Agora Energiewende

DOKUMENTATION

Solarstrom vom Dach: das Energiewendepotenzial auf Deutschlands Gebäuden

Methodisches Vorgehen — November 2023

Inhalt

Einleitung 3

Methodisches Vorgehen 4

Analyse des Gebäudebestands 4

Bestimmung der Parameter zur Hochrechnung 5

Berechnung der PV-Potenziale 6

Belastbarkeit 8

Quellen 10

Anhang 1: Verwendete Parameter zur Bestimmung der PV-Potenziale 11

Einleitung

Die vorliegende Dokumentation beschreibt die Methodik, die zur Analyse des technischen Potenzials von Dachflächen für Photovoltaik im Rahmen der Studie „Solarstrom vom Dach: das Energiewendepotenzial auf Deutschlands Gebäuden" verwendet wurde. PV wird neben der Windenergie eine der beiden Hauptsäulen der Energiewende in Deutschland sein. Im Erneuerbaren-Energien-Gesetz ist das Ziel formuliert, bis zum Jahr 2040 400 GW PV-Leistung zu installieren. Mindestens die Hälfte der Solaranlagen sollen auf Dachflächen installiert werden.

Bei der Nutzung von Dachflächen für Photovoltaikanlagen gibt es weniger Flächennutzungskonflikte als bei kostengünstigeren Freiflächen-PV. Die Nutzung großer Dachflächen, etwa von Industriegebäuden oder Logistikzentren, kann hier eine wichtige Rolle spielen, da Kosteneffizienz und effiziente Flächennutzung kombiniert werden.

Bislang gibt es nur wenige umfassende und genaue Analysen, die das verfügbare Potenzial von Photovoltaik auf Dachflächen in Deutschland quantifizieren. Diese Wissenslücke stellt eine erhebliche Herausforderung dar für die politischen Entscheidungsträger:innen, aber auch für die Wissenschaftler:innen, die für ihre Energiemodellierungen häufig auf sehr pauschale Annahmen zurückgreifen müssen. Detaillierte Daten helfen, informierte Entscheidungen zu treffen und differenzierte Strategien für eine nachhaltige Energieversorgung entwickeln zu können.

Das Hauptziel dieser Datenanalyse ist daher die umfassende Erfassung und Analyse des technischen Potenzials von Photovoltaiksystemen auf Dachflächen in Deutschland. Die Ergebnisse sind in verschiedene räumliche Aggregationsstufen gegliedert, von Bundesländern über Landkreise bis hin zu Postleitenzahlgebieten. Zudem erlaubt die Analyse die Differenzierung der technischen Potenziale nach verschiedenen Gebäudekategorien und Größenklassen.

Durch diesen mehrdimensionalen Ansatz wird ein differenziertes Bild der verfügbaren Potenziale für den Ausbau der Dachflächen-Photovoltaik gezeichnet. Die verbesserte Datengrundlage soll die Bewertung verschiedener Auf-Dach-Segmente erleichtern, um daraus weitere Forschungsarbeiten und politische Maßnahmen ableiten zu können.

Methodisches Vorgehen

Die methodische Vorgehensweise zur Berechnung der PV-Potenziale gliedert sich im Wesentlichen in drei Schritte: Zunächst wird der Bestand aller Gebäude in Deutschland erfasst, anschließend werden die wesentlichen Parameter zur Berechnung der Potenziale für diesen Gebäudebestand ermittelt und schließlich werden diese Informationen verknüpft, um die PV-Potenziale des Gebäudebestands zu berechnen (vgl. Abb. 1). Diese drei Schritte werden im Folgenden weiter erläutert.

