

# Normgerechte Installation von PV-Anlagen

R. Haselhuhn, Berlin

**Die neue Norm DIN VDE 0100 Teil 712 ist seit 01.06.2006 als allgemein anerkannten Regel der Technik rechtlich relevant. In Verbindung mit den Normen DIN VDE V 0126-1-1 [1], DIN VDE 0298 Teil 4 und DIN VDE 0185 insbesondere dem Teil 3 lassen sich elektrisch betriebssichere PV-Stromversorgungssysteme errichten.**

## 1 Norm zum elektrisch sicheren Errichten von PV-Anlagen

Was lange währte, liegt jetzt vor: seit 1. 06. 2006 ist die neue Norm DIN VDE 0100 Teil 712 mit dem Titel „Errichtung von Niederspannungsanlagen: Anforderungen für Betriebsstätten, Räume und Anlagen besonderer Art – Solar-Photovoltaik-(PV)-Stromversorgungssysteme“ verbindlich. Für alle Anlagen, die sich zu diesem Zeitpunkt in Planung und in Bau befanden, gilt eine Einführungsfrist bis 01. 03. 2008. Der große Wurf in Sachen hilfreiche Hinweise auf eine fachgerechte Installation von Solarstromanlagen ist dem Normgremium jedoch nicht gelungen. Zur Verteidigung lässt sich anführen, dass die internationale Version IEC 60364-7-712 schon 4 Jahre alt ist und die Übernahme in die deutsche DIN VDE 0100 Reihe hauptsächlich auf der Übersetzung mit einigen nationalen Anmerkungen basiert und die Abstimmung im internationalen Rahmen nicht leicht ist. Nach zweiseitigen Begriffsdefinitionen werden in der 19-seitigen Norm die Themen Schutzmaßnahmen sowie Auswahl und Errichtung der Betriebsmittel vertieft. Damit ist auch schon beschrieben, womit sich die Norm nicht beschäftigt: Wer Hilfe bei der Anlagenmontage und -dimensionierung, Blitzschutz oder zur Auslegung der Leitungen und des Montagegestells benötigt, muss andere Normen oder Fachliteratur heranziehen. Die Norm hilft eine elektrisch sichere PV-Anlage zu errichten und ist somit auch zur Definition der allgemein anerkannten Regel der Technik rechtlich relevant. In Kombination mit den anderen Normen der DIN VDE 0100-Reihe, der DIN VDE V 0126-1-1 [1] zum Netzanschluss durch selbsttätige Freischaltstelle, der DIN VDE 0298 Teil 4 [2] zur Strombelastbarkeit der Leitung und der VDE 0185 insbesondere dem Teil 3 [3] für den Blitz- und Überspannungsschutz lässt sich das Ziel der elektrischen Betriebssicherheit erreichen. Indes ist der Bau einer gut funktionierenden Anlage bzw. die gute fachliche Praxis der PV-Anlagenauslegung damit noch nicht ausreichend beschrieben. Bei der weiteren Erläuterung der neuen Norm wird auf die Veränderungen zu der, vielen Elektrofachkräften schon bekannten, Entwurfsfassung von 2000 hingewiesen.

### Autor

Dipl.-Ing. Ralf Haselhuhn ist Vorsitzender des Fachausschusses Photovoltaik der Deutschen Gesellschaft für Sonnenenergie, Berlin



