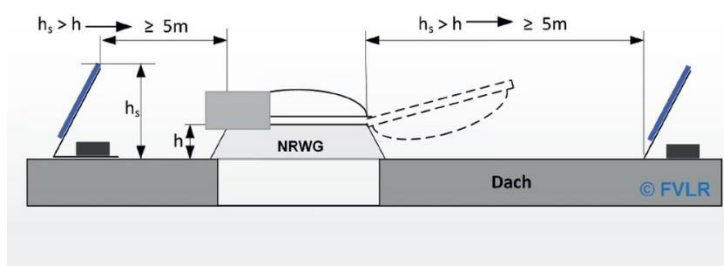
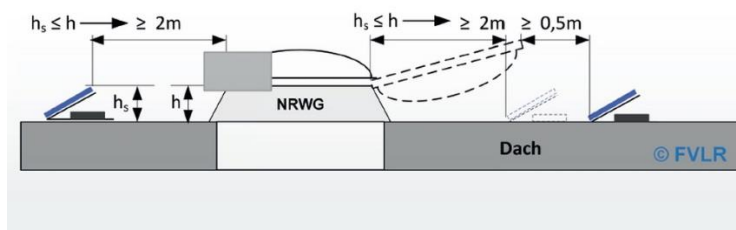


Allgemeines

- Es sind die Leitlinien zum wirtschaftlichen Bauen der Stadt Frankfurt in der jeweils aktuellen Fassung einzuhalten (<https://energiemanagement.stadt-frankfurt.de>). Insbesondere sind grundsätzlich halogenfreie Kabel einzusetzen.
- Die Planung ist mit der Branddirektion abzustimmen.
- Zwischen Dachhaut und PV-Unterkonstruktion sind punktuelle Abschnitte von Bautenschutzmatte oder Geovlies als Trennschicht anzuordnen. Dabei darf der Abfluss von Regenwasser nicht eingeschränkt werden.
- Der Wechselrichter ist möglichst auf dem Dach zu installieren. Wenn der Wechselrichter nicht auf dem Dach platziert ist, dann sind stringweise Netzfreischalter vorzusehen.
- RWA-Anlagen sind nicht zu überbauen und der Luftstrom für die Entrauchung darf nicht behindert werden. Angrenzende RWA-Anlagen zur PV-Anlage sollten mit einem Abstand von 2 m ausgeführt werden (Freiraum für Bauteile, die die RWA-Austrittsöffnung nicht überragen). Ansonsten sollte der Abstand bei höherer PV-Anlage mit einer Höhe von bis zu 2 m über Austrittsöffnung 5 m betragen. Im Öffnungsbereich der Klappen der RWA-Anlage ist die geöffnete Klappenbreite zuzüglich 50 cm lichter Breite für Wartungszwecke, bzw. mind. eine Breite von 2,50 m vorzusehen.



- Dachausstiegsluken oder sonstige Bauteile dürfen die PV-Anlagen mechanisch nicht verletzen. Dies muss durch die Lage der PV-Module ausgeschlossen werden.
- Um Bewegungsflächen auf dem Dach für die Feuerwehr zu gewährleisten sollten großflächige Anlagen mit Feldgrößen von maximal 40 m x 40 m geschaffen werden. Zwischen den Feldern sind mindestens 1 m breite Streifen frei zu halten. Es sollten geeignete Verkehrswege auf den Dachflächen realisiert werden.
- Es sind möglichst geeignete sichere Zugänge auf das Dach vorzusehen

