

Das Potenzial für Haushaltsphotovoltaik in Deutschland

Nr. 457, 5. April 2024

Autor: Dr. Johannes Rode, Telefon 069 7431-40496, johannes.rode@kfw.de

Für das Erreichen der Klimaschutzziele gilt es den Zubau von Photovoltaikanlagen weiter zu beschleunigen. Eine wichtige Rolle spielen dabei Photovoltaikanlagen privater Haushalte auf Dächern, die über die Hälfte der 2023 in Deutschland insgesamt installierten Anlagen ausmachen. Allerdings sind nicht alle Regionen in Deutschland gleichermaßen für die Installation geeignet. Diese Studie analysiert, in welchen Regionen noch besonders großes Potenzial für Neuinstallationen existiert.

Schon in den letzten Jahren haben immer mehr Haushalte in Deutschland eine Photovoltaikanlage installiert. Bis Ende 2023 war jedes achte Wohngebäude mit einer oder zwei Wohnungen mit einer Photovoltaikanlage bestückt. Die meisten Installationen finden sich im Süden Deutschlands. In einigen Regionen existiert dort bereits auf jedem fünften Wohngebäude eine Photovoltaikanlage.

Generell bestimmt die Globalstrahlung als Maß für auftretende Sonnenenergie, wie viel Strom eine Photovoltaikanlage erzeugen kann. Basierend auf regionalen Informationen zur Globalstrahlung lässt sich die erwartete Verbreitung von Haushaltsphotovoltaikanlagen für die Landkreise und kreisfreien Städte in Deutschland ermitteln und mit der tatsächlichen Verbreitung abgleichen.

In Regionen mit weniger Haushaltsphotovoltaikanlagen als erwartet ist ein weiterer Ausbau vergleichsweise attraktiv, da dort noch viele unbestückte Gebäude mit ausreichend guter Ausrichtung zu erwarten sind. Dies ist unter anderem in Bremen, Hamburg, dem Saarland, in Mecklenburg-Vorpommern, um Dresden und in Schleswig-Holstein der Fall. Mit leichten Abstrichen gilt dies auch für die Regionen um Lüneburg und Trier sowie für Oberbayern, Thüringen und Südhessen.

Im Allgemeinen ist das Potenzial für weiteren Photovoltaikzubaue größer in städtischen, dicht besiedelten Regionen sowie in solchen mit einem hohen Durchschnittsalter der Bevölkerung. Informationsangebote und Werbeaktivitäten von Anbietern von Photovoltaikanlagen sind in diesen Regionen besonders vielversprechend.

Photovoltaikzubaue soll verdreifacht werden

Die Bundesregierung will den Zubau von Photovoltaikanlagen weiter steigern. So soll ab dem Jahr 2026 mehr als dreimal so viel Anlagenleistung zugebaut werden wie bisher.¹ Um dieses Ziel zu erreichen, spielen von privaten Haushalten auf Dächern installierte Photovoltaikanlagen eine wichtige Rolle; auch weil die Dachflächen andernfalls oft ungenutzt blieben.

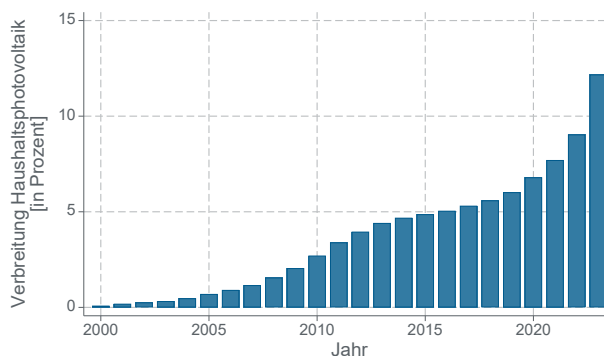
Zudem wird der Strom dezentral erzeugt und oft direkt vor Ort verbraucht, was die Stromnetzkapazitäten schont. Im Jahr 2023 waren mindestens die Hälfte der neu installierten im Marktstammdatenregister registrierten Photovoltaikanlagen solche Haushaltsanlagen.² Dies entspricht etwa einem Drittel der neu installierten Photovoltaikleistung.