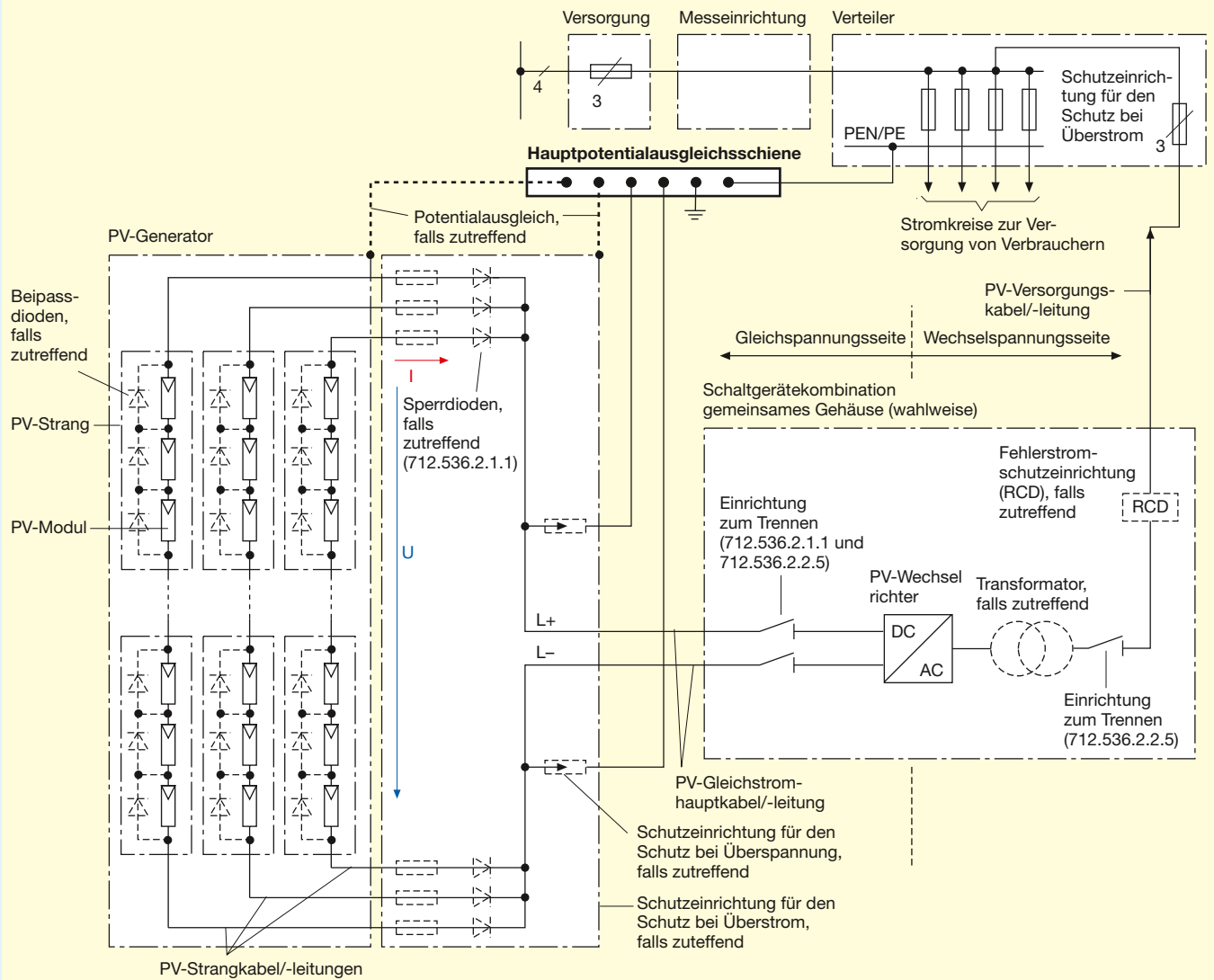
① Separater DC-Lastschalter vor dem Wechselrichter Foto: MHH Solartechnik



② Im Wechselrichter ist ein elektronischer DC-Lasttrennschalter integriert Foto: Haselhuhn

## 2 Photovoltaik-Generator

Bei Montage, Installation und Betrieb stehen die PV-Module bei ausreichender solaren Einstrahlung unter Spannung. Der produzierte



③ Schema einer PV-Anlage entsprechend der DIN VDE 0100 Teil 712 nach internationaler Vorlage

Gleichstrom kann bei einem Isolationsfehler zu einem Kurzschluss und einem stehenden Lichtbogen führen. Da der Kurzschlussstrom nur ca. 20 % über dem normalen Nennstrom liegt, ist dieses bei der Auslegung der Schutztechnik zu beachten.

- Um das Risiko eines Isolationsfehlers zu verringern, empfiehlt deshalb die Norm den Einsatz von PV-Modulen der Schutzklasse II – mit doppelten bzw. verstärkten Isolierungen – sowie bei den Kabeln und Leitungen den Einsatz von doppelt isolierten Einleiterkabeln.
- Bei der Auslegung der Betriebsmittel im Außenbereich sind die besonderen Witterungsbedingungen wie Wind, Eisbildung, Temperaturen und Sonneneinstrahlung zu beachten.

