



Abschlussdokumentation

Standortanalyse und Potenzialberechnung für
Photovoltaik- und thermische Solaranlagen
für die Bundesstadt Bonn

Bundesstadt Bonn
Amt für Umwelt, Verbraucherschutz und lokale Agenda
– Stadthaus –
Berliner Platz 2
53111 Bonn

Bearbeitet durch:

IP SYSCON GmbH
Westerbreite 7
49084 Osnabrück



Stand 07.06.2017

Inhalt

1	Ausgangssituation	3
2	Plangebiet	4
3	Datengrundlage.....	5
4	Bewertungskriterien	6
4.1	Einstrahlungs- und Verschattungsanalyse.....	6
4.2	Photovoltaik.....	6
4.3	Solarthermie	8
4.3.1	Eignung zur Warmwasserbereitung	8
4.3.2	Eignung zur Heizungsunterstützung.....	9
5	Berechnungsergebnisse	10
5.1	Solarpotenzialanalyse	10
6	Sachdateninformationen	14

1 AUSGANGSSITUATION

Die Stadt Bonn verfügte über ein im Jahr 2009 erstelltes Solardachkataster, dessen Datengrundlage aus dem Jahr 2007 stammt. Seit 2016 stehen neue Laserscan-Höhendaten sowie Gebäudedaten zur Verfügung. Ziel des Projektes ist es, mittels dieser neuen Daten sowie veränderter Bewertungskriterien eine Neubewertung des Solarpotenzials der Dachflächen für die Stadt Bonn zu liefern.

Eine Veränderung der Bewertungskriterien für die Eignung einer Dachfläche für Photovoltaik- und thermische Solaranlagen ist mit der aktuellen gesetzlichen Lage zu erklären. Vor dem Hintergrund der vom Gesetzgeber vorgesehenen Deckelung des Photovoltaik-Zubaus und der damit stetig sinkenden gesetzlichen Einspeisevergütungen wird der Eigenverbrauch des produzierten Photovoltaik-Stromes zunehmend attraktiver. Die Stromgestehungskosten aus Photovoltaik liegen nicht zuletzt aufgrund gesunkener Modulpreise unter den Strombezugskosten aus dem Netz. Bisher orientierte sich die Einstufung der Eignung fast ausschließlich an der auftreffenden Strahlungsmenge. Die zunehmende Bedeutung des Eigenstromverbrauchs führt dazu, dass auch Anlagen mit Ost-Westausrichtung trotz spezifisch geringerem Gesamtertrag durchaus wirtschaftlich betrieben werden können. Das gilt analog auch für solarthermische Anlagen. Bei der bisher gängigen Betrachtungsweise wurde eine solare Nutzung solche Dächer möglicherweise wegen zu geringer Ertragserwartung verworfen. Die Eignung dieser Dächer ist im Rahmen dieses Projekts neu bewertet worden.

Die Standortanalyse und Potenzialberechnung wurde auf der Grundlage von hochaufgelösten Laserscandaten für Solaranlagen durchgeführt. Die Potenzialanalyse bezieht sich dabei auf die Standortfaktoren wie Neigung, Ausrichtung, Verschattung und solare Einstrahlung. Die Berechnung dieser Faktoren erfolgt über ein digitales Oberflächenmodell (DOM).

Diese 3-dimensionale Analyse bietet zahlreiche Vorteile gegenüber 2-dimensionalen Methoden zur Ermittlung des Solarpotenzials. Sie ermöglicht beispielsweise eine genaue Berechnung der solaren Einstrahlung und hoher Abschattung durch umliegende Gebäude und Vegetation. Dabei wird durch Berücksichtigung zahlreicher Sonnenstände über den Tages- und Jahreslauf die direkte und die solare Einstrahlung errechnet. Starke Minderung der direkten Einstrahlung führt zur Ausweisung von verschatteten Dachflächenbereichen, die für die Nutzung von Solarenergie ungeeignet sind.

Bautechnische Faktoren wie der Zustand und die Statik des Daches bzw. Gebäudes können auf dieser Datengrundlage nicht erfasst werden. Sie müssen im Einzelnen durch eine gesonderte fachmännische Prüfung erfolgen. Plan eingefasste Dachfenster werden bei der Stereoluftbilddauswertung nicht separat erfasst und sind dementsprechend in der Berechnung nicht berücksichtigt.