Die Regionen in Deutschland sind unterschiedlich gut für die Installation von Haushaltsphotovoltaikanlagen geeignet, schon allein aufgrund unterschiedlicher auftretender Sonnenenergie. Diese Studie zeigt auf, in welchen Regionen besonders großes Potenzial für weitere Neuinstallationen existiert.

Zubaue an Haushaltsanlagen deutlich angestiegen

Graphik 1 zeigt die Verbreitung von Haushaltsphotovoltaikanlagen über die Zeit. Zum Ende des Jahres 2000 waren lediglich 0,1 % der Wohngebäude mit einer oder zwei Wohnungen mit einer Photovoltaikanlage bestückt. Ende 2010 waren es bereits knapp 3 % und Ende 2023 etwa 12 %.

Graphik 1: Haushaltsphotovoltaik über die Zeit



Anmerkung: Die Verbreitung von Haushaltsphotovoltaik berechnen wir als den Anteil der Wohngebäude mit Haushaltsphotovoltaik an allen Wohngebäuden mit einer oder zwei Wohnungen zum jeweiligen Jahresende.

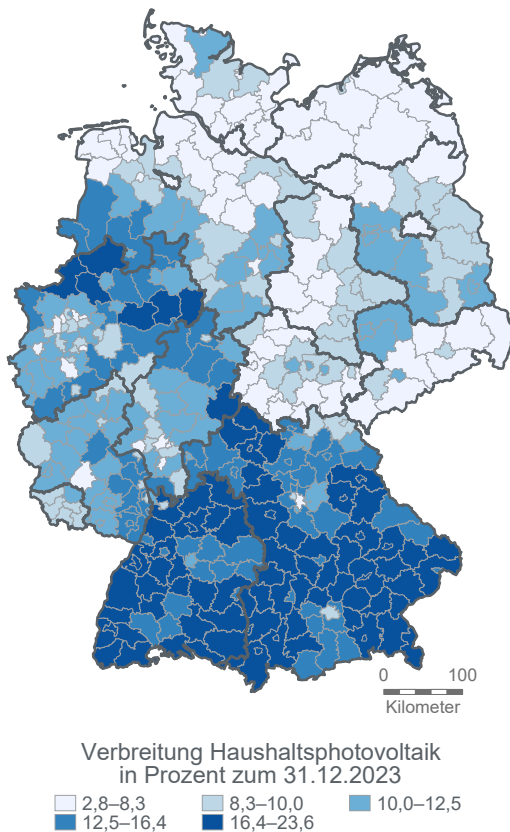
Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis Marktstammdatenregister und Statistisches Bundesamt.³

Interessant ist hier auch, wie sich der jährliche Zubau entwickelt, weil sich daraus Rückschlüsse auf den aktuellen Trend ergeben. Während der jährliche Zubau zwischen 2013 und 2018 bei durchschnittlich 0,3 Prozentpunkten lag, stieg dieser in den Jahren seit 2020 auf durchschnittlich 1,5 Prozentpunkte an. Im Jahr 2023 zeigte sich sogar ein Zubau von 3 Prozentpunkten. Angestiegene Strompreise und gefallene Materialkosten für Photovoltaikanlagen lassen auch zukünftig relevante Zubauraten erwarten.

Große regionale Unterschiede

Allerdings ist die Verbreitung von Photovoltaikanlagen regional sehr unterschiedlich. In Grafik 2 ist zu erkennen, dass in vielen Landkreisen und kreisfreien Städten Ende 2023 in Baden-Württemberg und Bayern bereits über 16 % der Wohngebäude mit einer oder zwei Wohnungen eine Haushaltsphotovoltaikanlage installiert haben. Dagegen zeigen sich in vielen Kreisen in Mecklenburg-Vorpommern und Schleswig-Holstein Verbreitungsraten von unter 8 %. Neben den Nord-Süd-Unterschieden ist die Verbreitung von Haushaltsphotovoltaikanlagen tendenziell in weniger dicht besiedelten, ländlichen Räumen größer.

