

Photovoltaik-Anlagen auf Industrie- und Gewerbebauten

Empfehlungen zu Planung,
Installation und Betrieb





1. Zusammenfassung

Bei großen Photovoltaikanlagen (PV-Anlagen) auf Industriedächern sind oft mehrere Kilometer Kabel und einige tausend Steckverbindungen verbaut. Dazu kommen hunderte Module, die die Generatorfläche bilden und dann mittels Wechselrichter an das bestehende elektrische Netz angeschlossen werden. Abgesehen von den unmittelbar nach der Installation möglicherweise auftretenden Defekten, begünstigt die prognostizierte Lebensdauer von mehr als 20 Jahren die Entstehung von elektrischen Defekten durch den Ausfall oder die Alterung des Materials. Installationsfehler machen sich auch nach Jahren des Betriebs durch Ausfälle, Lichtbögen oder andere elektrische Defekte bemerkbar. Die Anzahl der möglichen Fehlerquellen ist auf Grund der Weitläufigkeit der Fläche von installierten PV-Modulen (Generatorfläche) und der Ausdehnung einer solchen Installation sehr groß.

Aus der versicherungstechnischen Betrachtung heraus ergeben sich daher drei Bewertungsparameter, die bei der Errichtung und dem Betrieb einer PV-Anlage betrachtet werden sollten:

1. Die Frequenz, mit der ein Schaden auftritt.
2. Das zu erwartende Schadenausmaß bei Eintritt eines Feuers oder eines technischen Defektes.
3. Die Wahrscheinlichkeit, mit welcher potentielle Defekte im Rahmen der Instandhaltung und Prüfung entdeckt werden.

Frequenz: Wartungs- und Instandhaltungskonzept

Ein objekt- und standortspezifisch ausgearbeitetes Wartungs- und Instandhaltungskonzept leistet einen wesentlichen Beitrag dazu, potentielle Schäden und Defekte an der PV-Anlage zu erkennen, bevor diese zu einem größeren Schadensereignis führt. Grundlage der entsprechenden Maßnahmen bildet eine Gefährdungsbeurteilung, welche alle relevanten Einflussfaktoren berücksichtigt. Von besonderer Relevanz ist zudem die regelmäßige Prüfung durch unabhängige Sachverständige, um auch versteckte Mängel mit der notwendigen Sorgfalt und modernsten Prüfmethode aufzudecken.



Zurich Resilience Solutions arbeitet mit der TÜV SÜD Industrie Service GmbH zusammen, welche Betreibern von PV-Anlagen sowohl für die Planung und die Errichtung von Neuanlagen als auch für den Betrieb von bestehenden PV-Anlagen umfassende Prüfdienstleistungen anbietet.



Das Besondere
TÜV SÜD führt die Prüfungen in Abstimmung mit den Zurich Vorgaben durch und unterstützt Sie somit optimal bei der Erfüllung ihrer gesetzlichen und versicherungstechnischen Betreiberpflichten.

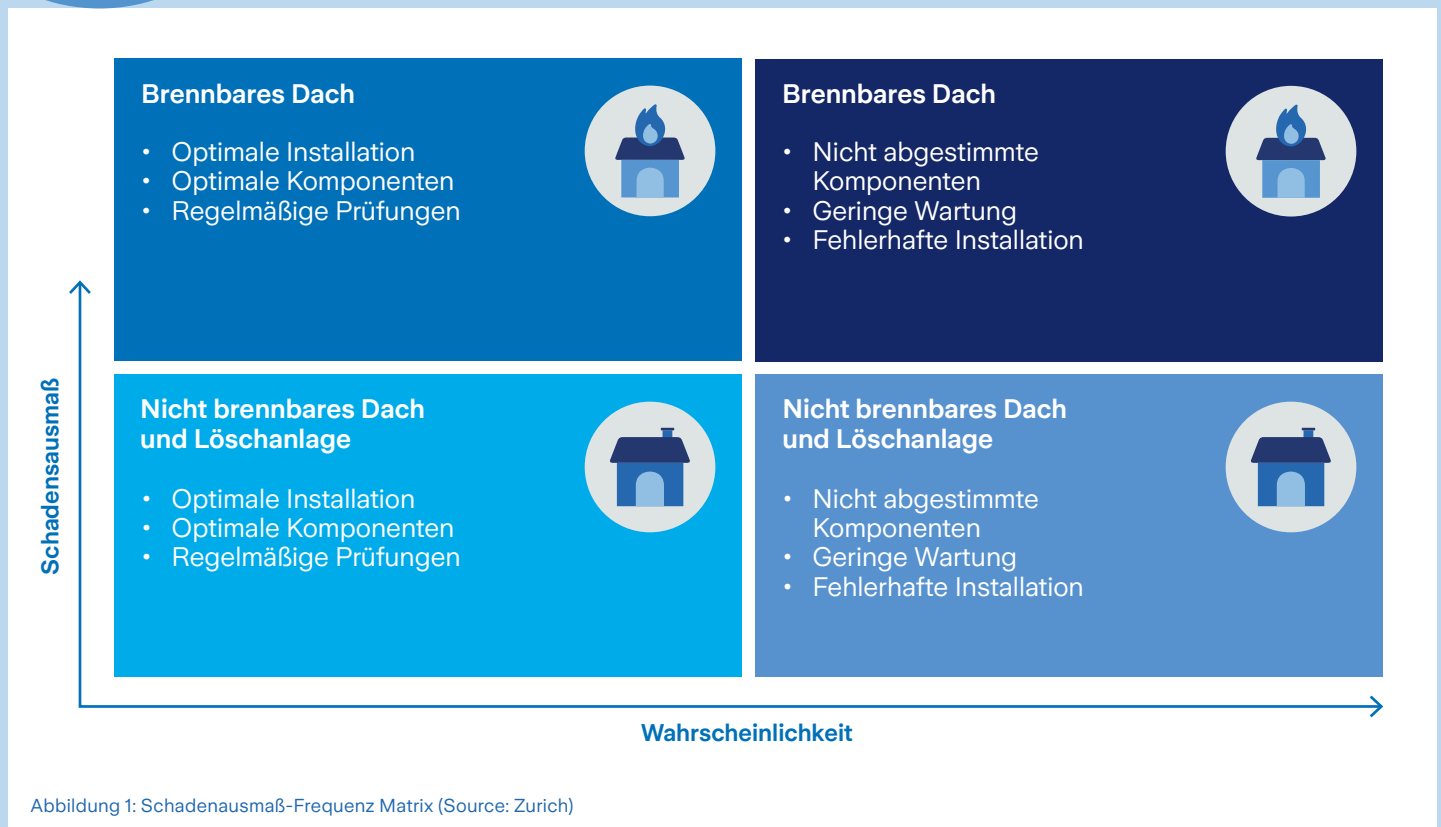
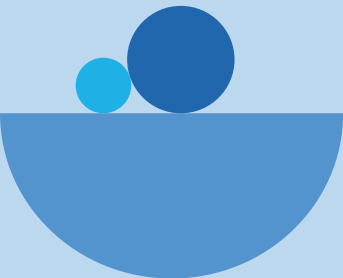


Abbildung 1: Schadensausmaß-Frequenz Matrix (Source: Zurich)

Frequenz: Planung von Design und Installation

Um die Wahrscheinlichkeit von Bränden zu minimieren, wird empfohlen, ein erfahrenes und entsprechend qualifiziertes Unternehmen für das Design, die Installation als auch die Wartung der PV-Anlage auszuwählen. Der Auftragnehmer sollte unbedingt nachweislich Erfahrung in der Installation von PV-Anlagen haben. Das Design sollte den neuesten Codes und Standards entsprechen. Die Verwendung von Komponenten, die von anerkannten Prüflabors gelistet und speziell für den Einsatz in PV-Anlagen zugelassen sind, sowie die Einbindung eines unabhängigen Qualitätssicherungsbeauftragten während der Installation sind ebenfalls wichtige Schritte, um die Installationssicherheit zu gewährleisten. Zusätzlich sollte die PV-Anlage regelmäßig durch einen anerkannten Sachverständigen geprüft und regelmäßig gewartet werden, insbesondere nach schweren Wetterereignissen.

Auf Grund der zu erwartenden Lebensdauer einer Anlage von mehr als 20 Jahren zahlen sich Investitionen in eine gründliche und nachhaltige Planung und Installation der Anlage durch geringere Folgekosten aus. Beim Einkauf sollten die Gewährleistungen der Hersteller insbesondere für Mängel in Design, Material und Konstruktion geprüft und verglichen werden.

Frequenz: Organisatorische Maßnahmen

Zusätzlich zu der regelmäßigen Wartung, Inspektion und Thermografie der Anlage sollten Unternehmen ein Zugangskontrollprogramm mit Protokoll für das Dach einführen, um nicht qualifizierte Personen daran zu hindern, durch unsachgemäße Behandlung Schäden an der PV-Anlage zu verursachen. Vor sämtlichen Veränderungen sind ggf. vorhandene Nachteile auf den Betrieb der PV-Anlage zu betrachten. Regelmäßige Dachinspektionen sollten durchgeführt werden, um Vegetation oder Ablagerungen rechtzeitig zu entfernen. Es wird empfohlen, gemeinsam mit der örtlichen Feuerwehr und dem PV-Anlagen-Installateur einen vorbeugenden Feuerangriffsplan zu entwickeln, der bei Einsätzen auf dem Dach hilft und den Einsatzkräften Informationen über die PV-Anlage liefert.

Schadenausmaß: Dachkonstruktion und Abstände

Um den zu erwartenden Sachschaden und die damit einhergehende Betriebsunterbrechung von Bränden zu minimieren, ist die Auswahl des richtigen Dachaufbaus entscheidend. Es wird empfohlen, Dächer mit brennbarer Konstruktion oder mit brennbaren Dämmstoffen oder Dachbahnen auszutauschen oder die brennbaren Komponenten durch qualifiziertes Fachpersonal zu kapseln.

Die Positionierung der PV-Module auf dem Dach gemäß den in diesem Dokument gemachten Vorgaben zu Brandwänden, Gebäudewänden, Aufbauten und zu Dachkanten ist ebenfalls von großer Bedeutung.

Grundsätzlich kann festgehalten werden, dass das Risiko einer PV-Anlage auf Industrie- und Gewerbedächern beherrschbar ist bzw. erheblich reduziert werden kann, wenn die in diesem Dokument genannten Schritte bei der Planung, der Installation und dem Betrieb berücksichtigt werden. Vielmehr stellen die Vielfältigkeit der Installationsmöglichkeiten, der ständige technologische Wandel und die Gebäude selbst die Herausforderungen.



Inhaltsverzeichnis

	1. Zusammenfassung	2
	2. Einführung	6
	2.1. Funktionsprinzip und genereller Aufbau einer PV-Anlage	6
	2.2. Lichtbogenerzeugung in Gleichstromsystemen	7
	3. Gefahrenpotenziale	8
	3.1. Unsachgemäße Montage und Verkabelung	8
	3.2. Unzureichender Blitz- und Überspannungsschutz	8
	3.3. Mangelhafte Wartung und Reinigung	8
	3.4. Brennbare Dachkonstruktion	9
	3.5. Naturgefahren	9
	4. Vorplanung	10
	4.1. Erstellung einer internen Richtlinie	10
	4.2. Pachtmodelle	10
	4.3. Festlegung der Bereiche für PV-Anlagen	11
	4.4. Alter und Eignung der Dachkonstruktion	11
	4.5. Dachlast	11
	4.6. Vermeidung von Beschädigungen an der Dachhaut	12
	4.7. Auswahl eines Planers	12
	4.8. Auswahl des Errichters	12
	4.9. Indachanlagen und Fassadenanlagen	12
	5. Naturgefahren	13
	5.1 Schneelasten	14
	5.2. Blitz- und Überspannungsschutz	14
	5.3. Erdung der Tragkonstruktion	15
	5.4. Zusätzliche Überprüfungen bei Naturgefahrenereignissen	15
	6. Planung der Installation	16
	6.1. Dachkonstruktionen	16
	6.2. Anlagentechnischer Brandschutz	18
	6.3. Zugang und Abstände bei Dachinstallationen	19
	6.4. Verschattung	20
	6.5. Elektrische Installation	22
	6.6. PV-Modul-Widerstand gegen Feuer und Hagel	25
	6.7. Feuerwehrtrennschalter	25
	6.8. Dokumentation	25

	7. Installation, Prüfung und Abnahme	26
	7.1. Qualifiziertes Personal und Sachverständige	26
	7.2. Inbetriebnahme	26
	7.3. Prüfung durch Sachverständige	26
	8. Betrieb, Inspektionen und Instandhaltung	28
	8.1. Kontinuierliche und tägliche Kontrollen	28
	8.2. Monatliche Sichtkontrollen	29
	8.3. Jährliche Kontrollen	30
	8.4. Wiederkehrende elektrische Prüfungen	30
	8.5. Kontrollen bei Dacharbeiten	30
	8.6. Veränderungsmanagement	31
	9. Notfallplanung	32
	9.1. Erstellung eines Feuerwehreinsatzplans	32
	9.2. Brandschutzkonzept und Feuerwehrplan	33
	9.3. Notfallplanung nach Brand	33
	9.4. Betriebsunterbrechungsplanung	33
	10. Altanlagen	34
	10.1. Altanlagen	34
	10.2. Rückbau von PV-Anlagen	34
	11. Referenzen	35
	Anhang A – Checkliste für die Vorplanung	36
	Anhang B – Checkliste Planungsunterlagen	38
	Anhang C – Checkliste Installation	41
	Anhang D – Checkliste Inbetriebnahme	42
	Anhang E – Checkliste Eigenbegehungen	43
	Anhang F – Checkliste jährliche Inspektion	44
	Anhang G – Zurich Recognized Technology	47
	Anhang H – Ausgewählte Codes und Standards	48

2. Einführung

Die Solarenergie hat sich in den letzten Jahren als eine der vielversprechendsten und nachhaltigsten Energiequellen etabliert. Die Installationen von Photovoltaik (PV)-Anlagen auf Dächern sind zahlreich und nehmen weiter zu.

Mängel und Technische Defekte, von einfachen Verkabelungsfehlern bis hin zu Ausfällen von Wechselrichtern und Überhitzung von PV-Modulen, können Schäden verursachen. Auch können über die lange Lebensdauer (in der Regel > 20 Jahre) der Systeme während der Betriebsphase Fehlerquellen auftreten, die zu Folgeschäden führen können. Durch das Verständnis der technischen Risiken und die Umsetzung von in diesem Dokument beschriebenen Empfehlungen können Unternehmen ihre PV-Anlagen auf Dächern sicherer und effizienter betreiben.

2.1. Funktionsprinzip und genereller Aufbau einer PV-Anlage

Die Umwandlung der von der Sonne abgestrahlten Energie mittels photovoltaischer Anlagen deckt schon heute einen wesentlichen Teil unseres elektrischen Energiebedarfs. PV-Module gibt es in verschiedenen Ausführungen, darunter rahmenlose Module, flexible Folienmodule, bifaziale Module und Dachziegelmodule. Dieses Dokument bezieht sich in erster Linie auf die gängigsten ausgesteiften Module, bestehend aus monokristallinem oder polykristallinem Silizium, während auch Dünnschichtzellen aus Cadmiumtellurid (CdTe) oder Kupfer-Indium-Diselenid (CIS) hergestellt werden.

Eine PV-Anlage besteht aus PV-Modulen, Wechselrichter, Schalteinrichtungen, Verteilern, Sicherheitseinrichtungen, Messeinrichtungen sowie Gleichstrom- und Wechselstromkabelverbindungen.

Mehrere PV-Module werden zu PV-Generatoren zusammengeschaltet, um größere Leistungen zu erzeugen. Die Leistung von PV-Generatoren wird in Kilowatt Peak (kWp) angegeben.

Hinsichtlich der Konstruktion gibt es fest installierte PV-Generatoren und Tracker-Systeme. Tracker-Systeme folgen dem Sonnenstand und können im Vergleich zu fest installierten Systemen einen Mehrertrag von bis zu 30% erzielen.

In der Regel werden Inselanlagen (netzunabhängig) oder netzgekoppelte Anlagen installiert. Inselanlagen verwenden zusätzliche Akkumulatoren zur Speicherung von elektrischer Energie und haben eine geringere Bedeutung (Beispiele: Parkuhren, Berghütten, Notrufsäulen etc.).

PV-Großanlagen haben eine Leistung von 100 kWp bis mehrere MWp und befinden sich hauptsächlich auf Freiflächen und industriellen Gebäuden.

Der Ausdruck „Kilowatt Peak“ (kWp) bezieht sich auf die Spitzenleistung der PV-Anlage, die in Kilowatt (kW) gemessen wird. Diese Spitzenleistung ist wichtig, um die Leistungsfähigkeit einer PV-Anlage zu bewerten und den potenziellen Energieertrag zu bestimmen. Je höher die kWp-Zahl, desto mehr elektrische Energie kann die Anlage unter optimalen Bedingungen aus der Sonnenstrahlung umwandeln.

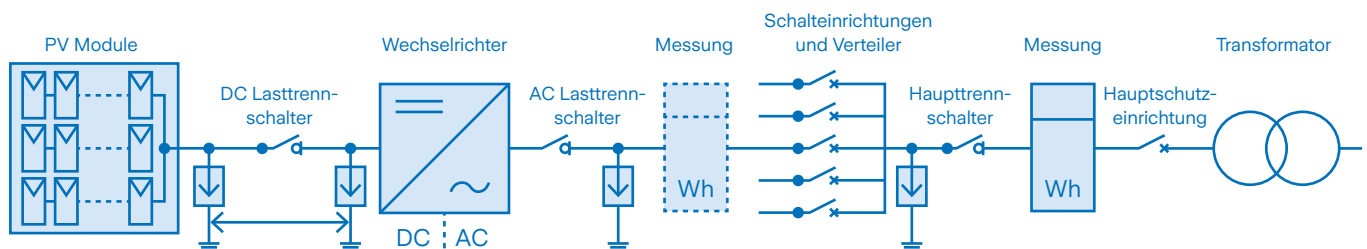


Abbildung 2: Aufbau einer netzgekoppelten Photovoltaik-Anlage



2.2. Lichtbogenerzeugung in Gleichstromsystemen

Im Gegensatz zu üblichen Installationen im Niederspannungsnetz arbeiten PV-Anlagen nicht mit Wechselspannung sondern erzeugen Gleichspannung. Gleichspannungsanlagen weisen dabei ein erhöhtes Gefahrenpotential durch Lichtbögen – und damit einhergehende Brandrisiken – auf.

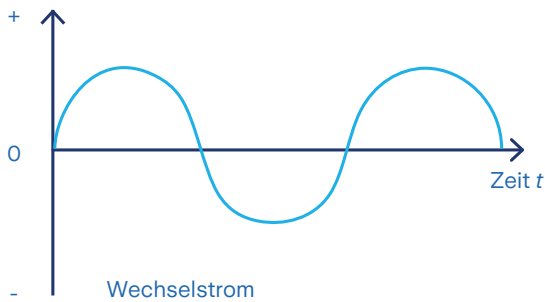
Ein Lichtbogen ist eine elektrische Entladung zwischen zwei Elektroden, die bei ausreichend hoher Potenzialdifferenz und Stromdichte durch Ionisation entsteht. Übergeordnet unterscheidet man zwischen Schaltlichtbögen und Störlichtbögen.

Übliche Wechselstromsysteme zeichnen sich durch eine periodische Umkehrung des Stromflusses aus, was sich positiv auf die Lichtbogensicherheit auswirkt. Nähert sich Wechselspannung oder -strom dem Nulldurchgang so werden die zur Erhaltung des Lichtbogens nötigen Spannungs- und Stromwerte unterschritten – der Lichtbogen erlischt.

Bei Gleichstromsystemen bleibt die Spannung über die Zeit jedoch konstant, einen Nulldurchgang gibt es nicht. Lichtbögen bleiben bestehen, solange Spannung und Strom für den Erhalt hinreichend sind. Für PV-Anlagen ist hierbei besonders kritisch, dass an den Modulen bei Lichteinfall ständig Spannung anliegt. Eine bestehende Lichtbogengefahr kann somit wirksam nur durch technische Schutzvorrichtungen sowie eine ordnungsgemäße und sorgsame Installation vermieden werden.

Die Lichtbogenproblematik bei Gleichstromsystemen ist daher hinsichtlich Brandentstehungsrisiken, gerade bei brennbaren Dachaufbauten, von besonderer Wichtigkeit und muss in allen Phasen des Lebenszyklus von PV-Anlagen besonders beachtet werden.

Abbildung 3: Wechselstrom und Gleichstrom





3. Gefahrenpotenziale

Neben der Exposition durch Naturgefahren, wie Wind und Hagel, können bei Photovoltaik-Anlagen auf Dächern Mängel und Fehler in der Planung, Installation und Wartung zu einer erhöhten Brandgefahr führen. Die häufigsten Mängel, die zu einem Brand führen können, sind beispielsweise

- eine fehlerhafte Planung und Dimensionierung der Anlage,
- eine unsachgemäße Montage der Module,
- fehlerhafte Verkabelungen,
- unzureichender Blitz- und Überspannungsschutz oder
- Alterung von Bauteilen, Kabeln, in Verbindung mit mangelhafter Instandhaltung (Wartung) und Reinigung.

Eine PV-Anlage ist eine elektrische Installation, die auf Grund ihrer Eigenschaften eine potenzielle Zündquelle darstellt. Insbesondere wenn die PV-Module auf brennbaren Dächern installiert sind, können Funken, Lichtbögen oder Überhitzungen einen Brand verursachen. Ein Feuer kann sich dann über das Dach auf das gesamte Gebäude ausbreiten. Besonders kritisch ist dies, wenn das Feuer durch die Installation der PV-Anlage Brandwände und Brandabschnittsgrenzen überwinden kann.



3.1. Unsachgemäße Montage und Verkabelung

Eine ordnungsgemäße Montage von Photovoltaik-Anlagen ist von entscheidender Bedeutung für die langfristige Funktionalität und Sicherheit der Anlage.

Ein häufiger Fehler ist die unsachgemäße Befestigung der Module auf dem Dach, die zu Modulverschiebungen führen, den Betrieb der Anlage beeinträchtigen und sogar zu strukturellen Schäden an der Dachkonstruktion führen können.

Ein weiterer Montagefehler ist eine mangelhafte Verkabelung der Module, die zu höheren elektrischen Widerständen oder Kurzschlusspotenzial führt. Darüber hinaus kann dies zu einer geringeren Energieeffizienz führen und die Gesamtleistung der Anlage beeinträchtigen. Besonders kritisch ist das Überbrücken von Brandwänden und die direkte Verlegung von Kabeln auf brennbaren Bauteilen der Dachhaut.



3.2. Unzureichender Blitz- und Überspannungsschutz

Schwerwiegende Schäden an PV-Anlagen und sogar Brände können auch durch fehlerhaft ausgeführten Potenzialausgleich oder unzureichenden Blitz- und Überspannungsschutz verursacht werden. Insbesondere bei Anlagen auf Dächern, die in Gebieten mit häufigen Gewittern liegen, ist ein zuverlässiger Blitz- und Überspannungsschutz unerlässlich. Bestehende Blitzschutzanlagen müssen nach der Installation von PV-Anlagen angepasst werden.



3.3. Mangelhafte Wartung und Reinigung

Eine regelmäßige Prüfung der installierten Bauteile und Verkabelung (insbesondere nach mehreren Betriebsjahren) sowie regelmäßige Wartung und Reinigung der Anlage sind notwendig, um ihre langfristige Leistung und Zuverlässigkeit sicherzustellen. Fehlende Wartungsmaßnahmen können die Leistung der PV-Anlage beeinträchtigen. Grund hierfür sind beispielsweise Verschattungen durch nicht entfernten Pflanzenbewuchs oder unzureichende Reinigungen der Moduloberfläche. Umweltbedingungen, UV-Einstrahlung und natürliche Alterung der eingesetzten Materialien können zu Materialversprödung führen, sodass eindringende Feuchtigkeit Kurzschlüsse auslösen kann.

Ein nachhaltiges Instandhaltungskonzept der Anlage sollte dies berücksichtigen und regelmäßige Kontrollen und Prüfungen vorsehen, um derartige Schäden frühzeitig erkennen zu können.



3.4. Brennbares Dachkonstruktion

Bei der Kombination aus brennbaren Dächern und darauf installierten PV-Anlagen besteht eine erhöhte Gefahr von Bränden, die sich großflächig über das Dach hinweg ausbreiten können. Im schlimmsten Fall kann es zu einem Vollbrand des Gebäudes und erheblichen Sachschäden kommen. Darüber hinaus können die nach einem Brandereignis notwendige Dachsanierung, Schäden an technischen Dachaufbauten sowie die Beseitigung von Brand- und Wasserschäden an Gebäude, Einrichtungen und Vorräten zu signifikanten Betriebsausfällen führen.

Ein gängiges PV-Brandszenario auf dem Dach

Es kommt zu einem PV-Brand auf dem Dach. Das Feuer breitet sich auf dem Dach aus.

