

	DIN EN IEC 62446-2 (VDE 0126-23-2)	DIN
	Diese Norm ist zugleich eine VDE-Bestimmung im Sinne von VDE 0022. Sie ist nach Durchführung des vom VDE-Präsidium beschlossenen Genehmigungsverfahrens unter der oben angeführten Nummer in das VDE-Vorschriftenwerk aufgenommen und in der „etz Elektrotechnik + Automation“ bekannt gegeben worden.	VDE
<p>ICS 27.160</p> <p>Photovoltaik(PV)-Systeme – Anforderungen an Prüfung, Dokumentation und Instandhaltung – Teil 2: Netzgekoppelte Systeme – Instandhaltung von PV-Systemen (IEC 62446-2:2020); Deutsche Fassung EN IEC 62446-2:2020</p> <p>Photovoltaic (PV) systems – Requirements for testing, documentation and maintenance – Part 2: Grid connected systems – Maintenance of PV systems (IEC 62446-2:2020); German version EN IEC 62446-2:2020</p> <p>Systèmes photovoltaïques (PV) – Exigences pour les essais, la documentation et la maintenance – Partie 2: Systèmes connectés au réseau électrique – Maintenance des systèmes PV (IEC 62446-2:2020); Version allemande EN IEC 62446-2:2020</p> <p>Gesamtumfang 64 Seiten</p> <p>DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE</p>		

Anwendungsbeginn

Anwendungsbeginn für die von CENELEC am 2020-04-22 angenommene Europäische Norm als DIN-Norm ist 2021-08-01.

Nationales Vorwort

Vorausgegangener Norm-Entwurf: E DIN EN 62446-2 (VDE 0126-23-2):2017-04.

Für dieses Dokument ist das nationale Arbeitsgremium DKE/K 373 „Photovoltaische Solarenergie-Systeme“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE (www.dke.de) zuständig.

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DKE (www.dke.de) und DIN (www.din.de) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

Die enthaltene IEC-Publikation wurde vom IEC/TC 82 „Solar photovoltaic energy systems“ erarbeitet und unterliegt dem Copyright der IEC .

Das IEC-Komitee hat entschieden, dass der Inhalt dieses Dokuments bis zu dem Datum (stability date) unverändert bleiben soll, das auf der IEC-Website unter „<http://webstore.iec.ch>“ zu diesem Dokument angegeben ist. Zu diesem Zeitpunkt wird entsprechend der Entscheidung des Komitees das Dokument

- bestätigt,
- zurückgezogen,
- durch eine Folgeausgabe ersetzt oder
- geändert.

Vor der Anwendung dieser Norm ist im Einzelnen zu prüfen, ob die Anforderungen von Rechtsvorschriften in Bezug auf den Arbeitsschutz und entsprechender Normen aus dem Betrieb elektrischer Anlagen^{N1} eingehalten sind. Bei der Verwendung von Arbeitsmitteln bestehen Pflichten des Arbeitgebers auch hinsichtlich der Instandhaltung und Prüfung. Dabei sind die zutreffenden Rechtsvorschriften des Staates und der Unfallversicherungsträger sowie die von den staatlichen Ausschüssen ermittelten Technischen Regeln einzuhalten. Hierzu gehören u. a. die Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV), die DGUV-Vorschrift 3 und die zugehörigen Technischen Regeln für Betriebssicherheit (TRBS) und der Unfallversicherungsträger. Die Technischen Regeln für Betriebssicherheit (TRBS) werden vom Ausschuss für Betriebssicherheit (ABS) ermittelt bzw. angepasst und vom Bundesministerium für Arbeit und Soziales im Gemeinsamen Ministerialblatt bekannt gegeben.

Diese Norm kann zwar als weitere Informationsquelle für den Arbeitsschutz dienen, führt jedoch nicht die tatsächlich erforderlichen Maßnahmen auf.

^{N1} Nationale Fußnote: Ein Verweis auf die und ein Abgleich mit den entsprechenden Normen aus dem Betrieb elektrischer Anlagen (DIN VDE 0105, **EN 50110-1**) ist notwendig.

Nationaler Anhang NA (informativ)

Zusammenhang mit europäischen und internationalen Dokumenten

Für den Fall einer undatierten Verweisung im normativen Text (Verweisung auf ein Dokument ohne Angabe des Ausgabedatums und ohne Hinweis auf eine Abschnittsnummer, eine Tabelle, ein Bild usw.) bezieht sich die Verweisung auf die jeweils aktuellste Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments.

Für den Fall einer datierten Verweisung im normativen Text bezieht sich die Verweisung immer auf die in Bezug genommene Ausgabe des Dokuments.

Eine Information über den Zusammenhang der zitierten Dokumente mit den entsprechenden deutschen Dokumenten ist nachstehend wiedergegeben.

Tabelle NA.1

Europäisches Dokument	Internationales Dokument	Deutsches Dokument	Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk
EN 50110-1	–	DIN EN 50110-1 (VDE 0105-1)	VDE 0105-1
–	IEC 60050-651:2014	^a	–
EN 60300-3-3	IEC 60300-3-3	DIN EN 60300-3-3	–
HD 60364-6	IEC 60364-6	DIN VDE 0100-600 (VDE 0100-600)	VDE 0100-600
EN 60891	IEC 60891	DIN EN 60891 (VDE 0126-6)	VDE 0126-6
EN 60904-1	IEC 60904-1	DIN EN 60904-1 (VDE 0126-4-1)	VDE 0126-4-1
EN 61557-8	IEC 61557-8	DIN EN 61557-8 (VDE 0413-8)	VDE 0413-8
EN 62020	IEC 62020	DIN EN 62020 (VDE 0663)	VDE 0663
EN 62446-1:2016 + A1:2018	IEC 62446-1:2016 + A1:2018	DIN EN 62446-1 (VDE 0126-23-1):2019-04	VDE 0126-23-1
–	IEC 62548:2016	–	–
–	IEC TS 61724-2	–	–
–	IEC TS 61724-3	–	–
–	IEC TS 61836:2016	–	–
–	IEC TS 62446-3:2017	DIN IEC/TS 62446-3 (VDE V 0126-23-3):2018-04	VDE V 0126-23-3
–	IEC TS 63019	DIN IEC/TS 63019 (VDE V 0126-19) ^b	VDE V 0126-19
^a „Internationales Elektrotechnisches Wörterbuch – Deutsche Ausgabe“, Online-Zugang: http://www.dke.de/dke-iev .			
^b In Vorbereitung.			

