

Zustand alter PV-Steckverbinder



Matthias Burri, Mischa Müller, Sina Spring, Dr. Christof Bucher, 21. Schweizer Photovoltaik-Tagung 2023, Bern

Photovoltaik-Steckverbinder (PV-Steckverbinder) altern im Feld und können bei vorzeitigem Ausfall grosse Schäden an PV-Anlagen verursachen. Gemeinsam mit Stäubli Electrical Connectors hat das PV-Labor der Berner Fachhochschule in einer detaillierten Messkampagne DC-Steckverbinder von diversen PV-Anlagen normgemäss bezüglich ihrer Alterung untersucht.

Projektbeschreibung

Im Labor wurde der Übergangswiderstand gemessen und die Steckverbindungen wurden auf das Erwärmungsverhalten (s. Abb. 3) 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 Steckverbindertyp, die Einbausituation, oder weitere Faktoren einen Einfluss auf das Alterungsverhalten haben.

Resultate Steckverbindertypen

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 Abb. 1 nicht dargestellt).

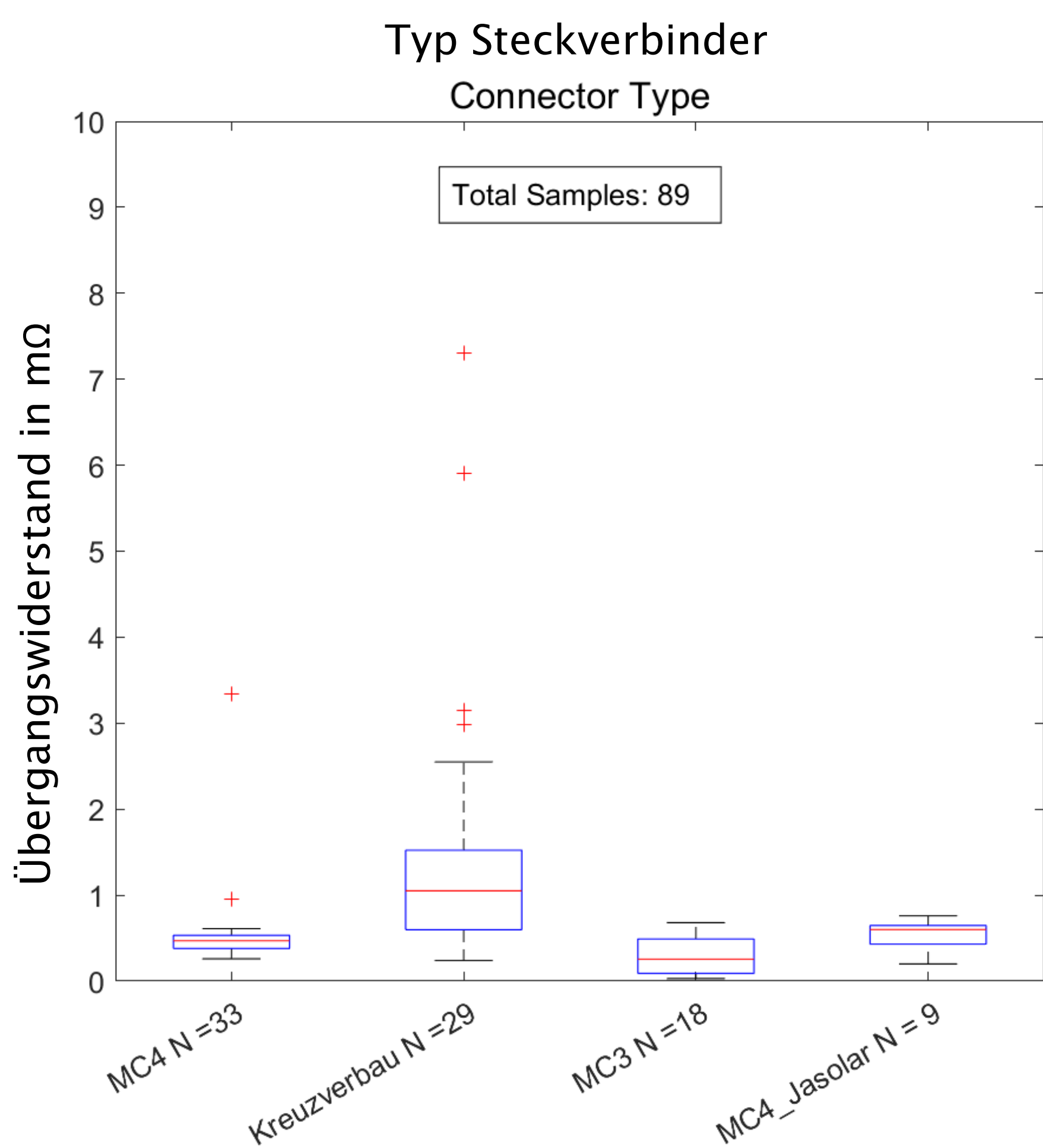


Abbildung 1: Übergangswiderstand in mΩ, aufgeteilt nach Steckverbindertypen

Resultate Installationsorte

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 Abb. 2 unten, Location 2). Diese Anlage wurde umgebaut und die Steckverbinder wurden mutmasslich 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.

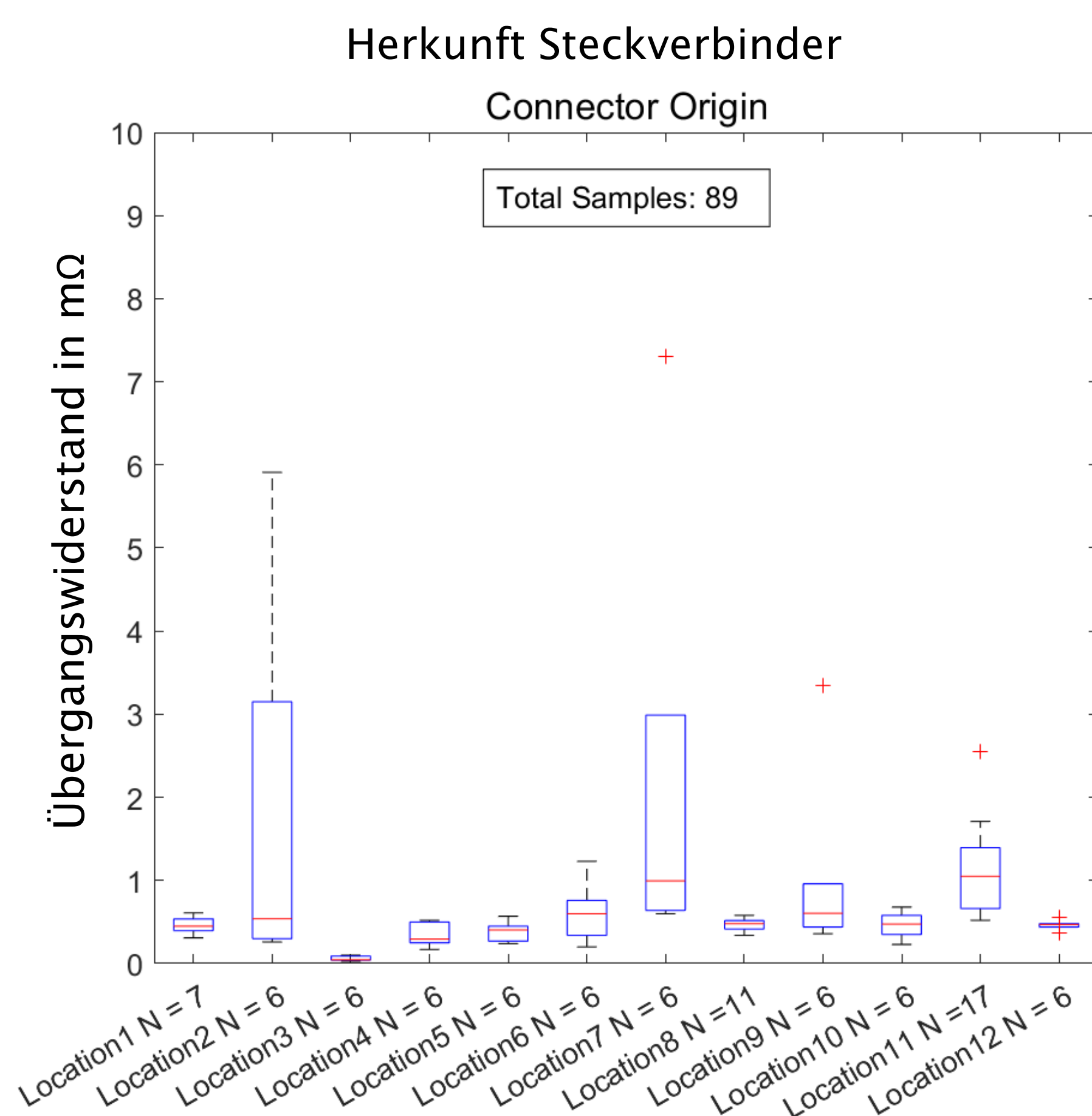


Abbildung 2: Übergangswiderstand in mΩ, aufgeteilt nach Installationsorten der Anlagen

