

Solar-Photovoltaik Auf Dem Dach Systeme – Planung und Konstruktion

Auf dem Dach montierte Solar-Photovoltaikanlagen (Solar PV) werden in vielen Gebäuden installiert und werden heute häufig bei der Planung und Errichtung neuer Immobilien berücksichtigt. Die Anlagen bergen eine Reihe von Gefahren und Gefährdungen, die ein sorgfältiges Management erfordern, um Brand- und andere Sachschäden zu vermeiden.

Dieser Schadenverhütungsstandard bietet Hinweise zum Umgang mit diesen Risiken während der Planungs- und Konstruktionsphase.

Solar-Photovoltaik Auf Dem Dach Systeme – Planung und Konstruktion

Einführung

Auf dem Dach montierte Solar-PV-Systeme wandeln Lichtenergie in elektrische Energie um. Die von den Modulen erzeugte Gleichstromenergie wird in Wechselstromstrom umgewandelt und üblicherweise von den Gebäudenutzern genutzt, an Verteilernetzbetreiber verkauft, oder in einigen Fällen kann die Gleichstromenergie in Batteriespeichersysteme eingespeist werden.



Bei sachgemäßer Auslegung, Installation und Verwaltung kann das Risiko von Brand- und anderen Sachschäden erheblich reduziert werden. Dieses Dokument enthält Richtlinien für das Risikomanagement, um Schäden im Zusammenhang mit PV-Solaranlagen zu vermeiden.

Hinweis: Dieser Schadenverhütungsstandard bezieht sich auf PV-Solaranlagen und konzentriert sich auf die Schadenverhütung von Anlagen und entsprechende Richtlinien für das Risikomanagement. Sie ist nicht dazu bestimmt, Verbindlichkeiten/allgemeine Verbindlichkeiten zu behandeln. Es wird davon ausgegangen, dass alle lokalen Anforderungen an das regulatorische Territorium sowie die Einhaltung nationaler/lokaler Bauvorschriften, Vorschriften oder Standards Vorrang haben und erfüllt werden oder werden. In Gebieten, in denen lokale Behörden zuständig sind, wird die Einhaltung geltender Gesetze und Vorschriften als Mindestanforderung angenommen. Die Empfehlungen in diesem Dokument sollen die örtlichen Anforderungen ergänzen, nicht ersetzen.

Die Risiken verstehen

Zu den Risiken, die üblicherweise mit PV-Anlagen auf dem Dach verbunden sind, zählen unter anderem:

- **Feuer.** Brände können sich über die gesamte Anlage hinweg entwickeln, mit häufigen Ursachen wie mangelhafter Installation, Modulschäden oder Fehler, einschließlich solcher, die durch Beschattung durch Bäume, Moos und Flechten, Überhitzung von Wechselrichtern und Schaltschränken, Verwendung nicht kompatibler Komponenten und Heißen verursacht werden. Das Potenzial für eine Brandausbreitung wird durch brennbare Materialien in der Nähe oder innerhalb der Dachkonstruktion erhöht. Ein fehlender Zugang zu den Dachsystemen kann dazu führen, dass interne Inspektionen, Instandhaltungsprogramme und sich entwickelnde Probleme übersehen werden.
- **Wind.** Unsachgemäß installierte Arrays (Module auf dem Dach, Kabel und zugehörige Geräte) können bei schlechten Witterungsbedingungen durch Windschäden gefährdet sein. Schon geringe Bewegungen können Komponenten belasten.

- **Unfallschäden.** Lose Bauteile können andere Geräte in der Nähe beschädigen oder Mitarbeiter und andere Personen verletzen.
- **Betriebsunterbrechung** . Beschädigte oder außer Betrieb genommene Systeme können zu erheblichen Ausfallzeiten für Reparaturen und Einkommensverlusten führen.
- **Leistung.** Schattierungen und defekte Module können die Systemleistung erheblich beeinträchtigen und die finanziellen Erträge verringern.

Managementsysteme

Bewertung Des Risikos Von Materialschäden

Während der Planungs- und Auslegungsphase sollte eine Bewertung der zu erwartenden/potenziellen finanziellen Schäden sowohl für Sachschäden als auch für Betriebsunterbrechungsrisiken im Falle eines erheblichen oder katastrophalen Schadens an der PV-Anlage vorgenommen werden. Dabei sollten Schäden im Zusammenhang mit der PV-Anlage selbst sowie daraus resultierende Schäden am Gebäude und Auswirkungen auf den Geschäftsbetrieb berücksichtigt werden.

Diese Bewertung, die dazu beiträgt, sicherzustellen, dass die Maßnahmen zur Risikokontrolle ausreichend sind und die potenziellen Schadensschätzungen widerspiegeln, sollte Folgendes berücksichtigen:

- Die Solar-PV-Anlage,
- Das Gebäude und andere wertvolle Vermögenswerte,
- Betriebsunterbrechung und
- Risiken in den Bereichen Umwelt, Soziales und Governance (ESG).

Weitere Hinweise finden Sie in den Aviva Loss Prevention Standards **Materialschadensrisikobewertung** und **Business Continuity - Schritt 4: Business Impact Analysis and Risk Assessment**.

Änderungsmanagement

Die Planung und Auslegung von PV-Solaranlagen sollte durch ein formelles Änderungsmanagement verwaltet werden. Dies trägt dazu bei, dass alle Bauphasen, einschließlich aller bedeutenden geplanten Änderungen an Gebäuden und Gewerbebetrieben zur Aufnahme der Installationsarbeiten, mit minimaler Gefährdung durch die bestehende Anordnung vorangetrieben werden.

Weitere Informationen finden Sie in den Aviva Loss Prevention Standards **Managing Change - Property**.

Heißenarbeiten

Heißenarbeiten sind Aufgaben oder Anlagen, die Wärme, Flammen oder Funken nutzen oder erzeugen. Beispiele sind unter anderem Schweißgeräte, Lötbrenner, Schleifgeräte, Bohren und Löten. Heißenarbeiten sind mit vielen Bränden verbunden und müssen genau kontrolliert werden.

