



Ernst Schneider

Praxiskompass Elektrosicherheit

Photovoltaikanlagen normkonform
errichten



Ernst Schneider

Praxiskompass Elektrosicherheit

Photovoltaikanlagen normkonform
errichten

IMPRESSUM

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

© 2023 by WEKA Media GmbH & Co. KG

Alle Rechte vorbehalten. Nachdruck und Vervielfältigung
– auch auszugsweise – nicht gestattet.

Wichtiger Hinweis

Die WEKA Media GmbH & Co. KG ist bemüht, ihre Produkte jeweils nach neuesten Erkenntnissen zu erstellen. Deren Richtigkeit sowie inhaltliche und technische Fehlerfreiheit werden ausdrücklich nicht zugesichert. Die WEKA Media GmbH & Co. KG gibt auch keine Zusicherung für die Anwendbarkeit bzw. Verwendbarkeit ihrer Produkte zu einem bestimmten Zweck. Die Auswahl der Ware, deren Einsatz und Nutzung fallen ausschließlich in den Verantwortungsbereich des Kunden.

WEKA Media GmbH & Co. KG
Sitz in Kissing
Registergericht Augsburg
HRA 13940

Persönlich haftende Gesellschafterin:
WEKA Media Beteiligungs-GmbH
Sitz in Kissing
Registergericht Augsburg
HRB 23695
Vertretungsberechtigte Geschäftsführer:
Jochen Hortschansky, Kurt Skupin

WEKA Media GmbH & Co. KG
Römerstraße 4, 86438 Kissing
Fon 08233.23-4000
Fax 08233.23-7400
service@weka.de
www.weka.de

Umschlag geschützt als Geschmacksmuster der
WEKA Media GmbH & Co. KG

Satz: WEKA Media GmbH & Co. KG
Druck: Elanders GmbH, Anton-Schmidt-Str. 15, 71332 Waiblingen
Printed in Germany

ISBN 978-3-8111-6458-1

Der Autor

Ernst Schneider ist Jurist und Experte für technisches Recht. Er eröffnete 2001 ein Fachredaktionsbüro und veröffentlichte seitdem eine Vielzahl von Büchern und Beiträgen in Fachzeitschriften sowie elektronischen Informationsdiensten.

Ernst Schneider ist Mitglied in der Sektorgruppe Elektrotechnik (ANP-SGE) und in der Themengruppe Produktkonformität (ANP-TGP) des Ausschusses Normenpraxis DIN e.V.



Vorwort

Die Errichtung von Photovoltaikanlagen ist eine sehr komplexe, fachübergreifende Aufgabe. Neben etablierten und erfahrenen elektrotechnischen Handwerksbetrieben tummeln sich aufgrund der ungeheuren Nachfrage von Kundenseite auf der Anbieterseite allerdings immer mehr neu gegründete fachfremde Unternehmen, die natürlich auch vom Boom profitieren wollen. Diese sind aufgrund der gesetzlichen Vorgaben und technischen Normanforderungen allerdings gezwungen, Leistungen von Elektrofachkräften (EFKs) und eingetragenen Elektroinstallationsbetrieben extern einzukaufen. Ob dies für die Konformität und Qualität der PV-Anlagen-Errichtung sinnvoll ist, kann zumindest bezweifelt werden.

Die Errichtung von PV-Anlagen ist, wie bereits gesagt, äußerst komplex. Beteiligt sind hier:

- der Auftraggeber als zukünftiger Betreiber der Anlage (ANLB)
- der Statiker des Gebäudes, auf dem die Anlage installiert werden soll, der ggf. die Festigkeit von Dach- und Modultagegestell bewerten muss
- der Errichter der Tragekonstruktion und der Befestigung der Module
- der Elektrotechniker, der die Module und die Verbindung zur elektrischen Anlage installiert
- das in das Installateurverzeichnis eingetragene Elektrohandwerksunternehmen, das für den Anschluss an die Niederspannungsanlage oder die Mittelspannungsanlage verantwortlich ist
- ggf. der Verteilungsnetzbetreiber, der die erzeugte Energie abnimmt

Unter Umständen kommt noch ein Dachdeckerunternehmen in Betracht, wenn vor der Errichtung Änderungen am Dach oder Reparaturen nach Beschädigungen vorgenommen werden müssen. Eine koordinierte Zusammenarbeit ist nicht nur aufgrund der Natur der Sache, sondern auch aufgrund gesetzlicher Vorgaben notwendig.

Dieser Praxiskompass erläutert die für die Elektrofachkraft wichtigsten technischen Normvorgaben. Die Anforderungen bezüglich anderer Gewerke können nur am Rande erläutert werden. Zunächst werden die Vorbereitung der Errich-

tungsmaßnahmen und allgemeine Montagevorgaben behandelt. Danach folgt die ausführliche Erläuterung der aktuellen elektrotechnischen Kernnorm DIN VDE 0100-712. Die weiteren Kapitel beschäftigen sich mit der Anwendungsregel zur Installation des Stromspeichers (VDE-AR-E 2510-2) und der Anwendungsregel für den Netzanschluss (VDE-AR-N 4105).

Der Praxiskompass schließt mit den unfallversicherungsrechtlichen Vorgaben der DGUV zur Montage und Instandhaltung von Photovoltaikanlagen, die in der Praxis leider immer noch zu selten eingehalten werden – obwohl die Verstöße gegen die Vorgaben zu lebensgefährlichen oder gar tödlichen Unfällen führen können.

Die Ausführungen berücksichtigen den derzeit aktuellen Rechts- und Normenstand.