**Anmerkung.** In diesem Zusammenhang sei erwähnt, dass die Verwendung der früher oft eingesetzten Gummischlauchleitung H07RN-F nach Erkenntnissen am Institut für solare Energieversorgungstechnik (ISET) [4] nicht für den dauerhaften Einsatz in PV-Anlagen geeignet ist. An zwölf Jahre alten H07RN-F-Leitungen an PV-Anlagen zeigten sich mehrfach brüchige Isolationen der Gummischlauchleitung selbst ohne UV-Einwirkung. Die Kombination von Temperatur und Feuchtwechseln sowie mikrobiologische Einwirkungen wird als Ursache angenommen. Inzwischen bieten einige Kabelhersteller spezielle Solar-kabel an, die für Temperaturbereiche von –40 bis 100 °C geeignet sind, UV- und ozonbeständig sind und auch durch erhöhte Kerbfestigkeit den mechanische Belastungen beim Anlagenbau besser standhalten. Hersteller geben für diese Kabel eine garantierte Langzeitbeständigkeit von mindestens 20 Jahren an.

- Die in der 2000er Entwurfsfassung enthaltene Empfehlung zur Leitungsdimensionierung den Spannungsfall der Gleichstromseite auf unter 1 % bei STC<sup>1)</sup> zu begrenzen, entfiel komplett.

Trotzdem ist es im Hinblick auf Verlustreduzierung und Ertragsoptimierung empfehlenswert, diese sinnvolle Grenze bei der Leitungsauslegung einzuhalten.

- Ebenfalls entfallen ist die Forderung nach Potentialausgleich und Erdung des Modulrahmens und des Montagegestells (siehe auch [5]).

In der Praxis wurde die Erdung nur bei großen PV-Anlagen, aus Blitzschutzgesichtspunkten bzw. bei transformatorlosen Wechselrichtern umgesetzt.

- Die Erdung eines Leiters auf der Gleichspannungsseite ist nach der neuen Norm erlaubt, wenn mindestens eine einfache Trennung zwischen Gleich- und Wechselspannungsseite besteht. Um hohe Spannungseinkopplungen bei Blitzeinschlägen zu vermeiden, muss die Fläche aller Leiter-schleifen möglichst klein sein.
- Der Leitungsschutz für die Strangleitungen, Teilgenerator bzw. DC-Hauptleitungen kann entfallen, wenn die Dauerstrombelastbarkeit der Leitungen gleich oder größer 1,25fachen Kurzschlussstrom bei STC ist.

Auch aus der Norm gefallen ist der hilfreiche Hinweis aus der Entwurfsfassung, dass bei Modulen gleichen Typs mit der Schutzklasse II und zulässigem halben Nennkurzschlussstrom in Verbraucherrichtung sowie einer maximalen Abweichung der Leerlaufspannungen zwischen den einzelnen Strängen des PV-Generators von 5 % die Strangdioden weggelassen können.

- In der neuen Norm wird nur noch der Hinweis zu den Strangdioden (hier Sperrdioden

genannt) gegeben, dass, falls sie verwendet werden, ihre Sperrspannung für 2-mal der Leerlaufspannung bei STC bemessen sein muss.

- Falls keine Schutzklasse-II-Module eingesetzt werden, hat die Elektrofachkraft nach der Norm die Möglichkeit, als Schutzmaßnahme ein Kleinspannungskonzept mit einer maximalen DC-Leerlaufspannung der Stränge von 120 V umzusetzen. Andere Schutzkonzepte auf der Gleichspannungsseite wie der Schutz durch nichtleitende Räume oder durch erdfreien örtlichen Potentialausgleich sind nicht zulässig.

## 3

### Systemtechnik

#### 3.1 Generatoranschlusskasten

Größere Anlagen werden oft als Mehrstranganlagen aufgebaut, sodass Generatoranschlusskästen eingesetzt werden. Bei der Ausführung und Auslegung der Generatoranschlusskästen aber auch der Schaltschränke verweist die Norm auf die DIN VDE 0600 Teil 500.

- Generatoranschlusskästen und Schaltschränke sowie deren Komponenten müssen unter Beachtung der Grenztemperaturen, Isolations- und Kurzschlussfestigkeit, IP-Schutzart, Kriech- und Luftstrecken usw. dimensioniert und geprüft worden sein.

