

HDI-Gerling Sicherheitstechnik

Sicherheitstechnische Fachinformation Risk Engineering Guideline

Photovoltaikanlagen ... Photovoltaic systems ...

... gewinnen im zunehmenden Maße sowohl
im gewerblichen als auch im privaten Bereich
an Bedeutung

... are increasing in importance both in the commercial
and in the private field



Die meisten Schäden an PV-Anlagen wären durch richtige Planung und Montage vermeidbar

Most damages of photovoltaic systems could be prevented by appropriate planning and assembly

Photovoltaikanlagen sind über eine Betriebsdauer von mehr als 25 Jahren unterschiedlichen Gefahren ausgesetzt

Photovoltaic systems are exposed to varying degrees of risk during an operating period of 25 years



1. Allgemeines

Photovoltaikanlagen (PV-Anlagen) gewinnen im zunehmenden Maße sowohl im gewerblichen als auch im privaten Bereich an Bedeutung. Die Installation erfolgt üblicherweise auf Dächern von Wohn- und öffentlichen Gebäuden, Gewerbe- und Industriebauten oder landwirtschaftlichen Gebäuden aber auch auf Freiflächen.

Das physikalische Prinzip des photovoltaischen Effekts wurde 1839 durch den französischen Physiker Alexandre Edmond Becquerel entdeckt und 1905 durch Albert Einstein wissenschaftlich erklärt. Die direkte Nutzung der von der Sonne abgestrahlten Energie mittels photovoltaischer Anlagen stellt eine Ergänzung zur heute vorherrschenden konventionellen Stromerzeugung in Kraftwerken dar.

PV-Module gibt es in unterschiedlichen Ausführungen. Neben den weit verbreiteten PV-Modulen mit Rahmen, gibt es auch rahmenlose Module, Module auf flexiblen Folien oder in Form von Dachziegeln (Abb. 1).

1. General

Photovoltaic systems (PV systems) are increasing in importance both in the commercial and in the private field. These systems are usually installed on roofs of residential and public buildings, on commercial, industrial or agricultural buildings and also on unoccupied spaces.

The principle of the photovoltaic effect was discovered in 1839 by the French physicist Alexandre Edmond Becquerel and scientifically explained by Albert Einstein in 1905. The direct conversion of energy radiated by the sun in photovoltaic systems supplements conventional power generation in power stations which prevails today.

There are different versions of PV modules. As well as the familiar framed PV modules - frameless modules, modules on flexible films or modules shaped like roof tiles are now also available (Fig. 1). Modules made of thick-film cells (mono- or polycrystalline silicon) are the best known type. However, enormous



Abb.1: PV-Module auf einem Wohngebäude Figure 1: PV modules on a residential building

Am bekanntesten sind Module aus Dickschichtzellen (mono- oder polykristallines Silizium). Große Entwicklungschancen werden aber auch Modulen aus Dünnschichtzellen aus Cadmiumtellurid (CdTe) oder Kupfer-Indium-Diselenid (CIS) zugeschrieben.

Eine PV-Anlage besteht im Wesentlichen aus PV-Modulen (diese werden aus einzelnen PV-Zellen zusammengefügt), Wechselrichter, Schaltstellen, Sicherheitseinrichtungen (Sicherungen, Blitz- und Überspannungsableiter), Messeinrichtungen sowie Kabelverbindungen für den Gleichstromkreis und den Wechselstromkreis (Abb. 2).

Zur Erzeugung größerer Leistungen werden mehrere PV-Module zu PV-Generatoren zusammengeschaltet. Die

potential is also attributed to modules comprising thin-film cells made of cadmium telluride (CdTe) or copper indium diselenide (CIS).

A PV system essentially comprises PV modules (these being made from single PV cells), power inverter, switching points, safety equipment (fuses, lightning and surge arresters), measuring units as well as DC and AC circuit cables (Fig. 2).

Several PV modules can be combined into PV generators in order to generate larger amounts of power. The output of PV generators is measured in kilowatt peak (kWp). The unit kWp is the maximum possible output of a PV generator under standard test conditions (DIN EN 60904 and /

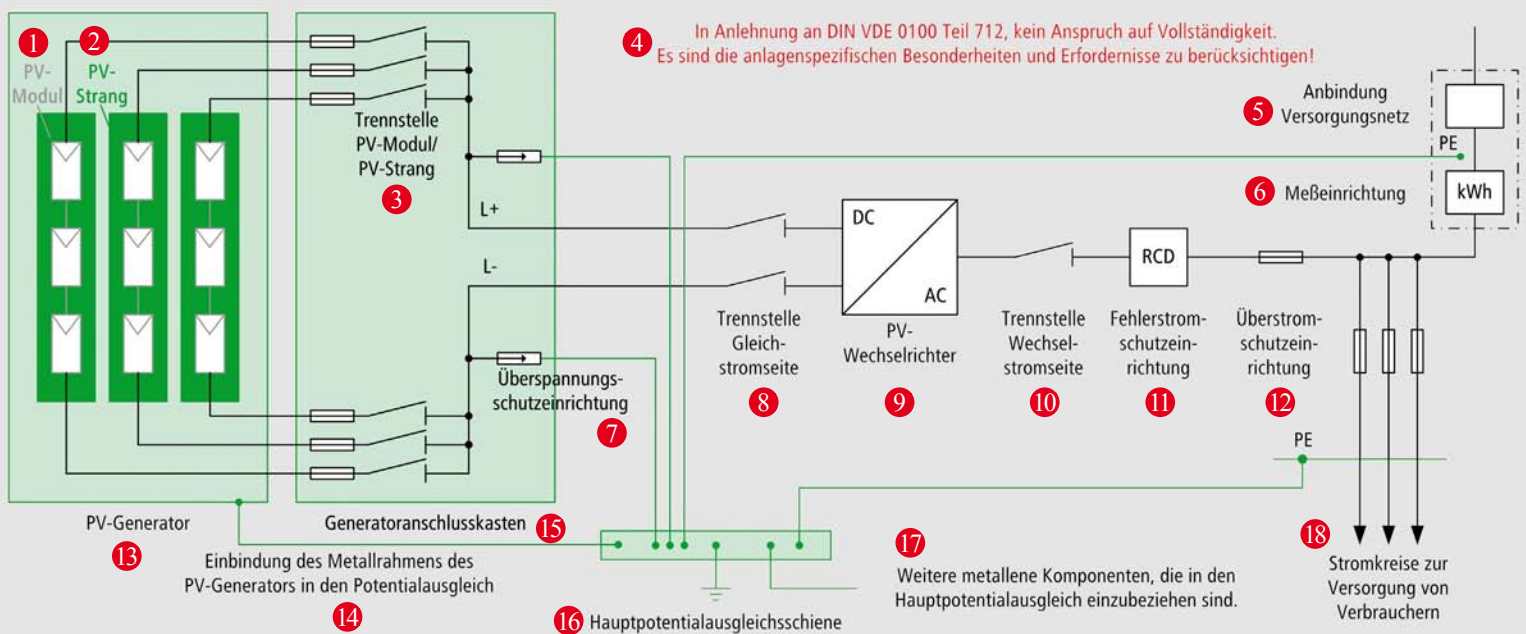


Abb. 2: Prinzipieller Aufbau einer PV Anlage Figure 2: Basic structure of a PV system

