

Merkblatt Photovoltaik Nr. 15

Korrektter Einsatz von PV-DC – Steckverbindern

Aktuell sind rund 2 GW Leistung an PV-Anlagen in der Schweiz installiert. Aufgrund der Vorgaben der Energiestrategie 2050, der weiterhin guten Förderbedingungen und der Akzeptanz in der Bevölkerung ist von einem weiteren, starken Ausbau auszugehen. Für den zügigen Ausbau der Photovoltaik ist es wichtig, dass neben dem wirtschaftlichen Betrieb vor allem die Qualität und die Sicherheit der Anlagen gewährleistet werden kann.

.....

1 Sicherheit

.....

PV-Anlagen müssen gemäss den allgemein anerkannten Regeln der Technik installiert werden. Die korrekte Produktwahl und Installation sind ausschlaggebend für den sicheren Betrieb der Anlage. PV-DC-Stecker wie sie als typische Verbindung von Modul zu Modul und vom Modulfeld zum Wechselrichter eingesetzt werden, bilden wichtige Elemente einer PV-Anlage und müssen über die gesamte Nutzungsdauer zuverlässig die einwandfreie Verbindung gewährleisten. Es ist darum wichtig, dass nur kompatible und zertifizierte Stecker vom gleichen Hersteller verbunden werden (d.h. kein Kreuzverbau!). Modulstecker stellen eine dichte Verbindung dar und bieten unter anderem Schutz gegen Eindringen von Wasser und Schmutz, wodurch Korrosion verhindert und eine effiziente Stromübertragung ohne Verluste gewährleistet werden kann. Weil bei Installationen vorgängig leider oft nicht bekannt ist, wer der Hersteller des Modulsteckers ist, ist es für die Installateure vor Ort schwierig, diese Forderung einzuhalten.

Bei vielen Installationen wird insbesondere bei den Kosten für die Modulstecker gespart, obwohl gerade

bei dieser Anlagenkomponente eine qualitativ hochwertige Verbindung entscheidend für den sicheren Betrieb ist (siehe Kapitel 5, Stand der Forschung). Störfälle aufgrund von Kreuzverbau können zu hohen wirtschaftlichen Schäden führen. Neben Ertragsausfällen kann es teilweise erforderlich sein, die gesamte Anlage neu zu verkabeln. Im schlimmsten Fall kann es zu Bränden an der PV-Anlage und im Gebäude kommen.

Erschwerend hinzu kommt, dass die Umgebungsbedingungen bei der Nutzungsdauer einer PV-Anlage von 20-30 Jahren teilweise erst spät Folgen zeigen. Nur qualitativ hochwertige Produkte können Umwelteinflüsse wie grosse Temperaturunterschiede (Tag/Nacht, Sommer/ Winter), Regen, Sturm und UV-Strahlung über die lange Nutzungsdauer schadlos überstehen.

2 Normen / Vorschriften

.....

Es gibt seitens der Normengremien bereits Empfehlungen bezüglich der Verwendung von Modulsteckern. Aktuell wird in der IEC 62548:2016 der internationalen Installationsnorm für PV Systeme unter Punkt 9.3.9 «Plugs, sockets and connectors» folgendes gefordert:

«Plugs and socket connectors mated together in a PV system shall be of the same type from the same manufacturer. I.e. a plug from one manufacturer and a socket from another manufacturer or vice versa shall not be used to make a connection.»

Installateure, Hersteller von Modulen sowie Stecker- und Kabelhersteller sind aufgefordert, möglichst bald den Empfehlungen der Normengremien zu folgen, um das Problem mit dem Kreuzverbau in den Griff zu bekommen. Die Forderung der International Electrotechnical Commission (IEC) ist bisher noch nicht in die Niederspannungs-Installationsnorm (NIN) 2015 der Schweiz überführt

worden, sie ist aber in der NIN 2020 enthalten. Das heisst der Kreuzverbau von DC PV Steckverbinder ist in der Zukunft auch in der Schweiz normativ nicht erlaubt.