Nationaler Anhang NB (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN 50110-1 (VDE 0105-1), *Betrieb von elektrischen Anlagen – Teil 1: Allgemeine Anforderungen*

DIN EN 60300-3-3, *Zuverlässigkeitsmanagement – Teil 3-3: Anwendungsleitfaden – Lebenszykluskosten*

DIN VDE 0100-600 (VDE 0100-600), *Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 6: Prüfungen*

DIN EN 60891 (VDE 0126-6), *Photovoltaische Einrichtungen – Verfahren zur Umrechnung von gemessenen Strom-Spannungs-Kennlinien auf andere Temperaturen und Bestrahlungsstärken*

DIN EN 60904-1 (VDE 0126-4-1), *Photovoltaische Einrichtungen – Teil 1: Messen der photovoltaischen Strom-/Spannungskennlinien*

DIN EN 61557-8 (VDE 0413-8), *Elektrische Sicherheit in Niederspannungsnetzen bis AC 1 000 V und DC 1 500 V – Geräte zum Prüfen, Messen oder Überwachen von Schutzmaßnahmen – Teil 8: Isolationsüberwachungsgeräte für IT-Systeme*

DIN EN 62020 (VDE 0663), *Elektrisches Installationsmaterial – Differenzstrom-Überwachungsgeräte für Hausinstallationen und ähnliche Verwendungen (RCMs)*

DIN EN 62446-1 (VDE 0126-23-1):2019-04, *Photovoltaik (PV)-Systeme – Anforderungen an Prüfung, Dokumentation und Instandhaltung – Teil 1: Netzgekoppelte Systeme – Dokumentation, Inbetriebnahmeprüfung und Prüfanforderungen (IEC 62446-1:2016 + A1:2018); Deutsche Fassung EN 62446-1:2016 + A1:2018*

DIN IEC/TS 62446-3 (VDE V 0126-23-3):2018-04, *Photovoltaik(PV)-Systeme – Anforderungen an Prüfung, Dokumentation und Instandhaltung – Teil 3: Photovoltaische Module und Betriebsanlagen – Infrarot-Thermografie im Freien (IEC/TS 62446-3:2017)*

DIN IEC/TS 63019 (VDE V 0126-19) (in Vorbereitung), *Informationsmodell für die Verfügbarkeit photovoltaischer Energiesysteme*

Deutsche Fassung

Photovoltaik(PV)-Systeme – Anforderungen an
Prüfung, Dokumentation und Instandhaltung – Teil 2:
Netzgekoppelte Systeme – Instandhaltung von PV-Systemen
(IEC 62446-2:2020)

Photovoltaic (PV) systems – Requirements
for testing, documentation and maintenance –
Part 2: Grid connected systems – Maintenance of
PV systems
(IEC 62446-2:2020)

Systèmes photovoltaïques (PV) – Exigences pour
les essais, la documentation et la maintenance –
Partie 2: Systèmes connectés au réseau électrique –
Maintenance des systèmes PV
(IEC 62446-2:2020)

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 2020-04-22 angenommen. CENELEC-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist.

Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim CEN-CENELEC Management Centre oder bei jedem CENELEC-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CENELEC-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem CEN-CENELEC Management Centre mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CENELEC-Mitglieder sind die nationalen elektrotechnischen Komitees von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, der Republik Nordmazedonien, Rumänien, Schweden, der Schweiz, Serbien, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, der Türkei, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



Europäisches Komitee für Elektrotechnische Normung
European Committee for Electrotechnical Standardization
Comité Européen de Normalisation Electrotechnique

CEN-CENELEC Management Centre: Rue de la Science 23, B-1040 Brüssel

Europäisches Vorwort

Der Text des Dokuments 82/1656/FDIS, zukünftige 1. Ausgabe der IEC 62446-2, erarbeitet vom IEC/TC 82 „Solar photovoltaic energy systems“, wurde zur parallelen IEC-CENELEC-Abstimmung vorgelegt und von CENELEC als EN IEC 62446-2:2020 angenommen.

Nachstehende Daten wurden festgelegt:

- spätestes Datum, zu dem dieses Dokument auf nationaler Ebene durch Veröffentlichung einer identischen nationalen Norm oder durch Anerkennung übernommen werden muss (dop): 2021-01-22
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die diesem Dokument entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 2023-04-22

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CENELEC ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm IEC 62446-2:2020 wurde von CENELEC ohne irgendeine Abänderung als Europäische Norm angenommen.

In der offiziellen Fassung sind unter „Literaturhinweise“ zu den aufgelisteten Normen die nachstehenden Anmerkungen einzutragen:

IEC 60300-3-3	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 60300-3-3.
IEC 60891	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 60891.
IEC 60904-1	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 60904-1.

Anhang ZA (normativ)

Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

ANMERKUNG 1 Ist eine internationale Publikation durch gemeinsame Abänderungen modifiziert worden, gekennzeichnet durch (mod.), dann gilt die entsprechende EN oder das HD.

