

## PHOTOVOLTAIK-GUTACHTEN

# Begutachtung Photovoltaikanlage bei Schaden oder Ausfall

Super detaillierter Ablaufplan fuer Sicherung, Beweissicherung, Schadensumfang, Ursache,  
Reparaturkonzept und Wiederinbetriebnahme

Feld	Inhalt
Dokumenttyp	Eigenstaendiger Ablaufplan / Pruefhandbuch fuer Sachverstaendige und technische Projektpruefung
Arbeitsstand	11.06.2026
Anwendungsbereich	Netzgekoppelte PV-Anlagen auf Gebaeuden und Freiflaechen; mit Anpassung auch fuer Speicher, Gewerbe, Sonderbau, Versicherungs- und Gerichtsbezug.
Wichtiger Hinweis	Die technische Begutachtung ersetzt keine Rechtsberatung und keine Verantwortung des Anlagenverantwortlichen fuer Arbeitssicherheit und Schalthandlungen.

Dieses Dokument ist bewusst detailliert aufgebaut: Vorbereitung, Dokumentenanforderung, Dokumentenpruefung, Vor-Ort-Ablauf, Messmethodik, Bewertung, Nachbereitung und Struktur der Ergebnisdokumente sind als praktischer Arbeitsablauf formuliert.

# Inhaltsuebersicht

---

- 1. Zweck, Pruefziel und Beweisfragen
- 2. Rechtliche und normative Hintergruende
- 3. Vorbereitung und anzufordernde Dokumente
- 4. Sicherheit, Personal, Messmittel und Hilfsmittel
- 5. Vor-Ort-Termin - detaillierter Ablauf
- 6. Auswertung, Bewertung und erwartete Ergebnisse
- 7. Umfang, Inhalt und Struktur der Stellungnahme / Bewertung / des Gutachtens
- 8. Vertiefte Pruefanweisungen nach Anlagenbereichen
- 9. Spezifische Entscheidungs- und Ursachenmatrizen
- 10. Qualitaetskontrolle, Plausibilitaet und Musterformulierungen
- 11. Arbeitsvorlagen und Checklisten

# 1. Zweck, Pruefziel und Beweisfragen

Ziel ist die sichere und beweissichere Klaerung von Schadenumfang, Schadenursache, Betriebsrisiko, Reparaturbedarf und Voraussetzungen fuer eine Wiederinbetriebnahme.

Die erste Regel lautet: sichern, dokumentieren, erst danach veraendern. Jede voreilige Reinigung, Reparatur, Demontage oder Wiedereinschaltung kann technische Spuren zerst hoeren.

Die Begutachtung muss zwischen unmittelbarer Schadenursache, Grundursache, Mitursachen, Folgeschaden, latentem Schaden und nicht belegbarer Vermutung unterscheiden.

## 1.1 Typische Beweisfragen

- Welche Anlagenteile sind unmittelbar beschaedigt, welche koennen latent beschaedigt sein und welche Bereiche sind unbetroffen?
- Ist die Anlage oder ein Teil der Anlage sicher betreibbar oder muss sie abgeschaltet bleiben?
- Welche technische Ursache hat der Schaden oder Ausfall: Lichtbogen, Steckverbinder, Isolation, Wasser, Blitz/Ueberspannung, Sturm, Hagel, Montagefehler, Produktfehler, Netzereignis, Bedienung oder Alterung?
- Welche Beweise stuetzen oder widerlegen die einzelnen Ursachenhypothesen?
- Welche Reparatur, welcher Austausch, welche Nachpruefung und welche Dokumentation sind vor Wiederinbetriebnahme erforderlich?
- Ist ein Ertragsausfall oder Folgeschaden technisch plausibel quantifizierbar?

## 1.2 Grundsatz der belastbaren Begutachtung

- Kein technisches Urteil ohne klare Pruefgrundlage: Vertrag, Herstellerunterlagen, geltende/zeitlich relevante Normen, Netzbetreiberbedingungen und tatsaechliche Mess-/Sichtbefunde muessen getrennt dokumentiert werden.
- Aussagen zum Rechtscharakter der Abnahme oder Haftung sind nur beschreibend aufzunehmen; das Gutachten liefert die technische Grundlage, ersetzt aber keine Rechtsberatung.
- Bei aelteren Anlagen ist zwischen Errichtungsstandard und aktuellem Sicherheitszustand zu unterscheiden. Eine spaetere Normenaenderung macht eine aeltere Anlage nicht automatisch mangelhaft; Gefahren sind dennoch unmittelbar zu adressieren.
- Jede Feststellung muss reproduzierbar sein: Ort, Foto, Messwert, Dokumentenquelle, Datum, Teilnehmer, Anlagenzustand und Messbedingungen.

# 2. Rechtliche und normative Hintergruende

Die nachfolgende Uebersicht ist ein professioneller Arbeitsrahmen. Fuer das konkrete Objekt ist immer die tatsaechlich geschuldete Vertragsgrundlage, der Errichtungszeitpunkt, der Abnahmezeitpunkt, der aktuelle Sicherheitszustand und die jeweils aktuelle Normausgabe im Volltext zu pruefen.

Regelwerk / Quelle	Bedeutung fuer diese Begutachtung
DIN EN 62446-1 / VDE 0126-23-1	PV-spezifische Dokumentation, Inbetriebnahmepruefung und Pruefanforderungen netzgekoppelter PV-Systeme. Aktuelle Fassung fuer Bestand/Abnahme projektbezogen pruefen; Entwaerfe duerfen nicht ungeprueft als geltende Fassung behandelt werden.
DIN EN IEC 62446-2 / VDE 0126-23-2:2021-08	Wartung, wiederkehrende Inspektion, korrektive Wartung, Fehlersuche, sicherheits- und leistungsbezogene Instandhaltung von PV-Systemen.
IEC TS 62446-3:2017	Aussen-Thermografie von PV-Modulen und PV-Anlagen im Betrieb; wichtig fuer Hotspots, Diodenfehler, Kontaktprobleme und Brandpraevention.
DIN VDE 0100-600:2017-06 sowie Entwurf 2025-12	Erstpruefung von Niederspannungsanlagen durch Besichtigen, Erproben und Messen; Pruefbericht als Abnahme- und Sicherheitsnachweis.
DIN VDE 0100-712:2016-10 sowie Entwurf 2022-10	Spezielle Errichtungsanforderungen fuer PV-Stromversorgungssysteme, u. a. Schutz gegen elektrischen Schlag, DC/AC-Trennung, Kabel, Ueberspannungsschutz.
DIN VDE 0105-100	Betrieb elektrischer Anlagen; Arbeitsmethoden, Schalthandlungen, Organisation, Arbeiten in der Naehe aktiver Teile.

Regelwerk / Quelle	Bedeutung fuer diese Begutachtung
VDE-AR-N 4100:2026-04	TAR Niederspannung fuer Anschluss und Betrieb von Kundenanlagen am Niederspannungsnetz; Basis fuer TAB der Netzbetreiber. Entwurf A1 2026-06 war am Arbeitsstand in Konsultation.
VDE-AR-N 4105:2026-03	TAR Erzeugungsanlagen am Niederspannungsnetz; Anforderungen an Anschluss, Parallelbetrieb, Nachweise, Formulare, Erzeugungseinheiten, Speicher und Nulleinspeisung.
VDE-AR-E 2510-2:2021-02	Sicherheitsanforderungen an stationaere elektrische Energiespeichersysteme am Niederspannungsnetz, inklusive Netzparallel-/Inselbetrieb und Umschaltung.
IEC 61724-1:2021	PV-Performance-Monitoring; Begriffe, Messklassen, Datenerfassung und Auswertung fuer Performance Ratio, Availability und Minderleistungsanalyse.
IEC 61829:2015	Vor-Ort-Messung von I-V-Kennlinien von PV-Arrays inkl. meteorologischer Begleitbedingungen und Umrechnung auf STC oder andere Referenzbedingungen.
IEC 60904-1:2020 / IEC 60891:2021	Messung von I-V-Kennlinien und Korrektur gemessener I-V-Kennlinien auf Temperatur und Einstrahlung.
IEC 61215 / IEC 61730	Modul-Designqualifikation, Typzulassung und Sicherheitsqualifikation; relevant fuer Komponentennachweise, Garantie- und Produktfragen.
DIN EN IEC 62305 / VDE 0185-305	Blitzschutz und Ueberspannungsschutz, insbesondere Risikoanalyse, Trennungsabstaende, Potentialausgleich und Koordination mit PV-Anlagen.
DGVV Vorschrift 3 und BetrSichV/TRBS 1201	Arbeitsschutz, Pruefung elektrischer Anlagen/Betriebsmittel, Gefaehrungsbeurteilung, Prueffristen und Anforderungen an befahigte Personen.
BGB § 640	Werkvertragsrechtliche Abnahme: vertragsmaessig hergestelltes Werk ist abzunehmen; unwesentliche Maengel allein berechtigen nicht zur Abnahmeverweigerung.
VOB/B § 12 und § 13, falls wirksam vereinbart	Foermliche Abnahme, Sachverstaendigenzuziehung, Vorbehalte und Sachmangelfreiheit zum Zeitpunkt der Abnahme einschliesslich anerkannter Regeln der Technik.
VOB/C ATV DIN 18382:2023-09	Allgemeine technische Vertragsbedingungen fuer Elektro-, Sicherheits- und Informationstechnische Anlagen; bei VOB-Vertraegen fuer Leistungsumfang und Abrechnung relevant.
VdS 3145:2025-06	Schadenverhuetung bei PV-Anlagen; brandschutztechnische, mechanische, elektrotechnische, sicherungstechnische und feuerwehrbezogene Aspekte.
DIBt / MVV TB / Landesbauordnungen	Bauaufsichtliche Anforderungen an PV-Module, Glasdeckflaechen, Ueberkopf-/Fassadenanwendungen und bauwerksbezogene Nachweise projektbezogen pruefen.

