

# ES GIBT KEINE KOMPATIBLEN STECKVERBINDER

## GEFÄHRLICHE FEHLERQUELLE: DC-STECKVERBINDER UND DC-LEITUNGEN/KABEL

### Qualität von PV-Anlagen

Bei der Qualitätskontrolle von Photovoltaikanlagen liegt der Fokus oft nur auf den hochpreisigen Bestandteilen, also der Produkt- und Montagequalität der Solarmodule und der Wechselrichter. Dass auch die „kleinen“ Bauteile – Steckverbinder und Leitungen – für einen dauerhaft mangelfreien Betrieb wichtig sind, gerät dabei leicht in Vergessenheit.

Mit Hilfe von Steckverbindern und Leitungen werden einzelne Solarmodule zu Strings verbunden, um eine für das Photovoltaiksystem „sinnvolle“ Betriebsspannung zu erreichen. Diese liegt in der Regel zwischen 500 und 1.000 Volt. Sie hängt von dem Spannungsfenster des Arbeitspunktes des Wechselrichters, sowie der maximal zulässigen Systemspannung ab. In einem „typischen“ 1.000-Volt-System bestehen die Strings aus 20 bis 24 Solarmodulen mit ca. 50 Steckverbindern – je ein Stecker und eine Buchse pro Solarmodul sowie je ein Pärchen am Anfang und am Ende des Strings am Wechselrichter.

Auch bei kleinen Photovoltaikanlagen sind das schnell ein paar hundert Steckverbinder, bei großen Anlagen sogar mehrere zehntausend. Jeder Steckverbinder ist eine potentielle Fehlerquelle, die zu einer Unterbrechung des Strings und damit – im geringsten Fall – zu Ertragsverlusten führen kann. Nicht ganz so glimpflich ist es, wenn es durch den Fehler zu einem Brand in Teilen der Photovoltaikanlage kommt oder – in Folge eines Steckerbrandes – die PV-Anlage tragende Gebäude beschädigt oder sogar zerstört.

### Fehlerquelle Steckverbinder

Der Kreuzverbund – das Stecken von Stecker und Buchse unterschiedlicher Hersteller bzw. unterschiedlicher Produktlinien – zählt zu den häufigsten Mängeln einer Photovoltaikanlage:

Im Rahmen des Projektes „Solarbankability“ wurde eine Fehlermöglichkeiten- und Einfluss-Analyse (FMEA) zu Schäden an Photovoltaikanlagen durchgeführt. Anhand einer Risiko-Prioritäts-Zahl (RPZ) werden die unterschiedlichen Fehler zu-

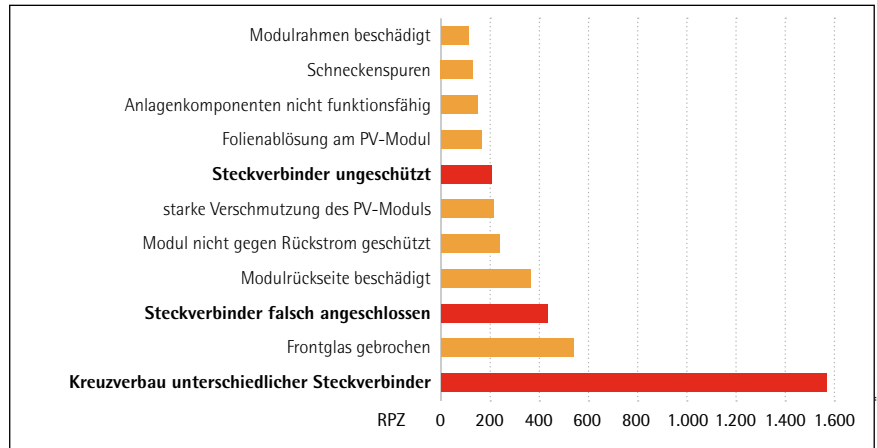


Bild 1: FMEA-Bewertung zu Ausfällen an Solarmodulen

einander gewichtet. Die Untersuchung hat ergeben, dass der Kreuzverbund zu den wichtigsten Fehlerquellen beim Ausfall von Solarmodulen und Modulstrings zählt (siehe Bild 1).