-
- In Rettungswegen dürfen keine Kabel angeordnet werden.
 - Die jeweils gültigen TAB des VDEW für den Anschluss an das Niederspannungsnetz sind einzuhalten. Die jeweils gültigen TAB des BDEW für den Anschluss an das Niederspannungsnetz sowie die allgemein anerkannten Regeln der Technik sind einzuhalten. Die Brandschutzordnung ist entsprechend anzupassen (Information der Nutzer über die Gefahren, die durch PV-Anlagen entstehen).
 - Wenn der Monitor im Eingangsbereich in einem notwendigen Flucht- und Rettungsweg angebracht ist, dann ist er mit einer nichtbrennbaren und rauchdichten Einhausung zu versehen.
 - Für die Feuerwehr soll ein Hinweisschild auf die PV-Anlagen im Eingangsbereich angebracht werden.
 - Sollten die Wechselrichter ins Gebäudeinnere gezogen werden, ist der Wechselrichter in unmittelbarer Nähe (kleiner 1 m) der Dach-/Wanddurchdringung entfernt in einem ausreichend brandschutztechnisch abgetrennten Elektroraum mit T30-RS-Türen zu installieren.
 - Die Abstände der PV-Anlagen zu den Oberlichtern muss in der lichten Weite mindestens 60cm für Wartungszwecke betragen, sofern es sich bei den Lichtkuppeln um durchtrittssichere Kuppeln handelt bzw. diese unterseitig mit einem horizontal liegenden Absturzgitter versehen sind. Ist weder eine durchtrittssichere Lichtkuppel vorhanden, ist alternativ ein geeignetes Sekurantensystem oder ein Seitenschutz vorzusehen. Alternativ ist der lichte Abstand zur Lichtkuppel von mindestens $2,0\text{m} + 0,60\text{m} = 2,60\text{m}$ vorzusehen. Dann bleibt 60cm Breite für Wartungsarbeiten an den PV-Modulen bei gleichzeitigem Sicherheitsabstand von 2,0m zur Lichtkuppel als Schutz vor Absturz durch die Lichtkuppel ins Gebäudeinnere.
 - Die lichten Abstände der PV-Anlage zu Brandwänden sind nach Anforderungen der Hessischen Bauordnung einzuhalten.
 - Brandüberschlagsbereiche sind in ausreichender Breite von mindestens 5,0m Breite bzw. nach Anforderungen von PV-Anlagen einschl. deren Komponenten freizuhalten.
 - Wechselrichter sind nicht an der Brandwand zu montieren. Der Abstand von Wechselrichtern zu Brandwänden muss mindestens einen lichten Abstand von 1,25m haben.
 - Wechselrichter, dürfen nur an Außenwänden montiert werden, sofern darüber keine Außenwandöffnung vorhanden ist.
 - Wechselrichter dürfen nur an Außenwänden montiert werden, sofern seitliche Abstände zu Außenwandöffnungen von mindestens 1,25m vorhanden sind.
 - Der lichte Abstand von Wechselrichtern untereinander muss mindestens 50cm betragen, bzw. nach Mindestanforderung des Wechselrichterherstellers.

Dachaufbauten

a.) Statische und konstruktive Anforderungen

Die Bestandsdachkonstruktion mit deren Schichtenaufbauten ist zu untersuchen (ggf. Erkundungsöffnungen), hinsichtlich

- Lastreserven
- Zustand der Tragkonstruktion, gem. Bauwerksprüfung nach VDI 6200
- Ausbildung und Zustand Dachaufbau
- Feststellung der Materialeigenschaften zu den einzelnen Schichtenaufbauten.

b.) Brandschutztechnische Anforderungen

Grundsätze

Bei PV-Aufdachanlagen sind die brandschutztechnische Belange bei der Planung und Ausführung zu berücksichtigen.

Die qualifizierte Planung und Montage sowie der qualifizierte Betrieb von PV-Anlagen sind wesentliche Voraussetzungen, um Sachschäden an Anlagen und Gebäuden sowie Personenschäden zu vermeiden.

Bei Neubauten und Grundsanierungen sollen grundsätzlich **nicht brennbare Materialien für die Dachdämmung und die oberste Schicht der Dacheindeckung** verwendet werden, sofern die Dächer für PV-Anlagen geeignet sind.

Beim Bau von PV-Anlagen auf Bestandsdächern ist eine Risikobewertung hinsichtlich des Brandschutzes durchzuführen. Es wird empfohlen, die nachfolgenden dargestellte vereinfachte brandschutztechnische Bewertung von Dächern anzuwenden.

Die Kabelführung auf dem Dach muss so erfolgen, dass die Entzündung von brennbaren Materialien auf ein vertretbares Risiko minimiert wird. Geschlossene, nichtbrennbare Kabelträgersysteme (Kanäle, Rohre, etc.) sind einzusetzen.

Die VdS 6023 (Photovoltaikanlagen auf Dächern mit brennbaren Baustoffen) der deutschen Versicherer (GDV e.V.) in aktuellster Ausgabe zur Schadenverhütung ist zu berücksichtigen und anzuwenden.

