TÜV Rheinland Solar GmbH

Bericht

Verifikation eines Leitfades zu Potentialausgleich und Blitzschutz von PV-Anlagen

Berichts-Nr.: DE23F86D_002

Köln, Dezember 2023

TÜV Rheinland Solar GmbH

Am Grauen Stein, 51105 Köln

TÜVRheinland®
Genau. Richtig.

Test report no.: *Prüfbericht - Nr.:*	DE23F86D_002		
Client **(Customer address):** *Auftraggeber* *(Kundenadresse):*	novotegra GmbH Eisenbahnstrasse 150 72072 Tübingen		
Test item: *Gegenstand der Prüfung:*	Verifikation eines Leitfades zu Potentialausgleich und Blitzschutz von PV-Anlagen		
Order no.: *Auftragsnummer:*	300101247	**Quotation no.:** *Angebotsnummer:*	N2006786
Testing location: *Prüfort:*	keine		
Test specification: *Prüfgrundlage:*	Einschlägige, technische Regelwerke der IEC-, VDE-, DIN-Vorschriften		
Test result: **Prüfergebnis:**	Keine, Erörterung siehe Abschnitt 2ff		
compiled by / erstellt: X Sachverständiger/Expert		reviewed by / kontrolliert: X Prüfer/Reviewer	
21. Dezember 2023		21. Dezember 2023	
Date *Datum*	**Title/Name** *Titel/Name*	**Date** *Datum*	**Title/Name** *Titel/Name*

Publication and disclosure to third parties is only allowed in a complete, unabridged form. Republication or redistribution of extracts, summaries, evaluations or other adaptions and transformations, especially for advertising purposes, is only permitted with prior written permission of TÜV Rheinland.

Veröffentlichung und Weitergabe an Dritte ist nur in vollständiger, ungekürzter Form zulässig. Veröffentlichung oder Verbreitung von Auszügen, Zusammenfassungen, Wertungen oder sonstigen Bearbeitungen und Umgestaltungen, insbesondere zu Werbezwecken, ist nur mit vorheriger schriftlicher Zustimmung der TÜV Rheinland zulässig.

TÜVRheinland®
Genau. Richtig.

Seite

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung 5
1.1 Projektbeschreibung und Abgrenzung 5
1.2 Herangezogene technische Regeln 5

2 Überblick 7

3 Ausführungsbeispiele Potentialausgleich 8

4 Blitzschutz – Ausführungsbeispiele 12
4.1 Übersichtsskizze 12
4.2 PV-Montagesystemkomponenten novotegra für Flachdach 13
4.3 Montagesystemkomponenten für Flachdach III (FD III) 15
4.4 PV-Montagesystemkomponenten novotegra für Ziegeldach 17
4.4.1 Modulklemmen 17
4.4.2 Kreuzschienenverband 17
4.4.3 Schienenverbinder und Loslager 18
4.5 PV-Komponenten für Trapezblechdach 19
4.6 Anbindungen von Blechen und Lochband mit Dünnblechschrauben 20
4.7 Sonstige Komponenten zum Anschluss an das PV-Montagesystem 22

5 Potentialausgleich: Erläuterungen und Normenverweise 30
5.1 Modulrahmen 30
5.1.1 Schutzpotentialausgleich 30
5.1.2 Funktionspotentialausgleich 30
5.2 Montagesystem 31
5.2.1 Schutzpotentialausgleich 31
5.2.2 Funktionspotentialausgleich 31
5.3 DC-Leitungen 31

6 Äußerer Blitzschutz: Erläuterungen und Normenverweise 31
6.1 Einhaltung des Trennungsabstands 32
6.2 Einbindung der PV-Anlage in den äußeren Blitzschutz 32
6.2.1 Einbinden in vorhandenen Blitzschutz 33
6.2.2 Montagesystem ersetzt äußeren Blitzschutz 33

6.3 Blitzschutz und Potentialausgleich 33
6.4 Blitzschutz für die PV-Anlage 34
6.4.1 Bei Einhaltung des Trennungsabstandes 34
6.4.2 Bei Einbindung der PV-Anlage in den Blitzschutz 34
6.5 DC Zuführungsleitungen 34

7 Innerer Blitzschutz 34

8 Literaturverzeichnis 35
8.1 Normen Niederspannungsanlagen 35
8.2 Blitzschutznormen 35
8.3 Sonstiges 36

1 Einleitung

Auf der Grundlage technischer Regelwerke enthält dieser Leitfaden eine zusammenfassende Ausführung über die Notwendigkeiten und technische Umsetzung der Erdung von PV-Anlagen. Hierbei werden insbesondere die Anforderungen an Blitz- und Überspannungsschutz sowie den Schutz gegen elektrischen Schlag berücksichtigt. Im Anhang befinden sich Anwendungsbeispiele.

1.1 Projektbeschreibung und Abgrenzung

Der Leitfaden berücksichtigt sowohl metallisch gerahmtem Standardmodulen als auch rahmenlose Ausführungen. Grundsätzlich wird eine Unterkonstruktion aus elektrisch leitfähigen Werkstoffen angenommen.
Der Leitfaden stützt sich auf die in Deutschland gültigen technischen Regeln. In anderen Ländern können abweichende oder weitergehende Regeln gelten.
Der Leitfanden stützt sich auf die Auslegung des Erstellers der herangezogenen technischen Regeln und gibt praktische Anwendungstipps. Er stellt keine allgemeingültige Richtlinie oder Handlungsanweisung dar. Eine Haftung aufgrund von Irrtümern ist ausgeschlossen.

1.2 Herangezogene technische Regeln

Nachfolgend sind die die wesentlichen technischen Regeln zu diesem Sachverhalt aufgelistet. Es gilt die jeweilige gültige Fassung. Im Einzelfall können weitergehende technische Regeln Anwendung finden, auf die in diesem Leitfaden nicht weiter eingegangen werden kann.

- VdS 3145 Photovoltaikanlagen
- VdS 2031 Blitz- und Überspannungsschutz in elektrischen Anlagen - Unverbindliche Richtlinien zur Schadenverhütung
- VDE 0100-410 Schutzmaßnahmen - Schutz gegen elektrischen Schlag
- VDE 0100-540 Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel – Erdungsanlagen und Schutzleiter
- VDE 0100-712 Anforderungen für Betriebsstätten, Räume und Anlagen besonderer Art - Photovoltaik-Stromversorgungssysteme
- VDE 0185-305-3 Blitzschutz- Schutz von baulichen Anlagen und Personen
- VDE 0185-305-3 Beiblatt 5 - Blitzschutz- Schutz von baulichen Anlagen und Personen - - Blitz- und Überspannungsschutz für PV-Stromversorgungssysteme
- DIN 18014 - Fundamenterder

- VDE 0100-200 - Errichten von Starkstromanlagen mit Nennspannungen bis 1000 V -Begriffe

Neben diesen Normen und Richtlinien, gelten weiter Normen zur Errichtung von elektrischen Anlagen, zur elektrischen Sicherheit und Blitzschutz, sowie allgemeine Normen. Diese sind je nach Anwendungsfall ebenfalls heranzuziehen.

Montagesystem novotegra – Einbindung der PV-Anlage in den Potentialausgleich und äußeren Blitzschutz

2 Überblick

Die Funktionalität der Bauteile des Montagesystems novotegra in Bezug auf Potentialausgleich und Blitzstromtragfähigkeit wurde von der TÜV Rheinland in Labortests [11], [14] untersucht und mit der Bescheinigung [12] – 21244159 – bestätigt. Der vorliegende Bericht ist einer Überarbeitung / Ergänzung basierend auf [13] basierend auf diesen weiteren Laborversuchen [14]. In den Laborversuchen [11], [14] wurden folgende Punkte mit positivem Ergebnis bezüglich Potentialausgleich und Blitzstromtragfähigkeit getestet:

- Durchgängigkeit gemäß IEC 61730:2016 MST13 / UL 2703 sec. 13
  - 25 A Prüfstrom 2 min
- Salzsprühnebeltest IEC 60068 Sev. 3
  - 4 Wochenzyklen mit je
    - 4 Tage: je 2 Std. Sprühphase + 22 Std. Feuchtelagerung 93%
    - 3 Tage Trockenlagerung
- Bonding conductor test UL 2703 sec. 22 (135% · 30 A)
  - 40,5 A 60 min.
- Strom Impuls-Prüfung (CEI 60060-1)
  - 8/20 µs mit 20 kA
- am Schluss zur Kontrolle:

  Durchgängigkeit gemäß IEC 61730:2016 MST13 / UL 2703 sec. 13
  - 25 A Prüfstrom 2 min

Ähnliche Profilquerschnitte als die getesteten mit gleichem oder größerem Querschnitt / Materialdicke wurden zusätzlich mit in diesem Leitfaden mit aufgenommen (Bild 9).
Getestet wurden folgende Anbindungen:

1. BG1 Windleitblech t=0,6mm an Stütze t=2,5mm
2. BG1 Lochband t=1,0mm an Grundschienenflansch t=2,3mm
3. BG2 Lochband t=1,0mm an Stütze t=1,8mm

Die folgenden Kapitel forcieren sich auf das Montagesystem novotegra bezüglich der Einbindung der PV-Anlage an den Potentialausgleich sowie auf die Einbindung der PV-Anlage in den äußeren Blitzschutz. Die Anbindung / Einbindung erfolgt mit den PV-Montagesystemkomponenten novotgra und wird durch weitere blitzstromtragfähige Bauteile ergänzt, hierzu werden zahlreiche

Beispiele dargestellt. Die PV-Anlage kann bei entsprechender Auslegung teilweise den vorhandenen Blitzschutz ersetzen.

In Tab. 1 sind die Mindestquerschnitte für Potentialausgleich und Blitzschutz und deren Hauptanwendungsbereiche bezüglich PV-Anlagen dargestellt. Der bei Wechselspannung bekannte übliche Fall 1b kommt im Zusammenhang mit PV-Anlagen auf der Gleichspannungsseite nicht vor.