Die monetären Verluste infolge eines Ausfalls durch „beschädigte Steck-

verbinder“ liegen bei 2,67 Euro pro Kilowattpeak und Jahr. Durch „falsche/ fehlende Kabelverbindung“ sind es sogar 2,93 Euro (siehe Bild 2). Beide Fehler zählen damit zu den „teuersten“ Ausfallursachen bei Photovoltaikanlagen.

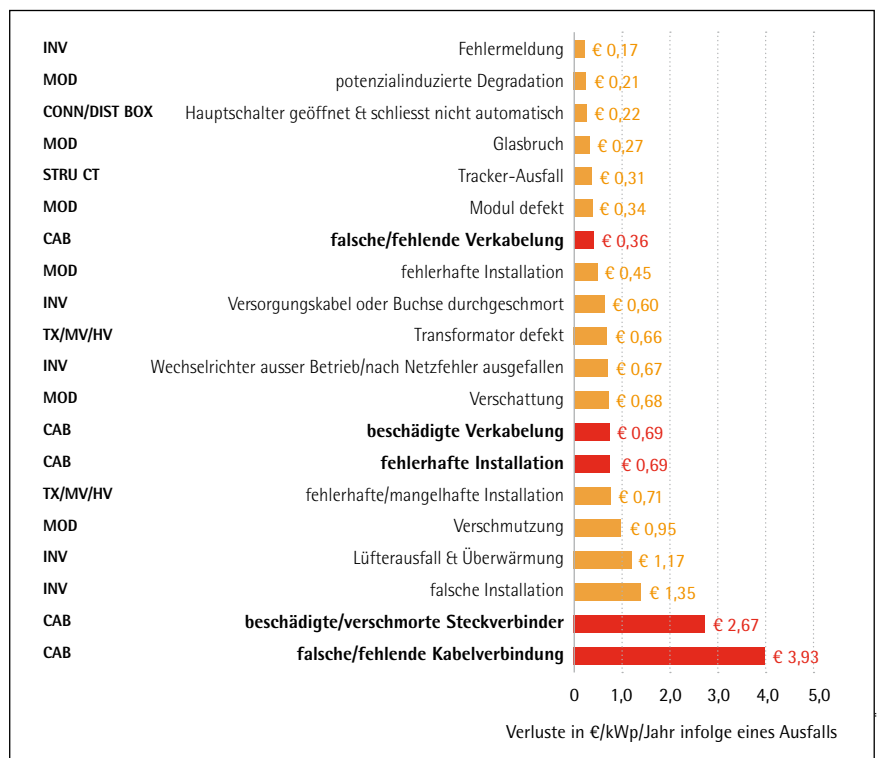


Bild 2: Top 20 der technischen Ausfallursachen

Quelle: TÜV Rheinland, www.solarbankability.org

Quelle: TÜV Rheinland, www.solarbankability.org

## Kompatible Steckverbinder?

Der Kreuzverbund von Stecker und Buchse wird oft damit gerechtfertigt, dass es sich um kompatible Steckverbinder handeln würde. Sachverständige werden bei der Begutachtung von Photovoltaikanlagen daher sehr oft mit Fragestellungen dieser Art konfrontiert: „Gibt es kompatible Steckverbinder?“ Gemeint ist damit eigentlich immer: „kompatibel zu MC4-Steckverbindern“ oder, etwas weniger direkt, „kompatibel zum Marktstandard“ (womit aber ebenfalls die Steckverbinder MC4 von Stäubli gemeint sind). Zum Beweis der Kompatibilität werden dann – oft nur auf Nachfrage, obwohl das eigentlich eine Bringschuld des Installateurs oder des Anlagenverkäufers wäre – Prüfberichte des TÜV vorgelegt.

Um die Antwort vorweg zu nehmen: Nein, es gibt keine kompatiblen Steckverbinder. Zum Verständnis, weshalb das so ist und welche Konsequenzen es hat, wenn man als Installateur kompatible Steckverbinder im Kreuzverbund verwendet genügt ein Blick in einen gewöhnlichen Haushalt: Dort gibt es genormte Schutzkontakt-Steckdosen („Schuko“), in die jeder genormte Schuko-Stecker gesteckt werden kann. Als Anwender muss man sich daher kaum Gedanken zur Kompatibilität machen. Das ändert sich zwar, wenn man auf Reisen geht, denn in anderen Ländern gibt es andere Normen und andere Steckergesichter, aber das ist ein anderes Thema.

