

Optimierte PV-Anlagen

Netzgekoppelte Anlagen

Der Aufbau einer Solarstromanlage für den Netzparallelbetrieb bringt eine Reihe von Problemen mit sich. Deren Lösung setzt gutes elektrotechnisches Verständnis verbunden mit handwerklichen Fähigkeiten voraus. Der Beitrag gibt Lösungshinweise zur Vermeidung typischer Fehler.

Planungsphase

Anlagengröße. In der Regel richtet sich die Größe einer Anlage nach dem finanziellen Budget des Auftraggebers. Die Leistung der Anlage bestimmt die Menge der erzeugten Elektroenergie, die der Kunde entweder selbst verbrauchen oder in das Verbundnetz einspeisen kann. Bei einer Einspeisevergütung von 51,80 Ct pro kWh installierter Leistung von Neuanlagen bis 30 kWp auf Gebäuden sind das z. B. im Jahr 2006 für eine 2,5-kWp-Anlage mit rund 2000 kWh/Jahr Energiegewinn ein Ertrag von 1036 €.

Korrigierte Globalstrahlung. Um das Optimum an Energiegewinnen zu erhalten, benötigt man die auf den Standort, die Ausrichtung nach Süd und den Anstellwinkel bezogene korrigierte Globalstrahlung.

Ausrichtung der Module. Der Generator gibt seine maximale Leistung ab, wenn er nach Süden ausgerichtet ist und eine Neigung von 30 bis 45° aufweist. Allerdings werden Abweichungen von der Südrichtung überschätzt. Ausrichtungsabweichungen bis max. 45° von der Südrichtung mit Anstellwinkeln von 45° bis 60° sind akzeptierbar, weil die Verluste maximal 5 bis 8 % betragen. Eine volle Ausrichtung nach Ost oder West bringt den niedrigsten Energiegewinn und ist zu vermeiden. Daraus folgt, dass eine Vielzahl von Schrägdächern für die Aufbringung des Solargenerators geeignet sind.

Größe der Dachfläche. In den meisten Fällen ist die Dachfläche groß genug um den Generator aufzunehmen. In der Fachliteratur schwanken die Angaben für die benötigte Fläche bei Schrägdächern zwischen 8 und 12 m² pro 1 kW_p installierter Leis-

INFO

Kriterien für den Aufbau einer hochwertigen Solarstromanlage

- Die Anlage sollte bevorzugt in Strangtechnik ausgeführt werden.
- Der Solargenerators sollte möglichst auf einem Schrägdach montiert werden.
- Der Wechselrichter sollte schwach unterdimensioniert sein und eine ENS besitzen.
- Die Zuleitung vom Wechselrichter zum Einspeisepunkt muss möglichst kurz gehalten werden, um die Impedanzgrenzen nicht zu überschreiten.

tung. Zur Erleichterung der Montage ist oberhalb und unterhalb des Generators rund 1 m, an der Seite 0,5 m Abstand, hinzuzurechnen.

Bei Aufständigung in der Ebene wird ein spezielles Gestell benötigt, das auf ein geeignetes Fundament zu montieren ist (Vorsicht beim Flachdach, die Dachhaut durch Anbohren nicht beschädigen). Um die gegenseitige Verschattung der Module zu vermeiden, entsteht ein erhöhter Flächenbedarf. So sollte die lichte Weite zwischen den einzelnen Modulreihen mit einem Anstellwinkel von 30° das Sechsfache der Modulhöhe betragen. Die Aufstellungsfläche ist so um den Faktor 5 größer als die eigentliche Generatorfläche. Dadurch bedingt steigt auch der Verkabelungsaufwand. Nach Möglichkeit sollte diese Aufstellungsart vermieden werden.

Montage auf dem Dach

Solarpaneele. Die meisten Solargeneratoren werden auf Schrägdächern montiert. Dabei ist zu unterscheiden, ob der Generator auf das Dach gesetzt oder darin integriert

Autor

Prof. Dr.-Ing. *Hans-Friedrich Hadamovsky* arbeitet als freier Fachjournalist auf dem Gebiet Solarstromtechnik, Kleinmachnow.



② Indachmontage – Solargeneratoren harmonisch integriert in die Dachhaut Foto: Schüco

① Aufdachmontage – PV-Generator mit 56 Solarmodulen auf dem Schrägdach eines Bauernhofs Foto: IBC

wird. Neben der Tragfähigkeit ist der Zustand der Dacheindeckung im Vorhinein zu prüfen. Dabei stellt sich die Frage, ob die Dacheindeckung in den nächsten Jahren schadensfrei bleiben wird. Kann dieses nicht bejaht werden, sollte sie vor der Generatormontage repariert bzw. erneuert werden. Treten im Nachhinein Schäden auf, muss der Solargenerator abmontiert und nach erfolgter Reparatur erneut auf das Dach aufgebracht werden.