*Ernst Schneider
Zusmarshausen, Mai 2023*

Inhaltsverzeichnis

Der Autor	5
Vorwort	7
Vorbereitung der Errichtungsmaßnahmen.....	15
PV-Anlagen sind in der Regel genehmigungsfrei	15
Benötigter Stromverbrauch für Privatanutzer	17
Grundstücksbeschaffenheit (Verschattungsproblematik)	17
Statikanforderungen an das Dach	18
Anforderungen an den Errichter.....	19
Besondere Anforderungen an Betreiber.....	20
Produktauswahl und Berechnung	20
Allgemeine Montagevorgaben	23
Installation elektrotechnischer Anlagen.....	23
Tragsysteme auf verschiedenen Dachtypen	23
Modulanordnung.....	25
DIN VDE 0100-712:2016-10: Grundnorm für Photovoltaik-(PV)- Stromversorgungssysteme.....	27
Einleitung, Anwendungsbereich, Begriffe und Verweisungen.....	28
PV-System nach DIN VDE 0100-712	28
Bezug zur Anwendungsregel VDE-AR-E 2510-2.....	29
Begriffsdefinitionen der DIN VDE 0100-712:2016-10	30
Schutzmaßnahmen	37
Schutz gegen elektrischen Schlag	37
Schutz gegen thermische Einflüsse.....	38
Schutz gegen durch elektrische Betriebsmittel verursachte Brände	38
Schutz bei Überstrom	40
Schutz bei Kurzschlussströmen.....	42
Schutz bei Störspannungen und elektromagnetischen Störgrößen	42
Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel	43

Betriebsbedingungen und äußere Einflüsse.....	43
Strombelastbarkeit.....	47
Anforderungen an elektrische Verbinder.....	47
Schalt-, Steuer- und Überwachungsgeräte.....	49
Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs).....	49
Einrichtungen zum Schutz bei Überstrom.....	50
Einrichtungen zum Schutz bei Überspannungen.....	51
Trenn- und Schalteinrichtungen.....	51
Erdungsanlagen und Schutzleiter.....	53
Prüfungen.....	54
Anhänge.....	54
VDE-AR-E 2510-2:2021-02: Die Grundregel für Energiespeichersysteme . 57	
Was sind eigentlich VDE-Anwendungsregeln?.....	58
Vermutungsregel zieht Beweislastumkehr nach sich.....	58
Inhaltsverzeichnis der Anwendungsregel.....	59
Anwendungsbereich.....	61
Normative Verweisungen.....	61
Notwendige Begriffe.....	61
Transport von Batterien.....	64
Allgemeine Anforderungen.....	64
Transport von Bleibatterien.....	65
Transport von Lithiumbatterien.....	67
Anforderungen an elektrische Energiespeichersysteme.....	67
Allgemeine Anforderungen für den Aufstellort stationärer Energie- speichersysteme.....	68
Spezielle Anforderungen für das Aufstellen von Batterien.....	68
Elektrische Installation der Energiespeicher.....	70
Allgemeine Anforderungen.....	70
Anschlussregeln für den Betrieb am öffentlichen Netz.....	71
Symmetrieanforderungen im Inselbetrieb.....	71

Symmetriebedingungen im netzgekoppelten Betrieb.....	72
Spannungsqualität	72
Schutz gegen elektrischen Schlag bei Inselbetrieb.....	73
Inselbetrieb im IT-System	73
Inselbetrieb mit TN-S-System.....	74
Schutz bei Überstrom	76
Schalt- und Steuergeräte.....	77
Einrichtungen zur Netzabschaltung bei Inselbetrieb	79
Isolationsüberwachungsgeräte	80
Erdungsanlagen und Schutzleiter.....	80
Betriebsarten bei Energiespeichersystemen.....	81
Koordination mit dezentralen Erzeugungsanlagen (EZA) im Inselbetrieb zur Leistungsbegrenzung.....	81
Prüfungen	82
Erstprüfung und wiederkehrende Prüfung	82
Besichtigen	82
Erproben und Messen.....	83
Dokumentation.....	85
Warn- und Hinweisschilder sind unverzichtbar	85
Elektrofachkraft benötigt Systemdokumentation	86
Betrieb	87
Herstellerinformationen zur Inbetriebnahme und Funktionskontrolle	87
Elektrofachkraft ist für Unterweisung des Anlagenbetreibers zuständig... ..	88
Netzanschluss von PV-Anlage und Batteriespeicher gemäß VDE-AR-N 4105:2018-11	91
Für diese Erzeugungsanlagen gilt die VDE-AR-N 4105:2018-11	92
Umsetzung von Anwendungsregeln meist freiwillig.....	92
Inhalt der VDE-AR-N 4105:2018-11	93

Anwendungsbereich.....	94
VDE-AR-N 4105:2018-11 gilt für Neuanschluss, Erweiterung oder Änderung	95
Wesentliche Änderungen sind vom Anwendungsbereich mitumfasst.....	97
Allgemeine Rahmenbedingungen	97
Bestimmungen und Vorschriften	98
Anmeldeverfahren und anschlussrelevante Unterlagen.....	99
Inbetriebsetzung der Erzeugungsanlage und/oder des Speichers	100
Netzanschluss.....	103
Grundsätze für die Festlegung des Netzanschlusspunkts.....	104
Bemessung der Netzbetriebsmittel.....	106
Zulässige Spannungsänderung	107
Netzurückwirkungen	107
Anschlusskriterien.....	107
Drehstrom-Umrichteranlagen	111
Verhalten der Erzeugungsanlage am Netz	112
Ausführung der Erzeugungsanlage/Netz- und Anlagenschutz (NA-Schutz)	135
Generelle Anforderungen	135
Zentraler NA-Schutz.....	137
Integrierter NA-Schutz.....	138
Kuppelschalter.....	138
Schutzeinrichtungen und Schutzeinstellungen	140
Weitere Anforderungen an Erzeugungsanlagen	146
Abrechnungsmessung	147
Betrieb der Anlage.....	148
Allgemeines.....	149
Netznotwendige Leistungsreduzierung oder Abschaltung	151
Besonderheiten bei der Betriebsführung des Netzbetreiber-Netzes.....	154
Zuschaltbedingungen und Synchronisierung.....	156

