

Fachforum: Balkonsolaranlagen: „Steckbare“ Solargeräte

Vortrag:

Elektrische Sicherheit im Gebäude

Donnerstag, 6.10.2022. Uhrzeit: 9:00-12:30

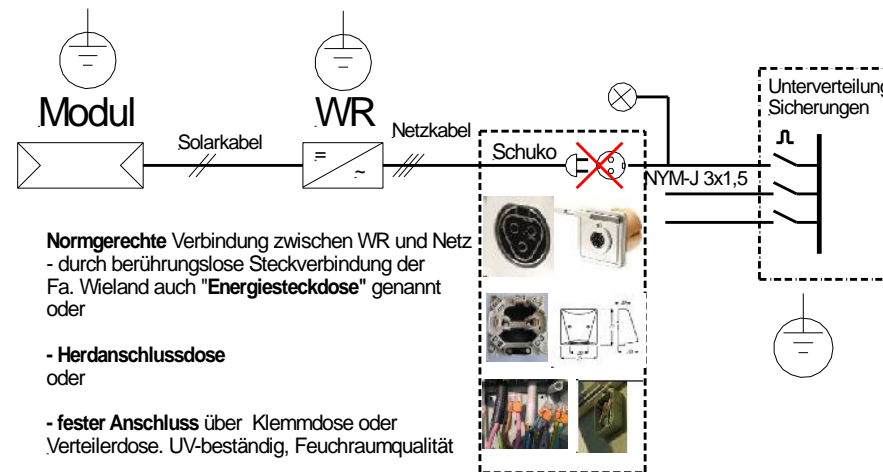
Janko Kroschl Dipl.-Ing. DGS e.V. Sektion München und Oberbayern
Gutachter für Solartechnik
Berater für E-Mobilität (HWK)

www.kroschl.de, solartechnik@kroschl.de

Eintragung als Installateur bei SWM-Infrastruktur GmbH (Netzbetreiber)



Systemübersicht einer PV-Balkonsolaranlage



Normgerechte Verbindung zwischen WR und Netz
- durch berührungslose Steckverbindung der
Fa. Wieland auch "Energisteckdose" genannt
oder

- **Herdanschlussdose**
oder

- **fester Anschluss** über Klemmdose oder
Verteilerdose. UV-beständig, Feuchtraumqualität



Bei Green City e.V.

A) Modul und Potentialausgleich

Aufgabenstellung. Einhaltung der DIN 100-VDE 410 Schutzpotentialausgleich

Anwendungsbereich dieser Norm ist 2018-10-01.

411.3.1.2 Schutzpotentialausgleich

In jedem Gebäude müssen die eingeführten Metallteile, die geeignet sind, eine gefährliche Potentialdifferenz zu verursachen, und die nicht Bestandteil der Elektroinstallation sind, mit der Haupterdungsschiene durch Schutzpotentialausgleichsleiter verbunden werden. Beispiele für solche Metallteile sind:

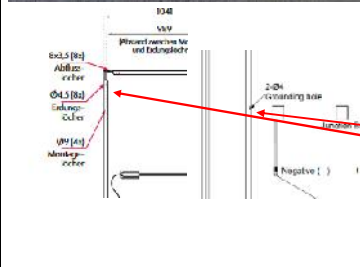
-Rohrleitungen von Versorgungssystemen, die in Gebäude eingeführt sind, z. B. Gas-, Wasser-, Fernwärme-Systeme;

-fremde leitfähige Teile der Gebäudestruktur;

-berührbare Bewehrungen von Gebäudekonstruktionen aus Beton.



Zeichen auf dem Modul.



DIN VDE 0100-712

Punkt: 712-542.101 Potentialausgleich von Metallkonstruktionen einer PV-Anlage.

Wenn ein solcher Potentialausgleich notwendig ist, müssen die Metallkonstruktionen, die die PV-Module einschließen die metallischen Kabel- und Leitungspritschen stützen, miteinander verbunden werden. Der Potentialausgleichsleiter muss an eine geeignete **Erdungsklemme** angeschlossen werden.

ANMERKUNG Dieser Potentialausgleich begrenzt die Wirkungen **elektrostatischer Aufladungen**.

In der Praxis wird das Gestell der PV-Anlage elektrisch leitend an das Potentialanschlusskabel angeschlossen.