- 1 PV module 2 PV strand 3 PV modules / PV strand isolating point
- 4 Following DIN VDE 0100 part 712, does not claim to be complete. The system-specific characteristics and requirements must be taken into account
- 5 Connection with supply network 6 Measuring device 7 Overvoltage protector 8 DC side isolating point 9 PV power inverter 10 AC side isolating point 11 Residual-current-operated protective device 12 Overcurrent protective device 13 PV generator 14 Integration of PV generator metal frame into equipotential bonding 15 Generator terminal box 16 Main equipotential bonding busbar 17 Further metal components to be integrated into main equipotential bonding 18 Consumer supply circuits





Leistung von PV-Generatoren wird in Kilowatt peak (kWp) gemessen. Die Einheit kWp ist die maximal mögliche Leistung eines PV-Generators unter Standard-Test-Bedingungen (DIN EN 60904 bzw. IEC 60904). Hierbei wird eine optimale Sonneneinstrahlung von 1000 Watt pro Quadratmeter angenommen.

Je nach Ausrichtung der PV-Anlage ergibt sich eine unterschiedliche Einstrahlung. Das Optimum liegt in Mitteleuropa (Deutschland) bei Südausrichtung und 30 % Neigung. Bei einer durchschnittlichen Sonneneinstrahlung werden in Mitteleuropa mit einem 1 kWp-Generator pro Jahr ca. 900 kWh produziert.

Hinsichtlich der Konstruktion wird zwischen fest installierten PV-Generatoren und Tracker-Systemen unterschieden. Als Tracker-System bezeichnet man Generatorflächen, welche dem Sonnenstand über elektromotorische Antriebe nachgeführt werden. Bei zweiachsigen Trackersystemen ist ein Mehrertrag von bis zu 30% gegenüber fest installierten Systemen zu erzielen.

Es wird grundsätzlich zwischen Inselanlagen (netzunabhängige PV-Anlagen) und netzgekoppelten PV-Anlagen unterschieden. Erste haben zum Zwischenspeichern der elektrischen Energie zusätzlich Akkumulatoren und spielen insgesamt eine untergeordnete Rolle (Beispiele für Inselanlagen: Parkuhren, Berghütten, Notrufsäulen etc.).

Die Leistungsgrenze zwischen PV-Kleinanlagen und PV-Großanlagen liegt bei 100 kWp. Anlagen von bis zu 10 kWp sind überwiegend auf Hausdächern mit privater Nutzung installiert. Auf Dächern und an Fassaden von gewerblich genutzten Gebäuden (z.B. Hallen, Baumärkte etc.) sind üblicherweise Anlagen mit einer Leistung von 10 bis 100 kWp platziert. PV-Großanlagen verfügen über eine Leistung ab 100 kWp bis zu mehreren Megawatt peak. Sie befinden sich überwiegend auf Freiflächen und industriell genutzten Gebäuden.

Da durch die PV-Module bei Lichteinfall grundsätzlich eine Stromerzeugung erfolgt, sind Trennstellen am PV-Wechselrichter (Gleichstrom- und Wechselstromseite) erforderlich. Zusätzliche Trennstellen an den PV-Modulen bzw. PV-Strängen (Abb. 2) ermöglichen bei Gefahr oder Brandereignissen eine sichere Abschaltung der PV-Anlage.

or IEC 60904). In this context, optimum insolation of 1000 watt per square meter is assumed.

Depending on the orientation of the PV system, different insolation levels can be achieved. In Central Europe (Germany), the optimum is achieved when the system is oriented towards the South, with a 30 % inclination. Based on an average insolation, a 1 kWp generator set up in Central Europe produces around 900 kWh per year.

As regards design - a distinction can be made between fixed PV generators and tracking systems. Tracking systems are generators which track the sun by means of electric motors. Twin-axle tracking systems achieve up to 30 % more output than fixed systems.

A further distinction is also made between island systems (mains-independent PV systems) and PV systems connected with the mains network. The first category has additional batteries allowing storage of the electric energy and plays a relatively minor role (examples of island systems: parking meters, mountain huts, emergency telephones etc.).

The dividing line between small and large PV systems is at an output of 100 kWp. Systems with an output of up to 10 kWp are mostly installed on roofs of private houses.

Trennstellen an PV-Wechselrichtern und an den PV-Modulen / Strängen ermöglichen bei Gefahr eine sichere Abschaltung.

Isolating points on PV power inverters and on the PV modules / strands enable safe shutdown in case of danger.





An Gebäuden eignen sich schräge und flache Dächer sowie Fassaden für die Montage von PV-Generatoren. Die Nachrüstung auf bestehenden Dächern erfolgt mittels Montage auf Traggestellen, wobei die Dachhaut vollständig erhalten bleibt bzw. bleiben muss. PV-Module können auch als Bestandteil der Gebäudehülle installiert werden. Sie sind dabei der Ersatz für Dachpfannen und Fassadenelemente. Sie haben damit eine multifunktionale Aufgabe, die Energie erzeugt und Witterungsschutz bietet.

Bei PV-Anlagen auf Freiflächen werden die Module, ähnlich wie bei Flachdächern, auf Traggestellen meistens aus Metall oder (glasfaserverstärkten) Kunststoffen, in Ausnahmefällen auch Holz, schräg über dem Erdboden angebracht. Die Gestelle werden z.B. mit Betonschwellen oder mit Kies gefüllten Wannen beschwert und müssen in der Lage sein, die mechanischen Belastungen durch Schnee, Eis und Wind aufzunehmen.

2. Risikosituation

Photovoltaikanlagen werden auf eine Betriebsdauer von 25 Jahren oder mehr ausgelegt und gelten als besonders zuverlässig und robust.