Besonderheiten bei der Planung, Errichtung und beim Betrieb von Erzeugungsanlagen und Speichern mit jeweils $P_{Amax} \geq 135$ kW	158
Nachweis der elektrischen Eigenschaften.....	159
Arbeitsschutz und Arbeitssicherheit: DGV Information 203-080	163
Anwendungsbereich und Begriffsdefinitionen.....	164
Gefährdungsbeurteilung.....	167
Zusammenarbeit mehrerer Unternehmen und Fremdfirmeneinsatz.....	167
Verantwortung im Arbeitsschutz	168
Verantwortungsbereich des Auftragnehmers.....	168
Verantwortungsbereich des Auftraggebers/Betreibers.....	172
Besondere organisatorische Maßnahmen für elektrotechnische Arbeiten	173
Gefährdungen und Schutzmaßnahmen.....	173
Absturz- und Durchsturzsrisiko.....	173
Zugang zum Dach.....	175
Arbeitsflächen und Wege auf der Dachfläche	176
Elektrische Gefährdungen	177
Elektrische Gefährdungen und Schutzmaßnahmen auf der Generatorseite.....	177
Elektrische Gefährdungen und Schutzmaßnahmen im AC-System (Netzseite)	184
Weitere nicht elektrotechnische Gefährdungen.....	186
Kurzzeitige Arbeiten, Wartung und Instandhaltung	187
Modulaustausch	188
Muster-Gefährdungsbeurteilung Errichtung von PV-Anlagen.....	189
Stichwortverzeichnis.....	193

Vorbereitung der Errichtungsmaßnahmen

Vor Beginn der Errichtungsmaßnahmen sollten sich der Errichter und der spätere Betreiber Gedanken über den grundsätzlichen Ablauf und die Rahmenbedingungen machen. Es geht um die Klärung der folgenden grundsätzlichen Fragen durch Auftraggeber und Auftragnehmer:

1. Bestehen baurechtliche Bedenken (z.B. Denkmalschutz)?
2. Welche bautechnische Lösung soll aufgrund der Gegebenheiten gewählt werden (Dacheinbau, Dachaufbau oder Freilandanlage)?
3. Ist das Dach mit den entsprechenden Zusatzlasten der PV-Module und deren Tragematerialien ausreichend belastbar und widersteht es der Windlast?
4. Welche Leistung soll die Anlage im Endausbau aufweisen?
5. Welche Einspeisungsart wird gewählt (Niederspannung oder Mittelspannung)?
6. Ist die Finanzierung ausreichend und sicher?
7. Liegen die erforderlichen technischen Planungsergebnisse vor (vor allem PV-Generator und Wechselrichter, Tragsysteme, Erdungs-, Blitzschutz- und Überspannungsschutzmaßnahmen, Netzeinspeisung)?
8. Ist die Prüfung nach Fertigstellung geregelt?
9. Besteht Klarheit über den Wartungszyklus, -umfang und die Wartungsverantwortlichkeit?

Fazit: Nur wenn alle Fragen ausreichend beantwortet werden können, sollte der entsprechende Errichtungsvertrag abgeschlossen werden.

PV-Anlagen sind in der Regel genehmigungsfrei

Die Errichtung und die Änderung von Gebäuden sowie deren Abriss sind in der Regel nach den jeweiligen Landesbauordnungen genehmigungspflichtig. Diese enthalten jedoch für bestimmte Baumaßnahmen ein „Privileg“ der Genehmigungsfreiheit. So gilt die Errichtung von PV-Anlagen gemäß § 61 Abs. 1 Nr. 3 Musterbauordnung (MBO; die MBO ist die Blaupause für die jeweiligen Landesbauordnungen) als „verfahrensfreies Bauvorhaben“.

§ 61 Abs. 1 Nr. 3 Musterbauordnung

„(1) Verfahrensfrei sind

[...]

3. folgende Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien

a) Solaranlagen in, an und auf Dach- und Außenwandflächen ausgenommen bei Hochhäusern sowie die damit verbundene Änderung der Nutzung oder der äußeren Gestalt des Gebäudes,

b) gebäudeunabhängige Solaranlagen mit einer Höhe bis zu 3 m und einer Gesamtlänge bis zu 9 m,

c) Windenergieanlagen bis zu 10 m Höhe gemessen von der Geländeoberfläche bis zum höchsten Punkt der vom Rotor bestrichenen Fläche und einem Rotordurchmesser bis zu drei Metern außer in reinen Wohngebieten;“

§ 62 Musterbauordnung erlaubt, dass die unter a) genannten PV-Anlagen ohne Genehmigung der zuständigen Baubehörde durchgeführt werden dürfen. Bau-technische Nachweise für die PV-Anlage sind gemäß § 66 Musterbauordnung nicht erforderlich.

Grundsätzliche Anforderungen einhalten

Trotzdem sind die grundsätzlichen Anforderungen an die Standsicherheit, an Brand-, Schall-, Wärme- und Erschütterungsschutz als anerkannte Regeln der Technik einzuhalten – davon entbindet auch die Genehmigungsfreiheit nicht.

Der Errichter der PV-Anlage ist verpflichtet, die geltenden Regeln der Technik eigenverantwortlich einzuhalten. Er ist für die gesetzeskonforme Installation und für die Einhaltung der Installationsrichtlinien verantwortlich.

Ob einzelne Kommunen die Genehmigungsfreiheit einschränken dürfen, ist verwaltungsrechtlich umstritten. Die Genehmigungsfreiheit endet allerdings, wenn das Gebäude durch die PV-Anlage eine Nutzungsänderung erfährt. Eine Nutzungsänderung liegt z.B. grundsätzlich nicht vor, wenn die größere Menge des erzeugten Stroms in dem Gebäude selbst verbraucht wird. Eine Rückfrage beim örtlich zuständigen Bauamt sorgt diesbezüglich für Rechtssicherheit.

Benötigter Stromverbrauch für Privatanutzer

Der Verbrauch eines gewerblichen Nutzers lässt sich unmöglich mit Durchschnittssätzen abbilden, da dieser individuell unterschiedlich ist. Anders sieht dies in Privathaushalten aus. Hier geht man von folgendem Stromverbrauch aus:

- Der Zwei-Personen-Haushalt verbraucht ca. 3.440 kWh Strom/Jahr.
- Der Drei-Personen-Haushalt verbraucht ca. 4.050 kWh Strom/Jahr.
- Der Vier-Personen-Haushalt verbraucht ca. 4.940 kWh Strom/Jahr.