Die Ergebnisse der Analyse sollen beispielsweise als Basis für weitergehende Energieberatungen dienen. Neben positiven Effekten für die regionale Wirtschaft durch Mobilisierung potenzieller Investitionsvolumina wird eine Einsparung des klimaschädlichen Treibhausgases CO₂ angestrebt. Im Rahmen einer klimaverträglichen Energieerzeugung kann die Nutzung von Solarenergie eine bedeutende Rolle einnehmen.

2 PLANGEBIET

Das Untersuchungsgebiet Bundesstadt Bonn umfasst insgesamt 141 km² mit etwa 319.000 Einwohnern und ca. 129.000 Gebäuden.



Abbildung 1: Übersicht Untersuchungsgebiet

3 DATENGRUNDLAGE

Laserscandaten

Grundlage der Solarpotenzialanalyse sind Laserscandaten aus einer Befliegung vom Frühjahr 2016 mit einer Punktdichte von 1 bis 4 Pkt/m². Grundlage der Berechnung ist ein 0,5 x 0,5 m-Raster des Oberflächenmodells.

Gebäudegrundrisse

Zur Lokalisierung der Gebäude wurden die Gebäudeumrisse aus dem Liegenschaftskataster mit Stand 31.08.2016 verwendet. Die Gebäudeumrisse geben die Gebäudeaußenmauern des Hauses an. Dachüberstände sind darin nicht berücksichtigt.

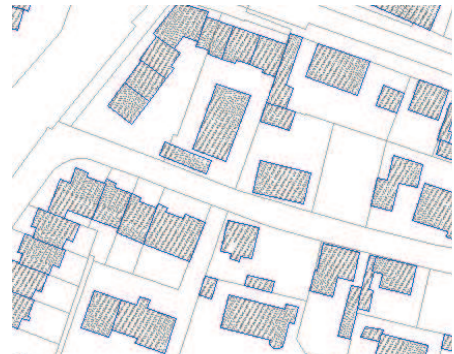


Abbildung 2: Auszug aus der ALK

4 BEWERTUNGSKRITERIEN

4.1 EINSTRALUNGS- UND VERSCHATTUNGSANALYSE

Im Zuge der Einstrahlungsanalysen werden die solare Einstrahlung und deren Anteil direkter Einstrahlung ermittelt. Die solare Einstrahlung ist ausschlaggebend für die Wirtschaftlichkeit der solaren Nutzung. Über eine Ganzjahreseinstrahlungsanalyse ist es möglich, die Jahressumme der solar nutzbaren Strahlung genau zu ermitteln. Mittels einer Einstrahlungsanalyse für die Heizperiode kann die Summe der solar nutzbaren Strahlung für die Monate Oktober bis April ermittelt werden.

Über die direkte Einstrahlung wird die Abschattung errechnet. Starke Minderung der direkten Einstrahlung bzw. ein hoher Anteil der diffusen Einstrahlung deutet auf stark abgeschattete Bereiche hin. Diese können durch Bäume, angrenzende Gebäude, Dachaufbauten oder Geländeerhöhungen verursacht werden. Auch nördlich ausgerichtete Dachflächen erreichen je nach Neigungswinkel keine direkte Sonneneinstrahlung. Stark abgeschattete Dachflächenbereiche ab einer Minderung der Strahlung um mehr als 10 % werden als ungeeignete Bereiche aus der Berechnung heraus genommen. Geringere Abschattungen mindern die solare Einstrahlung und fließen in die Solarpotenzialberechnung mit ein. Die Einstrahlungsanalyse wird anhand von örtlichen Strahlungsdaten an lokale Verhältnisse angepasst. Zu Grunde gelegt wird der Globalstrahlungswert für die Stadt Bonn im 30 jährigen Mittel (1981 - 2010), der auf eine horizontale Fläche auftrifft (1033 kWh/a) [ausgegeben vom DWD].

Für Photovoltaik geeignete Flächen leiten sich von einem Einstrahlungswert von mindestens 828 kWh/(m²a) ab (70 % prozentualer Einstrahlungsanteil). Für Solarthermie zur Warmwasserbereitung werden geeignete Flächen ebenfalls ab einem Einstrahlungswert von 828 kWh/(m²a), was einem prozentualen Einstrahlungsanteil von 70 % entspricht, ausgewiesen. Für Solarthermie zur Heizungsunterstützung eignen sich Flächen ab einem Einstrahlungswert in der Heizperiode (01.10. – 30.04.) von 828 kWh/(m²a) (70 % prozentualer Einstrahlungsanteil).

