|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| AA\_GP\_10 | Arbeitsanweisung | Immagine che contiene Elementi grafici, cerchio, Carattere, logo  Il contenuto generato dall'IA potrebbe non essere corretto. |
| **Prüfung von PV-Anlagen** |
| Geltungsbereich |
| **Befähigte Person für die Prüfung elektrischer Gefährdungen** |
| **Anwendungsbereich** |
|  | * Prüfungen an Photovoltaik (PV) Stromversorgungssystemen nach DIN VDE 0100-712
 |  |
| **Gefahren für Mensch und Umwelt**  |
|  C:\Users\moncayo\Documents\Spaces\R.O.E. Online\Dokumente neu\Zeichen\Warnzeichen\Warnung vor elektrischer Spannung.PNG | * Elektrische Körperdurchströmung bei Berühren aktiver Teile
* Verbrennungsgefahr durch Gleichstromlichtbogen
* Sekundärunfälle
* Absturzgefährdung an Dachkanten, Schrägdächern
* Durchbruchgefahr (Absturz) an Dachkuppeln und Dachfenstern
* Gefährdungen durch herabfallende Werkzeuge und Messgeräte
* UV-Strahlung
 |  |
| **Schutzmaßnahmen und Verhaltensregeln** |
|  | * Der Zugang zu der Arbeitsstelle ist nur Elektrofachkräften sowie elektrotechnisch unterwiesenen Personen gestattet.
* Die Arbeitsstelle ist vor Beginn der Arbeit abzusichern (z. B. durch Anbringen von Verbots- und Hinweisschildern).
* Die Arbeiten sind mit dem Anlagenverantwortlichen abzustimmen und die Festlegungen sind ggf. zu dokumentieren. ([*PC\_ORG\_02 Freigabeschein*](https://roe-expert.de/project/02-freigabeschein/)*)*
* Bei Arbeiten auf erhöhten Standorten Arbeitsfreigabe einholen [*PC\_ORG\_12 Erlaubnisschein Arbeiten auf hochgelegenen Arbeitsplätzen*](https://roe-expert.de/project/12-erlaubnisschein-arbeiten-auf-hochgelegenen-arbeitsplaetzen/)
* Bei mehreren an der Arbeit beteiligten Personen sind diese aufgaben- und gefahrenbezogen durch den Arbeitsverantwortlichen zu unterweisen.
* Es ist eine der Tätigkeit entsprechende persönliche Schutzausrüstung zu tragen, sowie die passenden Arbeitsmittel zu verwenden:
* Arbeitsschutzbekleidung gemäß DIN EN 61482-1-2. Auswahl entsprechend einer Gefährdungsbeurteilung nach DGUV Information 203-077.
* Die zum Einsatz kommenden Messgeräte, -leitungen, und -spitzen müssen mindestens der Messgerätekategorie CAT III oder CAT IV entsprechen.
* In Schaltanlagen sind ausschließlich mit dem Doppeldreieck oder dem Isolator gekennzeichnete isolierte Werkzeuge, Schutz- und Hilfsmittel, Schutzvorrichtungen sowie Abdeck- und Befestigungsmaterial nach DIN EN 60900 zu verwenden.
* Schaltmaßnahmen sind generell mit dem Anlagenverantwortlichen abzustimmen.
* Es müssen Messgeräte gemäß VDE 0413 zur Anwendung gelangen.
* Einsatzbereich des Messgerätes beachten (Nennspannung, Schutzart, Spannungsart, Einschaltdauer (ED), Temperaturbereich)
* Die wiederkehrende Prüfung muss von einer Elektrofachkraft durchgeführt werden, die in der Durchführung von Prüfungen erfahren ist („befähigter Prüfer“).
* Die Dokumentation erfolgt unter Verwendung des Prüfprotokolls ([*PC\_GP\_15 Prüfung PV-Anlagen*](https://roe-expert.de/project/15-pruefung-pv-anlagen/)*,* [*PC\_GP\_15.1 Besichtigung PV-Anlagen*](https://roe-expert.de/project/15-1-besichtigung-pv-anlagen/)*,* [*PC\_GP\_15.2 Erprobung PV-Anlagen*](https://roe-expert.de/project/15-2-erprobung-pv-anlagen/)).
* Vor der Prüfung, das Messgerät inkl. Prüfequipment auf Beschädigung und gültige Kalibrierung überprüfen.
* Es dürfen Gerüste nur mit gültigem Freigabeschein betreten werden.
* Erforderlichenfalls ist persönliche Schutzausrüstung (Absturzsicherungen) zu verwenden. Die Sekuranten auf dem Dach müssen im ordnungsgemäßen Zustand sein. Die zulässigen Prüffristen dürfen nicht überschritten sein.
* Für Hebebühnen muss eine schriftliche Arbeitserlaubnis vorliegen.
 |  |
| **Verhalten bei Unregelmäßigkeiten** |
| Notruftelefon | * Bei Auftreten von Gefahren vor oder während der Arbeit ist der Arbeitsverantwortliche vor Ort berechtigt und verpflichtet, die Arbeiten nicht zu beginnen oder abzubrechen. Es ist umgehend der Anlagenverantwortliche zu informieren.
* Tel.:
* Bei Unregelmäßigkeiten, die den Betrieb gefährden könnten, ist der Anlagenverantwortliche zu informieren.
* Tel.:
* Bei einer Arbeitsunterbrechung ist der Arbeitsplatz so zu sichern, dass keine Gefährdung entstehen kann.
 |  |
| **Verhalten bei Unfällen** |
| Notruftelefon | * Retten, nur nach Sicherstellung der erforderlichen Schutzmaßnahmen.
* Eigenschutz geht vor Fremdschutz.
* Leistung der Ersten Hilfe durch Ersthelfer vor Ort.
* Unfallstelle im erforderlichen Umfang sichern.
* Verständigung Rettungsdienst
* Notruf 112 oder Tel.:
* Telefonische Unfallmeldung an:
* Tel.:
 | Erste Hilfe |
| **Kontrollen des Arbeitsverantwortlichen** |
|  | * Vor Aufnahme der Arbeit sind der Arbeitsplatz, der Anlagenzustand und alle zur Anwendung kommenden Ausrüstungen auf ordnungsgemäßen Zustand zu kontrollieren.
* Beschädigte Ausrüstungen sind auszusondern oder nach Verwendung zu entziehen.
* Arbeitet mehr als eine Person am Arbeitsplatz, erteilt der Arbeitsverantwortliche nach Unterweisung die Freigabe der Arbeitsstelle.
* Erstellung einer ergänzenden Gefährdungsbeurteilung ([PC\_ORG\_08](https://roe-expert.de/project/08-gefaehrdungsbeurteilung-vereinfachte-vorgehensweise-%C2%A7-7-betrsichv/)) bzw. Last Minute Risk Analysis (LMRA) vor Beginn der Arbeit.
 |  |
| **Arbeitsablauf und Sicherheitsmaßnahmen** |
|  | *Generell gilt:** Benutzen der erforderlichen PSA.
* Sicherheit am Arbeitsplatz gewährleisten.
* Für ausreichende Beleuchtung sorgen.
* Für ausreichende Bewegungsfreiheit sorgen.
* Standsicherheit gewährleisten.
* Fluchtwege zur Verfügung halten.
* Keine Arbeiten und Messungen bei Gewitter.
* Kontrolle der ordnungsgemäßen Funktion der zur Anwendung kommenden Werkzeuge und Arbeitsmittel.
* Der Anlagenbetreiber legt die Prüftiefe bzw. den Prüfumfang fest. Weiter hat der Anlagenbetreiber bei der Bereitstellung der Dokumentation zu unterstützen.

