

Bericht zum Energie-Projekt: Solarstromprognose Wintersemester 2013/14

Ramon Bernert

Januar 2014

1 Einleitung

Die EEG-Stammdaten enthielten zu jeder Anlage die Eigenschaft „Leistung“. Diese Kennzahl bezeichnet die installierte bzw. maximale elektrische Leistung, die durch die entsprechende Anlage unter optimalen Bedingungen geliefert werden kann. Zu diesen optimalen Bedingungen gehören insbesondere bei den erneuerbaren Energien der Standort und die Wettereinflüsse. Da im normalen Betrieb diese Bedingungen nie bzw. sehr selten erfüllt sind, weicht die tatsächlich eingespeiste Leistung zum Teil erheblich von der maximal möglichen Leistung ab. Da die Vergütung der Anlagenbetreiber über die wirklich eingespeiste Leistung berechnet wird und die Netzbetreiber die Menge der ein- und ausgespeisten Energie im Gleichgewicht halten müssen, um die Stromversorgungsnetze stabil zu halten, haben diese ein besonderes Interesse, die eingespeiste Leistung zu prognostizieren, damit evtl. auftretende Über- bzw. Unterproduktion am Besten schon im Voraus eingeplant und durch entsprechende Regelenergie abgefangen werden kann. Deshalb wurden für die verschiedenen Energieträger zahlreiche Modelle entwickelt, um mit Hilfe von Wetterprognosen diese Leistung vorherzusagen.

Auch innerhalb unserer Projektgruppe kam nach den ersten Treffen recht schnell die Frage auf, wie viel elektrische Leistung eine Anlage in Zukunft einspeisen wird. Da die innerhalb unseres Projekts vorliegenden Daten zu einem großen Teil Daten zu Photovoltaikanlagen enthielten, beschränke ich mich bei den weiteren Ausführungen auf Prognosen für den Solarstrom.

2 Solarstromprognose

2.1 Allgemein

Die Solarstromprognose bezeichnet die Vorhersage der elektrischen Leistung einer Photovoltaikanlage (PV-Anlage) im Verlauf der nächsten Tage. Die wichtigsten Einflussfaktoren sind die eintreffende Strahlung der Sonne auf die Erde sowie die Aufstellungsrichtung, der Neigungswinkel und die Art der PV-Anlage. Mittlerweile haben sich viele Anbieter von Solarstromprognosen innerhalb der Energiewirtschaft etabliert, welche aber die zugrunde liegenden Modelle weder veröffentlichen oder gar dokumentieren. Das Institute of Energy and Transport (IET) der Europäischen Kommission stellt jedoch das *Photovoltaic Geographical Information System* (PVGIS) öffentlich zur Verfügung. Dieses System ermöglicht durch Eingabe der oben

genannten Parameter eine einfache monatliche Leistungsprognose. Dabei werden die ablaufenden Berechnungen zu einem Großteil gut dokumentiert dargestellt.

2.2 Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS)

Das grundlegende mathematische Modell des PVGIS beruht auf folgender Formel, wobei P die tatsächlich abgegebene Leistung bezeichnet:

$$P = \frac{G(\alpha, \beta)}{1000} P_{pk} \text{eff}_{rel}(G(\alpha, \beta), T_m).$$

Dabei steht $G(\alpha, \beta)$ für die Globalstrahlung der Sonne unter Berücksichtigung des Azimuts α und des Neigungswinkels der Aufstellfläche β . Der Azimut ist dabei der nach der Himmelsrichtung orientierte Horizontalwinkel. Die Globalstrahlung setzt sich aus folgenden Komponenten zusammen:

$$G(\alpha, \beta) = I(\alpha, \beta) + D(\alpha, \beta) + R(\alpha, \beta).$$

Die Direktstrahlung $I(\alpha, \beta)$ bezeichnet die direkt auf die Erdoberfläche auftreffende Sonnenstrahlung, während die Diffusstrahlung $D(\alpha, \beta)$ jegliche Sonnenstrahlung beinhaltet, welche durch die Erdatmosphäre diffus gestreut wird. $R(\alpha, \beta)$ fasst die reflektierte Strahlung von der Erdoberfläche zusammen.