- Es sollte sichergestellt werden, dass Heißenarbeiten auf dem Dach in den Ausschreibungsunterlagen für die PV-Auslegung verboten sind, und dass alle erforderlichen Heißenarbeiten an einem abgelegenen und sicheren Ort durchgeführt werden.

- Für alle Arbeiten, bei denen dies nicht möglich ist, sollte festgelegt werden, dass Heißenarbeiten in strikter Übereinstimmung mit dem Aviva-Standard **Heißenarbeiten** durchgeführt werden müssen.
 - ✓ Nach den Heißenarbeiten sollten Brandwachen bis zu 240 Minuten lang durchgeführt und nur dann reduziert werden, wenn dies durch eine spezifische Risikobewertung unterstützt wird.
 - ✓ Infrarot-Kameras sollten während der gesamten Arbeiten und während der Brandwache verwendet werden.

Weitere Informationen finden Sie in den Aviva Richtlinien zur Schadenverhütung **Heißenarbeiten** und **zur Leitung von Auftragnehmern – Eigentum**.

Notfallreaktion

Im Rahmen der Auslegungsspezifikation sollte ein Notfallplan erstellt werden, in dem die wichtigsten Verantwortlichkeiten und Maßnahmen aufgeführt sind, die bei einem Notfall während der Installations- und Inbetriebnahmearbeiten der PV-Anlage zu befolgen sind. Dies sollte gegebenenfalls in die vorhandenen Notfallpläne integriert werden.

Die Notfallvorschriften sollten formell dokumentiert und wichtige Mitarbeiter, Installateure und Fremdfirmen sollten vor Beginn der Arbeiten entsprechend geschult werden.

Weitere Informationen hierzu finden Sie in den Aviva Standard **Emergency Response Teams**.

Pläne Zur Aufrechterhaltung Des Geschäftsbetriebs

Es sollte sichergestellt werden, dass die bestehenden Pläne zur Aufrechterhaltung des Geschäftsbetriebs überprüft werden, um die von der PV-Solaranlage ausgehenden Gefahren zu berücksichtigen. Dies könnte die Notwendigkeit umfassen, Vereinbarungen mit spezialisierten Solarstromaggregaten zu formalisieren, um die Anlage nach dem Vorfall sicher wiederherzustellen, und die finanziellen Folgen, wenn die Anlage keinen Strom erzeugt.

Weitere Informationen finden Sie im Aviva Loss Prevention Standard **Business Continuity – Sieben Schritte zur Kontinuität**.

Risikomanagement

Kompetenz von Konstrukteuren und Installateuren

Stellen Sie sicher, dass kompetente und erfahrene Konstrukteure und Installateure von PV-Anlagen eingesetzt werden.

Die Sorgfaltspflicht sollte eine Bewertung des Rufs der Systemdesigner oder -Installateure, früherer Projekte und gelernter Erkenntnisse, Feedback von anderen Kunden, einschließlich Kundendienst und Systemleistung, sowie die Verfügbarkeit für dringende Reparaturen, falls erforderlich, umfassen.

Die Installateure sollten auch verpflichtet werden, Einzelheiten über die laufenden Wartungs- und Wartungs-Services bereitzustellen, die durchgeführt werden.

Wichtig: der Installateur **muss** nach der Installation Wartungsdienstleistungen anbieten, und das Wartungsangebot sollte mit den Leitlinien im Aviva Loss Prevention Standard **Roof Mounted Solar Photovoltaic Systems – Continuous Care** übereinstimmen.

Elektroingenieure sollten qualifiziert sein, elektrische Systeme in Übereinstimmung mit nationalen Vorschriften, Normen oder Vorschriften zu installieren und zu warten. Für qualifizierte Elektroingenieure werden in der Regel spezielle Schulungskurse für Solaranlagen angeboten. Alle Elektroingenieure, die eine Solaranlage installieren, sollten eine solche Schulung absolviert haben und auf Anfrage eine Zertifizierung anbieten können.

Überlegungen Zur Konstruktion

Gewichtsbelastung. Solar-PV-Anlagen können die Gewichtsbelastung auf einem Dach erheblich erhöhen, was die Gefahr eines Einsturzes oder einer Beschädigung des Dachs unter normalen oder ungünstigen Bedingungen erhöht.

Moderne Dachkonstruktionen können leicht sein und wenig Toleranz für zusätzliches Gewicht haben, während ältere Dachkonstruktionen mit zunehmendem Alter verschlechtert haben oder sich in einem schlechteren Reparaturzustand befinden.

Eine Bewertung der Dachlast sollte in Übereinstimmung mit nationalen oder lokalen Vorschriften, Normen oder Codes durchgeführt werden, um sicherzustellen, dass die vorgeschlagene PV-Anlage mit dem zu verwendenden Gebäude und den zu verwendenden Dachsystemen kompatibel ist, und entsprechende Konstruktionsberechnungen wurden durchgeführt.

Bei der Berechnung der Gewichtsbelastung sollten auch folgende Aspekte berücksichtigt werden:

- Punktelastungen in der Bauphase unter Berücksichtigung vorübergehender Konzentrationen von gelagerten Materialien und Ausrüstungen auf einer reduzierten Oberfläche.
- Die statischen und punktuellen Belastungen über die verschiedenen Windbedingungen hinweg und die möglichen Auswirkungen von Ermüdung.
 - ✓ In einigen Gebieten sollten Tornados, Wirbelstürme, Hurrikane usw. alle als potenzielle Ursache für Schäden am Gebäude und an der PV-Anlage betrachtet werden.
 - ✓ Die Berechnung der Windkraft muss formell abgeschlossen werden.
- Schnee- und Eisbelastung im Winter.
- Struktureller oder kosmetischer Ballast.
- Die Kapazität für Wasseransammlungen auf Flachdächern.
- Schmutzansammlungen, die die Dachabflüsse blockieren können.
- Wartungszugang durch Fremdfirmen.

Framework und Layout. Die Art und Befestigung des Rahmens und der Anordnung der Module können das Risiko von Verlust oder Beschädigung erheblich beeinflussen.