Während bislang eine Leistungsgrenze von 10 kWp für die Einstufung als Privaterzeugung galt – und damit die Gewerbesteuerfreiheit galt –, wurde diese Grenze ab 01.01.2023 auf 30 kWp angehoben. Seitdem muss für Leistungen unter dieser Grenze keine Gewerbesteuer bezahlt werden.

Grundstücksbeschaffenheit (Verschattungsproblematik)

Grundsätzlich sollten Betreiber von PV-Anlagen davon ausgehen, dass ein Baum, der die PV-Anlage verschattet, nicht ohne Prüfung der Rechtmäßigkeit gefällt werden darf. Die jeweiligen Gemeindefestsetzungen enthalten häufig konkrete Beschränkungen, die für diese Fälle gelten. Meist tritt die Genehmigungspflicht einer Baumbeseitigung bei Stämmen mit mehr als 60 cm Stammumfang ein. Wenn derartige Bäume ohne Genehmigung gefällt werden, drohen Bußgelder, die bis zu 50.000 Euro reichen können.

Statikanforderungen an das Dach

Wenn es um die statischen Anforderungen an das Dach als Tragfläche geht, haben die meisten Errichter vor allem das Belastungsgewicht im Fokus. Hauptkriterium für die belastbare Statik ist aber nicht das Gewicht der Module, sondern die dynamischen Kräfte der Windlast. Durch den Wind entsteht neben der zusätzlichen Druckkraft durch das Gewicht auch eine Saugkraft, die die Konstruktion abheben könnte. Diese Kräfte belasten die Konstruktion der Anlage selbst, dadurch die Befestigung der Anlage an dem Dach und damit verbunden auch den Dachstuhl. Ob hier eine entsprechende Berechnung durch einen Statiker erforderlich ist, entscheiden die Umstände vor Ort.

Das Dach selbst hat neben der Traglast weitere Aufgaben, die durch die Montage nicht beeinträchtigt werden dürfen. Dazu gehört primär sicherlich die Abdichtung der darunterliegenden Geschosse gegen eindringende Feuchtigkeit. Deshalb ist bei der Errichtung sicherzustellen, dass durch das Einbringen der Befestigungsmittel kein Wasser eindringen kann. Bei aufgeständerten Systemen ist besonders zu beachten, dass die Dachhaut durch das Tragsystem nicht beschädigt wird (z.B. durch die Punktlast der Auflager). Ebenfalls ist der geregelte Abfluss von Wasser zu gewährleisten. Auch durch das Begehen des Dachs zur Montage besteht die Gefahr einer Beschädigung.

Verantwortlich ist der Errichter

Für die statische Vorabklärung und die regelkonforme Wiederherstellung des Dachs nach der Montage ist der Errichter der PV-Anlage verantwortlich.

Der Errichter muss sich auch vorab Gewissheit darüber verschaffen, dass das Dach nicht mit asbesthaltigem Material gedeckt ist. Die Arbeiten an solchen Baustoffen sind ohne Genehmigung der zuständigen Behörde und der vorhergehenden Anzeige bei der Berufsgenossenschaft untersagt. Die Arbeitsschutzverwaltung erteilt nach Prüfung der Umstände eine Genehmigung mit entsprechenden Auflagen. Ebenfalls muss der Errichter die Durchtrittssicherheit des Dachs prüfen. Eine Bestätigung der Durchtrittssicherheit ist grundsätzlich erforderlich. Wenn

diese nicht fachkundig (z.B. von einem Statiker oder Architekten) festgestellt wird, sind besondere Arbeitsschutzmaßnahmen zu ergreifen.

Anforderungen an den Errichter

Laut § 13 Abs. 1 Niederspannungsanschlussverordnung (NAV) gilt, dass für die ordnungsgemäße Errichtung, Erweiterung, Änderung und Instandhaltung der elektrischen Anlage hinter der Hausanschlussicherung der Anschlussnehmer gegenüber dem Netzbetreiber verantwortlich ist. Laut Abs. 2 Satz 1 darf die Anlage nur nach den Vorschriften der Niederspannungsanschlussverordnung, nach anderen anzuwendenden Rechtsvorschriften und behördlichen Bestimmungen sowie nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik errichtet, erweitert, geändert und instand gehalten werden. Entsprechende Arbeiten dürfen außer durch den Netzbetreiber nur durch ein in das Installateurverzeichnis eines Netzbetreibers eingetragenes Installationsunternehmen durchgeführt werden.

Wer welche elektrotechnischen Arbeiten durchführen darf

Eigentlich dürfen elektrotechnische Arbeiten ausschließlich von Personen durchgeführt werden, die in die Handwerksrolle als Elektrotechniker eingetragen sind. § 5 Handwerksordnung (HwO) erlaubt allerdings, dass geringfügige Arbeiten, die im direkten Zusammenhang mit einem Hauptauftrag stehen, auch von Personen ausgeführt werden dürfen, wenn die entsprechende Fachkunde vorhanden ist. Diese besitzt eine „Elektrofachkraft für festgelegte Tätigkeiten“ (EFKffT), die gemäß den Anforderungen aus DGUV Vorschrift 3 und DGUV Grundsatz 303-001 ausgebildet und bestellt ist. Somit wird auch nicht-elektrotechnischen Berufen (z.B. Dachdeckern) erlaubt, PV-Anlagen zu installieren. Diese Erlaubnis endet aber an der Übergabestelle zum Versorgungsnetz. Ab hier dürfen Arbeiten ausschließlich durch eine Elektrofachkraft (EFK) oder unter Leitung und Aufsicht einer Elektrofachkraft durch eine elektrotechnisch unterwiesene Person (EuP) durchgeführt werden.