Analyse des Gebäudebestands

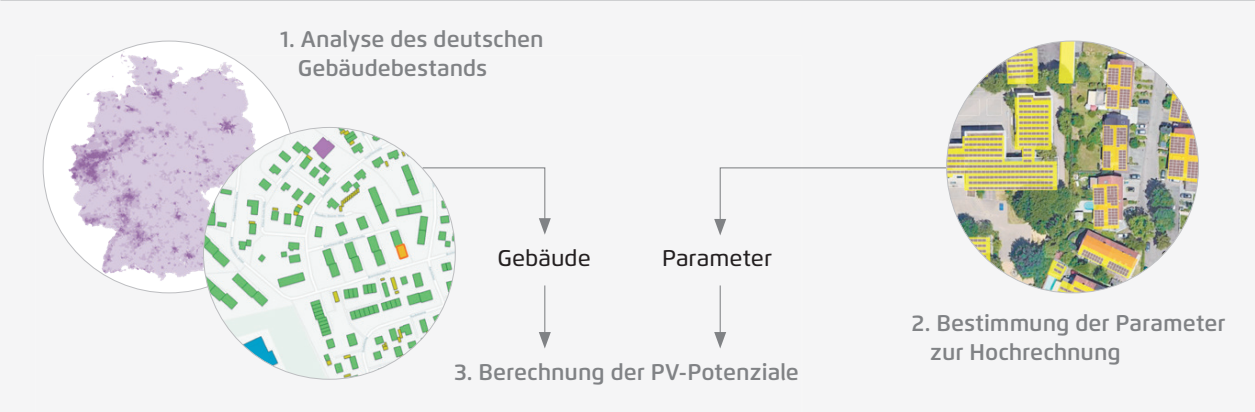
Zunächst werden die Lage, Grundrisse und beschreibende Tags[1] sämtlicher Gebäude in Deutschland von der OpenStreetMap-Datenbank bezogen (OSM 2023, Stand Juni 2023). Diese Rohdaten bilden die Grundlage für weitere Analysen.

Die OpenStreetMap-Daten werden mit zusätzlichen Informationen angereichert, die aus verschiedenen Quellen stammen:

- → Daten zur Landnutzung, z. B. zur Lage von Wohn- und Industriegebieten (CLC 2018, OSM 2023) – diese helfen bei der Kategorisierung der Gebäude in unterschiedliche Nutzungsklassen.
- → Statistische Gebäudeinformationen (Zensus 2011) – diese helfen bei der genaueren baulichen und sozio-ökonomischen Klassifizierung der Wohngebäude.
- → Die Einbindung dieser Daten erfolgt unter Verwendung von Modellen und Algorithmen von greenventory.
- → Nach der Anreicherung der Gebäudedaten erfolgt eine detaillierte Klassifizierung aller Gebäude in Deutschland. Die Kategorisierung umfasst:
- → Nutzungskategorien: Zu welchem Zweck wird das Gebäude genutzt (Wohngebäude, Gewerbe etc.)?
- → Größenklassen: Die Gebäude werden anhand ihrer Grundfläche in verschiedene Größenklassen eingeteilt.
- → Gebäudetyp: Hierbei wird der architektonische Typ des Gebäudes identifiziert (Einfamilienhaus, Mehrfamilienhaus etc.)
- → Baualter: Informationen zum Alter der Gebäude werden ebenfalls erfasst.
- → Eigentumsverhältnisse: Erfasst werden Gebäude in privater wie öffentlicher Hand.

1 Tags werden zur Beschreibung und Bereitstellung zusätzlicher Informationen über ein geografisches Merkmal einer Karte verwendet

Methodisches Vorgehen zur Bestimmung des PV-Potenzials → Abb. 1



greenventory GmbH (2023)

Diese Klassifizierung ermöglicht eine präzise Analyse der Potenziale für die Installation von Photovoltaikanlagen auf den Dächern der erfassten Gebäude. Dabei werden sowohl sozioökonomische wie die Eigentumsverhältnisse als auch geographische Faktoren wie die lokalen Häufigkeiten verschiedener Gebäudetypen berücksichtigt.

Insgesamt wurden auf diese Weise ca. 36,2 Millionen Gebäude mit ca. 6.000 km² Grundfläche (~1,7 % der Fläche Deutschlands) identifiziert und klassifiziert. Nicht alle der in diesem Schritt ermittelten Daten werden im Endergebnis auch dargestellt. Die Baualtersklasse wird bei der Berechnung beispielsweise verwendet, um besser einschätzen zu können, welche Gebäude ggfs. aus statischen Gründen ungeeignet für PV sein könnten, das Ergebnis wird jedoch nicht gesondert auf alle Baualtersklassen aufgegliedert.