3 Korrekte Installation

Grundsätzlich ist empfohlen die PV-Anlage mit Qualitätsprodukten zu planen und zu installieren. Neben der Berücksichtigung zertifizierter und kompatibler Modulstecker vom gleichen Hersteller ist bei der Installation folgendes zu berücksichtigen:

- Nur mit zugelassenen und gemäss Montageanleitungen zertifizierten Werkzeugen des jeweiligen Herstellers crimpen (Herstelleranleitung beachten bzw. Schulungen beim Hersteller durchführen)
- Das korrekte Crimpen gemäss Montage-, /Herstelleranleitung überprüfen
- Bei der Kabelverlegung grosse Zugkräfte, enge Biegeradien, Dauernässe sowie scharfe Kanten vermeiden. Vielfach werden Kabel vor dem Zusammenstecken nicht vor dem Eindringen von Niederschlägen geschützt, was mit speziellen Schutzkappen gut möglich ist. Auswirkungen von Feuchtigkeit im Modulstecker sind unter anderem Korrosion oder erhöhte Kontaktwiderstände.
- Auslegung der korrekten Kombination von Kabel und Steckverbinder

Korrektes Crimpen

In der Bildstrecke im Anhang 1 wird an einem Beispiel gezeigt, was beim korrekten Crimpen zu beachten ist. Diese Erläuterungen ersetzen jedoch nicht die Anweisungen der Hersteller.

4 Hinweise zu Garantie

Kommt es in Folge des Kreuzverbaus zu einem Schaden, haftet der Installateur. Daher ist es von besonderer Bedeutung, dass die Installateure entsprechend ausgebildet und auf dem Stand der Technik sind, so dass fehlerhafte Installationen vermieden werden können. Auch wenn die Anlagenversicherung zunächst für den Schaden aufkommt, ist es denkbar, dass sie danach den verantwortlichen Installateur wegen des Schadens

belangt, weil er nicht zertifizierte Produkte – bzw. Produkte, deren Zertifizierung durch den Kreuzverbau erloschen sind – verwendet hat.

Um einen Kreuzverbau zu vermeiden und um Steckverbinder des gleichen Herstellers zu verbinden, kann unter Umständen, der Modulstecker vom Modul abgetrennt werden. Generell gilt Folgendes, wenn Manipulationen irgendwelcher Art am Gefüge Stecker-Kabel-Modul vorgenommen werden:

- Die Garantiebestimmungen des Modulherstellers müssen genau gelesen werden. Anleitungen sind möglichst zu befolgen, technische Probleme werden dadurch vielleicht bereits gelöst.
- Wenn solche Garantiebestimmungen stark zu Ungunsten des Installateurs formuliert sind, können sie nicht in jedem Fall vom Hersteller auch so durchgesetzt werden. Damit solche ungünstigen Garantiebestimmungen nicht umgesetzt werden, muss der Installateur im Zweifel mit dem Hersteller vor Gericht gehen. Der Installateur sollte daher im Voraus darauf achten, einen Hersteller zu berücksichtigen, der faire allgemeine Geschäftsbedingungen (AGB) bzw. Garantiebestimmungen vorgibt.
- Eine notwendige Montage muss fachgerecht erfolgen: Produktauswahl und -Konfiguration kompatibel mit der Stecker/Kabel-Kombination, Montage durch ausgebildetes Fachpersonal.
- Dass die Montage fachgerecht erfolgt ist, muss der Installateur gegenüber dem Stecker- oder Modulhersteller belegen können. Dazu muss nachgewiesen werden, warum eine spezifische Produktkonfiguration ausgewählt und wie sie installiert wurde. Dies kann mittels Fotobeleg festgehalten werden. Zudem sollte festgehalten werden, durch welchen Monteur die Montage erfolgt ist.