Bei Photovoltaikanlagen gibt es – obwohl es wünschenswert wäre – bisher keine Norm für einen einheitlichen Steckverbinder. Es gibt nur, als ursprüngliche deutsche Norm, die DIN EN 50521 VDE 0126-3:2013, in der die Sicherheitsanforderungen für Steckverbinder

und deren Prüfung beschrieben sind. Die neue Norm DIN EN 62852 VDE 0126-300:2105, mit der eine IEC-Norm in deutsches Recht übertragen wurde, löst die DIN EN 50521 in Kürze ab. Steckverbinder, die nach diesen Normen vorgegebenen Prüfungen bestanden haben, können – eine fachgerechte Installation und Verwendung vorausgesetzt – als betriebssicher eingestuft werden.

## Probleme beim Kreuzverbund

Beim Kreuzverbund von Stecker und Buchse unterschiedlicher Hersteller kann es zu Kontaktproblemen und in deren Folge zu einer unzulässigen Erwärmung der Steckkontakte kommen. Dies ist in Untersuchungen des TÜV Rheinland gut zu erkennen. Die Thermografieaufnahmen zeigen: Unter identischen Prüfbedingungen erwärmt sich die MC4-MC4-Verbindung initial um 11 Kelvin, die Verbindung MC4-Fremdprodukt um 21 Kelvin (siehe Bild 3).

Die initiale Erwärmung ist – noch – unkritisch, ebenso der Kontaktwiderstand. Aber nach 200 Temperaturzyklen (–40°C / +85°C) und 1.000 Stunden Feuchtigkeits/Wärme-Tests (85°C / 85 %) kommt es zu einer deutlichen Verschlechterung: Die Kontaktwiderstände steigen um bis zu 330 Prozent und in der Folge kommt es zu einer deutlichen Erwärmung der Steckverbinder im Kreuzverbund (vgl. Bild 4).

Diese Ergebnisse aus dem Labor lassen sich, wie Bild 5 und 6 zeigen, leider auch in der Praxis beobachten: Durch die Verschlechterung des Kontaktwiderstands kommt es zur Erwärmung der Steckverbinder, die sich in einem frühen Stadium „nur“ verformt, aber letztendlich in Brand geraten kann.

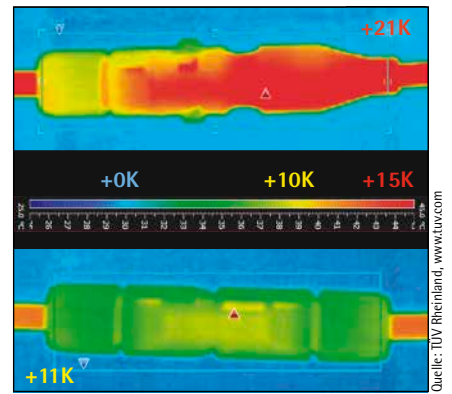


Bild 3: Stecker und Buchse aus gleicher Familie (unten), ohne thermische Auffälligkeit und Stecker und Buchse aus unterschiedlicher Familie (oben), mit thermischer Auffälligkeit.

## Wie sieht es Multi-Contact?

Von Multi-Contact (heute: Stäubli Electrical Connectors) gibt es bereits seit August 2012 eine eindeutige Aussage: „Multi-Contact erkennt keine Kompatibilität zwischen Multi-Contact MC3/MC4-Steckern und Steckern anderer Hersteller an: Multi-Contact hat bis heute die Behauptung, dass Fremdprodukte „(steck-) kompatibel mit MC...“ seien, nicht autorisiert und beabsichtigt auch nicht, diese Behauptung in Zukunft zu autorisieren. (...) Deswegen schließt Multi-Contact jegliche Haftung für Schäden im Zusammenhang mit Steck-Kombinationen mit Fremdprodukten aus, in diesen Fällen sind zudem die Zertifizierungen der Stecker erloschen.“

## Wie sehen es die Wettbewerber?

So mancher Wettbewerber sieht das anders. Das Argument: Ihre Steckverbinder sind auch im Kreuzverbund mit