Für die Ergebnisdarstellung werden die Gebäude i. W. nach Nutzungskategorie und Größenklasse gegliedert (vgl. Tabellen 1 und 2):

Verwendete Gebäude-Nutzungskategorien und zugehörige Gebäudezahlen → Tabelle 1

Nutzungskategorie	Anzahl Gebäude
Landwirtschaft	48.312
Gewerbe und Handel	397.966
Produzierendes Gewerbe	911.992
Öffentliche Gebäude (Bildung, Gesundheit, Sicherheit)	222.389
Freizeit	513.868
Wohngebäude selbstgenutzt	22.726.220
Wohngebäude vermietet	7.072.662
Wohngebäude sonstige	3.693.551
Dienstleistungen	529.543
Verkehr und Logistik	20.209
Infrastruktur Versorgung	65.953

greenventory GmbH (2023)

Verwendete Gebäude-Größenklassen und zugehörige Gebäudezahlen → Tabelle 2

Grundfläche [m²]	Anzahl Gebäude
0–50	9.177.084
51–100	8.922.462
101–130	4.689.986
131–200	6.951.393
201–300	3.340.551
301–500	1.613.423
501–1000	947.069
1001–15000	552.983
15000+	7.714

greenventory GmbH (2023)

Bestimmung der Parameter zur Hochrechnung

Um vom Gebäudebestand auf die verfügbaren PV-Potenziale schließen zu können, bedarf es einiger Annahmen und Parameter, bspw. zur Abschätzung des Anteils der Dachfläche eines Gebäudes, der üblicherweise durch Hindernisse wie Dachfenster oder Kamine bedeckt ist und daher nicht für PV-Anlagen genutzt werden kann. Diese Annahmen sind von essentieller Bedeutung für die verwendete Methodik. In dieser Studie wurde eine Kombination von drei unterschiedlichen Ansätzen zur Bestimmung und Validierung dieser Parameter verwendet:

1. **Literaturrecherchen:** Im Rahmen von Literaturrecherchen wurden wissenschaftliche Arbeiten zur Ermittlung von PV-Potenzialen (u. a. Bodis 2019, Mainzer 2014) geprüft und die relevanten Parameter extrahiert. Darüber hinaus wurden auch Daten aus branchenüblichen Quellen wie z. B. dem Marktstammdatenregister (MaStR 2023) entnommen (z. B. Anteil von PV-Anlagen auf Flachdächern, die mit Ost-West-Ausrichtung installiert wurden).
2. **Auswertung von detaillierten Bottom-up-Potenzialstudien:** Die greenventory GmbH führt bereits seit Jahren detaillierte Bottom-up-Studien zur Ermittlung der PV-Dachpotenziale für einzelne Gemeinden durch (vgl. solarfind 2023). In diesen Studien werden u. a. KI-Verfahren zur Erkennung und Klassifizierung von Dachflächen, Hindernissen und Bestandsanlagen eingesetzt, um das Potenzial einzelner Dachflächen genauer zu bestimmen. Unter der Annahme, dass diese Studien durch ihre höhere Auflösung und Datenqualität eine gute Einordnung der relevanten Parameter ermöglichen, wurde eine Datenanalyse auf Basis von einer Vielzahl solcher Projekte durchgeführt und dabei wurden Parameter wie Häufigkeit von Flachdächern, nutzbare Dachflächen-Anteile, Belegungsdichte etc. festgelegt.
3. **Workshops mit Experten:** Schließlich wurden die so gewonnenen Parameter im Rahmen mehrerer Gespräche und Workshops mit Experten aus der PV-Forschung und -Praxis diskutiert und validiert (Gespräch Knappe 2023, 1. Expertenworkshop 2023, 2. Expertenworkshop 2023).

Die Parameter, die auf diese Art und Weise bestimmt und für die weiteren Berechnungen verwendet wurden, sind in Anhang 1 aufgeführt.

Berechnung der PV-Potenziale

Die Berechnung der PV-Potenziale auf Basis des Gebäudebestands und der zuvor ermittelten Parameter erfolgt in den im Folgenden beschriebenen Schritten:

1. **Kategorisierung der Grundflächen:** Die Grundflächen aller Gebäude werden anhand der Kategorien in Tabelle 2 in die jeweils passende Größenklasse eingeordnet. Diese Kategorisierung ermöglicht eine differenzierte Betrachtung der Gebäude, was wiederum eine differenzierte Betrachtung und Analyse in den folgenden Arbeitsschritten ermöglicht.
2. **Bestimmung des Dachtyps (flache/geneigte Dachflächen):** Für jedes Gebäude im Datensatz wird der Dachtyp bestimmt. Dies geschieht auf Basis einer Wahrscheinlichkeitsverteilung (vgl. flat_roof_share, Anhang 1), die in Abhängigkeit von der Gebäudegrundfläche angegeben wird. Die Bestimmung des Dachtyps ist kritisch, da sie die potenzielle Nutzfläche und Belegungsdichte für die Installation von PV-Modulen maßgeblich beeinflusst.
3. **Identifizierung statisch ungeeigneter Gebäude:** Eine zentrale Herausforderung besteht darin, Gebäude zu identifizieren, die aus statischen Gründen für eine PV-Anlage ungeeignet sind, z. B. weil die Dachkonstruktion das zusätzliche Gewicht einer PV-Anlage nicht tragen kann. Auch hier wird eine Wahrscheinlichkeitsverteilung in Abhängigkeit von Gebäudefläche, Gebäudealter und Dachtyp (vgl. unsuitable_structural_shares, Anhang 1) verwendet, die verschiedene Gebäudekategorien abdeckt.

4. **Identifizierung von Gebäuden mit zu kleiner Grundfläche:** Zusätzlich werden Gebäude, deren Grundfläche zu klein für eine wirtschaftlich sinnvolle Installation einer PV-Anlage ist (vgl. unsuitable_too_small_footprint_m2, Anhang 1), als ungeeignet klassifiziert.
5. **Bewertung der Gebäudeeignung für PV:** Nach Ausschluss der strukturell ungeeigneten und zu kleinen Gebäude werden die verbleibenden Gebäude als geeignet für die PV-Nutzung markiert.
6. **Ausrichtung der PV-Module:** Für sämtliche Gebäude wird die Ausrichtung der potenziell zu installierenden PV-Module individuell bestimmt. Für Gebäude mit Flachdächern wird dabei anhand des Parameters eastwest_share (vgl. Anhang 1) bestimmt, auf welchen Gebäuden Systeme mit alternierender Ost-West-Ausrichtung installiert werden und auf welchen eine reine Süd-Ausrichtung gewählt wird. Für Gebäude mit Schrägdächern wird eine Gleichverteilung über alle Himmelsrichtungen angenommen. Obwohl in der Realität geneigte Dächer oft mehrere Teildachflächen mit unterschiedlichen Ausrichtungen haben, wird in dieser Studie vereinfachend davon ausgegangen, dass jedes Gebäude genau eine Dachausrichtung hat. Angesichts der großen Anzahl der betrachteten Gebäude dürfte die Auswirkung dieser Vereinfachung jedoch marginal sein.
7. **Berechnung der Dachfläche:** Unter Verwendung des Dachneigungswinkels (roof_slope_deg, vgl. Anhang 1) wird mittels trigonometrischer Funktionen aus der Gebäudegrundfläche die Dachfläche abgeleitet (Dachfläche = Grundfläche/cos(rad(roof_slope_deg))).
8. **Bestimmung der tatsächlich nutzbaren Dachfläche:** Ein Korrekturfaktor (roof_area_to_usable_area, vgl. Anhang 1) wird auf die gesamte Dachfläche angewandt, um die für die PV-Module tatsächlich nutzbare Fläche zu berechnen.
9. **Kalkulation der Modulfläche:** Ein weiterer Faktor wird genutzt, um die Modulfläche aus der nutzbaren Dachfläche zu bestimmen (usable_area_to_module_area, vgl. Anhang 1). Dieser Schritt ist notwendig, um den Raum für notwendige Installationsarbeiten und Sicherheitsbereiche zu berücksichtigen.
10. **Ermittlung der installierbaren Leistung:** Die installierbare Leistung der PV-Anlage in Kilowattpeak (kWp) wird anhand der berechneten Modulfläche und eines branchenüblichen Umrechnungsfaktors (vgl. installable_power_per_module_area_kwp_per_m2, Anhang 1) ermittelt.
11. **Ermittlung der Volllaststunden nach Postleitzahlenregion:** Nach der Ermittlung der installierbaren Leistung ist der nächste Schritt die Bestimmung der Volllaststunden (VLS) für jedes Gebäude, abhängig von der jeweiligen Postleitzahlenregion. Die Volllaststunden sind ein Maß für die Effizienz einer Photovoltaikanlage und werden genutzt, um den erwarteten Jahresertrag in Kilowattstunden (kWh) zu berechnen. Für die Ermittlung der Volllaststunden wird der Global Solar Atlas (GSA 2023) herangezogen. Dies ermöglicht eine genaue Einschätzung des solaren Potenzials in jeder Postleitzahlenregion.
12. **Berechnung der Volllaststunden und des Ertrags:** Abschließend wird der potenzielle Jahresertrag der PV-Anlage in Kilowattstunden (kWh) ermittelt. Diese Berechnung erfolgt durch Multiplikation der installierbaren Leistung mit den spezifischen Volllaststunden der jeweiligen Region und der relativen Ertragskraft der jeweiligen Dachausrichtung (vgl. pv_performance_performance_kwh_per_kwp, Anhang 1).