Photovoltaikanlagen werden auf eine Betriebsdauer von 25 Jahren oder mehr ausgelegt und gelten als besonders zuverlässig und robust.
Photovoltaic systems are designed for a service life of 25 years or more and are considered to be particularly reliable and robust.

Roofs and façades of commercial buildings (e.g. halls, DIY superstores) usually accommodate systems with an output from 10 to 100 kWp. Large PV systems have an output of more than 100 kWp up to several megawatt peak. They are mostly set up on unoccupied areas and on industrial buildings.

As PV modules always generate electricity when light is present, isolating points are required on the PV power inverter (DC and AC side). Additional isolating points on the PV modules and PV strands (Fig. 2) enable safe shut-down of the PV system in case of danger or fire.

Sloping and flat roofs as well as façades of buildings are suited for installing PV generators. Retrofitting on existing roofs is by installation on base frames, with the roof covering remaining completely intact (which in fact is a must). PV modules can also be installed as part of the building shell. In this case, they substitute roof tiles and façade elements. Their task is therefore multifunctional, i.e. they generate electricity and also protect the building against the weather.

In a similar way as on flat roofs, PV systems set up on unoccupied spaces consist of modules installed on supporting structures that are mostly made of metal or (glass-fibre





Während der gesamten Betriebsdauer sind Photovoltaikanlagen unterschiedlichen Gefahren ausgesetzt. Typische Gefahren sind:

- Einwirkung von Elementarereignissen wie Sturm, Hagel, Blitz, Schneedruck, Frost sowie Feuer,
- Schäden / Ausfälle durch nicht fachgerechte Planung und Ausführung,
- Diebstahl bei abgelegenen oder uneinsehbaren Grundstücken und Liegenschaften,
- Vandalismus,
- Nagetierfraß an Kabel und Leitungen,
- Im Falle von Brandereignissen an PV-Anlagen selbst oder in Bauwerken auf denen PV-Anlagen installiert sind ergeben sich zusätzliche Gefahren. Im Einzelnen sind insbesondere Hilfe leistende Stellen unter Umständen folgenden Gefährdungen ausgesetzt:
 - » Elektrischer Schlag durch kontinuierlich bei Lichteinfall anstehende elektrische Spannung auf der Gleichstromseite,
 - » Toxische Gase / Atemgifte,
 - » Herab fallende Teile.

Als Folge dieser potentiellen Gefährdung besteht das Risiko eines verzögerten Löschangriffs bis hin zur Entscheidung eines „kontrollierten Abbrandes“ ohne dass ein gezielter Löschangriff vorgenommen wird.

Geschlossene PV-Generatorflächen sind mit dem Gebäude fest verbunden und im Brandfall zu dem nicht gefahrlos zu öffnen. Vor dem Hintergrund besteht ein zusätzlicher Schaden erhöhendes Potenzial infolge erschwelter Brandbekämpfungsmöglichkeiten im Dachbereich.

Als Folge der Nichtbeachtung baurechtlicher Anforderungen im Zuge der Installationsphase besteht im Brandfall ferner die Möglichkeit einer frühzeitigen brandabschnittsübergreifenden Brandausbreitung. Dies ist insbesondere der Fall, wenn Brandwände mit brennbaren Materialien (z.B. Kabelsträngen) überführt werden oder im Zuge von Kabeldurchführungen entstandene Brandwanddurchbrüche nicht fachgerecht verschlossen werden.

Fehlerhafte Planung und Montage führen häufig zu Schäden an den PV-Modulen, Systemkomponenten (z. B. PV-Wechselrichtern) und der Dachhaut von Gebäuden.
 Incorrect planning and installation often cause losses on PV modules, system components (e.g. PV power inverters) and the roof covering of buildings

reinforced) plastic or timber in exceptional cases, and inclined above the ground. The supporting structures are weighed down with concrete sleepers or gravel-filled flat containers and must withstand the mechanical loads caused by snow, ice and wind.

2. Risk situation

Photovoltaic systems are designed for a service life of 25 years or more and are considered to be particularly reliable and robust.

Photovoltaic systems are exposed to different hazards during their entire service life. Typical hazards include:

- Effects of natural events such as storm, hailstorm, lightning, snow pressure, frost and fire,
- Loss / failure by improper planning and execution,
- Theft from remote or hidden sites,
- Vandalism,
- Cables and lines damaged by rodents,
- Additional hazards also arise as a result fire in the PV system itself or in buildings on which PV systems are installed. In particular, emergency services personnel may also be exposed to the following hazards:
 - » Electrocution due to constant electric voltage, generated on the DC side during light generation,
 - » Toxic gases / respiratory poisons,
 - » Parts falling down.

As a consequence of this potential hazard, intervention or fire-fighting may be delayed, with the possibility of having to leave a fire to burn - permitting a "controlled combustion" without any intervention, dependant on the conditions concerned. Closed PV generator areas are fixed to the building and cannot be opened without a hazard during a fire. In view of factors such as this, there is an increased loss potential due to the difficulties of fire-fighting on the roof. Further, if there is a failure to follow appropriate building (fire etc) regulations during the installation of the equipment, a fire may also spread across fire compartments during the early stages of a fire outbreak. This is the case in particular when combustible materials (e.g. cable runs) extend across or through fire walls or when fire wall penetrations required by cable routes are not properly closed.

Further, if there is a failure to follow appropriate building (fire etc) regulations during the installation of the equipment, a fire may also spread across fire compartments during the early stages of a fire outbreak. This is the case in particular when combustible materials (e.g. cable runs) extend across or through fire walls or when fire wall penetrations required by cable routes are not properly closed.

3. Typische Schadenursachen

Fehlerhafte Planung und Montage führen häufig zu Schäden an den PV-Modulen, Systemkomponenten (z. B. PV-Wechselrichtern) und der Dachhaut von Gebäuden.

Dabei ist die Schadenursache oft erst nach der Inbetriebnahme und einer längeren Betriebsdauer erkennbar.

Schadenursächlich sind häufig die Verwendung einer zu geringen Anzahl oder eine fehlerhafte Dimensionierung von tragenden Befestigungselementen des PV-Generators. Auch statische Gegebenheiten des Gebäudes werden oft nicht oder nur unzureichend berücksichtigt. In Kombination mit Schnee-, Eis- und Windlasten führen derartige Defizite letztlich zu Schäden an der PV-Anlage selbst oder am Gebäude. Bei Nichtbeachtung möglicher Schnee- und Eislasten kann es zudem zum Bruch der Verglasung der PV-Module kommen (Abb. 3 bis Abb. 5).

