

# Zustand alter PV-Steckverbinder

Eine Messkampagne des Labors für Photovoltaiksysteme (PV-Labor) der Berner Fachhochschule in Zusammenarbeit mit Stäubli Electrical Connectors AG  
Christof Bucher und Matthias Burri, 13. Dezember 2022, V3.0

**Photovoltaiksteckverbinder (PV-Steckverbinder) im Feld altern und können bei vorzeitigem Ausfall grosse Schäden an PV-Anlagen verursachen. Es gibt diverse Studien zum Thema Kreuzkompatibilität von PV-Steckverbindern. Eine detaillierte Untersuchung einer grossen Anzahl von im Feld gealterten Steckverbindungen fehlt. Die vorliegende Studie nimmt sich dem an.**

## Kurzbeschreibung des Projekts

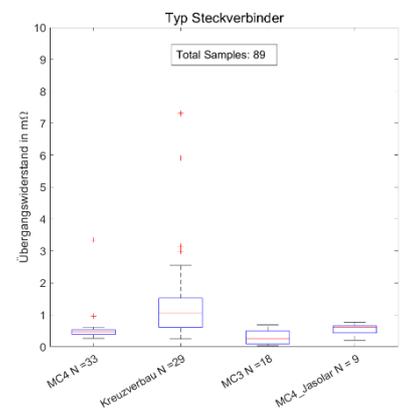
Das PV-Labor der Berner Fachhochschule hat gemeinsam mit Stäubli Electrical Connectors, dem Hersteller des original MC4-Steckverbinders, in einer Messkampagne DC-Steckverbinder von elf PV-Anlagen bezüglich ihrer Alterung untersucht. Im Labor wurde der Übergangswiderstand gemessen und die Steckverbindungen wurden auf das Erwärmungsverhalten bei Bestromung hin untersucht. Zudem wurden die Steckverbindungen auf die Hochspannungsfestigkeit, den Isolationswiderstand und den IP-Schutzgrad getestet. Die Steckverbinder wurden bei der Entnahme detailliert dokumentiert und ohne mechanische Beanspruchung ins Labor gebracht. So konnte genau untersucht werden, ob der Steckverbinder typ, die Einbausituation, oder weitere Faktoren einen Einfluss auf das Alterungsverhalten haben.



## Resultate

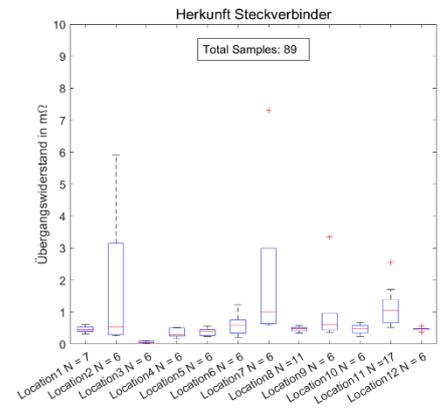
Es wurden Steckverbinder verschiedener Hersteller und Typen entnommen, aber auch sogenannte Kreuzverbindungen (Verbindungen von Steckverbinder-Teilen verschiedener Hersteller).

- MC3-Steckverbinder zeigen die niedrigsten Übergangswiderstände der untersuchten Verbindungen.
- MC4-Steckverbinder zeigen ebenfalls niedrige Werte ohne grössere Anzahl an Ausreissern (Werte, die ausserhalb des 1.5-fachen Interquantilabstands liegen).
- Kreuzverbindungen zeigen höhere Übergangswiderstände.
- Nur bei den Kreuzverbindungen wurden Übergangswiderstände von über 5 mΩ gemessen (normativer Grenzwert für neue Steckverbinder gemäss IEC 62852).
- Eine Kreuzverbindung zeigte massiv höhere Widerstände im Bereich >45 mΩ und war stark deformiert, so dass er nicht mehr getrennt werden konnte (in der Grafik nicht dargestellt).