Zur weiteren Analyse und Interpretation der Daten werden die Ergebnisse schließlich nach Postleitzahlen, Gemeinden und Landkreisen gruppiert und aggregiert.

Belastbarkeit

Dieses Kapitel bietet eine Einschätzung bzgl. der Verlässlichkeit der Ergebnisse dieser Studie, behandelt Sensitivitätsanalysen, Parametervariationen und den Einfluss von Zufallsziehungen auf die Berechnung des Potenzials von PV-Dachanlagen.

Eine wesentliche Herausforderung besteht in Unsicherheiten bzgl. der verwendeten Daten. Insbesondere die Lage, Anzahl und Größe der Gebäude spielen eine wesentliche Rolle bei der Berechnung des Dachflächenpotenzials. Hierfür wurden Daten aus der offenen Geodatenbank OpenStreetMap genutzt, die von Freiwilligen aufgebaut und gepflegt wird. Es kann auf dieser Grundlage jedoch nicht eindeutig beziffert werden, ob z. B. alle Gebäude in der Datenbank abgebildet und ob die Angaben für jedes Gebäude vollständig sind. Eine mögliche Lösung hierfür wäre die Nutzung amtlicher Katasterdaten, die jedoch nicht flächendeckend für alle Bundesländer verfügbar sind. Auch ein reiner Abgleich der ermittelten Anzahl an Gebäuden mit Statistiken ist hier nicht notwendigerweise zielführend, da es keine eindeutige Festlegung gibt, in welchen Fällen bspw. Mehrfamilienhäuser als eines oder als mehrere Gebäude gezählt werden. Aus diesen Gründen besteht eine gewisse Unsicherheit bzgl. der Anzahl und Fläche der Gebäude, mit der Vermutung, dass einige Gebäude nicht in OpenStreetMap vorhanden sind und die Flächen und somit das Potenzial tendenziell unterschätzt werden.

Darüber hinaus werden Daten aus dem Zensus 2011 genutzt, um Gebäude z. B. hinsichtlich des Gebäudetyps, der Baualtersklassen und der Eigentumsarten zu klassifizieren. Da diese Daten bereits mehr als zehn Jahre alt sind, kann es auch hier Unsicherheiten und Ungenauigkeiten durch zwischenzeitliche Änderungen geben. Der Veröffentlichung der Ergebnisse der Zensusbefragung von 2022 sehen wir daher mit Spannung entgegen.

Weitere Unsicherheiten bestehen bzgl. der genutzten Annahmen, z. B. zum Anteil an Gebäuden, die aus statischen Gründen für PV-Installationen ungeeignet sind. Dies liegt darin begründet, dass für diese Parameter keine anerkannten Untersuchungen oder Statistiken vorliegen. Im Rahmen der Studie wurden Workshops mit Experten bzgl. der Analyse und Planung von PV-Systemen aus der Wissenschaft und Praxis durchgeführt (Gespräch Knappe 2023, 1. Expertenworkshop 2023, 2. Expertenworkshop 2023) und diese Parameter diskutiert. Während auch hier keine eindeutigen Aussagen getroffen werden konnten, waren die Diskussionen dennoch essentiell, um die Annahmen für diese Studie festzulegen.

Um darüber hinaus bewerten zu können, welche Auswirkung eine falsche Einschätzung eines Parameters zur Folge hätte, wurden darüber hinaus Sensitivitätsanalysen durchgeführt. Sensitivitätsanalysen sind ein entscheidendes Instrument zur Bewertung der Robustheit von Modellergebnissen. Durch die Variation von Schlüsselparametern können wir verstehen, wie empfindlich die Ergebnisse auf Veränderungen in den Modellannahmen reagieren.