5 Handlungsempfehlungen

In der NIN 2020 werden konkrete Vorgaben für die Verwendung von Modulsteckern festgehalten. Mit Inkrafttreten dieser neuen NIN ist vorgeschrieben, eine der nachstehend aufgeführten Handlungsempfehlungen umzusetzen. Die bisher gültigen Empfehlungen von Swissolar sind nun rechtlich in der NIN verankert:

- Nur Steckverbinder nach SN EN 62852 ver-

wenden. Die zusammen gesteckten Stecker (male/female) müssen vom gleichen Typ und Hersteller sein.

Sofern der Typ oder Hersteller des Modulsteckers nicht bekannt ist, bestehen folgende Möglichkeiten:

- Der Modullieferant liefert kompatible Stecker vom gleichen Hersteller.
- Der Modulhersteller erlaubt, ohne Garantieeinschränkung, dass der Stecker beim String-Ende abgeschnitten werden darf und durch eine neue Steckverbindung mit kompatiblen Steckern vom gleichen Hersteller ersetzt werden darf.
- Der Solarprofi nimmt das Garantierisiko auf sich, schneidet den Stecker beim String-Ende ab und erstellt eine neue Steckverbindung mit kompatiblen Steckern vom gleichen Hersteller.

Links für weitere Informationen

- www.pytest.ch/Dokumente/Publikationen/206_Anforderungen_an_PV-Komponenten_fuer_die_Gebaeudeintegration.pdf
Anforderungen an PV-Komponenten für die Gebäudeintegration (Poster der Berner Fachhochschule)
- [https://ec.staubli.com/AcroFiles/Catalogues/PV_Sol-Bankability-11014310_\(de\)_hi.pdf](https://ec.staubli.com/AcroFiles/Catalogues/PV_Sol-Bankability-11014310_(de)_hi.pdf)
Kleine Komponenten. Grosse Auswirkung – Steckverbindungen für erneuerbare Energien

Hinweis

Das vorliegende Merkblatt wurde mit grösstmöglicher Sorgfalt erstellt. Für die Richtigkeit, Vollständigkeit und Aktualität seiner Inhalte wird keine Gewähr geleistet. Insbesondere entbindet es nicht, die einschlägigen und aktuellen Empfehlungen, Normen und Vorschriften zu konsultieren und zu befolgen. Das vorliegende Merkblatt dient ausschliesslich Informationszwecken. Eine Haftung für Schäden, die aus dem Konsultieren bzw. Befolgen dieses Merkblatts entstehen, wird ausdrücklich abgelehnt.

Die Urheberrechte liegen bei Swissolar.

01/2020/Merkblatt-Nr.210015d

Anhang 1: Bildstrecke korrektes Crimpen

Vorbereitung

Auswahl Anschlusskabel:

- Für IEC zertifizierte PV-Systeme: Kabel mit einem Litzenaufbau der Klassen 5 und 6 können angeschlossen werden
- Für UL zertifizierte PV-Systeme: Kabel der Klasse B oder höher können angeschlossen werden
- Keine blanken oder bereits oxidierten Kabel verwenden
- Kabeldurchmesser muss mit der ausgewählten Produktkonfiguration (Grösse der Dichtung, Grösse des Metallkontakts) übereinstimmen und ist nur als solches zertifiziert

Vorbereitung Anschlusskabel:

- Der Leiter soll auf Länge «L» abisoliert werden (z.B. MC4: 6...7,5mm)