ANMERKUNG 2 Aktualisierte Informationen über die in diesem Anhang aufgeführten aktuellen Fassungen der Europäischen Normen sind hier verfügbar: www.cenelec.eu

Abschnitt 2 der IEC 62446-1:2016 gilt mit Ausnahme von den folgenden Verweisungen:

Die Folgenden Verweisungen werden hinzugefügt:

<u>Publikation</u>	<u>Jahr</u>	<u>Titel</u>	<u>EN/HD</u>	<u>Jahr</u>
IEC/TS 61724-2	–	Photovoltaic system performance – Part 2: Capacity evaluation method	–	–
IEC/TS 61724-3	–	Photovoltaic system performance – Part 3: Energy evaluation method	–	–
IEC/TS 61836	2016	Solar photovoltaic energy systems – Terms, definitions and symbols	–	–
IEC 62020	–	Electrical accessories – Residual current monitors for household and similar uses (RCMs)	–	–
IEC 62446-1	2016	Photovoltaic (PV) systems – Requirements for testing, documentation and maintenance – Part 1: Grid connected systems – Documentation, commissioning tests and inspection	EN 62446-1	2016
IEC/TS 62446-3	2017	Photovoltaic (PV) systems – Requirements for testing, documentation and maintenance – Part 3: Photovoltaic modules and plants – Outdoor infrared thermography	–	–
IEC 62548	–	Photovoltaic (PV) arrays – Design requirements	–	–

Inhalt

Seite

Europäisches Vorwort.....	6
Anhang ZA (normativ) Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen	7
Einleitung	11
1 Anwendungsbereich	12
2 Normative Verweisungen	12
3 Begriffe	13
4 Anforderungen an die Systemdokumentation	15
4.1 Allgemeines	15
4.8 Betriebs- und Instandhaltungsangaben.....	15
4.10 Leistungsmaßstäbe	16
4.11 Dokumentation von Aufzeichnungen.....	16
5 Überprüfung.....	16
6 Prüfverfahren – Kategorie 1	16
7 Prüfverfahren – Kategorie 2	16
8 Prüfverfahren – Zusätzliche Prüfungen.....	16
9 Prüfberichte	16
10 Wartungsprotokolle.....	17
10.1 Allgemeines	17
10.2 Überprüfungsintervalle und auslösende Ereignisse.....	17
10.3 Weitere Aspekte zur Bestimmung spezifischer Überprüfungsintervalle	24
11 Überprüfungsaufgaben.....	25
11.1 Allgemeines	25
11.2 Allgemeine Standortsichtprüfung	25
11.2.1 Alle Systeme.....	25
11.2.2 Dachsysteme.....	25
11.2.3 Freifächensysteme	26
11.3 Komponenteninspektion und sicherheitsrelevante Wartung	26
11.3.1 Wechselrichter- und Elektroverteiler	26
11.3.2 Generatoranschlusskästen, Lasttrennschalter und Trennschalter.....	26
11.3.3 Module	27
11.3.4 PV-Steckverbinder	28
11.3.5 Verkabelung	29
11.3.6 Befestigungssystem	29
11.3.7 Elektroinstallationsrohre und Kabelwannen	30
11.3.8 Wetterstation	30
11.4 Leistungsrelevante Wartung.....	30
11.4.1 Allgemeines	30
11.4.2 Kabelverbindungswiderstand	30

11.4.3	Bewertung der Schattenverhältnisse	31
11.4.4	Modulstrang- oder Kabelstrangprüfung	31
11.4.5	Vegetationspflege	32
11.4.6	Verschmutzung und Arrayreinigung.....	33
12	Fehlersuche und fehlerbehebende Wartung.....	34
12.1	Allgemeines.....	34
12.2	Abschaltung von Betriebsmitteln als Reaktion auf gefährliche Ausfälle	34
12.3	Fehlersuche bei nicht gefährlichen Ausfällen	35
12.4	Fehlersuche bei durch Ereignisse ausgelösten Problemen.....	35
12.5	Diagnose leistungsrelevanter Probleme	35
13	Zusätzliche Verfahren	37
13.1	Allgemeines.....	37
13.2	Sicherheitsverfahren	37
13.2.1	Allgemeines.....	37
13.2.2	Sichere Bedienung von Lasttrennschaltern	37
13.3	Trennverfahren.....	37
13.3.1	Notabschaltung	37
13.3.2	Abschaltung, wenn kein Notfall vorliegt	38
13.4	Inspektions- und vorbeugende Wartungsverfahren	39
13.4.1	Spezifische Verfahren des Wechselrichterherstellers	39
13.4.2	Spezifische Verfahren des Nachführeinrichtungsherstellers	40
13.4.3	Spezifische Verfahren für das Datenerfassungssystem	40
13.5	Elektrische Prüfverfahren.....	41
13.5.1	Erdschlussprüfungen	41
13.5.2	Sicherungsprüfungen.....	43
13.5.3	Bypass-Dioden-Prüfungen.....	44
13.6	Diagnoseverfahren	45
13.6.1	Validierung von Datenerfassungssystemen (DAS).....	45
13.6.2	Wechselrichterdiagnose.....	48
Anhang E (normativ)	Sicherheitsaspekte	50
E.1	Qualifizierte Personen.....	50
E.2	Allgemeine Sicherheitsaspekte	50
E.3	Persönliche Schutzausrüstung.....	51
E.4	Trennverfahren.....	51
E.5	Wartungssicherung (Lockout/Tagout).....	52
E.6	PV-spezifische Schilder und Kennzeichnungen	52
Anhang F (informativ)	Beispielplan für die vorbeugende Wartung	53
F.1	Allgemeines.....	53
F.2	Beispielsystembeschreibung.....	53
Anhang G (informativ)	PV-System-Betrieb.....	62

Literaturhinweise	64
-------------------------	----

Tabellen

Tabelle 3 — Überprüfungs- und Wartungsaufgaben und Grundlagen für die Bestimmung der Aufgabenintervalle	18
Tabelle 4 — Typische gemeldete Wechselrichterfehler	48
Tabelle F.1 — Plan für die vorbeugende Wartung von Anlage XYZ	54

