



## Solarpotentialanalyse Berlin – Datendokumentation

Die Bestimmung der jährlichen solaren Einstrahlung auf den Dachflächen von Berlin erfolgte mit dem vom Ingenieurbüro simuPLAN entwickelten Strahlungsmodell **simuSOLAR**.

### STANDORTFAKTOREN

Für die solarenergetische Eignung von Dachflächen sind folgende Parameter entscheidend:

- Größe, Neigung und Ausrichtung von Dachflächen
- Verschattung
- Globalstrahlung (effektiv und potentiell)

### Größe, Neigung und Exposition von Dachflächen

Die Neigung und Ausrichtung von Dachflächen werden auf der Grundlage eines aus Laserscandaten generierten Oberflächenmodells bestimmt. Aus der Sondierung gleichartig ausgerichteter und geneigter Bereiche innerhalb von Gebäudegrundrissen werden geometrisch zusammen gehörige Dachflächen gebildet und größenmäßig bestimmt.

### Verschattung

Teilverschattungen von Photovoltaikanlagen können zu empfindlichen Ertragseinbußen führen. Die Minderung der solaren Direkteinstrahlung aufgrund von Verschattungen durch Bäume, umliegende Gebäude und Dachaufbauten erfolgt mittels Sonnenstandsbestimmung und Ermittlung von Horizontlinien. Die zeitliche Variation des Schattenwurfes wird für jeden Tag des Jahres mit einer zeitlichen Auflösung von 5 Minuten ermittelt. Durch einen Vergleich der effektiven und der potentiellen jährlichen Direkteinstrahlung wird das Ausmaß von Verschattungseffekten exakt bestimmt. Bereiche mit Minderungen der jährlichen Direkteinstrahlung von mehr als 10% werden für Photovoltaikanlagen als ungeeignet eingestuft.

## Globalstrahlung

Die Bestimmung der jährlichen Globalstrahlung erfolgt auf der Grundlage einer repräsentativen Strahlungszeitreihe, die Stundenwerte der diffusen und direkten Einstrahlung enthält.

Für eine horizontale Fläche resultiert für Berlin eine Globalstrahlung von  $1.010 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ . Für eine optimal nach Süden ausgerichtete, unverschattete Fläche ergibt sich ein Maximalwert der jährlichen solaren Einstrahlung von  $1.133 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ .

## DATENGRUNDLAGEN

Die Untersuchungen erfolgten für das gesamte Stadtgebiet von Berlin (ca.  $892 \text{ km}^2$ ). Genutzt wurden hierfür Orthofotos und ALK-Gebäudegrundrisse sowie ein räumlich hochaufgelöstes Oberflächenmodell, welches aus einer Laserbefliegung des Landes Berlin im Jahre 2007 (Auflösung  $4 \text{ Punkten}/\text{m}^2$ ) generiert wurde.

## BERECHNUNGSGRUNDLAGEN

### PV-Wirkungsgrad

Zur Abschätzung des zu erzielenden Stromertrages wurde ein Modulwirkungsgrad von 15% und ein mittlerer Anlagenwirkungsgrad (Performance Ratio) von 80% angenommen.

### Stromertrag

Der spezifische Stromertrag pro  $\text{m}^2$  Photovoltaik-Modul lässt sich aus dem oben genannten PV-Wirkungsgrad und der Jahressumme der Globalstrahlung QSJ wie folgt abschätzen:

$$\text{Spezifischer Stromertrag} = 0,8 \cdot 0,15 \cdot \text{QSJ} [\text{kWh}/[(\text{m}^2 \cdot \text{a})]]$$

Multipliziert man den spezifische Stromertrag mit der Flächengröße der PV-Anlage, so erhält man den jährlichen Stromertrag.

*Beispiel:* Für eine PV-Anlage mit  $40 \text{ m}^2$  Modulfläche und einer jährlichen solaren Einstrahlung von  $1.080 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$  ergibt sich ein Stromertrag von  $0,8 \cdot 0,15 \cdot 40 \cdot 1.080 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a}) = 5.184 \text{ kWh/a}$

### **CO<sub>2</sub>-Einsparung**

Die Berechnung des CO<sub>2</sub>-Einsparpotenzials erfolgt auf dem bundesdeutschen CO<sub>2</sub>-Äquivalent Wert von 0,624 kg/kWh (Quelle: BMU 2007). Die Ergebnisse der Stromertragsberechnung bilden die Grundlage für die Bestimmung der möglichen CO<sub>2</sub>-Einsparung.

Für Solarthermieanlagen wurde auf eine Angabe der CO<sub>2</sub>-Einsparung verzichtet, weil diese in starkem Maße von der Nutzung und dem jeweiligen Primärenergiebedarf bei der Warmwassererzeugung (Heizung, Brauchwasser) abhängt.

### **PV-Peakleistung**

Die elektrischen Kenndaten von Photovoltaikmodulen werden aus Vergleichsgründen unter standardisierten Testrandbedingungen ("STC=standard test conditions") gemessen. Hierbei beträgt die senkrechte Einstrahlung 1000 W/m<sup>2</sup> und die Temperatur 25°C. Die so ermittelte Peakleistung wird in Wp (Watt,peak) bzw. kWp (kWatt,peak) angegeben. Bei einem Modulwirkungsgrad von 15% ergibt sich bei einer PV-Fläche von 7 m<sup>2</sup> in etwa eine Peakleistung von 1 kW.

