

PHOTOVOLTAIK-GUTACHTEN

Begutachtung Photovoltaikanlage bei vermuteten Maengeln

Super detaillierter Ablaufplan fuer technische Mangelpruefung, Soll-Ist-Abgleich, Sicherheitsbewertung, Dokumentenpruefung und Gutachtenstruktur

| 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 dieser Begutachtung ist die belastbare Feststellung, ob die Photovoltaikanlage technische, dokumentarische, bauliche, elektrotechnische, brandschutzbezogene oder vertragliche Maengel aufweist.

Der Ablauf trennt konsequent zwischen Tatsache, Sollvorgabe, Abweichung, technischer Wirkung, Ursache, Verantwortungsindikator und Abhilfemassnahme. Eine bloss optische Beanstandung wird nicht mit einem technischen Mangel gleichgesetzt.

Das Ergebnis muss fuer Betreiber, Errichter, Versicherer, Rechtsvertretung oder Gericht nachvollziehbar sein: jeder Befund erhaelt Ort, Foto-/Messnachweis, Schwereklasse, Norm-/Vertragsbezug und konkrete Nachweis- oder Nachbesserungsanforderung.

1.1 Typische Beweisfragen

- Welche konkreten Maengel liegen vor und an welchem Bauteil bzw. Anlagenbereich befinden sie sich?
- Weicht der Ist-Zustand von Vertrag, Herstelleranleitung, Planungsunterlage, anerkannten Regeln der Technik oder sicherheitsrelevanten Mindestanforderungen ab?
- Sind die Maengel sicherheitskritisch, wesentlich, dokumentarisch oder geringfuegig?
- Ist der Betrieb bis zur Nachbesserung vertretbar, einzuschraenken oder einzustellen?
- Welche Ursache ist technisch belegbar: Planung, Material, Montage, Betrieb, Wartung, Fremdeinwirkung, Alterung oder fehlende Dokumentation?
- Welche Unterlagen und Nachpruefungen sind nach Mangelbeseitigung erforderlich?

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; Entwerfe 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, Eigentuemer, 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 _{min} , 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 |
|----------------------------------|---|---|
| Mangelhistorie | Mangelanzeigen, Fotos/Videos, Schriftverkehr, Fristsetzungen, Nachbesserungsangebote, Protokolle von Ortsterminen. | Abgrenzung behaupteter Mängel von neu festgestellten Mängeln; zeitliche Entwicklung; Beweissicherung; Anerkenntnisse oder bestrittene Punkte. |
| Bauphasendokumentation | Fotos von Unterkonstruktion, Kabelwegen, Dachdurchdringungen, Anschlussarbeiten, Prüf-/Inbetriebnahmesituation. | Verdeckte Ausführung, Kabelwege unter Modulen, Dachhakenlage, Crimp-/Stecker montage, Abweichungen von As-built. |
| Hersteller-/Servicekommunikation | Tickets, RMA-Fälle, Wechselrichterdiagnosen, Modulherstellerantworten, Firmwarehinweise, Rückruf-/Serviceinformationen. | Bekannte Produkt- oder Serienfehler, Montagevorgaben, Garantieausschlüsse, empfohlene Prüfmethoden. |

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 prüfen: 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 Feuerwehrenezeichnung.
- 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 Ausfuhrungsmangel, kann aber Abnahme, Sicherheit und Wartbarkeit wesentlich beeintraehtigen.
- Mangelruegen in einzelne technische Befundhypothesen zerlegen: z. B. Dachundichtigkeit, Minderleistung, lose Module, fehlende Beschriftung, fehlerhafte Steckverbinder, falsche Stringbelegung.
- Fuer jede Hypothese vorab definieren, welche Belege sie bestaetigen oder entkraefen koennen: Foto, Messwert, Herstelleranleitung, Schaltplan, Monitoringlog, Zeugenaussage oder Bauteiluntersuchung.
- Unterscheiden, ob ein Dokument fehlt oder ob das dokumentierte Konzept falsch ist. Ein fehlender Stringplan ist ein Dokumentationsmangel; eine tatsaechlich falsche Stringverschaltung ist ein Ausfuhrungsmangel.
- Pruefen, ob Maengel bereits bei Abnahme erkennbar waren, nachtraeglich entstanden oder durch Betrieb/Wartung beeinflusst wurden. Bewertungszeitpunkt im Gutachten klar markieren.
- Bei Dach-/Baufehlern festlegen, ob Dachdecker, Statiker, Blitzschutzfachkraft oder Brandschutzsachverstaendiger als Zusatzfachkunde benoetigt wird.
- Bei Verdacht auf unzuessaessige Steckverbinder-/Kabelkombinationen Herstellerdatenblaetter vor Ort verfuegbar halten und nur freigegebene Trenn-/Oeffnungsschritte planen.