Die Anordnung der Module auf dem Schrägdach sollte so erfolgen, dass sie sich optisch gefällig in das gesamte Bauwerk einfügen (Bild ①). Kann kein geschlossener Generator gebildet werden, sind je nach Verschaltungsart Gruppen von Modulen zu montieren.

Bei der Indachmontage ersetzt der Solargenerator die Dachhaut (Bild ②). Nicht ganz unproblematisch ist dabei der Aspekt Dichtigkeit. Es muss das Eindringen von Feuchtigkeit verhindert werden. Der Energiegewinn eines Indach-Generators liegt unter dem eines Aufdach-Systems. Ursache dafür ist die unzureichende Hinterlüftung, wodurch die Zellen bei Bestrahlung stärker erwärmt werden und dadurch deren Wirkungsgrad sinkt.

Eine weitere Möglichkeit die Optik des Generators zu verbessern, stellen sog. Solarziegel dar. Jeder Ziegel kann ein Solarmodul aufnehmen.

Bild ③ zeigt das Einsetzen von Modulen in die Dachhaut. Eine Variante besteht aus sog. Kunststoff-Dachpaneelen, auf denen amorphe Siliziumzellen aufgebracht sind. Die Paneelbahnen werden durch Klemmen miteinander verbunden, so dass eine geschlossene Dachfläche entsteht.

Verdrahtung. Montage und Installation des Solargenerators benötigen viel Arbeitszeit. Um den Aufwand zu senken, sind von mehreren Firmen Steckverbindersysteme auf dem Markt. Diese ermöglichen eine zeitsparende und sichere serielle Ver-

belung der PV-Module. Mit Kuppelungselementen, konfektionierten Kabeln und Aufbaudosen ist eine variable und individuelle Verkabelung in rationeller Form möglich.

Eine weitere Verkürzung der Arbeit auf dem Dach ist realisierbar, wenn eine Vorkonfektionierung der PV-Module mit Steckbindersystemen bereits im Werkstattbereich erfolgt.

Temperatureinfluss

Bei der Anpassung des Generators an den Wechselrichter wird ein Fehler gemacht, wenn der Einfluss der

Temperatur auf die Generatorspannungen vernachlässigt wird. Für die Anpassung müssen die maximale und minimale Generatorausgangsspannung bekannt sein.

Die maximale Ausgangsspannung gibt der Generator an einem sonnigen, sehr kalten Wintertag ab, wenn die PV-Anlage wegen eines Netzfehlers außer Betrieb ist. Die Leerlaufspannung U_{oc} steigt.

Im Sommer können bei großer Einstrahlung Zelltemperaturen bis 70 °C auftreten, dadurch sinkt die MPP-Spannung.

Im Kenndatenblatt eines Solargenerators sind die MPP- und Leerlaufspannung gemäß Standard-Test-Bedingungen für 25 °C angegeben. Es enthält deshalb den Temperaturkoeffizienten der Spannung mit der Dimension [V/°C]. Mit seiner Hilfe lassen sich für die niedrigste und höchste Temperatur die Spannungen berechnen.

Beispiel. Es soll der Temperatureinfluss auf U_{MPP} und U_{oc} demonstriert werden. Unter Standardbedingungen hat das Modul Solon P 100TL bei 25 °C eine Nennleistung von 100 W. $U_{MPP} = 17,3$ V und die Leerlaufspannung $U_{oc} = 21$ V. Der Tem-

peraturkoeffizient der Spannung beträgt $-0,083$ V/°C.

Zu ermitteln sind obere und untere Spannungsgrenzen für einen Generator der 10 Module in Serie enthält. Bei der Rechnung ist davon auszugehen, dass in unseren Breiten bei großer Einstrahlung im Sommer die Zellentemperatur auf 70 °C ansteigen und im Winter auf -20 °C absinken kann.

- Erwärmung auf 70 °C Auswirkung auf U_{MPP}
 $\Delta T = + 45$ °C (Erwärmung von 25 °C auf 70 °C)

Minimale U_{MPP} -Spannung
 45 °C $\cdot (-0,083$ V/°C) =
 $-3,74$ V/Modul

U_{MPP} des Strangs =
 $17,3$ V $\cdot 10 = 173$ V

Minimale Ausgangsspannung =
 173 V $- (10 \cdot 3,74$ V) = 136 V

- Abkühlung auf -20 °C Auswirkung auf U_{oc}
 $\Delta T = -45$ °C (Abkühlung von $+25$ °C auf -20 °C)

-45 °C $\cdot (-0,083$ V/°C) =
 $+ 3,735$ V/Modul

$U_{oc} = 21$ V $\cdot 10 + (3,735$ V $\cdot 10) =$
 247 V.