Einleitung

Dieser Teil 2 von IEC 62446 enthält Anforderungen an und Empfehlungen für die Wartung von PV-Systemen, einschließlich wiederkehrender Inspektionen, sicherheits- und leistungsbezogener vorbeugender Wartung, fehlerbehebender Wartung und Fehlersuche. Netzgekoppelte PV-Systeme gelten im Allgemeinen als sehr wartungsarme Energieerzeugungsmittel. Das trifft im Vergleich mit herkömmlichen Energieerzeugungsquellen, die Brennstoff und/oder drehende Maschinen nutzen, zwar zu, PV-Systeme erfordern jedoch ein gewisses Maß an vorbeugender und fehlerbehebender Wartung, um bei Lebensdauern von 20 und mehr Jahren die erwartete Leistung erbringen zu können. Der für die Erhaltung der Leistungsfähigkeit erforderliche oder empfohlene Wartungsaufwand kann in Abhängigkeit von den Prioritäten des Eigentümers bzw. den Vertragsverpflichtungen für die Energieproduktion erheblich variieren. Die Befolgung bestimmter Mindestwartungsanforderungen ist auch für die Ziele des Konformitätsbewertungssystems IECRE wesentlich, das zur Steuerung der Lizenzierung und Zertifizierung von PV-Systemen und -Anlagen von der Entwurfs- bis zur Betriebsphase vorgesehen ist.

1 Anwendungsbereich

Dieser Abschnitt von IEC 62446-1:2016 ist anwendbar mit folgender Änderung:

Ergänzung:

Dieser Teil 2 von IEC 62446 legt grundlegende Anforderungen an und Empfehlungen für vorbeugende, fehlerbehebende und leistungsrelevante Wartung netzgekoppelter PV-Systeme fest. Die Wartungsverfahren decken Folgendes ab:

- grundlegende Instandhaltung der Systemkomponenten und -verbindungen für Zuverlässigkeit, Sicherheit und Brandschutz;
- Maßnahmen für die fehlerbehebende Wartung und Fehlersuche;
- Arbeitssicherheit.

Dieses Dokument behandelt auch Wartungsarbeiten zur Maximierung der erwarteten Leistung, zum Beispiel Modulreinigung und Vegetationspflege. Es werden besondere Aspekte von Dach- und Freiflächensystemen zusammengefasst. Dieses Dokument deckt keine Inselssysteme oder Systeme ab, die Batterien oder andere Energiespeichertechnologien enthalten; allerdings können Teile auf die PV-Stromkreise dieser Systeme anwendbar sein.

Dieses Dokument deckt zudem nicht die Wartung von Wechselstromgeräten für Mittel- und Hochspannung ab, die mitunter feste Bestandteile von größeren Anlagen sind, da diese Anforderungen nicht spezifisch für PV-Systeme sind.

Die Wartung von PV-Systemen wird oft pauschal dem Sammelbegriff Betrieb und Wartung (O&M, en: operations and maintenance) zugeordnet. Dieses Dokument befasst sich nicht mit Geschäfts- oder Managementbetriebsprozessen (z. B. Prognosen, Preisanreize von Versorgungsunternehmen usw.) oder anderen Aspekten, die von Faktoren beeinflusst werden, die über grundlegende Systemarbeitsbedingungen, Sicherheit und Leistung hinausgehen.

Die Bestätigung der Übereinstimmung eines Systems mit den entsprechenden Konstruktions- und Installationsnormen wird von Teil 1 abgedeckt und erfolgt während der Erstinbetriebnahme des Projekts.

Die Ziele dieses Dokumentes sind:

- Angabe grundlegender Wartungsanforderungen, die sich je nach Systemtyp (Wohnbereich, Gewerbeanlagen, Großanlagen), Eigentümer oder Finanzierungsanforderungen unterscheiden können;
- Angabe zusätzlicher Wartungsschritte, die empfohlen werden oder optional sind;
- Angabe von Faktoren, die für die Bestimmung geeigneter Wartungsintervalle zu verwenden sind;
- Sicherstellen, dass Ferndiagnoseverfahren als Mittel für wiederkehrende Überprüfungen, die Problemerkennung und frühe Fehlererkennung zulässig sind;
- Sicherstellen, dass alternative Mittel zur Erfüllung der wartungsrelevanten Anforderungen zulässig sind, um Innovation, herstellereinspezifischen Verfahren, sich verändernden Kundenanforderungen usw. entsprechen zu können.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

Dieser Abschnitt von IEC 62446-1:2016 ist anwendbar, mit den folgenden Ausnahmen:

Ergänzung:

IEC TS 61724-2, *Photovoltaic system performance – Part 2: Capacity evaluation method*

IEC TS 61724-3, *Photovoltaic system performance – Part 3: Energy evaluation method*

IEC TS 61836:2016, *Solar photovoltaic energy systems – Terms, definitions and symbols*

IEC 62020, *Electrical accessories – Residual current monitors for household and similar uses (RCMs)*

IEC 62446-1:2016, *Photovoltaic (PV) systems – Requirements for testing, documentation and maintenance – Part 1: Grid connected systems – Documentation, commissioning tests and inspection*

IEC TS 62446-3:2017, *Photovoltaic (PV) systems – Requirements for testing, documentation and maintenance – Part 3: Photovoltaic modules and plants – Outdoor infrared thermography*

IEC 62548, *Photovoltaic (PV) arrays – Design requirements*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach IEC TS 61836 sowie die in Abschnitt 3 der IEC 62446-1:2016 und die folgenden Begriffe.

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

- IEC Electropedia: verfügbar unter <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: verfügbar unter <http://www.iso.org/obp>

Ergänzung:

3.17

Unterkonstruktion

für die physische Abstützung von Modulen bzw. Modulgruppen und deren Positionierung in einer festen oder beweglichen Orientierung bezüglich des Sonnenlaufs verwendete Ausrüstungen (auch bekannt als „Gestell“)

3.18

Fundament

Grundplatte, die gewöhnlich (aber nicht ausschließlich) aus Beton oder Zement besteht und für die Montage und Befestigung von Wechselrichtern, Trennschaltern, Transformatoren oder anderen zu einem PV-System gehörigen Betriebsmitteln verwendet wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Geräteplatten werden gewöhnlich in Freifächensystemen verwendet oder neben Gebäuden für große Systeme auf dem Dach, bei denen Betriebsmittel zu groß für die Wandmontage sind.