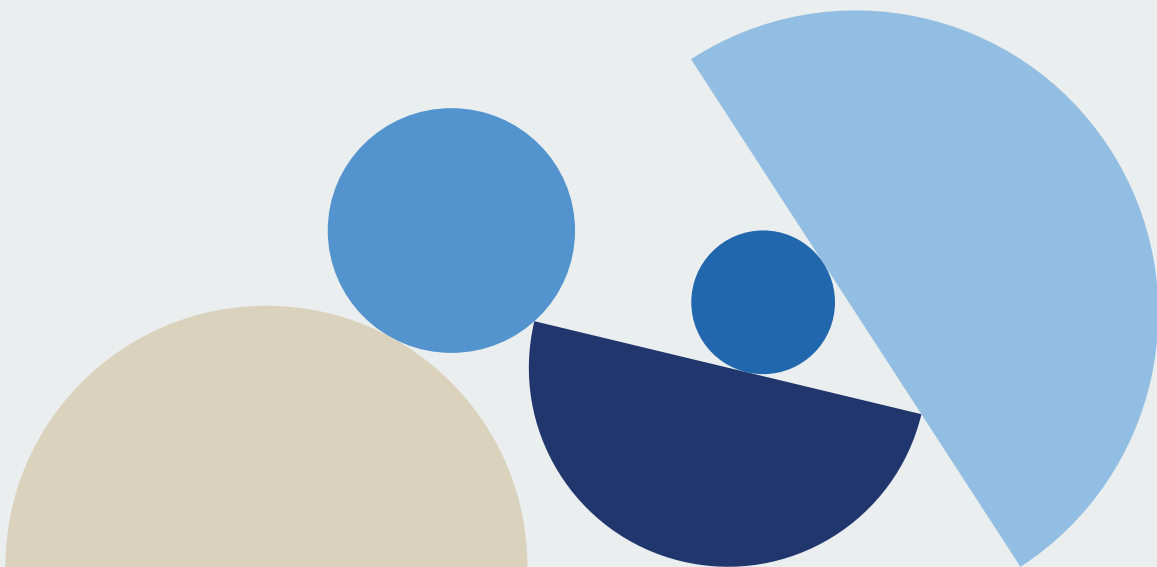
Die Feuerwehr wird erst verspätet informiert und bekämpft das Feuer in sicherer Entfernung mit Wasser. Der Brandschaden richtet sich nach dem Wind und der Brennbarkeit des Daches. Bei nicht brennbaren Dächern ist das ursächliche PV-Feld betroffen. Bei brennbaren Dächern breitet sich das Feuer in der Regel bis zum Rand des Daches aus.

Der Einsatz von großen Mengen Löschwasser führt zu massiven Wasserschäden im Gebäude, selbst wenn das Dach nicht auf Grund des Feuers einstürzt. Oft sind der Wasserschaden und die Betriebsunterbrechung im Inneren des Gebäudes größer als der Brandschaden auf dem Dach.



3.5. Naturgefahren

PV-Module werden auf großen Dachflächen oder im Freien installiert. Die Generatorfläche ist gleich einem Gebäude ebenfalls den Naturgefahren ausgesetzt, wie zum Beispiel Wind, Hagel, Blitzen, Schnee und Erdbeben. Diese Gefahren können unterschiedliche Schäden an den Modulen hervorrufen und damit sowohl die PV-Module als auch die elektrische Installation des Standortes schädigen.





4. Vorplanung

Die Vorplanungsphase bietet die Möglichkeit zu prüfen, ob ein PV-System auf dem Dach realisiert werden kann. Hier wird über den Grundstein für den über Jahrzehnte andauernden Betrieb der Anlage und die damit verbundenen Aufwendungen und Randbedingungen entschieden.

In der Vorphase des Designs sollten folgende Punkte berücksichtigt werden:

- Die Entwicklung einer internen Unternehmensrichtlinie für PV-Systeme
- Festlegung der Eigentumsverhältnisse
- Definition von Bereichen, die mit einer PV Anlage belegt werden sollen
- Überprüfen der strukturellen Tragfähigkeit des Dachs für ein PV-System
- Auswahl geeigneter Befestigungsmethoden für Modulgestelle und Verkabelungen
- Konsultation von Zurich Resilience Solutions zu Gefahren im Zusammenhang mit Hagel, Blitzschlag und Wind
- Konsultation von Zurich Resilience Solutions zu möglichen empfohlenen Dachverbesserungen
- Auswahl qualifizierter Partner und Personen für das PV-Projekt



Eine Checkliste mit während der Vorphase des Designs zu beachtenden Punkten ist im Anhang B zu finden.

4.1. Erstellung einer internen Richtlinie

Gebäudeeigentümer und in manchen Fällen auch die Gebäudenutzer, die eine Photovoltaik-Anlage besitzen oder planen, sollten einen Leitfaden für Ihren Betrieb bzw. Ihren Konzern entwickeln. Hier sollten Mindestanforderungen hinterlegt werden, die für alle Installationen gelten.

Diese Leitlinie sollte Maßnahmen zur Reduzierung der Wahrscheinlichkeit eines Brandes in einer Photovoltaik-Anlage und Maßnahmen zur Reduzierung der Auswirkungen im Falle eines Brandes berücksichtigen. Die Leitlinie sollte sich auf die folgenden vier Phasen im Lebenszyklus einer Photovoltaik-Anlage konzentrieren:

- Planung der Installation
- Installation und Prüfung/Abnahme nach erfolgter Installation
- Betrieb und Wartung
- Fehler- oder Brand-Notfallreaktions- und Wiederherstellungsphase

Die meisten Empfehlungen in diesem Dokument beziehen sich auf die Planung der Installation und die Durchführung der Erstinstallation. Diese Phase bietet die größte Chance, Maßnahmen zu implementieren, die die Leistung der Anlage über ihre Lebensdauer hin positiv beeinflussen können.

4.2. Pachtmodelle

Bei Pacht- oder Leasingmodellen können sich Herausforderungen für den Eigentümer, die Leasinggesellschaft oder für den Mieter/Pächter (bei Untermiete oder Pacht) der Dachfläche ergeben:

Mangelnde Kontrolle

Der Eigentümer der PV-Anlage ist in diesem Fall für die gesamte Instandhaltung – einschließlich der Inspektion, Wartung und Pflege, zuständig. Die oben erwähnten Aspekte gelten dann auch hier, und können zu einer eingeschränkten Kontrolle und Überwachung der Anlage durch den PV-Eigentümer führen, sodass sich die Gefahren und Risiken für die Anlage erhöhen, was Auswirkungen auf Ihr Gebäude haben könnte.

Kommunikationsprobleme

Eine unzureichende Kommunikation zwischen dem Eigentümer der Dachfläche und dem Eigentümer der PV-Anlage (Mieterfirma) kann dazu führen, dass erforderliche Instandhaltungsmaßnahmen oder Probleme nicht rechtzeitig erkannt und behoben werden. Wenn keine klaren Vereinbarungen über die Verantwortlichkeiten und den Wartungsplan getroffen wurden, besteht die Gefahr, dass erforderliche Maßnahmen verzögert oder gar nicht durchgeführt werden. Es wird empfohlen, die Verantwortlichkeiten vertraglich transparent zu beschreiben.

Vertragliche Schnittstellen

- Klar definierte Nutzen- und Kostenverteilung
- Transparente Vertragsdauer und -bedingungen
- Klare Vereinbarungen über Verantwortlichkeiten und Wartung
- Sorgfältige Überprüfung der Vertragspartner und Sicherheitsmaßnahmen zur Absicherung
- gegenseitige Informationspflichten

Umweltschäden

Darüber hinaus sollte eine sachgemäße Entsorgung alter oder beschädigter Komponenten geregelt werden, um Umweltbelastungen zu minimieren.

Um die Gefahren in solchen Konstellationen zu minimieren, ist es ratsam, klare Vereinbarungen und Kommunikationswege zwischen dem Eigentümer der PV-Anlage und der Mieterfirma festzulegen. Regelmäßige Überprüfungen, Wartungen und Inspektionen der Anlage sollten nach Kapitel 8 vereinbart werden. Eine enge Zusammenarbeit zwischen beiden Parteien ist entscheidend, um die langfristige Leistung und Sicherheit der PV-Anlage zu gewährleisten.





4.3. Festlegung der Bereiche für PV-Anlagen

Bei der Planung von PV-Anlagen auf Dächern ist es wichtig zu berücksichtigen, dass bestimmte Bereiche für die Installation der Anlagen nicht geeignet sind. Dies ist insbesondere dann der Fall, wenn sie sich über Maschinen oder Einrichtungen befinden, die eine Durchdringung des Dachs erfordern – sei es aus Belüftungs- oder anderen Gründen.

Zu solchen Bereichen gehören beispielsweise

- Anlagen wie Kessel, Öfen und thermische Nachverbrennungen sowie
- Bereiche mit brennbaren Flüssigkeiten wie Lackierkabinen,
- Prozessbereiche mit brennbaren Flüssigkeiten,
- Prozessbereiche mit explosionsfähigem Staub und Atmosphären und
- Lagerräume für brennbare Flüssigkeiten.

Während der Entwurfsphase sollten alle vorhandenen Belüftungs- oder Abluftöffnungen berücksichtigt werden und ein Mindestabstand von mindesten 2,5 m eingehalten werden. Weiterhin sind Wechselwirkungen mit natürlichen Rauchableitungen zu berücksichtigen. Hierbei kann es zu Veränderungen der aerodynamischen Wirkfläche kommen. Hierzu wird eine Abstimmung mit dem zuständigen Sachverständigen empfohlen.

Zukünftige Prozessänderungen oder -ergänzungen sollten berücksichtigt werden, die möglicherweise neue oder veränderte Dachöffnungen erfordern könnten.

4.3.1. Feuchtigkeitssensitive Bereiche

Ein durch die PV-Anlage auf dem Dach erzeugter Brand kann zu Beschädigungen der Dachabdeckung bzw. Abdichtungsbahn führen. Die Feuerwehr setzt massive Mengen Wasser ein, um einen Brand zu kontrollieren. Infolgedessen kann das Löschwasser in den darunter liegenden Gebäudebereich fließen. Erfahrungen mit PV-Bränden haben gezeigt, dass der Wasserschaden im Gebäude oft teurer ist als der Brandschaden an der PV-Anlage und dem Dach.

Eine Bewertung der potenziellen Betriebsunterbrechung aufgrund von Wasserschäden an wichtigen Prozessanlagen, Reinräumen oder kritischen Lagergütern sollte durchgeführt werden.

Automatische Lagersysteme können auch von einem Schaden durch eindringendes Löschwasser betroffen sein.

4.4. Alter und Eignung der Dachkonstruktion

Die Installation einer PV-Anlage ist meist für 25 Jahre oder mehr geplant. Dabei sind die Haltbarkeit und das Alter der bestehenden Dachkonstruktion zu bewerten und notwendige Investitionen in die Dachkonstruktion zu berücksichtigen. Folgende Punkte sollten überprüft werden:

- Tragfähigkeit und Alter des Dachs bzw. der Dachhaut
- Brennbare Materialien wie Isolierungen oder Dachbedeckungen
- Verwendung von geeigneten Befestigungsmitteln
- Vermeidung von Beschädigungen an der Dachhaut
- Berücksichtigung von Regenablauf und Dachentwässerung
- Vermeidung von Schattenwurf durch andere Gebäudeteile
- Vermeidung von thermischen Belastungen für das Dach
- Berücksichtigung der Ausrichtung und Neigung der PV-Module

4.5. Dachlast

Bei der Errichtung einer Photovoltaik-Anlage auf einem Industriedach gibt es verschiedene Aspekte zu beachten, insbesondere in Bezug auf die auftretenden Lasten und die Installation selbst:

Auflast durch Eigengewicht

Eine PV-Installation erzeugt aufgrund des Eigengewichts der PV-Module eine bestimmte Auflast auf dem Dach. Diese Auflast hängt von der Größe und dem Gewicht der Module ab, sowie von der Art der Befestigung und der Tragfähigkeit der Dachkonstruktion. Eine sorgfältige Planung und Installation der PV-Anlage ist daher unerlässlich, um sicherzustellen, dass die Auflast sicher vom Dach getragen wird. Ausgleichsmaßnahmen für brennbare Dächer, wie beispielsweise Kiesschichten oder Betonsteine sind ebenfalls zu berücksichtigen.

Auflast durch Schnee

Insbesondere in Regionen mit starkem Schneefall müssen die Lasten durch den Schnee zusätzlich zum Eigengewicht der PV-Anlage auf dem Dach berücksichtigt werden. Darüber hinaus ist auch zu berücksichtigen, dass die Anlagen selbst durch Schneelasten nicht beschädigt werden. Dazu können beispielsweise verstärkte Montagesysteme oder Schneefanggitter eingesetzt werden.

Auflast durch Wind

Auch der Wind kann eine bedeutende Last auf die Anlage ausüben, insbesondere bei erhöhten Windgeschwindigkeiten. Es ist daher wichtig, dass die Anlage so ausgelegt wird, dass sie den örtlichen Windbelastungen standhält. Dazu können beispielsweise spezielle Befestigungssysteme oder Windabweiser eingesetzt werden.



Alter und Eignung der Dachkonstruktion für eine PV-Anlage ungeeignet.



4.6. Vermeidung von Beschädigungen an der Dachhaut

Um Schäden an der Dachhaut bei der Installation von PV-Anlagen zu vermeiden, sollten folgende Maßnahmen ergriffen werden:

- Vor der Installation von PV-Anlagen sollte die Dachhaut auf Beschädigungen überprüft werden. Jede vorhandene Beschädigung sollte vor der Installation der PV-Anlage repariert werden.
- Da PV-Anlagen i. d. R. für eine Betriebszeit von mehr als 20 Jahren ausgelegt werden, sollte das Dachsystem inkl. der exponierten Dachhaut eine entsprechende Lebenszeit aufweisen. Es mag deshalb vor Installation einer PV-Anlage technisch sinnvoll sein die Dachabdeckung zu erneuern.

Anmerkung: Um bei einem PV-Brand möglichen Wasserschäden im Gebäude vorzubeugen, kann es vorteilhaft sein, eine notwendige neue Dachabdichtung über einem nichtbrennbaren Vlies auf die vorhandene Dachabdichtung aufzubringen.

- Die Installation von PV-Anlagen sollte immer von einem professionellen Installateur durchgeführt werden, der über ausreichende Erfahrung und Qualifikationen verfügt.
- Die Installation solle im Rahmen der Bauphase regelmäßig durch unabhängige Sachverständige im Rahmen eines „Bauqualitäts-Controllings“ überwacht werden um mögliche versteckte Mängel und fehlerhafte Errichtungsmaßnahmen frühzeitig zu erkennen.
- Verwendung von Dachschutzmaterialien, wie Dachpappen oder Kunststoffmatten
- Verwendung von geeigneten Befestigungssystemen, die speziell für das jeweilige Dachdesign und die Lastanforderungen der PV-Anlage ausgelegt sind
- Einhaltung der Herstelleranweisungen

4.7. Auswahl eines Planers

In Deutschland gibt es keine spezifischen Qualifikationen oder Zertifizierungen, die ein Planer von PV-Anlagen auf Industrie- und Gewerbedächern haben muss.

Eine Zertifizierung, welche Mindestanforderungen an Ausbildung und Kenntnisse von Elektrofachkräften stellt, ist die Anerkennung als Sachverständiger für Photovoltaik-Anlagen nach VdS 3174. Mit diesem Zertifikat wird die Kenntnis von aktuellen Regelwerken und Installationspraktiken attestiert.

Eine weitere Möglichkeit ist der Erwerb von Zertifizierungen, die von Solarverbänden und -organisationen angeboten werden. Eine solche Zertifizierung ist beispielsweise die „PV-Planer“ Zertifizierung der Deutschen Gesellschaft für Sonnenenergie (DGS). Diese Zertifizierung bestätigt das Wissen und die Fähigkeiten eines Planers im Bereich der PV-Planung und -Installation.

Wir empfehlen bei der Auswahl von Planern auf Erfahrungen und Referenz-Projekte mit vergleichbaren Randbedingungen zu achten und Nachweise über entsprechende Qualifikationskriterien im Rahmen der Angebotseinholung einzufordern.

4.8. Auswahl des Errichters

In Deutschland gibt es keine einheitlichen Qualifikationsanforderungen für Errichter von Photovoltaik-Anlagen. Allerdings gibt es verschiedene Zertifizierungsprogramme und Schulungen, die von Branchenverbänden und anderen Organisationen angeboten werden. Diese Programme vermitteln Fertigkeiten und Kenntnisse, die für die Installation von PV-Anlagen erforderlich sind, einschließlich der Kenntnisse von elektrischen Systemen, Solartechnologie und Sicherheitsbestimmungen.

Einige der bekanntesten Zertifizierungen für Errichter von PV-Anlagen in Deutschland sind das „PV Ready“-Zertifikat des Bundesverbands Solarwirtschaft e.V. (BSW) und das „PV-Anlagenbau und -wartung“-Zertifikat des TÜV Rheinland. Es ist jedoch wichtig zu beachten, dass diese Zertifikate nicht obligatorisch sind und dass es möglich ist, als Errichter von PV-Anlagen zu arbeiten, ohne über eine solche Zertifizierung zu verfügen.

Wir empfehlen bei der Auswahl von Errichtern auf Erfahrungen und Referenz-Projekte mit vergleichbaren Randbedingungen zu achten und Nachweise über entsprechende Qualifikationskriterien im Rahmen der Angebotseinholung einzufordern.

4.9. Indachanlagen und Fassadenanlagen

PV-Anlagen, die Teil einer Konstruktion oder des Daches sind, müssen zusätzliche Anforderungen erfüllen, weil sie Teil der baulichen Anlage sind. Einige der wichtigsten Anforderungen sind:

Statik und Windlast

Sie müssen den statischen Anforderungen des Gebäudes entsprechen und dürfen dessen Tragfähigkeit nicht beeinträchtigen. Die Tragfähigkeit wird in der Regel durch einen Statiker berechnet und überprüft.

Elektrische Sicherheit

PV-Fassaden und -Indachanlagen müssen den geltenden elektrotechnischen Bestimmungen entsprechen und dürfen keine Gefahr für Personen oder Gebäude darstellen. Dies schließt die Verwendung von Schutzeinrichtungen und Sicherheitsabschaltungen ein.

Brandschutz

Sie müssen den geltenden Brandschutzbestimmungen entsprechen und dürfen kein zusätzliches Brandrisiko darstellen. Dies beinhaltet beispielsweise die Verwendung von nicht brennbaren Materialien bei den Modulen und den Baustoffen der Unterkonstruktion. Bei Fassadensystemen muss das gesamte System den Fassadenbrandversuch nach DIN 4102-20 bestanden haben.

Blitzschutz

Die Installation muss den Anforderungen an den Blitzschutz des Gebäudes entsprechen.

Genehmigungen

Die Anlagen müssen alle notwendigen Genehmigungen und Abnahmen durch die zuständigen Behörden und Fachleute erhalten. Dies umfasst beispielsweise die Bauanzeige und die Anmeldung beim Netzbetreiber.

Unabhängige Überprüfung

Insbesondere empfiehlt sich auch eine Überprüfung durch einen anerkannten Sachverständigen für PV-Anlagen, der die ordnungsgemäße elektrische Installation nach Montage und Inbetriebnahme verifiziert und bestätigt. Dies sollte vor der Abnahme der Anlage durch den Betreiber erfolgen.



! 5. Naturgefahren

Photovoltaik-Anlagen sind aufgrund ihrer exponierten Lage anfällig für verschiedene Naturgefahren wie Blitz, Wind und Hagel.

Starke Winde

können ebenfalls große Schäden an Photovoltaik-Anlagen verursachen, insbesondere wenn die Anlage nicht ausreichend dimensioniert oder befestigt ist. Einige Maßnahmen zur Minimierung von Schäden durch Windbelastungen können die Verwendung von starken und stabilen Materialien und die Verstärkung von Befestigungspunkten sein. Fest mit der Dachkonstruktion verbundene Halterungssysteme für PV-Module sollten gegenüber Auflastsystemen mit Gewichten bevorzugt werden. Zu berücksichtigen ist dabei jedoch immer die korrekte Verbindung mit dem Dach und mögliche Beschädigungen der Dachabdichtung durch die Montagekonstruktion.

Hier ist über die Lebensdauer der Anlagen zu beachten, dass regelmäßige Prüfungen erforderlich sind, um beispielsweise:

- sich lösende Klebeverbindungen von auf die Dachhaut aufgeklebten Befestigungssystemen,
- sich lösende Befestigungselemente wie PV-Modulklemmen,
- durch Starkwindereignisse verschobene Lasten bei durch Schotter/Platten beschwerten PV-Modulständerungen,
- durch Umwelteinflüsse, Korrosion, Lastwechsel durch Starkwind, Materialalterung beschädigte Befestigungselemente und Bauteile

frühzeitig zu erkennen.

Hagel

kann auch zu Schäden an Photovoltaik-Anlagen führen. Insbesondere können Hagelkörner mit einem Durchmesser von mehr als 2 cm Schäden an den Modulen verursachen, was zu Leistungsverlusten oder sogar zum Ausfall der gesamten Anlage führen kann. Zum Schutz können Module mit besonders hoher Hagelfestigkeit installiert werden (siehe hierzu Kapitel 6.6).

Besonders wichtig: Hagel-Schäden an den Modulen sind nicht immer mit bloßem Auge zu erkennen. Speziell nach Hagel-Ereignissen ist somit eine Prüfung durch einen unabhängigen Sachverständigen und spezieller Technik – z. B. mittels Thermografischen Untersuchungen – anzuraten.

Hochwasserschäden

können durch die Installation in höhergelegenen Bereichen des Gebäudes minimiert werden. Bei Gefahrenpotenzial sollten alle elektrischen Komponenten wasserdicht und korrosionsbeständig sein. Im Falle von Überschwemmungen durch Starkregen auf dem Dach oder Hochwasser sollte die PV-Anlage umgehend vom Netz getrennt werden. Es empfiehlt sich auch, die Anlage von einer dafür qualifizierten Person überprüfen zu lassen, bevor sie wieder in Betrieb genommen wird. Zudem sollten alle Schäden an der Anlage dokumentiert werden.



Abbildung 4: Windgeschädigte PV-Module und -Rahmen.
(Quelle: Zurich)



Abbildung 5: Verschiebung der Ausrichtung von flachen PV-Modulrahmen – Pfeil zeigt die ursprüngliche Position
(Quelle: Zurich)





5.1 Schneelasten

Schneefall im Winter kann zu einer erheblichen Belastung für Industriedächer mit aufgeständerter PV-Anlagen werden. Die Kombination aus Schnee und PV-Anlagen kann zu Schneeverwehungen führen, die die Leistungsfähigkeit der Dachkonstruktion stark beeinträchtigen können. Darüber hinaus können Schneeverwehungen dazu führen, dass Schnee unkontrolliert von den Dächern abrutscht, was eine Gefahr für sich darunter befindlichen Personen mit sich bringt.

Um die Sicherheit der Anlage zu gewährleisten, ist es wichtig, die Gefahren zu verstehen und angemessene Maßnahmen zu ergreifen.

Überwachung und Wettervorhersage

Halten Sie regelmäßig Ausschau nach aktuellen Wettervorhersagen, um Schneestürme oder Schneeverwehungen frühzeitig zu erkennen. Die Installation eines Schneeüberwachungssystems auf den betroffenen Dächern kann in schneereichen Gebieten sinnvoll sein.

Risikobewertung

Bestimmung der zulässigen Schneelast, die das Dach und die PV-Anlage tragen können.

Frühzeitige Räumung

Reagieren Sie frühzeitig, um Schneelasten zu entfernen, bevor sie ein kritisches Niveau erreichen.

- Stellen Sie sicher, dass Sie über das erforderliche Equipment und geschultes Personal verfügen, um die Räumung sicher durchzuführen.
- Arbeiten Sie mit diesen Unternehmen zusammen, um einen effizienten Räumungsplan zu erstellen und die Sicherheit Ihrer PV-Anlage zu gewährleisten.

Sicherheitsmaßnahmen

- Die Schneelasten sollten sowohl bei der Auswahl des PV-Moduls als auch beim Design des Montagesystems berücksichtigt werden.
- Beachten Sie bei der Räumung alle erforderlichen Sicherheitsvorkehrungen, insbesondere den Einsatz von Sicherheitsausrüstung wie Absturzsicherungen und Helmen.
- Stellen Sie sicher, dass das Personal über die richtige Schulung und Kenntnisse zur sicheren Räumung von Schnee verfügt.
- Schnee und Eis sollte von Paneelen nur mit vom Hersteller zugelassenen Werkzeugen entfernt werden, da sonst Beschädigung droht.



5.2. Blitz- und Überspannungsschutz

PV-Anlagen sind sowohl durch direkte als auch durch nahe Blitzeinschläge gefährdet, denn dabei entstehen hohe Spannungen und Ströme, die auf das PV-Stromversorgungssystem einwirken können.

• Direkteinschläge

Wenn PV-Anlagen direkt von Blitzen getroffen werden, fließen sehr hohe Blitzströme über die Anlagen, was zu ihrer Zerstörung führen kann. Dies kann auch zu mechanischen Schäden und Bränden führen.

• Indirekte Einschläge

Bei Blitzeinschlägen in der Nähe fließen Blitzteilströme über die elektrischen Installationen und Versorgungsleitungen, die erhebliche Schäden in den PV-Anlagen verursachen können.

- Bei **Blitzeinschlägen in einer Entfernung von bis zu 500 m** können die starken magnetischen Felder des Blitzes in den elektrischen Installationsschleifen Überspannungen erzeugen, die zu Schäden an den PV-Anlagen führen können.

- Bei **Blitzeinschlägen in größerer Entfernung** können höchstens kapazitive Effekte auftreten, die in der Regel keine Schäden verursachen.

Für die Installation und Auslegung des Blitzschutzes sollte eine Fachkraft hinzugezogen werden.

5.2.1. Äußeres getrenntes Blitzschutzsystem

Ein getrennter Blitzschutz bei Dachaufbauten besteht in der Regel aus der Installation von Fangstangen, die das zu schützende Objekt überragen.

Fangstangen werden in einem Trennungsabstand von etwa 0,5 m bis 1 m im Dachbereich in ausreichend großem Abstand aufgestellt, so dass ein ankommender Blitz auf die Fangstange trifft. Daher sollten PV-Module, Montagegestell und Verkabelung im Schutzbereich des bestehenden Blitzschutzsystems installiert werden. Gegebenenfalls sind Anpassungen der bestehenden Fangeinrichtungen erforderlich. Dabei muss strengstens darauf geachtet werden, dass es keine leitende Verbindung und unzulässigen Näherungen zwischen dem äußeren Blitzschutzsystem und den metallenen Dachaufbauten gibt. Darunter fallen auch die Unterkonstruktion und die Leitungsanlage der PV-Anlage. Es sollte keine direkte Verbindung zwischen dem PV-Montagegestell und den Leitungen des Blitzschutzsystems geben.