Tab. 1: Anwendung Potentialausgleich und Blitzschutz und Mindestquerschnitte

lfd Nr.	**Schutzart**	**Quer-schnitt**	**Material**	**Norm**	**Hauptanwendung**
1a	Funktions-potentialaus-gleich	4 mm²*	Kupfer	[3] VDE 712.542.3.101	PID Effekt Module, Ableiten statische Aufladung (Berührspannung)
1b	Schutz-potentialaus-gleich	6 mm² 16 mm²	Kupfer Alu	[2] DIN VDE 0100-540 Abs. 544.1	nur AC-Seite und Wechselrichter
2a	Blitzschutz Leiter	D=8m m 50 mm²	Aludraht	[7] DIN EN 62305-3 Tab. 6	bestehender Blitzschutz, PV-Montagesystem ersetzt Blitzschutz
2b	Blitzschutz Überbrü-ckung	16 mm²	Kupfer	[8] DIN EN 62305-3 Bbl. 1 Abs. 5.6.2	PV-Flachdachsystem Dehnfugen
2c	Blitzschutz Anbindung	16 mm² 25 mm²	Kupfer Alu	[9] DIN EN 62305-3 Bbl. 5 Abs. 7	Anbindung PV-Anlage an bestehenden Blitzschutz
2d	Blitzschutz-potentialaus-gleich	6 mm² 10 mm²	Kupfer Alu	[9] DIN EN 62305-3 Bbl. 5 Abs. 7 und [7] Tab. 9	ohne Blitzschutz, bei Einhaltung Trennungsabstand

*in der Regel ist trotzdem mindestens 6mm² erforderlich, vgl. 2d

3 Ausführungsbeispiele Potentialausgleich

in diesem Kapitel werden Ausführungsdetails zur Anbindung einer PV-Schrägdachanlage mit dem PV-Montagesystem novotegra an den Potentialausgleich aufgezeigt.
Der so genannte „Erdungsverbinder“ zur Anbindung an die C-Schiene, C-N Schiene bzw. Grundschiene (Detail D1, G, H und I) stammt aus dem Blitzschutz und kann hier auch universell für den Potentialausgleich verwendet werden. Es ist damit auch möglich, die Anbindung an den Blitzschutz und den Funktionspotentialausgleich in einem Leiter zu kombinieren.

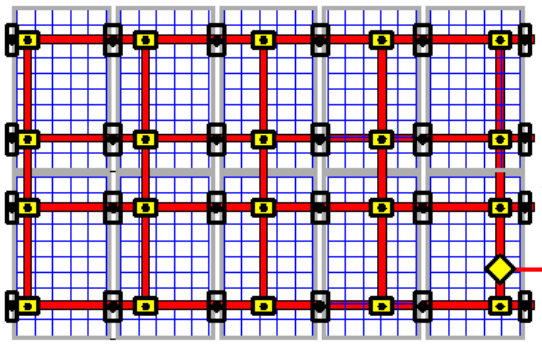
Die Modulrahmen haben an der Oberfläche in der Regel eine Isolation, da die Modulrahmen in üblicherweise eloxiert sind, und zwar unabhängig von der Rahmenfarbe Silber oder schwarz. Falls ein Potentialausgleich der Modulrahmen erforderlich ist (Fall Q in Bild 1), dann kann das in Bild 3a dargestellte Kontaktplättchen verwendet werden.
Dehnfugen gelten in Verbindung mit dem beschriebenen Loslager gemäß Tests [14] als leitfähige und blitzstromtragfähige Verbindungen (siehe Bilder 5a und Kap 4.4.3). Wenn bei der Dehnfuge kein entsprechendes Loslager vorhanden ist und die Schienen unterbrochen sind, dann muss jedes Modulfeld separat mit einem Erdungsverbinder angeschlossen werden oder die Dehnfuge ist z.B. mit einem Runddraht mit entsprechendem Querschnitt und 2 Erdungsverbindern zu überbrücken.

TÜVRheinland®
Genau. Richtig.

P) Potentialausgleich nur Montagesystem

P1)

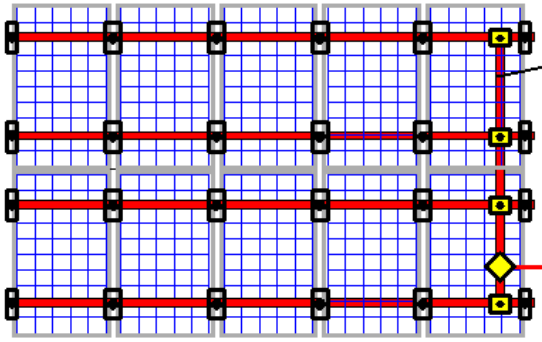
Kreuzschienenverband



1 Erdungsverbinder
je Modulfeld

P2)

C-Schiene als Verteilerschiene

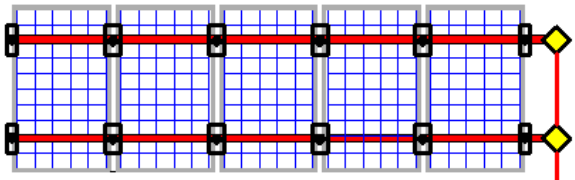


dient auch als
Kabelkanal
für Stringleitung

1 Erdungsverbinder
je Modulfeld

P3)

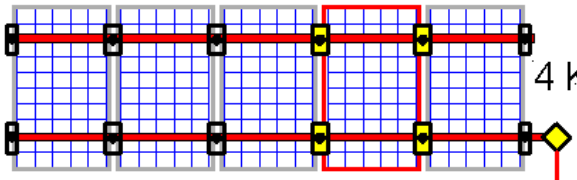
ohne Kontaktblech



2 Erdungsverbinder
je Modulreihe

P4)

ein Modul mit Kontaktblech



4 Kontakbleche

1Erdungsverbinder
je Modulreihe

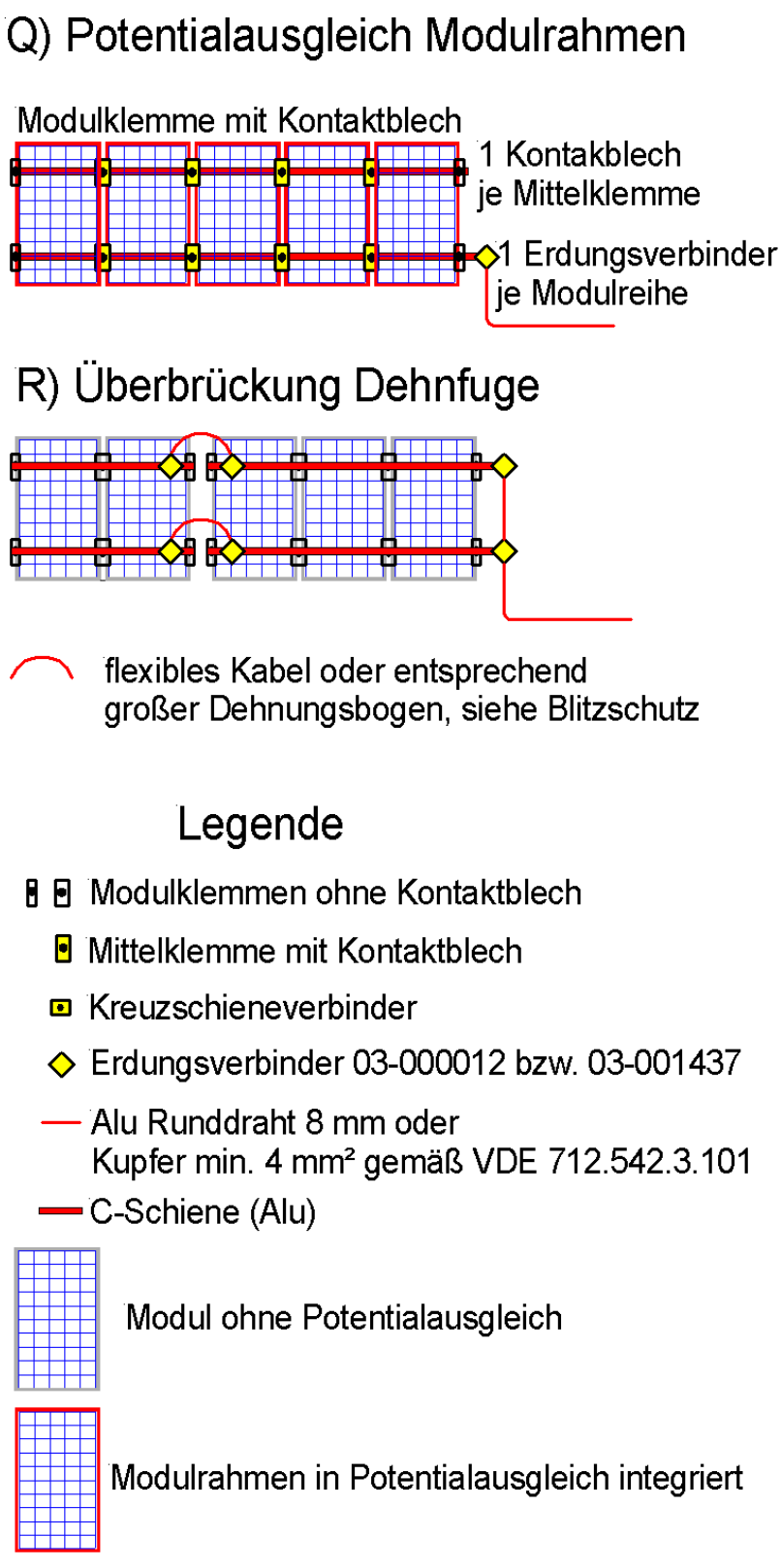


Bild 1: Anbindung der PV-Anlage an den Potentialausgleich mit Komponenten des novotegra PV-Montagesystems

4 Blitzschutz – Ausführungsbeispiele

4.1 Übersichtsskizze

Für das novotegra Flachdachsystem wird aufgezeigt, wie dies in den Blitzschutz eingebunden werden kann und den bestehenden Blitzschutz teilweise ersetzt.

