenschaftler*innen und Ingenieur*innen forcierte technische Fortschritt und der politische Gestaltungswille – erkennbar am EEG – ließen das scheinbar Unmögliche wahr werden. Abbildung 6 zeigt, dass in den Anfängen der Strom aus Laufwasserkraftwerken mit über der Hälfte der erneuerbaren Erzeugung dominierte. Mangels Ausbaumöglichkeiten bleibt dieser Wert mit etwa 20 TWh im Jahr bis heute weitgehend konstant. Die Stromerzeugung aus Biomasse steuert seit 2011 noch einmal etwa die doppelte Energie-

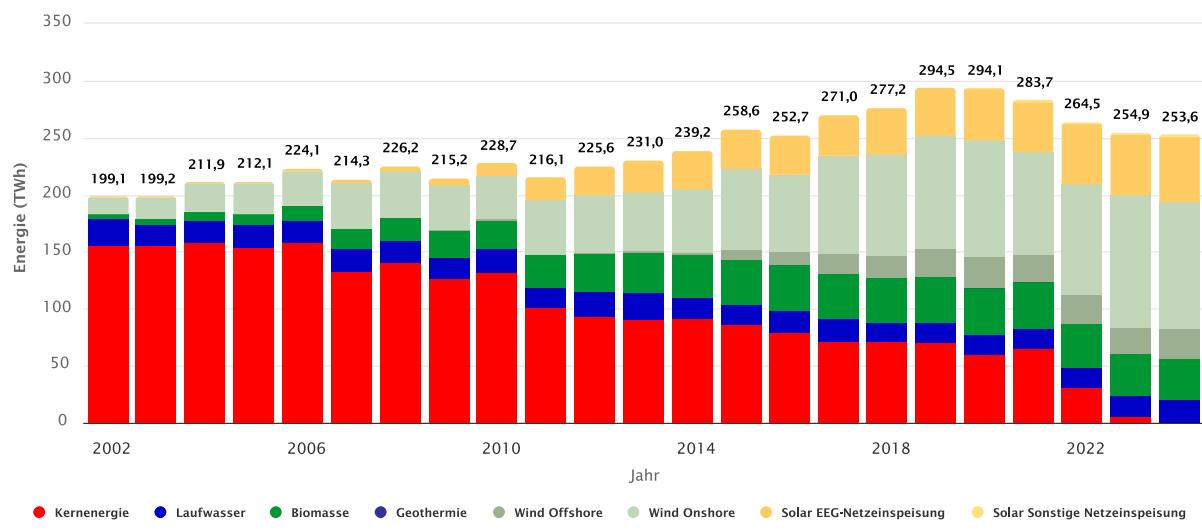
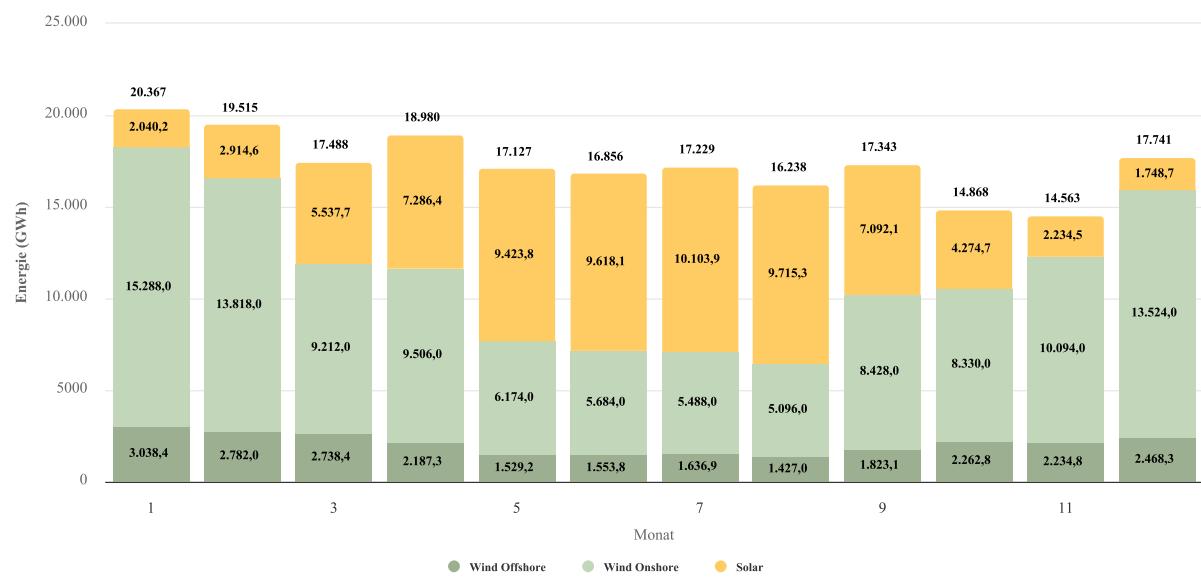


Abbildung 6: Die jährliche, öffentliche Nettostromerzeugung in Deutschland aus erneuerbaren Quellen und Kernenergie.
Quelle: <https://www.energy-charts.info/charts/energy/chart.htm?l=de&c=DE&interval=year&year=-1&legendItems=4x0e10u&partsum=0×lider=1&min=0&max=22>



Energy-Charts.info; Datenquelle: ENTSO-E, AG Energiebilanzen, BDEW; Letztes Update: 07.01.2026, 17:25 MEZ

Abbildung 7: Die gesamte Nettostromerzeugung durch Wind- und Solarenergie in Deutschland im Jahr 2024.