Diese Variante sollte bevorzugt installiert werden und wird in der DIN EN 63305-3 Beiblatt 5 normativ gefordert.

5.2.2. Äußeres Blitzschutzsystem ohne Trennungsabstand

Wenn der Trennungsabstand aus technischen Gründen nicht eingehalten werden kann oder die PV-Anlage nicht im Schutzbereich der Fangeinrichtungen liegt, ist es ggf. erforderlich, blitzstromtragfähige Verbindungen zwischen dem äußeren Blitzschutz und dem PV-Modul-Gestell herzustellen.

Um zu verhindern, dass Blitzteilströme ins Gebäude gelangen, sollten Gleichstromleitungen nicht ins Gebäude geführt und Wechselrichter sowie die PV-Verteilung außerhalb des Gebäudes installiert werden. Falls der Anschluss der PV-Anlage innerhalb des Gebäudes erfolgt, ist am Gebäudeeintritt der PV-Anschlussleitung ein Blitzstromableiter Typ 1 sowie ein Überspannungsableiter Typ 2 (oder ein Kombiableiter Typ 1/2) zu installieren.

Da bei einem Blitzeinschlag in dieser Variante trotz der getroffenen Maßnahmen mit Schäden an der PV-Anlage zu rechnen ist, wird diese Variante nicht empfohlen.



5.3. Erdung der Tragkonstruktion

Die Erdung des Gestells hat den Zweck, den Potenzialausgleich innerhalb der Anlage zu gewährleisten und eine sichere und zuverlässige Betriebsweise sicherzustellen.

Nach VdS 3145 ist unabhängig vom äußeren Blitzschutz ein Potenzialausgleich (mit min. 4 mm² Cu) zwischen dem Montagegestell der PV-Module und der Haupterdungsschiene vorzusehen. Damit werden eine elektrostatische Aufladung und eine damit verbundene Personengefährdung vermieden. Bei der Auswahl des Leitermaterials ist besonders auf den Materialübergang (z. B. von Kupfer auf Aluminium) und die dabei entstehende Gefahr der elektrochemischen Korrosion zu achten. Zu bevorzugen sind mechanisch geschützt verlegte Verbindungen.

5.4. Zusätzliche Überprüfungen bei Naturgefahrenereignissen

Naturereignisse wie Stürme, Blitze, Erdbeben und andere Ereignisse können die Betriebssicherheit beeinträchtigen. Um potenzielle Schäden in der Zukunft zu vermeiden, sind ggf. zusätzlichen Maßnahmen nach verschiedenen Naturereignissen notwendig, die zur Gewährleistung der Betriebssicherheit von PV-Anlagen auf Dächern durchgeführt werden sollten.

Bei allen Ereignissen:

- Sichtprüfung der gesamten PV-Anlage auf sichtbare Schäden an Modulen, Befestigungen, Kabeln und Anschlüssen
- Überprüfung der elektrischen Leitungen auf Beschädigungen
- Überprüfung der Schutzeinrichtungen wie Überspannungsschutz, Leitungsschutzschalter und Fehlerstromschutzschalter
- Überprüfung der Blitzschutzanlage auf Schäden sowie Überprüfung der Modulanschlüsse auf Überspannungsschutz

 **Die Checkliste in Anhang D sollte auch nach einem Sturm oder Hagelereignis angewendet werden, um den ordnungsgemäßen Zustand der Anlage zu dokumentieren.**

Maßnahmen für spezifische Naturgefahren:

- **Wind**
Überprüfung der Befestigungssysteme und der Dichtigkeit des Daches sowie der Modulbefestigung auf Lockerungen oder Schäden.
- **Hagel**
Sichtprüfung auf sichtbare Schäden an den Modulen und Überprüfung der Glasscheiben auf Risse oder Brüche.
- **Eis und Schnee**
Überprüfung der Dachlastkapazität und ggf. Entfernung von Eis und Schnee von der Anlage. Überprüfung des Montagesystems und der Glasscheiben auf Risse oder Brüche.
- **Sand**
Sand sollte zeitnah abgewaschen, abgekehrt oder abgesaugt werden.

Es ist wichtig zu beachten, dass die genauen Prüf- und Inspektionsmaßnahmen je nach Art und Schweregrad des Ereignisses variieren können. Es wird empfohlen, bei Bedarf einen qualifizierten Fachmann hinzuzuziehen, um eine umfassende Überprüfung der Anlage durchzuführen





6. Planung der Installation

Bei der Planung von PV-Installationen kann bereits im Vorfeld vieles berücksichtigt und vermieden werden, was während der Installation und später beim Betreiben und Warten der Anlage zu Komplikationen führen kann.



Eine Checkliste mit während der Vorplanung der Installation zu beachtenden Punkten ist im Anhang A zu finden.

6.1. Dachkonstruktionen

Bei der Planung einer Installation einer PV-Anlage auf einem bestehenden Dach sollte das Lebensalter des Daches berücksichtigt werden. Häufig haben qualitativ hochwertige Dachaufbauten eine Lebensdauer von bis zu 25 Jahren. Eine PV-Anlage kann auch eine ähnliche Lebensdauer haben. Daher sollte vor der Installation eine Beurteilung der Dachfläche und des Zustands des Daches durch einen Spezialisten erfolgen, damit die zu erwartende Lebensdauer des Daches, die der PV-Anlage übersteigt.

Der Abbau von PV-Modulen auf Grund von Wartungsarbeiten oder Rissen in der Dachhaut kann zu hohen Kosten bei Sanierungen führen. Es sollte daher bei einer höheren Lebenserwartung der PV-Anlage im Vergleich zum Dachsystem die Ertüchtigung des Daches in Erwägung gezogen werden.

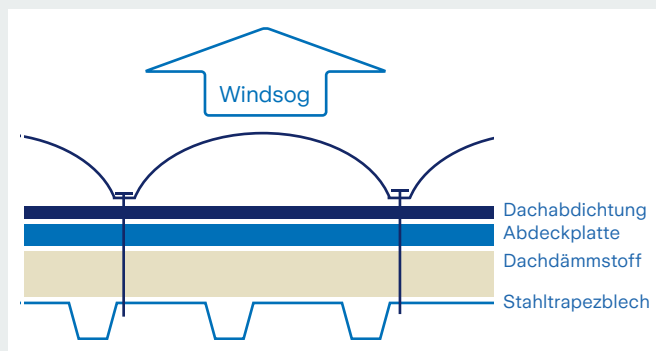
Darüber hinaus kann der bestehende Dachaufbau ebenfalls Auswirkungen auf Schadenerwartungen haben. Ein Faktor ist dabei die Brennbarkeit der Dachkonstruktion, der Dachdämmstoffe und der Dachmembran. Des Weiteren ist die Art der Befestigung der Dachschichten mit der Tragkonstruktion von Bedeutung. Bei Windsogkräften kann es zu einem Ausbeulen der Deckschicht bei mechanisch befestigten Foliendächern kommen. Dies muss nicht zwangsläufig zum Versagen des Daches führen, kann aber zum Verschieben von PV-Modulen und Unterkonstruktionen bei Auflastsystemen führen. Aus diesen Spannungen können sich dann gegebenenfalls lose Verbindungen oder technische Defekte entwickeln, die zu einem Ausfall oder zu einem Brand führen können.

Mechanisch befestigte einlagige Dachmembranen

Mechanisch befestigte, einlagige Dachbahnen sind in der Regel im Abstand von 1,25 bis 3,0 m durch Schrauben mit der Dachkonstruktion verbunden.

Zwischen den Befestigungsreihen ist zu erwarten, dass sich die Dachbahn bei Windsog nach oben wölbt. Ebenso können PV-Gestelle verrutschen oder vom Dach geschleudert werden. Dies kann zu Schäden an der Anlage führen.

Mechanisch an der Dachkonstruktion befestigte PV-Gestelle können den Windsog und die Wölbung nicht verhindern, aber zu einem geringeren Sachschaden bei der PV-Anlage führen.



Schematische Zeichnung eines durch Windsog belasteten Daches.
(Source: ZRS)



Bevor eine PV-Anlage installiert wird, sollte Kontakt mit Zurich Resilience Solutions aufgenommen werden.

- Zur Beurteilung des Dachaufbaus hinsichtlich der Installation einer PV-Anlage bei neuen oder bestehenden Gebäuden sollten Zurich Resilience Solutions die verfügbaren Informationen über das Dach zu übermitteln, wie z. B.:
- Beschreibung der einzelnen Schichten des Dachaufbaus einschließlich Abdichtungsmembran, Abdeckplatten (falls vorhanden), Dämmmaterial und Tragsystem, zusammen mit den technischen Informationen der Hersteller für jede Komponente
- Zeichnungen, aus denen die Lage aller Dachdurchdringungen und Dachaufbauten hervorgeht.

Zurich Resilience Solutions sollte so früh wie möglich in die Planung mit einbezogen werden.

6.1.1. Nicht brennbare Dämmmaterialien

Dachaufbauten mit ausschließlich mineralischer Dämmung begrenzen die Brandweiterleitung bei einem Brand und sind daher positiv zu bewerten. Es werden keine weiteren Maßnahmen an den Dachaufbau bei der Installation von Photovoltaik-Anlagen notwendig.

6.1.2. Getestete Dachaufbauten

Dachaufbauten, die, wie in Anhang G beschrieben, den Kriterien einer „Zurich Recognized Technology“ entsprechen, können ebenfalls ohne zusätzliche Maßnahmen verwendet werden. Kontaktieren Sie Zurich Resilience Solutions bei Fragen.

Darüber hinaus ist bei nach FM Approval Standard 4478 „Roof Mounted Rigid Photovoltaic Modules Systems“ geprüften PV-Systemen nur von einer geringen Brandausbreitung auf dem Dach auszugehen.



6.1.3. Brennbare Dachdämmstoffe

Die Brandbekämpfung auf brennbaren Dächern stellt aus mehreren Gründen eine besondere Herausforderung für die Einsatzkräfte der Feuerwehr dar:

- Auf brennbaren Dächern können sich Brände schnell ausbreiten. Bei dem Abbrand von brennbaren Dachdämmstoffen entsteht in der Regel ein dichter und dunkler Rauch, der zusätzlich die Brandbekämpfung erschwert.
- Der sichere Zugang für die Feuerwehr zum Dach ist erschwert und die Brandbekämpfung auf einem Dach erfordert spezielle Kenntnisse. Ein möglicher Feuer wird deshalb i. d. R. nur aus sicherer Entfernung bekämpft, zumal in vielen Kommunen lediglich ein Drehleiterfahrzeug zur Verfügung steht.
- Brände außerhalb des Gebäudes werden aufgrund fehlender Brandmelder in diesem Bereich nicht detektiert. Daher sind sie meist sehr stark fortgeschritten, bevor Einsatzkräfte alarmiert werden.
- Mit fortschreitendem Feuer auf dem Dach wird die durch die Feuerwehr eingesetzte oder notwendige Löschwassermenge ebenfalls signifikant höher. Häufig kann diese bei hohen Gebäuden nicht in ausreichendem Maße zur Verfügung gestellt werden.
- Im Fall eines ausgedehnten Brandes auf dem Dach ist die Schadenerwartung hoch, weil bei einem zerstörten oder beschädigten Dach meist die Betriebstätigkeit in dem Gebäude für die gesamte Dauer der Sanierung eingestellt werden muss.

Bei brennbaren Dachkonstruktionen mit EPS/XPS/PUR/PIR Dämmstoffen ist eine der nachfolgend aufgelisteten Kompensationsmaßnahmen zur Ertüchtigung des Daches vorzunehmen:

Polyisocyanurat (PIR) ist eine Variante des Dämmstoffs Polyurethan-Hartschaum (PUR). Er zeichnet sich durch hohe Druckfestigkeit und Temperaturbeständigkeit aus. Bei PIR-Dämmstoffen mit einer PVC- oder TPO-Dachbahn mit einer nicht brennbaren Dachunterkonstruktion wird eine Detektion nach Kapitel 6.2.1 als einzige Kompensationsmaßnahme empfohlen.

Bei einer brennbaren Dachunterkonstruktion, zum Beispiel aus Holz, in Kombination mit PIR Dämmstoffen und für Dachkonstruktionen mit Isolierungen aus **Polyurethan-Hartschaum (PUR)** mit jedweder Unterkonstruktion stehen folgende Kompensationsmaßnahmen zur Auswahl:

- Austausch der Isolierung gegen nichtbrennbare Materialien.
- Installation von mindestens 6 mm dicken AQUAPANEL® Cement Board Rooftop oder gleichwertigen Produkten unter der Dachabdichtung in einem Umkreis von mindestens 2,5 m um die Module. Alternativ kann die Zementplatte auch auf die bestehende Dachkonstruktion aufgebracht und dann mit einer Dachbahn aus PVC oder TPO versiegelt werden. (S. Abb. 6 und 7)

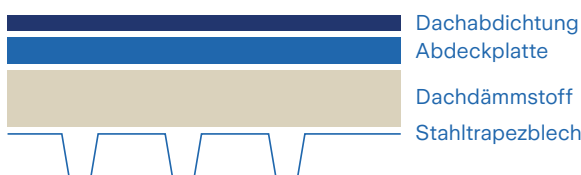


Abbildung 6: Abdeckplatte über brennbarer Isolierung

- Abdeckung aus mindestens 4 cm dicken Betonwerksteinplatten oder anderen mineralischen Platten in einem Umkreis von 2,5 m um die Module oberhalb der Dachabdichtung.
 - Aufbringen einer 6 cm dicken Einlage aus mineralischem Vlies oder einer Mineralwolle-Dämmplatte unter der Dachabdichtung ganz oder in einem Umkreis von 2,5 m um die Module.
 - Aufbringen einer mind. 5 cm dicken Kiesschicht (16/32) in einem Umkreis von 2,5 m um die Module oberhalb der Dachabdichtung.
- Achtung:** Diese Ausgleichsmaßnahme ist möglich, sollte aber auf Grund von potenziellen Windschäden durch Aufwirbelung bzw. Verschiebung der Steine nur nach vorheriger Absprache mit Zurich Resilience Solutions angewendet werden.
- Installation einer Löschanlage nach Kapitel 6.2.2.

Wenn die Oberfläche eines Dachaufbaus aus Aluminiumprofilen besteht oder Sandwichpaneele mit Metalloberflächen als Dacheindeckung verwendet werden, sollte Zurich Resilience Solutions für eine Einschätzung des Dachaufbaus kontaktiert werden.

Bei allen beschriebenen Kompensationsmaßnahmen ist die statische Tragfähigkeit der Gesamtkonstruktion durch einen Statiker überprüfen zu lassen.

Expandiertes Polystyrol (EPS) und extrudiertes Polystyrol (XPS)
Für Dachdämmstoffe, die aus EPS und XPS bestehen, wird ausschließlich die Installation einer Löschanlage nach Kapitel 6.2.2 empfohlen.

Eine Kompensation mit einer Trennschicht, wie bei PU-Materialien beschrieben, mit einer nichtbrennbaren Trennschicht, ist aus Sachversicherungssicht nicht ausreichend. Dies gilt auch für Dächer, die aus Stahlbeton hergestellt sind und eine EPS/XPS-Dämmschicht mit darauf liegender Bekiesung haben.

Konformität mit Herstellervorgaben

Bei brennbaren Dachaufbauten sollte vor der Auswahl der PV-Module anhand der Installationsrichtlinien des Herstellers geprüft werden, ob eine Installation auf brennbaren Dachaufbauten zulässig ist.

6.1.4. Zurich Resilience Solutions Plandurchsicht

Wenn der an Ihrem Standort befindliche Dachaufbau nicht in die hier beschriebenen Aufbauten einklassifiziert werden kann, können Sie vor der Umsetzung des Projektes mit Zurich Resilience Solutions in Kontakt treten und mögliche Kompensationsmaßnahmen und Dachaufbauten besprechen. Dies gilt für Neu- und Bestandsbauten.

Bitte senden Sie uns dazu den ausgefüllten Anhang B zu.

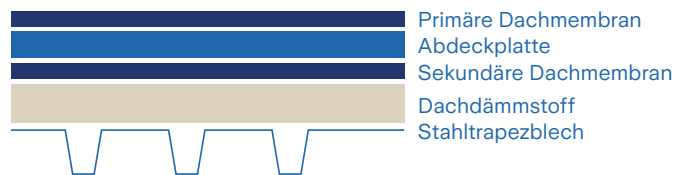


Abbildung 7: Abdeckplatte über brennbarem Dachaufbau



6.1.5. Begrünte Dächer

Ein intensiv oder semi-intensiv begrüntes Dach mit hohen Pflanzen oder Gräsern eignet sich nicht für eine Belegung mit PV-Anlagen. Es sollte mindestens ein Abstand von 5 m zwischen den PV-Installation und dem Beginn der Vegetation freigehalten werden.

Als extensiv begrünte Dächer bezeichnet man Dachbegrünungen mit überwiegend niedrigwüchsigen und robusten Pflanzen, wie Moosen, Sedum oder Sukkulenten mit einer Höhe von bis zu 200 mm. Hier ist eine Substratschicht von mindestens 5 cm erforderlich. Die Aussparung der Begrünung um die PV-Module und Halterungen sollte mindestens 0,3 m betragen.

Bei dieser Art der Dachbegrünung können Brände durch eine Kombination aus Trockenheit und heißem Wetter verursacht werden. Wenn die Vegetation auf dem Dach nicht ausreichend bewässert wird, kann sie sehr trocken und leicht entflammbar werden. Gerade zu dieser Zeit hat die PV-Anlage ihre Hauptlast und produziert unentwegt Strom. Ein technischer Defekt oder Lichtbogen kann hier zu einer Entzündung führen.

Generell ist die Vegetation sowie eine mögliche Bewässerungsanlage mindestens monatlich in der Trockenperiode durch eine qualifizierte Person zu kontrollieren und gegebenenfalls Wildwuchs zu entfernen oder Reparaturen zu initiieren.

Vor Beginn der kalten Jahreszeit ist die Bewässerungsanlage gegen Frostschäden zu schützen.

6.2. Anlagentechnischer Brandschutz

6.2.1. Detektion von Bränden

Zur sehr frühzeitigen Detektion möglicher Brände an PV-Paneelen der Generatorfläche und deren Verbindungselementen sollte bei allen PV-Installationen eine automatische Brandmeldeanlage auf dem Dach installiert werden.

Um Witterungseinflüssen Rechnung zu tragen, bietet sich entweder die Installation anerkannter linearer Wärmemelder unterhalb der Paneele oder die Installation von anerkannten optischen Infrarot-3-fach-Meldern oberhalb der PV-Anlage an.

Lineare (kabelartige) Wärmemelder arbeiten entweder

- mit ein- oder zweiadrigen Kabeln, deren Widerstand sich bei Erwärmung erhöht, (Empfehlung: keine Melder verwenden, die bei (Alarm-)Auslösung zerstört werden),
- mit Flachbandleitern versehenen Kabeln mit Temperatursensoren in definierten Abständen,
- mit gas- oder flüssigkeitsgefüllten Fühlerleitungen, die bei Erwärmung einen Druckanstieg erfahren, oder
- mit Glasfaserleitungen, die mittels gepulster Lasersignale den sog. Raman-Effekt zur höchstgenauen Temperaturmessung nutzen.

Optische Infrarot-3-fach-Melder eignen sich insbesondere für Außenbereiche, da diese für eine für Kohlenwasserstoff-Brände typische Spektrallinie im Bereich von 4,5 µm ausgelegt sind. Um Fehlalarme sicher zu vermeiden, wird die Intensität der 4,5 µm mit der Intensität der benachbarten Wellenlängen von 4 und 5 µm verglichen. Durch dieses Prinzip besitzen sie eine besonders hohe Sicherheit gegenüber Täuschungsalarmen.

Die Detektoren sollten an eine Brandmeldeanlage angeschlossen werden, die einen Alarm an eine ständig besetzte Stelle übermittelt.

Die Oberseiten der Module sind nur selten der Entstehungsort von Bränden. Dementsprechend sollte die Installation von Detektoren unterhalb der Module erfolgen. Ebenso muss für eine zuverlässige Detektion die effektive Reichweite bei der Auslegung in Betracht gezogen werden.

Im Rahmen der Planung sollte die PV-Anlage in das Brandmelde- und Alarmierungskonzept des Objektes nach DIN 14675-1 mit einbezogen werden. Hierzu ist der Fachplaner der Brandmeldeanlage mit einzubeziehen.

6.2.2. Löschanlagen für Dachflächen

Für Dächer mit einem brennbaren Dachdämmstoff und einer Dachneigung von maximal 10 Grad kann eine Wasserlöschanlage ohne Schaumzumischung als Kompensationsmaßnahme installiert werden.

Die Auslösung des Trockensystems sollte durch eine anerkannte automatische Brandmeldeanlage erfolgen. Für die Ansteuerung der Löschanlage sind VdS-erkannte linienförmige Wärmedifferentialmelder mit einem maximalen Abstand von Meldepunkt zu Meldepunkt von 0,5 m zu verwenden. Die Löschanlage wird als Trockenanlage mit offenen Düsen ausgeführt.

Die Löschdüsen sollten so angeordnet sein, dass sie den Gang zwischen den Modulen und das Modul selbst abdecken und eine Mindestwasserbeaufschlagung von 3 l/min./m² haben. Der Mindestdruck richtet sich dabei nach dem verbauten Düsentyp. Es sollten korrosionsgeschützte Rohrleitungen, wie beispielsweise verzinkte, polymerbeschichtete oder vergleichbare Rohre verwendet werden, um einer Rostbildung vorzubeugen. Die Sprinklerdüsen sollten mit für das System anerkannten Schutzkappen versehen werden, um dem Eindringen von Insekten und Schmutz entgegenzuwirken.

Die von einer Sprühwasserstation geschützte Fläche sollte 1.600 m² nicht überschreiten. Benachbarte Flächen, die weniger als 2,5 m auseinanderliegen, müssen gemeinsam in die Berechnung des Wasserbedarfs (min. Vorratsmenge) für 60 min. berücksichtigt werden.

Die Anerkennung eines solchen Systems erfolgt durch Zurich Resilience Solutions nach vorheriger Plandurchsicht vor Installation der Löschanlage sowie anschließender Abnahmeprüfung nach Fertigstellung.





6.3. Zugang und Abstände bei Dachinstallationen

6.3.1. Zugang zum Dach

Es sollte ein sicherer und zuverlässiger Zugang zum Dach für Zwecke der Installation, Inspektion und Wartung geschaffen werden. Hierbei sollte eine Überprüfung und Identifizierung aller notwendigen Zugangsanforderungen für Personal und Materialien erfolgen, wie beispielsweise Kräne, Montage- und Baustelleneinrichtungen.

Folgende Punkte sollten dabei sichergestellt werden:

- Ein sicherer und ausreichend dimensionierter Zugang zum Dach für Wartungszwecke und für die Feuerwehr sollte vorhanden sein.
- Der Zugang muss auch bei schlechten Witterungsbedingungen und in Notfällen möglich sein.
- Falls ein Kran oder ein anderes schweres Gerät benötigt wird, muss die Tragfähigkeit des Dachs überprüft werden. Das Material muss sicher und ohne Schäden auf das Dach transportiert werden können.
- Bei der Installation der Module sollte darauf geachtet werden, dass ein Austausch der Paneele mit minimalem Ausbauraufwand durchgeführt werden kann.

6.3.2. Abstände allgemein

- Die maximale Länge und Breite eines Feldes einer PV-Anlage sollte 45 m nicht überschreiten.
- Die Dachinstallationen sollten für Wartungs- und Feuerwehrzwecke zugänglich sein. Die Mindestgangbreite sollte 1,25 m betragen.

- Zwischen den Feldern (max. 45 m Kantenlänge) ist ein Mindestabstand von 1,25 m erforderlich. Dabei wird davon ausgegangen, dass alle Maßnahmen nach Kapitel 6.1 implementiert worden sind. Ist dies nicht der Fall, sollte der Mindestabstand zwischen den Feldern 2,5 m betragen.
- Ein Mindestabstand von 1,25 m zwischen den Solarmodulen und den Dachkanten ist erforderlich.
- Zu höheren Gebäuden oder Gebäudeteilen ist ein Abstand von mindestens 5 m erforderlich, es sei denn, die Wand ist feuerbeständig und weist keine ungeschützten Öffnungen auf. In diesem Fall kann der Abstand auf 1,25 m reduziert werden.

6.3.3. Abstände zu Brandwänden

Zwischen den PV-Modulen und über Dach geführten Brandwänden ist ein Mindestabstand von 2,5 m einzuhalten.

Bei einer Überdachführung der Brandwand von mindestens 0,5 m über der Oberkante der PV-Module sowie bei nicht brennbaren Dächern kann der Abstand auf 1,25 m reduziert werden.

Bei unter dem Gebäudedach endenden Brandwänden sollte ebenfalls der Abstand von 2,5 m eingehalten werden. Andernfalls kann sich auf Grund eines PV-Modulbrandes ein Feuer über die Brandwand hinaus auf dem Dach ausbreiten.

Inbesondere bei der Betrachtung des Abstandes zu Brandwänden sind auch die baurechtlichen Vorgaben des jeweiligen Bundeslandes zu berücksichtigen. In einigen Bundesländern (HH, NRW, RLP) bestehen hierbei zudem gesondere Prüfpflichten für die elektrische Anlage durch Prüfsachverständige.