Resultate Bestromung

Hochspannungs- und Kriechstromtest (s. Abb. 3):

- 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.

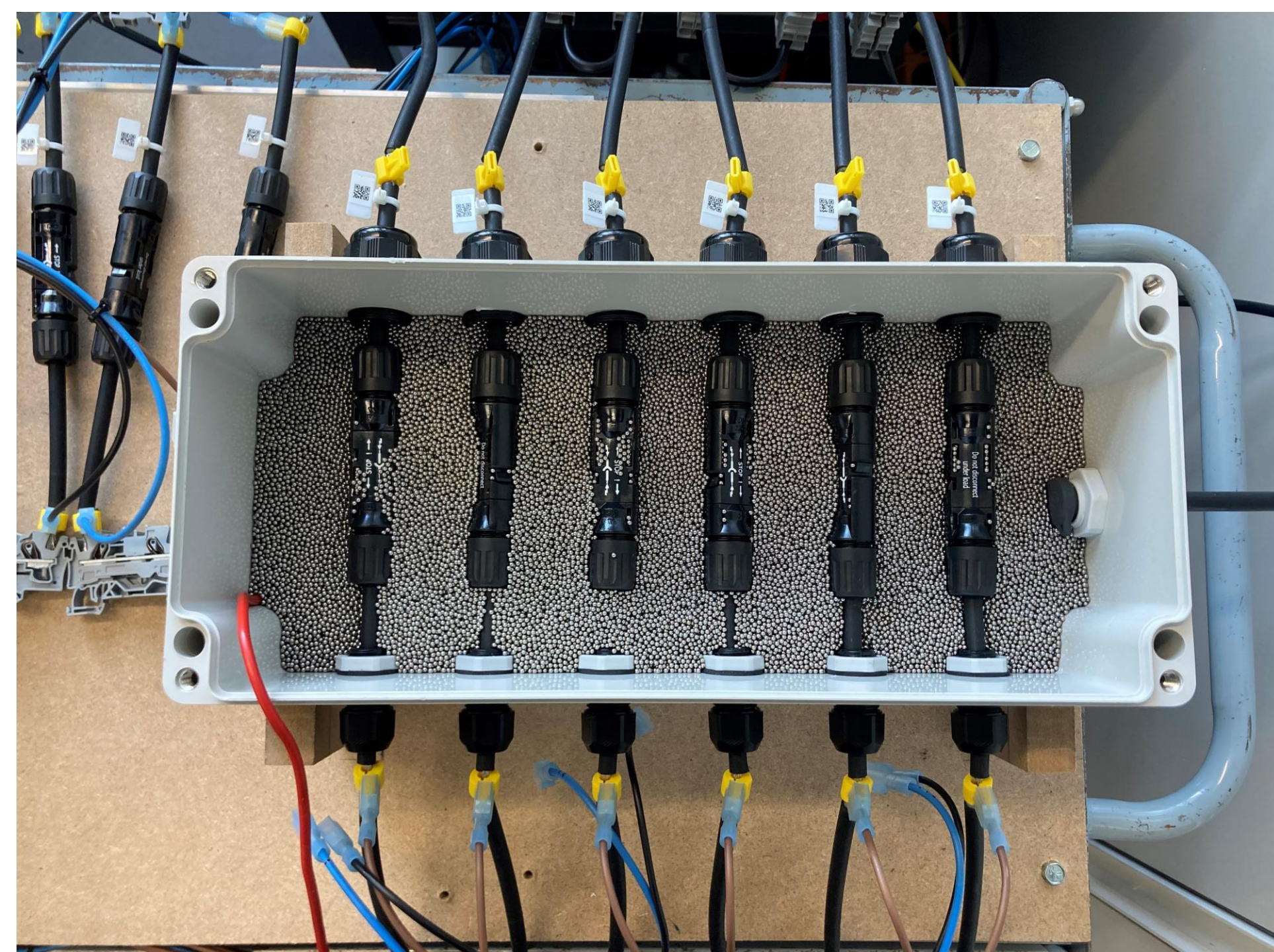


Abbildung 3: Versuchsaufbau Kriechstromtest

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.