## 2.1 Bewertungslogik

- Erste Ebene: Vertragliches Soll. Was wurde konkret geschuldet: Leistung, Komponenten, Montageart, Dokumentation, Ertrag, Monitoring, Speicher, Netzanschluss, Uebergabe?
- Zweite Ebene: Herstelleranforderungen. Montageanleitungen, Klemmbereiche, Drehmomente, Steckverbinder, Kabel, Wechselrichterparameter, Speicheraufstellung und Garantiebedingungen.
- Dritte Ebene: Anerkannte Regeln der Technik. VDE/DIN/IEC, VDE-Anwendungsregeln, Netzbetreiber-TAB, Brandschutz-/Blitzschutz- und Bauanforderungen.
- Vierte Ebene: Tatsaechliche Sicherheit. Auch wenn eine Anlage formal alt ist, duerfen akute Stromschlag-, Brand-, Absturz- oder Batteriesicherheitsrisiken nicht ignoriert werden.
- Fuenfte Ebene: Beweisgrad. Technisch sicher, ueberwiegend wahrscheinlich, plausibel aber offen, nur moeglich oder durch Befunde auszuschliessen.

## 3. Vorbereitung und anzufordernde Dokumente

### 3.1 Auftragsklaerung vor Dokumentenanforderung

1. Auftraggeber, Betreiber, Eigentuemmer, Errichter, Netzbetreiber, Wartungsunternehmen, Versicherer und ggf. Rechtsvertretung identifizieren.
2. Anlass, Beweisfragen, Anlagenstandort, Anlagenleistung, Inbetriebnahmedatum, Umbauten, Speicher, Ersatzstrom, Netzanschlusspunkt und Wartungshistorie aufnehmen.
3. Prueftiefe definieren: Sichtpruefung, elektrische Stichprobe, Vollpruefung, I-V-Messung, Thermografie, Drohne, EL, Labor, Demontage oder reine Dokumentenpruefung.

4. Eingriffsrechte klären: Öffnen von Geräten, Trennen von Strings, Demontage einzelner Module, Zugriff auf Monitoring, Export von Wechselrichterlogs, Betreten von Dächern.
5. Sicherheits- und Zugangskonzept anfordern: Dachzugang, Absturzsicherung, Schaltberechtigter, Anlagenverantwortlicher, Arbeitsfreigabe, Wetterfenster, Speicher-/Batteriesicherheit.
6. Gegenpartei-/Errichterbeteiligung klären, wenn Beweissicherung oder Gewährleistungs-/Versicherungsfragen betroffen sind.

### 3.2 Standard-Dokumenten Anforderung

Dokumentengruppe	Anzufordern	Worauf ist zu prüfen?
Vertragliches Leistungssoll	Angebot, Auftrag, LV, Nachträge, Planungsfreigaben, technische Zusagen, Garantien, Ertragsprognose, Wartungs-/O&M-Vertrag.	Geschuldete Beschaffenheit, kWp/kVA, Komponenten, Speicher, Monitoring, Abregelung, Termine, Abnahmekriterien, vereinbarte Normen und besondere Nebenpflichten.
Planung / As-built	Dachbelegungsplan, Stringplan, einpoliger Schaltplan, Wechselrichterauslegung, Kabelberechnung, Schutzkonzept, Netzanschlussschema.	Soll-Ist-Abgleich, Stringanzahl, Modulanzahl je String, MPP-Bereiche, maximale DC-Spannung bei T <sub>min</sub> , Schutzorgane, AC-Anbindung, Messkonzept.
Komponenten	Datenblätter, Zertifikate, Seriennummernlisten, Flashlisten, Hersteller-Montageanleitungen, Konformitätserklärungen, Garantiebedingungen.	Freigaben für Spannung/Strom/Temperatur, Klemmbereiche, Drehmomente, IP-Schutzart, Steckverbinderkompatibilität, Kabeltyp, Wechselrichter- und Speicherzertifikate.
Prüf-/Inbetriebnahmeunterlagen	Prüfprotokolle nach DIN VDE 0100-600 und DIN EN 62446-1, Isolationswerte, Voc/Isc, Polarität, PE-/PA-Durchgängigkeit, AC-Prüfwerte.	Vollständigkeit, Plausibilität, Messbedingungen, Messmittel, Prüfer, Datum, Bezug zu realer Anlage, auffällige oder identische Werte, fehlende Unterschriften.
Netzanschluss / Markt	Netzanschlussbegehren, Einspeisezusage, Inbetriebsetzungsformular, VDE-AR-N 4105-Nachweise, Zählerschema, MaStR-Registrierung.	Anschlussleistung, Netzbetreiberauflagen, Wirkleistungsbegrenzung, Steuerbarkeit, Zählerrichtung, Wandler, Speicherregistrierung, TAB-Konformität.
Bau / Dach / Statik / Brandschutz	Statiknachweis, Ballastplan, Montagesystemstatik, Dachzustandsprotokoll, Brandschutzkonzept, Blitzschutzplan, Dachdeckerfreigaben.	Wind-/Schneelasten, Dachhaken/Lastabtragung, Dachdurchdringungen, Brandabschnitte, Brandwände, Leitungsabschottungen, Trennungsabstände.
Betrieb / Monitoring / Wartung	Portalexporte, Wechselrichterlogs, Tages-/Monats-/Jahresdaten, Fehlerspeicher, Wartungsberichte, Reinigungsnachweise, Reparaturhistorie.	Datenqualität, Ausfallzeiten, Ereignisse, Netzabschaltungen, Minderleistung, Abregelung, Wartungsdefizite, wiederkehrende Fehler und Betreiberpflichten.

### 3.3 Zusatzdokumente für diesen Begutachtungstyp

Dokumentengruppe	Anzufordern	Besondere Prüffragen
Schadeneignis	Schadendatum, Uhrzeit, erste Wahrnehmung, Fotos/Videos im Originalzustand, Zeugenangaben, Feuerwehr-/Polizeibericht, Versicherungsnummer.	Zeitlinie, Spurenlage, Eingriffe nach Schaden, sichere Abgrenzung des Ereignisses von Vorschaden oder späterer Veränderung.
Ereignis- und Wetterdaten	Blitzdaten, Sturm-/Hagelmeldungen, Niederschlag, Netzbetreiberereignisse, Wechselrichterlogs um den Schadenzeitpunkt.	Plausibilität von Blitz, Überspannung, Sturm, Hagel, Wassereintritt, Netzabschaltung oder äußerem Ereignis.
Bauteilsicherung	Entnommene Stecker, Sicherungen, SPDs, Module, Wechselrichterteile, Speicherteile, Verpackung, Lagerort, Fotos der Entnahme.	Kette der Verwahrung, Spurenerhalt, Labor-/Herstelleruntersuchung, Abgrenzung primärer und sekundärer Brandschaden.
Reparaturhistorie	Vorherige Störungen, RMA, Wartungen, Nachbesserungen, Reinigung, Dacharbeiten, Umbauten, Firmwareänderungen.	Vorschaden, wiederkehrende Ursache, Fremdeingriff, Zusammenhang mit jüngsten Arbeiten.

### 3.4 Dokumentenprüfung - detaillierte Arbeitsanweisungen

- Soll-Beschaffenheit aus Vertrag und LV extrahieren: Komponenten, Leistung, Unterkonstruktion, Dachflächen, Speicher, Monitoring, Netzanschluss, Dokumentation, Einweisung.