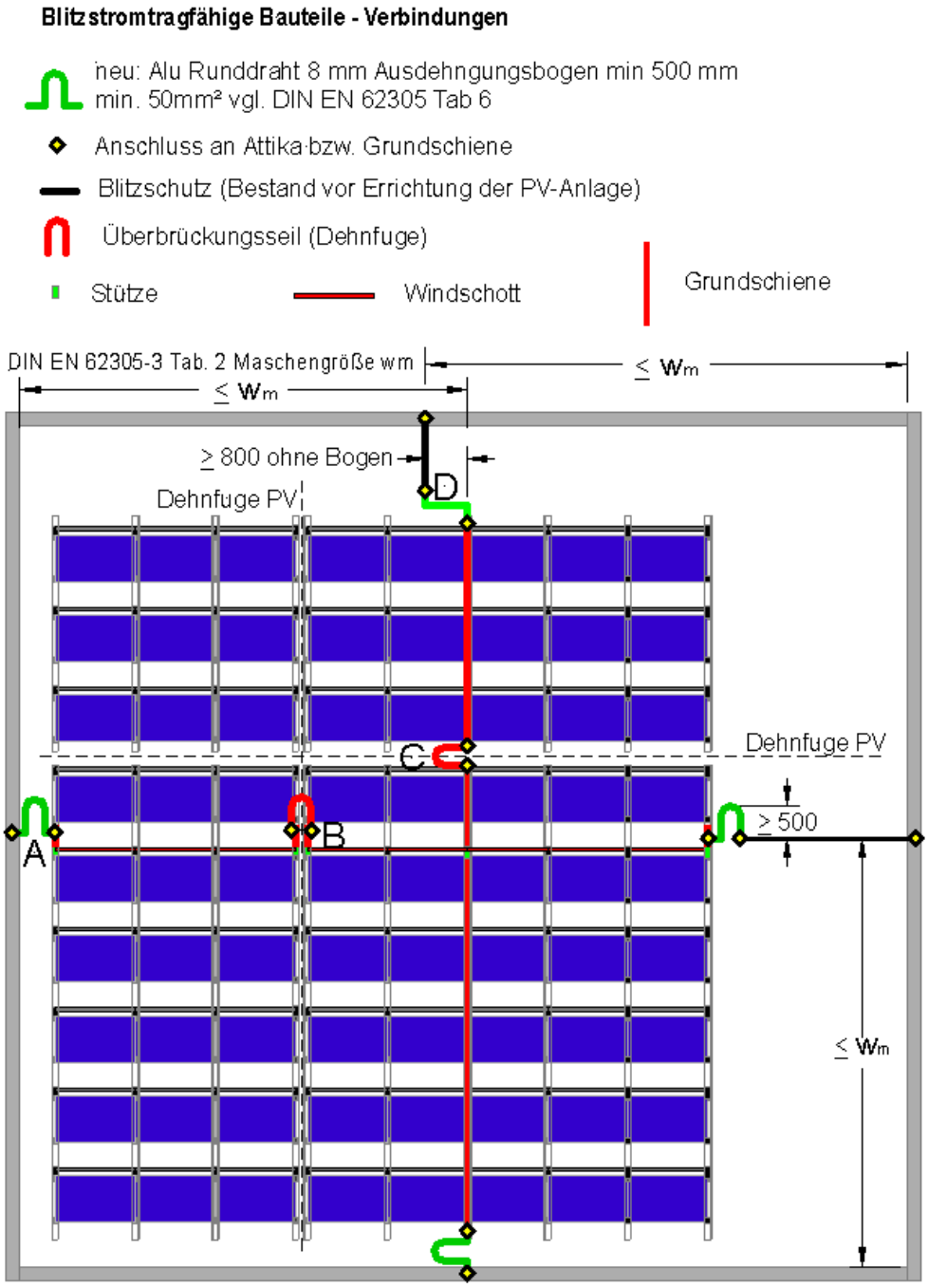


Bild 2: Einbindung der PV-Anlage in den Blitzschutz und Nutzung als blitzstromtragfähige Komponente

4.2 PV-Montagesystemkomponenten novotegra für Flachdach

Die folgenden Komponenten sind gemäß TÜV Bericht [11] blitzstromtragfähig und auch gleichzeitig für den Potentialausgleich geeignet:
Modulklemme mit Kontaktplättchen (Bild 3) mit Verbindung über die Stützen (Bild 4) bzw. Basisfuß zur Grundschiene auch ohne Verschraubung.

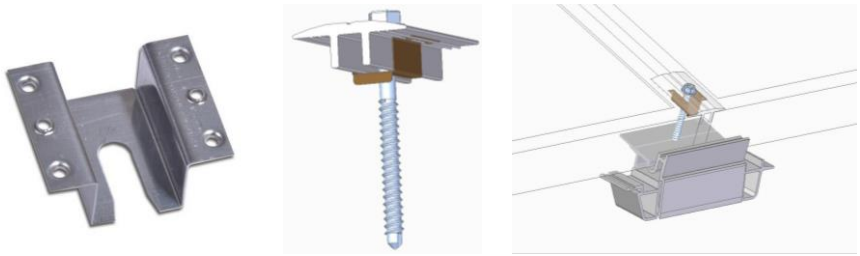


Bild 3: Kontaktplättchen zwischen Modulklemme und Modulrahmen

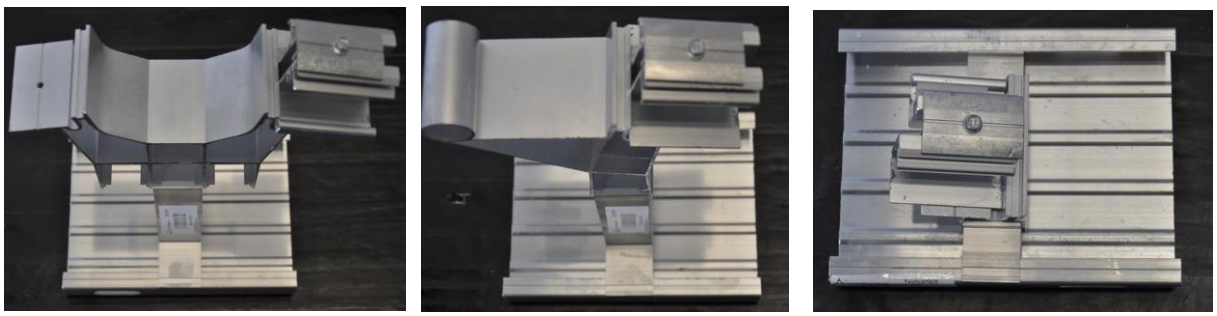
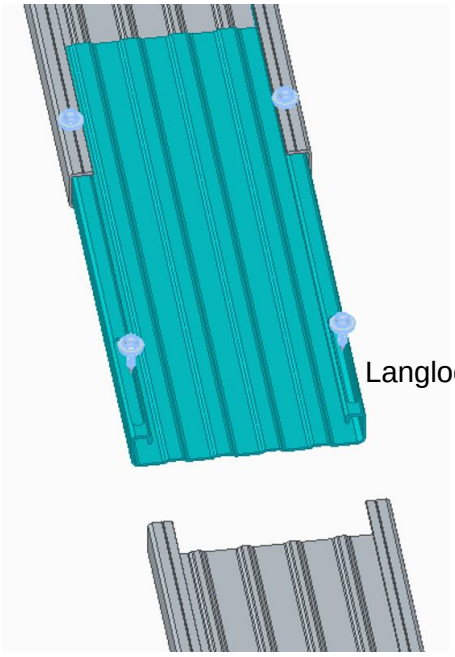


Bild 4: Blitzstromtragfähige Montagesystemkomponenten novotegra für Flachdach

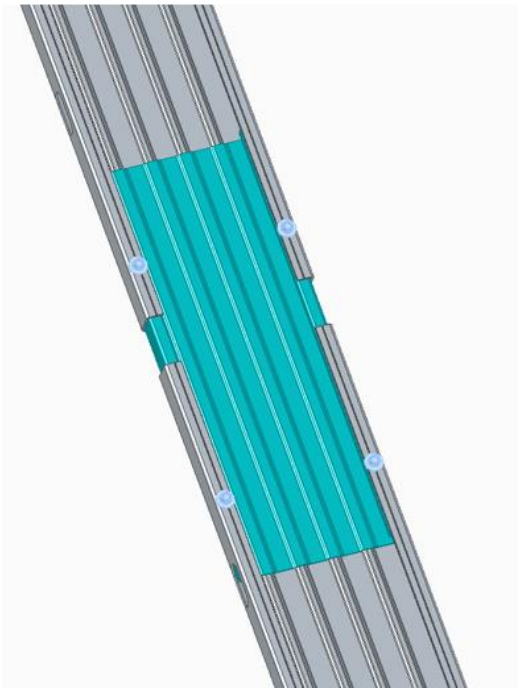
a) Stütze Ost-West b) Stütze Süd c) Basisfuß

Die Clickverbindung von Stütze bzw. Basisfuß in die Grundschiene ist bereits ausreichend für Potentialausgleich und Blitzstromtragfähigkeit. Auf eine zusätzliche Verschraubung kann verzichtet werden.

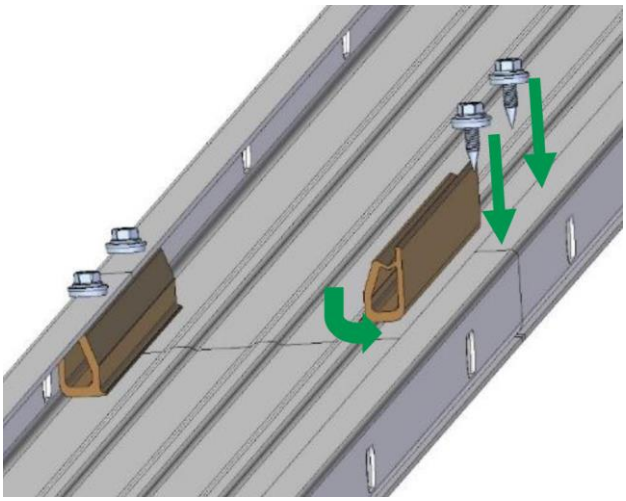
Gemäß der Tests [14] mit Verschraubungen 5,5x25 und Unterlegscheiben E16 aus Edelstahl-EPDM) sind die folgenden Schienenverbinder/Loslager der Grundschiene (Bild 5a bis 5c) sowie die Anbindung des Windleitbleches (Bild 6) als leitfähig und blitzstromtragfähig zu betrachten.