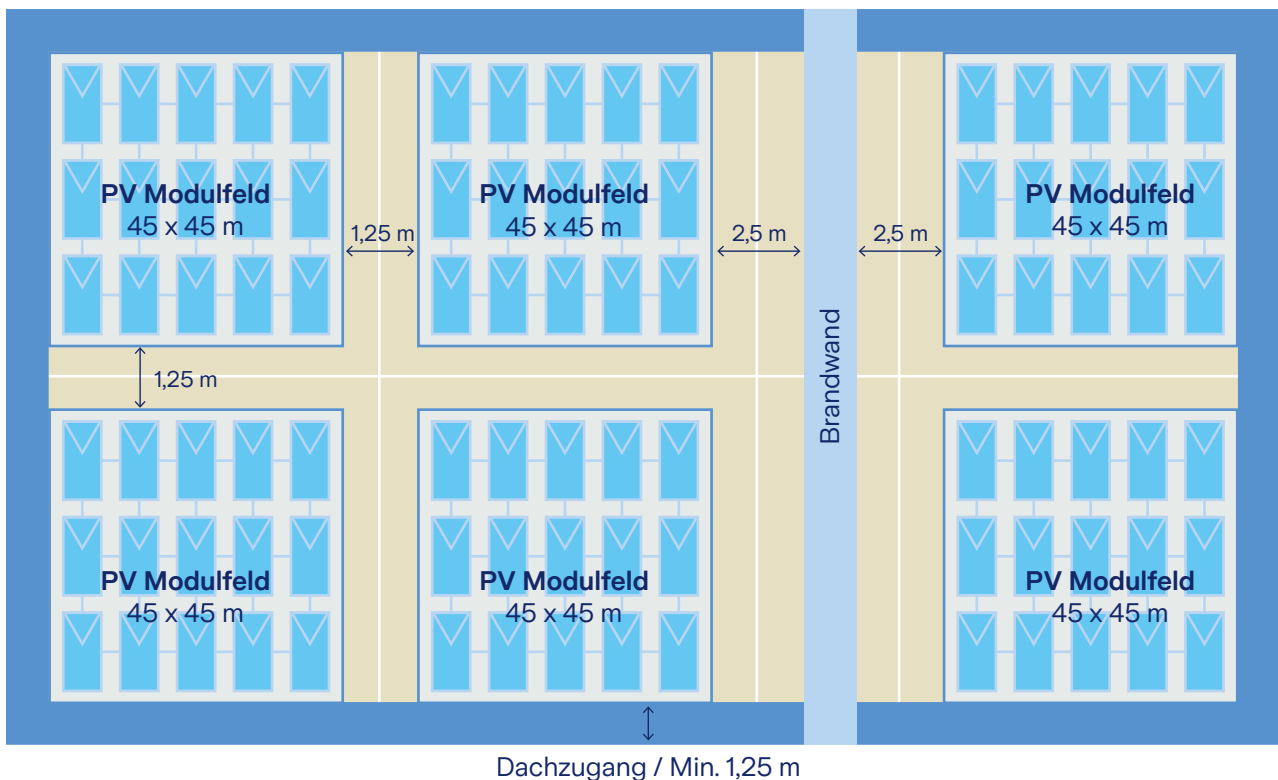


Abbildung 8: Mindestabstände bei Dächern



6.3.4. Abstände zu Aufbauten bzw. Einbauten im Dach

Bei einem Brand der PV-Module sollten eine Brandweiterleitung in das Innere des Gebäudes verhindert werden. Folgende Punkte sind zu beachten:

- Es sollten keine Solarmodule über Dachöffnungen bzw. -durchdringungen installiert werden.
- Dachabläufe und andere Dachdurchdringungen aus brennbarem Material sollten in einem Abstand von mindestens 0,3 m freigehalten werden.
- In jedem Fall sollte ein Abstand zwischen Dachaufbauten und technischen Einrichtungen wie Lüftungsleitungen oder Kühlaggregaten und den Modulen von mindestens 1,25 m eingehalten werden. Dieser Abstand ist notwendig, damit sich Monteure bei Wartungs- und bei Reparaturarbeiten um das Gerät bewegen können. Bei brennbaren Dächern sowie brennbaren Dachaufbauten nach Kapitel 6.1.3 sollte der Abstand auf 2,5 m ausgeweitet werden.
- Es wird empfohlen, nicht brennbare Dachdurchdringungen (z. B. Edelstahl- oder gegossene Dachabläufe) zu installieren oder bestehende brennbare Dachdurchdringungen gegen nicht brennbare auszutauschen.

6.3.5. Abstände zu natürlichen Rauch- und Wärmeabzugsanlagen

Natürliche Rauch- und Wärmeabzugsanlagen (RWA) sind je nach Gebäude primär für die Rauchfreihaltung zum Flüchten von Personen installiert und vorgegeben. Zuluftöffnungen sind meist an den Gebäudeaußenwänden installiert. Abluftöffnungen sind im Dach installiert.

Viele Anlagen werden automatisch aufgeföhren oder mittels einer Gaskartusche aufgeschossen. Sind PV-Module zu nah an den Rauch- und Wärmeabzugsanlagen installiert, so können diese nicht komplett öffnen und der rauchabführende Effekt wird gemindert. Ein Öffnungswinkel von 160° bis 170° sollte immer möglich sein.

Damit diese Einrichtungen erreichbar sind und gewartet werden können, sollte ein Mindestabstand von 1,25 m zu PV-Modulen eingehalten werden.

Darüber hinaus ist zu berücksichtigen, dass zur Lüftung, zur Wartung und im Brandfall aufföhrende RWA keine PV-Module beschädigen. Die Feuerwehr kann größere als die hier genannten Abstände benötigen.

Die Installation von PV-Anlagen kann zudem Einfluss auf den aerodynamischen wirksamen Querschnitt von natürlichen RWA-Anlagen haben. Dies ist bedingt durch die veränderte Luftströmung in Folge der Installation der PV-Anlage. Sollten nachträglich PV-Anlagen installiert werden, ist die bestehende Dimensionierung von RWA-Anlagen zu prüfen und ggf. neu zu bewerten.

6.4. Verschattung

PV-Module bieten eine hohe Leistung, welche von der Sonneneinstrahlung abhängig ist. Jede Beeinträchtigung des Lichteinfalls reduziert die Ausgabeleistung der Module. Das Problem bei verschatteten PV-Modulen besteht darin, dass einige Module des Strings in der Sonne liegen und einige im Schatten.

Die verschattete Zelle/PV-Modul wird vom Erzeuger zum Verbraucher, was dazu führt, dass der Strom förmlich durch die verschattete Zelle durchgedrückt werden muss (hoher, innerer elektrischer Widerstand). Die Spannung der verschatteten Zelle kehrt sich um und wird negativ, was zu Hotspots führt. Hotspots können die Lebensdauer der betroffenen Zellen verringern und sogar zu Modulversagen föhren. Daher föhren Beschattungen zu einem erhöhten Risiko für die Entwicklung eines Feuers oder eines technischen Defekts.



Besonders kritisch sind hierbei punktuelle, kleinflächige Verschattungen – beispielsweise der Schlagschatten von Blitzschutzfangeinrichtungen.

Um dies zu verhindern, sind Photovoltaik-Module mit sogenannten Bypass-Dioden ausgestattet. Leistungsoptimierer stellen einen weitaus größeren Schutz gegen Schäden aus Verschattung dar.

6.4.1. Bypass-Dioden

Bypass-Dioden sind mittlerweile in allen modernen Anlagen verbaut und sehr wichtig für einen sicheren und optimalen Betrieb der PV-Anlage. Jeder Zellen-String (kristalline Zellen) mit insgesamt 24 Zellen eines PV-Moduls ist mit einer Bypass-Diode geschützt. So haben zum Beispiel PV-Module mit 72 Zellen in der Regel 3 Bypass-Dioden. Die primäre Aufgabe einer Bypass-Diode ist der Schutz des PV-Moduls.

Forschungsergebnisse haben gezeigt, dass Bypass-Dioden im Laufe der Alterung des Systems auch Schwachstellen aufweisen können. In einem Bericht der TÜV Rheinland Energy and Environment GmbH wurde festgestellt, dass Bypass-Dioden ausfallen können, insbesondere bei Stromstößen durch Blitzschläge.

Die Autoren der Arbeit „Fault Analysis and Detection in Solar Photovoltaic Systems: A Review“ von M. F. Khan et al. (2016), die verschiedene Arten von Fehlern in PV-Systemen untersucht haben, stellen fest, dass Bypass-Dioden anfällig für Überhitzung und Kurzschlüsse sind; insbesondere dann, wenn sie bei hohen Temperaturen oder in feuchten Umgebungen betrieben werden. Bypass-Dioden können aufgrund von Alterung oder Herstellungsfehlern vorzeitig ausfallen.

Insgesamt tragen Bypass-Dioden zur Vermeidung von Schäden durch Schattierung in PV-Systemen bei, sollten jedoch als primärer Schutz für das PV-Modul und nicht als Sicherheitseinrichtung für ein Gesamtsystem gesehen werden.

Es ist jedoch empfehlenswert, bereits bei der Planung einer Photovoltaik-Anlage darauf zu achten, dass die Module möglichst nicht verschattet werden. Während des Betriebs der Anlage ist zudem regelmäßig zu prüfen, ob keine neuen Quellen für Verschattungen bestehen. Verschmutzungen und nachwachsende Vegetation sind regelmäßig zu entfernen; neue technische Anlagen und Dachaufbauten sind entsprechend zu planen oder die PV-Anlage ist entsprechend anzupassen.

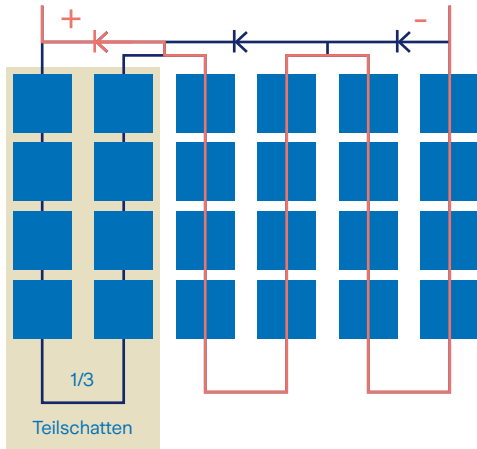


Abbildung 9: Bypass-Dioden

Was ist eine Bypass-Diode?

In allen gängigen Solarmodulen sind mittlerweile mehrere Bypass-Dioden verbaut. Eine Bypass-Diode ist eine Diode, die parallel zu einem Photovoltaik-Modul geschaltet ist. Wenn das Modul verschattet wird und der Stromfluss blockiert ist, leitet die Bypass-Diode den Strom um das Modul herum und verhindert so eine Überhitzung. Bypass-Dioden sind in der Regel so ausgelegt, dass sie nur bei Verschattungen aktiv werden und bei normalem Betrieb inaktiv bleiben.

6.4.2. Leistungsoptimierer

Leistungsoptimierer sind zwischen jedem PV-Modul bzw. jeder Modulgruppe und dem zentralen Wechselrichter platziert und optimieren die Leistung jedes PV-Moduls bzw. jeder Modulgruppe. Sie können auch dazu beitragen, dass Schatten auf einem Paneel die Leistung der anderen PV-Module in der Anlage nicht beeinträchtigen. Zudem können Leistungsoptimierer die Installation von Solaranlagen vereinfachen, da sie es erlauben, unterschiedliche Arten von Modulen in die gleiche Anlage zu integrieren. Ein weiterer Vorteil ist, dass sie die Möglichkeit bieten, die Leistung jedes PV-Moduls individuell zu überwachen, was zu einer schnelleren Erkennung und Behebung von Fehlern führt.

Höherer Energieertrag:

Leistungsoptimierer maximieren den Energieertrag von PV-Modulen durch die Vermeidung von Differenz-Verlusten, die durch ungleichmäßige Verschattung oder unterschiedliche Ausrichtungen der Module entstehen können.

Monitoring

Mit Leistungsoptimierern können Sie jedes Modul einzeln überwachen und so frühzeitig erkennen, ob es Probleme gibt.

Sicherheit

Leistungsoptimierer verhindern unzulässig hohe Spannungen in den Modulstrings, was das Risiko von Stromschlägen und Brandschäden verringert.

Flexibilität

Leistungsoptimierer ermöglichen die Installation von PV-Modulen in unterschiedlichen Ausrichtungen und auf verschiedenen Dachflächen, was die Flexibilität bei der Gestaltung von PV-Systemen erhöht.

Brand- und Lichtbogenvermeidung

Leistungsoptimierer tragen auch dazu bei, das Risiko von Bränden und Lichtbögen zu verringern. Durch die Verwendung von Leistungsoptimierern wird die Spannung im Fall von erkannten Defekten auf ein Minimum reduziert, was die Wahrscheinlichkeit von Lichtbögen stark verringert. Außerdem können sie dazu beitragen, Überhitzung und Brände durch Vermeidung von Differenz-Verlusten zu verhindern.

Empfehlung zur Reduzierung der Schadenwahrscheinlichkeit

Die Installation von Leistungsoptimierern wird bei allen PV-Installationen ohne Mikrowechselrichter empfohlen.

In einigen Ländern sind Leistungsoptimierer bereits vorgeschrieben. Dies ist aus Gründen der Arbeitssicherheit und aus Brandvermeidungsgründen sinnvoll.

6.4.3. Mikrowechselrichter / Mikroinverter

Mikrowechselrichter können die Leistung jedes Moduls individuell optimieren, indem sie den Gleichstrom (DC) unmittelbar am PV-Modul in Wechselstrom (AC) umwandeln und die Spannung und den Strom auf die optimalen Betriebsbedingungen abstimmen. Auf diese Weise können Verluste z.B. aufgrund von Verschattungen minimiert werden.

Im Gegensatz zu herkömmlichen String-Wechselrichtern, bei denen eine Reihe von Solarmodulen an einem Wechselrichter angeschlossen sind, haben Mikroinverter den Vorteil, dass jedes Solarmodul mit einem eigenen Wechselrichter verbunden ist.

Dadurch wird das Risiko einer Überhitzung oder eines Kurzschlusses in einem PV-Modul reduziert, da die Strombelastung auf die einzelnen Module verteilt wird. Wenn es zu einem Ausfall eines Mikroinverters oder Solarmoduls kommt, hat dies keinen Einfluss auf den Betrieb der anderen Module. Im Vergleich dazu können bei einem String-Wechselrichtersystem alle Module durch den Ausfall eines Moduls oder Wechselrichters beeinträchtigt werden.

Darüber hinaus können Mikroinverter dazu beitragen, die Entstehung von Lichtbögen zu vermeiden. Bei herkömmlichen PV-Anlagen resultiert die Gefahr von Lichtbögen insbesondere durch die DC-Verkabelung und die DC-Leitungsverbindungen sowie Schalteinrichtungen. Da bei Mikroinvertoren jedes Modul mit einem eigenen Wechselrichter verbunden ist, reduziert sich das Risiko von Lichtbögen und somit auch das Risiko von Bränden. Mikroinverter tragen dazu bei, die Gleichspannungskreise auf Paneelebene und das Gleichspannungsniveau auf ein Minimum zu reduzieren.

Die Installation von Mikrowechselrichtern wird bei allen PV-Installationen ohne Leistungsoptimierer empfohlen.





6.5. Elektrische Installation

Photovoltaik-Anlagen bestehen aus verschiedenen elektrischen Komponenten, die zur Erzeugung von Solarenergie notwendig sind. Die wichtigsten Komponenten sind die PV-Module, Wechselrichter und Verkabelungen. Zusätzlich können auch Batteriespeicher, Laderegler und Monitoring-Systeme installiert werden. Eine fachgerechte Installation der Komponenten ist entscheidend für die Betriebssicherheit, eine hohe Effizienz und die Langlebigkeit der PV-Anlage.

6.5.1. Befestigung der PV- Module

Es ist wichtig zu beachten, dass jedes Befestigungssystem seine eigenen spezifischen Risiken und Herausforderungen hat. Daher sollte die Wahl des richtigen Systems in Abhängigkeit von verschiedenen Faktoren wie der Dachneigung, der Dachhöhe, der Wind- und Schneelasten sowie der Art der PV-Module sorgfältig abgewogen werden.

Befestigungssysteme sind dabei immer nach den Herstellervorgaben der Module auszuwählen und zu errichten. Spezielle Anforderungen sind dabei jeweils in den Montageanweisungen enthalten oder können beim Hersteller angefordert werden.

Eine sichere Verbindung der Module zur Gebäudestruktur ist dabei von größter Bedeutung, da sich ansonsten die Paneele lösen und herunterfallen oder durch starke Winde abgerissen werden können. Dabei ist es oft schwierig, lockere Module zu erkennen, wodurch das gesamte PV-Modul entfernt und neu installiert werden muss. Darüber hinaus können lockere Module zu elektrischen Fehlern, Kabelschäden und Kurzschlüssen führen, die wiederum Brände verursachen können.

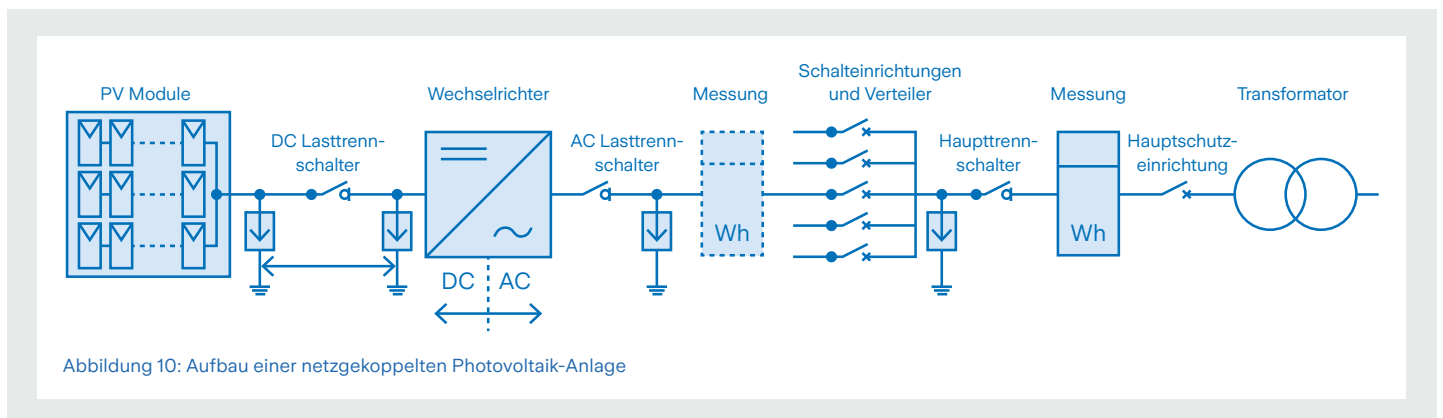


Abbildung 10: Aufbau einer netzgekoppelten Photovoltaik-Anlage

Befestigungsmethode	Vorteile	Nachteile
Direkte Befestigung mit Schraube und Muttern	Einfache Installation	Schrauben können sich lockern oder rosten, spezifisches Drehmoment zur Befestigung ist zu beachten.
Verwendung von Dachhaken	Sichere Verbindung	Haken können bei starken Winden oder Schneelasten brechen
Verwendung von Klammern	Einfache Installation	Klammern können sich lösen oder brechen
Verwendung von Klebstoffen	Keine sichtbaren Befestigungselemente	Klebstoff kann im Laufe der Zeit seine Haftkraft verlieren
Verwendung von Klemmen	Einfache Installation	Klemmen können brechen oder sich lösen
Verwendung von Ankern	Stabile Verbindung	Anker können sich lockern oder rosten
Platzieren auf einer Schicht aus Kies oder einem Ballastbett	Keine sichtbaren Befestigungselemente	Module können durch starke Winde oder Erdbeben verrutschen
Aufständigung	Sichere und stabile Verbindung	Aufständigung kann bei starken Winden oder hohen Schneelasten brechen
Verwendung von Klebestreifen	Keine sichtbaren Befestigungselemente	Klebestreifen können im Laufe der Zeit ihre Haftkraft verlieren
Verwendung von Klemmprofilen	Einfache Installation	Profile können sich lockern oder brechen



Die Module sind der Sonne ausgesetzt. In Kombination mit dem Dach und der Dachhaut können thermische Bewegungen zu Rissen, Verformungen oder Beschädigungen führen.

Hierzu können folgende Gegenmaßnahmen ergriffen werden:

- Es sollten Befestigungssysteme verwendet werden, die ausreichend dimensioniert und auf die thermischen Bewegungen ausgelegt sind. Die klimatischen Bedingungen des Aufstellungsortes sind dabei objektspezifisch zu bewerten.
- Es sollten geeignete Dichtungsmaterialien verwendet werden, um die Kabeleinführungen und die Befestigungslöcher abzudichten.
- Die thermische Ausdehnung der PV-Module muss bei der Planung und dem Design berücksichtigt werden. Es sollten ausreichend Abstände zwischen den Modulen und den Befestigungspunkten eingeplant werden.
- Es sollten flexible Verbindungen zwischen den PV-Modulen und den Befestigungssystemen verwendet werden, um die thermischen Bewegungen auszugleichen.
- Regelmäßige Kontrollen der Befestigungssysteme sollten durchgeführt werden, um über die Lebensdauer einer Anlage eine adäquate Befestigung der Module sicherstellen zu können.

6.5.2. Wechselrichter

Der Wechselrichter ist ein zentraler Bestandteil einer jeden Photovoltaik-Anlage. Seine Aufgabe besteht darin, den von den Solarzellen erzeugten Gleichstrom in Wechselstrom umzuwandeln, bevor dieser in das Stromnetz eingespeist werden kann. Dabei sollte immer die Leistung des Wechselrichters auf die Leistung der PV-Module bzw. der PV-Strings abgestimmt sein, um einen optimalen Wirkungsgrad zu gewährleisten. Einer der häufigsten Fehler an PV-Anlagen ist die Fehl-Dimensionierung von Wechselrichtern und damit einhergehende Schäden und Defekte.

Es gibt verschiedene Arten von Wechselrichtern – je nachdem, ob es sich um eine netzgekoppelte oder eine netzunabhängige Photovoltaik-Anlage handelt. Bei netzgekoppelten Anlagen sind die Wechselrichter so konzipiert, dass sie den erzeugten Strom in das öffentliche Stromnetz einspeisen und den Bedarf des Standortes an elektrischer Energie ergänzen können. Bei netzunabhängigen Anlagen müssen die Wechselrichter den Strom in einen Speicher weiterleiten, um den Energiebedarf des Standortes zu decken.

Bei der Auswahl der Wechselrichter und der Montageorte sind folgende Punkte zu beachten:

- Einhaltung der Angaben des Herstellers bezüglich Umgebungstemperatur, Abständen zu brennbaren Materialien und Luftströmung
- Montageort muss für Gewicht und Abmessungen des Wechselrichters geeignet sein
- Wechselrichter auf nicht brennbarem Untergrund montieren
- Montageort vor Dämpfen und aggressiver Umgebungsluft schützen
- Wechselrichter im Außenbereich vor direkter Sonneneinstrahlung schützen. Ein kühler Standort verlängert die Lebensdauer. Bei Aufstellung im Freien ist darüber hinaus auch die Frostgefahr zu beachten.
- Wechselrichter nicht in explosionsgefährdeten Bereichen montieren
- Ablagerungen von leicht entzündlichen Stoffen verhindern
- Kondenswasserbildung vermeiden, ggf. sind Maßnahmen wie Belüften erforderlich
- PV-Stromversorgungssystem und Wechselrichter oberhalb möglicher Überflutungsbereiche installieren

- Keine Montage in Bereichen mit besonderen Brandrisiken nach DIN VDE 0100-420
- Geeignete Schutzart wählen: IP20 für Innenbereiche, mindestens IP44 für Außenbereiche
- Die Maximale Leerlaufspannung der zusammengeschalteten PV-Module darf die zulässige Spannungsgrenze des Wechselrichters nicht überschreiten.
- Anschlussbedingungen der Netzbetreiber beachten

Für die elektrische Steuerung und den Wechselrichter ist eine ausreichende Kühlung wichtig, um eine geringe Temperatur der elektrischen Komponenten gerade im Sommer zu gewährleisten. Hohe Betriebstemperaturen können zu Ausfällen führen, was zu einer reduzierten Betriebszeit, elektrischen Fehlern und einer erhöhten Brandgefahr führen kann. Die Ansammlung von Staub in den Steuerungen oder Wechselrichtern kann auch zu lokaler Überhitzung und Komponentenausfällen führen. Eine ausreichende Kühlung und Belüftung kann durch geeignete Positionierung der Geräte, Installation von Lüftungs- und Kühlungssystemen oder regelmäßige Reinigung der Geräte erreicht werden.

In Regionen mit hohen Außentemperaturen sollte betrachtet werden, ob eine Kühlung über natürliche Konvektion noch hinreichend ist oder ob die Wechselrichter entsprechend mit Split-Klimagerät o.Ä. ausgerüstet werden müssen.

Wechselrichter sollten mit ausreichend Abstand zueinander installiert werden. Installationen von Wechselrichtern auf dem Dach sollten vermieden werden, um potenzielle Zündquellen auf dem Dach zu reduzieren und die Zugänglichkeit im Schadenfall zu verbessern.

Die Anzahl der an einen Wechselrichter angeschlossenen Module sollte so gering wie möglich gehalten werden. Die Installation von Mikrowechselrichtern auf Modulebene kann eine Alternative sein, um die anstehenden elektrischen Spannungen gering zu halten und bei einem Lichtbogen die zur Verfügung stehende Energie zu begrenzen.





6.5.3. Allgemeine Hinweise zur Verkabelung

Die Verkabelung umfasst alle elektrischen Kabel und Leitungen, die die Paneele, den Wechselrichter und andere elektrische Komponenten der Anlage miteinander verbinden. Neben der Montage der PV-Module ist die Verlegung der Kabel entscheidend für die Sicherheit und die Langlebigkeit einer Installation.