**Vorgehensweise beim messtechnischen Teil der umfassenden Prüfung:**Die Prüfung der Wechselspannungsseite umfasst die nach DIN VDE 0100-600 erforderlichen Messungen. *Nachweis der Durchgängigkeit von Verbindungen:** Mit einer Auswahl der aufgezählten Methoden sind alle Verbindungen des der Potentialausgleichsleiter und die Durchgängigkeit der Schutzleiterverbindungen nachzuweisen.
* Es gilt generell ein Richtwert von maximal 1 Ω, ein fester Grenzwert wird nicht vorgegeben.
* ***Messung 1: Durchgängigkeit zwischen PA-Schiene und den elektrischen Betriebsmitteln auf der Wechselspannungsseite***Es ist die Durchgängigkeit der Leiterverbindung mit einem Prüfstrom von mindestens 0,2A zwischen der PA-Schiene in den Körpern der elektrischen Betriebsmittel (Wechselrichter, Körper der Schaltgerätekombinationen) zu messen.
* ***Messung 2: Durchgängigkeit zwischen PA-Schiene und der Montagekonstruktion den Montagekonstruktionen des PV-Generators***Es ist die Durchgängigkeit der Leiterverbindung mit einem Prüfstrom von mindestens 0,2A zwischen der PA-Schiene und der Montagekonstruktion des PV-Generators zu messen. Sind mehr als ein PV-Teilgeneratorfeld vorhanden, ist die Durchgängigkeit zwischen den PV-Generatorfelder zu messen.
* ***Messung 3: Durchgängigkeit der Schutzleiterverbindungen am Wechselrichter***Es ist die Durchgängigkeit der Leiterverbindung mit einem Prüfstrom von mindestens 0,2A zwischen der PA-Schiene und den Schutzleiteranschlüssen am Wechselrichter zu messen. Auf die Messung kann verzichtet werden, sofern die Fehlerschleifenimpedanz ohne RCD-Unterdrückung des PV-Einspeisestromkreises an den Netzanschlussklemmen der PV-Wechselrichter gemessen wird.
* ***Messung 4: Durchgängigkeit der Schutzleiterverbindungen elektrischer Betriebsmittel***Es ist die Durchgängigkeit der Leiterverbindung mit einem Prüfstrom von mindestens 0,2A zwischen dem Schutzleiteranschluss des Betriebsmittels und der mit dem Schutzleiter verbundenen Stellen zu messen. Hierzu gehören u.a. die Schutzleiterverbindungen zum Montagegestell der Schaltgerätekombinationen, sofern diese der Schutzklasse 1 zuzuordnen sind, die Durchgängigkeit zu den Schutzleiterkontakten der Arbeitssteckdosen etc.