- Soweit möglich, sollte die Befestigungsstruktur mechanisch an der Dachkonstruktion befestigt werden, anstatt an der Ballastierung zu montieren.
 - ✓ Ballast kann lose arbeiten und ist nicht so zuverlässig wie mechanische Befestigungselemente. Es kann auch Dachmaterialien beschädigen und zusätzliche Gewichtsbelastungen verursachen.
 - ✓ Ballast sollte nur verwendet werden, wenn mechanisch befestigte Montagestrukturen nicht möglich sind, sei es aufgrund des Dachbaumaterials oder der Produktgarantie.

- Sie sollten das Array in mehrere kleinere Zonen aufteilen. Dies kann zu Brandausbrüchen führen, um die Brandausbreitung zu verhindern oder zu verlangsamen, das Gewicht gleichmäßiger zu verteilen und den Zugang für Wartungs- und Instandhaltungsarbeiten zu ermöglichen.
 - ✓ Es wird ein Mindestabstand von 5 Metern empfohlen.
- Solar-PV-Arrays sollten mindestens 2,5 Meter von beiden Seiten aller im Gebäude installierten feuerbeständigen Abteiwände entfernt sein.
 - ✓ Dieser Abstand kann auf mindestens 1,2 Meter reduziert werden, wenn eine Risikobeurteilung bestätigt, dass Dachmaterialien nicht brennbar sind und die Solar-PV-Module eine geringe Neigung zur Brandausbreitung aufweisen.
- Es sollte sichergestellt werden, dass Solar-PV-Arrays mindestens 1,2 Meter von brennbaren Oberlichtern entfernt installiert sind.
 - ✓ Dieser Abstand kann auf mindestens 0,6 Meter reduziert werden, wenn eine Risikobewertung bestätigt, dass die Dachleuchten nicht brennbar sind.
- Ein unzureichender Abstand zwischen den PV-Modulen und der Dachkonstruktion kann dazu führen, dass sich Abfall und Gerste, wie Blattstoffe, ablagern und Probleme mit der Wärmeableitung verursachen. Stellen Sie sicher, dass die Anweisungen des Herstellers bezüglich der empfohlenen Abstände befolgt werden.
 - ✓ Die Vermaschung von Ungeziefern wird gefördert, um Abfallansammlungen und das Nisten von Vögeln in diesen Gebieten zu verhindern, in denen sie als gefährdet gelten.
- Stellen Sie sicher, dass der Standort des Moduls nicht durch Schattierungen von Gebäuden, Bäumen usw. in der Nähe beeinträchtigt wird.
 - ✓ Sofern nicht mit MLPEs ausgestattet, wirkt sich die partielle Schattierung eines Arrays auf den Strom des Strings aus, was zu einer verringerten Erzeugungsleistung und der Bildung von Hotspots führt.
 - ✓ Solche teilweise schattierten Module leiten Energie als Wärme ab, indem sie örtlich begrenzte Hotspots bilden, die das Modul im Laufe der Zeit beschädigen und zu Entzündungen und Bränden führen können.
- Es sollte sichergestellt werden, dass die PV-Module angemessen von allen Anlagen getrennt sind, die ihren sicheren Betrieb oder die Sicherheit der vorhandenen Anlagen beeinträchtigen könnten, z. B. Werksräume, Absauganlagen, Dampf- oder andere Wärmequellen, Fluchtwege usw.

Module. Achten Sie bei der Bewertung der von den Modulen ausgehenden Risiken auf Folgendes:

- Die im System verwendeten Module werden basierend auf lokalen Wetterbelastungen ausgewählt. Es gibt im Allgemeinen zwei Modultypen auf dem Markt, monofazial und bifazial, mit unterschiedlichen Eigenschaften, wie unten dargestellt:

Modultyp	Monofacial	Bifaziale
Faciality	Strom wird ausschließlich durch Lichteinfall auf die obere Fläche erzeugt.	Strom wird hauptsächlich durch Lichteinfall auf der oberen Fläche sowie 25 % durch diffuses und reflektiertes Licht auf der unteren Fläche erzeugt, wenn das Modul mit ausreichender Bodenfreiheit installiert ist.
Struktur	Glas-Polymer. Die obere Schicht besteht aus Schutzglas; die untere Schicht besteht aus einer Polymerrückschicht.	Glas-Glas. Sowohl die obere als auch die untere Schutzschicht bestehen aus Glas.
Oberer Glasschutz	Meist 3,2 mm gehärtetes Glas. Einige Module, die auf Hagelwiderstand ausgelegt sind, reichen bis zu 4,0 mm.	1,6-2,0 mm wärmeverstärktes oder halbgehartetes Glas. Glas kann nicht vollständig unter 3,2 mm abkühlen, was zu einer verringerten Stoßfestigkeit führt.
Hagelwiderstand	RETC-Tests, die 2023 veröffentlicht und von Tracker-Herstellern validiert wurden, haben gezeigt, dass Module mit 2,0 mm aus Schutzglas bei gleicher effektiver kinetischer Energie eine Bruchrate aufweisen, die etwa doppelt so hoch ist wie 3,2 mm-Glas.	
Brennbarkeit	Aufgrund der vorhandenen Polymere brennbarer.	Weniger brennbar, aber dennoch entzündungsfähig.
Masse	Leichter durch die leichte Polymerrückschicht.	Schwerer aufgrund der erhöhten Glasmenge.
Strukturelle Belastbarkeit	Höhere Steifigkeit. Die Tragfähigkeiten nach unten (Schnee) reichen von 5400 bis 6000 Pa. Tragfähigkeiten nach oben (Wind) reichen von 2400-4000Pa.	Geringere Steifigkeit, mit einer größeren Tendenz, bei starkem Wind aus den Klemmen gezogen zu werden. Die Tragfähigkeiten nach unten (Schnee) reichen von 2400 bis 5400 Pa. Tragfähigkeiten nach oben (Wind) reichen von 1600-2400Pa.
Wärmeeffekte	Die Polymerrückseite fördert die Wärmeableitung, was zu kühleren Umgebungstemperaturen führt.	Arbeiten Sie bei einer höheren Temperatur aufgrund der Vergrößerung und des Treibhauseffekts von Glas, was die Effizienz beeinträchtigt, wenn sie nahe an der Dachoberfläche installiert wird und in der Lage ist, Schutt darunter zu erwärmen.