Im Bereich der Verkabelung, insbesondere bei Bodenanlagen, können Schäden durch Kleintierfraß (Marder) auftreten, sofern hier keine wirksamen Maßnahmen (Verrohrung aus Metall) vorhanden sind (Abb. 6).

UV-Einstrahlung und Temperaturwechselbeanspruchung führen zum Altern der Dichtungsmaterialien, was zum Eindringen von Feuchtigkeit und Niederschlägen in den geschlossenen Modulen führen kann.

Ferner führen verschleißbedingte Ausfälle am PV-Wechselrichter zum Stillstand von PV-Anlagenteilen. Erfahrungsgemäß entspricht die Lebensdauer von Wechselrichtern der üblichen Lebensdauer von elektrischen / elektronischen Geräten.

3. Typical reasons of losses

Incorrect planning and installation often cause losses on PV modules, system components (e.g. PV power inverters) and the roof covering of buildings

The reasons for a loss can frequently be identified only after commissioning or after extended service life.

The use of insufficient number or incorrect dimensioning of load-carrying fastenings of the PV generator is often the origin of losses. The static conditions of the building are frequently not considered to a sufficient extent either or not considered at all. In combination with snow, ice and wind loads, such shortcomings also lead to losses on the PV system itself or on the building. Failure to take possible snow and ice loads into account may additionally cause broken glazing of the PV modules (Fig. 3 to 6).

In the field of cabling, especially underground cabling - losses can be caused by rodents (rats, martens etc) unless suitable precautions (metal cable conduit) are made (Fig. 6).

UV radiation and thermal cycling also cause premature ageing of sealing materials, which may result in moisture and storm water ingress into sealed sections of the installation. In addition, failures of the PV power inverter caused by wear lead to standstill of PV system components. As experience indicates, the service life of power inverters is the same as the usual service life of electric / electronic devices.

PV-Anlagen an exponierten Stellen (z. B. Dächer, Freiflächen, etc.) sind aufgrund ihrer Lage und Anordnung durch die Wirkung von Blitzentladungen gefährdet.
PV systems installed at exposed spots (e.g. roofs, unoccupied spaces, etc.) are exposed to a lightning discharge hazard due to their position and arrangement.

Fehlerhafte elektrische Installationen von PV-Anlagen können neben Schäden an der Anlage selbst, auch zu erheblichen Gebäudeschäden insbesondere infolge Brand führen.
Faulty electric installation of PV systems may cause not only system losses, but also substantial building losses, especially in case of fire.



Abb. 3: Schneelast
Figure 3: Snow load



Abb. 4: Glasbruch
Figure 4: Broken glass



Abb. 5: Ziegelbruch
Figure 5: Broken tiles



Abb. 6: Marderbisse
Figure 6: Rat bites



Wachsende Nachfrage und die daraus resultierenden Lieferengpässe von PV-Anlagen führen, insbesondere bei Freiflächenanlagen, zu einem erhöhten Diebstahlsrisiko von PV-Modulen. PV-Anlagen auf abseits gelegenen Flächen können nur schwer wirksam gegen Diebstahl und Vandalismus gesichert werden.

PV-Anlagen an exponierten Stellen (z. B. Dächer, Freiflächen etc.) sind aufgrund ihrer Lage und Anordnung durch die Wirkung von Blitzentladungen gefährdet.

Die PV-Anlage selbst trägt jedoch in der Regel nicht zu einer erhöhten Blitzeinschlaghäufigkeit an Gebäuden bei, wenn der Solargenerator nicht auf einem Flachdach aufgeständert ist. Blitzbedingte Überspannungen können zu Schäden an den elektrischen Betriebsmitteln der PV-Anlage führen (z. B. PV-Module, PV-Wechselrichter etc.).

Fehlerhafte elektrische Installationen von PV-Anlagen können neben Schäden an der Anlage selbst, auch zu erheblichen Gebäudeschäden insbesondere infolge Brand führen.

Mögliche Ursachen sind:

- Unzureichend dimensionierte Leitungsquerschnitte,
- Falsche oder lose Klemmen / Steckverbinder,
- unsachgemäße Leitungsverlegungen z.B. über scharfe Kanten,
- Nicht fachgerecht ausgeführte Kabeldurchführungen in Gebäude (Nässeschäden infolge Beschädigung und unzureichender Abdichtung der Dachhaut).

4. Schadenverhütung

Maßgeblich für die Schadenverhütung ist die fachgerechte Planung, Montage und Wartung einer Anlage.

4.1 Planungsphase

In der Planungsphase sind folgende Kriterien zu berücksichtigen:

- Vertragliche Vereinbarung einschlägiger Qualitätssicherungsregeln (z.B. der Güte- und Prüfbestimmungen RAL-GZ 966 „Gütesicherung Solarenergieanlagen“) bei der Bestellung, Konzeption und Ausführung von PV-Anlagen,
- Statischer Nachweis über die ausreichende Dimensionierung der Unterkonstruktion (Dachkonstruktion des

The growing demand and the resulting supply shortages of PV systems leads to an increased theft risk of PV modules, especially in systems installed on unoccupied areas. PV systems set up on remote areas are difficult to protect efficiently against theft and vandalism.

PV systems installed at exposed spots (e.g. roofs, unoccupied spaces, etc.) are exposed to a lightning discharge hazard due to their position and arrangement.

The PV system itself usually does not contribute to an increased lightning strike rate on buildings unless the PV generator is installed on a supporting structure on a flat roof. Overvoltage caused by lightning may cause losses on the electric equipment of the PV system (e.g. PV modules, PV-power inverter etc.).

Faulty electric installation of PV systems may cause not only system losses, but also substantial building losses, especially in case of fire.

Der Blitz- und Überspannungsschutz ist risiko- und fachgerecht zu planen.

Lightning and overvoltage protection must be planned properly and provide adequate risk protection.

Possible reasons include:

- insufficient conductor cross-sections,
- incorrect or loose terminals / connectors,
- improper laying of lines, e.g. across sharp edges,
- improperly installed cable penetrations into buildings (moisture ingress leads to damage where there is insufficient sealing of roof covering).

4. Loss prevention

Proper system planning, installation and maintenance are critical factors for loss prevention.

4.1 Planning phase

The following aspects must be considered in the planning phase:

- Contractual agreement regarding the relevant quality assurance rules (e.g. quality and inspection rules RAL-GZ 966 "Quality assurance of solar power systems") when ordering, designing and installing PV systems,
- Proof of sufficient strength to support the structure (building roof structure, installation system of PV system and/or supporting structure of systems set up on unoccupied spaces). The relevant snow and wind loads must also be observed.