Mit Sicht auf die verschiedenen PV-Anlagen wurden folgende Beobachtungen gemacht:

- Zwischen verschiedenen Installationsorten sind grosse Unterschiede sichtbar.
- Eine Anlage zeigt eine hohe Streuung und grössere Ausreisser (siehe Grafik rechts, Location 2). Diese Anlage wurde umgebaut und die Steckverbinder wurden über längere Zeit ungeschützt auf der Baustelle offen gelagert.
- Eine weitere Anlage zeigt ebenfalls erhöhte Werte und hat einen hohen Ausreisser. Diese Anlage steht in der Nähe einer Kläranlage und die Verbindungen bestehen auch den Isolationsfestigkeitstest nicht. Bei der Strombelastung der Verbindungen mit Nennstrom konnte ein klarer Zusammenhang von Übergangswiderstand zu Erwärmung gezeigt werden.



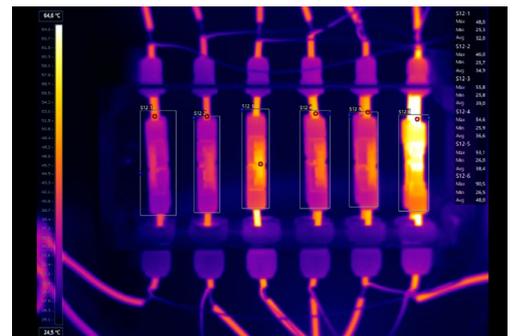
Hochspannungs- und Kriechstromtest:

- Alle Prüflinge bestehen den ersten Hochspannungstest zu Beginn des Messablaufs.
- Nachdem die Verbindungen zusätzlich die Erwärmungsprüfung, den Isolationswiderstandstest und den IP-Dichtheitstest durchlaufen haben, gibt es diverse Exemplare, die den zweiten Hochspannungstest nicht mehr bestehen.
- Auf der Basis der durchgeführten Untersuchungen kann jedoch kein klarer Zusammenhang von Beobachtungen (z. B. Feuchtigkeit im Steckverbinder) zum Nichtbestehen von Isolationsprüfung, Hochspannungsprüfung und IP-Test festgestellt werden.



## Fazit und Ausblick

- Die Stichprobengrösse ist gering. Zudem sind gewisse Variablen, die für Interpretationen hinzugezogen werden, voneinander abhängig (z. B. eine Anlage zeigt hohe Übergangswiderstände, es ist bekannt, dass die Verbinder während einem Anlagenumbau offen ohne Schutzkappe auf der Baustelle lagen. Die Verbinder sind aber gleichzeitig auch Kreuzverbinder. Nun kann bei dieser Stichprobe nicht zweifelsfrei gesagt werden welche Einflussgrösse für den erhöhten Übergangswiderstand verantwortlich ist).
- Die Warnung der Hersteller, dass es zu keinen Kreuzverbindungen von Steckverbindern unterschiedlicher Hersteller kommen darf, wird von den Untersuchungen unterstützt.
- Ebenfalls ist ersichtlich, dass das offene Liegenlassen von Steckverbindern zu negativen Auswirkungen führen kann.
- Da die Steckverbinder nicht geöffnet oder mit weiteren bildgebenden Verfahren untersucht wurden, sind genauere Aussagen zu den Ursachen der erhöhten Übergangswiderstände noch nicht möglich.



Das PV-Labor führt die Messkampagne in einem weiteren Schritt weiter. Zu diesem Zweck werden weiter Steckverbinder gesucht. Falls Sie gerne an der Messkampagne mitmachen möchten, im Speziellen, wenn eine Anlage umgebaut oder z. B. aufgrund von Hagel- oder Blitzschäden repariert werden muss, melden Sie sich bitte bei [matthias.burri@bfh.ch](mailto:matthias.burri@bfh.ch).

Weitere Informationen zum Projekt finden sich hier: <https://www.bfh.ch/de/forschung/referenzprojekte/pv-stecker/>