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 Wiedereinschaltung 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/nahe 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.
- Drehmomentschluesel, Messschieber, Laserentfernungsmesser, Neigungs-/Azimutmessgeraet, Endoskop, Feuchtemessgeraet und Markierungsmaterial.
- PSA gegen Absturz, Helm, Handschuhe, Augenschutz, geeignetes Leiter-/Geruest-/Hubarbeitsbuehnenkonzept, Absperrmaterial, Lockout/Tagout.
- Alle Messmittel: Typ, Seriennummer, Kalibrierdatum, Messbereich, Messunsicherheit, verwendete Adapter/Sensoren und Einsatzbedingungen dokumentieren.

4.4 Besondere Mess-/Pruefmittel fuer diesen Auftrag

- Basispruefung je auffaelligem String: Polaritaet, Leerlaufspannung, Betriebsstrom bei definierter Einstrahlung, Isolationswiderstand gegen Erde und Vergleich mit baugleichen Strings.
- I-V-Kennlinienmessung bei Verdacht auf falsche Verschaltung, Mismatch, defekte Module, Serienwiderstand, Bypassdiodenfehler oder verschattungsbedingte Maengel.
- Thermografie im Betriebszustand bei ausreichender Einstrahlung fuer Hotspots, Diodenfehler, Kontaktprobleme, GAK-/Sicherungserwaermung und inaktive Modulbereiche.
- Drehmoment- oder Oeffnungspruefungen nur stichprobenartig, herstellerekonform und nach Freigabe; bei Gewaehrleistungs-/Beweisfragen vorher festlegen, wer anwesend ist.

- Bei verdeckten Maengeln: Drohne/RGB, IR, Endoskop, EL-Pruefung oder Demontage einzelner Module als Zusatzpruefung definieren, aber nicht ohne Eingriffsfreigabe durchfuehren.

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

5. Vor-Ort-Termin - detaillierter Ablauf

5.1 Standard-Ablauf von Ankunft bis Abschluss

1. Anmeldung, Sicherheitsunterweisung, Rollen klaeren: Betreiber, Anlagenverantwortlicher, Schaltberechtigter, Elektrofachkraft, Sachverstaendiger, weitere Teilnehmer.
2. Wetter, Uhrzeit, Einstrahlung, Temperatur, Wind und Bewoelkung protokollieren. Fuer Leistungs-/Thermografiemessungen stabile Bedingungen verlangen und Grenzen benennen.
3. Aktuellen Anlagenzustand sichern: in Betrieb, Stoerung, teilweise abgeschaltet, abgeschaltet, Not-/Ersatzstrom, Speicherstatus, aktuelle Leistung, Zaehlwerte.
4. Uebersichtsfotos erstellen: Gebaeude, Dachflaechen, Technikraum, Wechselrichter, Zaehlerplatz, Kennzeichnungen, Zugangswege und sicherheitsrelevante Auffaelligkeiten.
5. Anlagenidentifikation: Typenschilder, Seriennummernstichprobe, Wechselrichter/Firmware, Speicher, Datenlogger, Smart Meter, Steuertechnik und Modulanzahl dokumentieren.
6. AC-Seite pruefen: Zaehlerschrank, Verteiler, Schutzorgane, RCD, SPD, Leitungsfuehrung, Beschriftung, Kuehlung, Umgebungsbedingungen, Netzspannung und Ereignislogs.
7. DC-Seite pruefen: Stringzuordnung, Stecker, Kabel, Biegeradien, UV-/Witterungsbestaendigkeit, Zuentlastung, GAK, DC-Schalter, SPD, Sicherungen und Wasser-/Korrosionsspuren.
8. Dach/Mechanik pruefen: Module, Klemmen, Dachhaken, Schienen, Ballast, Bautenschutz, Dachhaut, Hinterlueftung, Verschattung, Verschmutzung, Brandabstaende, Blitzschutz.
9. Messungen stufenweise durchfuehren: zuerst nicht-invasiv, dann freigegebene Schalthandlungen, dann Offline-Messungen. Messbedingungen und Anlagenzustand je Messreihe festhalten.
10. Abschluss vor Ort: geoeffnete Bereiche schliessen, Schaltzustand dokumentieren, Betreiber ueber sicherheitskritische Befunde informieren, fehlende Unterlagen und Zusatzpruefungen festlegen.