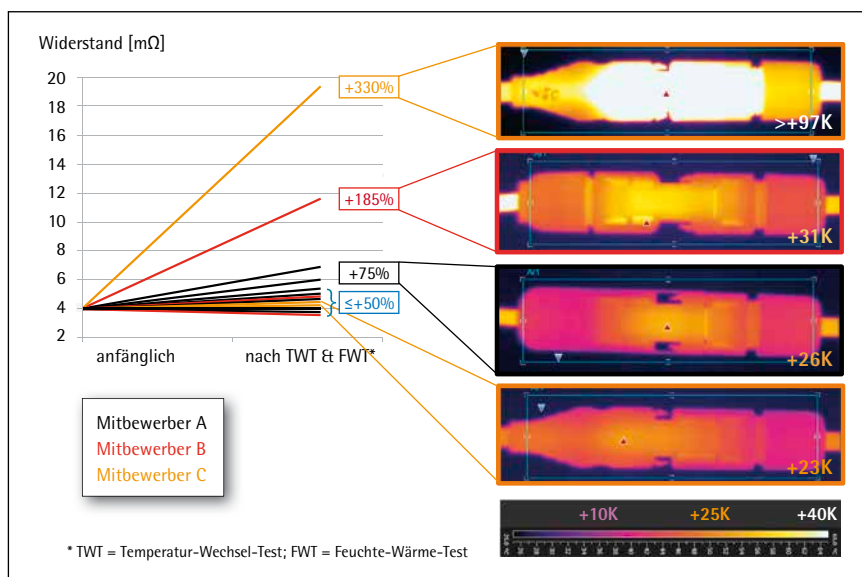


Bild 4: Zunahme der Kontaktwiderstände und der Temperatur der Steckverbinder beim Alterungstest im Vergleich



Bild 5: Verformte Steckverbinder-Verbindung (Kreuzverbund)



Bild 6: Abgebrannte Steckverbinder-Verbindung (Kreuzverbund)

anderen Steckverbindern steckbar, da die Kompatibilität „vom TÜV geprüft und zertifiziert“ wurde (siehe oben).

### Wie sehen es die Hersteller?

Die Modul- und Wechselrichter-Hersteller sind sich dieser Problematik durchaus bewusst. In den Montageanleitungen gibt es daher mittlerweile immer öfter einen Hinweis folgender Art: „Die Installation eines Systems, bei der die Kompatibilität der Steckverbinder nicht gewährleistet ist, kann unter Umständen nicht sicher sein und es sind Funktionalitätsprobleme wie Erdungsfehler möglich, die zur Abschaltung des Wechselrichters führen können. (...) Verwenden Sie identische Anschlüsse des gleichen Herstellers und das gleiche Modell.“

### Wie sieht es der TÜV?

Schauen wir zunächst in die Prüfberichte des TÜV. Dort steht unter dem Punkt Prüfgrundlage: „DIN EN 50521“. Das ist zwar erst einmal o.k., aber dort steht weiter: „nur Abs. A10, B1, B2, ...“ Das bedeutet: Die Prüfung gemäß der Norm wurde nicht vollständig durchgeführt. Und deswegen schreibt der TÜV an das Ende seines Gutachtens einen ganz großen Vorbehalt: „Dieser Prüfbericht bezieht sich nur auf das o.g. Prüfmuster und darf ohne Genehmigung der Prüfstelle nicht auszugsweise vervielfältigt werden. Dieser Bericht berechtigt nicht zur Verwendung eines Prüfzeichens.“ Also liegt KEINE Zertifizierung als zulässige, kompatible Steckverbindung vor!

Deswegen gibt es auch noch eine weitere, interne Anweisung des TÜV: „Aufgrund der unsicheren Lage im Gewährleistungsfall bei kombinierten Steckverbinder-Paaren unterschiedlicher Hersteller sind die Inspektoren von PV-Anlagen angehalten, solche Kombinationen zu bemängeln.“

### Fazit Kreuzverbund

Es gibt keine kompatiblen Steckverbinder! Zumindest sind noch keine aufgetaucht, denn alle bisher vorgelegten „Zertifikate“ zur Kompatibilität der

Steckverbinder haben sich bei genauerem Hinsehen als wertlos erwiesen.

Der Kreuzverbund gilt als Mangel und ist daher zu unterlassen. Dies kann durch die richtige Auswahl der passenden Steckverbinder oder durch „Adapterstücke“ sichergestellt werden. Eine weitere Möglichkeit ist die schriftliche Freigabe des Modulherstellers, an Stringanfang und -ende den inkompatiblen Modulsteckverbinder zu entfernen und den passenden Steckverbinder anzubringen, um Stecker und Buchse „sortenrein“ stecken zu können.