5a) Loslager für Grundschiene 150-30



5b) Grundschienenverbinder 150-30



5c) 2-teiliger Grundschienenverbinder

Bild 5: Schienenverbinder

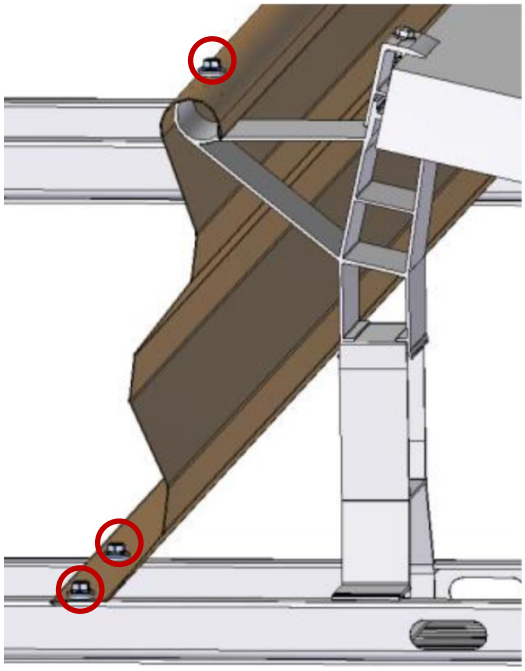


Bild 6: Anbindung des Windschotts an die Stütze

4.3 Montagesystemkomponenten für Flachdach III (FD III)

Folgende Verbindungen / Komponenten von Flachdach III (Bilder 7 bis 9) sind blitzstromtragfähig und können gleichzeitig dem Potentialausgleich dienen:

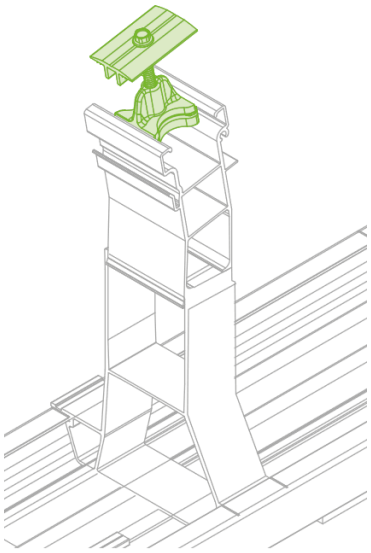


Bild 7: Modulklemme zum Basiselement

Die getestete Modulklemme für Ziegeldach (s. Kap. 4.4) ist identisch mit dieser Modulklemme für Flachdach III und die Modulstütze und Basisfuß sind von der Kontur der Schienennut identisch mit der C-Schiene.

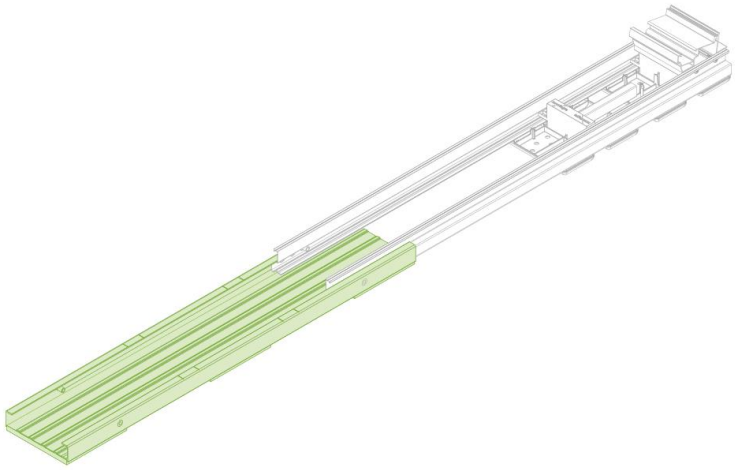


Bild 8: Verbindung Basiselement (grün) mit Verbinder-Set oder Abschluss-Set

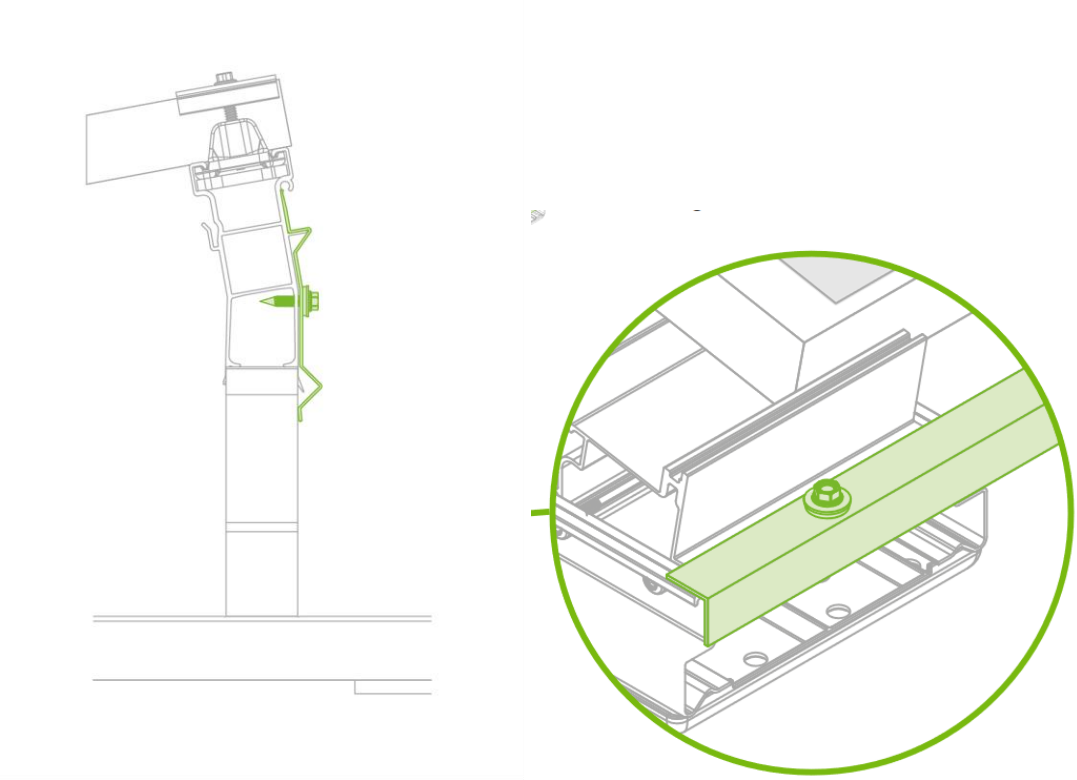


Bild 9: Befestigung mittels Dünnblechschraube an FD III

a) Querträger (grün) an die Modulstütze b) Zugband (grün) am Basisfuß

4.4 PV-Montagesystemkomponenten novotegra für Ziegeldach

Die folgenden Komponenten (Bilder 10 bis 15) sind gemäß TÜV-Berichten [11] und [14] blitzstromtragfähig und auch gleichzeitig für den Potentialausgleich geeignet:

4.4.1 Modulklemmen

Die Anbindung vom Modul erfolgt mittels Kontaktblech (Bild 3a) über die Modulklemme an die C-Schiene. Ohne das Kontaktblech haben die Tests [14] nur die Blitzstromtragfähigkeit bestanden, aber nicht den Potentialausgleichstest.

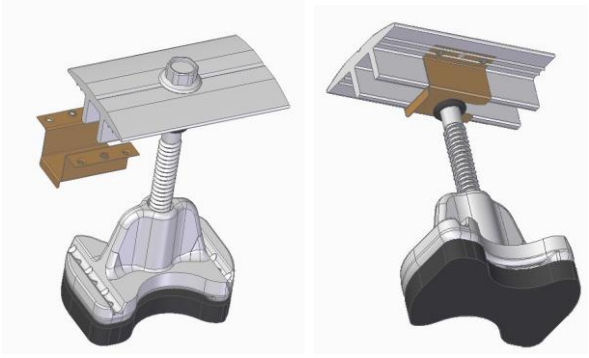


Bild 10: Kontaktblech (braun) für Modulklemme

4.4.2 Kreuzschienenverband

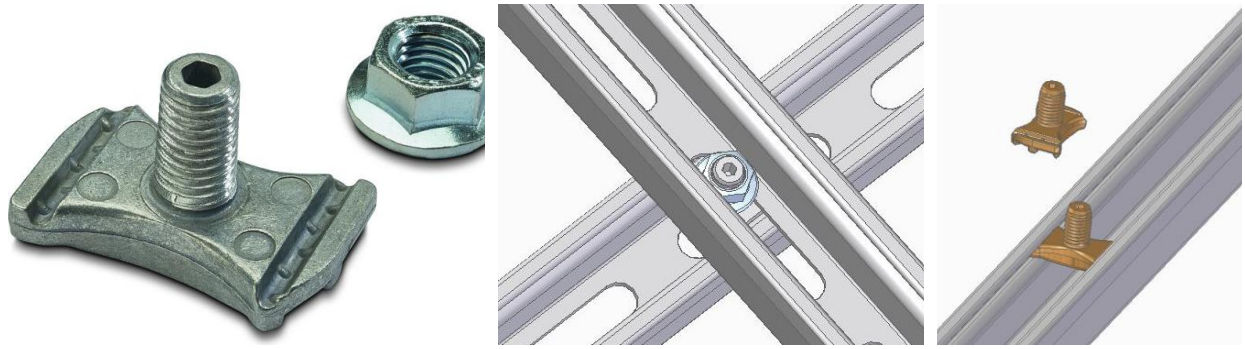
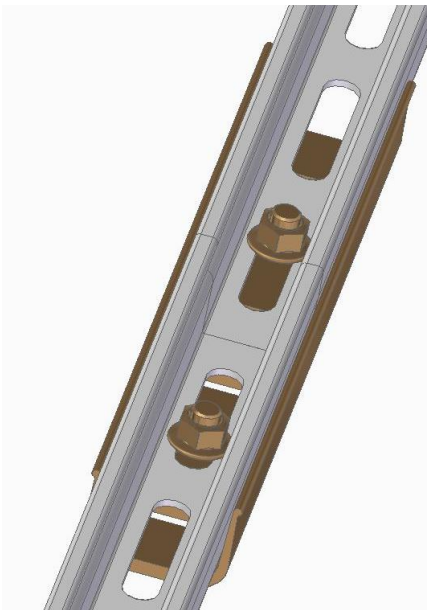