- Die Risiken von Hagelschäden sollten bei der Bewertung des Risikos von Materialschäden berücksichtigt werden.
 - ✓ Gebiete mit einem größeren Hagelexposition sollten die Hagelresistenz bei der Komponentenauswahl berücksichtigen .
- Stellen Sie sicher, dass das System über geeignete Blitzschutz-/Erdungssysteme verfügt. Das gesamte PV-Array sollte gemäß **IEC 62305 Serie (Schutz vor Blitzeinschlag)** und **IEC 62548: Photovoltaik-Arrays - Designanforderungen** geerdet werden. Das Erdungssystem des Arrays sollte in das Blitzschutzsystem des Gebäudes integriert werden, um zu verhindern, dass sich dort divergierende elektrische Potentiale ansammeln.

Die folgenden Punkte sollten in Betracht gezogen werden:

- Wenn bifaziale Module bündig an einer Dachkonstruktion montiert werden oder aber mit Windleitblechen angehoben werden, ist im Vergleich zu monofazialen Modulen kein Anstieg der Erzeugung zu erwarten. Die erhöhte Energieausbeute ist in der Regel nur mit 1 bis 2 Metern Abstand zum Boden erreichbar.
- Bei Hagelexponierten Regionen zeigt die Baseline-Prüfung nach IEC 61215 keine effektive Hagelresistenz. Der Grund dafür ist, dass die Tests einen Binärtest für 25 mm Eiskugeln bei 23 m/s anwenden, während die meisten Schäden bei Durchmessern über 25 mm auftreten, bei denen die Endgeschwindigkeit über 23 m/s liegt, was zu einer viel größeren kinetischen Aufprallenergie führt. Hail Resiliency Curve (HRC) Tests oder Hail Stress Sequence (HSS) Tests testet Module auf Fehler und liefert ein viel besseres Bild der Hagel-Ausfallsicherheit für ihre spezifischen Anwendungen.
- Aviva betrachtet bifaziale Module nicht als überlegen gegenüber monofazialen Modulen für Dachsysteme und umgekehrt. Die reduzierte Brennbarkeit bifazialer Module allein lässt nicht auf ein geringeres inhärentes Risiko schließen; sie weisen jeweils Stärken und Schwächen auf, die in der Entwurfsphase für jedes spezifische System und den Dachtyp, auf dem sie installiert werden, berücksichtigt werden müssen.

Leistungselektronik auf Modulebene (MLPE). MLPEs umfassen zwei Arten von Geräten:

- DC-Optimierer; und
- Mikrowechselrichter.

Sie sind an ein einzelnes oder ein Paar Module angeschlossen und bieten eine granulare Überwachung, Strom- und Stromregelung sowie Isolationsfunktionen, die mit Stringwechselrichtern nicht möglich wären. Im Gegensatz zu herkömmlichen String-Inverter-Systemen, bei denen Schattierungen oder Fehler auf einem Modul die Leistung des gesamten Strings reduzieren, ermöglichen MLPEs jedem Modul, unabhängig von seinem optimalen Leistungsniveau zu arbeiten.

Micro-Wechselrichter bieten den zusätzlichen Vorteil der DC/AC-Inversion auf Modulebene, wodurch häufig ein String-Wechselrichter überflüssig wird.

Während der Wartung, eines Modulfehlers oder eines Zündereignisses können MLPE die Systemspannung in den betroffenen Bereichen sofort reduzieren, um das Brandrisiko zu verringern und gleichzeitig das Verletzungsrisiko für Instandhaltungspersonal und Notfallteams zu minimieren. MLPEs bieten auch eine Echtzeitüberwachung auf individueller Modulebene, wodurch Fehler identifiziert und die Module isoliert werden können, bevor sie zu einem Notfallereignis eskaliert werden. Dies erleichtert auch die Fehlersuche während der Wartung erheblich.

Hinweis: Aviva empfiehlt die Verwendung von MLPE aufgrund der oben beschriebenen Vorteile. Alle Vorschläge für Solaranlagen sollten MLPE als Teil des Entwurfs enthalten.

Brennbare Dächer und Gebäude Solar-PV-Anlagen sollten nicht direkt auf brennbaren Dachsystemen installiert werden und müssen mindestens 5 Meter von allen benachbarten brennbaren Dachsystemen entfernt sein. Ein Brand, der in der PV-Anlage ausbricht, könnte die brennbaren Elemente in einem solchen Dachsystem entzünden und sich möglicherweise im gesamten Gebäude ausbreiten und zu einem Großschaden oder Sachschaden führen.

Die Brennbarkeit von Dachsystemen ist nicht immer leicht zu ermitteln, da einige Dachmodule oder -Systeme verdeckte Dämmung, Holz- und Kunststoffelemente usw. enthalten, was die Brandentwicklung und -Ausbreitung im Brandfall begünstigen könnte.

- Alle in Dachsystemen verwendeten Materialien sollten im Rahmen der Planungs- und Auslegungsphase identifiziert und auf ihre Eignung hin bewertet werden. Wo sie identifiziert wurden, sollten brennbare Dachmaterialien entfernt und durch nichtbrennbare Elemente ersetzt werden.
- Durch die externe Ummantelung vorhandener brennbarer Dachmaterialien kann das Entzündungspotenzial verringert werden. Es sollte jedoch ein gezielter Inspektions- und Instandhaltungsstandard eingeführt werden, um sicherzustellen, dass die Integrität der Verkleidung nicht durch Veränderungen, Stöße oder andere Schäden, durch die Materialien durchdringende Befestigungselemente usw. beeinträchtigt wird

Jede Entscheidung, auf dem Dach montierte Solarstromanlagen an Gebäuden zu installieren, die überwiegend brennbar sind, wie z. B. Holz, Verbundholz, Verbundholz usw., oder die von außen beschichtet und/oder mit brennbaren Komponenten isoliert sind, sollte auf einer Risikobewertung beruhen, bei der das Potenzial von Brandschäden, Betriebsunterbrechungen und Umweltauswirkungen berücksichtigt wird.

