

# Isolationswiderstand ( $R_{iso}$ ) von nicht galvanisch getrennten PV-Anlagen mit **SUNNY MINI CENTRAL 9000TL/10000TL/11000TL**



## Inhalt

---

PV-Anlagen mit transformatorlosen Wechselrichtern sind im Einspeisebetrieb nicht galvanisch vom Netz getrennt. Sie dürfen laut der Norm DIN VDE 0126-1-1 einen bestimmten Grenzwert der Isolierung vor der Netzaufschaltung nicht unterschreiten. Der vorgeschriebene Grenzwert für solche PV-Anlagen orientierte sich bei der Normerstellung an gängigen Installationsvorschriften (zum Beispiel  $1 \text{ k}\Omega / \text{V}$ ). Zum Zeitpunkt der Normerstellung waren die typischen Leistungsgrößen der PV-Anlagen deutlich kleiner als heute.

Mit zunehmender Größe einer PV-Anlage wird durch die größere Generatorfläche und die Parallelschaltung vieler PV-Module der Isolationswiderstand ( $R_{iso}$ ) immer kleiner. Dies kann dazu führen, dass sich der Wechselrichter wegen eines zu niedrigen Isolationswiderstands der gesamten PV-Anlage nicht auf das Netz aufschalten darf, obwohl alle Komponenten einwandfrei funktionieren.

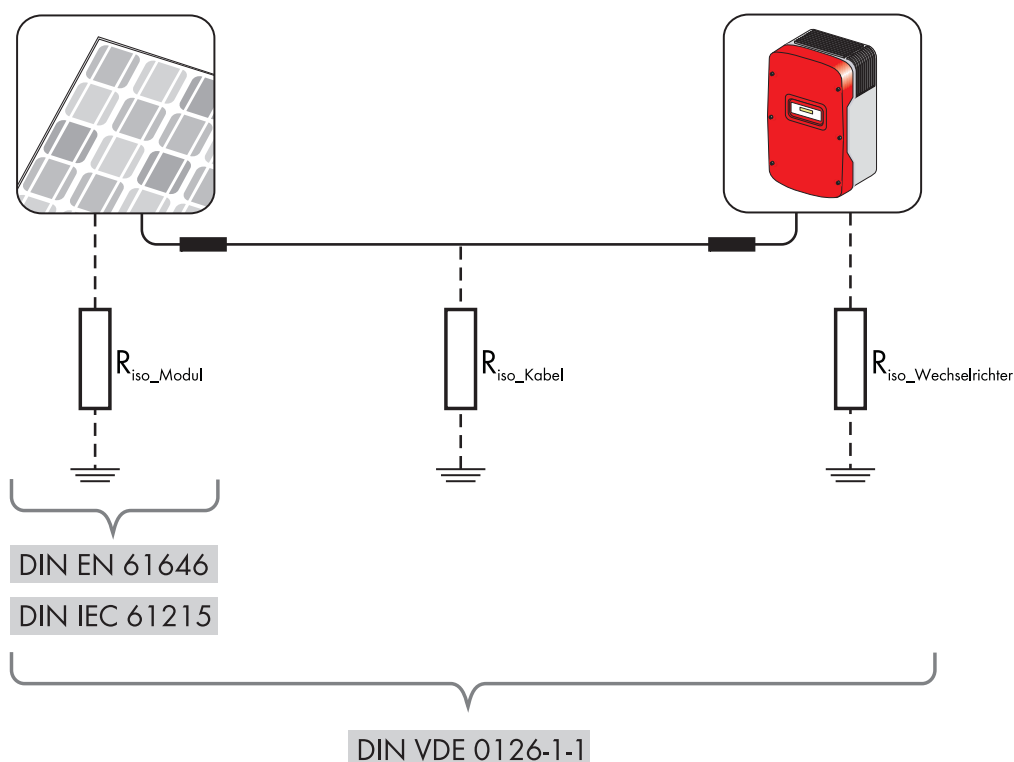
SMA Solar Technology AG hat zusammen mit der Berufsgenossenschaft eine Lösung erarbeitet, die den geringeren Isolationswiderstand größerer PV-Anlagen berücksichtigt. Zugleich erfüllt diese Lösung das Schutzziel der Norm, das Erkennen von Isolationsfehlern.

