



Von der Industrie- und
Handelskammer zu Köln
öffentlich bestellt und vereidigter Sachverständiger
für Photovoltaische Anlagentechnik

Elektrotechniker Meister

Thilo Scharf

Grunewald 1a

42477 Radevormwald

Telefon +49-02191-8422174

Telefax +49-02191-4626554

Mobil +49-01735451674

Mail: scharf@pv-sv-buero.de

PV-Anlagen richtig Messen, Fehlersuche in PV-Anlagen

Mindestanforderung an Systemdokumentation,
Inbetriebnahmeprüfung und wiederkehrende Prüfungen nach

DIN VDE 0126-23

Fehlersuche

Zur Person

➤ Thilo Scharf

- ❖ Elektrotechnikmeister HWK
- ❖ ö.b.u.v Sachverständiger für Photovoltaische Anlagentechnik bei der IHK zu Köln
- ❖ Europäischer Solartechniker HWK
- ❖ Blitzschutzfachkraft nach DIN VDE 0185-300
- ❖ TÜV geprüfter Gutachter/Sachverständiger für PV-Anlagen
- ❖ Seit 2005 in der PV-Branche in verschiedenen Positionen

Agenda

- Zusatz Haftreibbeiwert
- Normen und Vorschriften zur Dokumentation von PV-Anlagen
- Dokumentation nach DIN VDE 0126-23
- Durchgängigkeit des PA-Systems
- Polaritätsprüfung
- Prüfung der Leerlaufspannung
- Isolationsmessung
- Fehlersuche in der Praxis / Messverfahren

Abnahme, Service & Wartung an PV-Anlagen

- aktuell sind mehr als 2,6 Mio PV-Anlagen mit einer Nennleistung von 71 GW in Deutschland installiert
- Schätzungen gehen von rund einem Drittel mangelhaft installierter PV-Anlagen aus
- Ein weiteres Drittel ist stark wartungsbedürftig
- Schadensfälle werden auch mit dem fortschreitenden Alter der installierten Anlagen zunehmen

Reibbeiwertermittlung zur Berechnung der Lagesicherheit der Photovoltaikanlage

Auszug aus einer Anlagenplanung eines Aeodynamischen Montagesystems

Allgemeine Hinweise

Die Lastermittlung zur statischen Berechnung der Unterkonstruktion und des erforderlichen Ballastes basiert auf den Vorgaben des Eurocode 1 unter Berücksichtigung der Nationalen Vorgaben der verschiedenen Länder, die in der Software ausgewählt werden können, und auf Windkanalversuchen. Ausnahme dazu bildet die Schweiz, die Lastermittlung erfolgt nach den Vorgaben der SIA 261 (2003).

Sonderfälle der Lastermittlung gemäß Eurocode 1 wie z. B. Schneeanhäufungen, Schneeabsturz und Eislasten oder die Berücksichtigung einer exponierten Gebäudelage werden durch die Software standardmäßig nicht berücksichtigt und sind gesondert zu prüfen.

Die Anlage muss bauseits gegen temperaturbedingtes Verschieben auf dem Dach gesichert werden.

Der Gleitnachweis wurde mit einem Reibbeiwert von $\mu = 0.5$ geführt, dieser Wert ist bauseits durch den Planer / Installateur zu prüfen.

10 x Nassprüfung / 10 x Trockenprüfung den schlechtesten Wert zur Berechnung heranziehen.
Die Werte in der Dokumentation hinterlegen

Normen und Vorschriften

- DGUV A3:
Unfallverhütungsvorschriften für elektrische Anlagen
und Betriebsmittel der Berufsgenossenschaft
der Feinmechanik und Elektrotechnik
- DIN-VDE 0126-23 (Systemdokumentation - IBN)
- DIN-VDE 0100-712 (Anforderungen an Solar-Photovoltaik-(PV)-Stromversorgungssysteme)
- DIN-VDE 0100-410 (Schutz gegen el.- Schlag)
- DIN-VDE 0100-100 (Errichten von NS-Anlagen)
- DIN-VDE 0100-534 (Auswahl von Übsp. - Schutz)
- DIN-VDE 0100-600 (Anlehnungen)
- Usw.

Warum regelmäßig prüfen ? 5 gute Gründe !

- 1.Sicherheit
Nur so haben Sie die Gewissheit dass mit der PV-Anlage alles in Ordnung ist und davon keine Gefahr ausgeht
- 2.Schäden vermeiden
 - Ein Schaden an der PV-Anlage kann verheerende Folgen haben, daher ist hier rechtzeitige Vorsorge geboten
- 3.Schadensersatzansprüche
 - Im Schadensfall benötigen Sie die gesetzlich vorgeschriebenen Abnahme und Prüfprotokolle
- 4.Effizienz
 - Nachweis der Effizienz erhält die Wirtschaftlichkeit
- 5.Gesetzliche Verpflichtungen
 - Nachweis des einwandfreien Zustandes gegenüber der Berufsgenossenschaft und der Versicherung

Was ist zu Beachten

➤ Grundsätzlich ist zu beachten, dass:

- Gefahr von Lichtbogenbildung besteht
- Bei der Auswahl der Prüfer bei einigen Prüfungen lebensbedrohliche Spannungen auftreten.
- Die Sicherheitshinweise der Hersteller und die Normen eingehalten werden
- Der Prüfer sollte im besten Falle für das Arbeiten unter Spannung ausgebildet sein. (AuS)

Die Norm DIN EN 62446

VDE 0126-23

➤ Einleitung

- PV-Systeme haben eine erwartete jahrzehntelange Lebensdauer, das Langzeitbetriebsverhalten und die Sicherheit des PV-Systems sowie arbeiten an oder neben dem Generator können nur durch Bereitstellung einer angemessenen Dokumentation gesichert werden.
- Die Dokumentation ist nach VDE 0126-23 in 2 Abschnitte unterteilt
 - Anforderung an die Systemdokumentation
 - Prüfung

Vorgehen zur Prüfung gemäß VDE 0126-23

➤ Begriffserklärungen

- *Besichtigen*
 - Vollständige Untersuchung der Anlage, um die richtige Auswahl und die ordnungsgemäße Errichtung der el. Betriebsmittel nachzuweisen
- *Prüfung*
 - Alle Maßnahmen mit denen die Übereinstimmung der elektrischen Anlage mit einschlägigen Normen überprüft wird
- *Erproben*
 - Durchführen von Maßnahmen, mit denen die Funktion der E-Anlage nachgewiesen wird.
- *Prüfberichterstellung*
 - Protokollierung der Ergebnisse aus Besichtigen und Erproben
- *Datenblatt*
 - Eine grundlegende Produktbeschreibung

Sichtprüfung 2 Fehler in einem Bild



Fehler 1 Fremdsteckung

Der Hersteller Multi-Contact gibt folgende Stellungnahme zu der Verbindung eines MC4 Steckers mit einem anderen Hersteller ab:

„Die aus der mangelnden Überprüfung der Kompatibilität resultierenden gravierenden Probleme tauchen häufig erst zeitversetzt auf. Die Kontaktprobleme können direkt oder indirekt, durch eine Erhöhung des Kontaktwiderstandes zu einer starken Erwärmung an der Steckverbindung führen, was in Folge zu einem Lichtbogen und schließlich zu einem Brand führen kann. Dies kann zu erheblichen Ertragsausfällen, Sachschäden sowie bei PV-Systemen, die auf Gebäuden installiert sind, zudem zu Personenschäden führen.

Die VDE- Norm VDE 0100- 712 verlangt unter Punkt. 712.526.1

Jedes Steckverbindungspaar muss elektrisch und mechanisch kompatibel und für die Umwelteinflüsse geeignet sein.