Grafik 2: Haushaltsphotovoltaik regional



Anmerkung: Die regionale Verbreitung von Haushaltsphotovoltaik berechnen wir als den Anteil der Wohngebäude mit Haushaltsphotovoltaik an allen Wohngebäuden mit einer oder zwei Wohnungen.

Quelle: © GeoBasis-DE / BKG 2020; Datenbasis: Eigene Berechnungen basierend auf Marktstammdatenregister und Statistisches Bundesamt.

Trends in den Bundesländern

Auch hier sind aktuelle Trends interessant. Tabelle 1 zeigt den durchschnittlichen Zubau in Prozentpunkten pro Jahr für die Bundesländer. Der jährliche Zubau war jüngst in Baden-Württemberg und in Nordrhein-Westfalen mit 2,7 bzw. 2,5 Prozentpunkten am höchsten. Die Stadtstaaten Bremen und Hamburg weisen dagegen den langsamsten Zubau von lediglich 0,8 und 1,0 Prozentpunkten auf.

Betrachtet man jedoch das durchschnittliche jährliche Wachstum des Zubaus in Tabelle 1 ergibt sich teilweise ein anderes Bild: In Bayern und im Saarland wächst der Zubau an Haushaltsphotovoltaikanlagen mit 20 % vergleichsweise langsam. In Bremen, Hamburg und Mecklenburg-Vorpommern war die Entwicklung dagegen mit einem Wachstum von etwa 50 %

vergleichsweise dynamisch. Folglich nimmt in einigen Regionen mit derzeit niedrigen Verbreitungsraten der Zubau Fahrt auf.

Die Eignung für Photovoltaik

Die Eignung eines Gebäudes für eine Photovoltaikanlage wird vor allem durch die Ausrichtung und Neigung des Dachs, eine potenzielle Verschattung und die Dachgröße bestimmt. Ohne Verschattung und bei ausreichender Dachgröße maximiert in Deutschland eine Ausrichtung nach Süden mit einer Neigung von etwa 35 Grad den jährlichen Stromertrag. Eine Photovoltaikanlage mit Ost- oder Westausrichtung produziert bei optimalem Neigungswinkel ungefähr ein Fünftel weniger Strom im Vergleich zu einer Anlage mit Südausrichtung.

Tabelle 1: Zubau Haushaltsphotovoltaik nach Bundesländern

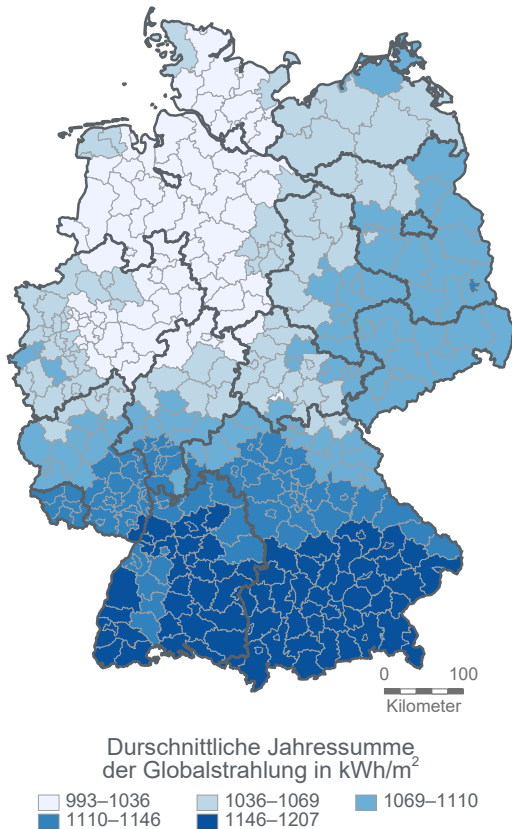
Rang	Bundesland	Zubau pro Jahr (Durchschnitt 2022 und 2023)	
		in Prozentpunkten	Wachstum in Prozent
1	Baden-Württemberg	2,7	23 %
2	Nordrhein-Westfalen	2,5	36 %
3	Bayern	2,4	20 %
4	Niedersachsen	2,3	44 %
5	Brandenburg	2,1	39 %
6	Rheinland-Pfalz	2,0	27 %
7	Sachsen	1,9	39 %
8	Hessen	1,9	26 %
9	Sachsen-Anhalt	1,9	42 %
10	Berlin	1,9	45 %
11	Schleswig-Holstein	1,7	42 %
12	Mecklenburg-Vorpommern	1,7	50 %
13	Thüringen	1,6	34 %
14	Saarland	1,4	21 %
15	Hamburg	1,0	50 %
16	Bremen	0,8	49 %

Quelle: Eigene Berechnungen basierend auf Marktstammdatenregister und Statistisches Bundesamt.