Grundsätzlich sollten folgende Punkte bei der Installation bedacht werden:

- Gleichstromleitungen sind für die maximal zu erwartende Gleichspannung – meist 1.000 oder 1.500 V DC – auszulegen.
- Die Kabel sollen mechanischen Belastungen wie Vibrationen oder Windkräften standhalten.
- Leitungen sind entsprechend nach DIN VDE 0100-520 zu verlegen.
- Kabel und Leitungen dürfen nicht direkt auf der Dachoberfläche verlegt werden.
- Kabel und Leitungen dürfen dauerhaft nicht mit Wasser in Berührung kommen.
- Kabel und Leitungen sind zu fixieren oder in Kabelführungssystemen zu verlegen.
- Offen verlegte Gleichstromleitungen sollten beständig gegen UV-Strahlung und Ozon sein.
- Beim Anschluss von Aluminiumkabeln sind bestimmte Vorgaben zu beachten.
- Vermeidung von großen Leiterschleifen: die Potenzialausgleichsleiter sind parallel und in möglichst engem Kontakt zu den DC- und AC-Leitungen zu führen.
- Verlegung in Metallrohren oder -kanälen: beidseitig in den Potenzialausgleich einbeziehen.
- EMV-Schutzmaßnahmen, wie das Vermeiden von Kreuzungen oder das Verwenden von EMV-Schirmen, beachten.
- Gleichstromleitungen dürfen nicht durch Räume geführt werden, in denen leicht entzündliche Stoffe lagern, z. B. Stroh oder brennbare Flüssigkeiten.
- Berücksichtigung der erhöhten Umgebungstemperatur bei der Dimensionierung von Verlegesituationen unterhalb von Modulen nach DIN VDE 0100-712 (70 °C)

Für die Aufnahme von Kabeln haben sich 10 cm hoch aufgeständerte, nach unten gelochte und oben abgedeckte Metalltrassen bewährt.

6.5.4. Befestigung der Verkabelung

Häufige Ursachen für Schäden bei der Verkabelung sind unsachgemäße Installation, zu enge Kabelbündel, unzureichende Isolierung oder mangelnde Befestigung. Diese Mängel können zu mechanischen Beschädigungen der Kabel führen, was wiederum zu einer Beeinträchtigung der elektrischen Leistung oder zur Entstehung von Lichtbögen führen kann.

Es gibt verschiedene Methoden, um Kabel an PV-Modulen zu befestigen, die je nach Anwendung und Montagesituation eingesetzt werden können. Einige mögliche Methoden sind:

Kabelclips

Kabelclips werden häufig verwendet, um Kabel an der Rückseite von PV-Modulen zu befestigen. Diese Clips sind in der Regel aus Kunststoff oder Metall gefertigt und können auf der Oberfläche des Moduls befestigt werden. Aufgrund der längeren Haltbarkeit unter UV-Einstrahlung werden Kabelclips aus Metall empfohlen.

PV-Module mit integrierten Kabeln

Einige PV-Module sind mit integrierten Kabeln ausgestattet, die direkt an den Wechselrichter angeschlossen werden können. In diesem Fall müssen keine zusätzlichen Kabelbefestigungen angebracht werden.



Kabelbinder

Diese sollten jedoch vorsichtig eingesetzt werden, um keine Schäden oder Quetschungen an den Kabeln oder Modulen zu verursachen. Kabelbinder sind für die vertikale Befestigung von Kabeln und Leitungen nicht geeignet. Aufgrund der zu erwartenden geringeren Lebensdauer von Kabelbindern im Vergleich zu den weiteren aufgezeigten Möglichkeiten zur Kabelbefestigung wird von einer Verwendung generell abgeraten.

Hinweis

Klebe- und Isolierband sollte für die Befestigung und Bündelung von Kabeln auf keinen Fall verwendet werden.

6.5.5. Kabelverlegung über Brandwänden

PV-Kabel sollten unter keinen Umständen über Brandwände geführt werden, da dies das Brandschutzkonzept des Gebäudes beeinträchtigen kann. Im Brandfall könnte das Feuer sich über die Kabel auf die andere Seite der Brandwand ausbreiten und somit die Brandbekämpfung erschweren.

Mit schriftlicher Zustimmung der Zurich Resilience Solutions können spezielle Brandschutzmaßnahmen wie z. B. das Verlegen der Kabel in einem Brandschacht mit einer Feuerwiderstandsklasse F90 oder höher und die Verwendung von speziellen Brandschutzkabeln genehmigt werden. Es ist jedoch wichtig, dass diese Maßnahmen vorher mit Zurich Resilience Solutions abgestimmt werden.

6.5.6. Generatoranschlusskasten (GAK)

Der Generatoranschlusskasten (GAK) sammelt die Kabel von den Solarmodulen und verbindet sie mit den Eingängen des Wechselrichters. Er dient als zentrale Anschlussstelle und sorgt dafür, dass die Gleichstromleistung von den Solarmodulen zum Wechselrichter sicher und effizient transportiert wird. Zudem können in einen Generatoranschlusskasten auch Überwachungsfunktionen integriert sein, die zum Beispiel die Isolationswiderstände oder die Temperaturen der Solarmodule überwachen und im Falle von Abweichungen eine Warnung ausgeben.

Standort

Der Generatoranschlusskasten sollte an einem trockenen, gut belüfteten und vor Witterungseinflüssen geschützten Ort installiert werden. Es sollte darauf geachtet werden, dass keine Flüssigkeiten in den Kasten eindringen können. Tauwasser ist bei Temperaturschwankungen zwischen Tag und Nacht möglich. Dem sollte durch ausreichende Belüftung vorgebeugt werden. Der GAK sollte nicht in direktem Sonnenlicht stehen.



Schutzgrad

Der Generatoranschlusskasten sollte mindestens den Schutzgrad IP44 im Außenbereich und IP 20 im Innenbereich aufweisen, um ausreichend vor Staub und Spritzwasser geschützt zu sein. In Regionen mit Starkregenereignissen bzw. wenn eine Löschanlage zum Einsatz kommt, sollte ein Schutzgrad IP45 (Schutz vor Strahlwasser) installiert werden.

Berührungsschutz

Es sollte ein ausreichender Berührungsschutz gewährleistet werden, damit Personen nicht versehentlich mit spannungsführenden Teilen in Berührung kommen können.

Ableitstrombegrenzung

Der Generatoranschlusskasten sollte mit einer Ableitstrombegrenzung ausgestattet sein, um bei Auftreten von Ableitströmen eine gefährliche Erhöhung der Berührungsspannung zu verhindern.

Trennung von AC- und DC-Seite

Zur Wartung an Wechselrichtern sollte eine Trennung auf der AC- und DC-Seite erfolgen. Auf der Gleichstromseite und der Wechselstromseite sollte daher ein Lasttrennschalter installiert werden. Der bereits integrierte Schalter im Wechselrichter ist dafür nicht ausreichend.

Kurzschlussfestigkeit

Der Generatoranschlusskasten sollte kurzschlussfest sein, um bei einem Kurzschluss in der PV-Anlage eine sichere Abschaltung zu gewährleisten.

Temperaturbeständigkeit

Der Generatoranschlusskasten sollte in der Lage sein, Temperaturen von -25°C bis $+50^{\circ}\text{C}$ standzuhalten, um bei Temperaturschwankungen keine Beeinträchtigung der Funktion zu erfahren.

Zugentlastung

Eine ausreichende Zugentlastung sollte gewährleistet werden, um ein Abreißen der Leitungen bei mechanischen Belastungen zu verhindern.

Kennzeichnung

Der Generatoranschlusskasten sollte mit eindeutigen Kennzeichnungen versehen werden, um eine schnelle Identifikation der Anschlüsse und Leitungen zu ermöglichen.

Hinsichtlich der VDE gibt es noch weitere Anforderungen, die insbesondere die elektrische Sicherheit betreffen. So muss beispielsweise eine sichere Abschaltung im Falle eines Fehlerstroms gewährleistet sein. Zudem müssen die elektrischen Anschlüsse fachgerecht ausgeführt werden, um eine sichere Funktion der Anlage zu gewährleisten.

6.6. PV-Modul-Widerstand gegen Feuer und Hagel

PV-Module müssen in Deutschland gemäß der Normen DIN EN 61215 und DIN EN 61730 getestet und zertifiziert werden, bevor sie auf dem Markt zugelassen werden dürfen. Die DIN EN 61215 baut auf die IEC 6125 auf und beschreibt die Anforderungen an die Leistung und Haltbarkeit von kristallinen Photovoltaik-Modulen, während die DIN EN 61730 auf den IEC 61370 aufbaut und die Anforderungen an die Sicherheit von Photovoltaik-Modulen festlegt.

Die oben genannten Anforderungen sind für Hagel und Feuer aus versicherungstechnischer Sicht als Mindestanforderungen zu betrachten.

Bei bestimmten Exponierungen oder Umgebungen, wie beispielsweise durch Ammoniak in der Landwirtschaft, sind besondere Vorkehrungen zum Schutz der Module notwendig oder entsprechende Module bereits bei der Planung zu wählen.

6.6.1. Brandverhalten

Mechanische Eigenschaften, Umweltbeständigkeit, elektrische Eigenschaften und Brandverhalten werden nach IEC 61370 und IEC 61215 geprüft.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass oben beschriebene Versuche zur Zertifizierung der PV-Module im Kleinmaßstab meist nicht die tatsächliche Situation auf dem Dach oder der Fassade abbilden. Es wird daher empfohlen, Module mit einer sehr geringen Brandlast zu wählen. In der Regel sind das sogenannte Glas-Glas Module mit einem Aluminiumrahmen.

6.6.2. Hagelbeständigkeit

IEC 61370, IEC 61215, IEC 61646 und IEC 62716 sind die Dokumente der International Electrotechnical Commission (IEC), die Informationen und Tests zur Hagelbeständigkeit für Photovoltaik-Module beinhalten.

Extreme Wetterereignisse aus den letzten Jahren haben gezeigt, dass Hagelereignisse auch deutlich größerer Korndurchmesser haben können als die in den Standardtests verwendeten Körner (25 mm). Für Standorte, an denen Zurich mittlere oder höhere Hagelexponierungen erwartet, wird empfohlen, Photovoltaik-Module zu wählen, die den höchsten Hageltestanforderungen gemäß IEC oder UL 61730 entsprechen.

6.7. Feuerwehrtrennschalter

Ein Feuerwehrtrennschalter, auch Feuerweh-Haupttrennschalter genannt, ist eine Sicherheitseinrichtung in Photovoltaik-Anlagen und soll der Feuerwehr ermöglichen, die Gleichspannungskreise möglichst nahe an den PV-Paneelen bzw. Paneel-Gruppen aufzutrennen. Er sollte auf Verlangen der Feuerwehr installiert werden.

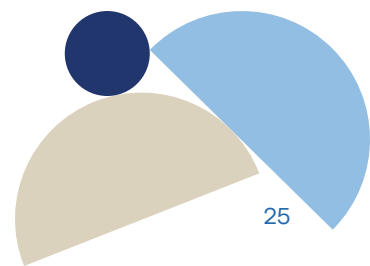
- Der Haupttrennschalter ist im Hinblick der Herstellerdokumentation basierend auf den vorhandenen Leistungsdaten der Anlage auszuwählen und bestimmungsgemäß zu montieren. Besonders zu beachten sind hierbei auch Anforderungen an die Einbau-Lage.
- Der Schalter sollte von außen ohne Werkzeug bedienbar sein. Gegebenenfalls sollte der Schalter mit einem Feuerwehrschlüssel zu öffnen sein.
- Der Schalter sollte für die Feuerwehr leicht erkennbar und beschriftet sein, um Verwechslungen mit anderen elektrischen Einrichtungen zu vermeiden.
- Es sollte eine Betriebsanleitung für den Haupttrennschalter vorhanden sein.
- Die Position des Feuerweh-Haupttrennschalters sollte in den Feuerwehr-Einsatzplänen und Notfallplänen des Standortes verzeichnet sein.

Bei der Installation von Leistungsoptimierern oder Mikrowechselrichtern an den Modulen kann aus Sachversicherungssicht auf die Installation eines Feuerweh-Haupttrennschalters verzichtet werden.

6.8. Dokumentation

Das abschließende Design zum aktuellen Planungsstand sollte vor Ausführung des Projektes dokumentiert werden.

Als Basis für eine Dokumentation kann die Checkliste dieses Dokuments in Anhang B verwenden werden.





7. Installation, Prüfung und Abnahme

Die Installation, Prüfung und die Abnahme sind wichtige Schritte bei der Durchführung von PV-Projekten. Eine genaue Dokumentation vor Installation, eine engmaschige Kontrolle während der Arbeiten und eine Prüfung durch einen unabhängigen Sachverständigen sind essenziell, um die Eintrittswahrscheinlichkeit eines Defektes oder Schadens zu minimieren.



Eine Checkliste mit während der Installation zu beachtenden Punkten ist im Anhang C zu finden. Bei der Inbetriebnahme kann die Checkliste in Anhang D verwendet werden.

7.1. Qualifiziertes Personal und Sachverständige

Eine oder mehrere qualifizierte Personen sollten als Bauleiter für jedes Gewerk dafür verantwortlich sein, die Installation der Photovoltaik-Anlage zu managen und zu überwachen. Es sollte sichergestellt werden, dass durch die ausführenden Firmen qualifiziertes Personal für die Installation der Photovoltaik-Anlage ausgewählt wird.

Zudem empfiehlt es sich, bereits während der Planung und Ausführung einen anerkannten Sachverständigen mit der Kontrolle der Arbeiten zu beauftragen.

Die Prüfung durch einen unabhängigen Sachverständigen sollte dabei mindestens folgende Punkte umfassen:

- Prüfung der Planungsunterlagen der Ausführungsplanung auf Plausibilität und Vollständigkeit
- Stichprobenartige, baubegleitende Überwachung der Installationsarbeiten der PV-Anlage auf Übereinstimmung mit den allgemein anerkannten Regeln der Technik, den Ausführungsunterlagen sowie den vertraglichen Vereinbarungen
- Dokumentation von Abweichungen von den Planungsunterlagen und Bewertung im Hinblick auf Verletzungen der normativen Schutzziele
- Begleitung des Inbetriebnahmeprozesses sowie der Messungen des Errichters der Anlage zur Qualitäts-Kontrolle und Plausibilitäts-Bewertung
- Prüfung der Bestandsdokumentation sowie der Inbetriebnahme-Unterlagen auf Plausibilität und Vollständigkeit
- Erstellung eines Abschlussberichtes welcher den Zustand der geprüften Anlage zum Zeitpunkt der Überprüfung vor der Inbetriebnahme einschließlich sämtlicher Abweichungen und Mängel dokumentiert.

Thermografie-Untersuchungen von fehlerbedingten Wärmequellen sollten unbedingt bei der Inbetriebnahme durch einen anerkannten Elektro-Thermografen nach VdS 2859 Thermographen oder einem gleichwertigen Sachverständigen durchgeführt werden.

Wenn die Thermografieuntersuchung auf Schäden hindeutet sollte darüber hinaus die Durchführung von Elektrolumineszenz(EL)-Messungen zur Untersuchung von Defekten, wie Rissen und Lötfehlern an den PV-Modulen empfohlen. Gerade nach Schadenereignissen sollte diese Prüfmethode eingesetzt werden.

Thermografie und EL-Untersuchungen ergänzen sich, ersetzen jedoch nicht die Prüfung elektrischer Anlagen nach DIN VDE 0 100-600.

Warum sind Thermografieuntersuchungen von PV-Modulen sinnvoll?

Thermografieuntersuchungen sind eine Methode zur Inspektion von PV-Modulen. Sie nutzen Infrarotaufnahmen, um technische Mängel sichtbar zu machen, die mit bloßem Auge schwer zu erkennen sind¹. Das Verfahren beruht darauf, dass Defekte in Solarmodulen lokal den elektrischen Widerstand erhöhen und somit zu einer Wärmeentwicklung führen. Daher sind defekte Stellen auf Wärmebildern im Allgemeinen gut zu erkennen.

Eine Untersuchung sollte durchgeführt werden, wenn die Photovoltaikanlage unerklärliche Leistungsverluste aufweist. In diesem Fall kann die Thermografie helfen, defekte Module zu identifizieren. Auch Defekte der elektrischen Verkabelung lassen sich auf diese Weise identifizieren

7.2. Inbetriebnahme

Die Inbetriebnahme einer PV-Anlage birgt aufgrund der anliegenden Gleichspannung an den Anschlusskabeln ein besonderes Risiko. Daher darf die Inbetriebnahme nur durch eine Elektrofachkraft mit spezifischer Ausbildung und Erfahrung auf diesem Gebiet gemäß den einschlägigen Normen und Berufsgenossenschaftlichen Regeln durchgeführt werden. Die notwendigen Arbeitsschritte und Messungen müssen vor der Inbetriebnahme schriftlich festgelegt werden, wobei auch der äußere Blitzschutz durch eine Blitzschutzfachkraft zu überprüfen ist. PV-Anlagen haben spezifische Anforderungen an Systemdokumentation, Inbetriebnahmeprüfung und wiederkehrende Prüfung, die erfüllt werden müssen. Die genaue Vorgehensweise und der Umfang der Erstprüfung einer elektrischen Anlage sind in der entsprechenden Norm definiert.



Eine Checkliste mit generellen Punkten, die bei der Inbetriebnahme berücksichtigt werden sollten, sind im Anhang D zu finden.



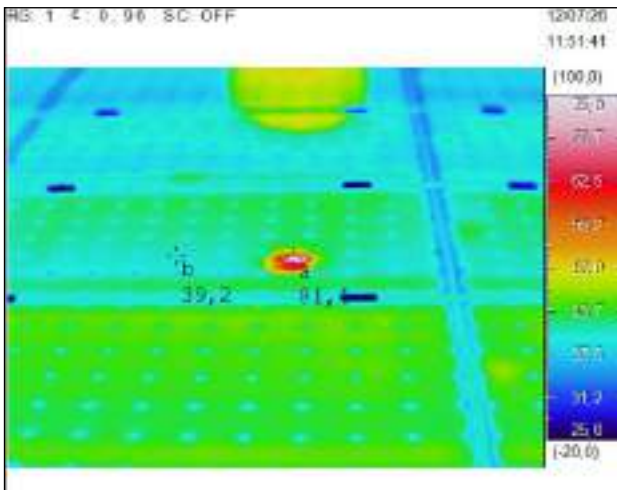


Abbildung 11: Thermographieuntersuchungen von PV-Modulen (Quelle: Lutz Erbe)

Was ist das Elektrolumineszenz-Verfahren zur Untersuchung der Effizienz eines PV-Moduls?

Das Elektrolumineszenz-Verfahren regt das Modul durch elektrischen Strom an, was dazu führt, dass es Licht emittiert. Das emittierte Licht wird dann mittels einer Kamera aufgezeichnet und analysiert. Durch die Auswertung der aufgenommenen Bilder können Defekte im Modul, wie beispielsweise Risse, Zellunterbrechungen oder Hotspots, erkannt werden. Das Verfahren eignet sich daher sowohl für die Qualitätskontrolle von Modulen während der Produktion als auch für die Überwachung von Modulen im Betrieb. Es ermöglicht eine schnelle und präzise Bewertung des Zustands von PV-Modulen und kann somit zur Optimierung der Energieerzeugung beitragen.

Was ist bei fehlender oder unvollständiger Inbetriebnahmedokumentation bestehender PV-Anlagen zu tun?

Wenn es keine Dokumentation über eine erfolgreiche Inbetriebnahme einer PV-Anlage gibt oder die Inbetriebnahme nicht ordnungsgemäß erfolgt ist, sollte die Anlage sorgfältig geprüft werden, um sicherzustellen, dass sie den geltenden Normen und Vorschriften entspricht. Dazu gehören eine vollständige Inspektion der Anlage und ihrer Komponenten sowie eine Bewertung der Leistung und der elektrischen Sicherheit. Möglicherweise muss die Anlage nachgerüstet, repariert oder sogar abgebaut werden, wenn sie nicht den Vorschriften entspricht.

Es wird empfohlen, eine erneute Inbetriebnahmeprüfung und eine vertiefte Prüfung durch einen Sachverständigen durchzuführen.

Nach der Inbetriebnahme ist eine vollständige Dokumentation der PV-Anlage mit den Planungs- und Geräteunterlagen einschließlich aller Messprotokolle an den Betreiber zu übergeben. Eine vollständige Auflistung der Dokumentation einer PV-Anlage findet sich in Anhang B.

Mängel bei der Abnahme sind schriftlich zu protokollieren und ein Plan mit Abarbeitungsfristen der Mängel zu hinterlegen.

7.3. Prüfung durch anerkannte Sachverständige

Wurde die Installation nicht bis zur Inbetriebnahme durch einen Sachverständigen begleitet, sollte im Rahmen der Abnahme eine Prüfung durch einen unabhängigen, entsprechend qualifizierten Sachverständigen, zum Beispiel VdS-anerkannter Sachverständiger für Photovoltaik-Anlagen oder gleichwertigen Sachverständigen, vereinbart werden.

Basierend auf den Ergebnissen der Prüfung sollte die Abarbeitung der festgestellten Mängel unmittelbar erfolgen.

Ohne die qualifizierte Prüfung durch einen unabhängigen Sachverständigen sind später auftretende Leistungsverluste, Ausfall von Komponenten oder die inkorrekte Verlegung von Leitungen schwer nachzuweisen, was zugleich eine Schadenregulierung erschwert.

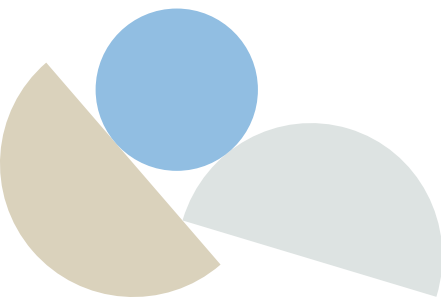


Zurich Resilience Solutions arbeitet mit der TÜV SÜD Industrie Service GmbH zusammen, welche Betreibern von PV-Anlagen sowohl für die Planung und die Errichtung von Neuanlagen als auch für den Betrieb von bestehenden PV-Anlagen umfassende Prüfdienstleistungen anbietet.



Das Besondere

TÜV SÜD führt die Prüfungen in Abstimmung mit den Zurich Vorgaben durch und unterstützt Sie somit optimal bei der Erfüllung ihrer gesetzlichen und versicherungstechnischen Betreiberpflichten.





8. Betrieb, Inspektionen und Instandhaltung

Unterschiedliche Einflüsse können während des Betriebes auf die PV-Anlage einwirken und zusätzliche Wartungs- und Instandsetzungsarbeiten notwendig machen. Darüber hinaus sind regelmäßige Kontrollen durch den Betreiber und durch Elektrofachkräfte auszuführen, um die Sicherheit und die Betriebsbereitschaft der Anlage zu gewährleisten.

Es sollte eine Reaktionsmatrix aufgestellt werden, die folgende Dinge berücksichtigt:

- **Auslöser/Ursache**
Eine Liste überwachter Fehler- oder Störungsbedingungen.
- **Priorität**
Eine relative Prioritätsstufe für jeden Fehler, Alarm oder jede Störungsbedingung. Brände sollten immer eine direkte Benachrichtigung der öffentlichen Feuerwehr erforderlich machen.
- **Benachrichtigung**
Festlegen der Benachrichtigungswege, die von den Personen in der Leitwarte/Überwachungsstation je nach Prioritätsstufe durchzuführen sind.
- **Reaktion**
Festgelegte Reaktionen vor Ort oder durch Nachunternehmer, basierend auf den festgelegten Prioritätsstufen

Folgende Fälle sollten als Ursache bzw. Auslöser mindestens einbezogen werden:

- **Wartung und Inspektion:** regelmäßige Kontrolle und Prüfung der technischen Einrichtungen durch den Betreiber und Fachfirmen mit anschließender Instandsetzung
- **Reparatur** von auftretenden Fehlern oder Ereignissen
- **Reaktion** auf Notfälle, wie einen Brand oder die Auslösung einer Löschanlage
- **Austausch** von Komponenten zur Verbesserung der Leistungsfähigkeit der Anlage und der Instandhaltung

Es sollte eine Datenbank mit allen Vorfällen und den daraus resultierten Aktionen aufgebaut werden. Es ist mindestens ein Fehler-Logbuch zu implementieren.

8.1. Kontinuierliche und tägliche Kontrollen

Um die Wahrscheinlichkeit eines Brandes zu verringern, sollte eine Kombination aus Überwachung und Service implementiert werden. Es wird empfohlen eine kontinuierliche Überwachung zu implementieren. Das Überwachungssystem sollte in der Lage sein, Daten der PV-Anlage hinsichtlich Fehler oder Störzustände zu prüfen und diese Daten an eine ständig besetzte Stelle zu übermitteln, wo geeignete und zeitnahe Maßnahmen eingeleitet werden können.

Im Fall von Lichtbögen- oder Erdschlüssen kann eine automatische Abschaltung des Systems oder des Wechselrichters die Brandgefahr reduzieren. Wenn jedoch mehrfach automatisch wieder eingeschaltet wird, kann es dennoch zu einem Brand kommen. Daher wird empfohlen eine möglichst geringe Anzahl von Wiedereinschaltungen zu definieren und danach die Anlage in einen sicheren Zustand abzuschalten. Innerhalb von 72 Stunden sollte die Anlage von einer sachkundigen Person überprüft werden.

Fehler im Wechselrichter können dazu führen, dass Komponenten überhitzen, was zu einem Brand oder einem signifikanten technischen Defekt führen kann. Daher wird eine Reaktion innerhalb von 24 Stunden empfohlen. Dies gilt auch für Geräte oder Systeme, die ausschließlich Sammelstörmeldungen oder allgemeine Fehlersignale übermitteln, da die Ursache hier nicht direkt erkennbar ist.

Es wird empfohlen, ein Ticket- oder Überwachungssystem anzulegen, um Fehler, Defekte und den Austausch von Komponenten aufzuzeichnen und Auswertungen des Systems möglich zu machen. Die Wartungshistorie sollte lückenlos und am besten digital dokumentiert werden.

Eine elektronische Kopie der Daten sollte Zurich Resilience Solutions Mitarbeitenden bei Bedarf zur Verfügung gestellt werden.