3.19

Generatoranschlusskasten

Anschlusskasten, in dem die Parallelanschlüsse für PV-Stränge, Teilarrays oder Arrays hergestellt werden

3.20

qualifizierte Person

Person, die durch Schulung, Qualifizierung oder Erfahrung bzw. eine Kombination davon das Wissen und die Fertigkeiten erworben hat, die sie dazu befähigen, die erforderliche Aufgabe korrekt auszuführen

[QUELLE: IEC 62548:2016, 3.1.7 „competent person“]

3.21

Generatoranschlusskasten des PV-Arrays

Anschlusskasten, in dem PV-Teilarrays verbunden werden und der auch Überstromschutz- und/oder Lasttrennschalteneinrichtungen enthalten darf

Anmerkung 1 zum Begriff: Kleine PV-Arrays enthalten im Allgemeinen keine PV-Teilarrays, sondern bestehen einfach aus PV-Strängen, während große PV-Arrays im Allgemeinen aus mehreren PV-Teilarrays bestehen.

[QUELLE: IEC 62548:2016, 3.1.36]

3.22

Systemperipherie

in Systemen, die auf erneuerbarer Energie basieren, alle Komponenten, die nicht zum Mechanismus der Ressourcennutzung (z. B. PV-Module) gehören

3.23

Wartungssicherung (Lockout/Tagout, LOTO)

Sicherheitsverfahren, mit dem sichergestellt wird, dass Ausrüstungen ordnungsgemäß spannungsfrei geschaltet und durch einen Sperrmechanismus gegen Wiedereinschalten gesichert werden, bis das Instandhaltungspersonal das Wiedereinschalten als sicher erachtet

Anmerkung 1 zum Begriff: LOTO ist eine Praxis, die in einigen Ländern zutrifft. In unterschiedlichen Teilen der Welt gelten unterschiedliche Sicherheitsverfahren, wie z. B. in Europa die „fünf Sicherheitsregeln“ nach [EN 50110-1](#).

3.24

persönliche Schutzausrüstung PSA

jede(s) Gerät oder Vorrichtung, das/die dazu bestimmt ist, von einer Person zum Schutz gegen eine oder mehrere Gesundheits- und Sicherheitsgefährdungen bei Arbeiten getragen oder gehalten zu werden

[QUELLE: IEC 60050-651:2014, 651-23-01]

3.25

befugtes Personal

Personen, die vom Systemeigentümer/-betreiber zugelassen bzw. zugewiesen sind, bestimmte Arten von Aufgaben durchzuführen, für die sie qualifiziert sind, oder sich an bestimmten Standorten des Anlagenstandorts aufzuhalten

3.26

Kabelstrang

konfektioniertes Kabel, das die Ausgangsleistung mehrerer PV-Strang-Leiter zu einem einzigen Hauptleiter vereint. Der Kabelstrang kann Sicherungskomponenten für die einzelnen Strangleiter enthalten

3.27

zentraler Wechselrichter

Wechselrichter, der von mehreren Teilarray- oder Array-Stromkreisen gespeist wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Zentrale Wechselrichter sind leistungsfähiger als Strang-Wechselrichter. Die typischen Leistungen reichen von 100 kW bis 4 MW.

3.28

Überwachung auf Modulebene MLM (en: module-level monitoring)

Einrichtung oder Ausrüstung, die zur Überwachung von Leistung und Spannung auf der PV-Modulebene verwendet wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Einige Mikrowechselrichter und Gleichstrom-Wechselstrom-Umrichter auf Modulebene schließen eine derartige Funktion ein.

3.29

Mikroriss

durch Druck oder Beanspruchung bedingter Riss in einer kristallinen PV-Modulzelle, der im Allgemeinen nicht für das bloße Auge sichtbar ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Eine sichtbare Erscheinungsform von Mikrorissen ist ein Verfärbungseffekt, der in der PV-Industrie als „Schnecken Spuren“ bekannt ist. Schnecken Spuren resultieren aus der Diffusion von Feuchte durch den Mikroriss zur Zelloberfläche. Anschließende korrosive oder chemische Reaktionen verursachen deutlich erkennbare Verfärbungen entlang der Rissverläufe. Nicht alle Mikrorisse führen zu Schnecken Spuren, aber alle Schnecken Spuren werden durch Risse oder Mikrorisse verursacht.

3.30

Datenerfassungssystem

DAS (en: data acquisition system)

System zur Überwachung verschiedener PV-Systemparameter, z. B. Wechselrichterstatus, Ausgangsleistung, Spannungen und Ströme (auf der Ebene von Array, Teilarray, Strang und/oder Modul), solare Bestrahlungsstärke, Temperaturen, Windgeschwindigkeit usw.

3.31

Abschaltsteuerung

automatisches gezieltes Abschalten von PV-Array-Gleichspannungsstromkreisen durch entweder Trennung, Abschaltung oder Dämpfung der Spannung auf sichere Grenzwerte

Anmerkung 1 zum Begriff: Diese Betriebsmittel sind in einigen Ländern als Ausrüstung für „schnelle Abschaltung“ für den Notfallbetrieb erhältlich und werden durch Systemabschaltung der Wechselspannungsseite oder andere Mittel zur Fernsteuerung ausgelöst.

4 Anforderungen an die Systemdokumentation

Dieser Abschnitt von IEC 62446-1:2016 ist anwendbar mit folgender Änderung:

4.1 Allgemeines

Ergänzung:

Zusätzliche Dokumentation sollte zur Unterstützung von Wartungsmaßnahmen und -tätigkeiten geführt werden und durch Wartungspersonal nach jeder Inspektions-, Wartungs- oder Reparaturtätigkeit aufgezeichnet werden. Die Aufzeichnungen sollten das Datum, die Beschreibung der Arbeiten und die Ergebnisse enthalten.