Bild 11: Kreuzschienenverbinder M14

Bild 12: Kreuzschienenverbinder M8 als mögliche Alternative zu M14

4.4.3 Schienenverbinder und Loslager



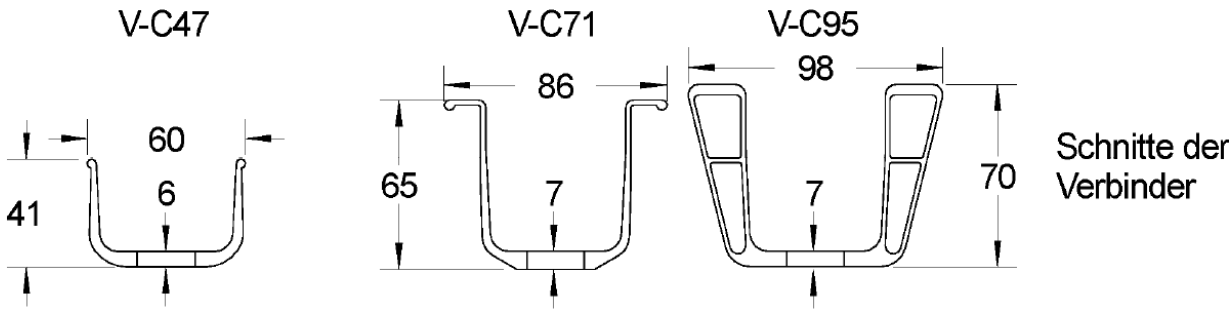


Bild 13: Schienenverbinder für C-Schiene

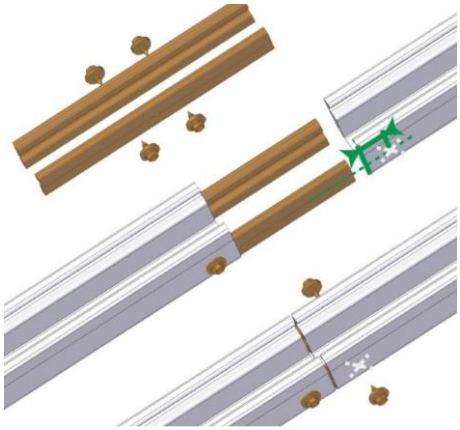


Bild 14: Innenliegende Schienenverbinder für C Schiene

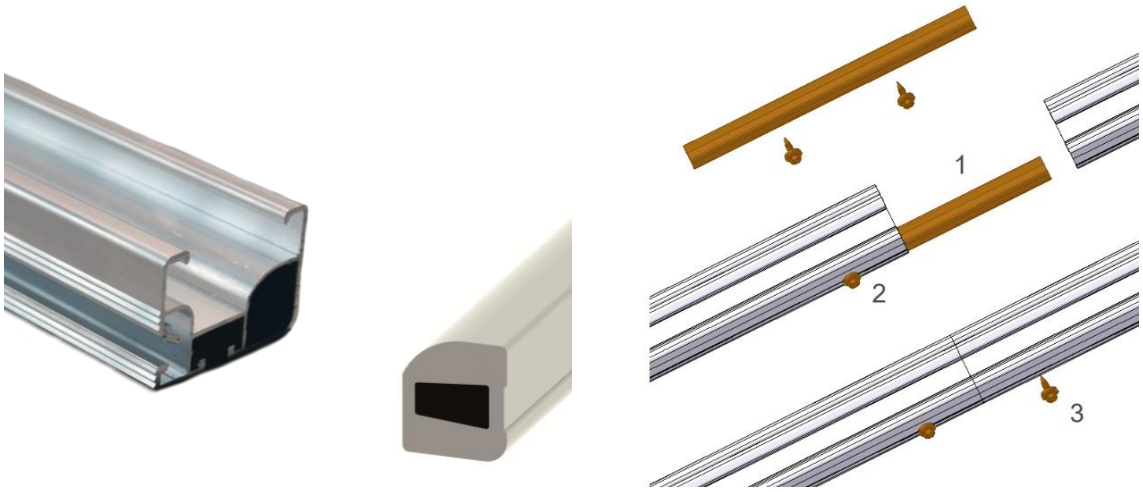


Bild 15: Innenliegender Schienenverbinder für C-N Schiene

Die Befestigungsschrauben bei den Schienenverbindern C und C-N Schiene (Bilder 14 und 15) wurden hier [14] mit EPDM-Unterlegscheibe E16 getestet.

Alle Varianten von Bild 13 bis 15 gibt es auch als Loslager und auch hier [14] wurde der Potentialausgleich und die Blitzstromtragfähigkeit nachgewiesen. Eine zusätzliche Überbrückung ist hier nicht mehr erforderlich.

4.5 PV-Komponenten für Trapezblechdach

Zu den Montagesystemkomponenten für Trapezblechdach gehören auch einige Komponenten von Kap. 4.4, wie z.B. die Modulklemmen, Schienenverbinder und Kreuzschienenverbinder. Zusätzlich gibt es folgende Komponenten die ebenfalls die Tests [11], [14] bzgl. Potentialausgleich und Blitzstromtragfähigkeit bestanden haben einschließlich der Anbindung an das Trapezblech:

Bild 16: Direktbefestigung Anbindung an das Trapezblech

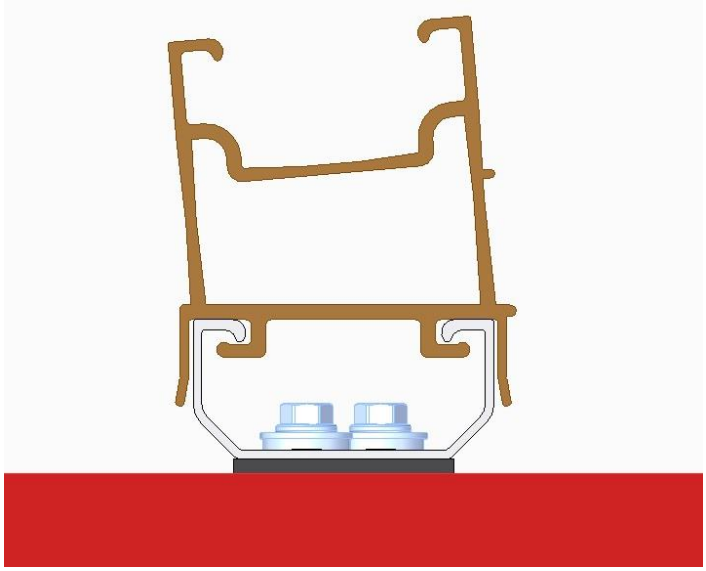


Bild 17: Modulstütze 5° (leichte Aufständerung)

Das Oberteil der Stütze (braun) sowie die untere C-Schiene (grau) kann verschiedene Höhen aufweisen. Die Kontur der Anschlussbereiche (Modulklemme, C-Schiene) ist dabei jeweils identisch wie die getesteten C-Schienen bzw. Stützenprofile. Eine Verschraubung der beiden Stützenteile ist hierbei nicht erforderlich.

4.6 Anbindungen von Blechen und Lochband mit Dünnblechschrauben

Für die Verschraubungen von

- 20x1 Lochband
- dünnwandigen Blechen (Bsp. Windleitblech)

an

- Grundschienen (FD II)
- Basiselement (FD III)
- Verbinderelement (FDIII)
- Modulstützen (FD II, KFD III und 5°)

haben folgende Dünnblechschrauben mit EPDM Scheibe E16 die Tests [14] bestanden

- 4,8x13 E16 (03-000957)
- 5,5x25 E16 (03-000383)
- 6,0x25 E16 (03-000880)

Lochband 20x1:

Der Netto Mindest-Querschnitt beim Loch entspricht 14 mm² und der mittlere Querschnitt erreicht äquivalent 16 mm² bezüglich der Leitfähigkeit. Damit ist gemäß Norm (vgl. Tab. 1) ein einzelner Lochbandquerschnitt stets ausreichend für den Potentialausgleich aber nicht für den Blitzschutz.

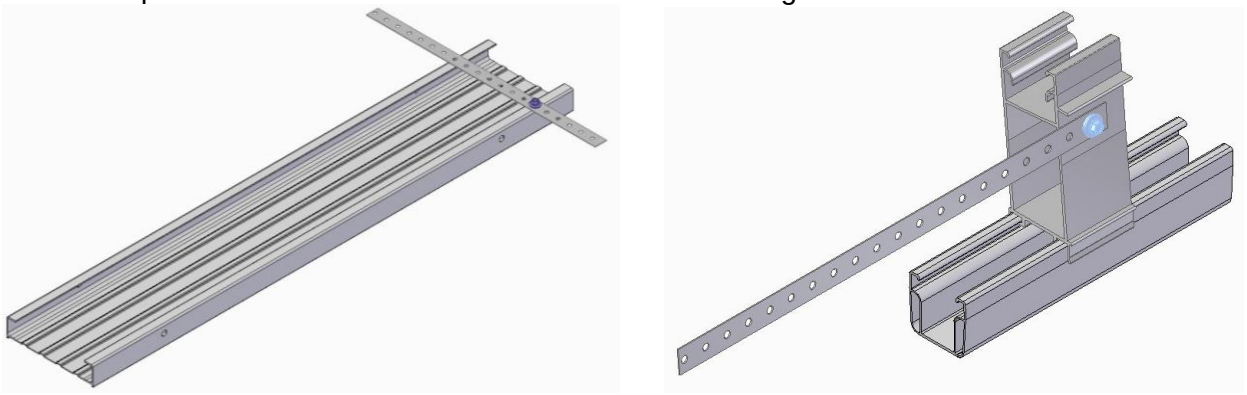


Bild 18: Beispiele zur Anbindung mit Lochband für den Potentialausgleich

a) Grundschiene

b) Modulstütze 5°

4.7 Sonstige Komponenten zum Anschluss an das PV-Montagesystem

MK Detail A+A1+D+E+Fv+Fh+Fs

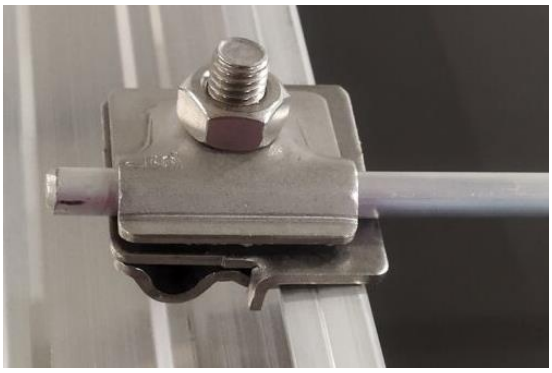
Multi-Plus Anschlussklemme (mit Zwischenplatte) aus Aluminium (Fa. Pröbster, Art 111 271 S) oder Edelstahl V2A (Art. 111 273). Universell einsetzbar zur Anbindung/Einbindung von PV Montagesystem novotegra Flachdach FD II und FD III.