- Normative Bewertungszeitpunkte trennen: Errichtungszeitpunkt, Zeitpunkt der Abnahme, aktueller Sicherheitszustand und ggf. Zeitpunkt des Schadensereignisses.
- Stringauslegung pruefen: maximale Leerlaufspannung bei niedrigster Bemessungstemperatur, MPP-Spannungsbereich, Strombelastung, Parallelschaltung und Sicherungserfordernis.
- Schutzkonzept pruefen: DC-/AC-Trennstellen, Sicherungen, RCD-Typ, Ueberspannungsschutz, Potentialausgleich, Erdung, Leitungsfuehrung, Selektivitaet und Kennzeichnung.
- Dach-/Montagekonzept pruefen: Klemmbereiche, Schienenlaengen, Dachhakenposition, Ballastierung, Wind-/Schneelastannahmen, Bautenschutz, Korrosionsklasse.
- Brandschutz/Blitzschutz pruefen: Brandabschnitte, Abschottungen, Dachaufbauten, Trennungsabstand, Fang-/Ableitungen, SPD-Koordination und Feuerwehrekennzeichnung.
- Plausibilitaet der Pruefprotokolle pruefen: reale Stringanzahl, Messwerte, Messbedingungen, Messmittel, Datum, Pruefer, Unterschrift und Vergleichbarkeit mit Ist-Zustand.
- Fehlende Dokumente als Befund vorbereiten: fehlender Nachweis ist nicht automatisch Ausfuehrungsmangel, kann aber Abnahme, Sicherheit und Wartbarkeit wesentlich beeintraechtigen.
- Vor Ort nur mit klarer Sicherheitsfreigabe planen. Bei Brand-, Batterie- oder Lichtbogenschaden ist eine Reaktivierung vor Abschluss der Erstbeweissicherung grundsaeztlich zu vermeiden.
- Hypothesenliste vorab erstellen: elektrische Ueberlast, Serienlichtbogen, Parallellichtbogen, Erdschluss, Wasser, Blitz/Ueberspannung, mechanische Last, Hagel, Sturm, Produktfehler, Montagefehler, Bedienfehler.
- Fuer jede Hypothese Indikatoren definieren: z. B. lokale Kontaktperlen, Rußrichtung, SPD-Anzeige, Stringlogs, Isolationswerte, mechanische Verformung, Einschlagbild, Feuchtweg.
- Klaeren, ob Versicherer, Errichter, Hersteller oder Gegenpartei beim Oeffnen/Entnehmen von Beweisteilen anwesend sein sollen. Beweismittel sonst nur minimal und nachvollziehbar bewegen.
- Bei Hagel/Sturm: Wetterdaten und Flaechenabgrenzung vorbereiten. Nicht jedes Glasbruchbild ist automatisch Hagel; Bruchmuster, Einschlagrichtung und Modulcharge pruefen.
- Bei Wechselrichterausfall: DC- und AC-Seite getrennt bewerten, damit ein defekter Wechselrichter nicht faelschlich als Ursache statt als Opfer eines externen Ereignisses bewertet wird.

### 3.5 Vorbereitete Pruefmatrix

Prueffeld	Vorab festlegen	Akzeptanz-/Bewertungsbasis
Dach/Mechanik	Zu begehende Flaechen, Stichproben, Hilfsmittel, ggf. Dachdecker/Statiker.	Hersteller-Montageanleitung, Statik/Ballastplan, Dachregeln, Brandschutzabstaende, sichtbarer Zustand.
DC-Seite	Welche Strings, GAK, Stecker, Kabelwege und Trennstellen geprueft werden.	DIN VDE 0100-712, DIN EN 62446-1, Datenblaetter, Stringplan, Messwerte.
AC-Seite	Welche Verteiler, Zaehler, Schutzorgane, RCD/SPD, Netzparameter und Zaehl-/Wandlersysteme geprueft werden.	DIN VDE 0100-600, VDE-AR-N 4100/4105, TAB, Herstellerangaben.
Betrieb/Monitoring	Zeitraum, Datenaufloesung, Exportformat, relevante Logs, Portalfreigaben.	IEC 61724-1, Vertrag/Ertragsprognose, Betreiber-/O&M-Pflichten.
Sonderpruefungen	Thermografie, I-V, EL, Drohne, Power Quality, Feuchte, Labor, Bauteilentnahme.	Geeignete Wetter-/Betriebsbedingungen, Messnormen, Beweisziel, Freigabe.

## 4. Sicherheit, Personal, Messmittel und Hilfsmittel

### 4.1 Sicherheitsregeln

Die Begutachtung ist so zu organisieren, dass Diagnoseinteresse niemals vor Personen-, Brand-, Dach- und Batteriesicherheit steht.

- PV-Generatoren koennen bei Tageslicht auch nach AC-Abschaltung gefaehrliche DC-Spannungen fuehren. Keine DC-Steckverbinder unter Last trennen.
- Arbeiten an offenen elektrischen Betriebsmitteln nur durch Elektrofachkraefte oder unter deren Leitung und Aufsicht; Betreiber-/Anlagenverantwortung vorher klaeren.

- Vor Schalthandlungen: Anlagenzustand fotografieren, Wechselrichterstatus sichern, Logs exportieren, DC- und AC-Trennstellen eindeutig identifizieren.
- Bei Brand-, Lichtbogen-, Verschmorungs-, Isolationsfehler- oder Batteriegefahr: nicht reaktivieren, Gefahrenbereich absperren, Beweise sichern, Sofortvermerk erstellen.
- Dacharbeiten nur mit Gefaehrdungsbeurteilung, geeignetem Zugang, Absturzsicherung und Witterungsfreigabe; nasse, vereiste oder sturmgefaehrdete Flaechen nicht begehen.
- Bei Speichern: zusaetzliche Risiken durch Kurzschlussstrom, thermisches Durchgehen, Brandgase, Insel-/Ersatzstrombetrieb und Wiederzuschaltung beruecksichtigen.

## 4.2 Qualifikation und Rollen

Rolle	Aufgabe	Mindestanforderung / Hinweis
Sachverstaendiger	Pruefplan, Befundaufnahme, Bewertung, Gutachten, Beweisgrad.	Muss Grenzen der eigenen Fachkunde nennen und Spezialfachkunde hinzuziehen, z. B. Statik, Dach, Brandschutz, Blitzschutz, Batterie.
Elektrofachkraft	Schalthandlungen, Oeffnen elektrischer Betriebsmittel, Messungen, Sicherheitsfreigabe.	Erforderlich fuer Arbeiten an/naher elektrischer Anlage; Schaltberechtigung und Anlagenkenntnis klaeren.
Anlagenverantwortlicher/Betreiber	Betriebszustand, Zugang, Freigaben, Abschaltungen, Historie.	Muss Schaltzustand und Betriebsrisiken kennen oder geeignete Fachkraft benennen.
Dach-/Statikfachkunde	Dachbegehung, Dachdurchdringung, Tragfaehigkeit, Undichtigkeit, Montageuntergrund.	Bei Dachschaden, Ballast, Aufstaenderung, Indach/BIPV, grossen Glasflaechen oder unsicherem Zugang hinzuziehen.
Brandschutz-/Blitzschutzfachkunde	Brandabschnitte, Abschottungen, Feuerwehrkonzept, Trennungsabstand, Potentialausgleich.	Erforderlich bei Sonderbauten, Blitzschutzanlagen, Speicher, Brandfall oder Versichereranforderungen.

## 4.3 Messgeraete und Hilfsmittel

- PV-Installationstester fuer Polaritaet, Leerlaufspannung, Kurzschlussstrom/Betriebsstrom, Isolationsmessung und Dokumentation je String.
- Isolationsmessgeraet mit fuer PV geeigneten Pruefspannungen, Messbereich und CAT-/DC-Bemessung; Pruefadapter fuer PV-Steckverbinder.
- True-RMS-Multimeter und DC-/AC-Zangenamperemeter mit geeigneter Spannungskategorie und dokumentierter Genauigkeit.
- Durchgangs-/Niederohmmessgeraet fuer Schutzleiter und Potentialausgleich; Schleifen-/Netzimpedanztester und RCD-Pruefgeraet fuer AC-Seite.
- I-V-Kennlinienmessgeraet mit Einstrahlungssensor in Generator-/Modulebene, Temperaturfuehlern, Zeitstempelung und Export der Rohdaten.
- Radiometrische Thermografiekamera mit ausreichender geometrischer Aufloesung; RGB-Referenzkamera; optional Drohne mit RGB/IR bei rechtlich sicherem Betrieb.
- Power-Quality-Analyzer / Netzanalysator fuer Netzspannung, Frequenz, Ereignisse, Oberschwingungen und Abschaltungen bei Netzqualitaetsverdacht.
- Drehmomentschluessel, Messschieber, Laserentfernungsmesser, Neigungs-/Azimutmessgeraet, Endoskop, Feuchtemessgeraet und Markierungsmaterial.
- PSA gegen Absturz, Helm, Handschuhe, Augenschutz, geeignetes Leiter-/Geruest-/Hubarbeitsbuehnenkonzept, Abspermaterial, Lockout/Tagout.
- Alle Messmittel: Typ, Seriennummer, Kalibrierdatum, Messbereich, Messunsicherheit, verwendete Adapter/Sensoren und Einsatzbedingungen dokumentieren.