Besondere Anforderungen an Betreiber

Für den Betrieb einer Übergabestation auf der Hochspannungsebene gelten die Vorgaben der Technischen Anschlussbedingungen für den Anschluss an das Mittelspannungsnetz (TAB-Mittelspannung). Hier vertritt der Eigentümer der Anlage die Rolle des Anlagenbetreibers (ANLB), der für den ordnungsgemäßen Betrieb der Anlage verantwortlich ist. Der Anlagenbetreiber muss dem Netzbetreiber einen Betriebsverantwortlichen, der Elektrofachkraft ist und über eine Schaltberechtigung verfügt, für den ordnungsgemäßen Betrieb der Übergabestation benennen. Dieser muss für den Netzbetreiber ständig erreichbar sein. Wenn der Anlagenbetreiber nicht selbst über die vorgenannten Kenntnisse und Qualifikationen verfügt, muss er eine entsprechend qualifizierte Person damit beauftragen.

Produktauswahl und Berechnung

Alle in der PV-Anlage verwendeten Produkte und Betriebsmittel müssen den Sicherheitsanforderungen der Europäischen Union entsprechen. Als Beleg dient die entsprechende Konformitätserklärung, die durch die Anbringung des CE-Zeichens bestätigt wird. Die Anforderungen an die CE-Kennzeichnung gelten nicht nur für die PV-Module, sondern auch für alle anderen Produkte, die im Zusammenhang mit der Anlage stehen. Wenn die Anlage in das öffentliche Netz einspeist, gilt zusätzlich die Niederspannungsanschlussverordnung, laut der nur Materialien und Geräte verwendet werden dürfen, die entsprechend § 49 des Energiewirtschaftsgesetzes unter Beachtung der allgemein anerkannten Regeln der Technik hergestellt sind. Die Einhaltung der Voraussetzungen wird vermutet, wenn das Zeichen einer akkreditierten Stelle, vor allem das CE-Zeichen, aber auch das VDE-Zeichen, vorhanden ist. Die Fülle der Herstellernormen ist unendlich groß und verändert sich ständig, weshalb hier auf eine einzelne Aufzählung verzichtet werden muss.

Aktuellen Normstandard beachten

Sowohl dem Auftraggeber als auch dem Auftragnehmer ist es zu empfehlen, immer den aktuell geltenden Normstandard bei der Produktauswahl zu berücksichtigen.

Die Berechnung der Größe und Leistungsfähigkeit der benötigten Solarmodule wie auch der sinnvollerweise verwendeten Batteriespeicher ist mehr als komplex. Hier sind der benötigte Stromverbrauch und die Dachfläche wichtige Parameter. Dazu kommen noch die diversen Leistungsunterschiede der Module und Speicher. Im Allgemeinen lässt sich sagen, dass sich Leistungsfähigkeit und Speicherkapazität aufgrund technischer Fortentwicklung ständig erhöhen. Gleiches gilt auch für die Preissteigerungen aufgrund der zurzeit herrschenden Energiekrise – langfristig gesehen werden aber unserer Meinung nach auch hier die Preise sinken.

Zur konkreten Berechnung einer PV-Anlage steht im Internet eine Vielzahl von Berechnungstools kostenlos zur Verfügung.

DIN VDE 0100-712:2016-10: Grundnorm für Photovoltaik-(PV)-Stromversorgungssysteme

Die aktuelle Ausgabe der für die Praxis zentralen Norm stammt von 2016. Ihr offizieller Titel lautet: DIN VDE 0100-712 (VDE 0100-712):2016-10 „Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 7-712: Anforderungen für Betriebsstätten, Räume und Anlagen besonderer Art – Photovoltaik-(PV)-Stromversorgungssysteme“. Diese Ausgabe löste die alte DIN VDE 0100-712:2006-06 ab. Die DIN VDE 0100-712 ist – wie sich schon an der Bezeichnung erkennen lässt – eine rein deutsche Norm, obwohl es sich um eine Übernahme des europäischen Harmonisierungsdokuments HD 60364-7-712:2016 „Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 7-712: Anforderungen für Betriebsstätten, Räume und Anlagen besonderer Art – Photovoltaik-(PV)-Stromversorgungssysteme“ handelt.

Um PV-Anlagen, die sich 2016 in der Planungs- bzw. Montagephase befanden, fertigstellen zu können, wurde eine mittlerweile abgelaufene Übergangsfrist bis zum 08.04.2019 festgesetzt. Allerdings mussten schon 2016 normative Änderungen, die Einfluss auf die Personen- oder Brandsicherheit haben, grundsätzlich sofort berücksichtigt werden.

Aktuell ist eine Neufassung der DIN VDE 0100-712:2016-10 in Arbeit. Der entsprechende Entwurf enthält neben einer Überarbeitung des Begriffskapitels eine umfassende Überarbeitung und Erweiterung der gesamten technischen Anforderungen unter Berücksichtigung der Erfahrungen beim Bau und Betrieb von PV-Anlagen sowie der Weiterentwicklung der Technik.

Nach Rücksprache unserer Redaktion beim zuständigen DKE-Gremium 221.5 wird die Neufassung allerdings frühestens 2024 veröffentlicht werden. Sie können davon ausgehen, dass wieder eine mehrjährige Übergangsfrist bis zum zwingenden Inkrafttreten eingeräumt wird – wir prognostizieren, dass diese zumindest bis Ende 2026 dauern wird.

Einleitung, Anwendungsbereich, Begriffe und Verweisungen

Für die Anwendung der DIN VDE 0100-712:2016-10 wird in der Einleitung festgehalten, dass die allgemeinen Anforderungen der Teile 100 bis 600 der Normen der Reihe DIN VDE 0100 gelten. Ergänzend wird angemerkt, dass die Teile 7XX der Normen der Reihe DIN VDE 0100 mit ihren Anforderungen an Betriebsstätten, Räume und Anlagen besonderer Art – basierend auf den allgemeinen Anforderungen der Teile 100 bis 600 der Normen der Reihe DIN VDE 0100 – gelten. Diese sind in Verbindung mit den allgemeinen Anforderungen zu betrachten.

Die DIN VDE 0100-712 ist laut Abschnitt 712.1 „Anwendungsbereich“ bei der Errichtung von PV-Stromversorgungssystemen (PV-Systemen) anzuwenden, die vorgesehen sind, um

- elektrische Anlagen dauernd mit elektrischer Energie oder
- elektrische Anlagen gelegentlich mit elektrischer Energie zu versorgen oder
- die elektrische Energie in ein öffentliches Stromverteilungsnetz bzw.
- die elektrische Energie in eine Verbraucheranlage (nicht öffentliches Stromverteilungsnetz) einzuspeisen.