Gebäudes, Montagesystem der PV-Anlage bzw. Ständerkonstruktion bei Freilandanlagen). Hierbei sind auftretende Schnee- und Windlasten zu beachten.

- Beim Eingriff in die Dach- oder Außenhaut eines Gebäudes sind die allgemein anerkannten Regeln des Dachdeckerhandwerks (z.B. Regelwerk des Zentralverbandes des Deutschen Dachdeckerhandwerks – Fachverband Dach-, Wand- und Abdichtungstechnik e. V.) anzuwenden. Für die Montagearbeiten auf dem Dach empfiehlt es sich, eine Dachdeckerfirma und / oder Fachplaner hinzuzuziehen.
- Bei Freilandanlagen ist der Nachweis der Tragfähigkeit des Bodens zu erbringen (Bodengutachten).
- Die elektrotechnische Installation hat auf der Grundlage einschlägiger nationaler Regelwerke (z.B. DIN VDE 0100 Teil 712 „Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 7-712 Solar-Photovoltaik-(PV)-Stromversorgungssysteme“ zu erfolgen. Bei einer elektrotechnischen Anbindung an die Gebäudeinfrastruktur sind ebenfalls allgemein anerkannte Regelwerke (z.B. VDI-Richtlinie VDI 6012 „Dezentrale Energiesysteme im Gebäude“) zu beachten.

Bauliche Brandschutzmaßnahmen dürfen durch die Installation von PV-Anlagen nicht beeinträchtigt oder aufgehoben werden .

Structural fire protection measures must not be affected or neutralised by the installation of PV systems

- Where the roof covering or the outer building shell is affected by the installation, roofers installation standards should apply (e.g. Rules of the Zentralverband des Deutschen Dachdeckerhandwerks – Fachverband Dach-, Wand- und Abdichtungstechnik e. V. [Central Association of the German Roofers' Trade – Technical Association for roofs, walls and sealings e. V., or appropriate local standard.]). It is recommended that a roofer and/or a technical planning specialist be involved in the installation work on the roof.
- In case of systems set up on open land, proof of sufficient soil-bearing capacity should be provided (e.g. expert soil report).
- The electrical installation must follow relevant national codes / rules (e.g. DIN VDE 0100 part 712 “Installation of low-voltage systems – Part 7-712 Solar photovoltaic power generation systems”). If the PV system is connected with the electric building infrastructure, generally recognised rules (e.g. VDI regulation VDI 6012 “Decentralised energy systems in a building”) must also be observed.



Der Blitz- und Überspannungsschutz ist risiko- und fachgerecht zu planen.

Zu dieser Thematik wurden verschiedene Fachpublikationen (z.B. Verband Deutscher Blitzschutzfirmen e. V. „Blitzschutz von Photovoltaikanlagen“) veröffentlicht. Ferner ist darauf zu achten, dass gleichstrom- wie wechselstromseitig geeignete Blitzstrom- und Überspannungsleiter installiert werden (spezielle Ableiter für die Gleichstromseite). Ergänzend wird auf die einschlägigen technische Normung (z.B. DIN VDE 0185 sowie DIN VDE 0100-712 und DIN VDE 0100-443) verwiesen.

- Bei der Dimensionierung der elektrischen Betriebsmittel, insbesondere der Leitungen und Schaltgeräte, ist der Gleichzeitigkeitsfaktor mit 1 anzusetzen. Grund hierfür ist, dass bei maximaler Sonneneinstrahlung der höchste Strom durch die Module der PV Anlage abgegeben wird. Ferner ist zu beachten, dass bei maximaler Sonneneinstrahlung auch die höchsten Temperaturen auf die Betriebsmittel einwirken.
- Zur Vermeidung möglicher Personengefährdungen im Falle von Brandereignissen sind sowohl auf der Wechselstrom- als auch auf der Gleichstromseite des Wechselrichters geeignete Schaltstellen vorzusehen. Ferner wird empfohlen, zur Begrenzung der Spannungshöhe auf der Gleichstromseite über ein Fern-

Lightning and overvoltage protection must be planned properly and provide adequate risk protection.

Various technical publications (e.g. Verband Deutscher Blitzschutzfirmen e. V. [Association of German lightning protection installers] “Lightning protection of photovoltaic systems“) have been published which cover this matter. Attention must also be paid to the need for installing suitable lightning arresters and surge arresters both on the DC and on the AC side (special protectors for the DC side). As a supplement, reference is made to the relevant technical standards (e.g. DIN VDE 0185 as well as DIN VDE 0100-712 and DIN VDE 0100-443).

- When designing the electric equipment, especially the lines and switching devices, a simultaneity factor of 1 shall be used. The reason for this is that the PV system modules generate the most power at maximum insolation. It must also be observed that at maximum insolation, the equipment will be subject to the highest temperatures.
- To avoid possible hazards to persons in case of fire, suitable switching points must be provided both on the AC and on the DC side of the power inverter. It is also recommended to provide switches that can be controlled by a telecontrol system for limiting the



wirksystem ansteuerbare Schalter vorzusehen, um sicherzustellen, dass die anstehende Spannung sich auf die Größe der Modulspannung begrenzt. Die maximale Modulspannung sollte so gewählt werden, dass physiologische Wirkungen auf Menschen und Tiere nicht auftreten. Auf die IEC 60479 wird verwiesen.

4.2 Lieferung und Montage

Während der Lieferung und Montage sind folgende Schadenverhütungsmaßnahmen zu realisieren:

- Module müssen fachgerecht transportiert, gelagert, befestigt und installiert werden. Die in der Montage- bzw. Installationsanleitung enthaltenen Vorgaben der Hersteller sind einzuhalten.
- Bei Bodenanlagen ist das Gelände vor Anlieferung der PV-Module einzuzäunen (Stahlgitterzaun, Mindesthöhe 2 Meter). Anstelle eines provisorischen Bauzauns sollte bereits vor Montagebeginn die für die Betriebsphase erforderliche Einfriedung vorgenommen werden.
- Die Montage von PV-Anlagen der PV-Module hat unter Beachtung folgender Punkte fachgerecht zu erfolgen:
 - » Statik, Wind- / Schneelasten, Befestigungsart.
 - » Bei Befestigung der Module an den Schmalseiten

voltage amount on the DC side in order to ensure that the applied voltage is limited to the amount of the module voltage. The maximum module voltage should be selected so that physiologic effects on men and animals will not occur. Reference is made to IEC 60479.