Balkongeländer als „fremde leitfähige Teile der Gebäudestruktur“; gemäß DIN VDE 410.3.1.2

Besonders wenn im üblichen Gebrauchszustand Solarmodule berührbar sind.

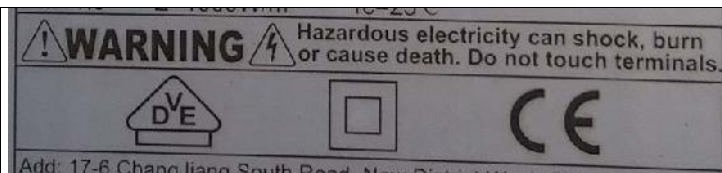


Kroschl

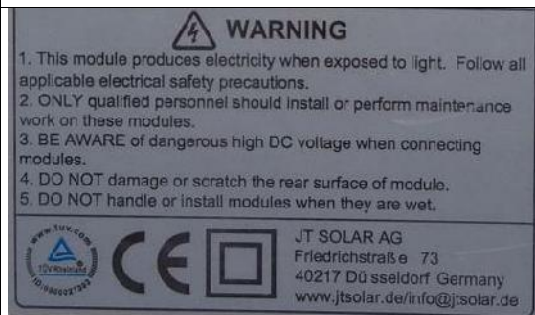
Kroschl

Sutter

Typenschild eines Solarmoduls:



Hersteller des Solarmoduls sichert sich ab



Solarmodule haben die Schutzklasse II = schutzisoliert.

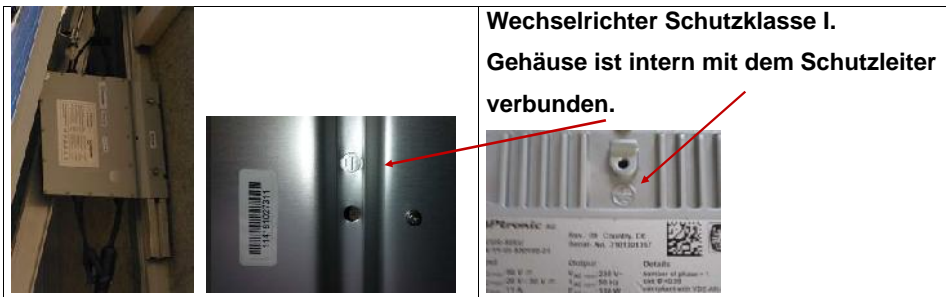
Mechanische Sicherheit, Befestigung der Solarmodule

1. Für die Befestigung der Solarmodule auf dem Dach gibt es geprüfte Systeme.
2. Befestigung auf dem Balkon, Fassade.... ist in der Regel eine „Sonderlösung“. Hier sind die „anerkannten Regeln der Technik“ zu beachten.
3. Materialien, welche der Witterung standhalten (V2A-Alu) verwenden
4. Schrauben für die Modulbefestigung meistens M8 notwendig.
5. Selbstsichernde Muttern oder Sperrzahnmuttern / Schrauben befestigen
6. Anzugsmoment für Schrauben M8 sind 13-16 Nm.
7. Befestigungen müssen den Windlasten (120 km/h) standhalten. Keine Kunststoffdübel verwenden.
8. Kabel und Kabelverlegung muss UV-beständig sein
9. Kabelverlegung muss gegen Beschädigung durch Nager (Marder) geschützt verlegt werden.
10. Kabelverlegung darf keine Scheuerstellen haben.

B) Wechselrichter für Balkonsolaranlage mit

Potentialausgleich verbinden.

Mechanische Befestigung des Wechselrichters üblicherweise in der Nähe oder hinter dem Solarmodul. Mit der Unterkonstruktion des Solarmoduls oder der Halterung metallisch (leitend) verbunden. Dann gilt gleiche technische Lösung wie bei Solarmodulen.



**Wechselrichter Schutzklasse I.
Gehäuse ist intern mit dem Schutzleiter verbunden.**



Netzanschlusskabel hat einen verbauten Stecker (Typ Wieland).

Oft auch eine Buchse für die Weiterleitung der Netzverbindung. Dadurch können mehrere Wechselrichter gleichzeitig an eine Zuleitung angeschlossen werden.

z.B.: 12 AWG entspricht 4 mm² metrisch. Hoymiles HM-600 als Beispiel für den Kabelanschluss. Kabellänge ca. 1,5 m.