Es wird empfohlen, mit den Herstellern abzuklären, ob die Steckverbinder kompatibel sind.

Die Forderung der Norm kann unter der Verwendung von Multi Contact Steckverbindungen nicht erfüllt werden.

Fehler 2 Drehmoment

Die Verschraubung der Isolatoren der verwendeten Solarstecker des Herstellers Stäubli mit der Typenbezeichnung MC4 müssen, wie in der Montageanleitung beschrieben mit dem passenden Drehmoment angezogen werden, es konnten mehrere Stecker angetroffen werden welche nur „Handfest“ angezogen wurden. Aufgrund dessen, kann die vom Hersteller angegebene Schutzart IP65 nicht gewährleistet werden. Das Anzugsdrehmoment muss auf die konkret verwendeten Solarleitungen abgestimmt werden. Typische Werte liegen lt. Hersteller Stäubli MC4, im Bereich von 2,5Nm bis 3Nm.

Sichtprüfung Steckermontage



Sichtprüfung



Sichtprüfung Kabel und Leitungen direkt auf der Dachhaut



Sichtprüfung

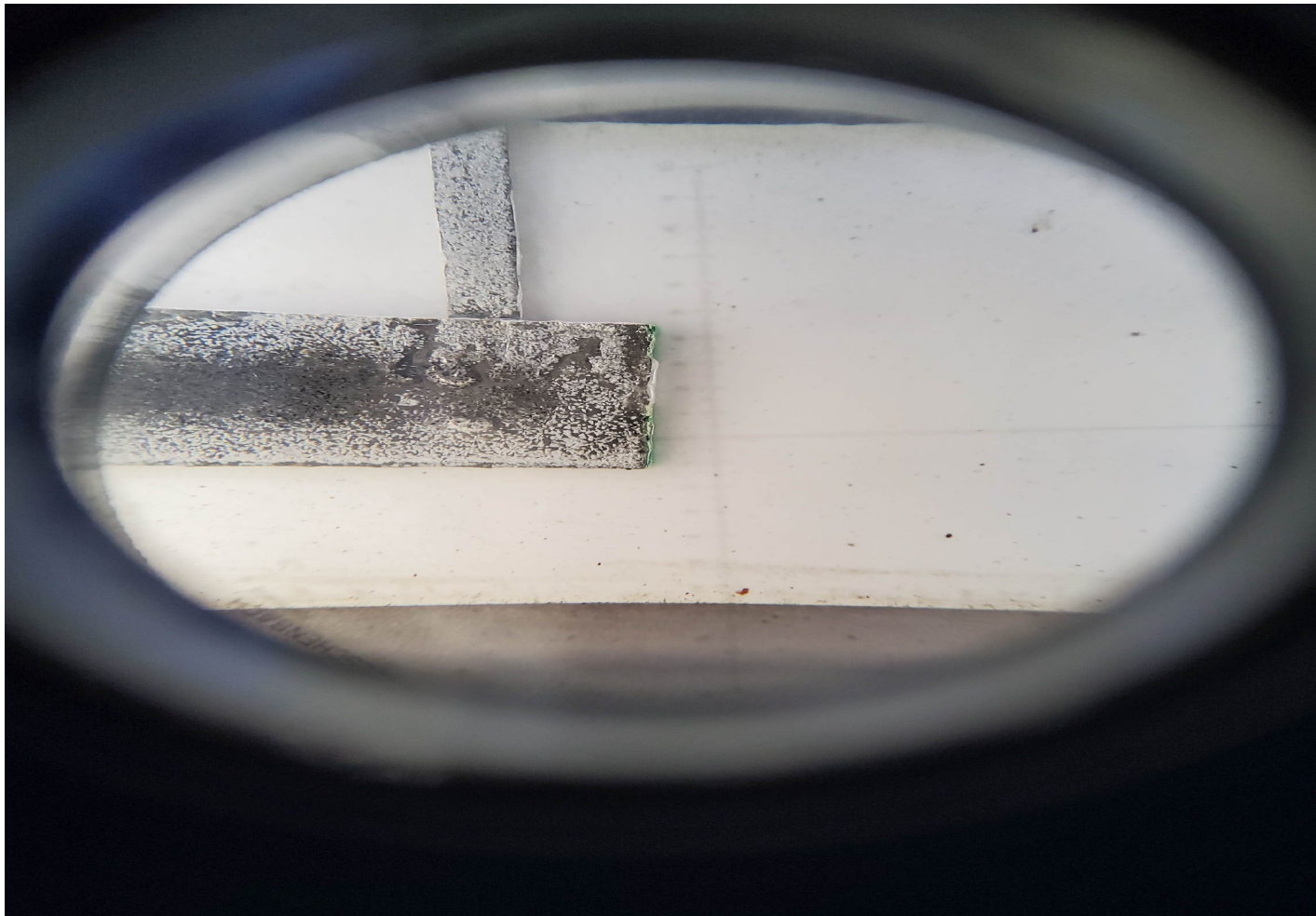
Kabel und Leitungen entlang von scharfen Kanten
(DIN VDE 0100-520)



Fehlersuche Sichtprüfung



Schauen Sie genauer hin



Die Norm DIN EN 62446

VDE 0126-23

➤ **Stromlaufplan**

- Es ist min. ein Prinzipstromlaufplan zur Verfügung zu stellen

➤ **Folgende Angaben muss der Stromlaufplan enthalten.**

- Modultypen
- Gesamtanzahl der Module
- Anzahl der Stränge
- Anzahl der Module je Strang
- Festlegung für die Kabel (Querschnitt und Typ)
- Überspannungsschutz- Typ und Bemessungswerte
- Sperrdiodentyp/Strangsicherungen (sofern Eingebaut)