Quelle: https://www.energy-charts.info/charts/energy/chart.htm?l=de&c=DE&month=-1&stacking=stacked_grouped&legendItems=fw3w1&year=2024&partsum=1&source=total

menge des Laufwassers bei. Windenergie und Photovoltaik liefern heute das Dreifache des Grundstocks aus Laufwasser und Biomasse.

Betrachtet man die gesamte öffentliche Stromerzeugung¹, fallen zwei Wendejahre auf: 2015 wurde mehr Solar- und Windenergie eingespeist als Atomenergie. Im Jahr 2019 wurde erstmals mehr erneuerbare als fossil erzeugte Energie eingespeist und auch mehr erneuerbare Energie erzeugt als die Atomenergie in ihrem Maximum 2006 (Fraunhofer ISE, 2025b, Folien 19f).

Bei der Nettostromerzeugung durch Windenergie und Photovoltaik in der monatlichen Ansicht fällt auf, dass sich Wind- und Solarstrom im Jahresverlauf gut ergänzen (Abbildung 7).

Der Begriff „öffentliche Nettostromerzeugung“

Dass die Nettostromerzeugung aus regenerativen Energien im Jahr 2024 einen Anteil von 60 % an der gesamten Nettostromerzeugung hatte, dieser Prozentsatz ist aus den Medien bekannt. Die Begrifflichkeit „Nettostromerzeugung“ meint dabei die brutto erzeugte elektrische Energie abzüglich des Eigenbedarfs der Kraftwerke. In der öffentlichen Nettostromerzeu-

gung ist die industrielle Eigenproduktion nicht enthalten. Das als Landmarke bekannte Heizkraftwerk des Wolfsburger Volkswagenwerks am Mittellandkanal oder die Deutsche Bahn mit ihrem autarken Stromnetz gehören also nicht zur öffentlichen Nettostromerzeugung. Die „öffentliche Nettostromerzeugung“ kommt – abgesehen von Stromim- und -exporten – dem Strommix „an der Steckdose“ von Haushalten und Gewerbebetrieben nahe, sofern diese keine eigene Photovoltaik-Anlage betreiben (Fraunhofer ISE, 2025a).

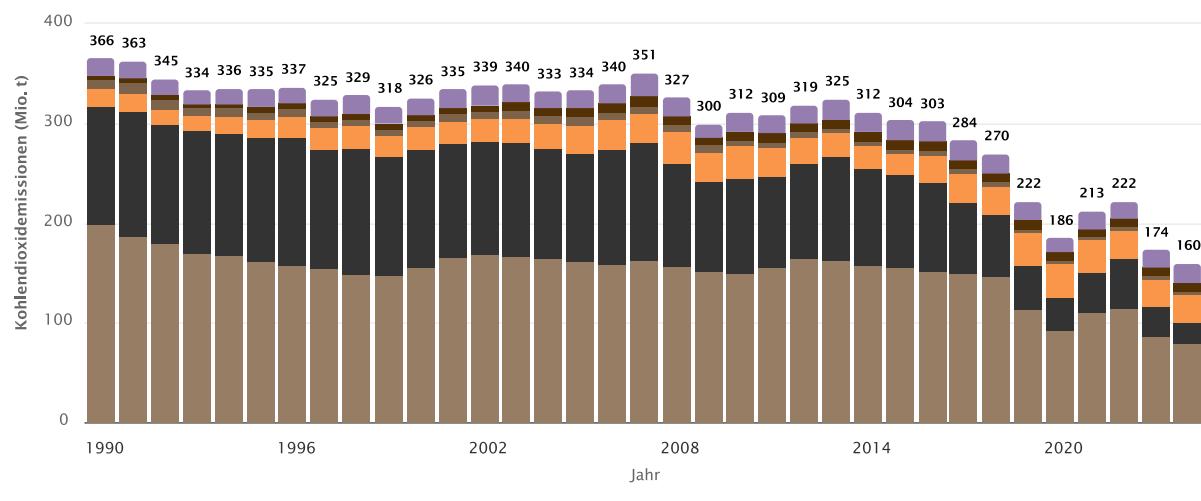
Kohlendioxidemission durch elektrische Energie

Zweck und Ziel von Strom aus erneuerbaren Energien ist neben der Unabhängigkeit von Brennstoffimporten die Senkung des Kohlendioxid-Ausstoßes. Dieser Ausstoß konnte durch den Zubau von Solar- und Windenergie seit 1990 um über 55 % reduziert werden, wie Abbildung 8 illustriert.