Solarmodul + Wechselrichter = Steckbares Solar-Gerät

Wechselrichter haben meistens die Schutzklasse I.

Benötigen somit bei der Stromversorgung / Einspeiseleitung einen Schutzleiter.

Das Gehäuse der Wechselrichter ist meist metallisch. Das ergibt gute Temperaturableitung und somit Kühlung über die Oberfläche.

Einhaltung der Normen durch die Wechselrichter notwendig VDE-AR-N 4105 (ENS). Herstellernachweis bzw. Zertifikat.

Kabelquerschnitte für Potentialausgleich.

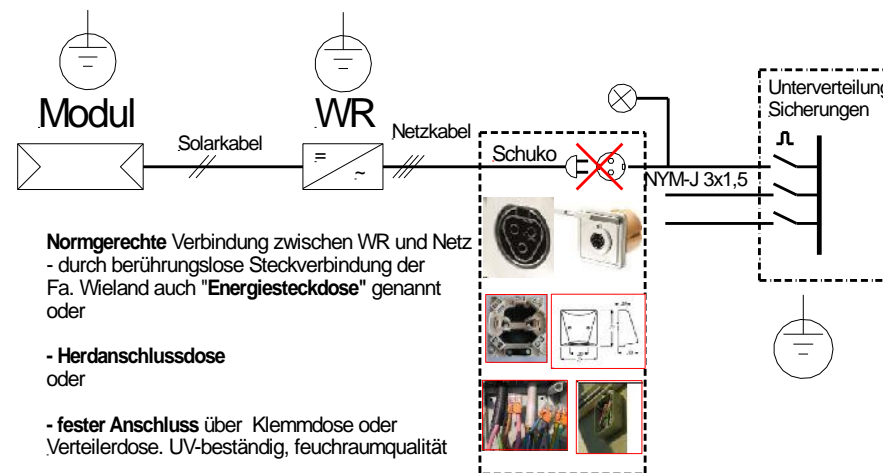
Nach DIN VDE 100 544.1 min 6 mm² Cu. max. 16 mm² Cu

Nach DIN VDE 100 712.542.3.101 reicht hier ein Kabelquerschnitt von 4 mm². Das Kabel heißt auch Funktionspotentialausgleichsleiter und darf nicht grün-gelb sein.

Kabelquerschnitt gilt als blitzstromtragfähig mit 16 mm² Cu und ist die Empfehlung der DGS.

C) Anschlussmöglichkeiten Wechselrichter an das Netz 230 V

1) Verwendung einer bestehenden Leitung für den Netzanschluss



Eignung des Stromkreises ist zu prüfen.

- Prüfung Kabelquerschnitt zwischen Klemmung und Sicherungen im Hause / Wohnung
- Prüfen Durchgängigkeit Erdungskabel auf max. zulässigen Widerstand
- Strombelastbarkeit der Kabel und die Stärke der Sicherung müssen zusammenpassen
- Eventuell eine niedrigere Sicherung notwendig. Statt B16A nur noch B13A
- Anschluss eines Steckersolargerät an eine vorhandene Schuko Steckdose ist derzeit nicht zulässig

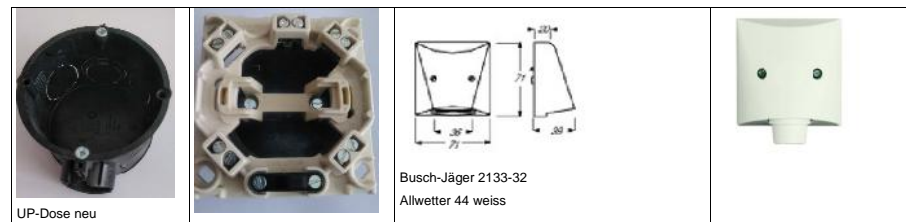
Arbeiten durch eine Elektrofachkraft ist dann notwendig, wenn Änderungen am Stromnetz im Gebäude / Wohnung vorgenommen werden.

wird nicht überschritten.

Die Stromerzeugungsanlage wird über eine spezielle Energiesteckdose betrieben.

Die Stromerzeugungsanlage und der Anschluss entsprechen den allgemein anerkannten Regeln der Technik, insbesondere der VDE-AR-N 4105.

- b) Für die Verbindung zum Netz wird eine **Herdanschlussdose** als Klemmung für den Wechselrichter verwendet wird. Feuchteschutz und UV-Schutz ist zu beachten



Elektrofachkraft notwendig.