4.2 PHOTOVOLTAIK

Für positiv beurteilte Standorte von PV-Anlagen erfolgt die Berechnung des potenziellen Stromertrags, der damit einhergehenden CO₂-Einsparung eines jeden Daches in kg pro Jahr und der möglichen zu installierenden kWp-Leistung. Die dieser Berechnung zugrunde liegenden Größen für die Ermittlung der einzelnen Kennwerte zur Nutzung von Photovoltaikanlagen stellen eine Momentaufnahme der Marktsituation dar. Wirkungsgrade, Preise und Installationskosten für PV-Module können sich durch Faktoren wie technische Neuerungen, Produktionskosten, Nachfrage und Angebot sowie regionale Preisdisparitäten während der Projektphase verändern. Mit der Berechnung dieser Anlagen-Kenngrößen ist die Möglichkeit gegeben, für jedes Dach eine Wirtschaftlichkeitsanalyse unter Berücksichtigung der aktuellen Werte für Modulwirkungsgrade, Anlagenkosten, Einspeisevergütung und Finanzierungsbedingungen durchzuführen.

PV-Modulwirkungsgrad

Für die Berechnung des potenziell zu erwirtschaftenden Stromertrags wurden drei unterschiedliche Wirkungsgrade von PV-Modulen zu Grunde gelegt. Dies sind 15% Wirkungsgrad, 12% Wirkungsgrad und 9% Wirkungsgrad.

CO₂-Einsparung

Die Berechnung basiert auf dem CO₂-Äquivalentwert von 0,62 kg/kWh. Berücksichtigt wurde die produktionsbedingte CO₂-Emission, die nach Angaben des IFEU aus 2014 für Photovoltaikanlagen Anlagen bei 0,1 kg/kWh liegt. Demnach wurde die CO₂-Einsparung für eine Anlage mit 0,52 kg/kWh berechnet. Die Ergebnisse der Stromertragsberechnung bilden die Grundlage für die mögliche CO₂-Einsparung.

kWp-Leistung

Für die als Nennleistung von Photovoltaikanlagen bezeichnete Kilowatt-Leistung wurden für eine 15%-Wirkungsgrad-Anlage 6,7 m² pro kWp, für eine 12%-Wirkungsgrad-Anlage 8,2 m²/kWp und für eine 9% Wirkungsgrad-Anlage 11 m² zu Grunde gelegt. In der Spalte „kW“ wird auf Flachdächern von einer Aufständigung der Module ausgegangen.

kWh pro kWp

Berechnet wurde der spezifische Stromertrag in kWh pro kWp.

Performance Ratio

Der Qualitätsfaktor – auch als „Performance Ratio“ bezeichnet – beschreibt das Verhältnis von Wechselstromertrag und nominalem Generatorgleichstromertrag. In der Berechnung des Bonner Solarkatasters wird ein Wert von 0,75 angenommen.

Neigung und Ausrichtung

Die potenziellen Solarerträge sind von der Dachneigung und der Dachflächenausrichtung abhängig. Der optimale Dachneigungswinkel ergibt sich erst aus der geplanten Nutzung der Solarenergie für Solarthermie oder Photovoltaik sowie aus dem jeweiligen Kollektortyp. Bei Südausrichtung der Dachfläche kann abhängig des Neigungswinkels bis zu 100 % der auftreffenden Solareinstrahlung genutzt werden, bei Ost- oder Westausrichtung, abhängig vom Neigungswinkel, ca. 60 - 87 %.

Eignung

Das Ergebnis dachteilflächenscharf weist die Flächen aus, die ein Solarenergiepotenzial von 100% bis 70 % der maximalen Einstrahlungsenergie in der Stadt Bonn aufweisen und damit geeignet sind. Zudem sind die restlichen Dachflächenbereiche als ungeeignet klassifiziert. Für die PV-Nutzung geeignete Dachflächenbereiche sind mindestens 7 m² für geneigte Dächer an Modulfläche (3D-Fläche) groß. Bei Flachdächern wird angenommen, dass bei einer Aufständigung nach Süden 40 % der Fläche genutzt werden können. Bei nach Osten und Westen aufgestellten Modulen kann aufgrund der flacheren Installation 80 % der Fläche genutzt werden. Flachdächer müssen daher mindestens eine Größe von 8,75 m² aufweisen, um als geeignet eingestuft zu werden.