Bestehende Brandabschnitte sind in ihrer vollen Funktionsfähigkeit zu erhalten (Leitungsdurchführungen durch Dächer und Dachdecken sind brandschutztechnisch zu schotten, Brandwände nicht überbauen, Freihalten von Brandüberschlagsbereichen und Abstandsregelungen, siehe § 35 HBO).

Ist die Verlegung der Gleichspannungsleitungen über Brand- bzw. Komplextrennwänden nicht zu vermeiden, so ist im Vorfeld der Eigentümer zu informieren. Die Anforderungen gemäß VdS 2234 sind einzuhalten. Eine mögliche Überbauung ist nur mit geeignetem Brandschutzkanälen und/oder sogenannten Brandschutzbandagen zu realisieren. Die Montage ist dann entsprechend den Herstellerangaben inkl. der Herstellermaterialien zu realisieren. Die mögliche Überbauung ist im Vorfeld ebenfalls dem Sachversicherer des Eigentümers anzuzeigen.

Bei Verwendung von Brandschutzbandagen sind diese nach Erfordernis der Bauartgenehmigung bzw. Verwendungsnachweis bzw. Bauaufsichtlichen Zulassung für die Dauer der Verwendung zu warten und instand zu halten.

Bei Dächern, die für die PV-Nutzung in Frage kommen, sollen grundsätzlich nicht brennbare Materialien für die Dacheindeckung und für die Dachdämmung verwendet werden. Weitere Erläuterungen und mögliche Kompensationsmaßnahmen siehe Tabelle 1-4.

Vereinfachte brandschutztechnische Bewertung von Dächern

Tabelle A: nimmt die Einstufung der Brandwahrscheinlichkeit für verschiedene **Dacheindeckungen** vor.

Tabelle B: zeigt das Brandverhalten nach DIN 4102-1 für verschiedene **Dachdämmungen**.

In Tabelle C: erfolgt eine erste überschlägige Bewertung des Brandschutzes für einschlägige Kombinationen aus Dacheindeckung gemäß Tabelle A und Dachdämmung gemäß Tabelle B.

Tabelle D: umfasst Kompensationsmöglichkeiten bei unzureichendem Brandschutz.

Tabelle A: Einstufung des Brandrisikos im Fehlerfall für verschiedene Dacheindeckungen

Dacheindeckung	Brandrisiko im Fehlerfall
Blechdach (Trapez/Stehfalz)	kein Risiko „grün“
Dachpfannen/Ziegel	kein Risiko „grün“
Kiesschüttung (≥ 5 cm) oder mineralische Substratschicht (≥ 8 cm) auf Dacheindeckung	kein Risiko „grün“
Wellplatte Faserzement (Eternit)	kein Risiko „grün“
Modul Blechdach mit PUR-Sandwichelement	sehr geringes Risiko „gelb“
Mineralische Substratschicht (≥ 8 cm) auf Dacheindeckung mit extensiver Dachbegrünung	geringes Risiko „rot“
Kunststoffbahnen (PVC/TPO/FPO/EPDM)	geringes Risiko „rot“
Bitumenbahnen	geringes Risiko „rot“

Tabelle B: Brandwahrscheinlichkeit für verschiedene Dacheindeckungen

Dachdämmung (Baustoffe/Ausführungen)	Brandverhalten nach DIN 4102-1
Mineralwolle (Glaswolle/Steinwolle)	A1 „grün“
Mineralvlies (mind. 6 cm) oder Mineralwolldämmplatte	A1 „grün“
Blähton	A1 „grün“
Foamglas/Schaumglas	A1 „grün“
PUR/PIR	B1-B2 „gelb“
EPS/XPS	B1-B2 „gelb“
Holzfaser-Dämmplatte	B2 „rot“
Naturdämmstoffe (Hanf/Wolle/Flachs)	B2 „rot“
Stroh/Papier	B3 (verboten in DE) „rot“

Tabelle C: überschlägige Bewertung des Brandschutzes für einschlägige Kombinationen aus Dacheindeckung gemäß Tabelle A und Dachdämmung gemäß Tabelle B