3 Einsetzen von Ziegel-Modulen des System PV 1800 in die Dachhaut

Foto: Lafarge-Braas

Die untere Ausgangsspannung des Generators beträgt somit 136 V und die obere 247 V.

Strangtechnik

Eine moderne, qualitativ hochwertige Solarstromanlage wird man heute in Strangtechnik aufbauen (Bild 4). Mehrere Module werden in Serie verschaltet und an den entstandenen Strang wird ein sog. Strang-Wechselrichter angebunden.

Größere Anlagen bestehen dann aus mehreren Strängen mit jeweils einem Wechselrichter. Ein derartiges System hat den Vorteil, dass die Gleichstromseite schaltungstechnisch reduziert und damit die Ströme niedrig gehalten werden.

Die Leistung des Wechselrichters wird durch die installierte Generatorleistung bestimmt. Dabei gilt es zu bedenken, dass die Module nur sehr selten die im Datenblatt angegebene Leistung abgeben. Die Modulleistung im Kenndatenblatt ist für die

Für optimale Lichtplanung!

- physiologische, physikalische und technische Grundlagen

- neueste Forschungsergebnisse der Wahrnehmungsphysiologie und Änderungen von Normen u. a. verstärkter Einsatz von Beleuchtungssoftware und Anwendung dynamischer Beleuchtung mit unterschiedlichen Leuchtdichten und Farben

- Auf der CD-ROM: Tabellen zu lichttechnischen Berechnungen und Lampendaten, farbige Abbildungen, Tageslichtberechnungsbeispiele und ein Lichtberechnungsprogramm von DIAL.

Baer (Hrsg.), Beleuchtungstechnik – Grundlagen, 3., vollst. überarb. Aufl. 2006, ca. 400 Seiten, mit CD-ROM, Hardcover, Bestell-Nr.: 3-341-01497-7, € 48,00
 Erscheint April 2006

Aus dem Inhalt:

- Grundlagen
- Lichttechnische Bauelemente
- Leuchten
- Beleuchtungssysteme im Innenraum
- Beleuchtung mit Tageslicht
- Anhang (DIN-Vorschriften, VDE-Vorschriften, CIE-Publikationen u. a.)



HUSS-MEDIEN GmbH
 10400 Berlin

Direkt-Bestell-Service:
 Tel. 030 42151325 · Fax 030 42151468

E-mail: shop@hussberlin.de
www.technik-fachbuch.de



Jetzt bestellen!

Ich bestelle zur Lieferung gegen Rechnung zzgl. Versandkosten zu den mir bekannten Geschäftsbedingungen beim

huss-shop
HUSS-MEDIEN GmbH
 10400 Berlin

Expl.	Bestell-Nr./ISBN	Autor/Titel	€/Stück
	3-341-01497-7	Baer, Beleuchtungstechnik	48,00

Firma/Name, Vorname

Branche/Position

Telefon

e-mail

Straße, Nr. Postfach

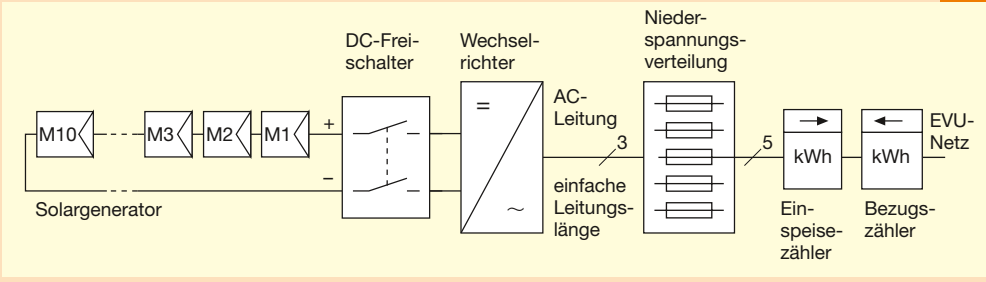
Land/PLZ/Ort

KUNDEN-NR.: (siehe Adressaufkleber oder letzte Warenrechnung)

Datum Unterschrift

Land/PLZ/Ort ep0406

Preisänderungen und Liefermöglichkeiten vorbehalten.