US Detail B+C

Flexibles Überbrückungsseil nach [6] DIN EN 62561-1, (Fa. Pröbster Art. 1372) 16mm² Kupfer, 300mm Länge Befestigung mit 2x2 Bohrschrauben 6,5 mm aus V2A (Art. 7504)

EV

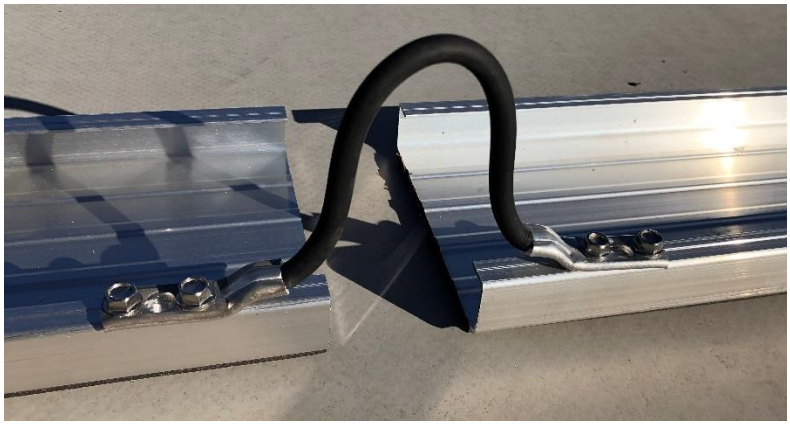
a) Erdungsverbinder novotegra Art. 03-000012 bzw. Pröpster [15] zur Anbindung an die Grundschiene Detail D1 und C-Schiene Detail G
b) Erdungsverbinder novotegra Art. 03-001437 zur Anbindung an die C-N Schiene Detail H
c) Erdungsverbinder novotegra Art.Nr. 03-001529 (Entspricht Pröbster Verbindungsklemme 1283 S3) zur Anbindung an die C-Schiene Detail I



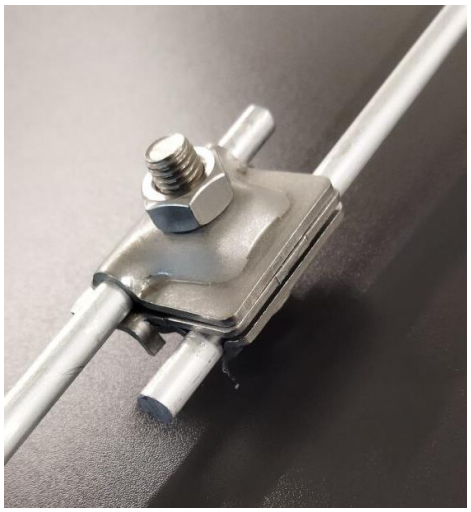
Detail A: Anschluss der PV-Anlage an das Attikablech mit Dehnungsbogen (MK)

Detail A1: Parallele Anbindung: Runddraht an die Grundschiene (MK)

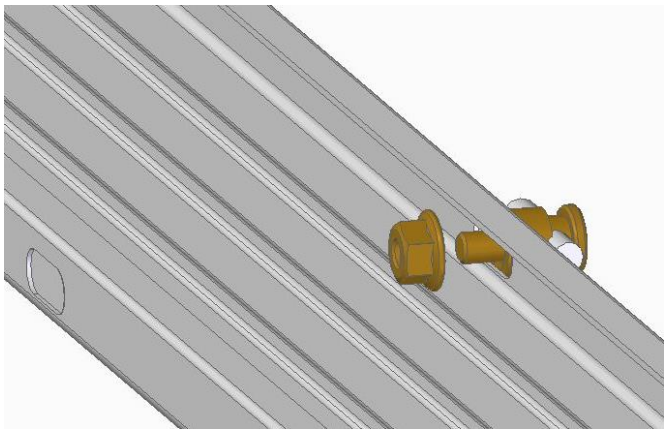
Detail B: Überbrückung (US) bei der Dehnfuge (Grundschiene parallel)



Detail C: Überbrückung (US) bei der Dehnfuge (Grundschiene längs)



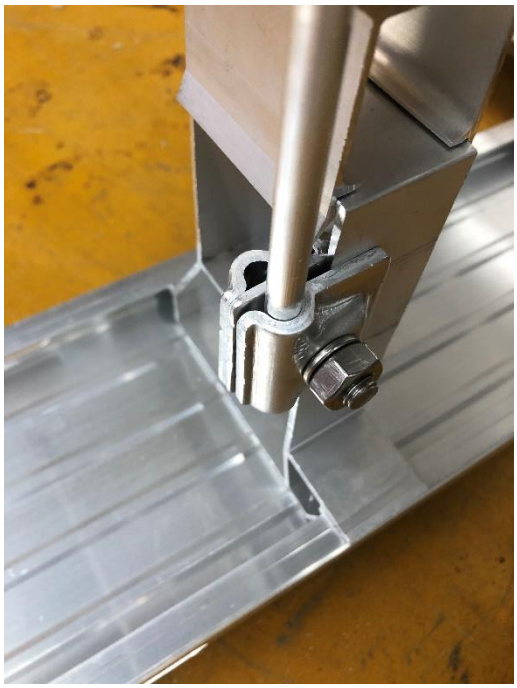
Detail D: Erneuter Anschluss von durchtrennten Runddrähten mittels MK



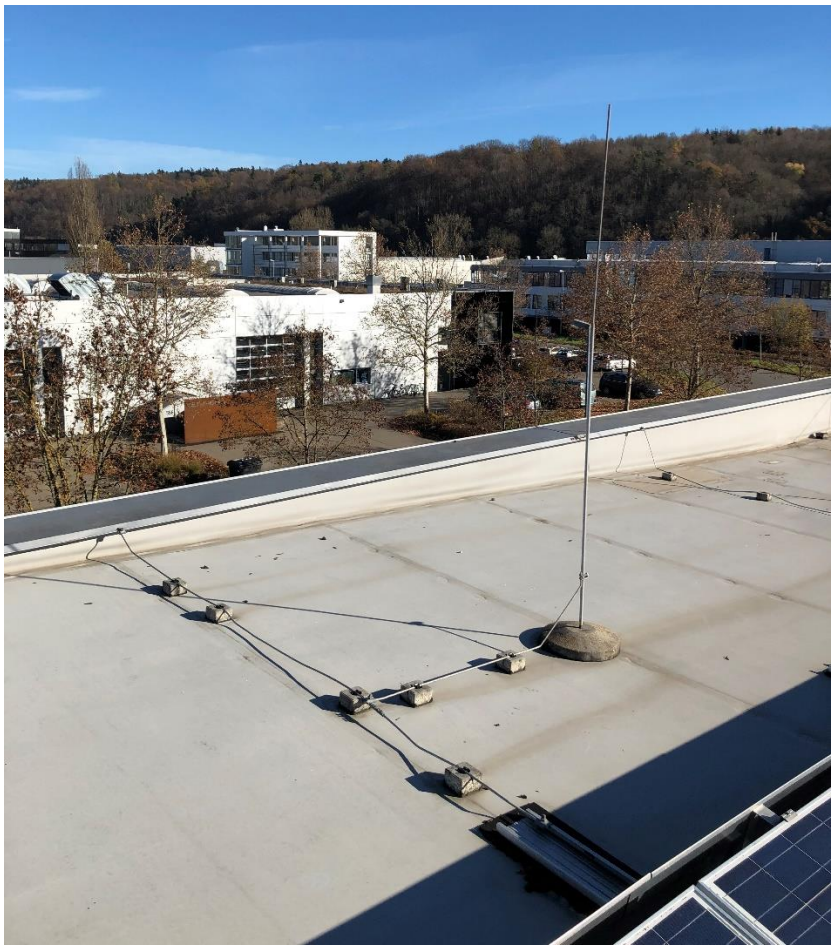
Detail D1: Alternative Ausführung mit Erdungsverbinder (EV a) Art. 03-000012

Detail E: Lösungsvariante: bestehender Blitzschutz wird so belassen bzw. wieder vollständig aufgebaut und die PV-Anlage wird angeschlossen (MK)

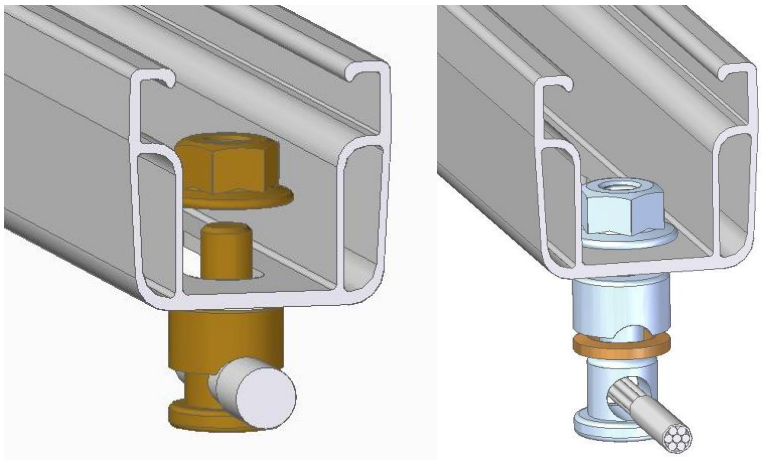
Detail Fv: Blitzfangstange an Modulstütze angeschlossen: horizontale Anbindung (MK) mit Fangstange aus gebogenem Runddraht