Batterien übertrumpfen Pumpspeicherwerke

In Deutschland helfen gut 30 Wasser-Pumpspeicherwerke, die Erzeugung und den Verbrauch elektrischer Energie synchron zu halten. Da Wind- und Photovoltaikstrom wetter- und tageszeitabhängig sind, nehmen Pumpspeicher-

¹ <https://www.energy-charts.info/charts/energy/chart.htm?l=de&c=DE&interval=year&legendItems=0wa&year=-1&source=public&partsum=0×lider=0>



Energy-Charts.info; Datenquelle: Umweltbundesamt, CO2-Emissionen der Stromerzeugung gemäß Datenbank ZSE; Letztes Update: 30.12.2025, 16:50 MEZ

Abbildung 8: Die Kohlendioxidemissionen der gesamten Stromerzeugung in Deutschland seit 1990, aufgeteilt nach Energieträgern.

Quelle: https://www.energy-charts.info/charts/co2_emissions/chart.htm?l=de&c=DE&interval=year×lider=1&min=0&max=34

werke zeitweise Strom auf, um ihn bei Bedarf wieder abzugeben. Wie Ex- und Importe helfen sie nicht nur, diesen physikalischen Ausgleich herzustellen, sondern auch, Kosten zu reduzieren. Die installierte elektrische Leistung der Pumpspeicher liegt bei etwa 6,5 GW – wie bei den Laufwasserkraftanlagen ist nicht mehr mit nennenswertem Zubau zu rechnen (IWR, o. J.).

Die abgegebene Leistung der Pumpspeicherwerke kann in einer Heatmap nach Kalendertag

und Uhrzeit (im Viertelstunden-Intervall) betrachtet werden (Abbildung 9). Ein positionierter Mauszeiger zeigt die Leistung Megawattstunden-genau – die Regelmäßigkeit ist im Gesamtbild deutlich erkennbar.

Der Zubau der Batteriespeicher ist im Gegensatz zu den Pumpspeichern erheblich und hat im Jahr 2024 die Leistung der Pumpspeicher übertroffen (Abbildung 10). Die Kapazität der Batteriespeicher, also quasi ihr „Fassungsvermögen“, war

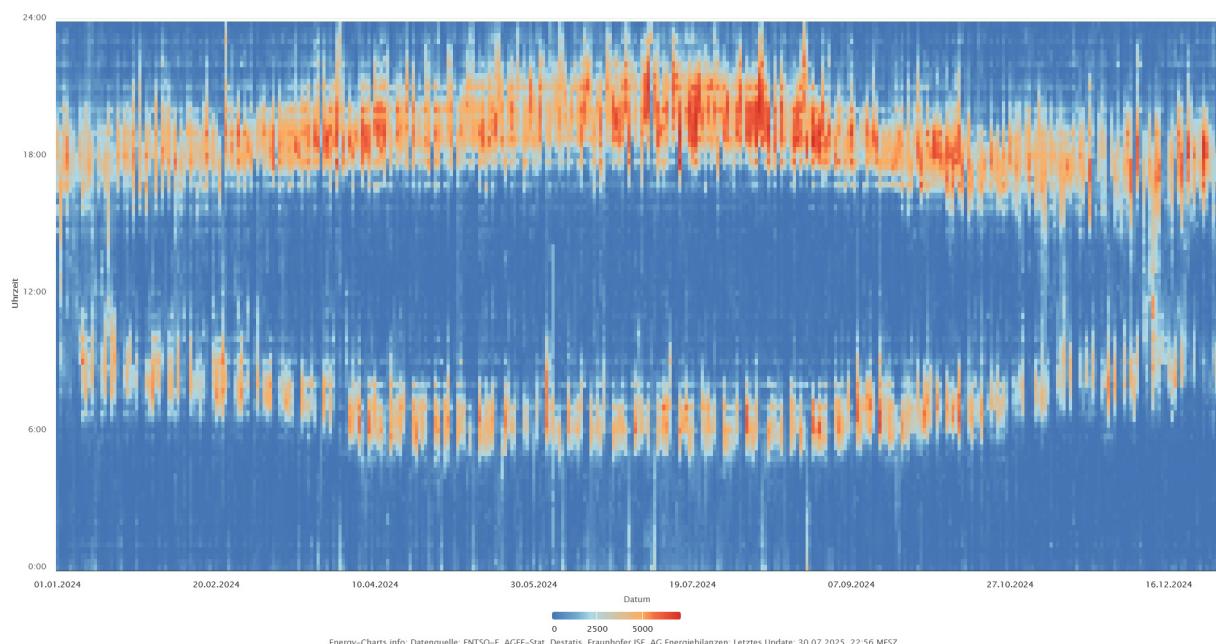
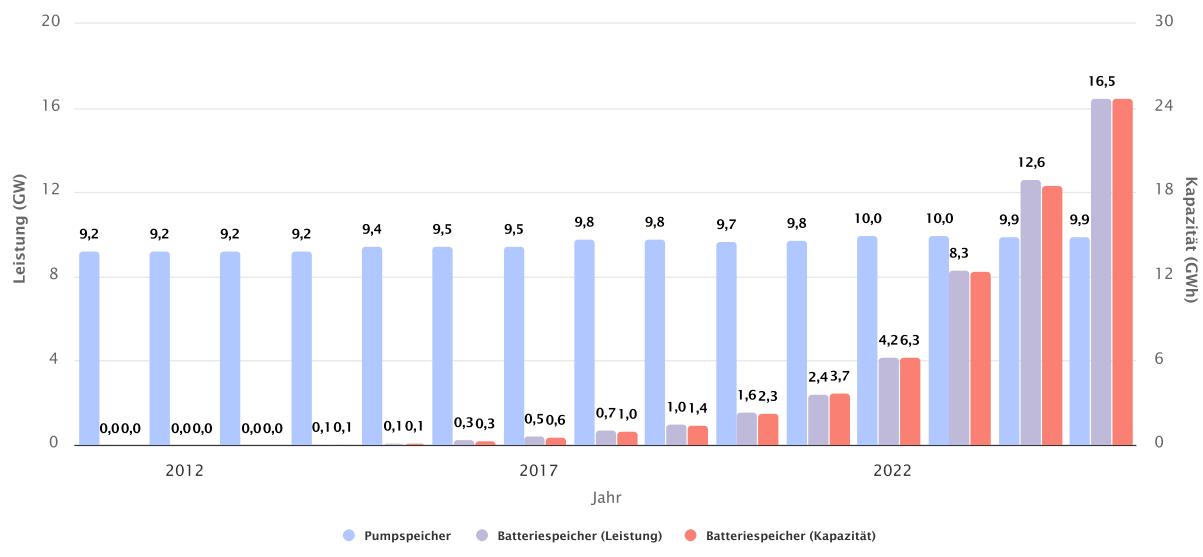