Grundsätzlich werden in der Norm nur die elektrischen Betriebsmittel eines PV-Systems sowie andere elektrische Betriebsmittel behandelt, die für die Auswahl und Anwendung in einer PV-Anlage wichtig sind.

PV-System nach DIN VDE 0100-712

Ein PV-System mit seiner elektrischen Anlage besteht im Wesentlichen aus mindestens einem PV-Modul oder einer Kombination von PV-Modulen, die mit speziell dafür vorgesehenen Anschlusskabeln und -leitungen miteinander verbunden sind, wobei es immer am Netzanschlusspunkt des öffentlichen Stromverteilungsnetzes bzw. der Verbraucheranlage endet.

Im Unterschied zur 2006er-Fassung werden diejenigen PV-Systeme konkret aufgelistet, für die die Anforderungen der DIN VDE 0100-712 anzuwenden sind:

1. PV-Systeme, die der Einspeisung in eine elektrische Anlage dienen und nicht an ein öffentliches Stromverteilungsnetz angeschlossen sind

2. PV-Systeme, die der Einspeisung in eine elektrische Anlage dienen und parallel mit den öffentlichen Stromverteilungsnetzen verbunden sind
3. PV-Systeme, die der Einspeisung in eine elektrische Anlage dienen als Alternative zum öffentlichen Stromverteilungsnetz
4. zuvor genannte PV-Systeme in geeigneten Kombinationen

Im Grunde beschreibt der Anwendungsbereich der Norm die meisten der aktuell typischen Varianten von PV-Systemen.

Bezug zur Anwendungsregel VDE-AR-E 2510-2

In der nationalen Anmerkung zur DIN VDE 0100-712 wird darauf hingewiesen, dass für stationäre elektrische Energiespeichersysteme, die zum Anschluss an das Niederspannungsnetz in Deutschland vorgesehen sind, die VDE-AR-E 2510-2:2015-09 gilt. Die VDE-Anwendungsregel beschreibt ergänzende Anforderungen für bestimmte allgemeine Anforderungen der Teile 100 bis 600 der Normenreihe VDE 0100. Hier werden

1. komplette Energiespeichersysteme betrachtet,
2. verschiedene Gefährdungen durch unterschiedliche Betriebsarten berücksichtigt und
3. die Sicherheit der Energiespeichersysteme für den Nutzer erhöht.

Dabei werden explizit der Transport bei Errichtung und die Anforderungen an die elektrischen Energiespeichersysteme, deren Aufstellungsort sowie die Aufstellung der Batterien, aber auch die Anforderungen an Schränke und Behälter beschrieben. Gleichzeitig wird die elektrische Installation von Energiespeichern grundlegend dargestellt, aber auch Informationen zur Dokumentation, dem Betrieb, der Deinstallation und Entsorgung samt Recycling gegeben. Im informativen Anhang werden die Besonderheiten für den Inselbetrieb und Systembilder aufgezeigt.

Bitte beachten: Die in der Norm genannte VDE-AR-E-2510-2:2015-09 wurde 2021 überarbeitet. Seit 01.08.2021 gilt ausschließlich die Fassung VDE-AR-E-2510-2:2021-02.

Begriffsdefinitionen der DIN VDE 0100-712:2016-10

Neben den nach DIN VDE 0100-200 geltenden Begriffsdefinitionen wurden die in der neuen DIN VDE 0100-712:2016-10 enthaltenen Begriffe grundlegend überarbeitet und erweitert. Zum besseren Verständnis werden bei einigen Begriffen in Klammern die im Englischen gebräuchlichen Bezeichnungen mit angegeben.

PV-Modul (PV Module)

Unter einem PV-Modul (Photovoltaikmodul oder Solarmodul) versteht man die kleinste komplett gegen Umwelteinflüsse geschützte Kombination untereinander verbundener PV-Zellen. PV-Module gibt es in unterschiedlichsten Ausführungen, die sehr differenzierte Wirkungsgrade aufweisen können. Am bekanntesten sind PV-Module aus Dickschichtzellen, die in monokristalline und polykristalline Photovoltaikmodule aufgeteilt werden.

Polykristalline Photovoltaikmodule zählen zu den am häufigsten verwendeten Modulen weltweit. Man erkennt sie an der meist bläulichen Färbung und der kristallinen Struktur.

Monokristalline Photovoltaikmodule besitzen einen sehr hohen Siliziumgehalt, sind sehr effektiv und haben einen sehr guten Wirkungsgrad, was sich natürlich positiv auf die Solarernte auswirkt. Sie werden meist auf Dachflächen eingesetzt, bei denen nur eine geringe Fläche zur Verfügung steht, um eine Photovoltaikanlage zu installieren.

Dünnschicht-PV-Modulen werden aufgrund ihrer niedrigen Produktionskosten und der geringeren Energierücklaufzeit ein großes Potenzial und gute Entwicklungschancen zugeschrieben. Dazu zählen:

- Cadmium-Tellurid-Module/Cd-Te-Module
- CIS-Module/Kupfer-Indium-Diselenid-Module

PV-Strang (PV String)

Ein PV-Strang ist ein Stromkreis mit einem oder mehreren PV-Modulen, die in Reihe geschaltet sind und an einen Wechselrichter angeschlossen werden. Dabei sollte der optimale Spannungsbereich für den Anschluss an den Wechselrichter beachtet werden.

PV-Generatorfeld (PV Array)

Unter dem PV-Generatorfeld versteht man die Kombination von elektrisch untereinander verbundenen PV-Modulen, PV-Strängen, PV-Teilgeneratorfeldern und den Anschlussgehäusen zur Kombination von PV-Generatorfeldern. Das PV-Generatorfeld umfasst alle Bauteile bis zu den gleichstromanschlusseitigen Mitteln des Wechselrichters, aber auch alle anderen Betriebsmittel der Leistungsumwandlung oder Gleichstromlasten. Nicht eingeschlossen sind Unterkonstruktionen, Einrichtungen zur Nachführung, die thermische Steuerung und ähnliche Komponenten. Das einfachste PV-Generatorfeld besteht aus:

- einem einzelnen PV-Modul
- einem einzelnen PV-Strang
- mehreren parallel verbundenen PV-Strängen oder
- mehreren parallel verbundenen PV-Teilgeneratorfeldern und ihren elektrischen Bauteilen

PV-System (PV Generator)

Zum PV-System gehört das PV-Generatorfeld einschließlich des Wechselrichters und des PV-Wechselstrom-Versorgungsstromkreises.