## 4.4 Besondere Mess-/Pruefmittel fuer diesen Auftrag

- Isolationsmessung nur, wenn sie sicher ist und keine Spurenlage zerstuert. Bei Brand-/Wasserschaden erst dokumentieren, dann Messung mit Ziel und Messspannung begruenden.
- Stringspannungen und Polaritaet zur Eingrenzung unterbrochener, kurzgeschlossener oder falsch verschalteter Bereiche einsetzen.

- Thermografie bei sicherem Betrieb oder kontrollierter Teilbetriebnahme zur Lokalisierung erwärmter Kontakte, Sicherungen, Dioden, Leitungen oder Wechselrichterkomponenten.
- I-V-Kennlinien nach Hagel, Hotspot, Modulschaden oder unklarer Leistungsreduktion nur unter geeigneten Bedingungen; bei Versicherungsfällen Rohdaten sichern.
- EL-Prüfung bei Hagel, Mikrorissverdacht oder mechanischer Belastung als weitergehende Untersuchung empfehlen, besonders wenn Sichtprüfung keine eindeutige Aussage erlaubt.
- Power-Quality- oder Ereignislogger einsetzen, wenn Netzereignis, Ueberspannung, Spannungshub oder wiederkehrende Wechselrichterabschaltung vermutet wird.

Messwerte ohne Messbedingungen sind nur eingeschränkt verwertbar. Zu jedem Messblock gehören Datum, Uhrzeit, Einstrahlung, Temperatur, Wetter, Anlagenzustand, Messmittel, Seriennummer, Kalibrierung, Messbereich, Messunsicherheit und durchführende Person.

## 5. Vor-Ort-Termin - detaillierter Ablauf

### 5.1 Standard-Ablauf von Ankunft bis Abschluss

1. Anmeldung, Sicherheitsunterweisung, Rollen klären: Betreiber, Anlagenverantwortlicher, Schaltberechtigter, Elektrofachkraft, Sachverständiger, weitere Teilnehmer.
2. Wetter, Uhrzeit, Einstrahlung, Temperatur, Wind und Bewölkung protokollieren. Für Leistungs-/Thermografmessungen stabile Bedingungen verlangen und Grenzen benennen.
3. Aktuellen Anlagenzustand sichern: in Betrieb, Störung, teilweise abgeschaltet, abgeschaltet, Not-/Ersatzstrom, Speicherstatus, aktuelle Leistung, Zählwerte.
4. Uebersichtsfotos erstellen: Gebäude, Dachflächen, Technikraum, Wechselrichter, Zählerplatz, Kennzeichnungen, Zugangswege und sicherheitsrelevante Auffälligkeiten.
5. Anlagenidentifikation: Typenschilder, Seriennummernstichprobe, Wechselrichter/Firmware, Speicher, Datenlogger, Smart Meter, Steuertechnik und Modulanzahl dokumentieren.
6. AC-Seite prüfen: Zählerschrank, Verteiler, Schutzorgane, RCD, SPD, Leitungsführung, Beschriftung, Kühlung, Umgebungsbedingungen, Netzspannung und Ereignislogs.
7. DC-Seite prüfen: Stringzuordnung, Stecker, Kabel, Biegeradien, UV-/Witterungsbeständigkeit, Zugentlastung, GAK, DC-Schalter, SPD, Sicherungen und Wasser-/Korrosionsspuren.
8. Dach/Mechanik prüfen: Module, Klemmen, Dachhaken, Schienen, Ballast, Bautenschutz, Dachhaut, Hinterlüftung, Verschattung, Verschmutzung, Brandabstände, Blitzschutz.
9. Messungen stufenweise durchführen: zuerst nicht-invasiv, dann freigegebene Schalthandlungen, dann Offline-Messungen. Messbedingungen und Anlagenzustand je Messreihe festhalten.
10. Abschluss vor Ort: geöffnete Bereiche schließen, Schaltzustand dokumentieren, Betreiber über sicherheitskritische Befunde informieren, fehlende Unterlagen und Zusatzprüfungen festlegen.

### 5.2 Spezifischer Ablauf für diesen Begutachtungstyp

1. Gefahrenbereich zuerst absichern: Berührungsgefahr, Brand-/Wiederentzündungsgefahr, Absturzgefahr, Dachtragfähigkeit, Batterierisiko, Rauchgas-/Korrosionsrückstände.
2. Originalzustand lückenlos dokumentieren: Uebersicht, Mittelansicht, Detail, Typenschild, Schaltstellung, Geruch, Ruß, Schmelzrichtung, Wasserlauf, mechanische Verformung, Zählwerte.
3. Schaltzustand aufnehmen: AC-Schalter, DC-Trenner, Sicherungen, GAK, Wechselrichterdisplay, Speicherstatus, Notstromschalter, Netztrennung, Fehlermeldungen.
4. Schadenbereich abgrenzen: String, Modulreihe, GAK, Steckerpaar, Wechselrichter, Speicher, AC-Verteilung, Zählerschrank, Dachhaut, Brandabschnitt und Gebäudefölgeschaden.
5. Nicht-invasive Messungen priorisieren: Sicht, Spannung, Temperatur, Isolationsindikatoren, Logs. Bauteile erst nach Fotodokumentation und Freigabe entnehmen.
6. Bauteilentnahme beweissicher: Bauteilnummer, Ort, Ausrichtung, Foto vor Entnahme, Foto nach Entnahme, Verpackung, Siegel/Label, Entnehmer, Uhrzeit und Lagerort dokumentieren.
7. Bei Steckverbinderbrand: Paarung, Hersteller, Verriegelung, Crimp, Zugentlastung, Kabelquerschnitt, Feuchte, Wasserweg und thermische Ausbreitungsrichtung sichern.

- 8. Bei Blitz-/Ueberspannung: SPD-Anzeigen, Erdung, Potentialausgleich, Blitzschutzanlage, Kommunikationsschaeden, gleichzeitige Ausfaelle anderer Geraete und Ereigniszeitpunkt erfassen.
- 9. Bei mechanischem Schaden: Wind-/Schneelastzone, Rand-/Eckbereich, Ballast, Klemmen, Dachhaken, Auflager, Schienenverformung, Modulrahmen, Bruchbild und Fremdeinwirkung dokumentieren.
- 10. Am Ende: keine Wiederinbetriebnahme, Teilfreigabe oder Vollfreigabe aussprechen, ohne die dafuer erforderlichen Pruefungen und Verantwortlichkeiten exakt zu benennen.

### 5.3 Detailpruefung nach Anlagenbereichen

Bereich	Was ist konkret zu tun?	Typische Fehler / Hinweise
Technikraum / Wechselrichter	Typenschilder, Seriennummern, Firmware, Status, Fehlerspeicher, Kuehlung, Abstaende, Leitungsverschraubungen, SPD, Beschriftung, Kommunikationsverbindung pruefen.	Ueberhitzung, verstopfte Luefter, falsche Laendereinstellung, fehlende Beschriftung, nicht dokumentierte Abregelung, lose Leitungen.
AC-Verteilung / Zaehlerplatz	Schutzorgane, RCD, Leitungsschutz, Netzspannung, Drehfeld, Schleifen-/Netzimpeданz, Zaehlerichtung, Wandlerpfeile, plombierte Bereiche, TAB-Konformitaet pruefen.	Falsche Wandler, ungeeigneter RCD, fehlender SPD, Nutzung falscher Anschlussraeume, Netzspannungsabschaltung.
DC-Verkabelung	Stringlabels, Kabeltyp, Biegeradien, Zugentlastung, Scheuerstellen, UV-Bestaendigkeit, Tropfschleifen, GAK, Sicherungen, DC-Schalter, Steckverbindertypen pruefen.	Kabel auf Dachhaut, scharfe Kanten, gemischte Steckverbinder, unvollstaendig gesteckte Paare, Wasser, Korrosion, Tierversiss.
Module / Dach	Modulplan abgehen, Glas/Rahmen/Rueckseite/Anschlussdose, Klemmen, Dachhaken, Schienen, Ballast, Dachhaut, Verschattung, Verschmutzung und Wartungswege pruefen.	Gebrochene Ziegel, falsche Klemmbereiche, lose Klemmen, Delamination, Hotspots Spuren, Ballastverschiebung, Dachundichtigkeit.
Brandschutz / Blitzschutz	Brandabschnitte, Abschottungen, Leitungsfuehrung, Wechselrichter-/Speicheraufstellung, Feuerwehrkennzeichnung, Trennungsabstand, PA/SPD-Koordination pruefen.	DC-Leitungen durch Brandabschnitte ohne Konzept, unklare Abschaltung, Blitzschutzanlage beeintraechtigt, fehlende Kennzeichnung.
Speicher / EMS	Aufstellort, Abstaende, BMS-Status, Fehlerspeicher, Lade-/Entladefunktion, Not-/Ersatzstrom, Zaehler/Wandler, Schutzorgane, Herstellerkonzept pruefen.	Falsche CT-Richtung, unplausible Energiebilanz, Notstromrueckspeisung, unzureichende Belueftung, fehlende Notfallinfo.