Insbesondere wurden hierbei spezifische Parameter wie der Anteil der Dachfläche zur nutzbaren Fläche und der Anteil der Flachdächer variiert und die Auswirkung dieser Änderungen auf Dachfläche, installierbare Leistung und möglichen Jahresstromertrag berechnet (vgl. Tab. 3).

Weiterhin kommen bei der Methode Zufallsziehungen zum Einsatz. Bspw. gibt es einen Parameter (flat_roof_share), der die Häufigkeit von Flachdächern im Gebäudebestand angibt. Die Auswahl, welche Gebäude in den weiteren Schritten dann aber tatsächlich als Flachdächer behandelt werden, erfolgt mittels Zufallsziehungen.

Um zu bewerten, welchen Einfluss der Zufall hierbei auf die Ergebnisse hat, wurden deshalb auch Untersuchungen mit variierenden Zufallszahlen durchgeführt, damit auch hier die Unsicherheit und die Robustheit der Ergebnisse bewertet werden können. Die Ergebnisse dieser Sensitivitätsanalysen sind in Tabelle 3 dokumentiert.

Sensitivitätsanalyse: relative Änderung der (Teil-)Ergebnisse bei Variation der Parameter

→ Tabelle 3

Änderung	Anzahl Gebäude	Dachfläche	Installierbare Leistung	Möglicher Jahres-stromertrag
Zufallszahlen Variante 1	0,00 %	0,00 %	–0,01 %	–0,01 %
Zufallszahlen Variante 2	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %
roof_area_to_usable_area –10 %	0,00%	0,00%	–10,01 %	–10,01 %
roof_area_to_usable_area +10 %	0,00 %	0,00 %	10,02 %	10,03 %
theoretical_to_real_reduction_factor +10 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	10,00 %
theoretical_to_real_reduction_factor –10 %	0,00 %	0,00 %	–0,03 %	–10,03 %
usable_area_to_module_area –10 %	0,00 %	0,00 %	10,01 %	10,02 %
usable_area_to_module_area –10 %	0,00 %	0,00 %	–10,01 %	–10,01 %
flat_roof_share –10%	0,00%	0,97 %	3,57 %	2,77 %
flat_roof_share +10 %	0,00 %	–0,50 %	–1,80 %	–1,39 %
unsuitable_structural_shares +10 %	0,00 %	0,00 %	–1,39 %	–1,42 %
unsuitable_structural_shares –10 %	0,00 %	0,00 %	1,39 %	1,43 %
roof_slope_deg –10%	0,00 %	–2,21 %	–2,66 %	–2,51 %
roof_slope_deg +10 %	0,00 %	2,62 %	3,20 %	3,03 %

greenventory GmbH (2023)

Die wesentlichen Erkenntnisse, die aus diesen Untersuchungen gewonnen werden können, sind, dass der Einfluss der Zufallszahlen vernachlässigbar ist, da es einige Parameter gibt, die sich linear auf die Ergebnisse auswirken, sowie einige Parameter, die nur eine geringe Rolle spielen. Keiner der Parameter wirkt sich stärker als linear auf die Ergebnisse aus.

Quellen

OpenStreetMap contributors (OSM 2023): *OpenStreetMap.* Abrufbar unter: https://www.openstreetmap.org, Datenzugriff über Overpass API, Stand Juni 2023

European Environment Agency (EEA): *Corine Land Cover (CLC) 2018* (CLC 2018). Abrufbar unter: https://land.copernicus.eu/en/products/corine-land-cover

Statistische Ämter des Bundes und der Länder (Zensus 2011): *Ergebnisse des Zensus 2011 zum Download – erweitert.* Abrufbar unter: https://www.zensus2011.de/DE/Home/Aktuelles/DemografischeGrunddaten.html

Bundesnetzagentur (MaStR 2023): *Marktstammdatenregister* Abrufbar unter: https://www.marktstammdatenregister.de/MaStR

World Bank Group (GSA 2023): *Global Solar Atlas 2.0*. Abrufbar unter: https://globalsolaratlas.info

solarfind 2023: Ausgewählte Projekte und Referenzen des Produkts *solarfind* der greenventory GmbH. Abrufbar unter: https://solarfind.de/referenzen/

K. Bodis et al. (Bodis 2019): *A high-resolution geospatial assessment of the rooftop solar photovoltaic potential in the European Union.* RENEWABLE and SUSTAINABLE ENERGY REVIEWS, ISSN 1364-0321, 114, 2019, p. 109309, JRC113070.