Abbildung 9: Die öffentliche Nettostromerzeugung aus Pumpspeichern in Deutschland im Jahr 2024.

Quelle: https://www.energy-charts.info/charts/power_heatmaps/chart.htm?l=de&c=DE&year=2024&wind_onshore=0&wind_offshore=0&solar=0&hydro_run-of-river=0&hydro_pumped_storage=1



Energy-Charts.info; Datenquelle: BMWi, Bundesnetzagentur; Letztes Update: 15.01.2026, 09:14 MEZ

Abbildung 10: Die Leistung von Pump- und Batteriespeichern (blaue Balken) sowie die Kapazität der Batteriespeicher (rote Balken) in den Jahren 2012 bis (September) 2025.

Quelle: https://www.energy-charts.info/charts/installation_power/chart.htm?l=de&c=DE&legendItems=7w3w8&part-sum=1×lider=1&expansion=installed_power&year=-1&stacking=single&min=9&max=23

Ende 2024 mit 18 GWh so groß, dass sie eine Stadt mit 150.000 Einwohnern, wie Heidelberg, neun Tage mit Strom versorgen könnten (ifeu, 2023, S. 14).² Nur neun Monate später, im September 2025, war die Speicherkapazität mit über 22,9 MWh bereits um 25 % gestiegen (Battery-Charts, 2025, Abschnitt „Speicherkapazität“). Allein bei den Großspeichern wird bis Ende 2026 ein Zuwachs um weitere sieben Gigawattstunden prognostiziert (pv magazine, 2024).

Zu den Batteriespeichern gehören industrielle Groß-Batteriespeicher mit über einem Megawatt Anschlussleistung, gewerbliche Batteriespeicher mit geringerer Leistung und auch die bekannten Photovoltaik-Heimspeicher.

Monatlich aktualisierte Daten über den (geplanten) Ausbau von Batteriespeichern zeigen die „**Battery Charts**“ (battery-charts.rwth-aachen.de/) des Instituts für Stromrichtertechnik und elektrische Antriebe (ISEA) und des Institute for Power Generation and Storage Systems (PGS) der **RWTH Aachen**. Datenquelle ist das Marktstammdatenregister der Bundesnetzagentur; bei der Auswertung wird unterschieden in Heimspeicher (bis 30 Kilowattstunden), Ge-