- a) Für die Verbindung zum Netz wird eine **Energiesteckdose** montiert wird.

Elektrofachkraft notwendig. Das Einstecken des Wechselrichters mit einem passenden Stecker für die Energiesteckdose kann dann vom Laien vorgenommen werden.



Verlängerungen Wielandbuchse auf Schukostecker können für Testzwecke verwendet werden. Sind auch im Fachhandel erhältlich.

Bei SWM-Anmeldebogen wird fälschlicherweise nur diese Verbindungstechnik der Wielandsteckdose / Wieland-Stecker genannt:

- c) Für die Verbindung zum Netz wird eine **Verteilerdose** Aufputz oder Unterputz verwendet werden.

Diese Anschlusstechnik dient auch der Erreichung der Schutzziele nach VDE 0140-1



Leitung zur Haustechnik (grau)
gelb-grün = Schutzleiter
blau = N-Leiter
braun = L-Phase.

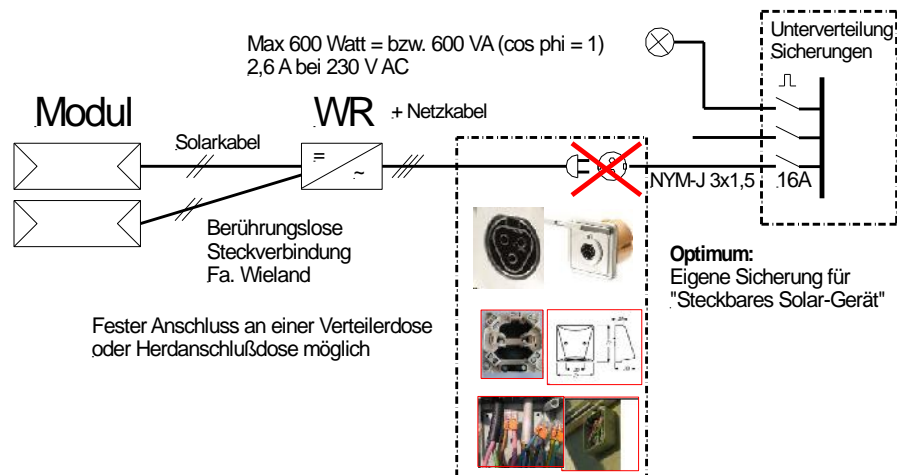
Leitung vom Wechselrichter (schwarz)
gelb-grün = Schutzleiter
schwarz = N-Leiter
rot = L-Phase

Feuchteschutz und UV-Schutz falls die Verteilerdose dem Licht und dem Regen ausgesetzt ist.

Elektrofachkraft notwendig.



2) Eigene Stromleitung zwischen WR und Unterverteilung




a) Reservesicherung in der Unterverteilung vorhanden?

b) Neu Sicherung muss montiert werden?



- Größerer Kabelquerschnitt verwendet werden (geringer Verlust auf der Leitung)
- Niedrigere Sicherung zum Einsatz kommen. Statt übliche 16 A dann 13A, 10A oder 6A. Verlust auf der Leitung im Betrieb ist vorhanden.
- Sicherung im Verteilerkasten ist ein Schutz für das Kabel, nicht für das Gerät (Wechselrichter).



- Bei 230V AC-Netzanschluss im Freien ist darauf zu achten, dass in die Anschlussdosen keine Feuchtigkeit eindringen kann. (Regen/Nebel). Die Anschlusstechnik muss UV-beständig ist.
- Prüfen ob ein FI-Schutzschalter mit 30mA einzubauen ist.
- Das Netz-Anschlusskabel muss 3-polig ausgeführt werden, da die meisten Wechselrichter die Schutzklasse 1 haben. Das bedeutet, dass der Schutzleiter mit dem Gehäuse des Wechselrichters verbunden ist.
- Zeichen Schutzklasse 1 =  auf dem Typenschild des Wechselrichters oder auf dem Gehäuse des Wechselrichters mit entsprechender Anschlussmöglichkeit
- Je nach Länge der Leitung zwischen Wechselrichter und Unterverteilung kann entweder:

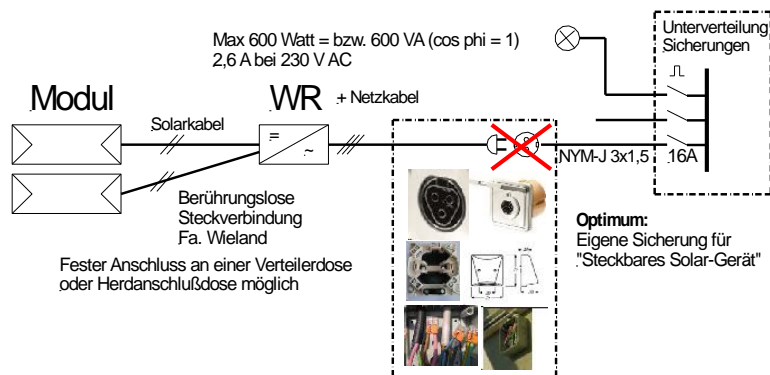


D.) Sicherheit.

1. Der Wechselrichter ist auf einen dauerhaften Betrieb ausgelegt.
2. Der Wechselrichter ist mit dem Stromnetz der Wohnung oder des Gebäudes fest verbunden, auch wenn eine Energiesteckdose verwendet wird.
3. Im Falle eines Defekts im Wechselrichter müssen alle vorgeschalteten Komponenten die Anforderungen an die Sicherheit erfüllen. Das ist der Schutz vor Personenschäden und Sachschaden.



Empfohlene Montage: Einbau mit neuem Kabel zur Unterverteilung und eigene Sicherung der Solaranlage.



In diesem Fall kann davon ausgegangen werden, dass die „allgemein gültigen Regeln der Technik“ bezüglich der Kabelverlegung eingehalten werden.



Berechnung, wenn nur die Balkonsolaranlage mit 600 VA angeschlossen wird.

Das sind: $230 \text{ V} \cdot 3 \% = 6,9 \text{ V}$.

Der Spannungsfall bestimmt sich aus dem Kabelquerschnitt und der Leitungslänge und der Stromstärke. Bei 600 VA WR Balkonkraftwerk sind das 2,6 A maximal.

$$l = \frac{A \cdot \gamma \cdot \Delta U}{2 \cdot I \cdot \cos \varphi} = \frac{1,5 \text{ mm}^2 \cdot 56 \frac{\text{m}}{\Omega \cdot \text{mm}^2} \cdot 6,8 \text{ V}}{2 \cdot 2,6 \text{ A} \cdot 1} = 109,846 \text{ m}$$

Zulässige Kabellänge von ca. **110 m**.

Leistungsverlust auf der Länge würde ergeben:

$$P_v = \frac{2 \cdot I^2 \cdot l}{\gamma \cdot A} = \frac{2 \cdot (2,6 \text{ A})^2 \cdot 109,846 \text{ m}}{56 \frac{\text{m}}{\Omega \cdot \text{mm}^2} \cdot 1,5 \text{ mm}^2} = 17,68 \text{ W}$$

17 W von 600 Watt PV-Ernte.



Kabellänge, Spannungsfall und Sicherung.

Übliche Kabel für Stromleitungen im Gebäude sind NYM 3x1,5. Für größere Lasten 3x2,5 mm²

L = **braun** = phase früher war L = schwarz.

N = **blau** = Neutralleiter

grün-gelb = Schutzleiter. Darf für keine anderen Zwecke als Schutzleiter verwendet werden.

Spannungsfall auf der Leitung nach DIN 18015-1 für Wohngebäude.

In Endstromkreisen wird der Leiterquerschnitt, entsprechend dem Abschnitt 5.2.1 der **DIN 18015-1**, in der Regel für einen zulässigen **Spannungsfall** von 3% zwischen der Messeinrichtung und dem Verbrauchsmittel ermittelt.



Länge des Schutzleiters. Maximaler Wert von 1 Ohm zulässig

Maximale Kabellänge für eine **B16 A** Sicherung.

Damit im Falle eines Kurzschlusses oder Erdschlusses im Wechselrichter oder der Leitung die Sicherung das Kabel von der Versorgung trennt, hat diese Sicherung 5 sec Zeit. Vorgabe der Normung. Damit die Sicherung auslöst muss der Strom das 5-fache des Nennstroms betragen. $16 \text{ A} \cdot 5 = 80 \text{ A}$. Sicherungen Typ C andere Werte. Damit sich dieser Strom einstellt und die Sicherung anspricht ist ein möglichst geringer Widerstand des Schutzleiters notwendig. Dieser beträgt nach der Norm VDE 0701-0702 maximal 1,0 Ohm.