Zudem bestimmt die Globalstrahlung, ein Maß für auftreffende Sonnenenergie, wie viel Strom eine Photovoltaikanlage überhaupt erzeugen kann. Grafik 3 zeigt die durchschnittliche Jahressumme der Globalstrahlung für die Landkreise und kreisfreien Städte in Deutschland. Im Süden Deutschlands liegen die Globalstrahlungswerte um bis zu 20 % höher als im Norden. Folglich kann ein sehr gut ausgerichtetes Dach im Norden Deutschlands ceteris paribus ähnlich viel Stromertrag liefern, wie ein weniger gut ausgerichtetes Dach im Süden. Indes ist es effizient, wenn in der Transition möglichst Dächer mit optimaler Ausrichtung in Regionen mit hoher Globalstrahlung mit Photovoltaik bestückt werden.

Basierend auf der regionalen Verteilung der Globalstrahlung schätzen wir ein Diffusionsmodell für Haushaltsphotovoltaik für die Landkreise und kreisfreien Städte in Deutschland. Dies lässt uns die erwartete Verbreitung von Haushaltsphotovoltaikanlagen ermitteln und mit der tatsächlichen Verbreitung abgleichen. Die relative Differenz dieser beiden Größen ergibt das Photovoltaikpotenzial als ein Maß dafür, wie weit die Regionen vom jeweiligen zu erwartenden Ausbau entfernt sind. Die Box am Ende dieser Studie enthält Details zur Berechnung.

Grafik 3: Globalstrahlung regional



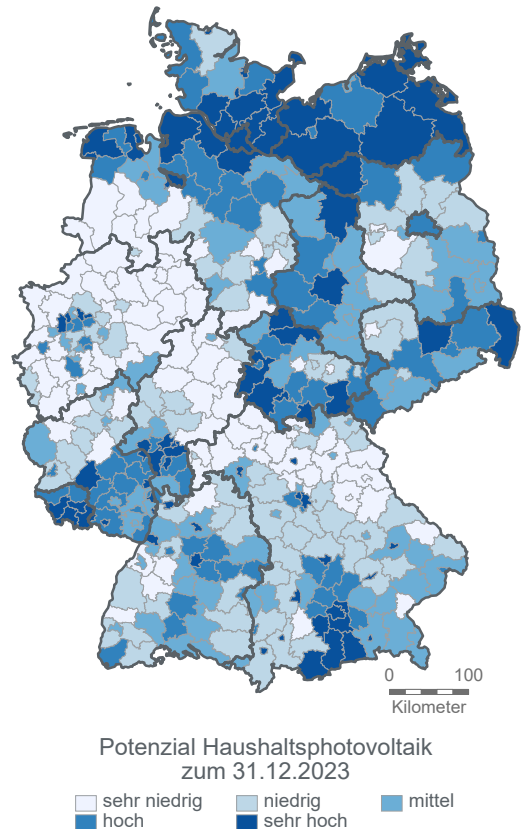
Quelle: © GeoBasis-DE / BKG 2020; Datenbasis: Eigene Berechnungen basierend auf der vieljährigen mittleren Jahressumme der Globalstrahlung auf die horizontale Ebene vom Deutschen Wetterdienst.