5.2 Spezifischer Ablauf fuer diesen Begutachtungstyp

1. Mangel-Lageplan anlegen: Dachflaeche, Modulreihe, Modulnummer, String, MPPT, GAK, Wechselrichter, Verteiler, Zaehlerplatz und Dachbereich eindeutig nummerieren.
2. Jeden behaupteten Mangel zuerst fotografisch im Originalzustand sichern, danach erst messen, oeffnen, reinigen oder demontieren. Keine Beweise durch vorzeitige Nacharbeit zerst hoeren.
3. Soll-Ist-Abgleich realer Komponenten: Modulanzahl und Typ, Wechselrichter, Speicher, Unterkonstruktion, Schutzorgane, Kabel, Stecker, Datenlogger und Zaehler mit Dokumenten vergleichen.
4. Mechanische Stichproben: Klemmbereiche, Klemmenlage, sichtbare Drehmomentspuren, Schienenstoesse, Dachhakenposition, Dachziegelbruch, Ballastverschiebung, Korrosionsspuren und Bautenschutz pruefen.
5. Elektrische Stichproben: Stringpolaritaet, Voc, Betriebsstromvergleich, Isolationsmessung, Potentialausgleich, AC-Schutzmassnahmen und SPD-Zustand pruefen, wenn sicher und freigegeben.
6. Beschriftung und Dokumentation vor Ort: Warnhinweise, DC-Leitungskennzeichnung, Stringlabels, Schaltplan am Wechselrichter, Feuerwehrrhinweis, Abschaltanweisung und Betreiberunterlagen pruefen.
7. Bei Auffaelligkeit an DC-Steckern: Kontaktstelle nicht unter Last trennen; vor Oeffnen Zustand, Hersteller, Paarung, Verriegelung, Zuentlastung, Wasserweg und Verfaerbung dokumentieren.
8. Bei Dachundichtigkeit: Innenraumspuren, Feuchte, Wasserlauf, Dachdurchdringungen und zeitliche Korrelation aufnehmen; PV-Montage nur als Ursache benennen, wenn der Dachbefund dies traegt.

5.3 Detailpruefung nach Anlagenbereichen

| Bereich | Was ist konkret zu tun? | Typische Fehler / Hinweise |
|------------------------------|--|--|
| Technikraum / Wechselrichter | Typenschilder, Seriennummern, Firmware, Status, Fehlerspeicher, Kuehlung, Abstaende, Leitungsverraubungen, 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-/Netzimpedanz, Zaehlerichtung, Wandlerpeile, 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, Tierverbiss. |
| 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, Hotspotsuren, Ballastverschiebung, Dachundichtigkeit. |
| Brandschutz / Blitzschutz | Brandabschnitte, Abschottungen, Leitungsfuehrung, Wechselrichter-/Speicheraufstellung, Feuerwehrekennzeichnung, Trennungsabstand, PA/SPD-Koordination pruefen. | DC-Leitungen durch Brandabschnitte ohne Konzept, unklare Abschaltung, Blitzschutzanlage beeintraehtigt, fehlende Kennzeichnung. |
| Speicher / EMS | Aufstellort, Abstaende, BMS-Status, Fehlerspeicher, Lade-/Entladefunktion, Not-/Ersatzstrom, Zaehler/Wandler, Schutzorgane, Herstellerkonzept pruefen. | Falsche CT-Richtung, unplaesible 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

- Befunde in einer Maengelmatrix nummerieren. Jede Zeile enthaelt Ort, Foto, Soll, Ist, Bewertung, Sicherheitsrelevanz, Ursache, Abhilfe, Prioritaet und Nachpruefpflicht.
- Wesentliche von unwesentlichen Maengeln technisch begruenden: Sicherheit, Funktion, Ertrag, Lebensdauer, Dachfunktion, Brandschutz, Wartbarkeit, Dokumentationspflicht und Vertragsrelevanz.
- Scheinmaengel ausscheiden: Abweichungen ohne technische oder vertragliche Relevanz als Beobachtung dokumentieren, aber nicht als Mangel dramatisieren.

- Nicht belegbare Ursachen als offen kennzeichnen. Formulierungen wie "vermutlich Montagefehler" nur verwenden, wenn objektive Indizien genannt werden.
- Nachbesserungsumfang so formulieren, dass er pruefbar ist: welche Komponente, welche Methode, welcher Nachweis, welche Messung, welche Frist und welche Dokumentation danach erforderlich ist.