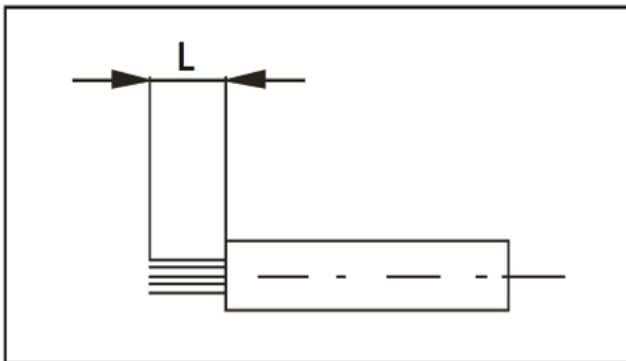


Abbildung 1: Abisolieren Kabel

- Nach dem Abisolieren soll das Anschlusskabel gemäss der IEC 60352-2 Norm einer Sichtkontrolle unterzogen werden. Zu den möglichen Fehlerbildern gehören:
 - Einzeldrähte wurden vom Abisolierwerkzeug beschädigt oder abgeschnitten
 - Keine einwandfreie Trennung der Isolierung
 - Reste der Kabelisolierung befinden sich auf dem abisolierten Leiter
 - Einzeldrähte wurden nachträglich zu stark verdrillt
 - Isolation wurde beschädigt
 - Einzeldrähte sind nicht mehr verdrillt



Abbildung 2: Sichtkontrolle Anschlusskabel nach der Abisolierung, Bild: mit freundlicher Genehmigung von <https://kabelforum.com>, Herr Kratt

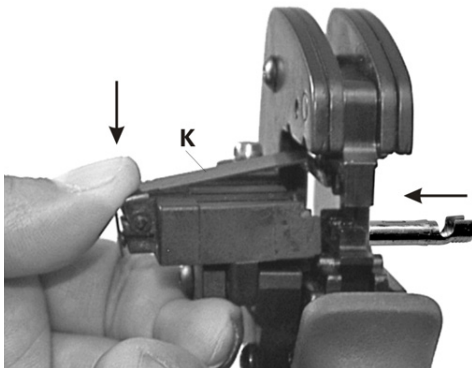
Auswahl Crimpwerkzeug

- Da das Crimpwerkzeug Bestandteil der Produktzertifizierung (IEC 62852:2014) ist, kann die Steckverbindung nur mit dem vom Hersteller autorisiertem/zertifiziertem Werkzeug gecrimpt werden

Beispiel Durchführung Crimpung

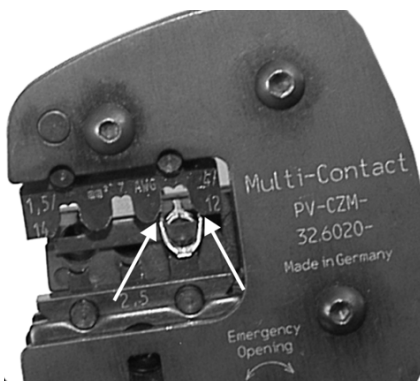
Bilder mit freundlicher Genehmigung Stäubli Electrical Connectors

1.



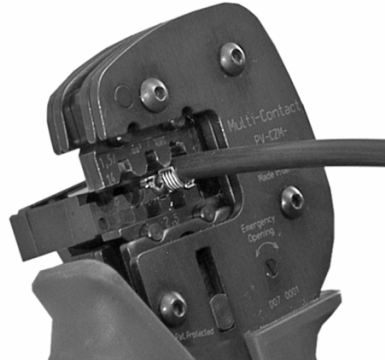
- Klemmbügel «K» öffnen und festhalten
- Kontakt in den passenden Querschnittsbereich legen
- Crimpaschen nach oben drehen
- Klemmbügel «K» loslassen

2.