4.8 Betriebs- und Instandhaltungsangaben

Ergänzung:

- h) Alarmeinstellungen des Überwachungssystems.
- i) Zeitplan der in 10.2 festgelegten Überprüfungs- und Wartungsintervalle.
- j) Sich verändernde standortspezifische Empfehlungen für wiederkehrende oder Folgeprüfungen auf der Grundlage der Ergebnisse von Wartungsarbeiten, Prüfungen oder Inspektionen.
- k) Konstruktionszeichnungen im montierten Zustand und eine genaue Hauptkomponentenliste, in der Ersetzungen, beschädigte und/oder ausgetauschte Komponenten angegeben sind.
- l) Eine Ersatzteilliste und ein Plan zum Austausch entsprechender Komponenten.
- m) Standortspezifische Empfehlungen für die wiederkehrende Überwachung und Prüfung neuer experimenteller Komponenten oder Teilsysteme.
- n) Zeitplan zu den Komponentenkalibrierungen einschließlich Leistungs- und Wetterüberwachungsgeräten.
- o) Zertifikate und Datumsangaben zu Komponentenkalibrierungen oder gegebenenfalls eine Dokumentation der Datumsangaben zu deren Austausch.

Das Betriebs- und Wartungspersonal muss gemeinsam mit dem Systemeigentümer oder verantwortlichen Betreiber darauf hinarbeiten, dass fehlende in dieser Liste enthaltene Dokumentationen neu erstellt und die vorhandenen Dokumentationen an einem sicheren und gesicherten Platz aufbewahrt werden.

Ergänzung:

4.10 Leistungsmaßstäbe

Es müssen Systemleistungsmaßstäbe geführt werden, die auf Prüfberichten basieren, die auf der Grundlage mindestens einer der folgenden Vorschriften/Verfahren durchgeführt worden sind:

- a) leistungsrelevante Abschnitte von IEC 62446-1:2016,
- b) IEC TS 61724-2,
- c) IEC TS 61724-3 und
- d) weitere leistungsrelevante Prüfungen.

Die Leistungsmaßstäbe müssen für den Vergleich mit während der in IEC 62446-2 angegebenen Wartungsverfahren durchgeführten wiederholten Leistungsprüfungen verwendet werden. Informationen zu Leistungsmaßstäben sollten mindestens die Parameter und Informationen einschließen, die vom Musterprüfbericht der PV-Array-Prüfung nach dem informativen Anhang C von IEC 62446-1:2016 abgedeckt werden.

4.11 Dokumentation von Aufzeichnungen

Prüfdaten und Ergebnisse der in IEC 62446-1:2016, Abschnitt 9, ausführlich beschriebenen Wartungsverfahren müssen aufbewahrt werden. Diese Aufzeichnungen sollten als Referenz, für die Trendanalyse der Leistung und für Korrekturmaßnahmen sowie für die allgemeine Buchführung im Fall von Gewährleistungsansprüchen oder bei Eigentümerwechsel des Systems verwendet werden.

5 Überprüfung

Dieser Abschnitt und die Unterabschnitte von IEC 62446-1:2016 gelten, wenn dies in den Anforderungen in IEC 62446-2 ausdrücklich angegeben ist.

6 Prüfverfahren – Kategorie 1

Dieser Abschnitt und die Unterabschnitte von IEC 62446-1:2016 gelten, wenn dies in den Anforderungen in IEC 62446-2 ausdrücklich angegeben ist.

7 Prüfverfahren – Kategorie 2

Dieser Abschnitt und die Unterabschnitte von IEC 62446-1:2016 gelten, wenn dies in den Anforderungen in IEC 62446-2 ausdrücklich angegeben ist.

8 Prüfverfahren – Zusätzliche Prüfungen

Dieser Abschnitt und die Unterabschnitte von IEC 62446-1:2016 gelten, wenn dies in den Anforderungen in IEC 62446-2 ausdrücklich angegeben ist.

9 Prüfberichte

Dieser Abschnitt von IEC 62446-1:2016 gilt für bestimmte Fälle, z. B. Situationen, die den Weiterverkauf oder eine Bewertung erfordern, ist aber nicht regelmäßig erforderlich.

Ergänzung:

10 Wartungsprotokolle

10.1 Allgemeines

In diesem Abschnitt werden verschiedene Wartungsprotokolle für netzgekoppelte PV-Systeme beschrieben. Dazu gehören:

- soweit dies praktisch gerechtfertigt ist, wiederkehrende Überprüfungen zur Feststellung, ob sich die Anlage und alle ihre Bestandteile in einem zufriedenstellend sicheren Gebrauchszustand befinden. Die wiederkehrenden Überprüfungen beinhalten Inspektionen und sicherheitsrelevante Wartungsprüfungen;
- empfohlene wiederkehrende leistungsrelevante Wartung;
- Durchführung zustandsabhängiger Wartungsarbeiten bei durch Überwachungen, Inspektionen oder Prüfungen festgestellten Problemen;
- auf Vertrags- oder Gewährleistungsbasis erforderliche administrative Wartung. Darin eingeschlossen ist die vorbeugende Wartung, mit der in der Regel wiederkehrend durchgeführte Verfahren beschrieben werden, welche die Ziele hinsichtlich der Komponentenlebensdauer unterstützen;
- fehlerbehebende Wartungsverfahren, die die Durchführung bestimmter Schadensbegrenzungs- oder -behebungsmaßnahmen als Reaktion auf erkannte Probleme umfassen;
- Fehlersuche einschließlich allgemeiner in diesem Dokument beschriebener Maßnahmen sowie herstellerspezifische Verfahren für einzelne Ausrüstungskomponenten.

Diese Protokolle sollen bewusst inhärent flexibel sein, um:

- Ferndiagnoseverfahren als Mittel für wiederkehrende Überprüfungen, Problemerkennung und frühe Fehlererkennung zu ermöglichen;
- Sicherstellen, dass alternative Mittel zur Erfüllung der wartungsrelevanten Anforderungen zulässig sind, um Innovation, herstellerspezifischen Verfahren, sich verändernden Kundenanforderungen usw. entsprechen zu können.