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 einschaerken/abschalten lassen, Gefahrenbereich sichern, Sofortvermerk, Elektrofachkraft/Errichter/Versicherer informieren. |
| B - wesentlicher Mangel | Falsche Stringauslegung, unzuessaessige 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

- Vollstaendige Maengelliste mit Schwereklasse A-D, Gefahrenhinweisen und Priorisierung.
- Technische Empfehlung: Betrieb zulaessig, Betrieb eingeschaermt, Teilabschaltung oder Ausserbetriebnahme bis zur fachgerechten Mangelbeseitigung.
- Nachweisbare Trennung zwischen Ausfuehrungs-, Planungs-, Material-, Dokumentations-, Betriebs- und Wartungsmaengeln.
- Konkreter Massnahmen- und Nachpruefplan inklusive geforderter Messprotokolle, Fotodokumentation und As-built-Aktualisierung.
- Optional: technische Einschaeztung zur Abnahmefaehigkeit oder zur Angemessenheit einer Mangelruege.

6.5 Kritische Warnsignale

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

- Verschmorte oder verfaerbte DC-Steckverbinder, Lichtbogenspuren, Geruch nach verschmorter Isolation.
- String-Isolationsfehler, wiederkehrende Riso-Fehler, Wasser in GAK/Steckverbindern oder Korrosion an aktiven Teilen.
- Module ausserhalb zulaessiger Klemmbereiche, lose Klemmen, gebrochene Dachziegel, sichtbare Dachundichtigkeiten.
- Gemischte PV-Steckverbinder unterschiedlicher Hersteller ohne nachweisbare Freigabe.
- Fehlende Erstpruefung, fehlende Stringzuordnung, keine Schaltplaene und keine Betreiberunterlagen bei neuer Anlage.
- Batteriespeicher ohne erkennbares Sicherheits-/Aufstellkonzept, fehlende Abschalt- oder Notfallhinweise.

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. |
| Technische Wirkung | Sicherheit, Ertrag, Verfuegbarkeit, Lebensdauer, Dachfunktion, Brandschutz, Wartbarkeit. | Wirkung konkret und nicht pauschal formulieren. |
| Bewertung | Mangelklasse, Wesentlichkeit, Betriebsrisiko, Abnahme-/Freigaberelevanz. | Wesentliche Maengel begruenden. |
| Ursache / Beweisgrad | Sicher, ueberwiegend wahrscheinlich, plausibel, offen, auszuschliessen. | Keine unbelegten Verantwortungszuweisungen. |
| Massnahme | Sofortmassnahme, Reparatur, Austausch, Nachdokumentation, Nachpruefung. | Mess-/Fotodokumentation nach Mangelbeseitigung verlangen. |

7.4 Formulierungenregeln

- 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 Pruefbarkeit offen nennen: fehlender Zugang, ungeeignetes Wetter, fehlende Logs, nicht geoeffnete Gehaeuse, nicht vorgelegte Dokumente.
- Sicherheitswarnungen klar und handlungsorientiert formulieren; keine Relativierung, wenn Gefahr im Verzug besteht.
- Abnahmeempfehlungen technisch formulieren und rechtliche Abnahmeerklaerung den Vertragsparteien ueberlassen.

8. Vertiefte Pruefanweisungen nach Anlagenbereichen

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

PV-Module - Sichtpruefung

- Modulglas auf Bruch, Muschelausbrueche, Einschlagpunkte, Kratzer mit technischer Relevanz, Randbeschaedigungen und Delamination pruefen.
- Rahmen auf Verformung, offene Ecken, Korrosion, Kontaktkorrosion, Spannungsrisse und Spuren falscher Klemmung pruefen.
- Rueckseitenfolie auf Kreidung, Risse, Blasen, Verfaerbung, Scheuerstellen, Durchstoss, thermische Spuren und Feuchtepfade pruefen.
- Anschlussdose auf festen Sitz, Risse, Wassereintritt, Verfaerbung, Zugentlastung und Kabelabgang pruefen.
- Modulreinigung nur als Pruefmassnahme dokumentiert durchfuehren; vor Reinigung Verschmutzungsbild beweissicher fotografieren.
- Bei Mikroriss-/Hagelverdacht EL-Pruefung oder Laborpruefung empfehlen; Sichtpruefung 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 Auffaelligkeit eines Zellbereichs ist mit Strom-/Spannungsmessung, I-V-Kurve und Modulplan zu korrelieren.
- Defekte Bypassdioden zeigen haeufig Substring-Muster in Thermografie oder Stufen in der I-V-Kennlinie.
- Leistungsminderungen unter Herstellergarantie erfordern meist normnahe Messbedingungen, Flash-/Seriennummernbezug und ggf. akkreditierte Laborpruefung.