<sup>1)</sup> (standard test condition) Einheitliche Test-Bedingungen: senkrechte Einstrahlung von 1.000 W/m<sup>2</sup>, Modultemperatur von 25 °C mit einer Toleranz von ± 2 °C und definiertes Lichtspektrum (Spektralverteilung der solaren Referenzbestrahlungsstärke nach IEC 60904-3) mit einem AirMass von AM = 1,5.

### 3.4 Fehlerstromschutzeinrichtung

- Bei transformatorlosen Wechselrichtern wird eine gleich- und wechselstromseitige RCD-Schutzeinrichtung verlangt.

Einige Wechselrichterhersteller integrieren diese allstromsensitive Fehlerstromschutzvorrichtung schon seit 2005 in ihre transformatorlosen Gerätetypen. Die Elektrofachkraft muss hier auf die Konformitätserklärung des Herstellers achten. Die Integration der Schutzschaltung erfolgt zumeist in Verbindung mit der ebenfalls integrierten selbsttätigen Freischaltstelle nach DIN VDE 0126 im Wechselrichter.

Da bei PV-Anlagen mit transformatorlosen Wechselrichtern im normalen Betrieb kapazitive Ableitströme von über 30 mA über die PV-Module gegen Erde fließen können, sind konventionelle FI-Schutzschalter, die bei 30 mA auslösen, nicht einsetzbar.

## 4 Dimensionierung und Schemata

- Es dürfen nur soviel Module in einem Strang verschaltet werden, bis ihre maximale Betriebsspannung durch die Leerlaufspannung des Stranges oder die maximale Betriebsspannung des Wechselrichters erreicht wird.

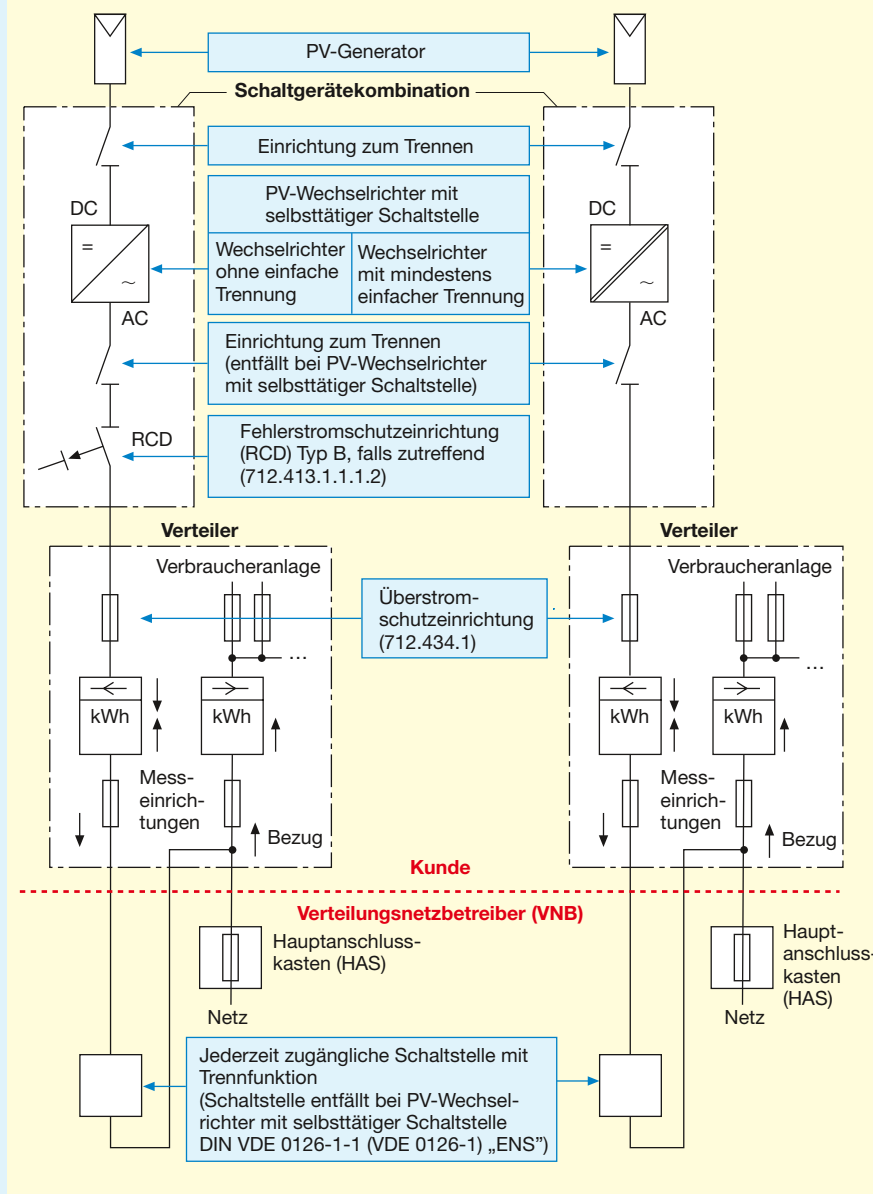
Auf die weitere Abstimmung von Modulen und Wechselrichtern bei der Anlagendimensionierung wird in der Norm nicht eingegangen.