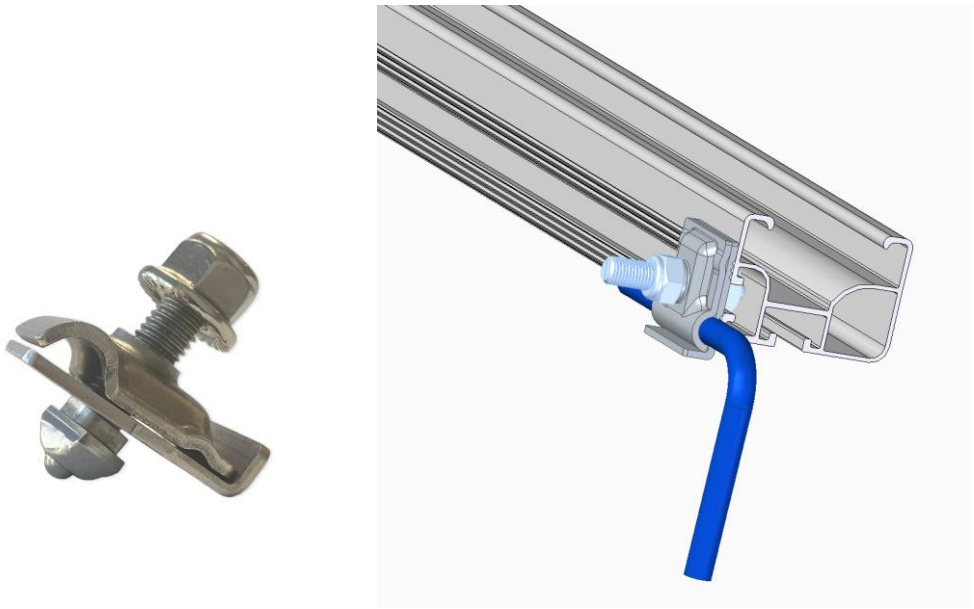
Detail Fh: vertikale Anbindung (MK) mit gerader Fangstange



Detail Fs: Variante alte separate Blitzfangstange bleibt weiter bestehen und wird angebunden (MK). Bei der Anbindung an die Attika fehlt der Ausdehnungsbogen



Detail G: Montage Erdungsverbinder (EV a) an die C-Schiene



Detail H: Erdungsverbinder Set (Ev b) für C-N Schiene

Detail I: Erdungsverbinder Set (EV c) mit Anbindung an C-Schiene

5 Potentialausgleich: Erläuterungen und Normenverweise

Die [1] DIN VDE 0100-410 „Schutz vor elektrischem Schlag“ Abs. 3.4 verweist auf die 700-er Normenserie und es ist für PV-Anlagen in erster Linie [3] DIN VDE 0100-712 „PV-Stromversorgungssysteme“ relevant.

5.1 Modulrahmen

5.1.1 Schutzpotentialausgleich

Für die Modulrahmen ist in der Regel kein Schutzpotentialausgleich erforderlich, da die Module die Anforderungen an Schutzklasse 2 (vgl. [3] VDE 0100-712.410.101) erfüllen müssen.
Gehäuse von Schutzklasse 2 Betriebsmittel haben per Definition keine Erdverbindung.
D.h. wenn der Installateur bei intakten Modulen nur einen der beiden DC-Pole berührt, ist kein geschlossener Stromkreis über andere leitfähige Teile (z.B. Montagesystem bzw. Dachkonstruktion) und Erde vorhanden. Somit besteht auch keine Gefahr vor elektrischem Schlag. Dennoch sollte dies grundsätzlich vermieden werden, da nie die gesamte Anlage überblickt und auf Unversehrtheit überprüft werden kann.

5.1.2 Funktionspotentialausgleich

In der Regel ist kein Funktionspotentialausgleich für Module erforderlich. Es kann jedoch in der Installationsanleitung des Modulherstellers ein Funktionspotentialausgleich vorgeschrieben sein, um z.B. eine elektrostatische Aufladung der Module zu vermeiden und um damit die Module vor einem PID Effekt zu bewahren.

Es reicht bereits ein kleiner Leitungsquerschnitt aus (vgl. Tab. 1 Zeile 1b), da nur geringe Ströme abgeleitet werden, um eine elektrostatische Aufladung des Moduls zu verhindern. Bezüglich des Mindestquerschnitts finden sich widersprüchliche Angaben in der Norm zu PV-Stromversorgungsanlagen [3] VDE 712.542.3.101 mit 4 mm² Kupfer und der PV Blitzschutznorm [9] DIN EN 62305-3 Bbl. 5 Abs. 7 mit 6 mm² Kupfer vgl. Tab. 1 Zeile 1b und 2d.

Ein weiterer Grund für einen Potentialausgleich ist der Schutz des Installateurs vor der so genannten Schreckspannung (Berührspannung). Hier soll zum Beispiel vermieden werden, dass der Installateur bei der Wartung der PV-Anlage beim Berühren eines PV-Modules eine statische Entladung als kurzen Stromschlag verspürt und dies eine Schreckreaktion auslöst. Schreckreaktionen können zu Verletzungen, Stürzen bzw. Abstürzen vom Dach führen. Hierzu finden sich keine expliziten Angaben in den VDE Normen, dass ein solcher Funktionspotentialausgleich verpflichtend ist.

5.2 Montagesystem

5.2.1 Schutzpotentialausgleich

PV-Anlagen bzw. PV-Generatoren sind standardmäßig mit PV-Modulen der Schutzklasse II errichtet. Die Personenschutzmaßnahme stellt den Schutz vor elektrischen Schlag sicher.
Ein Schutzpotentialausgleich kommt im Zusammenhang mit PV-Montagesystemen auf der DC-Seite nicht vor.
In Zusammenhang mit dem Montagesystem wird in [3] 712.542.101 lediglich auf einen möglichen Funktionspotentialausgleich gegen „statische Aufladung“ hingewiesen.

5.2.2 Funktionspotentialausgleich

Für das Montagesystem der PV-Anlage ist in der Regel normativ nicht erforderlich. Zur Vermeidung der oben beschriebenen Schreckspannung bei Berührung des Montagesystems oder bei Anbindung der Modulrahmen zur Vermeidung des PID Effektes, kann der Anschluss des PV-Montagesystems an einen Funktionspotentialausgleich sinnvoll sein.

5.3 DC-Leitungen

In der Regel dürfen die DC-Leitungen nicht an den Potentialausgleich angeschlossen sein.
Sonderfall: Bei einigen wenigen Modulen wurde in der Vergangenheit vom Hersteller ein Anschluss eines DC-Pols an den Potentialausgleich explizit vorgeschrieben, um eine Schädigung der Zellen zu vermeiden. Hierzu wurde z.B. eines der DC Zuführungskabel mit dem Potentialausgleich des Wechselrichters verbunden. In diesem Fall muss aber zwischen der AC-Seite und der DC-Seite eine galvanische Trennung vorhanden sein, vgl. [3] 712.542.102. D.h. es dürfen keine üblichen modernen Wechselrichter eingesetzt werden, sondern der Wechselrichter muss aus einem gewickelten Transformator mit Spulen bestehen. Die Erdung bzw. der Anschluss eines Pols an den Potentialausgleich hat grundlegenden Einfluss auf das Personenschutzkonzept. Durch die Anbindung kann über das Montagesystem ein geschlossener Stromkreis entstehen. In Konsequenz besteht bei Berührung eines Poles und eines leitfähigen Teiles, Gefahr vor elektrischem Schlag.

6 Äußerer Blitzschutz: Erläuterungen und Normenverweise

Ob ein äußerer Blitzschutz erforderlich ist, hängt von der Gebäudeart bzw. Nutzungsart ab und ist an sich unabhängig von der PV-Anlage. Durch die PV-Anlage wird das Risiko eines Blitzeinschlages nicht verändert, vgl. [9] DIN EN 62305-3 Beiblatt 5 Abs.5.1. Die PV-Anlage kann aber zum Blitzschutz beitragen bzw. integriert werden.

Für die Planung des Blitzschutzes ist eine qualifizierte Blitzschutz-Fachkraft erforderlich, vgl. [9] Abs. 5.1. Die Anforderungen hierzu sind im nationalen Vorwort in [7] S.3+4 erläutert. In erster

Linie geht es um 5-jährige Berufserfahrung, physikalischem Verständnis, Fachkenntnis und kontinuierliche Weiterbildung bezüglich dem Stand der Technik beim Blitzschutz.

6.1 Einhaltung des Trennungsabstands

Beim äußeren Blitzschutz liegt es nahe, dass man die PV-Anlage im Schutz der (bestehenden) Blitzschutzanlage errichtet. Dies ist jedoch wenig praktikabel, da der geforderte Mindest-Trennungsabstand gemäß [7] DIN EN 62305-3 Abs. 6.3.1 zum Blitzschutz schwierig einzuhalten ist. Dieser Trennungsabstand liegt in der Größenordnung 0,5 m (vgl. [9] DIN EN 62305-3 Beiblatt 5 Abs. 4.3), ein Praxisbeispiel ist in [9] Anhang C enthalten. Dieser Trennungsabstand führt zu aufwändigen Leitungsführungen, um jegliche Näherung zu vermeiden.

Es sind Abstände einzuhalten, und zwar sowohl von den Modulen, der Unterkonstruktion, als auch von den DC-Kabeln einschließlich deren Zuführung u.a. zu:

- Blitzschutzmaschen
- Blitzfangstangen
- Trapezblech (Dach, Fassade)
- Lichtkuppeln
- Attikablechen
- Sonstige metallene Dachkonstruktionen.

Zudem muss die Anlage jeweils an den Blitzschutzmaschen (Ableitungen) unterbrochen werden, da sonst der Trennungsabstand nicht eingehalten werden kann. Es passt dadurch bei jeder Unterbrechung ein Modul weniger auf das Dach. Außerdem ist bei Flachdachanlagen, durch den fehlenden Verbund der Module untereinander, ein wesentlich höherer Ballast erforderlich.

Allgemein lässt sich der Trennungsabstand bei Metalldächern wie z.B. Blechfalzdächern oder Trapezblechdächern nicht realisieren, vgl. [9] Abs. 5.2. Flachdächer gehören in der Regel auch zu den Metalldächern, da die Tragschale meist aus einem Trapezblech besteht. Die Dachabdichtungsbahn wird üblicherweise mit engen Abständen mittels Befestigern aus Stahl an der darunterliegenden Trapezblechschale befestigt. Diese Befestiger haben nur wenige Zentimeter Abstand zu den auf der Dachabdichtungsbahn aufgelegten Bodenschienen der PV-Anlage.