4 Schematische Darstellung einer Solarstromanlage in Serienschaltung

Quelle: IBC

Tafel 1 Leitungsquerschnitte der AC-Leitung in Abhängigkeit von der Netzimpedanz und der Leitungslänge (Quelle: IBC)

Netzimpedanz am NS-Verteiler	max. zulässige Leitungsimpedanz	Leitungsquerschnitt der AC-Leitung		
		1,5 mm ²	2,5 mm ²	4 mm ²
0,6 Ω	0,65 Ω	27 m ^{*)}	45 m ^{*)}	72 m ^{*)}
0,7 Ω	0,55 Ω	23 m ^{*)}	38 m ^{*)}	61 m ^{*)}
0,8 Ω	0,45 Ω	18 m ^{*)}	31 m ^{*)}	50 m ^{*)}

^{*)} einfache Leitungslänge

Anlage vom Netz getrennt wird, wenn das Netz Störungen, Ausfälle oder Abschaltungen aufweist. Die Netzüberwachung erfolgt durch den Wechselrichter. Zu unterscheiden sind zwei Überwachungsverfahren.

Netzimpedanz. Die Überwachung der Netzimpedanz wird durch eine selbständige Freischnittstelle, die sog. ENS realisiert. Diese besteht aus zwei voneinander unabhängigen Einrichtungen zur Netzüberwachung mit zugeordneten Schaltorganen. Jede dieser Einrichtungen kontrolliert ständig durch Prüfung der Spannung, Frequenz und Impedanz die Qualität des angeschlossenen Netzes. Die Schaltgrenzen für die Fehlererkennung und das Zuschalten sind festgelegt. Nur wenn die Netzimpe-

danz kleiner als 1,25 Ω ist, darf sich der Wechselrichter zuschalten. Steigt die Netzimpedanz um 0,5 Ω oder übersteigt sie 1,75 Ω erfolgt innerhalb von 5 s die Abschaltung. Die Netzimpedanz am Wechselrichter sollte nicht mehr als 1 Ω betragen.

Schwierigkeiten mit der Netzimpedanz treten auf, wenn der Einspeisepunkt zu weit vom Wechselrichter entfernt ist. Die Netzimpedanz ergibt sich aus der Impedanz am Einspeisepunkt und dem Widerstand der Wechselrichterzuleitung.

Tafel 1 zeigt die Leitungsquerschnitte der AC-Leitung in Abhängigkeit von Netzimpedanz und der Leitungslänge (Bild 4).

Spannung und Frequenz. Bei Anlagen mit Netzüberwachung nach Spannung und Frequenz und dreiphasiger Einspeisung fordert das EVU eine frei zugängliche Schaltstelle, um von außen die Anlage vom Netz trennen zu können. Für Anlagen mit Netzüberwachung nach Spannung und Frequenz aber einphasiger Einspeisung und für alle Anlagen mit einer ENS besteht diese Forderung nicht.

Strahlung der Standard-Testbedingungen mit 1 kW/m² definiert. Um den Wechselrichter optimal auszulasten, kann die maximale Dauerleistung am Wechselrichtereingang rund 10 bis 15 % und am Ausgang des Wechselrichters sogar bis 20 % unter der Generatorleistung liegen. Kritisch sind die Spannungsgrenzen des Generators. Minimale und maximale Ausgangsspannung des Solar-

generators müssen unbedingt im Bereich der Eingangsspannungen des Wechselrichters liegen.

Überwachung des Netzes

Die Qualität der Solarstromanlage wird u. a. durch die Art der Netzüberwachung bestimmt. Das Problem besteht darin, wie und wodurch die



Installations-
tester ab € 774*

Gerätetester
ab € 818*



Installationstester nach DIN VDE 0100

Die Installationstester der Serie 1650 prüfen die Sicherheit von elektrischen Anlagen. Mit ihrer Hilfe kann sichergestellt werden, dass die ortsfeste Installation korrekt installiert ist und die Anforderungen von DIN VDE 0100/EN 61557/IEC 60364 erfüllt werden.

Gerätetester nach DIN VDE 0701/0702, BGV A3 (BGV A2, VBG4)

Kompakt – leicht – robust – zuverlässig. Die neuen tragbaren Gerätetester Fluke 6200 und 6500 vereinfachen die Geräteprüfungen.

Fluke. Damit Ihre Welt intakt bleibt.

Fluke Seminare. Fordern Sie Ihre kostenlose Broschüre an!

Fluke Messfibel. Fordern Sie Ihr kostenloses Exemplar an!

www.fluke.de
☎ 069/2 22 22 02 00

* Preisangaben sind empfohlene Verkaufspreise (ohne MwSt).



Die perfekte Lösung!
Geräte- und Installationstester
von Fluke