### 5.4 Vor-Ort-Abschluss und Sofortkommunikation

- Alle geoeffneten Gehaeuse, Abdeckungen und Schaltgeraete ordnungsgemaess schliessen oder gesicherten Zustand herstellen lassen.
- Schaltzustand am Ende dokumentieren: welche Strings/Geraete in Betrieb, ausser Betrieb, provisorisch getrennt oder fuer Nachpruefung gesperrt sind.
- Sicherheitskritische Befunde sofort schriftlich oder zumindest protokolliert mitteilen. Keine gefaehrliche Anlage aus Hoeflichkeit wieder einschalten.
- Vorlaeufige Befunde klar als vorlaeufig kennzeichnen, wenn Messdaten, Labordaten, Herstellerantworten oder Dokumente noch fehlen.
- Offene Unterlagen, Zusatzpruefungen, Nachmessungen, Beweissicherungsschritte und Zustaendigkeiten festlegen.

## 6. Auswertung, Bewertung und erwartete Ergebnisse

### 6.1 Nachbereitung der Rohdaten

- Fotos sortieren, nummerieren und mit Anlagenplan, Modulnummer, String, MPPT oder Bauteil verknuepfen.
- Messwerte plausibilisieren: Messbereich, Kalibrierung, Temperatur-/Einstrahlungseinfluss, Vergleich zu Planwerten, Vergleich zu baugleichen Strings, Wiederholungsmessungen.
- Wechselrichter-/Monitoringlogs sichern, Zeitstempel und Zeitzone korrigieren, Datenluecken markieren und nur validierte Daten in Bewertungen verwenden.
- Unterlagen nachpflegen: spaeter eingegangene Dokumente mit Datum erfassen; Gutachtenversion eindeutig kennzeichnen.
- Bei offenen Ursachen Zusatzpruefung definieren: EL, Labor, Hersteller-RMA, Netzlogger, Dachoeffnung, Blitzschutzmessung, Statiknachweis oder Langzeitmonitoring.

## 6.2 Spezifische Auswertungsanweisungen

- Schadenbild chronologisch rekonstruieren: letzter Normalbetrieb, erster Fehler, Abschaltung, Ereignis, Eingriffe, Reparaturen, Gutachtertermin.
- Primaerschaden von Sekundarschaden trennen. Ein verschmorter Wechselrichter kann Ursache, Folge oder beides sein; entscheidend sind Spurenlage und Ereignislogik.
- Hypothesen bewerten: fuer jede Ursache positive Befunde, Gegenbefunde und noch offene Pruefungen dokumentieren. Keine Ursache durch Ausschluss behaupten, wenn mehrere Alternativen offen bleiben.
- Latente Schaeden beruecksichtigen: Module nach Hagel, Leitungen nach Brandhitze, Steckverbinder nach Wasser, Wechselrichter nach Ueberspannung, Speicher nach thermischem Ereignis.
- Wiederinbetriebnahmebedingungen eindeutig: betroffene Strings getrennt, Bauteile ersetzt, Isolationswerte bestanden, Schutzorgane geprueft, Thermografie/I-V unauffaellig, Dokumentation aktualisiert.
- Kosten-/Schadenumfang nur technisch begruenden: Reparatur, Austausch, Pruefung, Geruest, Demontage, Entsorgung, Ertragsausfall, Planungs-/Nachweiskosten und Nachpruefung separat ausweisen.

## 6.3 Maengel- und Risikoklassifikation

Klasse	Beispiele	Konsequenz
A - Gefahr / sofort	Blanker Leiter, verschmorter DC-Stecker, Lichtbogenspuren, Isolationsfehler, lose Module, offene aktive Teile, Batteriesicherheitsrisiko.	Betrieb sofort einschraenken/abschalten lassen, Gefahrenbereich sichern, Sofortvermerk, Elektrofachkraft/Errichter/Versicherer informieren.
B - wesentlicher Mangel	Falsche Stringauslegung, unzuhaessige Steckerkombination, fehlende Schutzorgane, Montage ausserhalb Herstellerfreigabe, erhebliche Minderleistung.	Mangelbeseitigung vor Abnahme oder weiterer Nutzung erforderlich; Nachweispruefung nach Reparatur festlegen.
C - dokumentarisch/technisch gering	Unvollstaendige Beschriftung, fehlende Seriennummernliste, unvollstaendige As-built-Doku, kleinere Kabelfuehrungsabweichung ohne unmittelbare Gefahr.	Nachbessern, nachdokumentieren, Frist setzen; Abnahme mit Vorbehalt ggf. technisch moeglich.
D - Beobachtung / kosmetisch	Leichte Verschmutzung, optische Montagespuren, unerhebliche Planabweichung ohne Sicherheits-, Funktions- oder Vertragseffekt.	Dokumentieren, beobachten, bei naechster Wartung beheben; in der Regel keine Abnahmeverweigerung aus technischer Sicht.

## 6.4 Erwartete Ergebnisse / Deliverables

- Sicherheitsstatus mit klarer Empfehlung: sofortige Stilllegung, Teilbetrieb, Reparatur vor Betrieb oder Betrieb nach bestandener Nachpruefung.
- Schadenkarte mit betroffenen Strings, Modulen, Geraeten, Dach-/Gebaeudebereichen und latent gefaehrdeten Bereichen.
- Beweismittelverzeichnis inklusive Fotos, Logs, Messwerten, entnommenen Bauteilen, Verpackung und Verwahrung.
- Ursachenbewertung mit Beweisgrad: sicher nachgewiesen, ueberwiegend wahrscheinlich, plausibel aber offen, moeglich, auszuschliessen.
- Reparatur-, Austausch- und Wiederinbetriebnahmeplan mit erforderlichen Pruefungen und Dokumenten.
- Bei Versicherungsbezug: technischer Schadenumfang, Folgeschaden, Ertragsausfallindikatoren und erforderliche Zusatzgutachten.

## 6.5 Kritische Warnsignale

Die folgenden Punkte sind nicht automatisch abschliessende Ursachen, muessen aber im Termin priorisiert, gesichert und technisch bewertet werden:

- Geruch, Ruß, Schmelzspuren oder Kupferperlen an DC-Steckverbindern oder Leitungen.
- Wasser in elektrischen Gehaeusen, GAK oder Steckverbindern, insbesondere in Verbindung mit Isolationsfehlern.
- Batteriespeicher mit Verformung, Geruch, Temperatur, Rauch, Fehlermeldung oder Ereignis im Insel-/Notstrombetrieb.
- Nach Hagel sichtbarer Glasbruch, weisse Rueckseitenfolienlinien, Hotspots oder starke Leistungsabweichung.
- Nach Sturm verschobene Modulreihen, geloeste Klemmen, verformte Schienen oder Ballastverlagerung.

- Reparatur wurde bereits begonnen, Bauteile wurden entsorgt oder Schaltstellungen veraendert: Beweiswert sofort als eingeschraenkt dokumentieren.

## 7. Umfang, Inhalt und Struktur der Stellungnahme / Bewertung / des Gutachtens

### 7.1 Mindestumfang einer belastbaren Stellungnahme

- Anlass, Auftrag, Beweisfragen und Pruefgrenzen.
- Kurze Anlagenbeschreibung und Unterlagenbasis.
- Wesentliche Befunde mit Foto-/Messnachweis.
- Sicherheitskritische Punkte und Sofortmassnahmen.
- Vorlaeufige technische Bewertung mit klarer Unsicherheitskennzeichnung.
- Weiterer Pruefbedarf und fehlende Unterlagen.

### 7.2 Struktur eines umfangreichen Gutachtens

- Deckblatt mit Objekt, Standort, Auftraggeber, Gutachter, Version, Datum, Zweckbindung und Vertraulichkeit.
- Auftrag und Beweisfragen: exakt wiedergeben, was beantwortet werden soll; nicht beauftragte Themen abgrenzen.
- Kurzfassung: Kernergebnisse, sicherheitskritische Punkte, wesentliche Ursachen, empfohlene Massnahmen, Abnahme-/Betriebsempfehlung.
- Anlagenbeschreibung: kWp/kVA, Module, Wechselrichter, Speicher, Dachflaechen, Netzanschluss, Messkonzept, Inbetriebnahme, Betreiber.
- Unterlagenbasis: Tabelle mit Dokument, Datum, Version, Aussteller, erhalten am, Plausibilitaet und Relevanz.
- Pruefumfang und Grenzen: Zugang, Wetter, Messbedingungen, geoeffnete/nicht geoeffnete Gehaeuse, Stichprobenumfang, fehlende Daten.
- Messmittel und Methoden: Typ, Seriennummer, Kalibrierung, Messunsicherheit, Messbedingungen, angewandte Verfahren.
- Befunde: nummeriert, verortet, mit Foto-/Messnachweis, Sollvorgabe, Istzustand, technischer Wirkung, Schwereklasse und Abhilfe.
- Bewertung und Ursache: Tatsachen, Regelabweichung, Wirkung, Ursache, Beweisgrad und Abgrenzung zu nicht belegbaren Vermutungen.
- Massnahmenplan: Sofortmassnahmen, kurzfristige Mangelbeseitigung, Nachweise, Nachpruefung, Monitoring, Labor-/Herstellerpruefung.
- Anlagen: Fotos, Thermografie, I-V-Kennlinien, Messwerttabellen, Plaene, Datenexporte, Kalibrierzertifikate und Quellenverzeichnis.