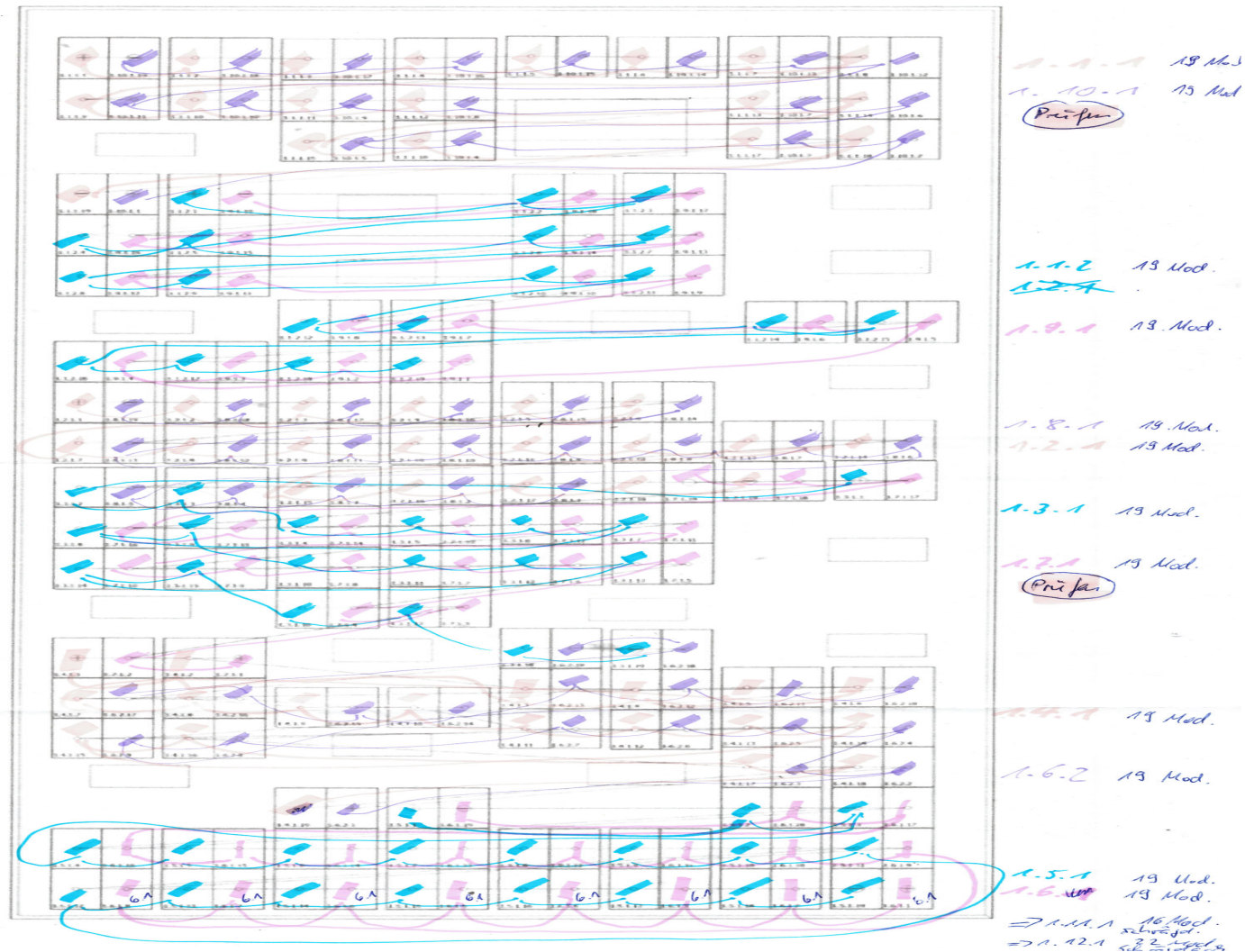
Die Norm DIN EN 62446

VDE 0126-23

➤ **Stromlaufplan**

- Festlegung zum Hauptkabel des PV-Generators (Querschnitt/Typ)
- Lage der Anschlussdosen (Verteiler) des Generators
- Überstromschutzeinrichtungen Typ, Lage und Bemessung
- Einzelheiten über Funktionserder / Potentialausgleichsleiter
- Einzelheiten aller Verbindungen zum äußeren Blitzschutz

Stromlaufplan aus der Praxis



Die Norm DIN EN 62446

VDE 0126-23

➤ ***Folgende Datenblätter sollte die Dokumentation enthalten***

- Moduldatenblätter
- Wechselrichter-Datenblatt
- Konfirmitätserklärungen
- Datenblatt des Montagesystems
- Alle weiteren wichtigen Datenblätter z.B Überspannungsschutzgeräte

Die Norm DIN EN 62446

VDE 0126-23

➤ **Prüfergebnisse und Inbetriebnahmeangaben**

- Besichtigen
- Besichtigung des Gleichstromsystems
- Schutz gegen Elektrischen Schlag
- Besichtigung des Wechselstromsystems
- Aufschriften und Kennzeichnungen

Messungen

Zur Regelkonformen Fertigstellung einer PV-Anlage gehört eine Prüfung der elektrischen Parameter der Einrichtung.

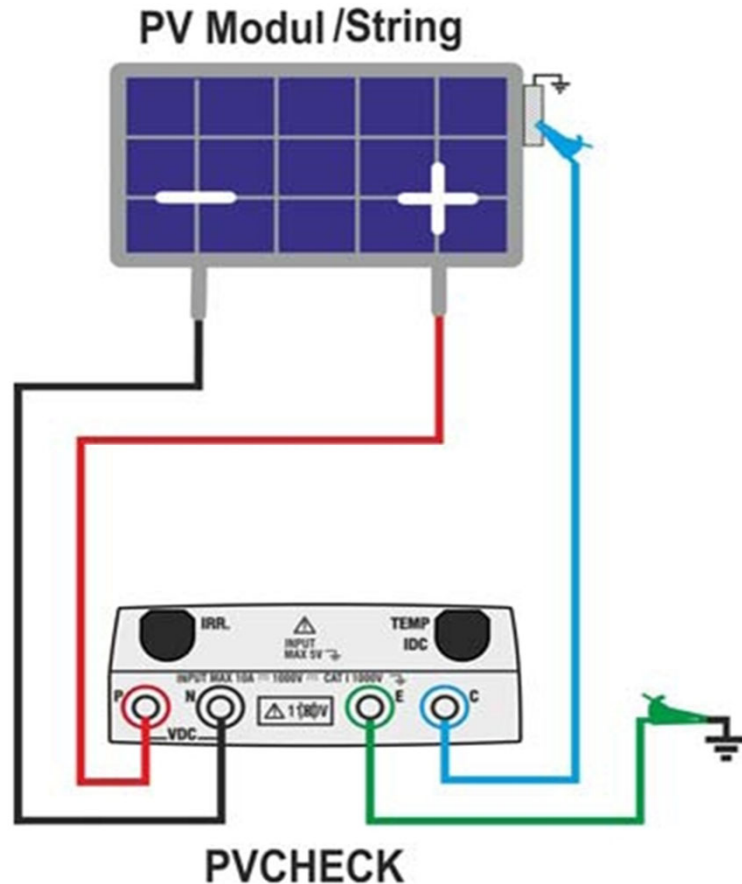
Diese sind:

- Prüfung der Wechselstromkreise nach DIN-VDE 0100-600 bei Wiederholungsprüfungen nach DIN VDE 0100-105
- Die Durchgängigkeit des Potentialausgleichsleiter, sofern angebracht.
- Die Polaritätsprüfung der Gleichspannung
- Die Prüfung der Leerlaufspannung eines Stranges
- Die Prüfung des Kurzschlussstromes eines Stranges
- Der Isolationswiderstand des Gleichstromkreises
- Die Funktionsprüfung/Sichtprüfung

Sicherheitshinweis

- Bei diesen Messungen sind die erforderlichen Sicherheitsmaßnahmen für Messungen in elektrischen Anlagen einzuhalten.
- Durch die relativ hohen Spannungen, die in PV-Anlagen auftreten können, ist mit einer erhöhten Gefahr durch Lichtbogenunfällen zu rechnen.

Messaufbau nach VDE 0126-23



- Messanschluss für automatischen Messablauf
- und Messung von U_{oc} , I_{sc} , R_{iso} und R_{pe}
- Optional mit Referenzzelle

Prüfung der Durchgängigkeit des PA-Systems

- Die Prüfung des PA-Systems erfolgt meist bereits schon während der Prüfung der AC -Seite.
- Wichtig hierbei nochmals zu prüfen, ob eine Verbindung zwischen den Gestellrahmen und dem Erdungssystem des Gebäudes bestehen muss und ob dieser vorhanden und bereits geprüft ist.

Notwendigkeit des PA-Systems

➤ Die Notwendigkeit einer Erdung des Tragsystems ist in der DIN VDE 0100-712 nicht wörtlich gefordert.

➤ Allerdings

- Ergibt sie sich aus den Anforderungen der Schutzmaßnahmen gegen Elektrischen Schlag DIN-VDE 0100-410
- Die Isolationsüberwachung des Wechselrichters ist außer Betrieb da dieser keine Ableiströme messen kann.

➤ Unbedingt zu beachten ist das,

- Eine Montage eines eigenen Erders (z.B. Tiefenerder) ist aufgrund der Verbindung der WR mit dem Schutzleiter und der damit vorhandenen Verbindung zur Unterkonstruktion nicht Sinnvoll.
- Durch zwei Erder können Ausgleichsströme fließen, die zu Korrosion führen. Darüber hinaus werden gefährliche Induktionsschleifen gebildet.