### **Investitionsvolumen**

Das Investitionsvolumen wurde unter der Annahme eine Peakleistung von 1 kW pro 7 m<sup>2</sup> Modulfläche und Berücksichtigung spezifischer Kosten von 3.500 € pro kW Peakleistung abgeschätzt. Diese Daten werden aktualisiert und an sich ändernde Bedingungen angepasst.

Ein integrierter Ertragsrechner ermöglicht eine individuelle Kalkulation, die Erträge und Kosten in Relation setzt. Durch Eingabe von Modulfläche, Modulkosten, Laufzeiten, Zins- und Vergütungssätzen wird eine erste Einschätzung gegeben.

### **ERGEBNISDATEN**

Dargestellt werden alle Gebäude, die für die Nutzung von PV und/oder Solarthermie geeignet sind.

#### **Photovoltaik**

Gering verschattete Dachflächen mit einer Mindestgröße von 15 m<sup>2</sup> (Schrägdach) bzw. 40 m<sup>2</sup> (Flachdach) mit einer jährlichen Einstrahlung von mehr als 80% des potentiellen Maximalwertes sind prinzipiell für PV geeignet.

Bei der Bestimmung des Ertrages und der Flächengröße wird bei Flachdächern bereits eine optimale Aufständigung der Module berücksichtigt. Aus den zur Vermeidung von Verschattungsverlusten notwendigen Mindestabständen der Modulreihen kann die installierbare Modulfläche mit 40% der geeigneten Dachfläche abgeschätzt werden.

### **Klassifizierung in Eignungsstufen**

Dachflächen, die für PV geeignet sind (Eignungsflächen), werden in verschiedene Eignungsklassen eingruppiert.

- Sehr gut geeignet, > 95% der in Berlin maximal möglichen Jahreseinstrahlung
- Gut geeignet: 90 - 95% der in Berlin maximal möglichen Jahreseinstrahlung
- Bedingt geeignet: 80 - 90% der in Berlin maximal möglichen Jahreseinstrahlung

Die Eignungsstufe eines Gebäudes wird wie folgt bestimmt:

Liegen alle Eignungsflächen eines Gebäudes in einer Eignungsstufe, so wird diese Eignungsstufe auf das Gebäude übertragen.

Wurden für das betreffende Gebäude Eignungsflächen mit unterschiedlichen Eignungsstufen ermittelt, so entspricht die Eignungsstufe des Gebäudes der Eignungsstufe mit dem größten Flächenanteil. Sind beispielsweise 6 m<sup>2</sup> der Teildachflächen des Gebäudes gut und 20 m<sup>2</sup> der Teildachflächen des Gebäudes sehr gut geeignet, so wird das Gebäude als sehr gut geeignet ausgewiesen.

### **Solarthermie**

Für solarthermische Anlagen sind Dachflächen geeignet, deren jährliche Einstrahlung mehr als 80% des Maximalwertes beträgt. Für eine sinnvolle solarthermische Nutzung muss die Minstdachfläche 5 m<sup>2</sup> (geneigte Dächer) bzw. 15 m<sup>2</sup> (Flachdächer) betragen.

Der optimale Aufstellwinkel von solarthermischen Anlagen richtet sich nach der vorrangigen Nutzung. Steilere Neigungswinkel führen beispielsweise in der kalten Jahreszeit und den dann niedrigen Sonnenständen zu höheren Erträgen, so dass solarthermische Anlagen bei guter Dämmung und niedrigen Heizvorlauftemperaturen einen wirksamen Heizbeitrag leisten können. Da die Eignung von Thermieflächen stark nutzungsabhängig ist, wird hier keine Klassifizierung in Eignungsstufen vorgenommen.

## BERECHNUNGSERGEBNISSE

Die Solarpotenzialanalyse wurde für 559.626 Gebäude ausgewertet.

Hiervon sind 218.249 Gebäude für PV-Nutzung geeignet. Das aus den Auswertungen resultierende Solarpotenzial ist in der Tabelle 1 zusammen gestellt:

Tab. 1: Solarpotenzial Berlin

Eignung	Gebäude	PV-Modulfläche [km <sup>2</sup> ]	Peak-Leistung [MW]	Stromertrag [GWh/a]	CO <sub>2</sub> -Einsparung [Tt/a]	Investitionsvolumen [Milliarden €]
Sehr gut	111.644	13,22	1.931,10	1.787,75	1.115,56	6,76
Gut	51.805	4,19	597,87	523,70	326,79	2,09
Bedingt	54.798	5,32	759,97	634,95	396,21	2,66
<b>Gesamt</b>	<b>218.249</b>	<b>23,02</b>	<b>3.288,93</b>	<b>2.946,41</b>	<b>1.838,56</b>	<b>11,51</b>

Die Werte der Tabelle 1 können im 2D-Auskunftssystem und im Solaratlas in Google Earth für jedes Einzelgebäude abgefragt werden.

Für Solarthermie geeignet sind 352.850 Gebäude. Die installierbare Fläche beträgt 30,81 km<sup>2</sup> bei einem möglichen Wärmeertrag von 11.355,89 GWh/a.

Quelle: simuPLAN  
Stand: Februar 2011