8.2. Monatliche Sichtkontrollen

Die Generatorfläche einer PV-Anlage ist vielen Umwelteinwirkungen ausgesetzt, die auch ein Dach betreffen. Durch die Installation von PV-Modulen ergeben sich zusätzliche Gefahren und Herausforderungen, die bei einem Dach ohne PV-Installation weniger relevant sind.

Folgende Gefahren können auftreten:

Verschmutzungen

auf den Oberflächen von Photovoltaik-Anlagen können die Leistung und Effizienz der Anlage beeinträchtigen. Schmutzpartikel wie Staub, Pollen oder Vogelkot vermindern die Sonneneinstrahlung auf die Solarzellen und reduzieren somit die erzeugte Strommenge. Untersuchungen haben gezeigt, dass die Reinigung von PV-Modulen den Wirkungsgrad um bis zu 15% verbessern kann.

Darüber hinaus kann sich bei Vogelkot beispielweise ein Hotspot durch den höheren Widerstand im Bereich der punktuellen Verschattung im Modul bilden, der zu technischen Defekten führen kann.

Besonders in Gegenden mit hohem Schadstoff- oder Feinstaubniveau ist eine regelmäßige Reinigung notwendig, um eine optimale Leistung der Anlage zu gewährleisten. Anlagen in der Landwirtschaft sind oft von Verschmutzungen und Exponierung durch Ammoniak betroffen. Im Rahmen von Reinigungsmaßnahmen sind die erforderlichen persönlichen Schutzmaßnahmen – z. B. PSA gegen Absturz, elektrische Gefährdungen, etc. zu berücksichtigen.

Tiere

können auf den Paneelen nisten, was zu Verschmutzung und Beschädigung führen kann. Nagetiere wie Mäuse oder Ratten oder auch Waschbären, Marder o. ä. können die Kabel anfressen und damit Schäden anrichten. Vögel können dort ihr Nest bauen und dadurch Kurzschlüsse verursachen.

Pflanzen

können Schatten werfen und so die Effizienz der Anlage verringern. Auch können Pflanzen und Bäume durch Windbewegungen auf die Anlage fallen und diese beschädigen.

Achtung: Bei begrünten Dächern können sich fremde Gräser und Büsche im Substrat ansiedeln, die regelmäßig entfernt werden müssen.

Insekten

wie Bienen oder Wespen können Nester auf den Anlagen bauen, was zu Beschädigungen führt und den Wartungsaufwand erhöht. Darüber hinaus können sie auch Arbeiter gefährden, die Wartungsarbeiten an den Anlagen durchführen.

Windbeanspruchung

Selbst wenn die Anlage nicht durch den Wind beschädigt worden ist, kann es zu Verschiebungen der Ständer und Halterungen kommen.

Darüber hinaus können durch aufgewirbelte Steine Schäden an PV-Modulen entstehen.

Modulschäden

Module können offensichtliche Defekte, wie Glasbruch oder Mikrorisse aufweisen. Wichtig ist hierbei die Kenntnis, dass nicht jeder Modul-Schaden mit bloßem Auge erkennbar ist. Nur grobe, sehr fortgeschrittene Schäden sind ohne zusätzliche Untersuchungsmethoden wie der Elektrothermografie erkennbar.

Durchführung monatlicher Sichtkontrollen

Es sollten mindestens monatliche Kontrollen der Generatorfläche (PV-Module), der Generatoranschlusskästen, der Kabel und des Tragsystems durchgeführt werden, um Verschmutzungen und andere Beeinträchtigungen zu erkennen.

Eine Beseitigung der Mängel sollte unmittelbar beauftragt werden.

Dazu kann die Checkliste in Anhang E verwendet werden.





8.3. Jährliche Kontrollen

Die regelmäßige Wartung und Überprüfung der verschiedenen Komponenten einer PV-Anlage sind entscheidend für die langfristige Effizienz und Funktionalität.

Folgende Komponenten sollten jährlich überprüft werden:

PV-Module

Sichtprüfung auf Beschädigungen, Verschmutzung, Korrosion, Überhitzung und Leistungsverlust. Gegebenenfalls Reinigung oder Austausch defekter Module.

Befestigungssysteme

Überprüfung auf lockere oder beschädigte Schraubverbindungen, Risse oder Materialermüdung.

Kabel und Stecker

Sichtprüfung auf Beschädigungen, Verschmutzung oder Korrosion. Überprüfung auf elektrische Leitfähigkeit und Isolationswiderstand.

Wechselrichter

Überprüfung auf Betriebsstörungen, Überhitzung oder Korrosion. Überprüfung der elektrischen Anschlüsse und Parameter wie Spannung und Strom.

Elektrische Sicherheitseinrichtungen

Überprüfung der Funktion von Schutzeinrichtungen wie RCD, FI-Schutzschalter und Überspannungsschutz. RCD sollten nicht unbedingt zusätzlich zu den schon bestehenden Tests getestet werden.

Blitzschutzanlage

Sichtprüfung der äußeren Blitzschutzanlage im Hinblick auf Befestigung, sichtbare Beschädigung und Einhaltung von Trennungsabständen.

Gebäude: Überprüfung der PV-Anlage auf mögliche Beschädigungen am Gebäude, wie Dachhaut oder Dämmung.

Notabschalteneinrichtungen

Überprüfung der Funktion, Austausch fehlerhafter Komponenten.

Klimaanlage

Überprüfung auf Funktionsfähigkeit, Reinigung von Schmutz und Ablagerungen, Austausch beschädigter Komponenten.

Brandschutzsystem

Überprüfung der Funktionsfähigkeit, Austausch fehlerhafter Komponenten.

Thermografie

der elektrischen Anlage und der Generatorfläche: Überprüfung zu Materialermüdung, Hotspots der PV-Module, Beschädigungen, Erkennen von losen und fehlerhaften Verbindungen mit Dokumentation der Ergebnisse und Behebung von Schäden.

In Bezug auf die Intervalle für thermografische Inspektionen von PV-Modulen gibt es verschiedene Faktoren:

- Alter der PV-Anlage
- Anlagenleistung
- Umgebungsbedingungen und klimatische Bedingungen

Es ist jedoch wichtig anzumerken, dass die Intervalle für thermografische Inspektionen je nach den oben genannten Faktoren sowie den spezifischen Anforderungen und Empfehlungen des Herstellers auch reduziert werden sollten.

Durchführung jährlicher Kontrollen

Zur Durchführung der jährlichen Kontrollen kann die Checkliste in Anhang G verwendet werden. Die Liste sollte durch Vorgaben aus lokalen Richtlinien und Normen ergänzt werden.

Eine Beseitigung der Mängel sollte unmittelbar beauftragt werden.

8.4. Wiederkehrende elektrische Prüfungen

In einem Intervall von mindestens 4 Jahren nach der ersten umfassenden Prüfung durch einen Sachverständigen sind Wiederholungsprüfungen nach DIN VDE 0105-100/A1, DIN VDE 0100-600 bzw. DIN VDE 0126-23 durchzuführen.

8.5. Kontrollen bei Dacharbeiten

Nachunternehmer sollten **geschult, kontrolliert und überwacht** werden, während sie Arbeiten auf dem Dach und an der PV-Anlage durchführen.

Wenn Arbeiten an Dachaufbauten oder Arbeiten durch Dachdecker an PV-Anlagen auf Dächern durchgeführt werden, sollten zusätzliche Überprüfungen durchgeführt werden:

Material, Hebehilfen, Kräne

und andere zur Installation verwendete Geräte können Schäden verursachen. Die Anlage und die PV-Module sollten überprüft werden.

Entfernung von Schutzschichten

Es ist wichtig sicherzustellen, dass bei den Arbeiten keine Kies-schichten entfernt werden, die als Ballast für die PV-Anlage oder als Schutzschicht über einer brennbaren Dachdämmung dienen. Manchmal werden Haufen gebildet, die dann bei starken Winden zu Beschädigungen der Module führen können.

Blitzschutzsysteme und die Erdung der Anlage

sollten auf Schäden überprüft werden, um sicherzustellen, dass diese noch voll funktionsfähig sind.

Kontrolle der Nachunternehmer

sollte durchgeführt werden, um sicherzustellen, dass die Arbeiten fachgerecht und ohne Schäden an der PV-Anlage durchgeführt wurden.

Regelmäßige Rundgänge

von den Betreibern, Planern, Eigentümern oder deren Vertretern helfen, Schäden und Unregelmäßigkeiten der oben genannten Punkte zu erkennen.

Freigabe des Bereiches

sollte erst nach einer vollständigen abschließenden Überprüfung durch den Eigentümer und Betreiber erfolgen.

Abfälle oder Materialreste

können bestehende Dachabläufe blockieren. Sie können des Weiteren bei Wind aufgewirbelt werden und zu Schäden an PV-Anlagen und Aufbauten führen.

Achtung: PV-Paneele, Kabeltrassen sowie Schalt- und Verbindungskästen sind weder Ablage- noch Sitzflächen.





8.6. Veränderungsmanagement

Auch PV-Anlagen und deren Komponenten folgen einer technischen Entwicklung und Optimierung. Es ist daher anzunehmen, dass im Laufe der Anlagenlaufzeit einige Komponenten ausgetauscht werden. Veränderungen an PV-Anlagen können je nach Anforderungen und Bedarf variieren.

Erhöhung der Leistung und Erweiterung der Anlage

Wenn der Energiebedarf gestiegen ist oder wenn der Eigentümer einfach mehr Strom produzieren möchte, kann eine Erhöhung der Leistung erforderlich sein. Dies kann durch die Hinzufügung von mehr Photovoltaik-Modulen oder durch die Erhöhung der Leistung der bestehenden Module erreicht werden.

Austausch von Komponenten

Im Laufe der Zeit können Komponenten wie Wechselrichter, Module oder Kabel beschädigt oder abgenutzt werden. In solchen Fällen kann ein Ersatz dieser Komponenten erforderlich sein, um eine optimale Leistung der Anlage sicherzustellen.

Installation von Speichersystemen

Wenn der Eigentümer die Energie, die von der Anlage produziert wird, speichern möchte, um sie später zu nutzen, kann eine Installation von Speichersystemen erforderlich sein. Diese können aus Batteriesystemen oder anderen Technologien bestehen.

Ergänzung von Monitoring-Systemen

Der Einbau zusätzlicher Monitoring-Systeme versetzt den Eigentümer bzw. Betreiber in die Lage zeitnah und automatisiert Informationen zu erhalten, wenn Probleme mit der Anlage auftreten oder die Leistung nicht den Erwartungen entspricht. Dies kann helfen, die Wartung und Reparatur der Anlage effektiver zu gestalten.

Es ist wichtig zu beachten, dass jede Veränderung an einer PV-Anlage sorgfältig geplant und umgesetzt werden sollte. Ein qualifiziertes Unternehmen sollte konsultiert werden, um sicherzustellen, dass die Veränderungen den örtlichen Vorschriften entsprechen und dass sie sicher und effektiv durchgeführt werden.

Bei wesentlichen Änderungen der Technik sollte unmittelbar nach der Durchführung eine erneute Prüfung durch einen unabhängigen Sachverständigen erfolgen.

Zurich Resilience Solutions sollte über die Veränderung vor der Installation und der Beauftragung informiert werden, damit eine Plandurchsicht der technischen Veränderung durchgeführt werden kann.



9. Notfallplanung

Es ist wichtig, einen Notfallplan zu haben und das Personal entsprechend zu schulen. Auch eine kontinuierliche Überwachung und Inspektion der Anlage kann dazu beitragen, potenzielle Probleme frühzeitig zu erkennen und zu verhindern.

Bei der Auslösung eines Brandalarms durch Wärme-, Rauch- oder Infrarotmelder sollte die ständig besetzte Stelle unverzüglich alarmiert werden. Eine Verzögerung durch eine Erkundung wird unter keinen Umständen empfohlen. Technische Maßnahmen zur Vermeidung von Falschalarmen – z.B. die Verwendung einer Zweimeldungsabhängigkeit Typ B – sind zu bevorzugen. Die Abschaltung der Anlage und die Evakuierung des Bereichs sollten veranlasst werden.

9.1. Erstellung eines Feuerwehreinsatzplans

Bevor es zu einem Brand kommt, sollte die örtliche Feuerwehr eingeladen werden, um einen schriftlichen Feuerwehrplan zu entwickeln. Der Besuch der Feuerwehr sollte dazu genutzt werden, sich über die mit Photovoltaik-Systemen verbundenen Gefahren zu informieren und die installierten Photovoltaik-Systeme auf dem Gelände kennenzulernen. Es kann über dieses Dokument hinausgehende Forderungen und Empfehlungen von Feuerwehren hinsichtlich der Anordnung von Löscheinrichtungen oder Steigleitungen geben, die durch den Eigentümer und Betreiber implementiert werden sollten.

Bei der Erstellung des Plans sollten folgende Punkte mit einbezogen werden:

Elektrische Gefahren

- Standorte von Abschaltungen des Photovoltaik-Systems
- Standorte von Wechselrichtern und Netzanschlüssen inklusive Dokumentation der Anlage
- Anweisungen zum Trennen einzelner PV-Module oder ganzer Bereiche
- Linien-Diagramme der elektrischen Versorgung und des PV-Systems
- Benennung von Personen, die die elektrischen Anlagen schalten können und den Standort oder Bereiche davon spannungsfrei schalten können.
- Einhaltung der Abstände bei Löscharbeiten an unter Spannung stehenden Kabeln und Bauteilen (Sprühstrahl: 5 m/Vollstrahl: 10 m)
- Brandgefahr durch Lichtbogen bei beschädigten Anlagen

Zugänglichkeit und Ausbreitung

- Zugangspunkte für Feuerwehrfahrzeuge und Gehwege auf dem Dach für die Feuerwehr. Diese sollten auf dem Feuerwehrplan markiert werden.
- Solarmodule sollten nicht betreten, beschädigt oder zerstört werden. Ggf. kann auch das Abdecken von Modulen in Betracht gezogen werden.
- Kamineffekt bei Aufdach- und Fassadenanlagen.
- Weitgehend geschlossene Modulflächen können zur Behinderung der Arbeit führen,
 - wenn das Dach betreten werden muss oder
 - wenn die Öffnung der Dachhaut erforderlich sein sollte.
- Ausbreitungsgefahr, falls Brandabschnitte vorschriftswidrig durch brennbare Modulteile überbrückt werden.

Sonstige Gefahren

- Giftstoffe, hervorgerufen durch Verbrennung von Kabelisolierungen, Kunststoffen und Bestandteilen der PV-Module
- Teile des Solargenerators (PV-Module und Befestigungs-konstruktion) können durch Abbrand der darunterliegenden Dachkonstruktion nach innen ins Gebäude fallen.
- Verbundglas der Solarmodule kann durch Erhitzen und/oder durch auftretendes Löschwasser zerbersten und Splitter können herumfliegen.
- Zusatzdachlasten begrenzt, bedingt durch PV-Module und Befestigungs-konstruktion

Löschanlage

Bei der Installation einer Löschanlage auf der Dachfläche ist auf jeden Fall der Zugang durch die Feuerwehr notwendig, um feststellen zu können, ob der Brand durch die Löschanlage kontrolliert wird oder ob er sich ggf. auf Grund von brennend abtropfenden Materialien weiter im Gebäude ausbreitet.

Löschwasserversorgung

Die Löschwasserversorgung sollte bekannt und ausreichend dimensioniert sein. Der Grundschutz nach DVGW-Arbeitsblatt W 405 ist gerade bei brennbaren Dach- und Gebäudekonstruktionen eventuell nicht ausreichend.





9.2. Brandschutzkonzept und Feuerwehrplan

Sofern ein Brandschutzkonzept als Bauvorlage zu einem Bauantrag eingereicht wird, ist dort die Photovoltaik-Anlage mit den für die Feuerwehr relevanten Angaben zu beschreiben. Bestehende Brandschutzkonzepte sollten bei Installation einer PV Anlage angepasst werden. Es sollte bei allen Anlagen ein Feuerwehreinsatzplan erstellt werden, in dem wesentliche Ausdehnungen und Komponenten der PV-Anlage wie z. B. alle spannungsführenden, nicht abschaltbaren Leitungen, gegen Feuer geschützt verlegte spannungsführende PV-DC-Leitungen im Gebäude, Lage des PV-Generators, Position aller DC-Freischaltleinrichtungen, zu sehen sind.

Vorhandene Feuerwehrpläne sollten um die DC-Freischaltstelle und ggf. das PV-Abschaltelement sowie die AC-Sicherung vor der Netzeinspeisung ergänzt werden.

Der Plan sollte schriftlich aufgesetzt und die einzelnen Abschaltungen und Gefahrenschwerpunkte in den Feuerwehrplan eingezeichnet werden.

Eine automatische Trennung der PV Anlage vom Netz durch den Haupttrennschalter kann sinnvoll sein, wenn es eine Wechselwirkung mit anderen auf dem Dach befindlichen Anlagen, wie Lüftungsanlagen, Kälteanlagen oder thermischen Nachverbrennungen gibt.

9.3. Notfallplanung nach Brand

Nachdem ein Brand auf dem Dach mit einer PV-Anlage gelöscht wurde, ist der Notfall noch nicht vorbei. Schließlich ist die PV-Anlage nun beschädigt und könnte jederzeit einen weiteren Brand verursachen.

Es sollte daher sichergestellt sein, dass in kürzester Zeit ein Mitarbeiter des PV-Anlagenbauers ohne Verzögerung reagieren kann. Optimalerweise kann der Anlagenbauer während der Löschphase die Feuerwehr unterstützen und anschließend weitere Maßnahmen ergreifen, um die Wahrscheinlichkeit eines erneuten Brandes zu verringern.

9.4. Betriebsunterbrechungsplanung

Das Szenario eines Brandes der PV-Anlage auf einem Dach sollte mit in den Betriebsunterbrechungsplan des Standortes und ggf. der Unternehmensgruppe aufgenommen werden.

Gerade bei einem brennbaren Gebäudedach kann es bei der Wiederherstellung zu einer längeren Wiederherstellungszeit kommen. Die Wiederherstellungsphase kann mehrere Maßnahmen umfassen, wie zum Beispiel:

- Entfernung beschädigter PV-Anlagenkomponenten
- Entfernung zusätzlicher PV-Anlagenkomponenten, um Dachreparaturen zu ermöglichen
- Reparatur des Dachs
- Durchführung von Reparaturen gemäß den ursprünglichen Designunterlagen
- Wiederinbetriebnahme der PV-Anlage
- Während der Wiederherstellung des Dachs können möglicherweise zusätzliche Wiederherstellungsmaßnahmen im Inneren des Gebäudes durchgeführt werden.

Bei Änderungen der PV-Anlage sind folgende Punkte zu beachten:

- Einhaltung des Änderungsmanagementverfahrens nach Kapitel 8.6 (Änderung von PV-Anlagenkomponenten)
- Aktualisierung der PV-Anlagendesignunterlagen
- Erneute Inbetriebnahme der gesamten PV-Anlage
- Prüfung durch einen anerkannten Sachverständigen





10. Altanlagen

10.1. Altanlagen

Wenn Altanlagen von Photovoltaik-Anlagen, einschließlich Wechselrichter und Module, aus einer Förderung herauslaufen, reduziert sich die Wirtschaftlichkeit der Anlage. Als Folge besteht die Gefahr, dass aus Kostengründen durch Betreiber Wartung und Instandhaltung gestoppt oder stark reduziert werden. Hier können verschiedene Gefahren und Schnittstellenproblematiken auftreten.

Leistungsabfall

Im Laufe der Zeit können PV-Module an Leistungsfähigkeit verlieren. Dies kann auf Verschmutzung, Alterung der Materialien und andere Faktoren zurückzuführen sein. Ohne regelmäßige Wartung und Reinigung können sich diese Effekte verstärken, was zu einem erheblichen Leistungsabfall führen kann.

Sicherheitsrisiken

Vernachlässigte PV-Anlagen können Sicherheitsrisiken mit sich bringen. Beschädigte oder veraltete Module und Wechselrichter können elektrische Störungen oder Kurzschlüsse verursachen, die zu Bränden oder anderen Gefahren führen können. Zudem können lose Verbindungen oder korrodierte Komponenten zu Stromschlägen oder anderen Verletzungen führen, wenn keine angemessene Instandhaltung erfolgt. Auch Umwelteinflüsse, wie UV-Strahlung/ Starkwind- oder Hagelereignisse, bergen mit zunehmendem Alter der Anlagen ein entsprechendes Risiko, auch aufgrund von Aspekten wie Materialermüdung/Alterung von Materialien.

Es ist daher von großer Bedeutung, dass Altanlagen von PV-Anlagen auch nach ihrem Ausscheiden aus der Förderung regelmäßig gewartet und instandgehalten werden. Eine regelmäßige Inspektion, Reinigung und Überwachung der Anlage sollten nach den Empfehlungen in Kapitel 8 durchgeführt werden.

Sollte die Entscheidung getroffen werden, die Anlage nicht weiter zu betreiben, sollte die Anlage demontiert werden.

10.2. Rückbau von PV-Anlagen

Bei der Deinstallation von PV-Anlagen auf Industriedächern sollten folgende Schritte unternommen werden, um eine sichere und effiziente Entfernung der Anlage zu gewährleisten.

1. Bewertung und Planung

Vor der Deinstallation sollte eine umfassende Bewertung der PV-Anlage durchgeführt werden. Diese umfasst eine Bestandsaufnahme der Komponenten, eine Bewertung des Zustands und eine Überprüfung der relevanten Verträge und Genehmigungen. Basierend auf dieser Bewertung sollte ein detaillierter Deinstallationsplan erstellt werden, der den Ablauf, die Zeitplanung und die erforderlichen Ressourcen festlegt.

2. Abschaltung der Anlage

Vor Beginn der Deinstallation müssen die PV-Module und der Wechselrichter ordnungsgemäß abgeschaltet und von der Stromversorgung getrennt werden. Dies sollte von qualifizierten Fachkräften gemäß den geltenden Sicherheitsvorschriften und dem Herstellerhandbuch durchgeführt werden.

3. Demontage der Komponenten

Die Demontage der PV-Anlage umfasst die Entfernung der Montagestrukturen, der Module, der Kabelverbindungen und des Wechselrichters. Dies erfordert erfahrene Fachkräfte mit entsprechender Ausrüstung und Kenntnissen in der Photovoltaiktechnik. Die Demontage sollte sorgfältig erfolgen, um Beschädigungen an den Komponenten und der Dachstruktur zu vermeiden.

4. Entsorgung und Recycling

Die demontierten Komponenten der PV-Anlage sollten ordnungsgemäß entsorgt und recycelt werden. PV-Module enthalten Materialien wie Glas, Aluminium und Silizium, die recycelt werden können. Es ist wichtig, die örtlichen Vorschriften und Bestimmungen für die Entsorgung von PV-Komponenten zu beachten und ggf. mit zertifizierten Entsorgungsunternehmen zusammenzuarbeiten.

Ein wichtiger Aspekt, der in diesem Zusammenhang zu beachten ist, ist die Tatsache, dass PV-Module auch nach der Demontage bei Sonneneinstrahlung weiter unter Spannung stehen bzw. Strom produzieren. Dies bedeutet, dass sie bei Schäden eine entsprechende Zündquelle darstellen können, wenn sie nicht ordnungsgemäß gehandhabt werden. Daher ist es von entscheidender Bedeutung, bei der Handhabung und Entsorgung von PV-Modulen äußerste Vorsicht walten zu lassen, um potenzielle Sicherheitsrisiken zu minimieren.

5. Reparatur und Wiederherstellung der Dachfläche

Nach der Deinstallation sollten eventuelle Schäden an der Dachfläche repariert und die Oberfläche wiederhergestellt werden. Dies kann die Abdichtung von Durchdringungen, die Beseitigung von Montagespuren und die Instandsetzung von Beschädigungen umfassen. Es ist wichtig sicherzustellen, dass das Dach in einem guten Zustand ist, um potenzielle Undichtigkeiten und Schäden zu vermeiden.

6. Dokumentation und Abschluss

Am Ende des Deinstallationsprozesses sollten alle relevanten Informationen, wie z. B. Dokumentationen, Wartungsprotokolle und Vertragsunterlagen, aktualisiert und archiviert werden. Dies ermöglicht eine vollständige Dokumentation des Deinstallationsprozesses und kann bei zukünftigen Projekten oder beim Verkauf der Anlage von Bedeutung sein.

Es ist ratsam, erfahrene und qualifizierte Fachleute mit der Deinstallation von PV-Anlagen zu beauftragen, um sicherzustellen, dass der Prozess gemäß den geltenden Vorschriften und Industriestandards durchgeführt wird. Auch hier wird empfohlen die in 10.2 beschriebenen Punkte durch Verantwortlichkeiten und Kostentragung transparent vertraglich zu regeln.





11. Referenzen

TUV Rheinland Energy GmbH:

Technical Risks in Photovoltaic Projects (2015).
https://www.tuv.com/content-media-files/master-content/services/products/p06-solar/solar-downloadpage/solar-bankability_d1.1_d2.1_technical-risks-in-pv-projects.pdf
(Website zuletzt abgerufen am 30. Dezember 2022)

IEA Photovoltaic Power Systems Programme:
Quantification of Technical Risks in PV Power Systems (2021).

https://iea-pvps.org/wp-content/uploads/2021/11/Report-IEA%E2%80%9393PVPS-T13-23_2021-Quantification-of-Technical-Risks-in-PV-Power-Systems_final.pdf
(Website zuletzt abgerufen am 11.05.2023)

IEA Photovoltaic Power Systems Programme Task 13:
Review on IR and EL Imaging for PV Field Applications (2020).

https://iea-pvps.org/wp-content/uploads/2020/01/Review_on_IR_and_EL_Imaging_for_PV_Field_Applications_by_Task_13.pdf
(Website zuletzt abgerufen am 11.05.2023)

Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE:
Aktuelle Fakten zur Photovoltaik in Deutschland (1.3.2023).
<https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/aktuelle-fakten-zur-photovoltaik-in-deutschland.pdf>
(Website zuletzt abgerufen am 10.5.2023.)