Ziel der Messung

➤ Sinn und Zweck der Messung:

- Durchgängigkeit der Schutz- und Potentialausgleichs – leiter

➤ Ergebnis:

- In den allermeisten Fällen wird sich ein Wert deutlich unter $0,1 \, \Omega$ ergeben.
- Praxiswert $< 0,1 \, \Omega$

➤ Messgerät:

- Messgerät zur Niederohmmessung nach DIN-VDE 0100-410
- Oder PV-Messgerät mit Messvorrichtung

Polaritätsprüfung

➤ Sinn und Zweck der Messung:

- Die Polaritätsprüfung ist eine einfache Möglichkeit, dem WR vor einer möglichen Zerstörung durch Falschpolung auszusetzen.

➤ Messgerät:

- Multimeter mit Gleichspannungsbereich bis z. Z 1000V
- Bei der Auswahl des Messgerätes ist darauf zu achten, dass es mindestens die Sicherheitsklasse CAT III bis 1000V entspricht.
- Um die Messung gefahrlos ausführen zu können empfiehlt sich die Messleitungen mit Adaptern für die verwendeten PV-Stecker zu versehen. Dadurch kann die Gefährdung bei der Messung reduziert werden.

Prüfung der Leerlaufspannung

- Diese Messung soll feststellen, ob Fehler in der Verdrahtung der Module und Stränge vorhanden sind.
- Die Messung der Leerlaufspannung sollte im gleichen Schritt erfolgen wie die Messung der Polarität.
- Der Messwert ist mit dem zu erwartenden Messwert der Anlagendokumentation zu vergleichen.
- Bei gleicher Anzahl der Module in den Strängen ist es empfehlenswert die Ergebnisse zu vergleichen.
- Änderungen der Ergebnisse untereinander sowie im Bezug auf Soll-Werte können um die 5% betragen.
- Es handelt sich hierbei nicht um eine Messung der Leistungsfähigkeit

Prüfung des Kurzschlussstroms

- Diese Messung soll feststellen, ob Fehler in der Verdrahtung der Module und Stränge vorhanden sind.
- Um den Kurzschlussstrom messen zu können, ist ein kurzzeitiger Kurzschluss am Ende der Strings erforderlich.
- Die Messinstrumente sollten ein DC geeignetes Zangenamperemeter sein.
- Auch hier sollte bei mehreren gleichen Strings die Messergebnisse verglichen werden. Änderungen der Werte können auch hier 5% betragen.

Prüfbericht aus der Praxis

Strang		7	8	9	10	11	12
Strang	Modul	CS6R-410 MS	CS6R-410 MS	CS6R-410 MS	CS6R-410 MS	CS6R-410 MS	CS6R-410 MS
	Anzahl	18	18	20	20	20	20
PV-Generator-Parameter (wie spezifiziert)	Joc (stc)	669,6	669,6	744	744	744	744
	Isc (stc)	14,01	14,01	14,01	14,01	14,01	14,01
Strang-Überstrom-Schutzeinrichtung	Typ	Solis Intern	Solis Intern	Solis Intern	Solis Intern	Solis Intern	Solis Intern
	Bemessungswert (A)	-	-	-	-	-	-
	DC-Bemessung (V)	1100	1100	1100	1100	1100	1100
	Schaltvermögen (kA)	-	-	-	-	-	-
Verkabelung	Typ	SolarKabel	SolarKabel	SolarKabel	SolarKabel	SolarKabel	SolarKabel
	Aktiver Leiter (mm ²)	6	6	6	6	6	6
	Erdleiter (mm ²)	16	16	16	16	16	16
Erprobung des Stranges	Joc (V)	614	613	583	615	408	407
	Isc (A)	0,58	0,79	0,69	0,60	0,54	0,51
	Einstrahlung (W/m ²)	Stark bewölkt	Stark bewölkt	Stark bewölkt	Stark bewölkt	Stark bewölkt	Stark bewölkt
Polaritätsprüfung		i.O.	i.O.	i.O.	i.O.	i.O.	i.O.
Isolationswiderstand des PV-Generator	Prüfspannung (V)	1000	1000	1000	1000	1000	1000
	Positiv-Erde (MΩ)	> 55	> 69	> 89	> 59	> 88	> 91
	Negativ-Erde (MΩ)	> 55	> 69	> 89	> 59	> 88	> 91
RPE Durchgängigkeit(Ω)		0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17
Trennschalterfunktion		i.O.	i.O.	i.O.	i.O.	i.O.	i.O.
Wechselrichter Marke/Modell		Solis-100K-5G	Solis-100K-5G	Solis-100K-5G	Solis-100K-5G	Solis-100K-5G	Solis-100K-5G
Wechselrichter Serien Nr.		118212232130013	118212232130013	118212232130013	118212232130013	118212232130013	118212232130013
Wechselrichterfunktion		i.O.	i.O.	i.O.	i.O.	i.O.	i.O.
Netzausfallprüfung		i.O.	i.O.	i.O.	i.O.	i.O.	i.O.

- Interpretation der Messung
- Uoc ?

Isolationsmessung

➤ Gefahr

- Die Spannung an den Modulen kann nicht abgeschaltet werden.

➤ Hinweis

- Für derartige Prüfungen sollte ausschließlich gesondert geschultes Personal eingesetzt werden.
- Es gelten besonders hier die 5 Sicherheitsregeln

Isolationswiderstand der Gleichstromkreise

➤ Prüfgerät:

- Isolationsprüfgerät nach DIN-VDE 0413-2 oder Photovoltaikmessgerät mit Isolationsmesskanal nach DIN VDE 0126-23

➤ Ziel der Messung:

- Das Messen des Isolationswiderstandes, dient dem Nachweis, dass in dem PV-System das Isoliervermögen der Komponenten und Betriebsmittel ausreichend hoch ist. Da in der PV-Technik meist die Schutzmaßnahme (Schutz durch doppelte oder verstärkte Isolierung) angewendet wird, ist diese Messung von entscheidender Bedeutung für den Personen und Sachschutz (Brandschutz)

Isolationsmessung Prüfverfahren

- Bei der Messung muss zwingend die Einstellung der Prüfspannung in Abhängigkeit von der Strangspannung beachtet werden.
- Die Werte der Strangspannung zum Ermitteln der Prüfspannung ergeben sich aus einer Multiplikation der Leerlaufspannung mit dem Faktor 1,25

Strangspannung ($U_{ocSTC \times 1,25}$) in V	Prüfspannung in V	Kleinsten Isolationswiderst and in MΩ
120 V	250 V	0,5
120 bis 500V	500 V	1
> 500 V	1000 V	1

Prüfberichte aus der Praxis

- Interpretation der Messung ?
- Riso
- Wiederholungsprüfung?