# 1 Was versteht man unter dem $R_{iso}$ ?

Jede PV-Anlage hat sowohl vor der Netzaufschaltung als auch im Einspeisebetrieb ein gegenüber Erde unterschiedliches Potenzial. Nur eine ausreichende Isolierung gegenüber Erde verhindert, dass Ströme von der PV-Anlage über Erde abfließen, und schließt eine Gefahr bei Berührung und zusätzliche Verluste aus. Der gesamte Erdstrom, auch Leckstrom genannt, setzt sich aus den Beiträgen aller Anlagenkomponenten zusammen:

- PV-Module
- DC-Kabel
- Wechselrichter

Bei gegebener Systemspannung lässt sich dieser Leckstrom in einen wirksamen Isolationswiderstand umrechnen, den man mit  $R_{iso}$  bezeichnet.



Bei transformatorlosen Wechselrichtern ist aufgrund fehlender galvanischer Trennung eine kontinuierliche Messung des  $R_{iso}$  im Betrieb nicht möglich. Deshalb müssen transformatorlose Wechselrichter den  $R_{iso}$  vor jeder Netzaufschaltung messen und im Betrieb den Fehlerstrom überwachen.

## 2 Unterscheidung von anderen Phänomenen

---

Die Messung des  $R_{iso}$  darf nicht mit der Problematik der kapazitiven Ableitströme verwechselt werden (siehe Technische Information „Kapazitive Ableitströme“ unter [www.SMA.de](http://www.SMA.de)). Voraussetzung für Letztere ist die Rückwirkung der Netzfrequenz auf die PV-Anlage. Kapazitive Ableitströme treten demnach nur während des Betriebs auf.

Die Messung des  $R_{iso}$  findet aber bereits vor der Netzaufschaltung statt. Im Betrieb läuft die Fehlerstromüberwachung über die allstromsensitive Fehlerstromüberwachung (RCMU). Es handelt sich daher um 2 unterschiedliche Phänomene.

## 3 Normvorgaben für den $R_{iso}$

---

Für den  $R_{iso}$  existieren folgende Vorschriften:

- Für PV-Module (DIN EN 61646; DIN IEC 61215):

**Pro m<sup>2</sup> Modulfläche:  $R_{iso} > 40 \text{ M } \Omega \text{ m}^2$**

Das bedeutet, dass ein PV-Modul mit einer Modulfläche von 1 m<sup>2</sup> einen Isolationswiderstand von mindestens 40 M  $\Omega$  haben muss, ein PV-Modul mit einer Fläche von 2 m<sup>2</sup> aber nur mindestens 20 M  $\Omega$ .

- Für Wechselrichter ohne galvanische Trennung (transformatorlos) nach DIN VDE 0126-1-1:

Der Wechselrichter überwacht als Herz einer PV-Anlage den Isolationswiderstand der gesamten Anlage (alle PV-Module, DC-Verkabelung, Installation und Wechselrichter). Wie oben erwähnt, ist dies bei PV-Anlagen ohne galvanische Trennung vom Netz besonders wichtig, da bereits ein einzelner Kurzschluss zu Sach- oder Personenschäden führen kann. Da bei solchen Schäden die Höhe der Ströme entscheidend ist, hängt der vorgeschriebene  $R_{iso}$  von der maximalen Eingangsspannung des Wechselrichters ab.

Laut DIN VDE 0126-1-1 gilt:  **$R_{iso} > 1 \text{ k } \Omega / \text{V}$ , aber mindestens 500 k  $\Omega$ .**

Zum Isolationswiderstand für PV-Anlagen mit galvanischer Trennung vom Netz enthält die DIN VDE 0126-1-1 keine Vorgaben.

## 4 R<sub>iso</sub> mehrerer PV-Module

In einer PV-Anlage stellen die Isolationswiderstände aller PV-Module an einem Wechselrichter eine Parallelschaltung gegen Erde dar und addieren sich daher reziprok:

$$R_{iso} = \frac{1}{\frac{1}{R_{Modul(1)}} + \frac{1}{R_{Modul(2)}} + \frac{1}{R_{Modul(n)}}}$$

Bei identischen PV-Modulen vereinfacht sich diese Gleichung zu:

$$R_{iso} = \frac{R_{Modul}}{\text{Modulanzahl}}$$

Der Gesamtwiderstand der PV-Anlage gegen Erde sinkt mit der Anzahl der angeschlossenen PV-Module.

