

DIMENSIONIERUNG VON PV-ANLAGEN

THEORIE UND PRAXIS



PV-Splitanlage mit 24,5 kW Generatormennleistung: Von außen ist nicht zu erkennen, wo die Anlagengrenze verläuft. An beiden Wechselrichtern ist jeweils ein String auf der Ost- und der Westseite

Das EEG 2023 setzt mit einer höheren, differenzierten Vergütung für PV-Strom Anreize für größere PV-Anlagen. Ab bestimmten Generatorleistungen sinkt die EEG-Vergütung. Die höchste Vergütung, und zwar sowohl bei Eigenverbrauch als auch bei Volleinspeisung, wird für den Anlagenteil unter zehn Kilowatt (kW) Nennleistung gezahlt. Ist die Anlage größer, erhält der Betreibende diese Vergütung bis 10 kW, nur für die Anlagenleistung über 10 kW bekommt er eine geringere Vergütung. Ab 40 kW Nennleistung sinkt die Vergütung, wobei wieder nur Teilleistungen über 40 kW eine geringere Vergütung bekommen. Für die am Zähler gemessene Einspeisung bekommt der Betreiber eine gemittelte Vergütung.

Wird eine gesplittete Anlage betrieben, d.h. eine in Eigenverbrauchs- und Volleinspeisanlage aufgeteilte, erhalten sowohl die ersten 10 kW der Eigenverbrauchsanlage als auch die der Volleinspeisanlage den jeweils gültigen höchsten Vergütungssatz. Diese Vergütung ist bei einer Volleinspeisanlage zudem höher als bei einer Eigenverbrauchsanlage mit Überschusseinspeisung.

Dadurch soll das gesamte Potenzial, das die Dachfläche bietet, ausgenutzt werden.

Wie ein Versuch zeigte, wird diese Möglichkeit in der Praxis jedoch oft nicht genutzt. In dem Portal Photovoltaik-Angebotsvergleich.de wurden folgende Daten für das Einfamilienhaus auf dem Foto, damals noch ohne PV-Anlage, eingegeben: Dachneigung: 48°, Ausrichtung des Firstes: Etwa Nord-Süd, Dachfläche brutto pro Seite: 119,88 m², Stromverbrauch: 1.500 kWh/a.

Daraufhin gaben verschiedene Firmen Angebote ab. Alle Firmen, die Angebote abgaben, boten reine Eigenverbrauchsanlagen an, bei denen nur ein Teil der Dachfläche genutzt wird. Nach eigenen Berechnungen ist jedoch eine PV-Anlage mit einer Vollbelegung des Daches am wirtschaftlichsten, wenn der kumulierte Cashflow nach der 20-jährigen Förderdauer als Kriterium verwendet wird. Eine gesplittete Anlage ist die wirtschaftlichste Option, eine große Volleinspeisanlage die zweitbeste und eine reine Eigenverbrauchsanlage die ungünstigste. Aufgrund der Skaleneffekte haben größere Anlagen niedrigere Stromgestehungskosten als kleine. Für die Entscheidung, ob sich eine Vergrößerung der Anlage lohnt, ist das Verhältnis aus zusätzlichen Kosten zu zusätzlichem Ertrag entscheidend. Die Berechnung kann kompliziert

ausfallen, weil die Kosten aufgrund von Skaleneffekten und der Ertrag aufgrund von beispielsweise unterschiedlicher Beschattung i.A. nicht proportional zur installierten Leistung steigen. Mit ein paar Annahmen lässt sich der Aufwand aber auf ein vertretbares Maß begrenzen.

Zunächst werden die installierte Leistung und die Stromgestehungskosten für ein vollbelegtes Dach berechnet, bspw. mit einer Simulationssoftware. Anschließend wird geschaut, ob die Leistung knapp oberhalb einer wichtigen Grenze liegt. Wichtige Grenzen sind etwa: (a) 10 kW Generatormennleistung; Geringere Vergütung für den Anlagenteil, der darüber hinausgeht, (b) 25 kW Generatormennleistung; darüber Leistungsabregelung durch Netzbetreiber S9 EEG, (c) 30 kW Generatormennleistung; erstens gilt bis dahin die Einkommensteuerbefreiung, zweitens ist laut EEG bis dahin der vorhandene Hausanschluss der technisch und wirtschaftlich günstigste Netzverknüpfungspunkt laut EEG, (d) 30 kVA Wechselrichterleistung, darüber zentraler Netz- und Anlagen-Schutz.