Solar-PV-Module, die auf einem begrünten oder lebenden Dach installiert werden, das als brennbare Dachfläche eingestuft wird, können sich schneller verschlechtern. Daher **muss** die Zugangsinfrastruktur zur Erleichterung der Wartung in die Konstruktionsspezifikation aufgenommen werden.

Wichtig: Besprechen Sie Pläne zur Installation von PV-Solarsystemen auf brennbaren Dachdächern mit Ihrem Sachversicherer, Makler oder zuständigen Behörde.

DC-Isolatoren. DC-Isolatoren sind Sicherheitsvorrichtungen zur Trennung der DC-Seite des Systems.

- DC-Trennschalter sollten für die Notfallteams und die Feuerwehr leicht zugänglich sein und einen sicheren und sofortigen Zugang im Notfall ermöglichen. Stellen Sie sicher, dass solche Schalter an einem zugänglichen Ort im Erdgeschoss und nicht in einem Bereich installiert sind, in dem Fahrzeug- oder Arbeitnehmerbewegungen zu Aufprallschäden führen könnten.
- Defekte DC-Isolatoren können sich überhitzen und entzünden. Es sollte sichergestellt werden, dass alle Isolatoren auf nichtbrennbaren Oberflächen installiert werden, um die Gefahr einer Brandausbreitung zu verringern.

String-Wechselrichter. Wechselrichter wandeln den von Modulen erzeugten Gleichstrom in Wechselstrom (AC) um und sind in allen PV-Solaranlagen vorhanden, mit Ausnahme einiger Systeme, die Mikroinverter auf einzelnen Modulen verwenden. Eine Installation kann je nach Systemgröße und Positionierung zahlreiche Wechselrichter aufweisen.

- Der Standort der Wechselrichteranlagen sollte sorgfältig geprüft werden. Wechselrichter sollten immer an einem leicht zugänglichen Ort auf einer nichtbrennbaren Oberfläche installiert werden, an dem sie keinen Stößen oder versehentlichen Schäden durch Fahrzeuge oder Arbeitnehmer ausgesetzt sind.
- Extern montierte Wechselrichter sollten zum Schutz vor Staub und Feuchtigkeit risikogerecht gegen eindringende Medien geschützt sein.
 - ✓ Eine Beschattung als Grundsatz vor direkter Sonneneinstrahlung und Regen in Form eines nicht brennbaren Vordachs wird empfohlen, oder
- Wenn die Wechselrichter innen angeordnet sind, sollten sie in einem speziellen Brandabschnitt installiert werden, der eine definierte Brandwiderstandsdauer (Isolierung, Integrität und Tragfähigkeit) gewährleistet.
 - ✓ Es wird eine Feuerwiderstandsdauer von mindestens 90 Minuten empfohlen.

Weitere Informationen finden Sie in der Aviva Standard **Brandabtrennung**.

Zusätzlich:

- Wechselrichter sind typischerweise luftgekühlt und benötigen für Belüftungszwecke ausreichend Platz und Luftbewegung. Stellen Sie sicher, dass das vom Hersteller für die Konvektionskühlung angegebene Mindestluftvolumen in der Fachkonstruktion eingehalten wird.
- Der Zugang zu den Wechselrichtern sollte ohne mobile Ausrüstung, Leitern oder andere Arbeiten in der Höhe und persönliche Schutzausrüstung, z. B. Sicherheitsgurte, Auffangvorrichtungen usw., möglich sein
- Wenn mehrere Wechselrichter installiert sind, sollten diese seitlich statt vertikal angeordnet werden, wenn der Abstand dies zulässt. Die vom Hersteller angegebenen Mindestabstände müssen ebenfalls eingehalten werden.
- In dem Fach, in dem sich die Wechselrichter befinden, sollten stets automatische Brandmelder installiert werden, die mit geeigneten Sicherheitsverriegelungen für die automatische Brandmeldeanlage des Standorts verbunden sind.
- Stellen Sie sicher, dass geeignete Boden- und Wandmarkierungen und Beschilderungen angebracht werden, um die Ausrüstung und die erforderlichen Abstände zu identifizieren, damit keine Materialien in der Nähe gelagert werden.
- Systemschemata und Anweisungen zum Herunterfahren müssen deutlich dargestellt sein.

Kabel. Alle Kabel, die mit der PV-Anlage verbunden sind, müssen vor UV-Strahlung, Regen oder Wasseransammlungen geschützt werden. Sie sollten auch vor Verschleiß und Stößen geschützt und an der Infrastruktur gesichert werden.

- Sicherstellen, dass die Kabel in Kabelkanälen oder Kabeltrassen installiert und angemessen an der Gebäudestruktur befestigt sind. Die Schilder für Gleichstrom und Stromschlaggefahr sollten deutlich sichtbar angebracht werden.
 - ✓ Alle in das Gebäude führenden Stromkabel sollten durch eine nichtbrennbare Hülse in der gesamten Wand-/Dachdicke eingeführt werden und ein Feuer mit einem Material mit einer Brandwiderstandsdauer (Isolierung und Integrität), das der vorhandenen Wand entspricht, risikogerecht gestoppt werden kann.

Anmerkung: Aviva betrachtet die Verwendung von expandierbaren Materialien des Typs „rosa Schaum“ von Aerosolen nicht als annehmbares Brandschutzmaterial. Weitere Informationen finden Sie in der Aviva Standard **Brandabtrennung**.

- Vermeiden Sie das Verlegen oder Verlegen von Kabeln über scharfe Kanten oder um scharfe Winkel. Die Kabel sollten gemäß den Herstelleranweisungen hinsichtlich der Mindestbiegeradien verlegt werden.