String	PV mod / Str	Leerlaufspannung (V)	Kurzschlussstrom (A)	Isolationswiderstand (Mohm)	Prüfspannung (V)
8.5.1	(19)	623	0.26	1.64	1000
8.6.1	(19)	628	0.30	4.4	1000
8.7.1	(20)	656	0.25	2.15	1000
8.8.1	(20)	656	0.26	2.06	1000
8.9.1	(19)	630	0.32	2.49	1000
8.9.2	(19)	630	0.32	2.8	1000
8.10.1	(19)	619	0.22	4.2	1000
8.10.2	(19)	613	0.18	3.2	1000
9.1.1	(20)	706	2.40	69	1000
9.1.2	(20)	711	2.77	55	1000
9.2.1	(20)	708	3.03	74	1000
9.2.2	(20)	712	3.04	63	1000

Grenzwerte der IEC 61215 (2015) H1z2z2-k

1.4.1.2	Zu erzielendes Ergebnis	MΩ·km		Mindestwerte aus Tabelle 1.
---------	-------------------------	-------	--	-----------------------------

Tabelle 1 – Maße und Isolationswiderstände

1	2	3	4	5	6
Anzahl der Adern und Nennquerschnitt der Leiter	Mittlere Wanddicke der Isolierhülle Festgelegter Wert	Mittlere Wanddicke des Mantels Festgelegter Wert	Mittlere Außenmaße Höchstwert Informative Werte	Mindestwert des Isolationswiderstandes bei 20 °C	Mindestwert des Isolationswiderstandes bei 90 °C
mm ²	mm	mm	mm	MΩ·km	MΩ·km
1 x 1,5	0,7	0,8	5,4	860	0,86
1 x 2,5	0,7	0,8	5,9	690	0,69
1 x 4	0,7	0,8	6,6	580	0,58
1 x 6	0,7	0,8	7,4	500	0,50

500 Mohm* Km

Bedeutet bei einer Stringlänge von ca. 50 Meter einen Riso der Leitung von ca. 10.000MOhm bzw. 10 Gohm als Widerstandswert für die H1z2z2-K Leitung

Grenzwerte der VDE 0283-618

Der VDE 0283-618 ist zu entnehmen, dass ein Quadratmeter Modul 40 Mohm an Isolationswiderstand vorweisen muss. Bzw. ein Modul mit den Maßen 0,8m x 1,6m = 31,25 MOhm

Ein Standard MC 4 Stecker hat des Weiteren einen Riso von ca. 3.000 Mohm.

Da alle Isolationswiderstände Parallel gegen Erde liegen kann somit rechnerisch der Normwert in etwa ermittelt werden:

Bsp. 20 Module in Reihe bei einer Stringlänge von 50 Metern und 22 MC 4 Steckverbindungen =

$1/31,25\text{MOhm} * 20 + 1/3.000\text{ MOhm} * 22 + 1/10.000\text{ MOhm} = 1/0,6474$ in etwa 1,55 MOhm

Nach DIN VDE 0126-23 1 MOhm OK!

Wird das Feld jedoch größer durch z.B Parallelverschaltung sinkt der Normwert weiter z.B. bei Dünnschichtanlagen mit 60 Modulen.

Messgeräte

Gängige Instalationstester wie z.B. Benning PV1 /PV 2 oder HT 0126-23

Vorteile

- + alle Messungen gemäß DIN VDE in einem Schritt
- + einfache Anwendung
- + internen Kurzschlusschalter für Messverfahren 2

Nachteile

- Prüfspannung bis 1.000V
- Kurze und vorgegebene Messdauer
- Geringer Messbereich meist nur bis 199 Mohm
- Vorgegebener Messablauf

Isolationsmessgeräte z.B. Fluke

Vorteile:

- + Langzeitmessungen möglich
- + Höhere Prüfspannungen möglich
- + Kennlinienverlauf des Riso
- + Giga Ohm Messbereiche
- + Universelle Messungen wie Z.B PI oder DAR