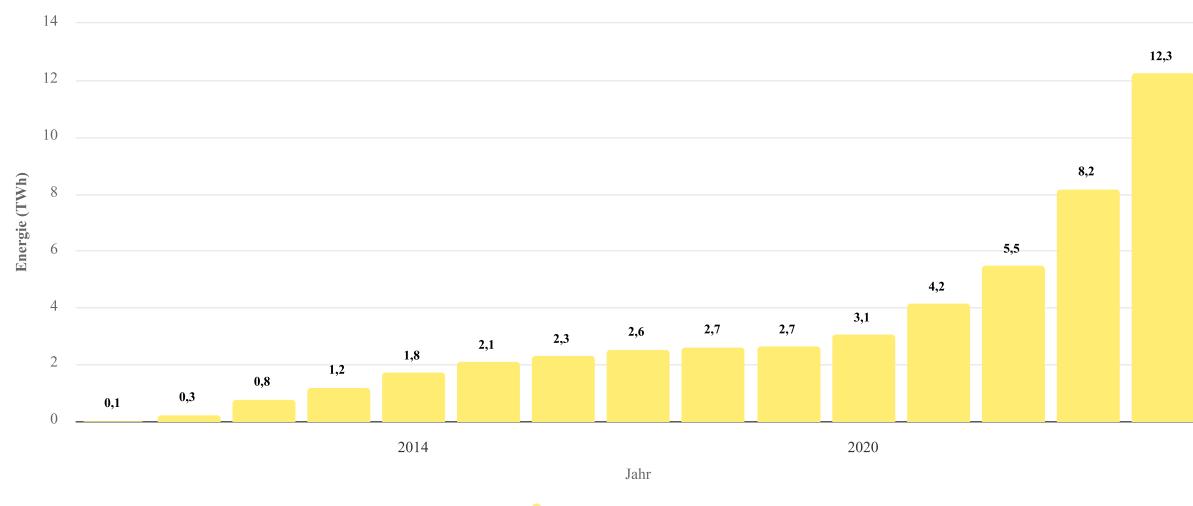
werbespeicher (30 bis 1.000 Kilowattstunden) und Großspeicher (ab 1.000 Kilowattstunden). Noch detailliertere Angaben macht das Dashboard³ – hier wird beispielsweise zusätzlich nach Bundesländern und Batterietechnologien unterschieden und es werden zur Darstellung Histogramme und Kartogramme genutzt.

„Dienlichkeit“ von Batteriespeichern

Während die Großspeicher rein „netzdienlich“ betrieben werden, ist das bei den Heimspeichern meist noch nicht der Fall. Hier tritt das Problem auf, dass die privaten Photovoltaik-Anlagen an sonnigen Tagen ihre verbundenen Heimspeicher-Akkus bereits am Vormittag aufladen, bis ihre Kapazitätsgrenze gegen Mittag erreicht ist. Dadurch gelangt zum Sonnenhöchststand am frühen Nachmittag viel, womöglich „zu viel“ PV-Energie in die Stromnetze. Dieses ungesteuerte Verhalten ist dann zwar für die einzelnen Nutzer nützlich, aber für die Gesamtheit nicht „netzdienlich“. Durch das sogenannte „Solarspitzen-Gesetz“ sollen diese temporären Erzeugungsüberschüsse vermieden werden, indem die Einspeisevergütung zeitweise angepasst kann. Durch standardisierte digitale Prozesse sollen Anlagen flexibler gesteuert werden können. Es trat im Februar 2025 in Kraft

² Der Jahresstromverbrauch von Heidelberg beträgt 740 GWh.

³ <https://scarica.isea.rwth-aachen.de/mastr/d/JFKs3f97z/speicherstatus?orgId=1>



Energy-Charts.info; Datenquelle: ENTSO-E, AG Energiebilanzen, BDEW; Letztes Update: 15.01.2026, 09:22 MEZ

Abbildung 11: Die jährliche Energiemenge des Eigenverbrauchs durch Photovoltaik in Haushalten und Gewerbe.
Quelle: <https://www.energy-charts.info/charts/energy/chart.htm?l=de&c=DE&interval=year&legendItems=uys&year=-1&source=total×lider=1&min=20&max=34>

und gilt für neue Photovoltaik-Anlagen ab zwei Kilowatt Leistung (Bundesgesetzblatt, 2025). Einzelne „Balkonkraftwerke“ mit ihrer maximalen Einspeiseleistung von 0,8 kW sind also nicht in das Gesetz einbezogen, das könnte aber später von der Bundesnetzagentur für Neuanlagen gefordert werden (Bundesverband Solarwirtschaft, 2025, Punkt 4).

PV-Energie, die das öffentliche Netz nicht erreicht

Auffällig ist, dass die gesamte öffentliche Stromerzeugung einschließlich Importen in den Jahren 2023 und 2024 mit etwa 447 TWh geringer war als in den Vorjahren.⁴ Das liegt zum einen an einem geringeren Energiebedarf und entsprechend geringerer Last.⁵ Ein weiterer Grund ist der Eigenverbrauch durch Photovoltaik in Gewerbe und Haushalten einschließlich der Balkonsolaranlagen. Wer Teile seines Strombedarfs selbst erzeugt, muss diesen nicht mehr aus dem öffentlichen Netz beziehen. Der Eigenverbrauch der privaten Erzeugung ist schwierig zu messen und wird daher unterschätzt. Die realen Werte fallen im Vergleich zu den Werten in Abbildung 11 also noch höher aus (Agora Energiewende, 2023, S. 4f).