6.2 Einbindung der PV-Anlage in den äußeren Blitzschutz

Wenn sich der Trennungsabstand nicht einhalten lässt, dann wird die PV-Anlage in den Blitzschutz eingebunden, vgl. [9] Abs. 5.2 und Anhang E.1. Dies ist aufgrund der metallenen Dachkonstruktion in der Praxis der Regelfall.

6.2.1 Einbinden in vorhandenen Blitzschutz

Die Einbindung der PV-Anlage in den vorhandenen Blitzschutz kann unter Belassung des bestehenden Blitzschutzes erfolgen. Das Montagesystem wird mit blitzstromtragfähigen Komponenten an die bestehenden Blitzschutzmaschen angebunden (Detail D), vgl. Tab. 1 Zeile 2b. Da der bestehende Blitzschutz während der Bauphase oft im Weg ist, kann dieser auch abgetrennt, kurzzeitig entfernt und direkt nach der PV-Montage wieder aufgebaut und verbunden werden (Detail E).

6.2.2 Montagesystem ersetzt äußeren Blitzschutz

Man kann auch die PV-Anlage selbst als ein Bestandteil des Blitzschutzes betrachten, und den bestehenden Blitzschutz im Bereich der PV-Anlage entfernen und die PV-Anlage an den umgebenden Blitzschutz anbinden, vgl. Bild 2. In diesem Fall ist die Blitzstromtragfähigkeit der betreffenden Komponenten nachzuweisen.

Das Montagesystem selbst bildet in diesem Fall die Blitzschutzmaschen. Das zulässige Raster der Blitzschutzmaschen gemäß [7] DIN EN 62305-3 Tab. 2 ist einzuhalten und beträgt je nach Blitzschutzklasse 5m x 5m bis 20m x 20m. Bedingt durch die engen Schienenabstände 1 bis 2 m innerhalb des Montagesystems, sind die Abstände der Blitzschutzmaschen bereits eingehalten. Die Aluminium Montageschienen erfüllen die Anforderungen an den Mindestquerschnitt (50 mm² vgl. Tab. 1 Zeile 2a), die Querschnitte des novotegra Flachdachsystems liegen im Bereich von 76 mm² (Zugband) bis ca. 350 mm² (Grundschiene). Die blitzstromtragfähigen Verbindungen der novotegra Montagesystemkomponenten untereinander (Modulstützen, Basisfuß, Schienenverbinder der Grundschiene, Verschraubungen der Windleitbleche bzw. Zugbänder) sind nachgewiesen, vgl. TÜV Bericht [11].

Folgende Bereiche (vgl. Bild 2 und zugehörige Detailfotos) sind mit üblichen blitzstromtragfähigen Komponenten des Blitzschutzes noch zu ergänzen unter Einhaltung des zulässigen Abstandes des Blitzschutzmaschenrasters:

- Verbindungen über die Dehnfugen und Wartungsgänge hinweg (B, C), Tab. 1 Zeile 2c
- Anbindung des PV-Montagesystems zur Metallabdeckung der Attika (A, A1) Tab. 1 Zeile 2a
- Anbindung des PV-Montagesystems an den bestehenden umliegenden Blitzschutz, also an Blitzschutzmaschen (A1, D, D1), ggf. Blitzschutzableitung und ggf. Blitzfangstangen im Bereich der PV-Anlage (Fs)

6.3 Blitzschutz und Potentialausgleich

Der Blitzschutz beinhaltet in der Regel auch den Potentialausgleich, aufgrund der größeren Mindestquerschnitte und der Anbindung des Blitzschutzes an die Potentialausgleichsschiene. Wenn

die PV-Anlage an den äußeren Blitzschutz angebunden ist, dann ist eine zusätzliche Potentialausgleichsableitung nicht verpflichtend aber zumindest empfohlen, vgl. [9] DIN EN 62305-3 Beiblatt 5, Bilder 11 und 16.

6.4 Blitzschutz für die PV-Anlage

Beim Blitzschutz geht es in erster Linie um den Schutz des Gebäudeinnern. Ein Schutz der PV-Anlage selbst vor direktem Blitzeinschlag wird heutzutage selten durchgeführt, und ist in den folgenden Kapiteln nur kurz erläutert.

Der Durchmesser von Blitzfangstangen im Bereich der PV-Anlage sollte 10 mm Durchmesser nicht überschreiten. Ein Durchmesser von 10 mm beeinträchtigt wegen der geringen Verschattungseffekte den Ertrag der PV-Anlage nicht nennenswert, vgl. [9] Tab. 1 und [15].

6.4.1 Bei Einhaltung des Trennungsabstandes

Die Fangstangen sollten den Trennungsabstand einhalten, vgl. [9] Bilder 3 und 4 und die PV-Anlage sollte sich im Schutzbereich der Fangstangen befinden.

6.4.2 Bei Einbindung der PV-Anlage in den Blitzschutz

Da der Trennungsabstand in der Regel nicht überall eingehalten werden kann, wird die Anlage an den Blitzschutz angebunden.

Zum Schutz der Module vor direktem Blitzeinschlag können auf die Modulstützen Fangstangen montiert werden. Diese lassen sich sehr einfach montieren, vgl. Bilder Detail Fv und Fh. Der Abstand der Fangstangen untereinander ergibt sich aus dem Blitzschutzkugelverfahren. Aufgrund der inzwischen geringen Schadenssumme bei einem Modul, sind solche Blitzschutzmaßnahmen für Module unüblich. Zudem finden sich in der Norm [9] DIN EN 62305-3 Beiblatt 5 keine Beispiele für diese Kombination.

6.5 DC Zuführungsleitungen

Die Zuführungskabel zur PV-Anlage sollten möglichst außen am Gebäude heruntergeführt werden, um den Blitzstrom nicht durch das Gebäude zu leiten, vgl. [10] VdS 3145 Abs. 4.4.6.1. Wenn die DC Leitung durch das Gebäude geführt wird, ist ein entsprechender Überspannungsableiter in der Nähe des Eintrittes in das Gebäude erforderlich, vgl. [9] Abs. 5.4 und Bilder 7 bis 10.

7 Innerer Blitzschutz

Im Gebäude sind entsprechende Überspannungsableiter zur Erdung bei Blitzeinschlag zu installieren, nähere Informationen hierzu finden Sie u. A. in
[9] DIN EN 62305-3 Beiblatt 5 Abs. 5.6 bis 5.8

[3] DIN VDE 0100-712 Anhang C
[4] Schmolke.

8 Literaturverzeichnis

8.1 Normen Niederspannungsanlagen

[1] DIN VDE 0100-410 (VDE 0100-410):
Errichten von Niederspannungsanlagen. Teil 4-41: Schutzmaßnahmen – Schutz gegen elektrischen Schlag. DKE, Oktober 2018.

[2] DIN VDE 0100-540 VDE 0100-540:
Errichten von Niederspannungsanlagen. Teil 5-54: Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel – Erdungsanlagen und Schutzleiter. DKE, Juni 2012

[3] DIN VDE 0100-712:
Errichten von Niederspannungsanlagen –Teil 7-712: Anforderungen für Betriebsstätten, Räume und Anlagen besonderer Art –Photovoltaik-(PV)-Stromversorgungssysteme. DKE, Oktober 2016

[4] Herbert Schmolke:
DIN VDE 0100 richtig angewandt. Errichten von Niederspannungsanlagen übersichtlich dargestellt. VDE VERLAG GMBH, 7., neu bearbeitete und erweiterte Auflage 2016.

[5] Rolf Rüdiger Cichowski:
Der rote Faden durch die Gruppe 700 der DIN VDE 0100. Errichten elektrischer Anlagen in Betriebsstätten, Räumen und Anlagen besonderer Art. VDE VERLAG GMBH, 2., neu bearbeitete Auflage 2019.

8.2 Blitzschutznormen

[6] DIN EN 62561-1 VDE 0185-561-1:
Blitzschutzsystembauteile (LPSC). DKE, Dezember 2017.

[7] DIN EN 62305-3 (VDE 0185-305-3):
Blitzschutz –Teil 3: Schutz von baulichen Anlagen und Personen. DKE, Oktober 2011.

[8] DIN EN 62305-3 Beiblatt 1 (VDE 0185-305-3 Beiblatt 1):
Blitzschutz –Teil 3: Schutz von baulichen Anlagen und Personen. DKE, Oktober 2012.

[9] DIN EN 62305-3 Beiblatt 5 (VDE 0185-305-3 Beiblatt 5):
Blitzschutz–Teil 3: Schutz von baulichen Anlagen und Personen; Beiblatt 5: Blitz- und Überspannungsschutz für PV-Stromversorgungssysteme. DKE, Februar 2014.

8.3 Sonstiges

[10] Leitfaden VdS 3145
Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V. (GDV). Photovoltaikanlagen. VdS Verlag November 2017

[11] TÜV Rheinland Energy GmbH Solarenergie:
Testbericht Blitzstromtragfähigkeit und Potentialausgleich. TÜV Berichts-Nr.: 21244159. Köln, Oktober 2018.

[12] TÜV Rheinland Energy GmbH Solarenergie:
Bescheinigung- 21244159 –

[13] TÜV Rheinland Industrie Service GmbH: Erstellung eines Leitfadens zu Potentialausgleich und Blitzschutz von PV-Anlagen“, Berichts-Nr.: 21250170_001 vom November 2020

[14] Sachverständigenbüro für Photovoltaik (TÜV) - PersCert TÜV,Jürgen Kramer-Pawlitschko: Zertifizierung des Tragsystems ´novotegra´: Einbindung von UK-Systemen in Blitzstromkonzeptionen Schwabach 24.2.2017

[15] Fa. Pröpster: Zertifikat über Konformität 62561-1: KS-Verbinder mit zusätzlicher Klemmscheibe. 20.3.2018

[16] Martin Schäfer: Interne Untersuchung zu Verschattungseffekten von Blitzfangstangen. MHH Solartechnik 2006.

[17] Fa. Pröpster: Zertifikat über Konformität 62561-1: Art. Nr. 1283 S3: Doppelanschluss Verbindungsklemme, V2A, 6-50mm² (Ø2,8-8mm) / Ø6-8mm. 22.6.2022.

---Ende des Berichtes---