### 7.3 Befundtabelle - empfohlene Spalten

Spalte	Inhalt	Hinweis
Nr.	Fortlaufende Nummer, eindeutig referenzierbar.	Keine doppelten Nummern; Fotos und Anlagen darauf beziehen.
Ort / Bauteil	Dachflaeche, Modul, String, MPPT, GAK, Wechselrichter, Verteiler, Speicher.	So genau, dass der Befund wiedergefunden werden kann.
Befund	Objektive Beschreibung des Ist-Zustandes.	Keine Ursache in die Befundbeschreibung hineinmischen.
Nachweis	Foto, Messwert, Dokument, Logeintrag, Zeugenaussage, Bauteil.	Anlage/Fotonummer/Messdatei nennen.
Sollvorgabe	Vertrag, Plan, Herstelleranleitung, Norm, Netzbetreiber, Wartungspflicht.	Bei Normen keine langen Zitate; Fundstelle/Regelwerk benennen.

Spalte	Inhalt	Hinweis
Technische Wirkung	Sicherheit, Ertrag, Verfügbbarkeit, Lebensdauer, Dachfunktion, Brandschutz, Wartbarkeit.	Wirkung konkret und nicht pauschal formulieren.
Bewertung	Mangelklasse, Wesentlichkeit, Betriebsrisiko, Abnahme-/Freigaberelevanz.	Wesentliche Mängel begründen.
Ursache / Beweisgrad	Sicher, überwiegend wahrscheinlich, plausibel, offen, auszuschließen.	Keine unbelegten Verantwortungszuweisungen.
Massnahme	Sofortmassnahme, Reparatur, Austausch, Nachdokumentation, Nachprüfung.	Mess-/Fotodokumentation nach Mängelbeseitigung verlangen.

## 7.4 Formulierungsregeln

- Tatsachen und Bewertungen sprachlich trennen: "Es wurde festgestellt..." versus "Dies ist zu bewerten als..."
- Keine Ursache ohne Herleitung: Ursache stets mit Indizien, Gegenindizien und Beweisgrad angeben.
- Fehlende Prüfbarkeit offen nennen: fehlender Zugang, ungeeignetes Wetter, fehlende Logs, nicht geöffnete Gehäuse, nicht vorgelegte Dokumente.
- Sicherheitswarnungen klar und handlungsorientiert formulieren; keine Relativierung, wenn Gefahr im Verzug besteht.
- Abnahmeempfehlungen technisch formulieren und rechtliche Abnahmeerklärung den Vertragsparteien überlassen.

## 8. Vertiefte Prüfanweisungen nach Anlagenbereichen

Die folgenden Detailprüfungen sind als vertiefte Arbeitsanweisungen zu verstehen. Der konkrete Einsatz richtet sich nach Beweisfrage, Anlagenzugang, Sicherheitsfreigabe, Wetter und Prüftiefe.

### PV-Module - Sichtprüfung

- Modulglas auf Bruch, Muschelausbrüche, Einschlagpunkte, Kratzer mit technischer Relevanz, Randbeschädigungen und Delamination prüfen.
- Rahmen auf Verformung, offene Ecken, Korrosion, Kontaktkorrosion, Spannungsrisse und Spuren falscher Klemmung prüfen.
- Rückseitenfolie auf Kreidung, Risse, Blasen, Verfaerbung, Scheuerstellen, Durchstoss, thermische Spuren und Feuchtpfade prüfen.
- Anschlussdose auf festen Sitz, Risse, Wassereintritt, Verfaerbung, Zugentlastung und Kabelabgang prüfen.
- Modulreinigung nur als Prüfmassnahme dokumentiert durchführen; vor Reinigung Verschmutzungsbild beweissicher fotografieren.
- Bei Mikroriss-/Hagelverdacht EL-Prüfung oder Laborprüfung empfehlen; Sichtprüfung allein kann Mikrorisse nicht sicher ausschliessen.

### PV-Module - elektrische Bewertung

- Voc-Abweichung gegen Soll kann auf falsche Modulanzahl, Unterbrechung, Temperaturabweichung oder Zell-/Diodenproblem hinweisen; nie ohne Temperaturkorrektur bewerten.
- Isc-/Betriebsstrom-Abweichung gleicher Strings deutet auf Verschattung, Verschmutzung, Mismatch, Kontaktwiderstand oder Moduldegradation hin.
- Thermische Auffälligkeit eines Zellbereichs ist mit Strom-/Spannungsmessung, I-V-Kurve und Modulplan zu korrelieren.
- Defekte Bypassdioden zeigen häufig Substring-Muster in Thermografie oder Stufen in der I-V-Kennlinie.
- Leistungsminderungen unter Herstellergarantie erfordern meist normnahe Messbedingungen, Flash-/Seriennummernbezug und ggf. akkreditierte Laborprüfung.

### DC-Steckverbinder und Kabel

- Steckverbinder nur spannungs-/stromlos und nach Herstellerangaben trennen. Vor Trennung immer Paarung, Verriegelung, Lage, Zug, Wasserweg und Verfaerbung fotografieren.
- Hersteller- und Typgleichheit pruefen. Unterschiedliche Steckverbinder koennen trotz mechanischer Passung elektrisch/thermisch unzuellaessig sein.
- Crimpstelle nur bei Freigabe oeffnen; Querschnitt, Litzenbruch, Crimphoehe, Kontaktverfaerbung und Zugentlastung dokumentieren.
- Kabel muessen UV-/witterungsgesegnet, mechanisch geschuetzt, zugentlastet, nicht auf scharfen Kanten und nicht dauerhaft im Wasserlauf liegen.
- Biegeradien und Schleifen so pruefen, dass thermische Laengenaenderung, Schnee-/Windbewegung und Wartungsarbeiten beruecksichtigt werden.
- Bei Tierversbiss oder Scheuerstelle: Isolation, Leiter, Umgebung, Ursache und Ausbreitung dokumentieren; betroffenen String bis Klärung nicht weiterbetreiben.

## Generatoranschlusskasten / DC-Schutz

- GAK auf Schutzart, Kondensat, Wasser, Korrosion, Klemmenerwaermung, Sicherungszustand, SPD-Anzeige und nachvollziehbare Stringkennzeichnung pruefen.
- DC-Sicherungen auf Bemessung, Polaritaet, Betriebsspannung, Strom, Herstellerfreigabe und korrekte Einbaulage pruefen.
- DC-Lasttrennschalter nur bestimmungsgemaess bedienen; Schaltvermoegen und Bemessung fuer PV-DC pruefen.
- SPD-Koordination DC/AC und Anbindung an Potentialausgleich/Erdung beurteilen; Leitungslaengen und Schleifenbildung beachten.
- Klemmen nur mit geeigneter Elektrofachkraft und nach Sicherheitsfreigabe nachziehen oder oeffnen; vorher Zustand dokumentieren.

## Wechselrichter / Leistungselektronik

- Auslegung pruefen: maximale DC-Spannung, MPP-Spannungsbereich, Eingangsstrom, Anzahl Strings je MPPT, DC/AC-Verhaeltnis und Herstellergerenzen.
- Betriebsbedingungen pruefen: Temperatur, Belueftung, Mindestabstaende, direkte Sonne, Staub, Feuchte, aggressive Umgebung und Montagehoehe.
- Parameter pruefen: Land-/Netzcode, Blindleistungskennlinie, Wirkleistungsbegrenzung, Nulleinspeisung, Einspeisemanagement, Firmware und Uhrzeit.
- Fehlerlogs immer exportieren, bevor Parameter geaendert oder Geraete neu gestartet werden.
- Bei Austauschgeraeten: Seriennummern, Firmware, Parametrierung, Garantiedatum und Datenkontinuitaet dokumentieren.