K. Mainzer et al. (Mainzer 2014): *A high-resolution determination of the technical potential for residential-roof-mounted photovoltaic systems in Germany*. Solar Energy, 105 (2014), pp. 715-731

Gespräch Knappe 2023: Telefonat mit Guido Knappe (Land Baden-Württemberg) am 19.07.2023

1. Expertenworkshop 2023: Expertenworkshop *Projektierung,* durchgeführt durch Agora Energiewende und greenventory am 19.07.2023 mit Unterstützung durch Markus Bechler (BayWa r.e.-Gruppe), Dr.-Ing. Jochen Link (KWA Contracting AG)

2. Expertenworkshop 2023: Expertenworkshop *Wissenschaft,* durchgeführt durch Agora Energiewende und greenventory am 09.08.2023 mit Unterstützung durch Prof. Dr. rer. pol. Wolf Fichtner (Karlsruher Institut für Technologie KIT – IIP), Prof. Dr. Russell McKenna (ETH Zürich/Paul Scherrer Institut PSI), Heiko Reckert (ZIA Zentraler Immobilien Ausschuss e. V.)

Wir danken den Experten herzlich für ihre fachliche Unterstützung der Studie!

Anhang 1: Verwendete Parameter zur Bestimmung der PV-Potenziale

Parametername	Beschreibung	Wert(e)
flat_roof_share	Anteil der Gebäude mit Flachdächern	10,37 % –100 %, in Abhängigkeit von der Gebäudefläche
unsuitable_structural_shares	Anteil der Gebäude, die aus statischen Gründen nicht für PV geeignet sind	10 %–20 % in Abhängigkeit von Gebäudefläche, Gebäudealter, Dachtyp
unsuitable_too_small_footprint_m2	Gebäudefläche, die als zu klein für PV gilt	50 m²
eastwest_share	Anteil der in Ost-West-Richtung orientierten Flachdächer	38 %
roof_slope_deg	Dachneigung in Grad	5° für Flachdächer, 35° für geneigte Dächer
roof_area_to_usable_area	Verhältnis von Dachfläche zu nutzbarer Fläche	75 % für Flachdächer, 60 % für geneigte Dächer
usable_area_to_module_area	Verhältnis von nutzbarer Fläche zu Modulfläche	35 % für Flachdächer, 65 % für geneigte Dächer
installable_power_per_module_area_kwp_per_m2	Leistung pro Quadratmeter Modulfläche	0.205 k Wp/m²
orientation_share	Anteil der Flächen je Ausrichtungskategorie	(Gleichverteilung über alle Himmelsrichtungen)
theoretical_to_real_reduction_factor	Leistungsreduktionsfaktor von theoretisch zu praktisch erreichbaren Volllaststunden zur Berücksichtigung von Zelldegradation, erhöhten Temperaturen, Verfügbarkeit, etc.	ca. 95 %
pv_performance_performance_kwh_per_kwp	rel. Volllaststunden je Ausrichtungskategorie	1096–556 in Abhängigkeit von der Ausrichtung

Impressum

Begleitdokumentation zur Analyse "Solarstrom vom Dach: Das Energiwendepotenzial von Deutschlands Gebäuden" im Auftrag von

Agora Energiewende
Smart Energy for Europe Platform (SEFEP) gGmbH
Anna-Louisa-Karsch-Straße 2
10178 Berlin, Deutschland
T +49 (0) 30 7001435-000
F +49 (0) 30 7001435-129
www.agora-energiewende.de
info@agora-energiewende.de

Projektpartner
greenventory GmbH
Georges-Köhler-Allee 302
79110 Freiburg
T +49 (0)761 7699 4160
www.greenventory.de
info@greenventory.de

Projektleitung
Dr.-Ing. Kai Mainzer (greenventory GmbH)
Katharina Hartz (Agora Energiewende)

Version: 1.1, November 2023