Insbesondere auf die detaillierte Leistungsabstimmung, die Spannungsabstimmung bei den Grenztemperaturen ( $-10^\circ$  und  $70^\circ\text{C}$ ) sowie die Begrenzung des maximal zulässigen Eingangsstroms des Wechselrichters sollte unbedingt beachtet werden [6].

Bild 3 zeigt das Schema einer PV-Anlage entsprechend DIN VDE 0100 Teil 712 nach internationalen Vorlage. Das Schema für PV-Anlagen mit selbsttätiger Schaltstelle im nationalen Anhang der Norm (Bild 4) ergänzt das allgemeine Schema der internationalen Norm und erläutert den Netzanschluss von PV-Anlagen nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG).

### Literatur

- [1] DIN V VDE V 0126-1-1 Entwurf 12/2004 „Selbsttätige Freischaltstelle zwischen einer netzparallelen Eigenerzeugungsanlage und dem öffentlichen Niederspannungsnetz“
- [2] DIN VDE 0298 Teil 4 „Verwendung von Kabeln und isolierten Leitungen für Starkstromanlagen – empfohlene Werte für die Strombelastbarkeit von Kabeln und Leitungen“
- [3] DIN VDE 0185 Teil 3: „Blitzschutz: Schutz von baulichen Anlagen und Personen“
- [4] Funtan, P.: „Untersuchungen zur Langzeitstabilität von Solarleitungen“ Fachbeitrag zum 20. Symposium Photovoltaische Solarenergie, OTTI-Kolleg, Kloster Banz 2005
- [5] Raab, V.: „Erdung von Photovoltaikanlagen“ Elektropraktiker, Berlin 59 (2005) 12, S 960
- [6] Haselhuhn, R.; Hemmerle, C.: „DGS-Leitfaden Photovoltaische Anlagen“, 3. Auflage Berlin 2005



4 Schema einer PV-Anlage nach EEG aus dem nationalen Anhang der Norm

Inzwischen haben sich einige PV-Systemanbieter oder auch der Elektrofachhandel darauf konzentriert, vorkonfektionierte normgerechte Generatoranschlusskästen anzubieten.

- An allen Anschlusskästen müssen Warnhinweise angebracht werden, dass aktive Teile in den Anschlusskästen nach dem Trennen vom Wechselrichter unter Spannung stehen können.

### 3.2 Trenneinrichtung

- Neu in der Norm wird zum Durchführen von Wartungsarbeiten am Wechselrichter eine Einrichtung zum Trennen der Gleichspannungs- und Wechselspannungsseite verlangt. Auf der Gleichspannungsseite muss ein – und das ist eine Neuerung zur gängigen Installationspraxis – Lasttrennschalter vor dem Wechselrichter eingesetzt werden

(Bild 1). Allerdings kann dieser Lasttrennschalter auch direkt im Wechselrichter realisiert werden.

Einige Wechselrichterhersteller bieten schon seit Anfang 2005 entsprechende Lösungen an. So unterbricht beispielsweise bei einem Produkt ein so genannter Electronic Solar Switch durch das Trennen einer Kurzschlussbrücke innerhalb des Gerätes den Stromfluss (Bild 2). Die Leistung wird mit einem parallelgeschalteten IGBT (Insulated Gate Bipolare Transistor) so reduziert, dass kein Lichtbogen beim Trennen der Kurzschlussbrücke entsteht.

### 3.3 Überstromschutzvorrichtung

- Die PV-Versorgungsleitung muss auf der Wechselspannungsseite an der Anschlussstelle durch eine Überstromschutzvorrichtung geschützt sein.