Photovoltaikpotenzial teils regional hoch

Grafik 4 zeigt die regionalen Unterschiede im Photovoltaikpotenzial für Haushalte zum Ende des Jahres 2023. Besonders in Bremen, Hamburg, dem Saarland, in Mecklenburg-Vorpommern, um Dresden und in Schleswig-Holstein zeigen sich hohe und sehr hohe Potenziale. Mit leichten Abstrichen gilt dies auch für die Regionen um Lüneburg und Trier sowie für Teile von Oberbayern, Thüringen und Südhessen. In diesen Regionen gibt es bislang weniger Haushaltsphotovoltaikanlagen als erwartet. Entsprechend ist ein weiterer Ausbau dort attraktiv. Denn unter Berücksichtigung der Globalstrahlung sind dort genügend unbestückte Gebäude mit ausreichend guter Ausrichtung zu erwarten.

Tabelle 2 zeigt Determinanten eines hohen Photovoltaikpotenzials für Haushaltsanlagen für das Jahr 2023. Diese basieren auf einer einfachen linearen Regression auf Kreisebene. Demnach ist das Potenzial für Haushaltsphotovoltaik in Städten noch tendenziell hoch. Dort mag Verschattung häufiger eine Rolle spielen. Zudem haben Regionen mit höherem Photovoltaikpotenzial für Haushalte tendenziell eine höhere Bevölkerungsdichte. Dies könnte damit zusammenhängen, dass in dicht besiedelten Kreisen, die für Photovoltaik zur Verfügung stehenden Dachflächen öfters zu klein sind, sodass eine Installation weniger lohnend ist. Es zeigt sich auch, dass Regionen mit höherem Photovoltaikpotenzial für Haushalte ein höheres Durchschnittsalter der Bevölkerung aufweisen. Womöglich schrecken ältere Menschen eher davor zurück eine Photovoltaikanlage zu installieren, weil sich die Investition erst nach einigen Jahren amortisiert.

Grafik 4: Potenzial Haushaltsphotovoltaik regional



Anmerkung: Zur Berechnung des Potenzials siehe Box am Ende der Studie.

Quelle: © GeoBasis-DE / BKG 2020; Datenbasis: Eigene Berechnungen basierend auf Deutscher Wetterdienst, Marktstammdatenregister und Statistisches Bundesamt.

Interessanterweise gibt es keine statistische Assoziation zwischen dem Potenzial für Haushaltsphotovoltaik und dem Pro-Kopf-Haushaltseinkommen als Proxy für die wirtschaftliche Prosperität in der Region.

Tabelle 2: Determinanten Potenzial für Haushaltsphotovoltaik

Variable	Assoziation
Städtisch	Hohes Potenzial
Hohe Bevölkerungsdichte	Hohes Potenzial
Hohes Durchschnittsalter	Hohes Potenzial
Akademikeranteil	keine
Haushaltseinkommen pro Kopf	Keine
Neue Bundesländer	Keine

Anmerkung: Einfache lineare Regression des Potenzials für Haushaltsphotovoltaik auf die genannten Variablen (mit zeitlicher Verzögerung) für einen Querschnitt der Landkreise und kreisfreien Städte für das Jahr 2023. Bevölkerungsdichte und Haushaltseinkommen pro Kopf logarithmiert.

Quelle: Eigene Berechnungen, Daten siehe Endnote 3.

Fazit

Um den Zubau an Photovoltaik, wie von der Bundesregierung ausgerufen, deutlich zu steigern, stellen Photovoltaikanlagen von Privathaushalten eine zentrale Säule dar. Bislang ist nur ein kleiner Teil der Dachflächen in Deutschland mit Photovoltaik bestückt. Zuletzt ist indes eine deutliche Ausweitung des Zubaus solcher Anlagen zu verzeichnen: Allein im Laufe des Jahres 2023 wurden in Deutschland drei Prozent der

Wohngebäude mit einer oder zwei Wohnungen mit Haushaltsphotovoltaik ausgestattet.

Derweil sind unter anderem in Bremen, Hamburg, dem Saarland, in Mecklenburg-Vorpommern, um Dresden, in Schleswig-Holstein, um Lüneburg und um Trier sowie in Teilen von Oberbayern, Thüringen und Südhessen weniger Haushaltsphotovoltaikanlagen installiert als unter Berücksichtigung der regionalen Globalstrahlung erwartet. Dort ist ein weiterer Ausbau attraktiv, weil viele, vergleichsweise gut geeignete, noch nicht mit Photovoltaik bestückte Wohngebäude zu erwarten sind.