Regeln für die Berechnung sind in der DIN-Norm festgelegt.

Die ersten 5 Meter Leitung werden mit 0,3 Ohm gerechnet für beide Leiter zusammen.

Für weitere 7,5 m kann ein Wert von 0,1 Ohm angenommen werden ohne Messung.

Jeder Steckdose wird ein Wert von 0,3 Ohm zugeordnet. B

Um diesen Wert von 1 Ohm nicht zu überschreiten darf der Leiter **max. ca. 25 m** lang sein bei 1,5 mm² Kabelquerschnitt.



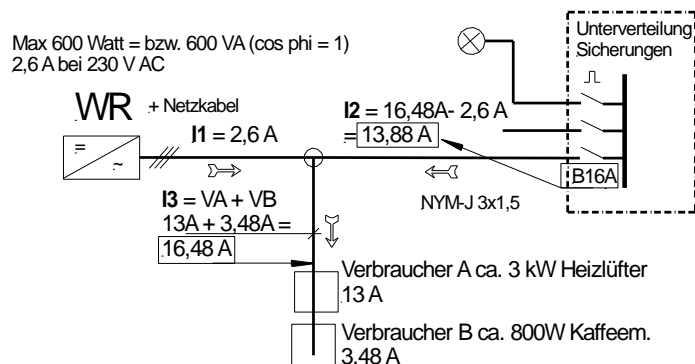
Anschluss des Balkon-Wechselrichters an eine bestehende Leitung

Sicherung B16 A wird angenommen.

Vorgehen. Prüfung der Leitungslänge auf Spannungsfall und Widerstand des Schutzleiters.

Dimensionierung der Sicherung. Lösung: Reduzierung Sicherung auf 13 A.

Einbau oder Wechsel Sicherung nur durch Elektrofachkraft.



Verwendung von Schuko Steckdosen bzw. Messgeräte für die Energiemessung.

Kurzfristiger Betrieb unter Aufsicht stellt kein Problem dar.

Bei Dauerbetrieb gilt die Steckdose als „Verlängerung“ und wird mit 0,3 Ohm pauschal mit dem Widerstand hinzugerechnet. Deshalb dürfen im Büro am Arbeitsplatz nur 2 Steckdosen in Reihe geschaltet werden. Bei dauerhaften Verbindungen mit Schuko Steckdosen müsste die Kabellänge an den sich ergebenden zusätzlichen ohm'schen Widerstand angepasst werden, damit die Sicherung vorschriftsmäßig vor Überstrom und Kurzschluss schützen kann.

Überlast von Kabeln in der Wand (Erwärmung). Der Betrieb einer Balkonsolaranlage erzeugt in den Leitungen einen höheren Strom. Dieser ist im Normalfall kein großes Problem der Erwärmung außer bei Kabelverlegung in gedämmten Bauteilen (Trockenwand). Dort kann die Wärme des Kabels nicht oder nur schlecht vom Bauwerk aufgenommen werden. Das würde auch bei voll belegten Kabelkanälen zum Problem führen. Hier sind die zulässigen Werte durch die Elektrofachkraft zu ermitteln und einzuhalten.



Berechnung wenn auch andere Verbraucher an dem Kabel angeschlossen werden.

Sicherung 13A. Maximale Last am Kabel ca. 3 kW bzw. 13 A.

Spannungsfall auf der Leitung bei 230 V und 3% = 6,9 V.

$$l = \frac{A \cdot \gamma \cdot \Delta U}{2 \cdot I \cdot \cos \varphi} = \frac{1,5 \text{ mm}^2 \cdot 56 \frac{\text{m}}{\Omega \cdot \text{mm}^2} \cdot 6,8 \text{ V}}{2 \cdot 13 \text{ A} \cdot 1} = 21,969 \text{ m}$$

Zulässige Kabellänge ca. 22 m.



Ergänzenden Regeln aus der **Normung DKE** (Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik in DIN und VDE)

Nr. 9. Können steckerfertige PV-Anlagen auch vom Laien in Betrieb genommen werden?