Nachteile

- Externer Kurzschlusschalter bei Messverfahren 2
- Zeitaufwendiger Messaufbau

Riso Nassmessung



Riso Steckerprüfung



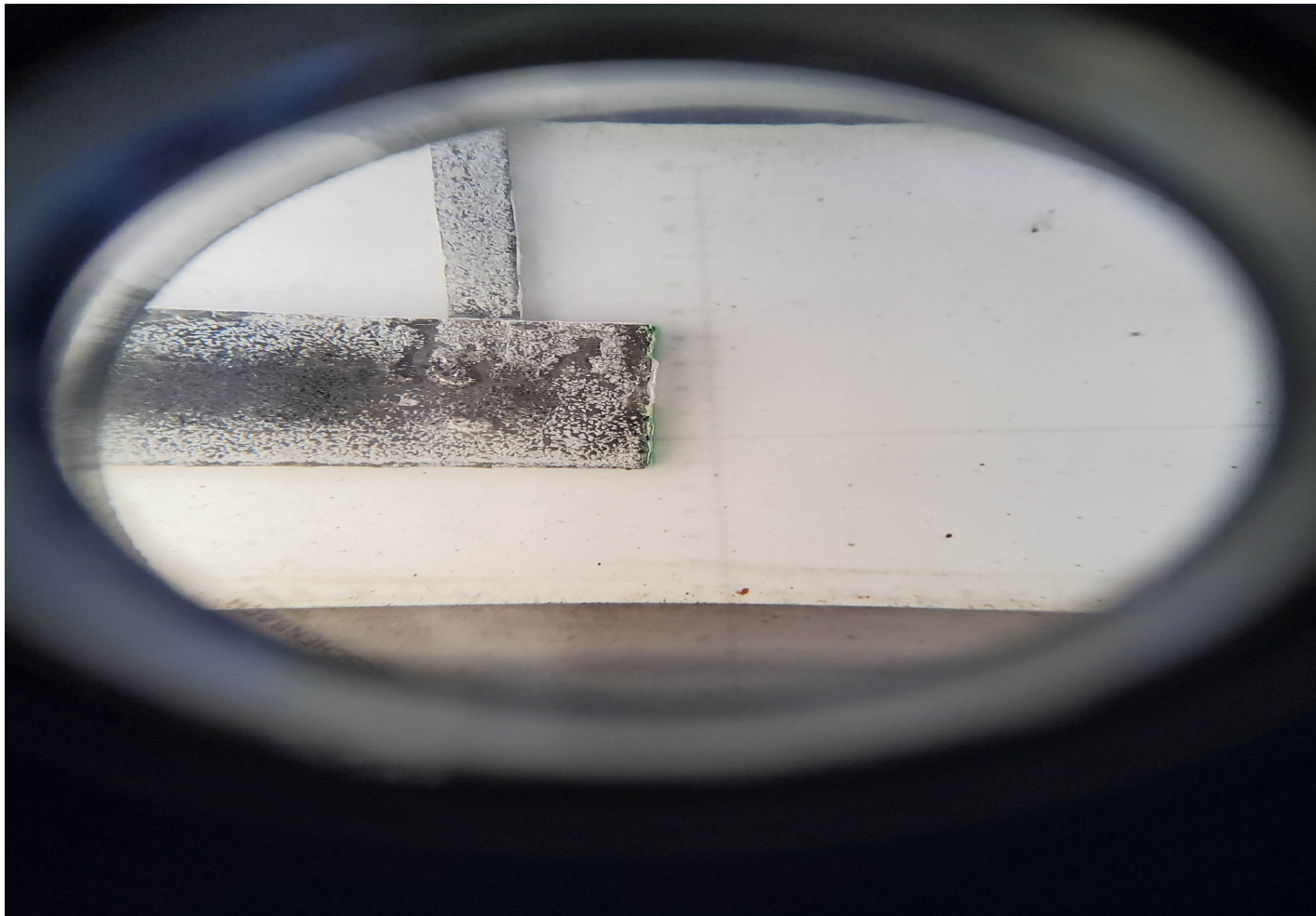
Riso neue Steckverbindung



Riso- Film

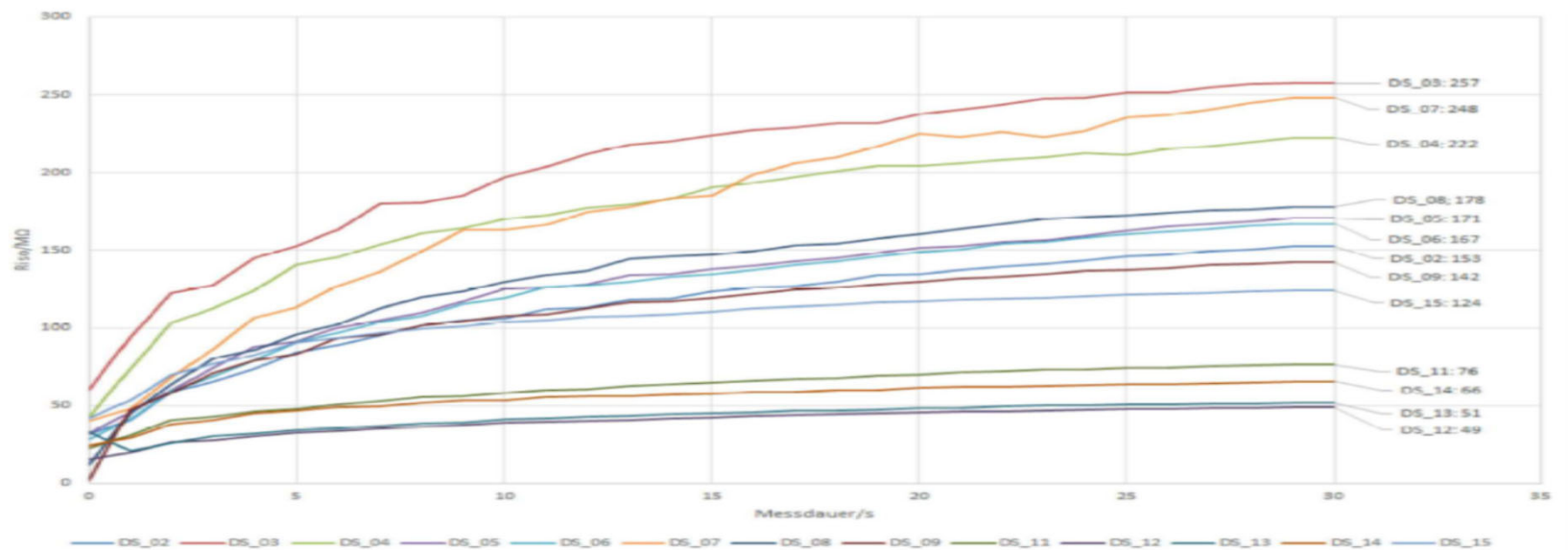


Kapillarwanderung



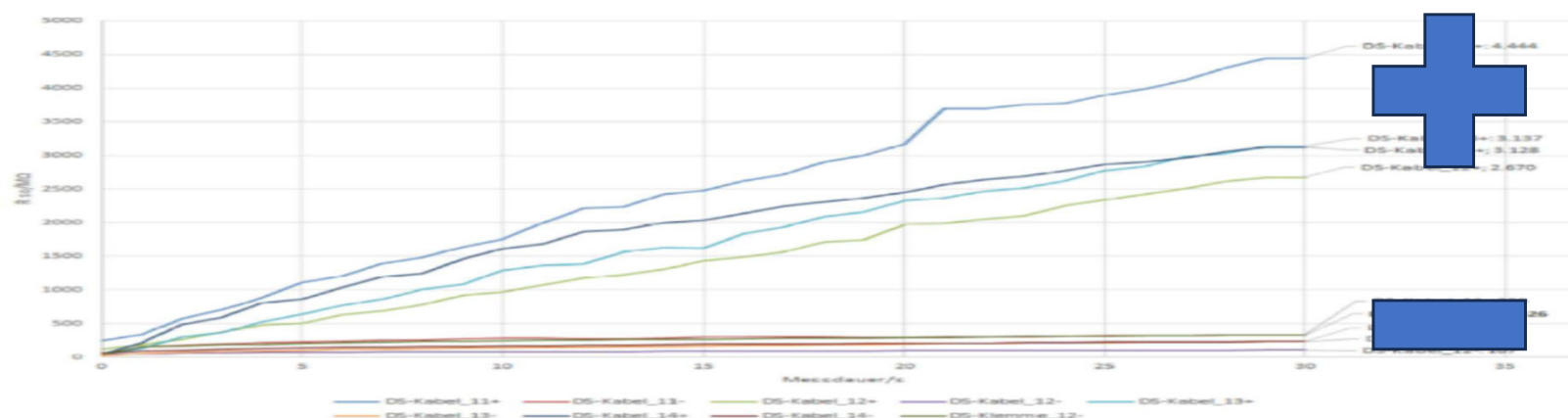
Fehlersuche auf Stringebene

Riso Messung mit angeschlossen Modulfeld



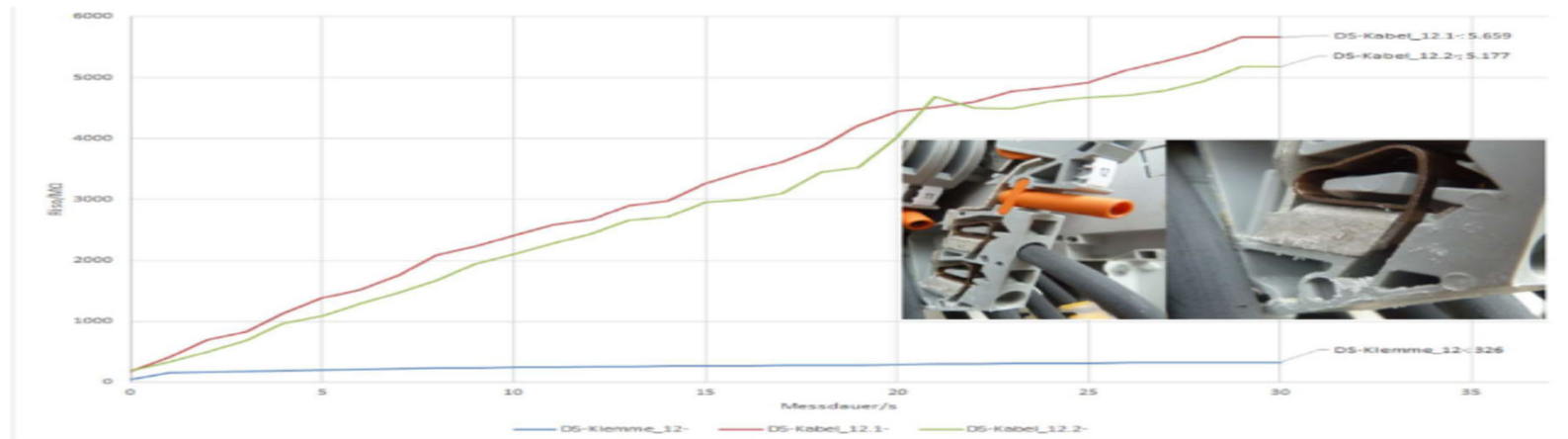
Bsp. Messung Riso über 30sek. Mit angeschlossen Modulen
Ergebnisse zwischen 49 MOhm – 257 MOhm
Interpretation Messwerte OK?

Messung von + und - Zuleitung ohne Module



Die Leitungen DS 11+, 12+,13+ und 14+ erreichten nach kurzer Prüfdauer Werte von über 1GOhm. Auf den Minusklemmen sind die Werte bei gleicher Prüfdauer deutlich unter 1 Gohm geblieben.