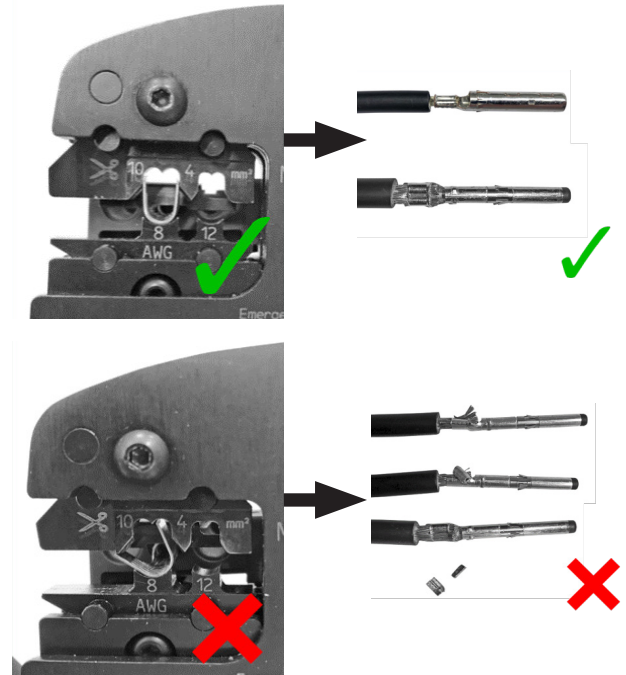
- Zange leicht zusammendrücken, bis die Crimpaschen sicher innerhalb des Crimpeinsatzes positioniert sind

3.



- Einführen des abisolierten Kabels
- Kabellitzen sollen am Klemmbügel «K» anschlagen
- Crimpzange ganz schliessen

Verifizierung der Crimpung



Nach dem Crimpen ist die Crimpung gemäss den in IEC 60352-2:2006 + A1:2013 beschriebenen Kriterien visuell zu überprüfen.

Zu den möglichen Fehlerbildern bei gecrimpten Kontakten gehören:

- Verdrehtes oder gebogenes Metallkontaktteil
- Asymmetrisches Crimpen
- Kabellitzen sind nicht richtig im Crimpbereich des Metallkontakts positioniert
- Beschädigte Crimpung mit abgelösten Teilen

Anhang 2: Checkliste Installation von PV-Steckverbindern

.....

Diese Checkliste wurde für Photovoltaik Anlagen auf Hausdächern erarbeitet. Die Checkliste ist weder Ersatz für die Montageanleitung und die Sicherheitshinweise des Herstellers noch Ersatz für lokale und internationalen Anforderungen von Normen und Gesetzgebungen.

Vorbereitung

1. Überprüfung Auswahl und Grösse
 - Auswahl des Steckverbinders: Ist der Steckverbinder für die Applikation geeignet? (gesetzliche/regulatorische Anforderungen, Spannungs- und Stromstärke, vom gleichen Hersteller)
 - Produktkonfiguration: Wurde die Steckverbindung richtig dimensioniert? (Grösse der Dichtung, Grösse des Metallkontakts)
 - Auswahl des PV-Kabels: Sicherstellen, dass das Kabel für die beabsichtigte Installation geeignet ist (gesetzliche/regulatorische Anforderungen; sicherstellen, dass die Kombination Kabel – Steckverbinder passt)
 - Auswahl der Werkzeuge und Hilfsmittel: Werden die Werkzeuge gemäss der Spezifikation eingesetzt? (Abisolierzange, Crimpzange, Drehmomentschlüssel)

Montage

2. Umgebungsbedingungen bei Montage überprüfen
 - Sicherstellen, dass die Steckverbinder nicht bei ungünstigen Umweltbedingungen z.B. Regen oder Schnee installiert wird.
 - Sicherstellen, dass die Steckverbinder mit sauberen Händen oder Handschuhen angefasst wird (kein Schmutz, Öl oder Reinigungsmittel)
3. Kabel abisolieren
 - Sind alle Litzen nach der Entfernung der Isolation unversehrt? Sind keine einzelnen Litzen verletzt/abgeschnitten?
 - Wurde die vom Hersteller des Steckverbinders definierte Länge abisoliert?
4. Crimpen
 - Wurde der Metallkontakt in den korrekten Bereich der Crimpzange gelegt?
 - Liegt der Metallkontakt sicher im Crimpbereich

und ist er entsprechend des Crimpeinsatzes ausgerichtet?