Die Kenngröße P_{pk} beschreibt die im Photovoltaik-Bereich übliche, aber nicht normgerechte, abgegebene elektrische Leistung unter Standard-Testbedingungen. Diese Angabe wird üblicherweise bei jeder PV-Anlage genannt und ist abhängig von der Fläche und dem Wirkungsgrad des Solarmoduls. Die Standard-Testbedingungen umfassen die Zelltemperatur (25°C), die Bestrahlungsstärke $1000 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$ und das Sonnenlichtspektrum $AM = 1.5$.

Die Einflussgröße $\text{eff}_{rel}(G(\alpha, \beta), T_m)$ bezeichnet den relativen Wirkungsgrad, wovon der Umgebungstemperatur und der verwendeten PV-Technologie abhängt. Mathematisch wird diese Größe wie folgt beschrieben:

$$\begin{aligned} \text{eff}_{rel}(G(\alpha, \beta), T_m) = & l + k_1 \ln(G') + k_2 \ln(G')^2 + k_3 T_m + k_4 T_m \ln(G') \\ & + k_5 T_m \ln(G')^2 + k_6 T_m^2. \end{aligned}$$

Dabei fließt in T_m die Umgebungstemperatur T_{amb} , die Globalstrahlung $G(\alpha, \beta)$ und die Art der Errichtung k_T ein:

$$T_m = T_{amb} + k_T G(\alpha, \beta) - 25^\circ\text{C}.$$

Der Koeffizient k_T beträgt bei einer freistehenden Anlage $k_T = 0.035 \frac{^\circ\text{C}}{\text{W m}^2}$ und bei der Errichtung auf einem Dach $k_T = 0.05 \frac{^\circ\text{C}}{\text{W m}^2}$. Dieser Unterschied entsteht durch die unterschiedliche Qualität der Belüftung der Anlage. Um eine freistehende Anlage kann die Luft besser zirkulieren, dadurch erhitzt sich das Solarmodul weniger stark. Die Temperatur eines Moduls ist ein wesentlicher Einflussfaktor auf den Wirkungsgrad der ablaufenden Prozesse.

Der Parameter G' lässt sich einfach durch $G' = \frac{G}{1000}$ beschreiben.

Die Koeffizienten k_1, \dots, k_6 sind abhängig davon, ob die PV-Anlage aus kristallinen Siliziumzellen oder aus Dünnschicht-Modulen besteht, wobei hier die verwendeten Werkstoffe Einfluss

haben. Diese Parameter wurden experimentell bestimmt, sind aber leider nicht dokumentiert und können deshalb nicht näher erläutert werden.

Die Kennzahl l bezeichnet die witterungsunabhängigen Verluste, welche durch Wechselrichter, weitere Elektronik und Leitungen hervorgerufen werden.

Die Globalstrahlung bezieht PVGIS durch Messungen aus Bodenstationen, welche größtenteils durch Pyranometer durchgeführt werden. Da diese Messgeräte die horizontal auf die Erde auftreffende Sonneneinstrahlung bestimmen, muss $G(\alpha, \beta)$ aus diesen Messungen unter Berücksichtigung von α und β berechnet werden. Leider wird die Art der Umrechnung nicht näher erläutert.

3 Schlussbetrachtung

Mit Hilfe der uns vorliegenden EEG-Stammdaten lässt sich keine Prognose über die zu erwartende einspeisbare elektrische Leistung erstellen, da viele benötigte Parameter zu den einzelnen Anlagen nicht vorliegen. Zusätzlich wird dieses Vorhaben durch die komplexen physikalischen und meteorologischen Prozesse, welche in der Atmosphäre und innerhalb der PV-Anlage ablaufen, erschwert. Obwohl mit dem PVGIS ein gut dokumentiertes System vorliegt, reicht die Dokumentation dazu nicht aus, um die ablaufenden Berechnungen wirklich vollständig nachvollziehen zu können. Wenn auch diese letzten Unklarheiten beseitigt und entweder verpflichtend durch das EEG oder über eine öffentliche Plattform auf freiwilliger Basis die Anlagenbetreiber mehr Kennzahlen zu den einzelnen Anlagen zur Verfügung stellen würden, wäre zumindest eine ungefähre Prognose über die zu erwartende Leistung realisierbar.

4 Quellen

- <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php>
- http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/PVcalchelp_de.html
- http://www.powerparc.de/uploads/media/Gutachten_Bad_Mergentheim.pdf