Anschlussgehäuse

Das Anschlussgehäuse enthält die Schaltgerätekombination, an die die PV-Teilgeneratorfelder oder PV-Stränge angeschlossen sind und in der auch andere elektrische Zubehörteile enthalten sein können.

PV-Teilgeneratorfeld (PV Sub-Array)

Mit dem Begriff PV-Teilgeneratorfeld wird die elektrische Teilmenge eines PV-Generatorfelds beschrieben, das aus parallel angeschlossenen PV-Strängen gebildet wird. (Quelle: IEC/TS 62548:2013, Begriff 3.1.42)

PV-Strangkabel/-leitungen

Damit sind die zusätzlichen, nicht mit den PV-Modulen gelieferten Kabel oder Leitungen gemeint, die der Verbindung zwischen einem PV-Strang und einem PV-Verteiler dienen.

Höhere Sicherheitsbestimmungen für Kabel

Da es sich bei der Erzeugung des Stroms (Solarstrom) um Gleichstrom handelt, gelten bei den Kabeln für PV-Anlagen höhere Sicherheitsbestimmungen als jene, die an übliche Installationen für Wechselstromgeräte gestellt werden. Diese Kabel müssen doppelt isoliert sein und dürfen nur eine Ader aufweisen. Des Weiteren müssen sie den extremsten Witterungsbedingungen standhalten können. Die wichtigsten Faktoren sind der Schutz gegen Feuchtigkeit sowie die UV-Beständigkeit.

PV-Generatorfeldkabel/-leitungen

Mit dem Begriff PV-Generatorfeldkabel/-leitungen werden die Ausgangskabel/-leitungen eines PV-Generatorfelds beschrieben.

PV-Wechselrichter

Als PV-Wechselrichter wird die Einrichtung bezeichnet, die Gleichspannung und Gleichstrom des PV-Generatorfelds in Wechselspannung und Wechselstrom umwandelt.

Die Sicherheitsanforderungen an die Wechselrichter für PV-Anlagen definiert die DIN EN 62109-1 (VDE 0126-14-1):2011-04 „Sicherheit von Wechselrichtern zur

Anwendung in photovoltaischen Energiesystemen“. Dabei bestimmt die Norm die Mindestanforderungen für die Auslegung und Herstellung von Leistungsumrichtern für den Schutz gegen elektrischen Schlag, elektrische Energie, Brand, mechanische und sonstige Gefahren. Hier handelt es sich also um eine Produktnorm, die die Anforderungen festlegt, die ein Produkt mindestens erfüllen muss, um dessen Gebrauchstauglichkeit sicherzustellen.

PV-Wechselstromkabel/-leitungen

Unter diesen Begriff fallen alle Kabel oder Leitungen, die zur Verbindung der Anschlussklemmen auf der Wechselstromseite des PV-Wechselrichters mit einem Verteiler eingesetzt werden. Deren Auswahl und Verlegung haben selbstverständlich immer nach den anerkannten Regeln der Technik bzw. den aktuellsten Normen der VDE-0100er-Reihe zu erfolgen.

PV-Wechselstrom-Versorgungsstromkreis

Darunter versteht man den gesamten Stromkreis, über den die Wechselstromanschlussklemmen des PV-Wechselrichters an einen Verteiler angeschlossen sind.

PV-Anlage (PV Installation)

Mit der PV-Anlage ist die gesamte errichtete Installation mit ihren elektrischen Betriebsmitteln eines PV-Stromversorgungssystems gemeint.

Standardprüfbedingungen (Standard Test Conditions – STC)

Die Standardprüfbedingungen dienen dazu, die elektrische Ausgangsleistung von PV-Einrichtungen zu bestimmen. Diese Messgrundsätze sind in der DIN EN 60904-3 (VDE 0126-4-3):2009-02 für PV-Zellen und PV-Module festgelegt. Sie wurden entworfen, um die Leistungsbewertung von PV-Anlagen in Bezug zu einer allgemeinen Referenz terrestrischer solarer spektraler Ausstrahlungsverteilung zu bringen.

Hier gilt mittlerweile eine Neufassung, die DIN EN 60904-3 (VDE 0126-4-3):2017-05. Hinsichtlich der Tabelle 1 der Vorgängernorm wurde die direkte Bestrahlungsstärke im Vergleich zur globalen Bestrahlungsstärke aufgenommen; dort wurde auch der Begriff „spektrale Photonen-Bestrahlungsstärke“ zu „globaler Photonenfluss“ geändert. Ansonsten wurden lediglich die Titel einiger Abschnitte in Übereinstimmung mit der üblichen Struktur der IEC-Normen geändert bzw. hinzugefügt.

Leerlaufspannung unter Standardprüfbedingungen

$$U_{OC\text{STC}}$$

Die Leerlaufspannung unter Standardprüfbedingungen ist die gemessene Spannung an einem unbelasteten (offenen) PV-Modul, PV-Strang, PV-Generatorfeld oder PV-Teilgeneratorfeld.

Maximale Leerlaufspannung

$$U_{OC\text{MAX}}$$

Unter der maximalen Leerlaufspannung versteht man die Maximalspannung, die an einem unbelasteten (offenen) PV-Modul, PV-Strang, PV-Generatorfeld und PV-Teilgeneratorfeld anstehen kann. Ein Verfahren zur Bestimmung der maximalen Leerlaufspannung $U_{OC\text{MAX}}$ wird im Anhang B der DIN VDE 0100-712 beschrieben.