Fazit

Es gab in der Geschichte grob betrachtet bereits einige „Energiewenden“: im 19. Jahrhundert von Holz auf Kohle und Anfang des 20. Jahrhunderts von Kohle zu Erdöl. Ab Mitte des 20. Jahrhunderts bekam Erdgas mehr Bedeutung und dann seit Anfang des 21. Jahrhunderts die nicht-fossilen, regenerativen Quellen. Nur bei letzterer Energiewende war und ist es möglich, die Stromflüsse, ihre „Zusammensetzung“ und viele weitere Daten als interessierte*r Bürger*in zeitnah aufzuschlüsseln.

Das Thema Energiemarktdesign, das für die Preisgestaltung und Marktregulierung zuständig ist, wird in diesem Papier über die Veranschaulichung von Daten zur Stromerzeugung ebenso wenig betrachtet wie die sogenannten Senken, also die industriellen, gewerblichen und privaten Stromverbraucher (Science Media Center, 2025).

Politisch-gesellschaftlicher Gestaltungswille und technischer Fortschritt bedingen sich gegenseitig: wenn die Politik der Technik keine Lösungsfähigkeit in einem Feld zutraut, bleibt oft nur das Schlagwort der „Technologieoffenheit“, das in der öffentlichen Wahrnehmung inzwischen als Verzögerungstaktik interpretiert

⁴ <https://www.energy-charts.info/charts/energy/chart.htm?l=de&c=DE&interval=year&year=-1&partsum=0×lider=1&min=0&max=22&legendItems=1wjw1>

⁵ <https://www.energy-charts.info/charts/energy/chart.htm?l=de&c=DE&interval=year&year=-1&partsum=0×lider=1&min=13&max=22&legendItems=kw1>

wird. Einen Schluss kann man aus den öffentlich einsehbaren Statistiken sicher ziehen: die aktuelle Energiewende funktioniert, vorhandene und zukünftige Technik ermöglicht die notwendigen Transformationsprozesse, um dem Klimawandel durch Minimierung der Kohlendioxidemissionen entgegenzuwirken.

Gleichzeitig bedingen die technischen Ansätze und Lösungen immer einen gesellschaftlich gewollten Rahmen. Dieser Rahmen wird durch die inhaltlichen Schwerpunkte der Akteure bestimmt. Dazu gehört nicht nur die Senkung des Kohlendioxid-Ausstoßes als zentrales Argument. Auch Aspekte wie Versorgungssicherheit, Unabhängigkeit von Brennstoffimporten, Resilienz durch eine dezentrale Energieproduktion sowie auch Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen werden durch regenerative Energien positiv beeinflusst.

Quellen

50Hertz (2024). 50Hertz vergibt Großaufträge für Anlagen zur Stabilisierung des Stromnetzes an GE Vernova und NIDEC Conversion. URL: https://www.50hertz.com/Portals/1/Dokumente/Medien/Pressemitteilungen/20241201_Statuscom-Awards_DE.pdf (zuletzt aufgerufen am 11.11.2025)

Agora Energiewende (2023). Agorameter – Dokumentation. URL: https://www.agora-energiewende.de/fileadmin/Projekte/Agorameter/2023-09-19_Hintergrunddokumentation_Agorameter_v13.pdf

Battery-Charts (2025). Speicherkapazität. URL: <https://battery-charts.de/de/battery-charts-de/> (zuletzt aufgerufen am 11.11.2025)

Berliner Zeitung (2024). Dunkelflaute in Berlin – woher kommt jetzt der Strom? URL: <https://www.bz-berlin.de/meinung/kolumne/kolumne-mein-aerger/strompreis> (zuletzt aufgerufen am 11.11.2025)

Bild (2024). Deutschland kauft so viel Atom-Strom wie noch nie. URL: <https://www.bild.de/politik/inland/atomstrom-import-steigt-2024-auf-rekord-hoch-67518c655109a-614497e452b> (zuletzt aufgerufen am 11.11.2025)

Bundesgesetzblatt (2025). Gesetz zur Änderung des Energiewirtschaftsrechts zur Vermeidung von temporären Erzeugungsüberschüssen. URL: <https://www.recht.bund.de/bgbL/1/2025/51/VO.html> (zuletzt aufgerufen am 11.11.2025)

Bundesregierung (2023). Volle Gasspeicher sichern Energieversorgung. URL: <https://www.bundesregierung.de/breg-de/service/archiv-bundesregierung/gasspeichergesetz-2029266> (zuletzt aufgerufen am 11.11.2025)