Überschlägige Bewertung des Brandschutzes	
Brandschutz sichergestellt	Kombination "grüne" Dacheindeckung mit "grüner" Dachdämmung Kombination "grüne" Dacheindeckung mit "gelber" Dachdämmung Kombination "grüne" Dacheindeckung mit "roter" Dachdämmung Kombination "gelbe" Dacheindeckung mit "grüner" Dachdämmung Kombination "rote" Dacheindeckung mit "grüner" Dachdämmung
Brandschutz teilweise sichergestellt	Kombination "gelbe" Dacheindeckung mit "gelber" Dachdämmung Kombination "gelbe" Dacheindeckung mit "roter" Dachdämmung Kombination "rote" Dacheindeckung mit "gelber" Dachdämmung
Brandschutz nicht sichergestellt	Kombination "rote" Dacheindeckung mit "roter" Dachdämmung

Tabelle D: Kompensationsmöglichkeiten bei unzureichendem Brandschutz

Kompensationsmöglichkeiten für Varianten aus Dacheindeckung und Dachdämmung, die den Brandschutz nicht oder nur teilweise sicherstellen.
1. Austausch der Dachdämmung gegen nicht brennbare Materialien (A1, A2 nach DIN 4102-1)
2. Installation von Zementbauplatten (mind. 6 mm) über bzw. unter Dacheindeckung in einem Umkreis von mind. 1,25 m um die Module (Bei Installation über Dach sind die Platten zu versiegeln.)
3. Abdeckung mit Betonwerksteinplatten oder anderen mineralischen Platten (mind. 4 cm) in einem Umkreis von 1,25 m um die Module oberhalb der Dachabdichtung
4. Mineralwolldämmplatte oder Mineralvlies (mind. 6 cm) vollflächig unter der Dachabdichtung; (alternativ mindestens in einem Umkreis von 1,25 m um die Module)

Kompensationsmöglichkeiten für Varianten aus Dacheindeckung und Dachdämmung, die den Brandschutz nicht oder nur teilweise sicherstellen.	
5.	Aufbringen einer ≥ 5 cm hohen Kiesschicht (16/32) in einem Umkreis von 1,25 m um die Module oberhalb der Dachabdichtung
6.	Massive Betondachkonstruktion (Stahlbeton, Spannbeton, Verbundkonstruktion etc) mit Feuerwiderstand gemäß Brandschutzkonzept unterhalb der Dacheindeckung und Dachdämmung (Neubau- oder Bestands-Betondachkonstruktion)
7.	Dach- oder Deckenkonstruktion Allgemein (z. B. Holz) mit Feuerwiderstand entsprechend Punkt 6.
8.	Einsatz von PV-Modulen der Baustoffklasse A nach DIN 4101-1
Hinweis: Bei der Anwendung von baulichen Kompensationsmaßnahmen ist die statische Tragfähigkeit der Gesamtkonstruktion zu beachten und zu überprüfen, siehe auch Punkt a) Dachaufbauten, Seite 1!	

Brandverhalten von Dämmstoffen nach DIN 4102-1

A1: Baustoffe dieser Klasse sind nicht brennbar, enthalten keine brennbaren Bestandteile, keine Rauchentwicklung und kein brennendes Abtropfen, z. B. Beton, Ziegel, Steinwolle

A2: Baustoffe dieser Klasse sind nicht brennbar, dürfen aber gewisse Anteile brennbarer Bestandteile enthalten, keine Rauchentwicklung und kein brennendes Abtropfen, z. B. Gipskarton glatt

B1: Baustoffe dieser Klasse sind schwer entflammbar und dürfen nach Entfernen einer Zündquelle nicht selbständig weiterbrennen, z. B. PUR/PIR

B2: Baustoffe dieser Klasse sind normal entflammbar, die Entzündbarkeit muss bei einer Kanten- oder Flächenbeflammung mit kleiner Flamme auf ein in der DIN vorgegebenes Maß beschränkt bleiben, z. B. Holz- und Holzwerkstoffe

B3: Baustoffe dieser Klasse sind leicht entflammbar und dürfen in Gebäuden nur als sog. Verbundwerkstoffe eingesetzt werden, z. B. Einsatz von Stroh als Verbundwerkstoff