- Alle Kabel müssen deutlich gekennzeichnet sein, um zu erkennen, mit welchen Arrays/Strängen sie verbunden sind, entweder am Wechselrichter oder am Modulende gemäß den einschlägigen nationalen Verdrahtungsvorschriften.
- Lichtbogenkästen um DC-Steckverbinder sind ein positives Risikomerkmak und sollten in Betracht gezogen werden, insbesondere wenn Bedenken hinsichtlich der Brennbarkeit des Dachs bestehen.

Komponentenstandards. Feuchtigkeit und Wassereintritt können elektrische Fehler verursachen, die Komponenten beschädigen und/oder zu Bränden führen können.

- Alle Module und Diodenanschlusskästen sollten idealerweise der Schutzart IP 68 entsprechen.
- Qualität und Zuverlässigkeit des PV-Moduls können je nach Hersteller und Designstandard, dem die Module entsprechen, variieren. Es ist wichtig, sicherzustellen, dass die hergestellten Module und die Installation nach einer anerkannten Norm zertifiziert sind, z. B. mindestens IEC 61215 und IEC 61730.
 - ✓ Idealerweise mit einer Mindesteinstufung von Schutzklasse II, Brandeinstufung C (wobei A die höchste ist).

Zu den einschlägigen Standards der International Electrotechnical Commission gehören:

- **IEC 61215-1-1: Terrestrische Photovoltaik-Module (PV) - Designqualifikation und Typgenehmigung - Teil 1-1: Besondere Anforderungen für die Prüfung von Photovoltaik-Modulen aus kristallinem Silizium**
- **IEC 61730-1: Sicherheitsqualifikation für Photovoltaik-(PV-)Module - Teil 1: Anforderungen an die Konstruktion**
- **IEC 61730-2: Sicherheitsqualifikation für Photovoltaik-(PV-)Module - Teil 2: Anforderungen an die Prüfung**

Systemüberwachung. Die laufende Leistung der Solar-PV-Anlage, einschließlich etwaiger Fehlerzustände, wird kontinuierlich mit den Wechselrichtern oder, sofern vorhanden, der Module Level Power Electronics (MLPE) verfolgt.

Die vom SCADA-System (Supervisory Control and Data Acquisition) der PV-Anlage erzeugten Daten sollten so ausgelegt sein, dass sie in bestehende Gebäudemanagementsysteme integriert werden können, um die Überwachungs- und Reaktionsmöglichkeiten zu optimieren.

Die Überwachung sollte so konzipiert und konfiguriert sein, dass das Array oder Teile des Arrays bei erkannten Fehlern sicher heruntergefahren oder isoliert werden.

Array-Brandmeldeanlage. Es können Detektionsgeräte zur Erkennung von Bränden bereitgestellt werden, die das Array betreffen, in der Regel, wenn das System nicht von MLPE profitiert. Beispiele sind unter anderem:

- Adressierbare lineare Wärmemeldung für die Module.
- Integrierte Infrarot- (IR) und/oder Videoüberwachungssysteme (VSS). Einige Kameras mit Video-Content-Analyse (VCA) verfügen über spezielle Filter, um Entzündungs- und Rauchpunkte zu identifizieren und zu kennzeichnen.

Hinweis: Die Installation von Dachmeldeanlagen sollte im Rahmen einer Risikobewertung und unter Beachtung der Anweisungen des Konstrukteurs und/oder Installateurs in Betracht gezogen werden. Alle Pläne zur Installation von Brandmeldeanlagen sollten mit Ihrem Versicherer, Makler und allen zuständigen Behörden besprochen werden.

Batteriespeichersysteme (BESS). BESS wird häufig als Teil der PV-Anlage installiert, um erzeugte oder überschüssige Energie zu erfassen und zu speichern.

Obwohl proprietäre BESS, die in Übereinstimmung mit den Herstellerrichtlinien und nationalen oder lokalen Vorschriften, Normen oder Codes installiert und gewartet werden, im Allgemeinen sicher und zuverlässig in der Anwendung sind, müssen die Risiken, zu denen Feuer und Explosionen gehören, sorgfältig geprüft und beherrscht werden.

- Es sollte sichergestellt werden, dass die BESS-Einhausungen mindestens 10 Meter von Gebäuden und anderen wertvollen Vermögenswerten entfernt sind.
 - ✓ Batterief Feuer können flüchtige und anhaltende Flammen erzeugen und können nicht mit herkömmlichen Mitteln unterdrückt werden. Eine risikogerechte Brandabtrennung kann dazu beitragen, die Ausbreitung von Feuer und Rauch auf andere Strukturen oder Anlagen zu verhindern.
- Wärme-, Rauch- und Gasmelder sollten mit der Brandmeldeanlage verriegelt werden, um einen sofortigen Brandalarm zu gewährleisten.

Hinweis: Lithium-Ionen-BESS, bei dem Chemikalien wie Lithium-Nickel-Mangan-Kobaltoxid (Li-NMC), Lithium-Nickel-Kobalt-Aluminiumoxid (Li-NCA) oder Lithium-Ionen-Phosphat (LFP) verwendet werden, wird für die Installation in Gebäuden nicht empfohlen. Wenden Sie sich bei BESS an Ihren Versicherer, Makler oder zuständige Behörde, die andere Chemikalien als die zuvor aufgeführten verwendet.

Weitere Informationen finden Sie unter Aviva Richtlinien zur Schadenverhütung **kleinerer Batterieenergiespeichersysteme** und **Planung eines Batterieenergiespeichersystems - 12 Top-Tipps**

Feuerwehr. Feuerwehren sind oft in der Lage, Betriebsgelände zu inspizieren, um Brandrisiken zu bewerten, Maßnahmen zur Brandbekämpfung zu ergreifen und Ratschläge zu geben. Dementsprechend sollten Sie die örtliche Feuerwehr bitten, den Standort zu inspizieren und Pläne für die Bewertung der Brandrisiken, die Ermittlung der Wasserversorgung, der ein- und Ausstiegswege usw. zu planen

Bei der Installation eines Brandbekämpfungs-Trennschalters ist die örtliche Feuerwehr zu Rate zu ziehen, welche Empfehlungen für den Standort und die Standortbeschilderung empfohlen werden.