4.2 Delivery and installation

The following loss prevention measures must be observed during delivery and installation:

- Modules must be properly transported, stored, fastened and installed. The manufacturer's instructions given in the installation manual must be complied with.
- When a system is installed on the ground, the premises must be surrounded by a fence prior to delivery of the PV modules (steel trellis fence, minimum height 2 m). Instead of setting up temporary hoarding, the fence required for the operation phase should be set up prior to commencing system installation.
- PV systems / PV modules must be installed properly, observing the following aspects:
 - » Structural statics, wind/snow loads, type of fastening.
 - » When fixing the modules at their narrow sides, the allowed maximum deflection may be



kann u. U. die maximale Durchbiegung überschritten werden. Es ist eine Freigabe der Modulhersteller einzuholen (Achtung bei Gebieten mit hohen Schnee- bzw. Windlasten).

- » Bei Aufdachmontage ist auf einen ausreichenden Abstand (mindestens 5 cm) zur Dachhaut zu achten, damit eine gute Hinterlüftung der Solarmodule gewährleistet wird (Wärmeabtransport).
 - » Dachdichtigkeit (Dachsteinbruch ausschließen, ggf. Zuschnitt oder Ausfräsen der Dachsteine, Kabeldurchführungen müssen fachgerecht und zuverlässig abgedichtet werden).
 - » Umsetzung der Forderungen aus dem Bodengutachten (Berücksichtigung möglicher Sackungen und Senkungen, insbesondere bei verfüllten Tagebauflächen).
 - » Bei Verwendung von Einlegeprofilen muss gewährleistet sein, dass die Ansammlung von Wasser, Schmutz und Moosbildung eingeschränkt bzw. nach Möglichkeit ausgeschlossen wird.
 - » Bei der Montage rahmenloser Module sind zusätzlich zur seitlichen Befestigung mit speziellen Klemmen (mit Einlagen zum Schutz des Glases) Abrutschsicherungen zu berücksichtigen.
 - » Elektrolytische Korrosion (Metallkombinationen innerhalb des Montagesystems und an den Dachanschlüssen). Es ist darauf zu achten, dass nur korrosionsbeständige Metalle / Metallkombinationen verwendet werden.
- Ausführung des Blitz- und Überspannungsschutzes sowie Erdung und Potentialausgleich (Eloxierung des
- exceeded. An approval from the module manufacturers must be obtained (caution in areas with high snow and wind loads).
- » When installing a system on a roof, a sufficient clearance (5 cm min.) from the roof covering must be ensured so that good ventilation of the PV modules is guaranteed (heat dissipation).
 - » Tightness of roof (exclusion of broken roof tiles, if necessary cutting-to-size of milling out of roof tiles, cable penetrations must be properly and reliably sealed).
 - » The requirements of an expert soil report must be met (consideration of possible settlement, especially in case of made-up ground, open-pit mining areas etc).
 - » When using inserted sections, it must be ensured that water and dirt accumulations as well as moss formation is restricted or excluded altogether if possible.
 - » When installing frameless modules, anti-slip safeguards must be provided in addition to lateral fixing with special clamps (with glass protection inserts).
 - » Electrolytic corrosion (metal combinations within the installation system and at the roof joints). It is important that only corrosion-resistant metals/ metal combinations are used.
- Execution of lightning and overvoltage protection as well as earthing and equipotential bonding (observe eloxal coating of module frame) must be made properly (e.g. according to DIN VDE 0185).



Modulrahmens beachten) muss fachgerecht (z.B. nach DIN VDE 0185) erfolgen.

- Bauliche Brandschutzmaßnahmen dürfen durch die Installation von PV-Anlagen nicht beeinträchtigt oder aufgehoben werden. (Überbauung von Brandwänden durch PV-Module und Kabel ist unzulässig, Kabeldurchführungen in Brandwänden müssen mit bauaufsichtlich zugelassenen Systemen verschlossen werden).
- Verkabelungen sind wirksam gegen Witterungseinflüsse und Schäden durch Kleintierfraß (Marder) zu schützen (z.B. Leitungsverlegung in metallenen Kabelkanälen oder Schutzrohren).
- Gleichstromkabelstränge zwischen Generator und Wechselrichter sind möglichst außerhalb der Gebäudehülle zu verlegen.
- Aufstellung / Anbringung der Wechselrichter gemäß Herstellervorgaben und Schutz elektrischer Anschlüsse oder Datenkabeln vor unbeabsichtigtem Lösen.
- Der Errichter der Anlage hat die fachgerechte Installation der PV-Anlage durch ein Abnahmeprotokoll zu bestätigen.

Bauliche Brandschutzmaßnahmen dürfen durch die Installation von PV-Anlagen nicht beeinträchtigt oder aufgehoben werden
Structural fire protection measures must not be affected or neutralised by the installation of PV systems.

- Structural fire protection measures must not be affected or neutralised by the installation of PV systems. (crossing of fire walls by PV modules and cables is not permitted, cable penetrations in fire walls must be closed using systems approved by the construction supervision).
 - Cabling must be effectively protected against weather conditions and damage caused by small animals (rats etc) (e.g. by laying cables in metal cable ducts or cable conduits).
 - DC cable strands between the generator and the power inverter must be laid outside of the building shell if possible.
- Setting-up / installation of power inverters as specified by the manufacturer and protection of electric connections and data cables against accidental disconnection.
- The system installation company must confirm the proper installation of the PV system in an acceptance protocol or commissioning statement.

4.3 Betrieb und Wartung

Während des Betriebes der Anlage sind folgende Schadenverhütungsmaßnahmen zu gewährleisten:

4.3 Operation and maintenance

The following loss prevention measures must be ensured during system operation:

- Systems installed on remote areas should be protected against theft and vandalism as follows:
 - » Protection of facility with a steel trellis fence including an anti-climbing protection (minimum height 2 m).