VdS Schadenverhütung GmbH:
Photovoltaik-Anlagen
(VdS 3145 : 2017-11 (02)).

VdS Schadenverhütung GmbH:
Photovoltaik-Anlagen auf Dächern mit brennbaren Baustoffen
(VdS 6023 : 2023-02 (01)).

VdS Schadenverhütung GmbH:
Brand- und Komplextrennwände, Merkblatt für die Anordnung und Ausführung
(VdS 2234 : 2012-07 (06)).

VdS Schadenverhütung GmbH:

Blitz- und Überspannungsschutz in elektrischen Anlagen
(VdS 2031 : 2021-02 (08)).

VDE e.V.:

Blitzschutz von Photovoltaik-Anlagen, VDE Informationen Blitzschutz. Web.

<https://www.vde.com/de/blitzschutz/infos/pv-anlagen>
(Website zuletzt abgerufen am 10.6.2023.)

Feuerwehrenspektorat Kanton Bern - Bereich Fachtechnik:
Photovoltaik-Anlagen im Feuerwehreinsatz
(Ausgabe vom 07.01.2016).

Wolfgang Schröder:

Inspektion, Prüfung und Instandhaltung von Photovoltaik-Anlagen – Analyse, Bewertung, Instandsetzung.
(2. Auflage, 2022)

SMA Solar Technology AG. Web.

<https://www.sma.de/sicherheit>
(Website zuletzt abgerufen am 11.12.2023)

SolarEdge Commercial Power Optimizers. SolarEdge. Web.
<https://www.solaredge.com/us/products/commercial/power-optimizers>
(Website zuletzt abgerufen am 07.09.2022.)

Commercial Solar. Enphase. Web.

<https://enphase.com/installers/commercial>
(Website zuletzt abgerufen am 07.09.2022.)

C.W. Griffin and R. L. Frickless.

Manual of Low-Slope Roof Systems-Fourth Edition.
McGraw-Hill, 2006.

Landesfeuerwehrverband Hessen e.V. und Arbeitsgemeinschaft der Leiter der berufsfeuerwehren in Hessen: Merkblatt der Fachausschüsse VB-G des LFV Hessen und der AGBF Hessen – Feuerwehrpläne. (Version 001, 05.11.2018)



Anhang A – Checkliste für die Vorplanung

Die folgende Checkliste fasst die wesentlichen Punkte in der Vorplanung zusammen. Darüber hinaus sollten weitere behördliche oder lokale Regelwerke berücksichtigt werden.

Entwicklung einer internen Unternehmensrichtlinie für PV-Anlagen				
Wurde eine Unternehmensrichtlinie entwickelt?	<input type="checkbox"/>	ja <input type="checkbox"/>	nein <input type="checkbox"/>	N/A <input type="checkbox"/>
Besitzverhältnisse der PV-Anlage				
Ist der Gebäudeeigentümer gleichzeitig der Eigentümer der PV-Anlage?	<input type="checkbox"/>	ja <input type="checkbox"/>	nein <input type="checkbox"/>	N/A <input type="checkbox"/>
Dachbereiche, die von PV-Anlagen ausgespart werden				
Gibt es Bereiche für Equipment oder Prozessöffnungen?	<input type="checkbox"/>	ja <input type="checkbox"/>	nein <input type="checkbox"/>	N/A <input type="checkbox"/>
Gibt es wasserempfindliche Bereiche?	<input type="checkbox"/>	ja <input type="checkbox"/>	nein <input type="checkbox"/>	N/A <input type="checkbox"/>
Gibt es Bereiche mit hoher Gefährdung (brennbare Flüssigkeiten etc.)?	<input type="checkbox"/>	ja <input type="checkbox"/>	nein <input type="checkbox"/>	N/A <input type="checkbox"/>
Tragfähigkeit des Daches				
Wurde das Gebäude von einem qualifizierten Statiker überprüft?	<input type="checkbox"/>	ja <input type="checkbox"/>	nein <input type="checkbox"/>	N/A <input type="checkbox"/>
Ist das Dach grundsätzlich für eine PV-Anlage geeignet?	<input type="checkbox"/>	ja <input type="checkbox"/>	nein <input type="checkbox"/>	N/A <input type="checkbox"/>
Prüfung bezüglich Hagel, Blitz und Wind				
Wurde die Gefährdung für Hagel nach Zurich Naturgefahrenkarten als „hoch“ oder „sehr hoch“ eingestuft?	<input type="checkbox"/>	ja <input type="checkbox"/>	nein <input type="checkbox"/>	N/A <input type="checkbox"/>
Wurde die Gefährdung durch Blitze nach den Zurich Naturgefahrenkarten als „hoch“ oder „sehr hoch“ eingestuft?	<input type="checkbox"/>	ja <input type="checkbox"/>	nein <input type="checkbox"/>	N/A <input type="checkbox"/>
Wurde eine Windgefährdung nach den Zurich Naturgefahrenkarten identifiziert?	<input type="checkbox"/>	ja <input type="checkbox"/>	nein <input type="checkbox"/>	N/A <input type="checkbox"/>
Der Standort liegt außerhalb einer durch Zurich Naturgefahrenkarten als „hoch“ eingestuften Windzone?	<input type="checkbox"/>	ja <input type="checkbox"/>	nein <input type="checkbox"/>	N/A <input type="checkbox"/>
Empfehlungen für Dachertüchtigungen				
Ist die Lebensdauer des Dachaufbaus größer als die angenommene Lebensdauer des PV-Systems?	<input type="checkbox"/>	ja <input type="checkbox"/>	nein <input type="checkbox"/>	N/A <input type="checkbox"/>
Gibt es geklebte Komponenten im Dachaufbau?	<input type="checkbox"/>	ja <input type="checkbox"/>	nein <input type="checkbox"/>	N/A <input type="checkbox"/>
Ist das Dach mit einer Dachbahn aus Gummi (EPDM) ausgestattet?	<input type="checkbox"/>	ja <input type="checkbox"/>	nein <input type="checkbox"/>	N/A <input type="checkbox"/>
Sind Dachdurchdringungen und RWA mit nicht brennbaren Materialien umschlossen?	<input type="checkbox"/>	ja <input type="checkbox"/>	nein <input type="checkbox"/>	N/A <input type="checkbox"/>
Ist eine Brandschutzbarriere auf einer brennbaren Dachaufbaut installiert, um die Ausbreitung eines Feuers ausgehend von der PV-Anlage zu verhindern?	<input type="checkbox"/>	ja <input type="checkbox"/>	nein <input type="checkbox"/>	N/A <input type="checkbox"/>
Wird auf mit EPS/XPS oder PUR/PU gedämmten Dächern eine Löschanlage installiert?	<input type="checkbox"/>	ja <input type="checkbox"/>	nein <input type="checkbox"/>	N/A <input type="checkbox"/>
Begrünte Dächer (nur extensiv begrünte Dächer)				
Werden die Dächer begrünt?	<input type="checkbox"/>	ja <input type="checkbox"/>	nein <input type="checkbox"/>	N/A <input type="checkbox"/>
Werden regelmäßig Überprüfungen durchgeführt, um sicherzustellen, dass keine Flüssigkeiten in das Gebäude gelangen und somit ein Eintrag vermieden wird?	<input type="checkbox"/>	ja <input type="checkbox"/>	nein <input type="checkbox"/>	N/A <input type="checkbox"/>
Werden bei Begrünung um das PV-System mindestens 0,3 m ausgespart?	<input type="checkbox"/>	ja <input type="checkbox"/>	nein <input type="checkbox"/>	N/A <input type="checkbox"/>
Ist eine Substratschichtdicke mit einer Aufbauhöhe von mind. 5 cm auf dem Dach aufgebracht?	<input type="checkbox"/>	ja <input type="checkbox"/>	nein <input type="checkbox"/>	N/A <input type="checkbox"/>
Wird die Vegetation regelmäßig (mindestens monatlich) überprüft?	<input type="checkbox"/>	ja <input type="checkbox"/>	nein <input type="checkbox"/>	N/A <input type="checkbox"/>
Ist eine automatische Bewässerungsanlage vorhanden?	<input type="checkbox"/>	ja <input type="checkbox"/>	nein <input type="checkbox"/>	N/A <input type="checkbox"/>



Anhang A – Checkliste für die Vorplanung

Brandwände

Besitzt der Standort Brandwände? ja nein N/A

Werden Brandwände am Standort über Dach geführt? ja nein N/A

Dokumentation des Dachaufbaus

Sind sämtliche Schichten der Dachaufbauten für alle Dachbereiche bekannt? ja nein N/A

Wurde eine Dachzeichnung erstellt, die nicht belegte Dachflächen, Durchdringungen, Dachanlagen, Dachhöhenänderungen, begrünte Dachflächen und Brandwände zeigt? ja nein N/A

Auswahl einer PV-Planungsfirma

Ist der Planer qualifiziert für PV-Anlagen? ja nein N/A

Besitzt die Firma und deren Mitarbeiter relevante Qualifizierungen für die Installation von PV-Anlagen? ja nein N/A

Hat der Planer relevante Referenzen vorzuweisen? ja nein N/A

Besitzt der Sachverständige, der die Ausführungen begleiten wird, eine Anerkennung nach VdS 3174 oder gleichwertige Qualifikationsnachweise? ja nein N/A

Auswahl des Errichters

Besitzt das Unternehmen qualifizierte Ingenieure? ja nein N/A

Besitzt das Unternehmen qualifizierte Elektrofachkräfte? ja nein N/A

Haben das Unternehmen oder die Mitarbeiter relevante Qualifizierungen für die Installation von PV-Anlagen? ja nein N/A

Haben das Unternehmen oder die Mitarbeiter relevante Referenzen für die Installation von PV-Anlagen? ja nein N/A

Auswahl einer PV-Wartungsfirma

Hat das Unternehmen qualifizierte Ingenieure? ja nein N/A

Hat das Unternehmen qualifizierte Elektrofachkräfte? ja nein N/A

Haben das Unternehmen oder die Mitarbeiter relevante Qualifizierungen für die Installation von PV-Anlagen? ja nein N/A

Haben das Unternehmen oder die Mitarbeiter relevante Referenzen für die Installation von PV-Anlagen? ja nein N/A

Hat das Unternehmen qualifizierte Ingenieure? ja nein N/A

Kommentare



Anhang B – Checkliste Planungsunterlagen

Die folgende Checkliste fasst die aus Sicht von Zurich Resilience Solutions wichtigen Punkte in der Planungsphase zusammen. Diese Punkte sollten Teil einer abschließenden Dokumentation einer PV-Anlage sein, die dann im Laufe des Betriebs weiter fortgeschrieben werden sollte. Darüber hinaus sollten weitere behördliche oder lokale Regelwerke berücksichtigt werden.

Kontaktinformationen (Name, Anschrift, Telefonnummer, E-Mailadresse)

Eigentümer des Gebäudes:

Eigentümer der PV-Anlage:

Planer der PV-Anlage:

Gebäudeinformationen

Adresse:

Längen- und Breitengrad:

Konstruktion der Gebäude (falls vorhanden) ja nein N/A

Stockwerke:

Betriebsart:

Beschreibung des Sprinklerschutzes des Gebäudes (falls vorhanden) ja nein N/A

Beschreibung der Brandmeldeanlage des Gebäudes (falls vorhanden) ja nein N/A

Zurich Naturgefahrenexponierungen

Erdbeben – Zurich Einstufung Low Medium High Very High

Flut/Oberflächenwasser – Zurich Einstufung Low Medium High Very High

Flut/Oberflächenwasser, Geländehöhen – Zurich Einstufung Low Medium High Very High

Flut/Oberflächenwasser, Fluthöhen – Zurich Einstufung Low Medium High Very High

Hagel – Zurich Einstufung Low Medium High Very High

Blitzschlag – Zurich Einstufung Low Medium High Very High

Wind – Zurich Einstufung Low Medium High Very High

PV-System relevante Normen und Richtlinien

Liste aller relevanten Dokumente – Geben Sie Bezeichnung, Nummer und Datum der für die PV-Anlage geltenden Normen und Richtlinien an ja nein N/A

Compliance – Kontrolle der Umsetzung der aufgelisteten Normen und Standards beim aktuellen Projekt ja nein N/A

PV-System-Überwachung (Monitoring)

Werden alle Fehler aufgezeichnet? ja nein N/A

Die PV-Systemdokumentation enthält zukünftig Aufzeichnungen zu Fehlern und Zuständen, die eine automatische Abschaltung des Systems notwendig gemacht haben. ja nein N/A



Anhang B – Checkliste Planungsunterlagen

Elektrische Anforderungen PV-System

Zertifizierungen – Sind alle Komponenten durch externe Prüflabore zertifiziert oder gelistet, die auch durch Zurich anerkannt werden? ja nein N/A

Kompatibilität der Komponenten – Sind alle zertifizierten und gelisteten Komponenten miteinander kompatibel? ja nein N/A

Potentialausgleich – Sind alle nicht stromführenden metallischen PV-Systemkomponenten miteinander verbunden und in den Potentialausgleich einbezogen? ja nein N/A

Automatische Abschaltung – Ist eine schnelle automatische oder manuelle Abschaltung des Systems im Notfall gewährleistet? ja nein N/A

Sind Verkabelung und Kabelspezifikationen festgelegt? ja nein N/A

Sind Spezifikationen für Kabelkanäle festgelegt? ja nein N/A

Wärmeausdehnungsschutz der Module/des Systems – Marke, Modell und Einbauort ja nein N/A

Wurde eine Überprüfung zur Vermeidung von Korrosion aufgrund der Verwendung unterschiedlicher Metalle durchgeführt? ja nein N/A

Wurde der Überspannungsschutz vorgesehen? ja nein N/A

Spezifikationen PV-Module

Steckverbindersystem – Wurde bei der Auswahl der Verbindungsmethoden die langanhaltende Haltbarkeit und der Widerstand gegen thermische Belastungen berücksichtigt? ja nein N/A

Haben die Steckverbindungen zur Vermeidung von Beschädigungen beim Transport Schutzkappen installiert? ja nein N/A

Hagelwiderstand – Wurde berücksichtigt, dass bei einer Zurich Hageleinstufung von „medium“ oder höher die höchste verfügbare Hagelklassifizierung nach IEC 61730 oder UL 61730 verwendet werden soll? ja nein N/A

PV-Generatorfelder mit Plänen und Zeichnungen

Ist ein Plan des Standortes mit den PV-Anlagen eingezeichnet? ja nein N/A

Ist eine Kennzeichnung der Dachbereiche, die von PV-Modulen ausgespart werden, vorhanden? ja nein N/A

Wurde die maximale Größe des PV-Generatorfeldes von 45 x 45 m eingehalten? ja nein N/A

Wurde der Abstand von mindestens 1,25 m zwischen den PV-Generatorfeldern eingehalten? ja nein N/A

Wurden die Abstände zu Dachkanten von 1,25 m eingehalten? ja nein N/A

Wurde ausreichender Abstand zu Öffnungen und Equipment auf dem Dach von mindestens 1,25 m eingehalten? ja nein N/A

Wurde ausreichender Abstand von 0,3 m zu Dachentwässerungssystemen, Ausdehnungsfugen und kleinen Dachdurchdringungen eingehalten? ja nein N/A

Gibt es ausreichender Abstand zu höher gelegenen Bereichen oder Gebäuden von 5 m? ja nein N/A

Wurde ausreichender Abstand zu Brandwänden von mindestens 2,5 m / 1,25 m, je nach Höhe der PV-Module, eingehalten? ja nein N/A

Wurde ausreichender Abstand von mindestens 1,25 m zwischen PV-Modulfeld für Feuerwehreinsatz auf dem Dach eingehalten? ja nein N/A

Sind Bereiche mit Leistungsoptimierern und Mikrowechselrichtern festgelegt und gekennzeichnet? ja nein N/A

Lokation der Generatoranschlusskästen (GAK) ja nein N/A

PV-String Diagramm/Zeichnung vorhanden? ja nein N/A

Kabeltrassen vorhanden? (Leerrohre oder Kabeltrassen) ja nein N/A

Ist der Wechselrichter in kühlem, schattigem und zugänglichem Bereich lokalisiert? ja nein N/A

Schalter zum Trennen der AC- und DC-Seite des Systems vorhanden? ja nein N/A



Anhang B – Checkliste Planungsunterlagen

PV-Generatorfelder mit Plänen und Zeichnungen

Wurde bei der Bestimmung des Standortes für den Feuerwehrtrennschalter ein Fokus auf einen einfachen Zugang gelegt?	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein	<input type="checkbox"/> N/A
Lage und Diagramm der entsprechenden Elektroräume vorhanden?	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein	<input type="checkbox"/> N/A
Liniendiagramm PV-Installation und elektrische Anbindung an den Standort vorhanden?	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein	<input type="checkbox"/> N/A
Sind die PV-Systemkomponenten nicht über Einläufen oder Notabläufen des Dachentwässerungssystems installiert?	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein	<input type="checkbox"/> N/A
Sind PV-Systemkomponenten außerhalb oder oberhalb von Überschwemmungsbereichen installiert?	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein	<input type="checkbox"/> N/A
Sind PV-System und PV-Komponenten mit entsprechenden Schildern und Aufklebern versehen?	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein	<input type="checkbox"/> N/A
Feuerwehrplan mit folgenden Informationen vorhanden: <ul style="list-style-type: none">• Lage des Dachzugangs (Treppen, Rücksprünge bei den PV-Modulen)• Aufstellungsort für Fahrzeuge• Lage von relevanten Wasserversorgungen• Standort der Photovoltaik-Module und der Gehwege• Lage der normalerweise unter Spannung stehenden Leitungen und Komponenten• Standort von Trennschaltern• Standort von Feuerwehrtrennschaltern	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein	<input type="checkbox"/> N/A

Produkthandbücher und technische Beschreibungen zur PV-Anlage

Stückliste – Ist eine Liste mit der Marke, dem Modell und der Nummer jeder Systemkomponente vorhanden?	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein	<input type="checkbox"/> N/A
Sind Produkthandbücher und technische Beschreibungen zu allen Komponenten vorhanden?	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein	<input type="checkbox"/> N/A
Sind alle vorhandenen und installierten Optionen in den Produkthandbüchern und technischen Beschreibungen markiert?	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein	<input type="checkbox"/> N/A

Wind-Design

Wurden Berechnungen bezüglich zur Windauslegung bzw. zu Windauftriebskräften durchgeführt?	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein	<input type="checkbox"/> N/A
Gestellbefestigung – Weisen die Konstruktionsdetails folgende Punkte auf? – Konstruktionsdetails zeigen: <ul style="list-style-type: none">• Befestigung der PV-Module an den Gestellen• Gestellkomponenten und Befestigungen• Gestellbefestigung an der Gebäudestruktur (Befestigungen an Strukturelementen oder Ballastierung)	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein	<input type="checkbox"/> N/A
Wurden Windwiderstandsberechnungen, die von einem qualifizierten Statiker auf der Grundlage der empfohlenen Mindestwindgeschwindigkeit (oder höher) und der berechneten Windauftriebslasten erstellt? Hinweis: Verbindung von PV-Modul und Gebäudestruktur sollten berücksichtigt werden.	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein	<input type="checkbox"/> N/A

Erdbeben-Design

Erdbeben-Design Kalkulationen – Wurden von einem qualifizierten Statiker Erdbebenberechnungen, die belegen, dass die mechanischen Befestigungen und der Ballast der PV-Anlage sowohl horizontalen als auch vertikalen Erdbebenbelastungen standhalten können erstellt?	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein	<input type="checkbox"/> N/A
---	-----------------------------	-------------------------------	------------------------------

Installation, Inbetriebnahme und wiederkehrende Inspektionen

Enthalten die Spezifikationen Installationsanweisungen gemäß Anhang C?	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein	<input type="checkbox"/> N/A
Enthalten die Spezifikationen Anweisungen zur Inbetriebnahme gemäß Anhang D?	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein	<input type="checkbox"/> N/A
Enthalten die Spezifikationen Anweisungen für die regelmäßige Inspektion, Prüfung und Wartung gemäß den Punkten E, F und G im Anhang?	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein	<input type="checkbox"/> N/A

Kommentare



Anhang C – Checkliste Installation

Die folgende Checkliste fasst die aus Sicht von Zurich Resilience Solutions wichtigen Punkte bei der Installation zusammen. Darüber hinaus sollten weitere behördliche oder lokale Regelwerke berücksichtigt werden.

PV-Anlageninstallation – Allgemeines		
Wurden Kontrolle bezüglich Verunreinigungen und Schäden an Komponenten? Hinweis: Bereitstellung von Lagerungsmöglichkeiten von PV-Systemkomponenten vom Zeitpunkt ihrer Ankunft am Standort bis zur Installation mit allen elektrischen Anschlüssen, um das Potenzial für Verunreinigungen und physische Schäden zu minimieren	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> N/A
Handhabung von PV-Modulen – Wurden Implementierung von Prozeduren, um Schäden durch Stöße, Herunterfallen und Verbiegen zu vermeiden ergriffen?	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> N/A
Dachlasten – Wurden Verfahren zur Verteilung von noch nicht installierten PV-Komponenten und den daraus resultierenden Auflasten auf dem Dach festgelegt, um eine Überlastung des Daches zu vermeiden?	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> N/A
Korrekte Installation – Wurde die Installation der Komponenten der PV-Anlage in Übereinstimmung mit den Planungsunterlagen durchgeführt?	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> N/A
Abweichungen – Falls die tatsächliche Installation der PV-Anlage von den Planungsunterlagen abweicht, sind die Abweichungen zu dokumentieren und durch den Sachverständigen abnehmen zu lassen	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> N/A
Bestandsdokumente – Werden Bestandsdokumente für die PV-Anlage, um akzeptierte Abweichungen (Änderungen) festzuhalten erstellt?	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> N/A
PV-Anlageninstallation – Kabelenden		
Werden Kabelenden geschützt, bis eine wetterfeste Verbindung hergestellt ist?	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> N/A
Sind die Kabelenden der PV-Anlage nicht verschmutzt?	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> N/A
Liegen die Kabelenden während der Installation außerhalb von Regenwasser oder Oberflächenwasser?	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> N/A
PV-Anlageninstallation – Kabel		
Werden alle Systemkabel unter Vermeidung von Verletzungen verlegt? Hinweis: Schäden durch UV- und Sonneneinstrahlung werden minimiert, indem die Kabel unter den PV-Modulen oder in Kabelkanälen, Kabeltrassen oder anderen Kabelmanagementsystemen verlegt werden.	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> N/A
Ist die Sorgfältigkeit während der Installation in dem Maße gegeben, dass die Isolierung nicht beschädigt wird? Hinweis: Die Kabelisolierung kann beschädigt werden, wenn sie durch Leerrohre gezogen oder über Kanten oder Oberflächen gezogen werden).	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> N/A
Ist die Sorgfältigkeit während der Installation in dem Maße gegeben, dass Kabel nicht einem Biegeradius ausgesetzt werden, der die vom Kabelhersteller festgelegten Grenzen überschreitet?	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> N/A
Wurden die Kabel unter PV-Modulen so verlegt, dass sie nicht zwischen Bauteilen wie PV-Modulen und deren Gestellen eingeklemmt werden?	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> N/A
Wurden Maßnahmen ergriffen, um die Kabel unter den PV-Modulen zu stützen und zu sichern, um ein Durchbiegen der Kabel zu verhindern (z. B. durch Reibung an angrenzenden Materialien wie einem Dach)?	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> N/A
Wurden Kabelschlaufen an Verteilerkästen (GAK), um die Übertragung von Lasten von Rohrleitungen auf Kabel zu vermeiden installiert? (z. B. bei Ausdehnung und Kontraktion).	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> N/A
PV-Anlageninstallation – Kabelverbinder		
Wurden Vorkehrungen getroffen, um die Steckerverbindungen über Wasserquellen wie Regenwasserabflüssen zu stützen und zu sichern?	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> N/A
Wurden Kabelverbinder gemäß den Richtlinien des Herstellers gecrimpt und wurde einschließlich hierfür die vom Hersteller empfohlene Crimpzange verwendet?	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> N/A
Wurden Rohrverschraubungen mit Gewinde vermieden? Hinweis: Durch das Anbringen von Gewinden wird Material von der Wand des Rohres abgetragen. Eine verringerte Wandstärke kann auch die Korrosionsbeständigkeit verringern, was die Wahrscheinlichkeit eines Rohrbruchs an den geschnittenen Gewinden erhöht. Solche Fehler können dazu führen, dass Kabel abgeschliffen werden, was zu elektrischen Fehlern und möglichen Brandherden führen kann.	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> N/A



Anhang D – Checkliste Inbetriebnahme

Die folgende Checkliste fasst die aus Sicht von Zurich Resilience Solutions wichtigen Punkte bei der Inbetriebnahme zusammen. Darüber hinaus sollten weitere behördliche oder lokale Regelwerke berücksichtigt werden.