Es ist auch eine gute Risikomanagementpraxis zu wissen, welche Wasserversorgung für den Feuerwehr- und Rettungsdienst zur Verfügung steht. Daher sollte die Standortleitung stets Folgendes festlegen:

- Welche Löschwasserversorgung steht zur Verfügung.
- Die Ergebnisse der statischen Druckflüsse und der Fließdruckprüfung.
- Ob zusätzliche Ressourcen wie ein privates Hydrantensystem oder Wasserspeicher erforderlich sind.

Weitere Informationen hierzu finden Sie in der **Notfallplanung mit Feuerwehr- und Rettungsdiensten** und **Manuelle Löschwasserversorgung** des Aviva Loss Prevention Standard.

Selbstinspektion und Wartung. Solar-PV-Anlagen erfordern eine kontinuierliche Inspektion und Wartung, um sicherzustellen, dass sie weiterhin sicher und effizient funktionieren. Alle Komponenten des Systems sollten daher während ihrer gesamten Lebensdauer uneingeschränkt zugänglich bleiben.

Die Zugangsanforderungen sollten während der Auslegungsphase berücksichtigt werden, wobei ein permanenter sicherer Zugang zu allen Dachanlagen und der dazugehörigen Infrastruktur gewährleistet ist. Dadurch wird vermieden, dass in Zukunft kostspielige, störende und oft unbequeme vorübergehende Zugangsregelungen erforderlich sind.

Ausführliche Informationen zur internen Inspektion und Wartung von **Solar-PV-Anlagen** finden Sie in der Aviva-Dokumentation zur Schadenminimierung (Standard) **auf dem Dach montierte Solar-Photovoltaik-Systeme - laufende Pflege**. Eine Checkliste für interne Inspektionen ist in der Aviva Loss Prevention Standard **Roof Mounted Solar Photovoltaik Systems - Self-Inspection Checkliste** enthalten .

Wichtig: bei Neuinstallationen **müssen** die Installateure Einzelheiten zu den laufenden Wartungs- und Wartungs-Services bereitstellen, die mit den Leitlinien der Aviva Loss Prevention Standard **Solar Photovoltaik Systems - Continuous Care in** Zusammenhang stehen.

Kontaktinformationen

Vereinigtes Königreich

Please Besuchen Sie [Aviva Risk Management Solutions](#) oder senden Sie uns eine E-Mail an riskadvice@aviva.com. Um mit einem unserer Berater zu sprechen, rufen Sie 0345 366 6666.* an

*Die Kosten für Anrufe an Nummern mit Vorwahl 03 werden zu den nationalen Anruftarifen berechnet (die Gebühren können je nach Netzbetreiber variieren) und sind in der Regel in Minutenplänen enthalten, die von Festnetz- und Handynummern aus gebucht werden. Für unseren gemeinsamen Schutz können Anrufe aufgezeichnet und/oder überwacht werden.

Kanada

Please Besuchen Sie [Aviva Risk Management Solutions | Aviva Canada](#) oder senden Sie uns eine E-Mail unter arms.canada@aviva.com

Irland

Besuchen Sie [Insurance Risk Management | Business Risk Management Insurance - Aviva Ireland](#) oder senden Sie uns eine E-Mail unter armsireland@aviva.com

Aviva hat ein Netzwerk spezialisierter Partner geschaffen, um unsere internen Fähigkeiten zu ergänzen und unseren Versicherungsnehmern die Möglichkeit zu geben, von einer breiten Palette an Risikomanagementlösungen zu Vorzugszinssätzen und -Bedingungen zu profitieren. Gemeinsam bieten wir Lösungen für die großen Herausforderungen des modernen Risikomanagements.

Hinweis: Diese Partnerbeziehungen kommen ausschließlich unseren Versicherungsnehmern zugute, die Aviva kein Einkommen haben.

Die folgenden Specialist Partner bieten Produkte oder Dienstleistungen in Bezug auf die in diesem Schadenverhütungsstandard bereitgestellten, besprochenen oder referenzierten Risikorichtlinien an.

Vereinigtes Königreich

- Wartung und Wartung von Solar-PV-Anlagen – [Solarsense](#)
- Direkte Niederdruckunterdrückungssysteme – [Secom](#)
- Solar-PV-Reinigung – [Rentokil](#)

Weitere Informationen finden Sie unter [Aviva Risk Management Solutions – Specialist Partners](#)

Irland

Weitere Informationen finden Sie unter: [Insurance Risk Management | Business Risk Management Insurance – Aviva Ireland](#)

Kanada

Weitere Informationen finden Sie unter: [Unser Specialist Partner Network | Aviva Canada](#)

Kanada

- CSA-Normen für Photovoltaikanlagen und elektrische Anlagen. [CSA-Katalog - Standards and Learning Store - CSA Group](#)
- Canadian Electrical Code (CEC), Teil I.
- Richtlinien zur Wartung von PV von CanREA (Canadian Renewable Energy Association) und Provincial Utilities [Canadian Renewable Energy Association](#)

Irland

- [Safe Electric National Rules for Electrical Installations \(I.S. 10101\).](#)
- Anforderungen an ESB-Netzwerke und EirGrid-Verbindungen.
- [SEAI-Solar Photovoltaik \(PV\) Handbuch der Einwilligungsverfahren](#)

Vereinigtes Königreich

- [Industrie-Best-Practice-Handbuch : Richtlinien für den Betrieb und die Wartung von Photovoltaikanlagen auf dem Dach](#)
- [RC62 - Empfehlungen für den Brandschutz bei PV-Panelinstallationen](#)
- Im Vereinigten Königreich werden elektrische Anforderungen in **BS 7671** behandelt: **2018 Requirements for Electrical Installations IET Verkabelungsvorschriften (18. Ausgabe)**
- **Genehmigtes Dokument A** der Bauordnung, **BS EN 1991 (Eurocode 1. Aktionen auf Bauwerke - Allgemeine Aktionen - Dichte, Eigengewicht, auferlegte Lasten für Gebäude)** bietet Orientierungshilfen für Gewichtsbelastungen.
- Die Netzkonnektivität wird in den **ENA-technischen Empfehlungen G98 oder G99** behandelt, die in Zusammenarbeit mit dem zuständigen Verteilernetzbetreiber (DNO) ergänzt werden sollten, um sicherzustellen, dass das System sicher an das nationale Netz angeschlossen ist, und falls eine Leistungskürzung erforderlich ist.