Das die Inspektionen oder die Wartung von elektrischen Betriebsmitteln durchführende Personal sollte qualifiziert und in den Verfahren geschult sein und die in [Anhang E](#) beschriebenen allgemeinen Leitlinien befolgen.

10.2 Überprüfungsintervalle und auslösende Ereignisse

Entsprechend den Empfehlungen oder Gewährleistungsanforderungen der Komponentenhersteller und Systemintegratoren kann es erforderlich sein, vorbeugende Wartungsarbeiten vor der Erkennung eines Ausfalls am Einsatzort zu planen, statt den Ausfall von Teilen zuzulassen. Dadurch werden die Ausrüstungen in einem höherwertigen Betriebszustand gehalten und durch die Planung der Wartung, idealerweise außerhalb der Produktionszeit, die Stillstandszeiten minimiert sowie längere Stillstandszeiten für nicht geplante Reparaturen vermieden. Für größere gewerbliche und Großanlagen-Kraftwerkssysteme wird empfohlen, Ersatzteile für wichtige Komponenten auf Lager zu halten, um die Reaktionszeit zu minimieren. In Abhängigkeit von den Herstellerempfehlungen und Eigentümer-/Betreiberprioritäten können die Arbeiten Folgendes umfassen: Reinigung/Austausch der Wechselrichterfilter, Austausch der aus Kunststoff bestehenden Modulkabelbinder, Aus- und Wiedereinschalten von Schaltern, Austauschen von Sicherungen usw. Für den Austausch während wiederkehrender oder fehlerbehebender Wartungstätigkeiten müssen gleiche oder gleichwertige Teile verwendet werden, die zuvor vom Ausrüstungshersteller oder verantwortlichen Systembetreiber zugelassen werden.

Wiederkehrende Überprüfungs- und Wartungsarbeiten sollten über die Lebensdauer von PV-Systemen hinweg sowohl in bestimmten Zeitintervallen als auch als Reaktion auf bestimmte auslösende Ereignisse durchgeführt werden. Diese Zeitintervalle können in Abhängigkeit von den folgenden Aspekten erheblich variieren:

- Systemtyp (Freiflächen-Kraftwerk, Gewerbeanlage, Wohnbereich usw.);

- Umfang der Fernüberwachungsmöglichkeiten;
- vertragsrechtliche Bestimmungen oder Leistungsgarantien;
- vom Hersteller empfohlene Wartungsverfahren für bestimmte Komponenten;
- standortspezifische Aspekte;
- Kosten-Nutzen-Analysen.

ANMERKUNG Zwei IEC-Veröffentlichungen stützen den Zusammenhang zwischen Wartungstätigkeiten, Systemverfügbarkeit und Kosten während der Lebensdauer und bieten eine Grundlage zur Datenerhebung in einem Format, das die unterschiedlichen Metriken und Analysen unterstützt. Siehe IEC 60300-3-3 und IEC TS 63019.

Wegen der großen Anzahl von Faktoren, die je nach Anwendung, Standort und Eigentümer-/Betreiberpflichten variieren, werden in diesem Dokument keine Überprüfungs- und Wartungsintervalle festgelegt. In Tabelle 3 sind jedoch Überprüfungsarbeiten auf der System- und Komponentenebene sowie Anleitungen für die Bestimmung der Überprüfungsintervalle angegeben. In der Spalte „Intervallgrundlage“ sind konkrete Beispiele von Problemen angegeben, die häufigere Überprüfungsintervalle rechtfertigen würden. Bei Systemen an Standorten, wo häufig mit Überschwemmungen oder Gewittern zu rechnen ist, sollten z. B. häufigere Inspektionen oder Leistungsüberprüfungen bestimmter Komponenten durchgeführt werden.

In Tabelle 3 sind auch die entsprechenden Abschnitte bzw. Unterabschnitte dieses Dokuments angegeben, in denen die einzelnen Überprüfungsarbeiten bzw. -verfahren beschrieben werden. In den Spalten „L“ und „E“ ist angegeben, ob die zustandsabhängigen Überprüfungsarbeiten gewöhnlich durch erkannte Leistungsprobleme („L“), z. B. eine zu niedrige Ausgangsleistung, oder bestimmte Ereignisse („E“), z. B. Fehler oder Komponentenausfälle, ausgelöst werden.

Tabelle 3 — Überprüfungs- und Wartungsaufgaben und Grundlagen für die Bestimmung der Aufgabenintervalle

Komponente/Aufgabe		Maßgebender Abschnitt/ Unterabschnitt	L	E	Intervallgrundlage
Module					
	Auf Risse, Delaminierungen, Brüche, Brandspuren überprüfen	11.3.3	X	X	Bereiche mit starker Blitz- oder Windaktivität, in der Nähe von durchgeführten Bauarbeiten, alternden Systemen (bei Delaminierungen).
	Auf Mikrorisse und „Schneckenspuren“ überprüfen				Produkte, bei denen in der Vergangenheit Mikrorisse aufgetreten sind. Standorte, an denen Schnee- oder Windkräfte auf Module usw. wirken. Auswirkungen können in Gebieten mit hoher Luftfeuchte größer sein.
	Auf übermäßige Ablagerung von Schmutz und Tierexkrementen überprüfen			X	Wenn der Standort für ein hohes Maß an Verschmutzung, Vogelexkremente usw. anfällig ist.
	Wärmebildaufnahmen von Anschlusskästen, Zellenvariationen, internen Verbindungen, Teilbetrieb	11.3.3	X	X	Kann das vorgegebene Verfahren für große Anlagen sein (z. B. Verwendung von Luftaufnahmen). Standorte, die für Blitzeinschläge anfällig sind, z. B. für die Bypass-Dioden-Diagnose, jahreszeitliche Prüfabweichung zur Sicherstellung einer hohen Bestrahlungsstärke, z. B. im Sommer.
	Steckverbinderprüfungen – Sichtprüfung auf	11.3.4	X	X	Wenn Steckverbinder altern oder starkem Wind oder anderen Verschiebungs- oder