Fehlersuche

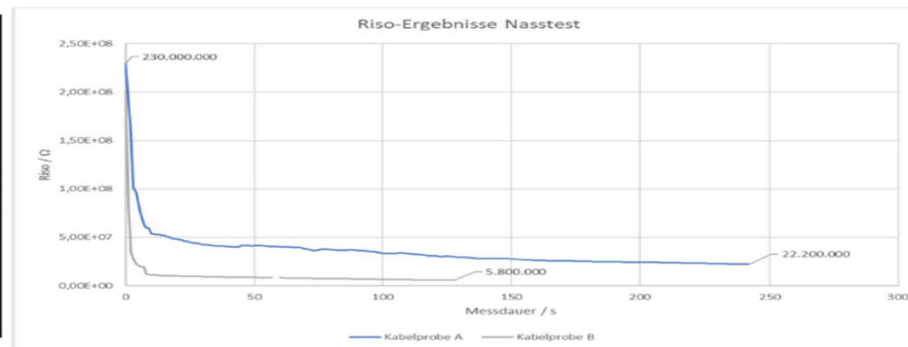


Dieser Messkurve, sind die Messergebnisse der Leitung DS 12, hier rot und grün ohne angeschlossener Trennklemme, zu entnehmen. Beide Leitungen sind nach kurzer Messdauer über 1 GOhm. Das Ergebnis, der Einzelvermessung der Trennklemme ist der blauen Kennlinie zu entnehmen. Die Trennklemme ist durch kapillaren Wassereintritt vorbeschädigt und hat zu den allgemein schlechteren Isolationswerten der Messungen der Leitungen an den Klemmen DS 11,12,13 und 14, zu entnehmen den vorherigen Graphiken geführt.

Leitungsmessung im Wasserbad

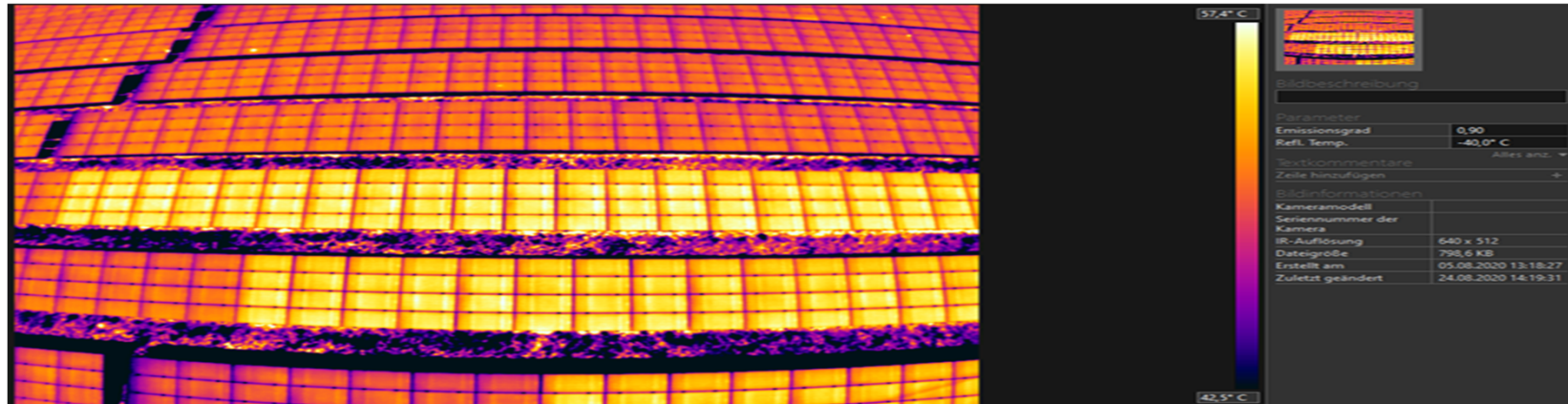


Messaufbau



Dem Messergebnis der Leitung kann deutlich entnommen werden wie stark diese Leitung bereits durch Feuchtefehler in Mitleidenschaft gezogen worden ist. Zu Beginn der Messung wurde die Leitung im trockenen Zustand gemessen, der Anfangswert betrug über 2,2 GOhm was auf einen Wert einer intakten Leitung schließen lassen würde. Der Isolationswiderstandswert ist unter Zugabe von Wasser innerhalb von 2 Sekunden von 2,2GOhm auf bis zu 5,8 MOhm zusammengebrochen. Der Kennlinie Wasserbadmessung ist nachweislich ein Versagen der Isolationsfestigkeit der Leitung zu entnehmen.

IR-Thermographie



Diese Abbildung, zeigt eine beispielhafte IR-Aufnahme mit ausgefallenen bzw. freigeschalteten Strings durch einen defekten Wechselrichter. Da diese Module/ Strings keine Energie erzeugen und zum Wechselrichter abführen können, wird die absorbierte Strahlungsenergie fast vollständig in Wärme umgewandelt und von der IR-Kamera erfasst. Die produzierenden und funktionsfähigen Module wandeln dagegen ca. 12-15 % der Einstrahlung in elektrischen Strom um, der zum Wechselrichter abgeführt wird. Dadurch erscheinen diese Module in den Aufnahmen kälter.

Elektrolumineszenz

- Elektrolumineszenz-Aufnahmen können die Hintergründe von thermischen Auffälligkeiten bei IR- Inspektionen von Solarmodulen schnell und eindeutig belegen. Neben Ausfall und Kontaktierungsproblemen können auch potential-induzierte Degradation (PID) und andere Probleme erkannt werden. Dies macht EL zur vielseitigsten und aussagekräftigsten Methode bei der Inspektion von PV-Kraftwerken.
- Die zu inspizierenden Module oder Strings werden dazu elektrisch mit einem Servicenetzteil verbunden. Die jeweils aktuellen Spannungs- und Stromwerte werden aufgezeichnet und geben erste Hinweise auf den Zustand der Module. Durch die Bestromung emittieren die Solarmodule Licht im nahen Infrarotbereich (NIR). Bei Tageslicht wird dieses Licht von der Sonne überstrahlt, diese Emissionen werden daher bei Nacht mit speziellen hochauflösenden Kameras aufgezeichnet.