Sonstiges

- [RETC-Modulberichte](#)
- [IEC 61215-1-1: Terrestrische Photovoltaik-Module \(PV\) - Designqualifikation und Typgenehmigung - Teil 1-1: Besondere Anforderungen für die Prüfung von Photovoltaik-Modulen aus kristallinem Silizium](#)
- [IEC 61730-1: Sicherheitsqualifikation für Photovoltaik-\(PV-\)Module - Teil 1: Anforderungen an die Konstruktion](#)
- [IEC 61730-2: Sicherheitsqualifikation für Photovoltaik-\(PV-\)Module - Teil 2: Anforderungen an die Prüfung](#)

Schadenverhütungsstandards

Diese Dokumente enthalten Empfehlungen zu bewährten Verfahren, die dazu beitragen sollen, die Wahrscheinlichkeit und die Auswirkungen von Schäden zu verringern.

Zu den relevanten Aviva Loss Prevention Standards gehören:

- **Auf Dem Dach Montierte Solar-Photovoltaik-Systeme - Installation**
- **Auf Dem Dach Montierte Solar-Photovoltaik-Systeme - Kontinuierliche Pflege**
- **Auf Dem Dach Montierte Solar-Photovoltaikanlagen - Stilllegung**
- **12 Spitzen für Dachmontierte Solar-Photovoltaik-Systeme**
- **Auf Dem Dach Montierte Solar-Photovoltaik-Systeme - Checkliste Für Selbstinspektionen**
- **Bewertung Des Risikos Von Materialschäden**
- **Business Continuity - Schritt 4: Analyse der Auswirkungen auf das Unternehmen und Risikobewertung**
- **Heißarbeiten**
- **Notfallteams**
- **Brandschutzabteilungen**
- **Business Continuity - Sieben Schritte zur Kontinuität**
- **Kleine Batteriespeichersysteme**
- **Planung eines Batteriespeichersystems - 12 Top-Tipps**
- **Notfallplanung mit Feuerwehr- und Rettungsdiensten**
- **Manuelle Löschwasserversorgung, Änderungsmanagement - Sachanlage**
- **Verwaltung Von Auftragnehmern**

Besuchen Sie die [Richtlinien zur Schadenverhütung](#), um die vollständige Bibliothek anzuzeigen.

Aviva Risks Training Solutions (Nur Großbritannien)

Aviva Risk Training Solutions, die über unseren Specialist Partner SafetyCulture bereitgestellt werden, bieten kostenlose Lernmodule im kleinen Format exklusiv für Aviva Versicherungsnehmer.

Weitere Informationen finden Sie unter [Aviva Risk Training Solutions](#).

Please note the original of this document and any other Aviva document was written in English but has been translated using a third party service, no warranty is given as to the accuracy of the translation. Aviva has no liability to you or any third parties as a result of us providing a discretionary translated copy of any document. The English language version of any report, disclaimer, communication or policy issued by Aviva shall prevail in the event of any dispute. All other documents or notices provided under or in connection with this report to either us or you, shall be in English.

Bitte beachten Sie, dass das Original dieses Dokuments und aller anderen Aviva-Dokumente in englischer Sprache verfasst wurde, jedoch mit einem Drittanbieter-Service übersetzt wurde. Für die Richtigkeit der Übersetzung wird keine Garantie übernommen. Aviva übernimmt keine Haftung Ihnen oder Dritten gegenüber, da wir Ihnen eine nach Ermessen übersetzte Kopie eines Dokuments zur Verfügung stellen. Die englischsprachige Version aller Berichte, Haftungsausschlüsse, Mitteilungen oder Richtlinien von Aviva hat im Falle von Streitigkeiten Vorrang. Alle anderen Dokumente oder Hinweise, die uns oder Ihnen im Rahmen oder in Verbindung mit diesem Bericht zur Verfügung gestellt werden, müssen in englischer Sprache vorliegen.

Bitte Beachten Sie

Dieses Dokument enthält nur allgemeine Informationen und Leitlinien und kann ohne weitere Ankündigung ersetzt und/oder geändert werden. Im weiteren Sinne stellen alle Links zu Websites Dritter kein Marketing durch Aviva dar und dienen ausschließlich zu Informations- und Bildungszwecken des Lesers. Aviva übernimmt keinerlei Haftung gegenüber Dritten, die sich aus der Kommunikation VON ARMS ergeben (einschließlich Verlustverhütungsstandards), und darf sich auch nicht auf diese verlassen. Abgesehen von der Haftung, die nicht gesetzlich ausgeschlossen werden kann, haftet Aviva gegenüber keiner Person für indirekte, besondere, Folgeschäden oder sonstige Schäden jeglicher Art, die aus dem Zugriff auf oder der Verwendung oder dem Vertrauen auf etwas entstehen, das in WAFFENMITTEILUNGEN enthalten ist. Das Dokument deckt möglicherweise nicht alle Risiken, Gefährdungen oder Gefahren ab, die auftreten können, und Aviva empfiehlt Ihnen, spezifische Ratschläge einzuholen, die für die jeweiligen Umstände relevant sind.

30 Juli 2026

Version 1,0

ARMSGI4492026

Aviva Insurance Limited, registriert in Schottland unter der Nummer SC002116. Eingetragener Sitz: Pitheavlis, Perth PH2 0NH. Von der Aufsichtsbehörde zugelassen und von der Finanzaufsichtsbehörde und der Aufsichtsbehörde reguliert.