Bundesverband Solarwirtschaft (2025). BSW-Merkblatt zum „Solarspitzengesetz“ für Solar-Installateure und -Unternehmen. URL: <https://www.solarwirtschaft.de/unsere-themen/photo-voltaik/standpunkte/faq-solarspitzengesetz/#f4> (zuletzt aufgerufen am 11.11.2025)

DB Energie (o. J.). 30 Jahre ICE – Ohne Strom nix los! URL: <https://www.dbenergie.de/dbenergie-de/30-Jahre-ICE-Ohne-Strom-nix-los--6235552> (zuletzt aufgerufen am 11.11.2025)

Der Spiegel (2025). Deutsche fürchten den großen Blackout. URL: <https://www.spiegel.de/wirtschaft/soziales/blackout-deutschland-fuerchtet-laut-umfrage-den-grossen-stromausfall-a-50fc0bfc-3272-4892-bf45-d6106f9d73f2> (zuletzt aufgerufen am 11.11.2025)

Die Zeit (2025). Die wichtigsten Daten zur Energieversorgung – täglich aktualisiert. URL: <https://www.zeit.de/wirtschaft/energiemonitor-strom-preis-gaspreis-erneuerbare-energien-ausbau> (zuletzt aufgerufen am 11.11.2025)

EDF (2024). Facts & Figures 2023. URL: <https://www.edf.fr/sites/groupe/files/2024-04/annual-results-2023-facts-and-figures-en-2024-04-23.pdf> (zuletzt aufgerufen am 11.11.2025)

Electricity Maps (o. J.). Methodology. URL: <https://www.electricitymaps.com/methodology> (zuletzt aufgerufen am 11.11.2025)

Energy-Charts (2025). Öffentliche Netto-stromerzeugung in Deutschland, ohne Pump-speicher, Import und Last. URL: <https://www.energy-charts.info/charts/energy/chart.htm?l=de&c=DE&interval=year&legendItems=0wa&year=-1&source=public&partsum=0×lider=0> (zuletzt aufgerufen am 11.11.2025)

Fraunhofer ISE (2024). 10 Jahre Energy-Charts – 10 Grafiken zur Energiewende. URL: <https://blog.innovation4e.de/2024/07/26/10-jahre-energy-charts-10-grafiken-zur-energiewende/> (zuletzt aufgerufen am 11.11.2025)

Fraunhofer ISE (2025a). Öffentliche Stromerzeu-gung 2024 – Deutscher Strommix so sauber wie nie. URL: <https://www.ise.fraunhofer.de/de/presse-und-medien/presseinformationen/2025/oeffentliche-stromerzeugung-2024-deutscher-strommix-so-sauber-wie-nie.html> (zuletzt aufgerufen am 11.11.2025)

Fraunhofer ISE (2025b). Stromerzeugung in Deutschland im Jahr 2024. URL: https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/presseinformationen/2025/Stromerzeugung_2024.pdf (zuletzt aufgerufen am 11.11.2025)

ifeu (2023). CO₂-Bilanzierung bis 2021 und 2022 (vorläufig) für die Stadt Heidelberg. URL: https://www.heidelberg.de/site/Heidelberg2021/get/documents_E1489443147/heidelberg/Objektdatenbank/31/PDF/Energie%20und%20Klimaschutz/31_pdf_CO2-Bilanz_Heidelberg_2021-2022.pdf (zuletzt aufgerufen am 11.11.2025)

IWR (o. J.). Internationales Wirtschaftsforum Re-generative Energien: Pumpspeicherkraftwerke. URL: <https://www.speicherbranche.de/ausbau/pumpspeicherkraftwerke> (zuletzt aufgerufen am 11.11.2025)

LVR (o. J.). Buch „Energie Wende 1980“. URL: https://industriemuseum.lvr.de/de/sammlung/sammlung_entdecken/okologie__recycling/buch_energiewende/BuchEnergieWende.html (zuletzt aufgerufen am 11.11.2025)

NDR (2025). Gasspeicher: Der aktuelle Füllstand in Deutschland. URL: <https://www.ndr.de/nachrichten/info/Gasspeicher-in-Deutschland-So-steht-es-um-die-Fuellstaende,gasspeicher120.html> (zuletzt aufgerufen am 11.11.2025)

Nuklearforum Schweiz (2023). Frankreich ist wieder grösster Nettostromexporteur in Europa. URL: <https://www.nuklearforum.ch/de/news/frankreich-ist-wieder-groesster-nettostrom-exporteur-europa/> (zuletzt aufgerufen am 11.11.2025)

pv magazine (2024). BSW-Solar erwartet Ver-fünffachung der Kapazität großer Batteriespei-cher bis 2026. URL: <https://www.pv-magazine.de/2024/10/02/bsw-solar-erwartet-verfuenffachung-der-kapazitaet-grosser-batteriespeicher-bis-2026/> (zuletzt aufgerufen am 11.11.2025)

RP online (2024). Die Sorge vor dem Blackout. URL: https://rp-online.de/panorama/stromnetz-die-sorge-vor-dem-blackout_aid-121762485 (zuletzt aufgerufen am 11.11.2025)