- Sicherstellen, dass keine Doppelcrimpung erfolgte (der Metallkontakt ist so ausgelegt, dass er nur einmal gecrimpt wird)

5. Überprüfung der Crimpung

Wurde die Crimpung einer Sichtprüfung unterzogen (gemäss IEC 60352-2:2013)?

Mögliche Fehler in gecrimpten Verbindungen sind beispielsweise:

- Asymmetrische Crimpung (z.B. Crimpung ist nicht symmetrisch, einige Litzen wurden nicht von der Crimpung erfasst)
- Die Crimpung ist nicht vollständig geschlossen.
- Beschädigte, gebrochene, gerissene oder fehlende Crimphülsen und Laschen
- Sichtbar abstehende «Bürste» auf der anderen Seite der Crimpung.
- Verdrehte oder gebogene Metallkontakte
- Der gecrimpte Metallkontakt ist nach unten oder oben gebogen
- Die Kabellitzen sind nicht richtig im Crimpbereich positioniert.
- Zwischen Ende des Metallkontakts und Kabelisolierung sollten nicht mehr als 1 mm Kabel freigelegt sein.

6. Zusammenbau der Steckverbindung

Die korrekte Montage des metallischen Metallkontakts mit dem Isolierkörper überprüfen.

- Auf ein Klickgeräusch achten, wenn der Metallkontakt vollständig in den Isolator eingeführt wird.
- Vorsichtig am Kabel ziehen, um zu prüfen, ob der Metallkontakt richtig im Isolierkörper eingerastet ist.
- Wurde der Stecker mit dem richtigen Drehmoment eingebaut?
- Sichtkontrolle des Isolierkörpers: Sicherstellen, dass die Hutmutter nicht mit Kreuzgewinde, abgewinkelt, außermittig, gerieben oder durch das Anziehen beschädigt ist.
- Mindestens ein kleiner Spalt zwischen der Hutmutter und dem Isolierkörper muss vorhanden sein (nicht «auf Block» verschrauben).

7. Zusammengesteckte Steckverbinder

- Sicherstellen, dass Stecker und Buchse vollständig eingerastet sind, indem sie vorsichtig

auseinandergezogen werden.

- Sind beide Stecker und Buchse vom selben Hersteller?

8. Nicht gesteckte Steckverbinder

- Sind nicht gesteckte Steckverbinder durch Verschlusskappen vor Feuchtigkeit und Schmutz geschützt?

Installation / Kabelführung

9. Schutz

- Der Steckverbinder darf nicht durch die Umgebung (z.B. Erde, Wasser, Insekten, Staub) verunreinigt werden.
- Der Steckverbinder darf nicht auf seiner Oberfläche verunreinigt werden (z.B. Aufkleber, Farbe, Schrumpfschlauch).
- Der Steckverbinder darf nicht direkt auf der Dachfläche aufliegen.
- Der Steckverbinder darf sich nicht an der tiefsten Stelle der Verkabelung befinden, an der sich Wasser permanent ansammeln kann.
- Die Steckverbindung darf sich nicht in stehendem Wasser befinden.
- Der Steckverbinder ist vor scharfen Kanten und Ecken zu schützen.
- Der Steckverbinder ist vor ständiger Sonneneinstrahlung (direktes Sonnenlicht) zu schützen.
- Die Steckverbinder sollten nicht unter dauerhafter mechanischer Belastung (z.B. durch Kabelbinder) oder Schwingungen stehen.

10. Kabelführung

- Ist die Kabelführung vor und nach dem Steckverbinder für mindestens 20 mm gerade?
- Wurden die Biegeradien der Kabel eingehalten?
- Die Kabel sollten mit entsprechend dimensionierten Kabelhalterungen/Clips an der Montagekonstruktion befestigt werden