Dann werden die Stromgestehungskosten und der Cashflow der Anlage mit einem Modul weniger oder der Leistung knapp unterhalb der betreffenden Grenze berechnet. Wenn der Cashflow für eine Vollbelegung höher als für die kleinere Anlage ist, dann ist die Vollbelegung die beste Wahl. In den meisten Fällen wird das der Fall sein, weil die Modulpreise stark gefallen sind und die Anlagenkosten unterproportional mit der Leistung steigen.

Danach muss berechnet werden, ob die Anlage als reine Eigenverbrauchs-, als reine Volleinspeise-, oder als Splitanlage betrieben werden soll. Dafür wird das optimale Anlagensplitting berechnet (siehe Infokasten).

Der Eigenverbrauchsanteil der gesamten PV-Anlage kann bspw. mit dem kostenlosen Tool pv@now leicht abgeschätzt werden [1], wenn der Stromverbrauch höher als 2.000 kWh/a ist. Der Eigenverbrauchsanteil eines Moduls kann durch die Änderung des Eigenverbrauchsanteils der ganzen Anlage durch Hinzufügen eines Moduls geschätzt wer-

den. Für eine Anlage mit n Modulen gilt: Eigenverbrauch (n-tes Modul) = Eigenverbrauch (n Modulen) - Eigenverbrauch (n-1 Modulen) und Eigenverbrauchsanteil (n-tes Modul) = Eigenverbrauch (n-tes Modul)/Ertrag (n-tes Modul).

Zu beachten ist, dass eine Eigenverbrauchsanlage mit Speicher im Gegensatz zu einer Volleinspeiseanlage einen teureren Hybridwechselrichter erfordert. Eine gesplittete Anlage braucht zwei Wechselrichter und zwei Zähler. Deshalb ist es sinnvoll, zu prüfen, ob die eventuellen Mehreinnahmen durch das Anlagensplittung die Mehrkosten übersteigen. Ist das nicht der Fall, müssen die Kosten für die Eigenverbrauchsanlage und diejenigen für die Volleinspeiseanlage berechnet werden, um zu entscheiden, welche von beiden wirtschaftlicher ist. Eine Batterie, ein Elektroauto und eine Wärmepumpe erhöhen den Eigenverbrauchsanteil und erhöhen dadurch die Größe der wirtschaftlichen Eigenverbrauchsanlage. Die geplante Anschaffung von letzteren führte zu einer 12,9-kW-Volleinspeise- und einer 11,6-kW-Eigenverbrauchsanlage für das Haus (siehe Foto).

Für den Fall, dass die Volleinspeiseanlage größer als die Eigenverbrauchsanlage ausfällt und der Stromverbrauch später wegen eines E-Fahrzeugs oder einer Wär-

mepumpe steigt, können die Strings später noch getauscht werden. Das sollte bei der Wechselrichterdimensionierung bedacht werden. Weitere Informationen zur Planung finden sich auch auf PV-Wissen [2].

Der Planer der Firma SolarX antwortete auf die Frage, nach welchen Kriterien er PV-Anlagen dimensioniert, dass er sie normalerweise möglichst groß plant, d.h. so viele Module wie möglich. Das Angebot, welches über das Portal Photovoltaik-Angebotsvergleich.de abgegeben wurde, hätte aber ein neuer Mitarbeiter erstellt, der Fehler bei der Dimensionierung gemacht hat. SolarX plante und installierte danach auf Kundenwunsch die Splitanlage, die auf dem Foto zu sehen ist. Begrenzende Faktoren, die eine (wirtschaftliche) Vollbelegung verhindern, seien häufig z.B. das Budget der Kunden, die Begrenzung der AC-Abnahmeleistung oder eine starke Verschattung. Für manche Kunden wiederum sei die Ästhetik wichtiger als die Wirtschaftlichkeit.

Ausblick

Aus ökologischer Sicht ist eine Vollbelegung fast ausnahmslos sinnvoll, zusätzliche Hardware in Form von Wechselrichtern und Zählern jedoch nicht.

Zukunftsweisender als die jetzigen starren EEG-Vergütungen sind vermut-

lich Smartgrids mit Vergütungen, die sich flexibel nach der Netzauslastung und der Stromnachfrage richten, wie z.B. im Projekt SoLAR [3]. Bei dem Projekt wurden aus gemessenen Netzzustandsgrößen, wie Spannung und Netzfrequenz, in Echtzeit Indikatoren berechnet, welche das Verhältnis von Stromangebot und -nachfrage sowie die Netzauslastung widerspiegeln. Die Strompreise für die Einspeisung und den Bezug wurden auf Basis dieser Indikatoren zeitabhängig berechnet. Diese Methode reizt eine Nutzung der Flexibilitätspotenziale an und senkt den durchschnittlichen Strompreis.