- Anlagen auf abseits gelegenen Flächen sollten gegen Diebstahl und Vandalismus wie folgt gesichert werden:
 - » Sicherung der Anlage mit einem Stahlgitterzaun mit Übersteigschutz (Mindesthöhe 2 Meter).
 - » Überwachung der PV-Freiflächenanlage durch eine VdS-anerkannte Einbruchmeldeanlage mit Aufschaltung an einen Wach- und Sicherheitsdienst mit 24-stündiger Erreichbarkeit.
 - » Befestigung der PV-Module mit nicht lösbaren Schrauben / Verbindern.
 - » Installation einer Videoüberwachungsanlage.
 - » Verbindung der Modulrahmen mit „Alarmkabeln“ zur Ansteuerung akustischer und optischer Alarmgeber sowie Alarmweiterleitung an eine ständig besetzte Stelle.
- » Monitoring of a PV system installed on an unoccupied area by a VdS-approved burglar alarm system with alarm transmission to a security company which can be reached round-the-clock.
- » Fixing of PV modules with permanent bolts / connectors.
- » Installation of a video monitoring system.
- » Connection of module frames with “alarm cables” triggering acoustic and optical alarms, and alarm transmission to a permanently manned office.

Bei den Sicherungsmaßnahmen ist ein angemessenes Verhältnis zwischen Investition und Ertrag zu berücksichtigen.

- Unterhaltung und Wartung der elektrischen Einrichtungen, Anlagen der PV-Anlage durch einen anerkannten Elektrofachbetrieb oder eine PV-Errichterfirma.
- Mindestens jährliche Überprüfung der Überspannungsableiter der Blitzschutzeinrichtung und gegebenenfalls Austausch.
- Regelmäßiger Grünschnitt (Bodenbewuchs, Sträucher, Bäume) bei Freiflächenanlagen.
- Regelmäßige Überprüfung der Verkehrssicherungspflichten. Es ist zu überprüfen, dass von der PV-Anlage keine Gefährdung für Dritte ausgeht.
- Einweisung des Betreibers vor der Übergabe der PV-Anlage in die technischen und betrieblichen Abläufe der Anlage sowie Dokumentation der Einweisung.
- Kennzeichnung nicht abschaltbarer Strom führender Kabel zwischen PV-Generator und Wechselrichter (z.B. mittels an der Freischaltstelle ausgehängtem Kabelwegeplan) als Orientierungshilfe für Einsatzkräfte der Feuerwehr im Brandfall.
- Servicing and maintenance of electric PV equipment / systems by a recognized specialist electric company or a PV systems installation company.
- As a minimum an annual inspection of the lightning protection system surge arresters and replacement if necessary.
- Regular cutting back of green areas (ie plants, shrubs, trees) of systems installed on unoccupied spaces.
- Regular checks of the duty to safeguard traffic. It must be ensured that the PV system does not cause any hazard to third parties.
- Introduction of operating company into the technical and operational procedures of the system and documentation of introduction prior to handing-over the PV system.
- Marking of non-interruptible current-conducting cables between the PV generator and the power inverter (e.g. by means of a cable routing diagram provided at the isolating point) as guidance for fire-fighters in case of fire.

5. Literaturhinweise

1. Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV) nebst Technischen Regeln zur Betriebssicherheit (TRBS)
2. DIN 1055 Einwirkungen auf Tragwerke
3. DIN 4102 Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen
4. DIN EN 50461 (VDE 0126-17-1) Solarzellen – Datenblattangaben und Angaben zum Produkt für kristalline Silicium-Solarzellen; Deutsche Fassung EN 50461
5. DIN EN 60904-1 (VDE 0126-4-1) Photovoltaische Einrichtungen – Teil 1: Messen der photovoltaischen Strom- / Spannungskennlinien; Deutsche Fassung EN 60904-1
6. DIN EN 60904 (VDE 0126-4-2) Photovoltaische Einrichtungen – Teil 2: Anforderungen an Referenz-Solarelemente; Deutsche Fassung EN 60904-2:
7. DIN VDE 0100 Errichten von Niederspannungsanlagen, insbesondere:
 1. Operational Safety Decree (German abbr.: BetrSichV) plus Technical Rules for Operational Safety (German abbr.: TRBS)
 2. DIN 1055 Effects on load-bearing structures
 3. DIN 4102 Behaviour in fire of building materials and components
 4. DIN EN 50461 (VDE 0126-17-1) Solar cells – datasheet specifications and product information for crystalline silicon solar cells; EN 50461
 5. DIN EN 60904-1 (VDE 0126-4-1) Photovoltaic facilities – part 1: Measuring the photovoltaic current/voltage characteristic; EN 60904-1
 6. DIN EN 60904 (VDE 0126-4-2) Photovoltaic facilities – part 2: Requirements made on reference solar elements; EN 60904-2:
 7. DIN VDE 0100 Installation of low-voltage systems, especially:

8. DIN VDE 0100-443 Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 4: Schutzmaßnahmen; Kapitel 44: Schutz bei Überspannungen; Hauptabschnitt 443: Schutz bei Überspannungen infolge atmosphärischer Einflüsse oder von Schaltvorgängen
9. DIN VDE 0100-534 Elektrische Anlagen von Gebäuden – Teil 534: Auswahl und Errichtung von Betriebsmitteln-Überspannungs-Schutzeinrichtungen
10. DIN VDE 0100 Teil 540 Errichten von Starkstromanlagen mit Nennspannungen bis 1000 V; Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel; Erdung, Schutzleiter, Potentialausgleichsleiter
11. DIN VDE 0100-600 Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 6: Prüfungen
12. DIN VDE 0100-712 Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 7-712: Solar-Photovoltaik-(PV)-Stromversorgungssysteme
13. DIN VDE 0105 Betrieb von elektrischen Anlagen
14. DIN VDE V 0126-1-1 Selbsttätige Schaltstelle zwischen einer netzparallelen Eigenerzeugungsanlage und dem öffentlichen Niederspannungsnetz
15. DIN VDE 0126-3 Steckverbinder für Photovoltaik-Systeme – Sicherheitsanforderungen und Prüfungen
16. DIN VDE 0185 Blitzschutz
17. DIN VDE 0845-4 Blitzschutz Telekommunikationsleitungen
18. IEC 60479 Effects of current on human beings and livestock
19. RAL-GZ 966 Solarenergieanlagen Gütesicherung
20. VDI Richtlinie 6012 Dezentrale Energiesysteme im Gebäude
21. VdS 2031 Blitz- und Überspannungsschutz in elektrischen Anlagen
22. VdS 2046 Sicherheitsvorschriften für elektrische Anlagen bis 1000 Volt
23. VdS 2057 Sicherheitsvorschriften für elektrische Anlagen in
 - » landwirtschaftlichen Betrieben
 - » Intensiv-Tierhaltungen
24. VdS 2067 Elektrische Anlagen in der Landwirtschaft
25. vfdb-Merkblatt: Einsätze an Photovoltaikanlagen – Solaranlagen zur Stromgewinnung
26. Leitfaden Photovoltaische Anlagen
Hrsg.: Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie, Landesverband Berlin Brandenburg e. V., 4. Auflage, ISBN 978-3-00-023734-8