Science Media Center (2025). Wie viel Strom könnte Deutschland 2030 verbrauchen? URL: <https://www.sciencemediacenter.de/angebote/wie-viel-strom-koennte-deutschland-2030-verbrauchen-25172> (zuletzt aufgerufen am 11.11.2025)

sig Media (2024). Mehr Stabilität durch STATCOMs. URL: <https://www.50komma2.de/netze/mehr-stabilitaet-durch-statcoms/> (zuletzt aufgerufen am 11.11.2025)

SMARD (o. J.). SMARD – Strom- und Gas-marktdaten für Deutschland. URL: <https://www.smard.de/home/downloadcenter/download-marktdaten/> (zuletzt aufgerufen am 11.11.2025)

Solarenergie-Förderverein Deutschland e.V. (2008). Das letzte Argument der Atomlobby. URL: https://www.sfv.de/briefe/brief97_1/sob97135 (zuletzt aufgerufen am 11.11.2025)

Tagesschau (2023). Ein bisschen Atomstrom bleibt im Netz. URL: <https://www.tagesschau.de/wirtschaft/atomausstieg-atomstrom-importe-101.html> (zuletzt aufgerufen am 11.11.2025)

Tagesspiegel (2017). Datenstrom – Energieinformationen in Echtzeit. URL: <https://www.tagesspiegel.de/wirtschaft/energieinformationen-in-echtzeit-5239603.html> (zuletzt aufgerufen am 11.11.2025)

Umweltbundesamt (2023). Erneuerbare-Energien-Gesetz. URL: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/erneuerbare-energien-gesetz> zuletzt aufgerufen am 11.11.2025)

VDE (2023). All Electric Society: Unter Strom. URL: <https://dialog.vde.com/de/vde-dialog-ausgaben/all-electric-society/unter-strom> (zuletzt aufgerufen am 11.11.2025)

VDE (2024a). Mit positiver Energie vernetzen wir Menschen und Technologien. Für die All Electric Society. Für eine lebenswerte Zukunft. URL: <https://www.dke.de/de/normen-standards/all-electric-society> (zuletzt aufgerufen am 11.11.2025)

VDE (2024b). Höherauslastung von Betriebsmitteln im Netz der Energiewende. URL: <https://www.vde.com/resource/blob/2354236/97cf00aeb5a93af09000a0d5951c6228/studie-hoeherauslastung-von-betriebsmitteln-im-netz-der-energiewende-data.pdf> (zuletzt aufgerufen am 11.11.2025)

VDI nachrichten (2025). Deutsches Stromnetz superstabil trotz Solar-Rekordzubau. URL: <https://www.vdi-nachrichten.com/technik/energie/deutsches-stromnetz-superstabil-trotz-solar-rekordzubau/> (zuletzt aufgerufen am 11.11.2025)

Welt (2025). Deutschland vor dem nächsten Solar-Debakel. URL: <https://www.welt.de/wirtschaft/plus255033278/Risiko-Solarenergie-Schon-Ostern-koennte-die-Oekostrom-Flut-zu-gross-sein.html> (zuletzt aufgerufen am 11.11.2025)

WirtschaftsWoche (2025). Überlastet zu viel Solarstrom bald die Netze? URL: <https://www.wiwo.de/unternehmen/energie/solarenergie-ueberlastet-zu-viel-solarstrom-bald-die-netze/30242462.html> (zuletzt aufgerufen am 11.11.2025)

ZDF (2025). Wie es um unsere Gasversorgung steht. URL: <https://www.zdfheute.de/wirtschaft/gasversorgung-energiesicherheit-deutschland-pipelines-russland-100.html> (zuletzt aufgerufen am 11.11.2025)

Empfohlene Zitierweise

Zweck, A.; Kaiser, O. S. (2026): „Der Energiewende bei der Arbeit zuschauen. Visualisierte Daten zur Stromerzeugung in Deutschland“. VDI Research-Paper 28, VDI Technologiezentrum GmbH Düsseldorf. <https://www.vditz.de/service/visualisierte-daten-zur-stromerzeugung-in-deutschland>

Über VDI Research

VDI Research ist Teil des VDI Technologiezentrums (VDI TZ) und analysiert aus der Perspektive längerfristiger Vorausschau technologische und gesellschaftliche Zukunftsfragen. Zu den Publikationen gehören u. a. Studien, Analysen und VDI Research-Paper.

Weitere Publikationen von VDI Research und des VDI TZ unter: [vditz.de/service/publikationen](https://www.vditz.de/service/publikationen)

Ihre Ansprechpersonen

VDI Research

Prof. Dr. Dr. Axel Zweck

Oliver S. Kaiser

E-Mail: kaiser@vdi.de

VDI Technologiezentrum GmbH

VDI-Platz 1, 40468 Düsseldorf

www.vditz.de

 @technikzukunft.bsky.social · 