*Nachweis über die Wirksamkeit der Schutzmaßnahme: Schutz durch automatische Abschaltung der Stromversorgung auf der Wechselspannungsseite:** Mit einer Auswahl der aufgezählten Methoden sind die Vorkehrungen zum Fehlerschutz gemäß DIN VDE 0100-410 Abs. 411 nachzuweisen.
* Es gelten die Einhaltung der Abschaltbedingungen nach DIN VDE 0100-410 Abs. 411 in Verbindung mit den höchst zulässigen Abschaltzeiten.
* ***Messung 5: Messung der Fehlerschleifenimpedanz am Wechselrichter und an Steckdosen***Es ist die Fehlerschleifenimpedanz zum Nachweis der Abschaltbedingung nachzuweisen. Es ist zu unterscheiden zwischen Stromkreisen mit und ohne Fehlerstrom-Schutzeinrichtung:
* **Messung 5a: Stromkreise ohne Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen:**

Bei Stromkreisen ohne Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen ist die Fehlerschleifenimpedanz zu messen. Sofern dies möglich, ist die Messung über die Durchgängigkeit der Schutzleiterverbindung ebenso nachgewiesen.* **Messung 5b: Stromkreise mit Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen:**

Bei Stromkreisen mit Fehlerstrom-Schutzeinrichtung ist die Durchgängigkeit der Schutzleiter gemäß Messung 4 nachzuweisen und der einpolige Kurzschlussstrom muss die Abschaltung der Überstrom-Schutzeinrichtung innerhalb der vorgegebenen Abschaltzeit gemäß DIN VDE 0100-410 Abs. 411 bewirken. Der Nachweis ist rechnerisch oder messtechnisch durch Messung der Netzinnenimpedanz zu erbringen. *Nachweis des Isolationswiderstandes der Gleich- und Wechselspannungsseite:** **Messung 6: Isolationswiderstand der Wechselspannungsseite**

Es ist der Isolationswiderstand zu messen. Hierbei sind auf der Wechselspannungsseite die Grenzwerte nach DIN VDE 0100-600 bzw. DIN VDE 0105-100 zu beachten. Vor der Messung ist der Stromkreis freizuschalten und der Neutralleiter zu trennen. Bei Stromkreisen mit Fehlerstrom-Schutzeinrichtung wird der Neutralleiter beim Abschalten getrennt. Hier ist ein separates Trennen nicht erforderlich. Erforderlichenfalls sind Überspannungsschutzgeräte vom Stromkreis zu trennen bzw. abzuklemmen. * **Messung 6a: Isolationswiderstand im Rahmen der Erstprüfung**

Im Rahmen der Erstprüfung ist der Isolationswiderstand zwischen allen aktiven Leitern und gegen den Schutzleiter zu messen. * **Messung 6b: Isolationswiderstand im Rahmen der Wiederholungsprüfung**

Im Rahmen der Wiederholungsprüfung ist der Isolationswiderstand zwischen den aktiven gegen den Schutzleiter zu messen. Sofern die Leitung eine feuergefährdete Betriebsstätte gemäß DIN VDE 0100-420 bzw. VdS 2033 durchquert ist der Isolationswiderstand zusätzlich zwischen allen aktiven Leitern zu messen. Sofern der Stromkreis mit einem Differenzstrommonitoring (RCM) überwacht wird, kann auf die Isolationsmessung im Rahmen der Wiederholungsprüfung verzichtet werden. * **Messung 7: Isolationswiderstand der Gleichspannungsseite**

Es ist der Isolationswiderstand auf der Gleichspannungsseite gegen der PA-Schiene zu messen bzw. der Montagekonstruktion zu messen. Die Prüfgleichspannung ist gemäß den Vorgaben nach DIN VDE 0126-23-1 Abs. 5 einzustellen. Die Grenzwerte gelten bei Erst- und Wiederholungsprüfungen. Es stehen zwei Prüfverfahren zur Auswahl. Das angewendete Prüfverfahren ist im Prüfprotokoll zu dokumentieren. * **Messung 7a: Isolationswiderstand der Gleichspannungsseite – Prüfverfahren 1**