Quellen

- [1] pv@now: pv-now-easy.de/pvnow-easy
- [2] pv-wissen.de
- [3] <https://www.energie.de/et/news-detailansicht/nsctrl/detail/News/zum-effizienten-marktdesign-fuer-energiesysteme-mit-dominierender-erneuerbarer-erzeugung>

ZUM AUTOR:

► Florian Hinze

Wissenschaftlicher Mitarbeiter (Konzeption und Entwicklung Monitoring-Datenbank)

fhi@dgs-berlin.de

Vereinfachend wird hier angenommen, dass sich der Cashflow eines Moduls der Eigenverbrauchsanlage nur aus der Stromkostensparnis und der Einspeisevergütung zusammensetzt und wie folgt berechnet:

$$\text{Cashflow}_{\text{Eigenverbrauchsanlage}} = E_{\text{Eigenverbrauch}} \cdot K + E_{\text{Einspeisung}} \cdot V_{\text{Eigenverbrauchsanlage}}$$

E – Energieertrag eines PV-Moduls
V – Vergütung für eingespeisten PV-Strom
K – Kostenersparnis durch Eigenverbrauch (-> verringerter Bezug von Netzstrom)

$$\text{Cashflow}_{\text{Volleinspeiseanlage}} = V_{\text{Volleinspeisungsanlage}} \cdot E$$

Nun wird zunächst von einer Eigenverbrauchsanlage ausgegangen, zu der gedanklich so viele Module hinzugefügt werden, bis der Cashflow eines Moduls der Eigenverbrauchsanlage gleich demjenigen der Volleinspeiseanlage ist:

$$\text{Cashflow}_{\text{Eigenverbrauchsanlage}} = \text{Cashflow}_{\text{Volleinspeiseanlage}} \Leftrightarrow E_{\text{Eigenverbrauch}} \cdot K + E_{\text{Einspeisung}} \cdot V_{\text{Eigenverbrauchsanlage}} = V_{\text{Volleinspeisung}} \cdot E \quad (1)$$

Die Stromeinspeisung eines Moduls ist gleich dessen Ertrag abzüglich des Eigenverbrauchs:

$$E_{\text{Einspeisung}} = E - E_{\text{Eigenverbrauch}} \quad (2)$$

Durch Einsetzen von Gleichung (2) in Gleichung (1) ergibt sich:

$$E_{\text{Eigenverbrauch}} \cdot K + (E - E_{\text{Eigenverbrauch}}) \cdot V_{\text{Eigenverbrauchsanlage}} = V_{\text{Volleinspeisung}} \cdot E$$

Ein Umstellen der Gleichung nach dem Eigenverbrauchsanteil des zuletzt zugefügten Moduls ergibt:

$$E_{\text{Eigenverbrauch}} = E \cdot \frac{V_{\text{Volleinspeisung}} - V_{\text{Eigenverbrauchsanlage}}}{K - V_{\text{Eigenverbrauchsanlage}}}$$

Die Kostenersparnis K durch den Eigenverbrauch ist die Differenz aus dem Preis für Netzstrom P und der Vergütung von Überschussstrom aus der Eigenverbrauchsanlage:

$$K = P - V_{\text{Eigenverbrauchsanlage}}$$

Das Einsetzen von K und Umstellen der Gleichung nach dem Eigenverbrauchsanteil des zuletzt zugefügten Moduls ergibt:

$$\frac{V_{\text{Eigenverbrauch}}}{E} = \frac{V_{\text{Volleinspeisung}} - V_{\text{Eigenverbrauchsanlage}}}{P - 2V_{\text{Eigenverbrauchsanlage}}}$$

Beispiel:

$$V_{\text{Volleinspeisung}} = 10,79 \text{ Ct/kWh (Vergütung >10 kW)}, \\ V_{\text{Eigenverbrauchsanlage}} = 8,11 \text{ Ct/kWh (Vergütung <10 kW)}, \\ P = 30 \text{ Ct/kWh}$$

Der Eigenverbrauchsanteil des letzten Moduls der Eigenverbrauchsanlage ist $E_{\text{Eigenverbrauch}}/E = 0,19$. Wenn 19 % des Stroms selbst verbraucht werden, ist Kostenparität erreicht. Das bedeutet, dass zusätzliche Module, d.h. welche, die einen Eigenverbrauchsanteil < 0,19 haben, zur Volleinspeiseanlage hinzugefügt werden.