Wenn die steckerfertige Erzeugungsanlage über eine bereits vorhandene, **spezielle Energiesteckdose** angeschlossen werden kann (z. B. nach Vornorm DIN VDE V 0628-1 (VDE V 0628-1)) und ein Zweirichtungszähler vorhanden ist, **kann die PV-Anlage vom Laien in Betrieb genommen werden**. Die Mitteilungspflichten gegenüber Netzbetreiber und Bundesnetzagentur (siehe Fragen 6 und 7) bestehen aber auch in diesem Fall. Allerdings gibt es hier zukünftig ein vereinfachtes Verfahren gegenüber dem Netzbetreiber (siehe dazu Frage 7).



Messung elektrische Energie im Haushalt durch den Netzbetreiber.

Der Netzbetreiber entscheidet ob der bisherige Energiezähler in der Elektroanlage verbleibt oder durch einen EHZ ersetzt wird.

- Elektronischer Haushalts-Zähler = EHZ
- Zählerwechsel werden von Netzbetreibern nach Vorschriften und Ablauf der Eichung der Zähler durchgeführt.
- EHZ hat die Zählung Code für Verbrauch 1.8.0 und für die Einspeisung 2.8.0. möglich. Der Wert im Zählwerk wird abwechselnd angezeigt.



Am Abend kann dann der Kunde den Verbrauch und auch die ins Netz eingespeiste Energie ablesen. Ist bei den Bayernwerken als Netzbetreiber Standard.

Der Zähler hat in diesem Sinne keine Rücklaufsperrung. Es wird in beide Richtungen normgerecht gezählt.

Der Zähler wird auch bei PV-Anlagen verwendet um die Netzeinspeisung normgerecht zu ermitteln für die Einspeisevergütung.



- e. Die Klemmung zwischen WR und Netz ist normgerecht auszuführen.
- f. Vorzugsweise ist eine eigene Kabelzuleitung zum Wechselrichter mit eigener Sicherung empfehlenswert.
- g. Falls die Balkonsolaranlage an die bestehende Balkonzuleitung angeschlossen werden soll so sind die Sicherheitskriterien zu beachten. Kabelquerschnitt, Stärke der Sicherung notfalls anzupassen.

Elektrofachkräfte für die elektrotechnischen Tätigkeiten, EffT.

Die DGS plant die Ausbildung anzubieten, damit **Elektrofachkräfte für festgelegte Tätigkeiten – Balkonsolaranlagen** ausgebildet werden.

Wer Interesse hat kann sich unter info@dgs-muc.de melden.

In der Praxis gibt es bereits solche Ausbildungen für EffT. Zum Beispiel für Küchenbauer und die Elektrogeräte in der Küche anzuschließen und Heizungsbauer, damit sie die Pumpen und Regelungen im Keller anschließen können.



Die SWM-München bauen baugleiche Zähler ein, sperren aber das Zählwerk des Codes 2.8.0. Diese Zählung ist dann nicht sichtbar. Dadurch weiß der Bürger nicht, wieviel Strom er dem Netzbetreiber schenkt. Hier der Aufruf, diese kundenfeindliche Praxis zu beenden und dem Bürger den Zugang zur Information zu ermöglichen. Um diese Information zu erhalten muss jetzt der Kunde eine eigene Zählung vornehmen.

Zum Abschluss auch noch die Bitte an die SWM-München den Passus „Energistechdose“ aus Ihrem Anmeldeformular zu entfernen. Auf seit 12 des Skripts wird auch auf andere normgerechte Möglichkeiten hingewiesen.

Fazit:

- a. Die Solarmodule sind mechanisch sicher anzubringen. Sturmgefahr.
- b. Die Solarmodule bzw. die Unterkonstruktion ist in die Erdung einzubeziehen.
- c. Die Solarkabel können verlängert werden. Ist meist Kleinspannung <50 V. Stecker und Kabel sind am Markt erhältlich. Sind verpolungssicher zu montieren.
- d. Der Wechselrichter ist in die Erdung einzubeziehen.



Danke für die Aufmerksamkeit.

IB Kroschl Janko Dipl.-Ing.

Gutachter für Solartechnik
Sicherheitsprüfung von PV-Anlagen
Berater für E-Mobilität (HWK)

Controlling / Fernüberwachung von Solar- und Heizungsanlagen
Zugelassener Elektroinstallateur bei SWM-Infrastruktur München

Am Moosfeld 53
81829 München

www.kroschl.de; solartechnik@kroschl.de



Alle Zeichnungen und Texte unterliegen dem Urheberrecht © IB Kroschl. Wiederholung nur mit Zustimmung des Verfassers erlaubt.