### Normenkonflikt

Bei einer typischen PV-Anlage mit einer Systemspannung von 700 V gerät die Norm für PV-Module ab einer Modulfläche von circa 60 m<sup>2</sup> in Konflikt mit der Norm für Wechselrichter (40 M Ω m<sup>2</sup>/60 m<sup>2</sup> = 667 k Ω). Selbst bei einwandfreier Funktionstüchtigkeit kann der vorgeschriebene R<sub>iso</sub> unter Umständen nicht mehr erreicht werden. Bei einem Modulwirkungsgrad von 10 % entsprechen 60 m<sup>2</sup> nur 6 kW, bei einem Modulwirkungsgrad von 5 % sogar nur 3 kW.

## 5 Neue Formel für den R<sub>iso</sub>-Grenzwert

Die bisherigen Festlegungen der Normen lassen relevante Faktoren wie den Wirkungsgrad der PV-Module oder die Leistung des Wechselrichters außer Acht. Es gibt daher Bemühungen auf nationaler und internationaler Ebene (IEC), die bestehenden Isolationsvorgaben in den Normen zu harmonisieren.

SMA Solar Technology AG hat zusammen mit der deutschen Berufsgenossenschaft eine von der DIN VDE 0126-1-1 abweichende Formel für den Isolationswiderstand erarbeitet. Der neue R<sub>iso</sub>-Grenzwert ist umgekehrt proportional zur Leistung des Wechselrichters und entspricht dem von DIN EN 61646 und DIN IEC 61215 geforderten R<sub>iso</sub>-Grenzwert von 40 M Ω m<sup>2</sup> bei einem Modulwirkungsgrad von 5 %:

$$R_{iso} = 2000 \text{ k } \Omega * \text{ kW}/P_{DC\_WR}$$

Von der Berufsgenossenschaft wurde dieser leistungsabhängige, von der Norm DIN VDE 0126-1-1 abweichende R<sub>iso</sub> akzeptiert, da das zugrunde liegende normative Schutzziel damit erfüllt ist. Allerdings muss der Wert mindestens 200 k Ω betragen, da kleinere Isolationswiderstände gefährliche Fehlerströme hervorrufen können. Insbesondere bei PV-Anlagen mit über 10 kW und bei zusätzlichen Isolationsproblemen in den Kabeln und Steckern kann es daher auch mit der neuen Regelung noch gelegentlich zu Störungen kommen.

## 6 Was wurde bisher gemessen?

---

Die PV-Anlage stellt ein System aus vielen Komponenten dar, die alle zum oben definierten  $R_{i,so}$  beitragen. Eine Bestimmung dieses Wertes ist daher von Messalgorithmus und Messschaltung abhängig. Außerdem muss eine integrierte Messtechnik verlustarm arbeiten. Darüber hinaus gibt es weitere Messfehler durch die Toleranzen der eingesetzten Elektronik-Bauteile.

Wechselrichter des Typs Sunny Mini Central 9000TL/10000TL/11000TL sind mit einer Messtechnik ausgestattet, die weit über die in der Norm geforderten Testbedingungen hinausgeht und auch schwer detektierbare Isolationsfehler erkennt. Um den gemäß DIN VDE 0126-1-1 geforderten Grenzwert von 700 k $\Omega$  zu erfüllen, wurden die Geräte bisher mit einem Grenzwert von 900 k $\Omega$  ausgeliefert.

Auch die SMA Wechselrichter mit Transformator können den Isolationswiderstand messen. Da bei galvanischer Trennung andere Vorschriften gelten, verweigern sie jedoch nicht die Netzaufschaltung, sondern zeigen lediglich eine Warnmeldung an.

## 7 Was hat sich geändert?

---

Ab 01. Dezember 2010 liefert SMA Solar Technology AG die Sunny Mini Central 9000TL/10000TL/11000TL mit einer Firmware aus, in der die Grenzwerte für den Isolationswiderstand an die neuen Rahmenbedingungen angepasst wurden. Für davor ausgelieferte Wechselrichter bietet SMA Solar Technology AG die Firmware bei Bedarf als kostenloses Update an. Die neuen Grenzwerte bewirken, dass die PV-Anlagen sicher in Betrieb gehen und nur tatsächliche Isolationsfehler (Modulbruch, Marderbiss) weiterhin zuverlässig als Störung gemeldet werden.

Wenden Sie sich bei Bedarf an die SMA Serviceline: [Serviceline@SMA.de](mailto:Serviceline@SMA.de).