8. DIN VDE 0100-443 Installation of low-voltage systems – part 4: Protective measures; chapter 44: Protection against overvoltage; main section 443: Protection against overvoltage following atmospheric influences or switching operations
9. DIN VDE 0100-534 Electric systems in buildings –part 534: Selection and installation of equipment – overvoltage protectors
10. DIN VDE 0100 part 540 Installation of power installations with a rated voltage of up to 1000 V; Selection and installation of equipment; earthing, protective earth conductor, equipotential bonding conductor
11. DIN VDE 0100-600 Installation of low-voltage systems – part 6: Inspections
12. DIN VDE 0100-712 Installation of low-voltage systems – part 7-712: Solar photovoltaic (PV) power supply systems
13. DIN VDE 0105 Operation of electric systems
14. DIN VDE V 0126-1-1 Automatic switching point between a power generation system operated in parallel with the mains system and the public low-voltage network
15. DIN VDE 0126-3 Connectors for photovoltaic systems – Safety requirements and inspections
16. DIN VDE 0185 Lightning protection
17. DIN VDE 0845-4 Lightning protection of telecommunication lines
18. IEC 60479 Effects of current on human beings and livestock
19. RAL-GZ 966 Quality assurance of solar energy systems
20. VDI regulation 6012 Decentralised energy systems in buildings
21. VdS 2031 Lightning and overvoltage protection in electric systems
22. VdS 2046 Safety regulations for electric systems up to 1000 Volt
23. VdS 2057 Safety regulations for electric systems in
 - » agricultural operations
 - » intense livestock breeding
24. VdS 2067 Electric systems in agricultural operations
25. vfdb sheet: Fire-fighting on photovoltaic systems – Solar power generation systems
26. Guideline for photovoltaic systems
Published by: Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie (German Solar Energy Association), Land section of Berlin Brandenburg e. V., 4th edition, ISBN 978-3-00-023734-8

6. Anmerkung

Das Merkblatt erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit und entbindet nicht von der Einhaltung gesetzlicher oder behördlicher Vorschriften und Auflagen. Die oben zitierten Verordnungen, Normen und Richtlinien sind in der jeweils gültigen Fassung anzuwenden.

6. Comment

The sheet does not claim to be complete and does not relieve from obligation to comply with legal or authority regulations and conditions. The current version in force of the codes, standards and regulations mentioned above shall be applied.

Schäden verhüten heißt Existenz sichern – das sollte das Motto jedes betrieblichen Sicherheitsmanagements sein. Eine Versicherung deckt im Schadenfall Sach- und Ertragsausfall-schäden, kann aber nicht vor dem nachhaltigen Verlust von Kunden und Image sowie einer Einschränkung der Wettbewerbsfähigkeit schützen. Die operative Schadenverhütung ist daher von erheblicher Bedeutung: auch in Ihrem Betrieb. Hierbei möchten wir Sie unterstützen!

Basierend auf über 100 Jahren Schaden- und Schadenverhütungserfahrung unterstützt Sie die HDI-Gerling Sicherheitstechnik GmbH, Ihre betriebs-spezifischen Risiken zu erkennen und zu bewältigen. Wir stehen Ihnen mit mehr als 100 Ingenieuren und Naturwissenschaftlern aus den unterschiedlichsten Fachrichtungen zur Seite, Transparenz Ihrer betrieblichen Risiken zu schaffen. Unser Ziel ist es, Sie dabei zu unterstützen, Risiken zu beherrschen und somit ein individuelles risikogerechtes Versicherungs-Deckungskonzept zu erstellen.

Die HDI-Gerling Sicherheitstechnik GmbH ist weltweit aktiv in den sicherheitstechnischen Geschäftsfeldern Transport, Kraftfahrt und Sachversicherung (Feuerversicherung / Feuerbetriebsunterbrechungsversicherung / Technische Versicherung). Dabei liegen die Tätigkeitsschwerpunkte in der Erkennung und Beurteilung von Risiken sowie der Entwicklung geeigneter individueller Schutzkonzepte. Bei der Umsetzung der entsprechenden Maßnahmen und der Schulung Ihrer Belegschaft in Themen der Sicherheit begleiten wir Sie gerne.

HDI-Gerling Sicherheitstechnik GmbH
Riethorst 2 - D-30659 Hannover
Phone: +49 (0)511 / 645-4126
Fax: +49 (0)511 / 645-4542
Internet: www.hdi-gerling.de

Impressum | Imprint
Verantwortlich für den Inhalt |
In charge of the content:
Stefan Leffler
HDI-Gerling Sicherheitstechnik GmbH

Preventing losses equates to securing livelihood – this should be the maxim of any in-house safety management. In case of loss, an insurance policy covers material losses and lost profits, but it cannot provide protection against lasting loss of image, customers and position in the marketplace. From this aspect, effective loss prevention is considered essential in industrial activities. We would like to assist you in this respect!

HDI-Gerling Sicherheitstechnik GmbH offers you consulting in detecting and managing your specific risks and you can rely on more than 100 years of experience with claims handling and loss prevention. More than 100 engineers and natural scientists from diverse disciplines are at your disposal. Creating transparency regarding your in-house risks assists you in managing these and assists in preparing the specific insurance programme which is most appropriate for the risks involved.

HDI-Gerling Sicherheitstechnik GmbH is active worldwide in the safety engineering fields of transportation, motor vehicles and property insurance (fire / fire and business interruption / engineering lines). At present, the work is focused on identifying and assessing risks and on developing suitable individual protection programmes. We will gladly assist you in the implementation of suitable protection measures and in training your staff in related safety matters.

Layout: RELAY CORPORATE PUBLISHING GmbH
Druck | Printers: Linden-Druck Verlagsgesellschaft mbH
Fotos | Pictures: Titel: istockphoto / francis49, S.2: iStockphoto / MartinDVonka, istockphoto/schmidt-z, energypoint GmbH, 97456 Holzhausen S.3: istockphoto / schmidt-z, S. 4-5 Kyocera, istockphoto/schmidt-z, S. 6: istockphoto/BasieB, S. 7: Fig. 3 to Fig. 6: Dipl.-Ing. Eckart Wiesenhütter, Technical expert, S. 8: istockphoto/ideeone, 8-9: abakus, Solarworld AG, S. 10-11: ELE Emscher Lippe GmbH, S. 12-13: Frischezentrum Frankfurt am Main