EL- Messverfahren



Abb. 6: Eingesetztes EL-Aufsatzstativ mit Einzelbestromungseinheit

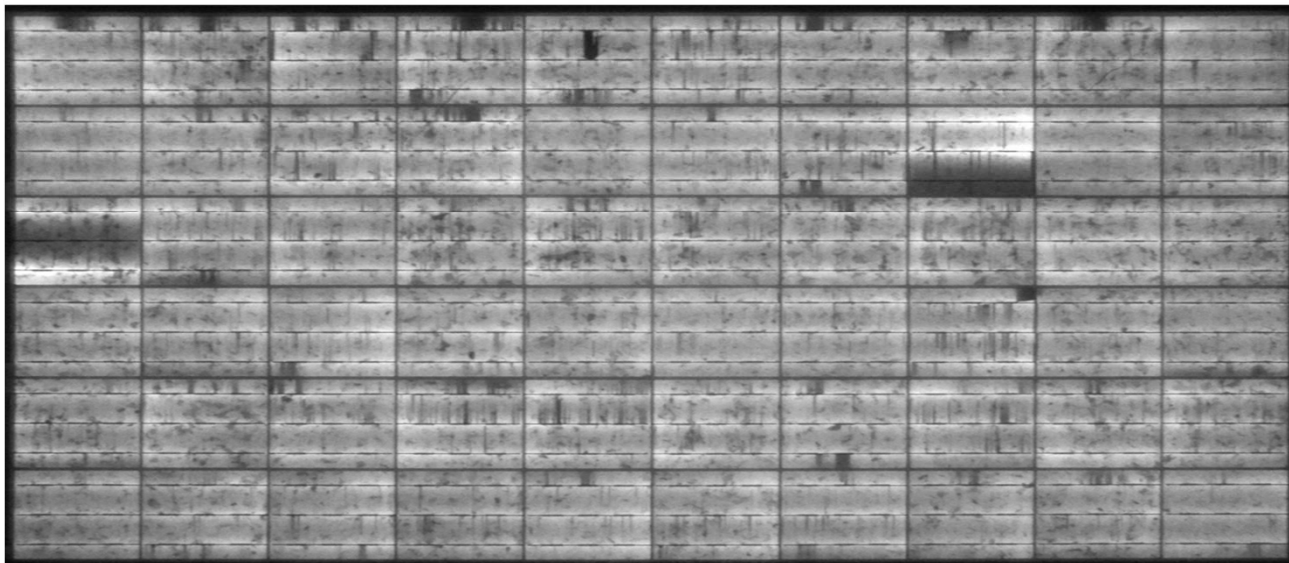


Abb. 7: EL-Aufnahmebeispiel, Modul R57O_006_1

IR / EL / Visual

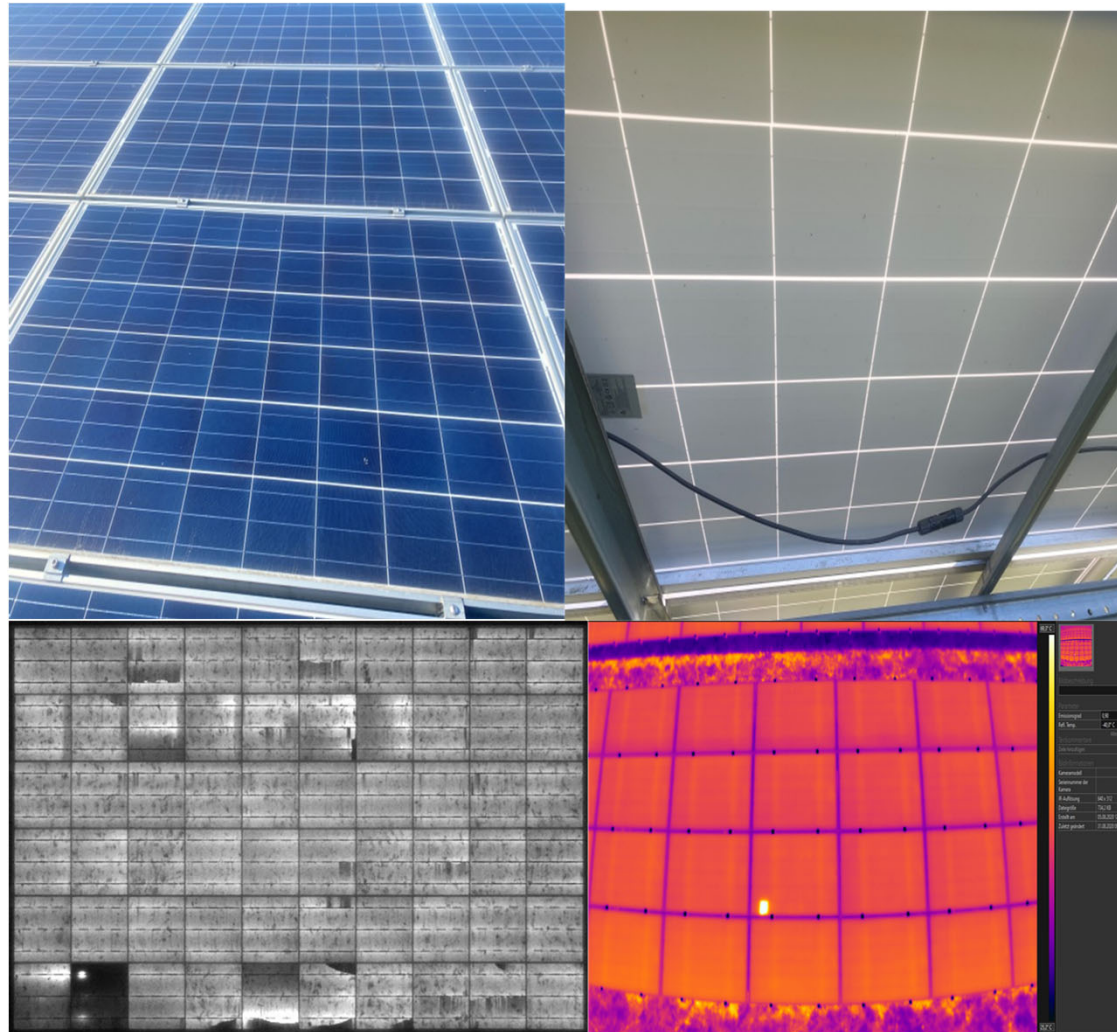


Abb. 15 Fehlerbild Gelb_1

IR / EL / Visual

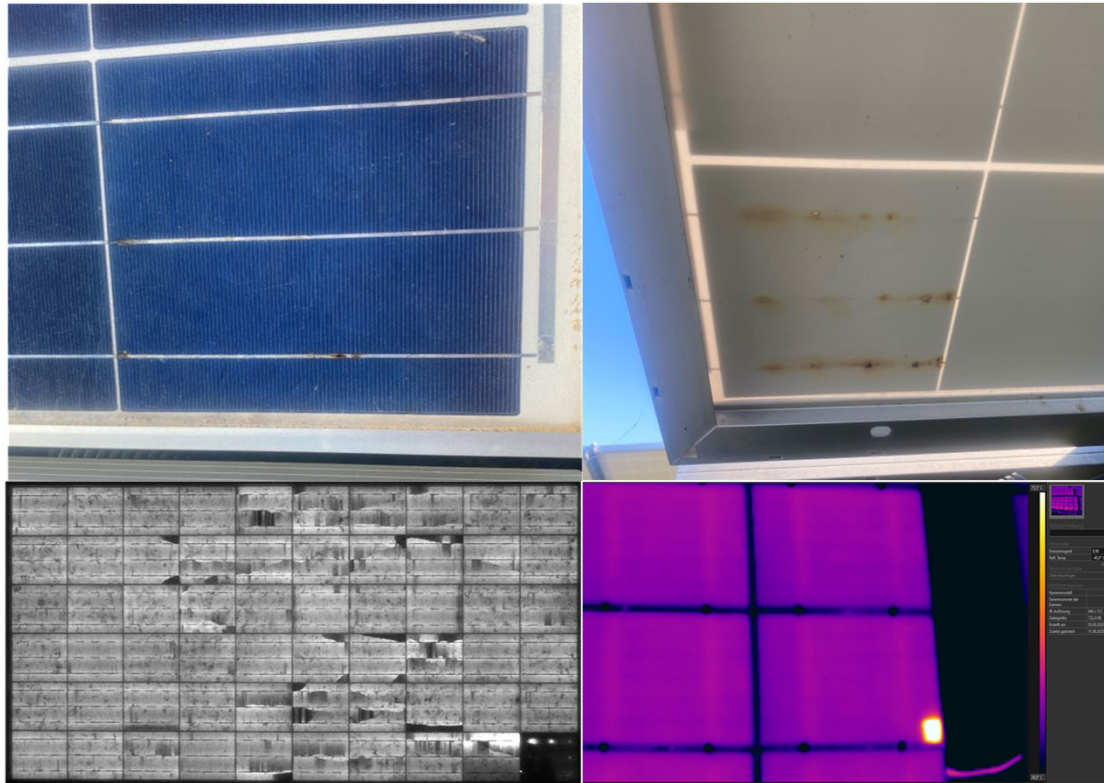


Abb. 13 Fehlerbild Gelb_1

Dieses Modul weist bereits im visuellen Bereich auf der Vorder- und Rückseite auf erhebliche thermische Zusatzbelastungen hin, die in der IR-Aufnahme detektiert werden konnten.

Neben Brand-/Lichtbogenbildung besteht Personengefahr durch elektrischen Schlag bei direkter Berührung des Moduls/Rückseite, nicht nur bei Feuchtigkeit.

- Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit



Thilo Scharf

Grunewald 1a
42477 Radevormwald

Telefon +49-02191-8422174

Telefax +49-02191-4626554

Mobil +49-01735451674

Mail: scharf@pv-sv-buero.de