Abkürzungen

PUR = Polyurethan EPS = expandiertes Polystyrol TPO = thermoplastische Polyolefine
 PIR = Polyisocyanurat XPS = extrudiertes Polystyrol FPO = flexible Polyolefine
 PVC = Polyvinylchlorid EPDM = Ethylen-Propylen-Dien-Kautschuk

Quelle: AMEV "EltAnlagen" – Ergänzung PV-Anlagen

Voraussetzungen zur Errichtung einer PV-Anlage auf einem Dach:

Auf den städtischen Dächern der Stadt Frankfurt a.M. dürfen nur PV-Anlagen installiert werden, wenn die Voraussetzung nach Tabelle 3 „**Brandschutz sichergestellt**“ oder eine Kompensationsmaßnahme nach Tabelle 4 erfüllt ist. Dies ist vor Beginn der Arbeiten vom Auftragnehmer/Errichter zu prüfen und mit dem Auftraggeber abzustimmen.

Hinsichtlich der konstruktiven Durchbildung von Anschlüssen der Dachdämmung an Durchdringungsstellen sind die Vorgaben und Empfehlungen aus der DIN 18234 „Baulicher Brandschutz großflächiger Dächer“ und der VdS 2216 „Brandschutzmaßnahmen für Dächer – Merkblatt für die Planung und Ausführung“ umzusetzen.

Erläuterung:

Die DIN 18234 gilt nach Definition im Teil 1 im Wesentlichen für Dächer von Hallenbauten großer Abmessungen und definiert diese z. B. für Versammlungsstätten. Die DIN regelt Durchdringungen, Anschlüsse und Abschlüsse von Dachflächen. Das VdS-Merkblatt konkretisiert dann mit Hinweis auf die DIN Ausführungsdetails.

Anschlüsse der Dachdämmung, wenn diese aus B1 bis B3 Materialien besteht, an kleine Durchdringungen (Rohrleitungen, Abläufe etc.) und an große Öffnungen (RWA-s, Lichtkuppeln, Lichtbänder, Glasdachkonstruktionen etc.) sind entsprechend den Empfehlungen aus der DIN 18234 und dem VdS Merkblatt 2216 auszubilden. Dafür ist an diesen Stellen eine entsprechende **nichtbrennbare Dämmung** einzusetzen, um eine Brandweiterleitung (Entstehung aus der PV-Anlage) über die Dachdämmung in das Gebäude entsprechend zeitlich zu verzögern oder zu verhindern.

Dachdurchdringungen für Leitungsdurchführungen sind brandschutztechnisch zu schotten.

Technische Mindestanforderungen für neue PV-Anlagen

<ul style="list-style-type: none"> • Einbau von PV-Wechselrichtern mit integrierten und aktivierter Lichtbogenerkennung und -unterbrechung (Prüfnorm IEC 63027), sofern der Wechselrichter im Gebäudeinneren installiert wird.
<ul style="list-style-type: none"> • Einbau von Bypass-Dioden in PV-Modulen
<ul style="list-style-type: none"> • Einsatz von selbstverriegelnden, gegen unbeabsichtigtes Lösen geschützten, Steckverbindern nach DIN EN 62852 (VDE 0126-300) mit einem Schutzgrad von mindestens IP67
<ul style="list-style-type: none"> • PV-Anlagen sind mit einer Erfassung und Weiterleitung von Stör- und Betriebsmeldungen auszustatten. Durchführung einer Funktionsüberwachung und automatisierten Anlagenüberwachung gemäß AMEV EltAnlagen 2020, Abschnitt 7.3.6
<ul style="list-style-type: none"> • Erzeugungseinheiten, die eine Erzeugungsanlage mit einem P_{AMax} > 135 kW bilden, sind – unabhängig von der Spannungsebene, an die die Erzeugungsanlage angeschlossen wird – nach der VDE-AR-N 4110 zu errichten und mit einem P_{AMax} > 500 kW zu zertifizieren und vom Sachverständigen abzunehmen.
<ul style="list-style-type: none"> • Wechselrichter müssen, insbesondere auf dem Dach, auf nicht brennbarem Untergrund abgestellt oder angebracht werden.
<ul style="list-style-type: none"> • Die Kabelführung auf dem Dach muss qualifiziert in geschlossenen, nichtbrennbaren Kabeltragsystemen (Kanäle, Rohre, etc.) erfolgen. Bei flexiblen Verbindungen sind UV-beständige und mechanisch belastbare teilbare Schutzrohre zulässig.
<ul style="list-style-type: none"> • Kabel und Leitungen auf der Wechselspannungsseite (AC) müssen nach DIN VDE 0100-712 durch Überstromschutzeinrichtungen, z.B. Leitungsschalter, Lastschalter mit Sicherung, geschützt werden. Überspannungsableiter Typ 1 und Typ 2 sind zu berücksichtigen (Je nach Blitzschutzkonzept).