Klassifizierung in Eignungsstufen:

- geeignet, ≥ 70 % der in der Stadt Bonn möglichen Solarstrahlung (entspricht einem Einstrahlungswert von ≥ 828 kWh/(m²a))
- nicht ermittelt, < 70 % der in der Stadt Bonn möglichen Solarstrahlung (entspricht einem Einstrahlungswert von unter 828 kWh/(m²a))

4.3 SOLARTHERMIE

Wirkungsgrad

Das Energiepotenzial der Solarthermienutzung wird als Wärmemenge pro m² der errechneten Kollektorfläche ausgegeben. Zugrunde gelegt ist hier ein mittlerer Wirkungsgrad von 50 %. Dies entspricht der Leistungsfähigkeit eines Flachkollektors.

CO₂-Einsparung

Die CO₂-Einsparsumme für eine Thermieanlage wird mit 0,225 kg CO₂ / kWh berechnet. Darin ist die Vorkette nach IFEU 2014 für einen Thermie-Flachkollektor bereits berücksichtigt. Die Berechnung der Einsparung erfolgt gegenüber dem Energieträger Erdgas. Im Online-Rechner kann der Nutzer sich die Einsparung gegenüber dem bisher genutzten Energieträger individuell berechnen lassen.

4.3.1 Eignung zur Warmwasserbereitung

Grundsätzlich sind alle Flächen, die für PV-Anlagen geeignet sind, auch für thermische Solaranlagen zur Warmwasserbereitung geeignet. Für die Thermienutzung geeignete Dachflächenbereiche verfügen über ein Solarpotenzial von 100 % bis 70 % Einstrahlungsenergie.

Es werden über die Ausweisung von geeigneten Standorten für PV-Anlagen hinaus weitere Standorte berechnet, die aufgrund dieser Parameter nur für die Installation von thermischen Anlagen wirtschaftlich genutzt werden können. Für die Nutzung thermischer Anlagen wurde eine Mindestflächengröße von 5 m² (geneigtes Dach) zu Grunde gelegt. Flachdächer müssen bei Aufständigung der Module mindestens 12,5 m² für die Solarthermie-Nutzung aufweisen. Die Wärmemenge wird pro m² der errechneten Kollektorfläche ausgegeben.

Es erfolgt eine zweistufige Klassifizierung:

- geeignet: ≥ 70 % der in der Stadt Bonn möglichen Solarstrahlung (entspricht einem Einstrahlungswert von ≥ 828 kWh/(m²a))
- nicht ermittelt: < 70 % der in der Stadt Bonn möglichen Solarstrahlung (entspricht einem Einstrahlungswert von unter 828 kWh/(m²a))

4.3.2 Eignung zur Heizungsunterstützung

Für thermische Solaranlagen zur Heizungsunterstützung sind steilere Aufstellwinkel optimal. Es ergeben sich gerade in der kalten Jahreszeit (bei niedrigem Sonnenstand) bzw. in der Heizperiode höhere Erträge. Geeignete Dachflächenbereiche verfügen über ein Solarpotenzial von 100 % bis 70 % Einstrahlungsenergie.

Für die Nutzung thermischer Anlagen zur Heizungsunterstützung wurde eine Mindestflächengröße von 5 m² (geneigtes Dach) zu Grunde gelegt. Flachdächer müssen bei Aufständigung der Module mindestens 12,5 m² für die Solarthermie-Nutzung zur Heizungsunterstützung aufweisen.

Es erfolgt eine zweistufige Klassifizierung:

- geeignet: ≥ 70 % der in der Stadt Bonn möglichen Solarstrahlung während der Heizperiode (entspricht einem Einstrahlungswert von ≥ 828 kWh/m²)
- nicht ermittelt: < 70 % der in der Stadt Bonn möglichen Solarstrahlung während der Heizperiode (entspricht einem Einstrahlungswert von unter 828 kWh/m²)