Auf Basis der vorliegenden Analyse lassen sich konkrete Ansätze zur Unterstützung des weiteren Ausbaus der Haushaltsphotovoltaik in den Regionen ableiten:

- So kann es sinnvoll sein, Informationen über die Eignung von Dächern bereitzustellen oder, sofern bereits vorhanden, diese Informationen in den identifizierten Regionen stärker publik zu machen. Das Photovoltaikpotenzial einzelner Dächer ist unter anderem für Baden-Württemberg und Hessen online abrufbar.⁴
- Auch wäre es denkbar, dass Fachbetriebe für Haushaltsphotovoltaikanlagen in den genannten Regionen ihr Angebot besonders bewerben.
- Und schließlich mögen Informationen über die regionale Verteilung des Photovoltaikpotenzials in der Ausgestaltung von Investitionsanreizen Berücksichtigung finden.

Box: Abschätzung Potenzial für Haushaltsphotovoltaik

Wir betrachten den Anteil der Wohngebäude mit Photovoltaik (Anlagen mit einer Leistung von mindestens 1 kW_p und höchstens 10 kW_p, siehe Endnote 2) an allen Wohngebäuden mit einer oder zwei Wohnungen. Die regionale Verteilung dieser Größe, $F_{r,t}$, folgt über die Zeit annähernd einer logistischen Funktion.⁵ Die logistische Funktion lassen wir ausschließlich von einer exogenen Größe beeinflussen: dem langjährigen Mittel der Globalstrahlung (GS_r). Folglich schätzen wir die Verbreitung der Haushaltsphotovoltaik für Landkreise und kreisfreie Städte r und die Jahre t als

$$F_{r,t} = (a_0 + a_1 GS_r + a_2 GS_r^2) / (e^{-(b_0 + b_1 GS_r + b_2 GS_r^2)t - (c_0 + c_1 GS_r + c_2 GS_r^2)}).$$

Die Schätzkoeffizienten a_{0-2} beeinflussen das Sättigungslevel, b_{0-2} die Geschwindigkeit und c_{0-2} den Wendepunkt der Verbreitung. Grafik 4 fasst fünf Kategorien mit gleicher Anzahl r basierend auf dem relativen Maß für das Jahr 2023 ($\hat{F}_{r,2023} - F_{r,2023}$)/ $F_{r,2023}$. Dabei ist $\hat{F}_{r,t}$ die durch das Diffusionsmodell prädiizierte Verbreitung. Die Kategorie *sehr niedrig* entspricht bis 27 % mehr als erwartet, *niedrig* 27 % bis 16 % mehr, *mittel* 16 % bis 6 % mehr, *hoch* 6 % mehr bis 11 % weniger und *sehr hoch* über 11 % weniger.

¹ So läuft der Ausbau der Erneuerbaren Energien in Deutschland | Bundesregierung zuletzt besucht am 17.01.2024.

² Als Haushaltsphotovoltaik bezeichnen wir Anlagen mit einer Nettonennleistung von mindestens 1 kW_p und höchstens 10 kW_p, die im Marktstammdatenregister zum ersten Mal an einer Lokation installiert wurden und für die als Nutzungsbereich *Haushalt (713)* und als Lage *Bauliche Anlagen (Hausdach, Gebäude und Fassade) (853)* angegeben ist. Zudem verwenden wir das Inbetriebnahmedatum zur zeitlichen Zuordnung und den Gemeindegeschlüssel zur Zuordnung der Anlagen zu Landkreisen und kreisfreien Städten. Laut Marktstammdatenregister hatte knapp ein Drittel der im Jahr 2023 neu installierten Photovoltaikanlagen eine Nettonennleistung von unter 1 kW_p (Leistungsanteil 1,4%). Kleinanlagen mit bis zu 0,6 kW_p werden oft als Balkonanlagen oder steckerfertige Solaranlagen bezeichnet. Für diese gelten vereinfachte gesetzliche Regelungen und es ist von einer relevanten Anzahl solcher Anlagen auszugehen, die nicht im Marktstammdatenregister erfasst sind. Sie werden daher in dieser Studie nicht berücksichtigt.