Komponente/Aufgabe		Maßgebender Abschnitt/ Unterabschnitt	L	E	Intervallgrundlage
	Beschädigung, Stichprobenprüfung auf Festigkeit				Belastungsquellen ausgesetzt sind. Wenn Steckverbinder verschiedener Hersteller verwendet werden. Bei Standorten mit ungewöhnlich zahlreicher Verwendung von oder einer Vorgeschichte von Problemen mit vor Ort montierten Steckverbindern.
	Bildaufnahmen von Modulsteckverbindern zur Erkennung von hochohmigen, gerissenen oder gefährdeten Verbindungen	11.3.4	X	X	Nur zustandsabhängig, es sei denn, bei dem System sind in der Vergangenheit Steckverbinderprobleme aufgetreten, keine Erkennung von Lichtbogenfehlerverbindungen und/oder geringfügigen Erdschlüssen enthalten.
Arrays					
	Fremdkörper oder abgelegte Gegenstände unter dem Array	11.2.1		X	Gilt für Freiflächen-Kraftwerke nach der Errichtung oder nach erheblichen Wartungsarbeiten. Auch andere Arten von Fremdkörpern berücksichtigen, die vom Wind oder anderen Quellen stammen.
	Tier- oder Schädlingsbefall unter dem Array	11.2.1			Abhängig von den Standortbedingungen und davon, ob Auswirkungen auf die Verkabelung oder die Ausrüstungen zu befürchten sind. Möglicherweise jahreszeitlich bedingt, z. B. Nisten von Vögeln im Frühjahr.
	Wiederkehrende Isolationswiderstandsprüfung	IEC 62446-1:2016, 6.7	X	X	Für Systeme mit Funktionserde-Arrays, wiederkehrende Prüfungen an Standorten, an denen in der Vergangenheit Verkabelungsschäden aufgetreten sind oder die Verkabelung anfällig für Beschädigungen ist, oder wo Prüfungen in Verbindung mit wiederkehrenden Wechselrichterprüfungen durchgeführt werden können.
	Verfolgung von Abschattungsquellen im Vergleich zum Basisniveau während der Inbetriebnahme	11.4.3	X		Nach Bedarf für die Diagnose von Leistungsproblemen. Kann als vorbeugende Maßnahme an Standorten mit in der Nachbarschaft wachsenden Bäumen und/oder mit vertraglicher Leistung usw. sinnvoll sein.
	Strang- oder Kabelstrangmessungen von U_{oc} für Basisniveauvergleiche	11.4.4.2	X	X	Wie für Leistung oder Fehlersuche notwendig oder wenn ein Basisniveau für die vertragliche Leistung erforderlich ist.
	Strang- oder Kabelstrang-Strommessungen für Basisniveauvergleiche	11.4.4.3	X	X	
	Strang- oder Kabelstrang-I/U-Kennlinie für Leistungs-Basisniveauvergleiche, ID-Ausfälle	11.4.4.4	X	X	Alternative zu Strang-U/I-Prüfungen, besonders sinnvoll für erweiterte Diagnose der Strangleistung.

Komponente/Aufgabe		Maßgebender Abschnitt/ Unterabschnitt	L	E	Intervallgrundlage
	Vegetationspflege – Pflanzen beschneiden, entfernen, bekämpfen	11.4.5	X	X	In hohem Maße standort- und jahreszeitabhängig, wenn überhaupt erforderlich. Auf Standortüberprüfung oder Betrieb im ersten Jahr basierend, zur Sicherstellung der Leistung, des Ausrüstungsschutzes oder beider.
Wechselrichter					
	Optische Hinweise durch Wechselrichterlampen und -anzeigen	Nicht zutreffend	X	X	Sinnvoll für die Prüfung kleiner Systeme auch durch nicht qualifiziertes Personal oder für die Fehlersuche.
	Inspektion Wechselrichtergehäuse außen	11.4.1			Selten oder im Rahmen der vom Wechselrichterhersteller angegebenen Zeitintervalle. Häufiger an Standorten mit korrosiven Umgebungen.
	Wechselrichter innen (Wasser, Staub, Nagetiere)	11.3.1	X	X	Selten, außer an Standorten mit Nagetierproblemen oder mit Starkregen, hoher Luftfeuchte, Überschwemmungen, Staubeinwirkung oder wo in der Vergangenheit Kondensation in Verbindungselektroinstallationsrohren aufgetreten ist.
	Wechselrichter innen – Anzugsmarkierungen, Brandspuren an Feldanschlussklemmen	11.3.1	X	X	Für die Fehlersuche und/oder im Rahmen der vom Wechselrichterhersteller angegebenen Zeitintervalle. In den ersten ein bis zwei Jahren möglicherweise häufigere Zeitintervalle.
	Wiederkehrende Wartung – nach Herstellerangaben	13.4.1			Nach Angaben
Gehäuse					
	Zugänglichkeit von Schaltschränken (gesichert)	11.2.1			Wiederkehrende Prüfungen empfohlen an Standorten mit starker Beanspruchung oder häufigem Zugang; Schulen, öffentliche Gebäude, Parks usw.
	Gehäusekorrosion	11.3.2.2			Selten, außer an Standorten mit korrosiven Umgebungen.
Leistungsschalter/Lasttrennschalter					
	Anzugsmarkierungen an Feldanschlüssen überprüfen	11.3.2.1	X		Nach den Hersteller-/Lieferantenempfehlungen. Möglicherweise nur im ersten Jahr.
	Auf Fremdkörper und Anzeichen von Wasser untersuchen	11.3.2.3, 11.3.2.4	X	X	An Standorten mit Starkregen, Überschwemmungen oder erheblicher Fremdkörperbelastung durch Wind. Dort wo in Elektroinstallationsrohren starke Kondensation auftreten kann.
	Brand-/Lichtbogenverfärbungen an Anschlussklemmen, Baugruppen, Sicherungshaltern	11.3.2.1	X	X	Standorte mit starker Blitzaktivität oder ähnlichen Problemen in der Vergangenheit.