Kommt es in Folge des Kreuzverbundes zu einem Schaden, haftet der Installateur. Es ist zwar denkbar, dass die Anlagensversicherung zunächst für den Schaden aufkommt, danach aber den Verantwortlichen per Regress zur Kasse bitten wird, weil er nicht zertifizierte Produkte – bzw. Produkte, deren Zertifizierung durch den Kreuzverbund erloschen ist – verwendet hat.

### DC-Leitungen im Erdreich

Nicht nur die Steckverbinder, auch die DC-Leitungen können Ursache für die Unterbrechung von Strings und damit für Ertragsausfälle sein. Ein besonderes Problem stellen DC-Leitungen dar, die im Erdreich verlegt wurden, aber dafür möglicherweise nicht geeignet sind.

Aus der Praxis kommt der folgende Fall: Bei im Erdreich verlegten Stringleitungen wurde nach rund zweijähriger Betriebszeit festgestellt, dass die Isolationswerte gegen Null gingen, mithin keine elektrische Isolation mehr vorhanden war. Das Ausgraben der betroffenen Leitungen zeigte, dass der Mantel porös geworden war und sich Ablagerungen auf dem Mantel gebildet hatten (siehe Bild 7).

Die Überprüfung des Datenblattes ergab, dass die Leitung – zum Zeitpunkt der Verlegung 09/2013 – für eine Verlegung im Erdreich freigegeben war.

Weitere Recherchen ergaben, dass die Spezifikationen im Datenblatt „still und heimlich“ geändert worden war: In der Fassung 07/2015 sind in dem – ansons-



Quelle: Photovoltaik Ing.-Büro Dürschner, www.pvp-gaechter.de

Bild 7: Im Erdreich verlegte, mangelhafte Stringleitungen

ten unveränderten – Datenblatt die Angaben zur direkten Erdverlegung nicht mehr enthalten.

### „PV1-F“ nicht mehr zulässig

Die frühere Zertifizierung „PV1-F“ für Solarleitungen umfasst nicht die Prüfung, ob die Leitung für die Verlegung im Erdreich geeignet ist. Auch in der aktuellen Zertifizierung „H1Z2Z2-K“ wird die Erdverlegbarkeit nicht geprüft. Gleichwohl bieten viele Hersteller Solarleitungen an, die für direkte Erdverlegung geeignet sind.

Hier trennt sich die Spreu vom Weizen. Ilker Aksoy, Prysmian Group, bestätigt: „Der Investor sollte schon genau hinschauen, ob eine Solarleitung für die direkte Erdverlegung geeignet ist.“ Am besten ist es, sich nicht nur auf die Produktkennzeichnung „DB“ – für „direct buried“, also „erdverlegbar“ – zu verlassen, sondern beim Hersteller gezielt nachzufragen, auf der Basis welcher Prüfungen er zu der Einschätzung gelangt ist, dass seine Leitungen erdverlegbar sind.

Im Oktober 2017 ist zudem die Übergangsfrist abgelaufen, bis zu der die „PV1-F“-Leitungen verwendet werden durften. Daher sollte darauf geachtet werden, dass bei der Installation von Photovoltaikanlagen jetzt nur noch „H1Z2Z2-K“-Leitungen verwendet werden.

### ZUM AUTOR:

▶ Christian Dürschner  
Ing.-Büro Dürschner, Erlangen  
solare\_zukunft@fen-net.de

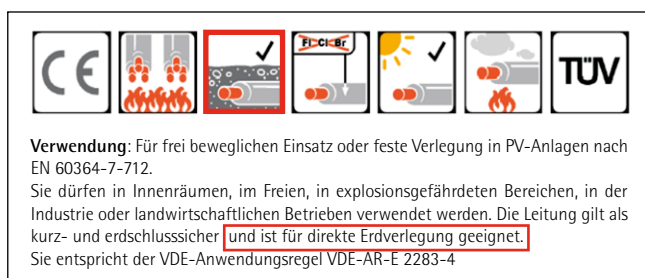


Bild 8: Auszug aus dem Datenblatt 09/2013, mit Freigabe „für direkte Erdverlegung geeignet“.



Bild 9: Auszug aus dem Datenblatt 07/2015, bei ansonsten unverändertem Datenblatt fehlt die Freigabe „für direkte Erdverlegung geeignet“.