³ Datenquellen:

Photovoltaikanlagen: Marktstammdatenregister, Gesamtdatenauszug vom 21.01.2024, heruntergeladen am 21.01.2024 unter <https://www.marktstammdatenregister.de/MaSTR/Datendownload>;

Wohngebäude: Statistisches Bundesamt, Tabelle 31231-02-01-4, Bestand an Wohngebäuden und Wohnungen in Wohn- und Nichtwohngebäuden – Stichtag 31.12. – regionale Tiefe: Kreise und Krfr. Städte, heruntergeladen am 29.11.2023 unter <https://www.regionalstatistik.de/>; Tabelle 31231-01-02-4, Wohngebäude- und Wohnungsbestand – Stichtag 31.12. – regionale Tiefe: Kreise und Krfr. Städte (bis 2010), heruntergeladen am 29.11.2023 unter <https://www.regionalstatistik.de/>;

Geodaten (Shapefiles): Bundesamt für Kartographie und Geodäsie, Verwaltungsgebiete, historische Stände, Datum: 31.12.2020, heruntergeladen am 29.11.2023 unter https://daten.gdz.bkg.bund.de/produkte/vg/vg5000_1231/2020/;

Globalstrahlung: Deutscher Wetterdienst, Rasterdaten der vieljährigen mittleren Jahressumme für die Globalstrahlung auf die horizontale Ebene für Deutschland basierend auf Boden- und Satellitenmessungen, Version V003, zeitliche Abdeckung 01.01.1981 – 31.12.2010, räumliche Auflösung 1 km x 1 km, heruntergeladen am 23.11.2023 unter https://opendata.dwd.de/climate_environment/CDC/grids_germany/multi_annual/radiation_global/;

Bevölkerung: Statistisches Bundesamt, Tabelle 12411-01-01-4: Bevölkerung nach Geschlecht – Stichtag 31.12. – regionale Tiefe: Kreise und krfr. Städte; heruntergeladen am 29.11.2023 unter <https://www.regionalstatistik.de/>;

Bodenfläche: Bundesinstitut für Bau-, Stadt und Raumforschung, Indikatoren und Karten zur Raum- und Stadtentwicklung – INKAR, heruntergeladen am 17.11.2023 unter <https://www.inkar.de/>;

Durchschnittsalter: Statistisches Bundesamt, Tabelle 12411-07-01-4: Durchschnittsalter der Bevölkerung – Stichtag 31.12. – regionale Tiefe: Kreise und krfr. Städte, heruntergeladen am 29.11.2023 unter <https://www.regionalstatistik.de/>;

Akademikeranteil: Statistisches Bundesamt, Tabelle 13111-12-03-4: Sozialversicherungspflichtig Beschäftigte am Wohnort nach Geschlecht, Nationalität und Art des beruflichen Ausbildungsabschlusses – Stichtag 30.06. – regionale Tiefe: Kreise und krfr. Städte; heruntergeladen am 29.11.2023 unter <https://www.regionalstatistik.de/>;

Haushaltseinkommen pro Kopf: Statistisches Bundesamt, Tabelle 82411-01-03-4: Verfügbares Einkommen der privaten Haushalte einschließlich privater Organisationen ohne Erwerbszweck - Jahressumme – regionale Tiefe: Kreise und krfr. Städte; heruntergeladen am 25.01.2024 unter <https://www.regionalstatistik.de/>;

⁴ Das Photovoltaikpotenzial auf Dachflächen ist z. B. im [Energieatlas Baden-Württemberg](#) und im [Solarkataster Hessen](#) online abrufbar. Beide Webseiten wurden am 24.01.2024 zuletzt besucht.

⁵ Für Photovoltaik zeigen dies Comin, D. und J. Rode (2023): [Do Green Users Become Green Voters?](#) NBER Working Paper 31324. National Bureau of Economic Research. Für andere Technologien gilt dies ebenfalls. Für Breitband-Internetzugänge nutzen es z. B.: Czernich, N. et al. (2011): [Broadband Infrastructure and Economic Growth](#). *The Economic Journal* 121. 552, S. 505–532.