Inbetriebnahme – Inspektion der PV-Anlage		
Sind alle Installationsarbeiten abgeschlossen?	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> N/A
Stimmen die eingebauten Komponenten mit den angegebenen Materialien überein?	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> N/A
Sind die Komponenten entsprechend den Angaben des Herstellers installiert?	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> N/A
Sind alle Stromkreise vollständig, sicher, geschützt und wetterfest?	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> N/A
Sind alle nicht stromführenden Metallteile in den Potentialausgleich eingebunden?	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> N/A
Sind alle Systemkomponenten sicher montiert und weisen keine Anzeichen von physischen Schäden auf?	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> N/A
Wurden alle erforderlichen Schilder angebracht?	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> N/A
Sind alle Gebäudedurchdringungen mit einem gelisteten Feuerschutzmaterial wetterfest abgedichtet?	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> N/A
Sind die Kabel der PV-Module so befestigt, dass keine Lasten auf die Anschlussdosen der PV-Module übertragen werden?	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> N/A
Sind die Kabel der PV-Module so befestigt, dass sie sich bei Wind nicht biegen?	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> N/A
Sind die Kabel der PV-Module so befestigt, dass sie keinen Kontakt mit dem Dach haben?	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> N/A
Ist die gesamte Verkabelung vor scharfen Kanten und Quetschungen geschützt?	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> N/A
Ist die Verkabelung mit einem Kabelkanal oder anderen geeigneten Mitteln geschützt, wenn sie zwischen den Modulreihen oder über das Modulfeld hinaus verläuft?	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> N/A
Inbetriebnahme – Prüfung der PV-Anlage		
Wurde die Polarität der einzelnen Strings überprüft?	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> N/A
Wurde die Leerlaufspannung für jeden Strang gemessen und dokumentiert?	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> N/A
Wurde der Kurzschlussstrom für jeden Strang gemessen und dokumentiert?	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> N/A
Wurde die Isolierung für jeden Stromkreis geprüft und aufgezeichnet? Hinweis: Der Zweck dieser Prüfung besteht darin, während der Installation beschädigte Kabelisolierungen zu identifizieren und Referenzwerte für die künftige Fehlersuche bei Erdschlüssen zu sammeln.	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> N/A
Wurden Thermografie-Untersuchungen an Verteilerkästen, Wechselrichtern und anderen elektrischen Gehäusen durchgeführt? Hinweis: Der Zweck dieser Prüfung besteht darin, nicht nur lose Verbindungen, sondern auch sonstige erhöhte Übergangswiderstände zu identifizieren.	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> N/A
Wurden Thermografie-Untersuchungen an den PV-Modulen der Generatorfläche durchgeführt?	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> N/A
Wurden Erdschluss- und Lichtbogenfehler getestet, um die entsprechenden Maßnahmen (automatische Abschaltung) und die Alarmierung der ständig besetzten Stelle oder Leitwarte zu initiieren?	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> N/A
Wurde eine Prüfung durch einen unabhängigen Sachverständigen für PV-Anlagen durchgeführt?	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> N/A
Wurde eine Liste mit allen Mängelpunkten zur Verfügung gestellt und eine Frist für die Abarbeitung festgelegt?	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> N/A
Inbetriebnahme – Dokumentation und Schulung des Personals		
Wurde dem Eigentümer eine vollständige Bestandsdokumentation des Systems zur Verfügung gestellt?	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> N/A
Wurden ausgewählte Mitarbeiter des Eigentümers geschult? Hinweis: Die Schulung sollte den Betrieb des Systems, die Reihenfolge der Systemabschaltung, Systemüberwachungsdaten, Wartungspraktiken, Fehlerreaktionspraktiken und Notfallreaktionspraktiken umfassen.	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> N/A
Wurden Kontaktinformationen für Notfälle und Wartung bereitgestellt?	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> N/A



Anhang E – Checkliste Eigenbegehungen

Die folgende Checkliste fasst die aus Sicht von Zurich Resilience Solutions wichtigen Punkte für eine regelmäßige Begehung der Anlage zusammen. Darüber hinaus sollten weitere behördliche oder lokale Regelwerke berücksichtigt werden.

Monatliche Selbstinspektion des Daches

Wurden unkontrollierte Vegetation oder Abfälle auf den Dächern festgestellt?	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein	<input type="checkbox"/> N/A
Gibt es Ablagerungen oder Schmutz auf den PV-Modulen einschließlich Vogelkot?	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein	<input type="checkbox"/> N/A
Sollten die PV-Module gereinigt werden (z. B. Schmutz, Vogelkot, Schnee)?	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein	<input type="checkbox"/> N/A
Gibt es Anzeichen von Tierverbiss oder Nester von Vögeln oder Insekten?	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein	<input type="checkbox"/> N/A
Gibt es Anzeichen für eine Bewegung von PV-Systemkomponenten (z. B. Bewegungen aufgrund starker Winde oder seismischer Aktivitäten)?	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein	<input type="checkbox"/> N/A
Gibt es sichtbare Anzeichen für Schäden an PV-Systemkomponenten, (z. B. zerbrochenes Modulglas, Blitzschlag oder Nagetierschäden an sichtbaren Kabelisolierungen)?	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein	<input type="checkbox"/> N/A
Gibt es sichtbare Anzeichen von Alterung, Verschlechterung, Verfärbung oder Korrosion der Module oder anderer PV-Systemkomponenten?	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein	<input type="checkbox"/> N/A
Sind die Blitzschutzkomponenten (sofern vorhanden) ausreichend befestigt und nicht verschoben?	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein	<input type="checkbox"/> N/A
Sind Dachoberflächenmaterialien wie Steinschotter und Pflastersteine in ausreichender Schichtdicke vorhanden?	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein	<input type="checkbox"/> N/A

Kommentare





Anhang F – Checkliste jährliche Inspektion

Die folgende Checkliste fasst die aus Sicht von Zurich Resilience Solutions wichtigen Punkte für eine jährliche Sichtprüfung der Anlage durch eine qualifizierte Person zusammen.

Die Checkliste sollte auch nach einem Sturm oder Hagelereignis verwendet werden, um den ordnungsgemäßen Zustand der Anlage zu dokumentieren. Darüber hinaus sollten weitere behördliche oder lokale Regelwerke berücksichtigt werden.

Allgemein		
Gibt es Vegetation oder Abfälle auf den Dächern?	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> N/A
Wurden PV-Komponenten durch die Hersteller zurückgerufen oder ersetzt?	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> N/A
Werden alle Vorgaben des Netzbetreibers eingehalten?	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> N/A
Gibt es Schattenwurf, der nicht technisch durch Leistungsoptimierer reguliert ist? Hinweis: Beschattung kann durch das Wachstum von Bäumen oder anderer Vegetation oder durch neue Gebäude oder Aufbauten entstehen.	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> N/A
Gibt es Anzeichen für eine Bewegung der PV-Anlagenkomponenten (z.B. Bewegungen aufgrund starker Winde oder seismischer Aktivitäten)?	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> N/A
Wurden Schutzschichten (z.B. Betonsteine oder Kies) für Wartungsarbeiten entfernt und ersetzt?	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> N/A
PV-Module		
Sind die PV-Module sauber (z. B. kein Schmutz, Vogelkot, Schnee)?	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> N/A
Haben PV-Module Anzeichen von Glasbruch?	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> N/A
Weisen PV-Module Verfärbungen auf?	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> N/A
Sind die PV-Module sicher in ihren Halterungen befestigt?	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> N/A
Kabel		
Sind die Kabel weiterhin sicher verlegt?	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> N/A
Sind Kabel und Kabelschutz intakt?	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> N/A
Weisen die Kabel Anzeichen von physischen Schäden auf, einschließlich Schäden durch Nagetiere?	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> N/A
Zeigen die Kabel Anzeichen von Korrosion?	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> N/A
Zeigen die Kabel Anzeichen von Verfärbungen oder Überhitzung?	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> N/A
Haben die Kabel Kontakt mit der Dachoberfläche?	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> N/A
Kabelhalterungen		
Sind die Kabelhalterungen weiterhin sicher verlegt?	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> N/A
Sind die Kabelhalterungen weiterhin intakt?	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> N/A
Beschädigen die Kabelhalterungen nicht die Kabelisolierungen?	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> N/A



Anhang F – Checkliste jährliche Inspektion

Anschlüsse (sichtbar)

Sind die Verbindungen ordnungsgemäß ausgeführt und sicher?	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein	<input type="checkbox"/> N/A
Sind die Verbindungen weiterhin intakt?	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein	<input type="checkbox"/> N/A
Sind die Verbindungen witterungsbeständig?	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein	<input type="checkbox"/> N/A
Weisen die Anschlüsse Anzeichen von physischen Schäden auf?	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein	<input type="checkbox"/> N/A
Weisen die Verbindungen Anzeichen von Verfärbungen oder Überhitzung auf?	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein	<input type="checkbox"/> N/A

Kabeltrassen, Kabelkanäle und Kabelführungssysteme

Sind Kabeltrassen und Kabelkanäle sicher verlegt?	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein	<input type="checkbox"/> N/A
Sind Kabeltrassen und Kabelkanäle weiterhin intakt?	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein	<input type="checkbox"/> N/A
Weisen Kabeltrassen, Kabelkanäle und Kabelführungssysteme Anzeichen von Korrosion auf?	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein	<input type="checkbox"/> N/A
Sind Kabeltrassen, Kabelkanäle und Kabelführungssysteme intakt?	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein	<input type="checkbox"/> N/A

Potentialausgleich

Sind die Potentialausgleichsleiter der Gestelle sicher befestigt?	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein	<input type="checkbox"/> N/A
Ist die Wirksamkeit des Potentialausgleichs der PV-Anlage gegeben?	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein	<input type="checkbox"/> N/A
Besteht ein wirksamer Potenzialausgleich?	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein	<input type="checkbox"/> N/A
Weist die Geräteerdung Anzeichen von physischen Schäden auf?	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein	<input type="checkbox"/> N/A
Weisen die sichtbaren Komponenten des Potentialausgleichssystems Anzeichen von Verfärbungen oder Überhitzung auf?	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein	<input type="checkbox"/> N/A

Wechselrichter

Sind die Lüfter des Wechselrichters in Betrieb?	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein	<input type="checkbox"/> N/A
Sind Luftfilter verschmutzt?	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein	<input type="checkbox"/> N/A
Weisen die Wechselrichter Anzeichen von physischen Schäden auf?	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein	<input type="checkbox"/> N/A
Weisen die Wechselrichter Anzeichen von Verfärbungen oder Überhitzung auf?	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein	<input type="checkbox"/> N/A
Zeigen die Wechselrichter Anzeichen von Überhitzung?	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein	<input type="checkbox"/> N/A

Trennschalter (AC/DC)

Sind Trennschalter vorhanden und an der richtigen Stelle angeordnet?	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein	<input type="checkbox"/> N/A
Weisen die Trenn- und Schnellabschaltsschalter Anzeichen von physischen Schäden auf?	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein	<input type="checkbox"/> N/A
Weisen die Trenn- und Schnellabschaltsschalter Anzeichen von Korrosion oder Verfärbung auf?	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein	<input type="checkbox"/> N/A

Andere PV-Systemkomponenten

Ist der Generatoranschlusskasten (GAK) sicher gegen elektrischen Schlag?	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein	<input type="checkbox"/> N/A
Ist der GAK wetterfest, wie erforderlich? Bildet sich in dem Gehäuse Feuchtigkeit?	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein	<input type="checkbox"/> N/A
Weist der GAK Anzeichen von physischen Schäden auf?	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein	<input type="checkbox"/> N/A
Zeigen der GAK oder die innenliegenden Kabel Anzeichen von Korrosion?	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein	<input type="checkbox"/> N/A



Anhang F – Checkliste jährliche Inspektion

Beschilderung

Sind alle notwendigen Schilder vorhanden? ja nein N/A

Sind die Schilder lesbar? ja nein N/A

Brandwände und Gebäudeeindringungen

Ist die Brandabschottung intakt? ja nein N/A

Sind Kabeldurchführungen in das Gebäude wetter- und brandschutztechnisch korrekt verschlossen? ja nein N/A

Zusätzlich sollten noch folgende Punkte bei der jährlichen Inspektion berücksichtigt werden, die nicht relevant für ein Naturereignis, wie Hagel und Sturm, sind.

Jährliche Prüfung

Wurde eine Thermografie-Prüfung an den elektrischen Anlagen und dem Generatorfeld durchgeführt? ja nein N/A

Wurden bei der Thermografie-Prüfung Mängel festgestellt? ja nein N/A

Wurden DC-Lasttrennschalter 10-mal betätigt? ja nein N/A

Hinweis: Diese Aktivität dient dazu, Korrosion von den internen Schalterkontakten mechanisch zu entfernen.

Wurden Schnell- und Notabschaltungen auf ihre Funktion geprüft? ja nein N/A

Wurde der Wert für Lichtbogen- und Erdschluss getestet? ja nein N/A

Ist der Überspannungsschutz der PV-Anlage funktionsfähig? ja nein N/A

Regelmäßige Wartung

Ist eine Fehlersuche implementiert, wenn Lichtbogen- und Erdungsfehler andauern? ja nein N/A

Hinweis: Grenzen Sie Fehlerquelle ein und führen Sie Isolationsprüfungen an den entsprechenden Kabeln durch. Vergleichen Sie das Testergebnis mit den Daten der Inbetriebnahmeprüfung. Sobald die Fehlerquelle gefunden ist, beheben Sie die Ursache und überprüfen Sie, ob die Maßnahme wirksam war.

Werden/wurden PV-Module aufgrund von Schäden ausgetauscht (z. B. Schäden aufgrund von Hagel, Sandsturm oder Bewegungen in Verbindung mit Erdbeben oder Wind)? ja nein N/A

Hinweis: Wenn die Module durch die gleiche Marke und das gleiche Modell ersetzt werden können, führen Sie die Wartung durch und dokumentieren Sie die ggf. ergriffenen Maßnahmen. Wenn die gleiche Marke und das gleiche Modell nicht verfügbar sind, folgen Sie dem Änderungsmanagementprozess, um einen gleichwertigen Ersatz zu beschaffen. Trennen Sie die betroffenen PV-Module ab, bis die Ersatz-PV-Module installiert sind.

Gab es seit der letzten jährlichen Wartung zusätzliche Wartungen auf Grund von Wetterereignissen wie Sturm und Hagel? ja nein N/A

Hinweis: Bewegungen in der PV-Anlage können eine Belastung für die PV-Module oder die Kabel der PV-Anlage darstellen. Das Ziel der Wartung besteht darin, Spannungen zu beseitigen, die Komponenten wieder an ihren ursprünglichen Platz zu bringen. Ggf. sind Komponenten ausgetauscht worden, die getestet oder auch in die Dokumentation aufgenommen werden müssen.

Wurden verschobene Schutzschichten auf dem Dach (z. B. Betonpflaster oder Kies) wieder in ihre ursprüngliche Position gebracht? ja nein N/A

Hinweis: Schutzschichten, wie Betonpflaster oder Kies, können erforderlich sein, um die Brandgefahr der PV-Anlage für das Gebäude zu minimieren und müssen nach Abschluss der Wartungsarbeiten wieder in ihre ursprüngliche Position gebracht werden.

Gab es im Betrieb Auffälligkeiten oder Schäden durch Verschattung? ja nein N/A

Hinweis: Durch Vegetation oder anderen nachbarschaftliche Einflüsse, wie ein neues Gebäude, kann sich die Situation hinsichtlich einer Schattenbildung ändern.

Wurden Schaltschränke von innen gereinigt? ja nein N/A

Sind die Filter des Wechselrichters sauber oder werden sie bei Bedarf ausgetauscht? ja nein N/A

Wurden die Kabelverbindungen an allen Anschlüssen auf lose Verbindungen geprüft? ja nein N/A

Werden regelmäßige Prüfungen der elektrischen Sicherheit durchgeführt (spätestens alle 4 Jahre)? ja nein N/A



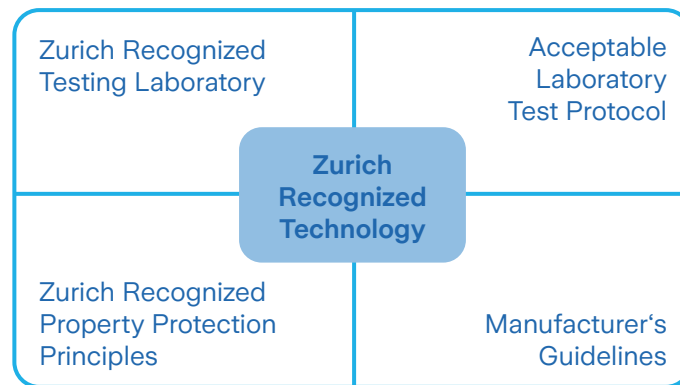
Anhang G – Zurich Recognized Technology

Was versteht man unter „Zurich Recognized Technology“?

Technologie wird oft als Kontrolle von Gefahren oder zur Reduzierung von Schadenerwartungen eingesetzt. Da Zurich Resilience Solutions keine Produktzertifizierungsstelle ist, veröffentlicht sie keine „Listen anerkannter Technologien“.

Zurich Resilience Solutions identifiziert jedoch Technologien, die den Grundsätzen einer Zurich Risikobewertung von Sachversicherungswerten und Minderung von Betriebsunterbrechungspotenzialen entsprechen.

Solche Technologien werden bei Risikobeurteilungen von Zurich Resilience Solutions eher positiv berücksichtigt.





International und Europa

Die folgende Liste ist lediglich ein Auszug und hat keinen Anspruch auf Vollständigkeit für alle Installationsmöglichkeiten und Projekte.

International

IEC 62305. Lightning Protection Standard including,
Part 1: General Principles,
Part 2: Risk Management,
Part 3: Physical Damage to Structures and Life Hazard, and
Part 4 Electrical and Electronic Systems Within Structures.

NFPA 1.-2021. Fire Code. Quincy, MA; NFPA, 2012. Online.

NFPA 70-2023. National Electrical Code®. Quincy, MA ;
NFPA, 2014. Online.

NFPA 497-2024. Recommended Practice for the
Classification of Flammable Liquids, Gases, or Vapors
and of Hazardous (Classified) Locations for Electrical
Installations in Chemical Process Areas.
Quincy, MA; NFPA, 2012. Online.

NFPA 780-2023. Standard for the Installation of Lightning
Protection Systems. Quincy, MA; NFPA, 2011. Online.

Europe – Certified panels, parts, and components

EN 61215. Terrestrial photovoltaic (PV) modules -
Design qualification and type approval

DIN EN 61646:2009. Thin-film terrestrial photovoltaic (PV)
modules – Design qualification and type approval

EN 62108:2017. Concentrator photovoltaic (CPV) modules
and assemblies – Design qualification and type approval

EN 61730. Photovoltaic (PV) module safety qualification

EN 61730-1/A1:2020. Photovoltaic (PV) module safety
qualification – Part 1: Requirements for construction.

EN 61730-2:2018. Photovoltaic (PV) module safety qualifi-
cation – Part 2: Requirements for testing.

Europe – Quality installation by qualified contractors

EN 50618:2015. Electric cables for photovoltaic systems

EN 50548:2015. Junction boxes for photovoltaic modules

EN 62790:2015. Junction boxes for photovoltaic modules -
Safety requirements and tests

EN 50521:2013. Connectors for photovoltaic systems -
Safety requirements and tests

EN 61439. (parts 1 through 7).
Low-voltage switchgear and control gear assemblies

Europe – Inverters fire-rated separated, accessible, fire detection

EN 62109-1:2013. Safety of power converters for use in
photovoltaic power systems – Part 1: General requirements.

EN 62109-2:2012. Safety of power converters for use in
photovoltaic power systems – Part 2: Particular require-
ments for inverters.

EN 62109-3:2019. Safety of power converters for use in
photovoltaic power systems – Part 3: Particular require-
ments for electronic devices in combination with photovol-
taic elements.

EN 61724. Photovoltaic system performance

EN 62305. Lightning protection



Deutschland

Deutschland – Blitzschutz

DIN EN 62305-1:2011. (VDE 0185-305-1)
Allgemeine Grundsätze

DIN EN 62305-2:2013. (VDE 0185-305-2)
Risikomanagement

DIN EN 62305-3:2011. (VDE 0185-305-3)
Schutz von baulichen Anlagen und Personen

DIN EN 62305-4:2010. (VDE 0185-305-4)
Elektrische und elektronische Systeme in baulichen Anlagen

Deutschland

DIN VDE 0100-200:2023. Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 200: Begriffe

DIN VDE 0100-410:2018. Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 4-41: Schutzmaßnahmen – Schutz gegen elektrischen Schlag

DIN VDE 0100-420:2023. Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 4-42: Schutzmaßnahmen – Schutz gegen thermische Auswirkungen

DIN VDE 0100-430:2021. Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 4-43: Schutzmaßnahmen – Schutz bei Überstrom

DIN VDE 0100-443:2016. Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 4-44: Schutzmaßnahmen – Schutz bei Störspannungen und elektromagnetischen Störgrößen – Abschnitt 443: Schutz bei transienten Überspannungen infolge atmosphärischer Einflüsse oder von Schaltvorgängen

DIN VDE 0100-444:2010. Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 4-444: Schutzmaßnahmen – Schutz bei Störspannungen und elektromagnetischen Störgrößen

DIN VDE 0100-520:2023. Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 5-52: Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel – Kabel- und Leitungsanlagen

DIN VDE 0100-531:2018. Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel – Schalt- und Steuergeräte

DIN VDE 0100-534:2016. Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 5-53: Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel – Trennen, Schalten und Steuern – Abschnitt 534: Überspannungs-Schutzeinrichtungen

DIN VDE 0100-540:2012. Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 5-54: Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel – Erdungsanlagen und Schutzleiter

DIN VDE 0100-712:2022. Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 7-712: Anforderungen für Betriebsstätten, Räume und Anlagen besonderer Art – Photovoltaik-(PV)-Stromversorgungssysteme

DIN VDE 0105-100/A1 VDE 0105-100/A1:2017-06. Betrieb von elektrischen Anlagen, Teil 100: Allgemeine Festlegungen; Änderung A1: Wiederkehrende Prüfungen

DIN VDE 0105-100:2015. Betrieb von elektrischen Anlagen – Teil 100: Allgemeine Festlegungen

DIN VDE 0124-1-1 Selbsttätige Schaltstelle zwischen einer netzparallelen Energieerzeugungsanlage und dem öffentlichen Niederspannungsnetz

DIN EN 62109-1:2011. Sicherheit von Wechselrichtern zur Anwendung in photovoltaischen Energiesystemen – Teil 1: Allgemeine Anforderungen

DIN EN 62109-2:2012. Sicherheit von Leistungsumrichtern zur Anwendung in photovoltaischen Energiesystemen – Teil 2: Besondere Anforderungen an Wechselrichter

DIN EN 61215 Terrestrische Photovoltaik (PV)-Module – Bauartprüfung und Bauartzulassung

VdS Dokumente

VdS 3145: 2017-11 (02). VdS Schadenverhütung GmbH: „Photovoltaik-Anlagen“

VdS 6023: 2023-02 (01). VdS Schadenverhütung GmbH: „Photovoltaik-Anlagen auf Dächern mit brennbaren Baustoffen“

VdS 2234 2024-05(07). VdS Schadenverhütung GmbH: „Brand- und Komplextrennwände, Merkblatt für die Anordnung und Ausführung“

VdS 2031: 2021-02 (08). VdS Schadenverhütung GmbH: „Blitz- und Überspannungsschutz in elektrischen Anlagen“

VdS 2025: 2021-03 (07). VdS Schadenverhütung GmbH: „Elektrische Leitungsanlagen“



Zurich Resilience Solutions arbeitet mit der TÜV SÜD Industrie Service GmbH zusammen, welche Betreibern von PV-Anlagen sowohl für die Planung und die Errichtung von Neuanlagen als auch für den Betrieb von bestehenden PV-Anlagen umfassende Prüfdienstleistungen anbietet.



Das Besondere

TÜV SÜD führt die Prüfungen in Abstimmung mit den Zurich Vorgaben durch und unterstützt Sie somit optimal bei der Erfüllung ihrer gesetzlichen und versicherungstechnischen Betreiberpflichten.

This is a general description of (insurance) services such as risk engineering or risk management services by Zurich Resilience Solutions which is part of the Commercial Insurance business of Zurich Insurance Group, and does not represent or alter any insurance policy or service agreement. Such (insurance) services are provided to qualified customers by affiliated companies of Zurich Insurance Company Ltd, including but not limited to Zurich American Insurance Company, 1299 Zurich Way, Schaumburg, IL 60196, USA, The

Zurich Services Corporation, 1299 Zurich Way, Schaumburg, IL 60196, USA, Zurich Insurance plc, Zurich House, Ballsbridge Park, Dublin 4, Ireland, Zurich Resilience Solutions (Europe) GmbH, Platz der Einheit, 2, 60327 Frankfurt am Main, Germany, Zurich Management Services Limited, The Zurich Centre, 3000b Parkway, Whiteley, Fareham, Hampshire, PO15 7JZ, UK, Zurich Insurance Company Ltd, Mythenquai 2, 8002 Zurich, Switzerland, Zurich Australian Insurance Limited, ABN 13 000 296 640, Australia.

The opinions expressed herein are those of Zurich Resilience Solutions as of the date of the release and are subject to change without notice. This document has been produced solely for informational purposes. All information contained in this document has been compiled and obtained from sources believed to be reliable and credible but no representation or warranty, express or implied, is made by Zurich Insurance Company Ltd or any of its affiliated companies (Zurich Insurance Group) as to their accuracy or completeness. This document is not intended to be legal, underwriting, financial, investment or any other type of professional advice. Zurich Insurance Group disclaims any and all liability whatsoever resulting from the use of or reliance upon this document. Nothing express or implied in this document is intended to create legal relations between the reader and any member of Zurich Insurance Group.

Certain statements in this document are forward-looking statements, including, but not limited to, statements that are predictions of or indicate future events, trends, plans, developments or objectives. Undue reliance should not be placed on such statements because, by their nature, they are subject to known and unknown risks and uncertainties and can be affected by numerous unforeseeable factors. The subject matter of this document is also not tied to any specific service offering or an insurance product nor will it ensure coverage under any insurance policy.

This document may not be distributed or reproduced either in whole, or in part, without prior written permission of Zurich Insurance Company Ltd, Mythenquai 2, 8002 Zurich or any other member of the Zurich Insurance Group, Switzerland. No member of Zurich Insurance Group accept any liability for any loss arising from the use or distribution of this document. This document does not constitute an offer or an invitation for the sale or purchase of securities in any jurisdiction.

Zurich Resilience Solutions

© 2023 Zurich Insurance Company Ltd



Erfahren Sie mehr über
Zurich Resilience Solutions
bei Ihrer gewohnten
Ansprechpartnerin
oder Ihrem gewohnten
Ansprechpartner von
Zurich.