## AC-Anschluss / Zaehlung / Netz

- Zaehlerschrank auf TAB-/VDE-AR-N-4100-Kompatibilitaet, Raumaufteilung, Kennzeichnung, Schutz gegen elektrischen Schlag und plombierte Bereiche pruefen.
- Schutzorgane mit Leitungsquerschnitt, Verlegeart, Selektivitaet und Wechselrichterherstellerangaben abgleichen.
- RCD-Typ nur nach Herstellerangaben und Anlagenkonzept bewerten; falscher RCD kann Schutz- oder Verfuegbarkeitsproblem sein.
- Wandlerpfeile, Uebersetzungsverhaeltnis, Phasenzuordnung und Energiemanager-Parametrierung pruefen; Fehler fuehren zu falscher Eigenverbrauchs-/Nulleinspeiselogik.
- Bei Netzspannungsproblemen: Spannung am Wechselrichter und Netzanschlusspunkt, Leitungslaenge, Einspeiseleistung, Phasen, Ereignislogs und ggf. Netzbetreiberdaten vergleichen.

## Unterkonstruktion / Dach

- Montagesystem mit Herstelleranleitung und Statik/Ballastplan vergleichen: Hakenanzahl, Schienenabstaende, Klemmbereiche, Randzonen, Dachneigung, Wind-/Schneelast.
- Dachhaken duerfen Dachdeckung nicht unzuellaessig belasten; Bruch, Pressung, fehlender Abstand und falsche Sparrenbefestigung dokumentieren.

- Flachdach-Ballastierung: Ballastmenge, Lage, Bautenschutzmatte, Reibbeiwerte, Wasserablauf, Windsogzonen, Verschiebungsspuren und Dachabdichtung prüfen.
- Dachdurchdringungen, Kabeldurchführungen und Befestigungen auf Dichtigkeit, Materialverträglichkeit und Wartbarkeit prüfen.
- Bei unklarem Dachzustand keine ursachensichere Bewertung ohne Dachdecker-/Statikfachkunde abgeben.

## Brandschutz / Feuerwehr / Blitzschutz

- DC-Leitungsführung im Gebäude minimieren und dokumentieren; Durchdringungen von Brandabschnitten, notwendige Flure/Treppenneuräume und Abschottungen prüfen.
- Wechselrichter und Speicher nicht in ungeeigneten Rettungswegen, feuchten oder thermisch unzulässigen Bereichen bewerten, ohne Brandschutzkonzept zu prüfen.
- Feuerwehrenezeichnung, Anlagenübersicht, Abschalt-/Trennstellen und Restspannungsrisiko nachvollziehbar dokumentieren.
- Blitzschutz: vorhandene Anlage darf durch PV nicht beeinträchtigt werden; Trennungsabstand, Fangstangen, Ableitungen, Potentialausgleich und SPD-Koordination prüfen.
- Bei Sonderbauten, Indach/BIPV, Fassade, Carport/Überkopf oder grosser Speicheranlage stets objektbezogene bau- und brandschutzrechtliche Prüfung verlangen.

## 9. Spezifische Entscheidungs- und Ursachenmatrizen

Diese Matrix dient der strukturierten Bewertung. Sie ersetzt nicht die Einzelfallwürdigung, verhindert aber, dass Befunde vorschnell einer Ursache oder Rechtsfolge zugeordnet werden.

### Entscheidungsmatrix fuer Schadenursachen

Signal / Befund	Moegliche Ursache	Pruefansatz	Bewertungslogik	Erwarteter Nachweis
Lokaler Steckverbinderbrand	Schlechter Kontakt, Crimpfehler, Herstellermix, Wassereintritt, Lasttrennung	Spurenrichtung, Kontaktbild, Hersteller/Typ, Crimp, Zugentlastung, Stringstrom, Thermografie anderer Stecker	Primärschaden moeglich, wenn lokale Entstehung belegbar	Bauteilsicherung und Ursachenbericht
Wechselrichter tot nach Gewitter	Ueberspannung/Blitz, Netzereignis, interner Defekt	SPD, Erdung, Blitzdaten, Logs, andere Geraeteschaeden, Herstellerdiagnose	Ueberspannung nur bei Indizienkette; nicht allein wegen Gewitter behaupten	Ereignis-/Spurenvergleich
Glasbruch nach Sturm/Hagel	Hagel, mechanische Spannung, Montagefehler, Fremdeinwirkung	Wetterdaten, Einschlagbild, Bruchmuster, Modulposition, Klemmbereich, EL/I-V	Flaechen-/Chargenabgrenzung erforderlich	Schadenkarte und Reparaturempfehlung
Wiederkehrender Isolationsfehler bei Regen	Wassereintritt, Kabelschaden, GAK/Stecker undicht, Modulrueckseitenfehler	Riso-Verlauf, Feuchte, Sicht, Segmentmessung, GAK/Stecker, Kabelwege	Betriebsrisiko bis Ursache behoben	Teilabschaltung und Mess-/Reparaturplan
Verrutschte Flachdachanlage	Unzureichende Ballastierung, Reibwert, Sturm, Montagefehler	Ballastplan, Windzone, Randlage, Bautenschutz, Verschiebungsspuren, Statik	Wesentlich, ggf. Gefahr bei Wiederholung	Statik-/Montagenachweis und Sicherung

### 9.1 Ursachenbewertung - Beweisgrad

Beweisgrad	Wann verwenden?	Nicht verwenden, wenn...
Technisch sicher nachgewiesen	Messwerte, Spurenlage und Dokumente fuehren eindeutig zur Ursache; Gegenhypothesen sind belastbar ausgeschlossen.	wesentliche Messungen fehlen oder mehrere Ursachen gleich plausibel sind.
Ueberwiegend wahrscheinlich	Mehrere unabhaeugige Indizien sprechen fuer eine Ursache; Gegenindizien sind schwach oder erklarbar.	die Ursache nur aus Erfahrung oder Bauchgefuehl angenommen wird.
Plausibel, aber offen	Die Ursache passt zum Schadenbild, aber ein notwendiger Nachweis fehlt oder wurde durch Veraenderungen erschwert.	das Gutachten eine klare Schuld-/Haftungszuordnung suggeriert.

Beweisgrad	Wann verwenden?	Nicht verwenden, wenn...
Moeglich	Die Ursache kann nicht ausgeschlossen werden, es gibt aber keine ausreichende positive Indizienkette.	der Leser daraus eine wahrscheinliche Ursache ableiten koennte.
Auszuschliessen	Die fuer diese Ursache notwendigen Befunde fehlen oder sind mit Mess-/Spurenlage unvereinbar.	nur keine Daten vorliegen; fehlende Daten sind kein Ausschluss.

## 10. Qualitaetskontrolle, Plausibilitaet und Musterformulierungen

### 10.1 Interne Plausibilitaetskontrolle vor Abgabe

- Stimmen alle Befundnummern in Text, Tabelle, Fotos, Messwerten und Anlagen ueberein?
- Ist jede technische Bewertung mit mindestens einem belastbaren Nachweis verknuepft?
- Sind Messbedingungen, Messmittel und Messunsicherheiten ausreichend dokumentiert?
- Sind fehlende Unterlagen und nicht gepruefte Bereiche klar als Grenzen der Aussage genannt?
- Wurden Vertragsoll, Normanforderung, Herstellerangabe und Ist-Zustand nicht vermischt?
- Sind sicherheitskritische Befunde sofort und eindeutig adressiert?
- Sind Ursachen mit Beweisgrad formuliert und Gegenhypothesen angemessen behandelt?
- Sind Abhilfemassnahmen so konkret, dass eine Nachpruefung moeglich ist?
- Ist die Abnahme-/Betriebsempfehlung technisch begruendet und rechtlich nicht ueberdehnt?
- Sind Quellen-/Normenstand, Arbeitsstand und Versionsstand des Gutachtens erkennbar?

### 10.2 Musterformulierungen fuer diesen Begutachtungstyp

- Die unmittelbare Schadenursache ist ...; als Grundursache kommt ... mit folgendem Beweisgrad in Betracht: ...
- Eine Wiederinbetriebnahme ist aus technischer Sicht erst nach ... und bestandener ... zu vertreten.
- Die Spurenlage wurde durch ... veraendert; dadurch ist die Ursachenbewertung in folgendem Umfang eingeschaenkt: ...
- Die entnommenen Bauteile wurden unter den Nummern ... gesichert und sollten bis zum Abschluss der Ursachenpruefung nicht entsorgt werden.

### 10.3 Typische Fehler in schlechten PV-Gutachten - vermeiden

- Pauschale Aussagen wie "nicht VDE-konform" ohne konkrete Regel, Bauteil, Wirkung und Nachweis.
- Ursachenbehauptungen ohne Spuren-/Messkette, insbesondere bei Brand, Blitz, Minderleistung und Dachundichtigkeit.
- Abnahmeempfehlungen ohne Trennung von wesentlichem Mangel, Restleistung und Dokumentationsluecke.
- Minderleistungsbewertung ohne Wetterbereinigung, Datenqualitaetspruefung und Abregelungsanalyse.
- Thermografiebilder ohne Einstrahlung, Lastzustand, RGB-Referenz, Modulplanbezug und elektrische Korrelation.
- I-V-Kennlinien ohne Sensorik, Temperatur-/Einstrahlungsangabe, Rohdaten und Messbedingungen.
- Nicht dokumentierte Schalthandlungen oder veraenderte Beweismittel im Schadenfall.
- Uebernahme von Errichterangaben ohne Plausibilisierung am realen Ist-Zustand.