Bei Prüfverfahren 1 ist der PV-Strang stromlos zu schalten und vom Wechselrichter zu trennen. Es sind je PV-Strang jeweils der (+)-Pol und der (-)-Pol gegenüber Erdpotential zu messen. Der niedrigste Wert ist zu dokumentieren. * **Messung 7a: Isolationswiderstand der Gleichspannungsseite – Prüfverfahren 2**

Bei Prüfverfahren 2 ist der PV-Strang über einen Kurzschlussschalter kurzzuschließen. Hier ist ein eine geeignete Schalteinrichtung zu verwenden. Der Isolationswiderstand wird zwischen dem Kurzgeschlossenen PV-Strang und Erdpotential gemessen. *Nachweis des Korrekten Verschaltung der PV-Stränge und Nachweis möglicher Defekte:** **Messung 8: Leerlaufspannung der PV-Stränge**

Es ist die Leerlaufspannung der einzelnen PV-Stränge zu messen. Die Leerlaufspannung dient dem Zweck, dass die PV-Module korrekt verschaltet sind bzw. keine Defekte aufweisen. Die möglichen Defekte sind in DIN VDE 0126-23-1 beschrieben. Die Messung der Leerlaufspannung muss unter Berücksichtigung der in Reihe geschalteten PV-Module plausibel sind. Aufgrund der Temperaturabhängigkeit der Leerlaufspannung wird empfohlen zu Leerlaufspannung die Modultemperatur zu messen und anhand des Temperaturkoeffizienten der Leerlaufspannungen aus dem Datenblatt der PV-Module auf eine einheitliche Temperatur zum Vergleich mehrerer PV-Stränge umzurechnen. *Nachweis des Korrekten Verschaltung der PV-Stränge und Nachweis möglicher Defekte:** **Messung 9a: Kurzschlussstrommessung der PV-Stränge**

Es sind die Kurzschlussströme der einzelnen PV-Stränge zu messen. Die Kurzschlussstrommessungen dienten dem Zweck der korrekten Verschaltung parallel geschalteter PV-Stränge und zur Erkennung von Leistungsdegradationen etc. Die möglichen Defekte sind in DIN VDE 0126-23-1 beschrieben. Aufgrund der Abhängigkeit der Kurzschlussströme von der Bestrahlstärke wird empfohlen zum Kurzschlussstrom die Bestrahlstärke über einen Bestrahlungssensor in Modulebene zu messen. Die Messungen können insbesondere bei schwankenden Bestrahlungsbedingungen zum Vergleich auf STC umgerechnet werden. * **Messung 9b: Alternative 1 zu Kurzschlussstrommessung der PV-Stränge**

Alternativ zum Kurzschlussstrom kann über eine Strommesszange bei Wiederholungsprüfungen der Betriebsstrom gemessen werden. *Alternativen zu den Messungen 8, 9a und 9b - Nachweis des Korrekten Verschaltung der PV-Stränge durch Messung der U/I-Kennlinie:** **Messung 10a: U/I-Kennlinie ohne Messung der Modultemperatur und Bestrahlstärke**

Die Messungen 8, 9a und 9b können durch Messung der U/I-Kennlinien ersetzt werden. Sofern die Bestrahlbedingungen während der Messungen der PV-Stränge annährend gleich sind, ist eine Messung der Bestrahlstärke und Modultemperatur nicht erforderlich. * **Messung 10b: U/I-Kennlinie mit Messung der Modultemperatur und Bestrahlstärke**
* Sofern die Bestrahlbedingungen während der Messungen der PV-Stränge nicht konstant sind oder die Messungen zu verschiedenen Jahreszeiten bzw. unterschiedlichen Bedingungen durchgeführt wird, ist zum Vergleich die Bestrahlstärke und die Modultemperatur ergänzend zu Messung 10a zu erfassen und die U/I-Kennlinien über die Software des Messgerätes auf STC umzurechnen.
* Anmerkung: Diese Methode eignet sich auch zur Bestimmung der installierten Pv-Generatorleitung und zur Erkennung von Leitungsdegradationen.
 |  |
| **Abschluss der Arbeiten** |
|  | * Herstellen des ordnungsgemäßen und sicheren Anlagenzustands.
* Räumen der Arbeitsstelle.
* Mitgebrachte Werkzeuge und Arbeitsmittel sind aus der Schaltanlage zu entfernen, zu kontrollieren und zu reinigen.
 |  |
|  | **Datum:** **Unterschrift:**  |  |