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 unzuessaessig sein.
- Crimpstelle nur bei Freigabe oeffnen; Querschnitt, Litzenbruch, Crimphoehe, Kontaktverfaerbung und Zugentlastung dokumentieren.
- Kabel muessen UV-/witterungsgesueignet, 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 Herstellerangaben.
- 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.
- Wandlerpeile, 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 pruefen.
- Dachdurchdringungen, Kabeldurchfuehrungen und Befestigungen auf Dichtigkeit, Materialvertraeglichkeit und Wartbarkeit pruefen.
- Bei unklarem Dachzustand keine ursachensichere Bewertung ohne Dachdecker-/Statikfachkunde abgeben.

Brandschutz / Feuerwehr / Blitzschutz

- DC-Leitungsfuehrung im Gebaeude minimieren und dokumentieren; Durchdringungen von Brandabschnitten, notwendige Flue/Treppenraeume und Abschottungen pruefen.
- Wechselrichter und Speicher nicht in ungeeigneten Rettungswegen, feuchten oder thermisch unzuellaessigen Bereichen bewerten, ohne Brandschutzkonzept zu pruefen.
- Feuerwehrekennzeichnung, Anlagenuebersicht, 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 typische Mangelbehauptungen

| Signal / Befund | Moegliche Ursache | Pruefansatz | Bewertungslogik | Erwarteter Nachweis |
|---|---|--|--|---|
| Fehlende oder unplausible Dokumentation | Dokumentationsmangel, moeglicher verdeckter Ausfuhrungsmangel | As-built, Stringplan, Pruefprotokolle, Messwerte, Fotodoku nachfordern und mit Ist abgleichen | Ohne sicherheits-/funktion srelevante Nachweise kann Abnahme/Bewertung eingeschaenkt oder negativ sein | Dokumentenstatus liste und Pruefbarkeitsvermerk |
| Kabel liegen auf Dachhaut | Montage-/Kabelfuehrungsmangel | Sichtpruefung, Scheuerstellen, UV-Binder, Wasserweg, Biegeradius, Thermografie bei Kontaktverdacht | Ertrag nicht zwingend betroffen, aber Dauerhaftigkeit/Isolation/Brandrisiko moeglich | Fotobefund mit Nachbesserung: Kabel hochbinden/Schutz/Trassen |
| Lose oder falsch geklemmte Module | Montagefehler, Statik-/Herstellerabweichung | Klemmbereich, Drehmomentindikator, Schienenplan, Windzone, Randbereich, Herstelleranleitung | Bei Absturz-/Windsogrisiko wesentlich bis Gefahr | Mangelklasse A/B, Montagekorrektur und Nachweis |
| Gemischte Steckverbinder | Unzulaessige Komponentenpaarung | Hersteller/Typ, Freigaben, Kontaktbild, Thermografie, Lastzustand | Wesentlich wegen Kontaktwiderstand/Lichtbogenrisiko, wenn keine Freigabe | Austausch auf freigegebene Paarung und Wiederholungspruefung |
| Dachundichtigkeit nach Montage | Dachschaden, Montageeinwirkung oder Vorschaden | Innen-/Aussenbefund, Wasserlauf, Durchdringungen, Dachhaken, zeitliche Korrelation, Dachdeckerbefund | Nur bei belegbarem Zusammenhang als PV-Mangel bewerten | Ursachenbewertung mit Beweisgrad und Zusatzfachkunde |

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 unabhängige 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. |
| 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 Vertragssoll, 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

- Der Befund Nr. ... stellt einen technischen Mangel dar, weil der Ist-Zustand von ... abweicht und dadurch ... beeintraehtigt wird.
- Eine abschliessende Ursachenbewertung ist derzeit nicht moeglich, weil ... fehlt bzw. ... nicht geprueft werden konnte.
- Aus technischer Sicht ist der Betrieb bis zur Beseitigung von Befund Nr. ... nur unter folgender Einschränkung vertretbar: ...
- Die Nachbesserung ist erst prueffaehig abgeschlossen, wenn ... als Foto-/Mess-/Dokumentennachweis vorliegt.

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 Plausibilitaetsbasis. Fuer verbindliche Bewertungen sind die Volltexte, nationalen Umsetzungen, Vertragsfassungen und Netzbetreiberbedingungen projektbezogen zu pruefen.

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 stationaere 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 Maerz 2019, geaendert 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

VOB/B § 12 Abnahme

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

VOB/B § 13 Maengelsprueche

<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 fuer 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>