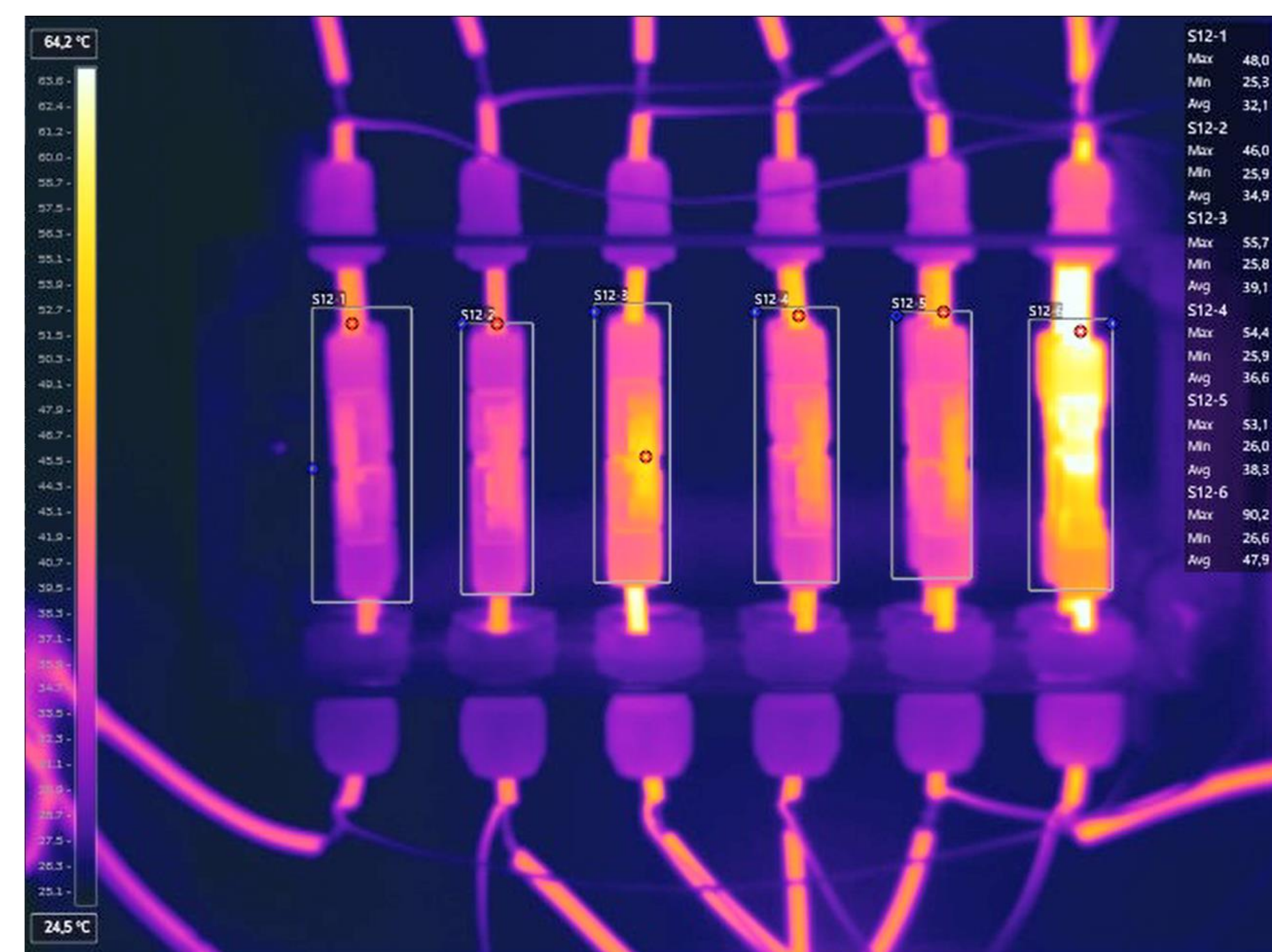


Abbildung 4: Aufnahme Infrarotüberwachung der Erwärmungsprüfung