Kurzschlussstrom unter Standardbedingungen

$$I_{SC\text{STC}}$$

Dieser Begriff beschreibt den Kurzschlussstrom eines PV-Moduls, PV-Strangs, PV-Teilgeneratorfelds oder PV-Generatorfelds unter Standardprüfbedingungen.

Maximaler Kurzschlussstrom

$$I_{SC\text{MAX}}$$

Hiermit ist der maximale Kurzschlussstrom eines PV-Moduls, PV-Strangs bzw. PV-Generatorfelds gemeint. Die Methode zur Bestimmung des maximalen Kurzschlussstroms $I_{SC\text{MAX}}$ wird im Anhang B der DIN VDE 0100-712 angegeben.

Kurzschlussfestigkeit der Überspannungs-Schutzgeräte (SPDs) auf der DC-Seite von Photovoltaikanlagen

$I_{SC\text{PV}}$

Unter diesem Begriff versteht man den höchsten unbeeinflussten Kurzschlussstrom des elektrischen Netzes, wofür das Überspannungs-Schutzgerät (SPD) in Verbindung mit seinen vorgegebenen Abtrennvorrichtungen ausgelegt wurde. Der Begriff wurde aus der DIN EN 50539-11 (VDE 0675-39-11):2013-12 „Überspannungsschutzgeräte für Niederspannung – Überspannungsschutzgeräte für besondere Anwendungen einschließlich Gleichspannung“, Begriff 3.1.23, abgeleitet. Die DIN EN 50539-11 (VDE 0675-39-11):2013-12 ist eine Produktnorm und regelt die Anforderungen und Prüfungen für Überspannungs-Schutzgeräte (SPDs), die auf der Gleichspannungsseite von Photovoltaikanlagen eingesetzt werden, um diese vor induzierten und direkten Einwirkungen des Blitzschlags zu schützen.

Auch diese Norm wurde mittlerweile aktualisiert. Hier gilt die DIN EN 61643-31 (VDE 0675-6-31):2021-05.

Gleichspannungsseite

Die Gleichspannungsseite einer Photovoltaikanlage ist der Teil von den PV-Modulen bis zu den Gleichspannungsanschlüssen des PV-Wechselrichters.

Wechselspannungsseite

Unter der Wechselspannungsseite einer Photovoltaikanlage versteht man den Teil der PV-Anlage von den Wechselspannungsanschlüssen des PV-Wechselrichters bis zum Anschluss des PV-Versorgungskabels bzw. der PV-Versorgungsleitung an den Anschluss der elektrischen Anlage.

Maximum Power Point Tracking

Das MPPT stellt die interne Regel- oder Steuermethode eines Wechselrichters, mit der ein Betrieb mit maximaler Leistung sichergestellt ist, dar.

Ebenso bezeichnet man damit das Verfahren, bei dem ein PV-Modul bei elektrischer Belastung so angepasst wird, dass dem PV-Modul die höchstmögliche Leistung entnommen werden kann.

MOD_MAX_OCPR

Hiermit ist der maximale Strom der Überstrom-Schutzeinrichtung für ein PV-Modul gemeint. Die DIN VDE 0100-712 verweist zu diesem Begriff auf die DIN EN 61730-2 (VDE 0126-30-2) „Photovoltaik (PV)-Module – Sicherheitsqualifikation“. In dieser Norm werden die Prüfanforderungen an Photovoltaikmodule beschrieben, um deren sicheren elektrischen und mechanischen Betrieb während der gesamten Lebensdauer zu gewährleisten.

Auch diese Norm befindet sich im Überarbeitungsprozess; eine Neufassung wird für 2024 erwartet.

Blitzschutzanlage (Lightning Protection System – LPS)

Darunter versteht man eine vollständige Anlage zur Verminderung von Schäden an einem Gebäude durch Blitzeinwirkungen. Die Anlage besteht aus einer äußeren und einer inneren Blitzschutzanlage.

Funktionspotenzialausgleich

Der Begriff beschreibt den Potenzialausgleich, der an einer oder mehreren Stellen in einer elektrischen Anlage bzw. innerhalb elektrischer Betriebsmittel aus betrieblichen Gründen, aber nicht zum Zweck der elektrischen Sicherheit durchgeführt wurde.

Auf die Normverweisungen in Abschnitt 712.2 der DIN VDE 0100-712 soll hier nicht weiter eingegangen werden, da viele der dort genannten datierten Normen überarbeitet wurden.

Schutzmaßnahmen

Schutz gegen elektrischen Schlag

Der Unterabschnitt 712.41 enthält die Anforderungen zum Schutz gegen elektrischen Schlag.

In der DIN VDE 0100-712 wird gleich in der Einleitung auf die Gefährdungen durch das PV-Generatorfeld hingewiesen: Auch wenn die Wechselspannungsseite vom Netz getrennt ist bzw. der Wechselrichter von der Gleichspannungsseite getrennt ist, müssen nämlich alle elektrischen Betriebsmittel auf der Gleichspannungsseite (PV-Generatorfeld) als unter Spannung stehend angesehen werden. Nach den Unterabschnitten 712.410.3.5 und 712.410.3.6 dürfen daher

- die in Anhang B der DIN VDE 0100-410 spezifizierten Schutzmaßnahmen – Vorkehrungen für den Basisschutz (Schutz gegen direktes Berühren) unter besonderen Bedingungen – grundsätzlich nicht angewendet werden und
- die im Anhang C der DIN VDE 0100-410 festgelegten Schutzmaßnahmen – Schutzvorkehrungen zur ausschließlichen Anwendung, wenn die Anlage nur durch Elektrofachkräfte oder elektrotechnisch unterwiesene Personen betrieben und überwacht wird – ebenfalls nicht angewendet werden.

Die einzig erlaubten Schutzmaßnahmen, die auf der Gleichspannungsseite angewendet werden dürfen, werden im Unterabschnitt 712.410.10 erläutert. Diese sind:

- doppelte oder verstärkte Isolierung
- Schutz durch Kleinspannung (SELV oder PELV)

Wird auf der Gleichspannungsseite (PV-Generatorfeld) die Schutzmaßnahme „doppelte oder verstärkte Isolierung“ angewendet, müssen alle elektrischen