## 11. Arbeitsvorlagen und Checklisten

### 8.1 Tagesordnung Ortstermin

1. Begrueessung, Teilnehmer, Rollen, Vollmachten, Schaltberechtigung.
2. Sicherheitsunterweisung und Dach-/Elektro-/Speicherrisiken.
3. Abgleich Auftrag, Beweisfragen, Pruefgrenzen und Nichtpruefbares.

4. Sichtung der vor Ort vorhandenen Dokumente und Plaene.
5. Anlagenidentifikation und Uebersichtsfotografie.
6. Pruefung Technikraum/AC, danach DC, danach Dach/Mechanik und Sonderbereiche.
7. Messungen gemaess Pruefplan und Freigabe.
8. Vorlaeufige Befundliste, Sicherheitswarnungen, offene Punkte, Nachweise.
9. Endzustand/Schaltzustand und Abschlussprotokoll.

## 8.2 Mindest-Fotodokumentation

- Gebaeude und Dachflaechen aus mehreren Richtungen.
- Jede Modulreihe, Rand-/Eckbereiche, Wartungswege, Brandwaende, Dachaufbauten und Verschattung.
- Dachhaken, Schienen, Klemmen, Ballast, Bautenschutz, Dachziegel/Dachhaut, Dachdurchdringungen.
- DC-Kabel, Stecker, GAK, DC-Trennschalter, SPD, Stringlabels und auffaellige Kabelwege.
- Wechselrichter, Typenschilder, Display/Status, Fehlermeldungen, Leitungsverschraubungen, Kuehlung.
- Zaehlerschrank, Schutzorgane, RCD, SPD, Zaehlernummern, Wandler, Energiemanager, Steuertechnik.
- Speicher, Aufstellort, Abstaende, Warnhinweise, BMS-/Displaystatus und Not-/Ersatzstromkomponenten.
- Jeder Mangel: Uebersicht, Detail, Massstab/Orientierung, ggf. nach Oeffnen oder Demontage.

## 8.3 Mindest-Messwerttabelle

Messblock	Pflichtangaben	Bewertungsnotiz
String Voc/Isc/Betriebsstrom	String-ID, MPPT, Modulanzahl, Uhrzeit, Einstrahlung, Temperatur, Messgeraet, Schaltzustand.	Mit Sollwert und baugleichen Strings vergleichen; Temperatur/Einstrahlung beruecksichtigen.
Isolationsmessung	String/Feld, Pruefspannung, Messwert, Grenzwert/Bewertung, Wetter/Feuchte, Vorbedingungen.	Feuchte-/Wassereinfluss dokumentieren; bei Fehlern nicht weiterbetreiben ohne Bewertung.
Potentialausgleich/PE	Messpunkte, Messstrom/Verfahren, Widerstand, Verbindungspfad, Sichtbefund.	Mechanische und elektrische Durchgaengigkeit zusammen bewerten.
AC-Pruefung	Netzspannung, Schleifen-/Netzimpedanz, RCD, Drehfeld, Schutzorgan, Zaehl-/Wandlerdaten.	Netzbetreiber-/TAB- und Wechselrichteranforderungen beruecksichtigen.
Thermografie	IR-/RGB-Foto, Emissionsannahme, Winkel, Abstand, Einstrahlung, Lastzustand, Temperaturdifferenz.	Nicht isoliert bewerten; mit elektrischen Messwerten und Modulplan korrelieren.
I-V-Kennlinie	String/Modul, Einstrahlung, Zell-/Modultemperatur, Messzeit, Rohdaten, STC-Umrechnung, Sollkurve.	Kennlinienform interpretieren; Messunsicherheit und Wetterstabilitaet angeben.

## 8.4 Nachweise nach Nachbesserung / Reparatur

- Fotodokumentation vor, waehrend und nach Nachbesserung.
- Aktualisierte As-built-Plaene, Stringplan, Schaltplan und Komponentenliste.
- Messprotokoll der betroffenen Bereiche, mindestens Isolation, Polaritaet, Voc/Stringstrom und Funktionstest.
- Bei DC-/Kontakt-/Hotspot-Befunden: Thermografie und ggf. I-V-Kennlinie nach Reparatur.
- Bei AC-Eingriffen: Nachweis der betroffenen AC-Schutzmassnahmen und Netz-/Zaehlfunktion.
- Bei Dach-/Mechanikbefunden: Dachdecker-/Statik-/Montagesystemnachweis, ggf. Dichtigkeitsnachweis.
- Bei Speicher/Ersatzstrom: Funktions- und Sicherheitsnachweis der Betriebsarten und Umschaltung.
- Nachpruefvermerk des Sachverstaendigen oder der Elektrofachkraft mit Datum und eindeutiger Bezugnahme auf die Mangelnummern.

## 8.5 Quellen- und Normenverzeichnis (Auszug, Arbeitsstand 11.06.2026)

Die Liste dient als Recherche- und Plausibilitätsbasis. Für verbindliche Bewertungen sind die Volltexte, nationalen Umsetzungen, Vertragsfassungen und Netzbetreiberbedingungen projektbezogen zu prüfen.

DIN/DKE/VDE - E DIN EN IEC 62446-1 VDE 0126-23-1:2026-01

<https://www.dke.de/de/normen-standards/dokument?id=7228212&type=dke%7Cdokument>

DIN - DIN EN 62446-1 VDE 0126-23-1:2019-04 als Such-/Normeintrag

<https://www.din.de/de/meta/suche/62730%21search?query=inbetriebnahme-pr%C3%BCfung>

DKE - DIN EN IEC 62446-2 VDE 0126-23-2:2021-08

<https://www.dke.de/de/normen-standards/dokument?id=7158730&type=dke%7Cdokument>

IEC - IEC 61724-1:2021 Photovoltaic system performance

<https://webstore.iec.ch/en/publication/65561>

IEC - IEC 60904-1:2020 I-V characteristics

<https://webstore.iec.ch/en/publication/32004>

IEC - IEC 60891:2021 I-V temperature/irradiance correction

<https://webstore.iec.ch/en/publication/61766>

DKE - DIN VDE 0100-600 VDE 0100-600:2017-06

<https://www.dke.de/de/normen-standards/dokument?id=7089969&type=dke%7Cdokument>

DKE - DIN VDE 0100-712 VDE 0100-712:2016-10

<https://www.dke.de/de/normen-standards/dokument?id=7080146&type=dke%7Cdokument>

VDE FNN - TAR Niederspannung VDE-AR-N 4100:2026-04

<https://www.vde.com/tar-niederspannung>

VDE FNN - TAR Erzeugungsanlagen VDE-AR-N 4105:2026-03

<https://www.vde.com/vde-ar-n-4105-2018>

VDE Verlag - VDE-AR-E 2510-2:2021-02 stationäre Energiespeicher

<https://vde-verlag.de/p/normen/vde-ar-e-2510-2-vde-ar-e-2510-2-anwendungsregel-2021-02/0500195-DE-PR>

Bundesnetzagentur / MaStR

<https://www.marktstammdatenregister.de/>

DGUV Vorschrift 3

<https://publikationen.dguv.de/widgets/pdf/download/article/1052>

BAuA - TRBS 1201 Stand März 2019, geändert 05.11.2025

<https://www.baua.de/DE/Angebote/Regelwerk/TRBS/TRBS-1201>

BGB § 640 Abnahme

[https://www.gesetze-im-internet.de/bgb/\\_640.html](https://www.gesetze-im-internet.de/bgb/_640.html)

VOB/B § 12 Abnahme

<https://dejure.org/gesetze/VOB-B/12.html>

VOB/B § 13 Mängelansprüche

<https://dejure.org/gesetze/VOB-B/13.html>

DIN Media - DIN 18382:2023-09 ATV Elektro-, Sicherheits- und Informationstechnische Anlagen

<https://www.dinmedia.de/de/norm/din-18382/369879442>

VdS 3145:2025-06 Photovoltaikanlagen

<https://shop.vds.de/download/vds-3145>

DIBt - bauaufsichtliche Bestimmungen für PV-Module

<https://www.dibt.de/de/aktuelles/meldungen/nachricht-detail/meldung/aktualisiert-welche-bauaufsichtlichen-bestimmungen-gelten-fuer-photovoltaik-module-pv-module>

VDE - Blitzschutz von Photovoltaik-Anlagen

<https://www.vde.com/blitzschutz-pv-anlagen>

DKE - Blitzschutznormen DIN EN 62305

<https://www.dke.de/blitzschutznormen>

IECEE - IEC 61215-1:2021 PV module design qualification

<https://www.iecee.org/certification/iec-standards/iec-61215-12021>