Anlage 2: Technische Anforderungen für die Errichtung der PV-Anlagen

<ul style="list-style-type: none"> • Der Einsatz von Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCD's) muss bei Anlagen bis 30kWp aus Gründen des Fehlerschutzes und Brandschutzes erfolgen. Wenn eine Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD) für den Fehlerschutz vorzusehen ist (PV-Anlage bis 32A) und keine Angaben des Herstellers vorliegen, ob in der elektrischen Anlage über den Wechselrichter im Fehlerfall glatte Gleichfehlerströme auftreten können, ist eine Fehlstromschutzeinrichtung (RCD) vom Typ B oder Typ B+ gefordert. Hinweis: Eine Fehlerstrom-Überwachungseinrichtung (RCMU), die i.d.R. im Wechselrichter integriert ist, ersetzt keine Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD). Bei PV-Anlagensystemen >30 kWp sind Kabel und Leitungen. Wechselseitig gemäß DIN VDE 0100-410 als Verteilungsstromkreise anzusehen. Diese müssen entsprechend nicht über einen Fehlerstromschutzschalter (RCD) abgesichert werden. Die Herstellerangaben des Wechselrichters sind zu beachten. <p>Hinweis: Eine Fehlerstrom-Überwachungseinrichtung (RCMU), die i.d.R. im Wechselrichter integriert ist, ersetzt keine Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD).</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Auf der AC-Seite ist ein Notausschalter/Feuerwehrscharter vorzusehen. Dieser sollte im Technikraum, in dem auch die Einspeisung erfolgt, eingebaut werden. Ein zweiter sollte im Büro der Hausverwaltung oder beim Feuerwehrtabelleau angeordnet werden
<ul style="list-style-type: none"> • Sofern DC-Leitungen in das Gebäude geführt werden, ist ein Freischalter (Feuerwehrscharter) für die DC-Leitungen vorzusehen
<ul style="list-style-type: none"> • Netzfreeschalter sind aufzuschalten, wenn eine Brandmeldezentrale vorhanden ist und die Feuerwehr eine potenzialfreie Schalteinrichtung zur Verfügung stellt. Dies ist mit der Feuerwehr abzustimmen.
<ul style="list-style-type: none"> • Grundsätzlich sind PV-Anlagen an den Blitzschutz anzuschließen.
<ul style="list-style-type: none"> • Ein Überspannungsschutz der PV-Anlage für energietechnische und datentechnische Leitungen ist vorzusehen (siehe DIN EN 62305-3 Beiblatt 5, VDE 0185-305-3 Beiblatt 5).
<ul style="list-style-type: none"> • Wenn man die Anlage blitzschutztechnisch schützt (Fangstangen und ausreichend Abstand zu allen Leitungen vom Blitzschutz) und nicht einbindet ist ein Potentialausgleich (mind. 6mm² CU) zwischen dem Montagegestell der PV-Module und der Haupterdungsschiene vorzusehen.
<ul style="list-style-type: none"> • Ein Hinweisschild auf die PV-Anlage ist für die Feuerwehr im Eingangsbereich anzubringen. Falls Feuerwehrpläne vorliegen, sind die PV-Anlagen einzutragen.
<ul style="list-style-type: none"> • Ein Hinweisschild auf die PV-Anlage nach VDE-AR2100-712 ist am Hausanschlusskasten an der NSHV (Niederspannungshauptverteilung) bzw. am Hausanschlusskasten anzubringen
<ul style="list-style-type: none"> • Die Wartung der PV-Anlage sollte gemäß AMEV-Arbeitskarten für KG 442 PV-Anlagen (Variante 1 oder 2) erfolgen.
<ul style="list-style-type: none"> • Wiederkehrende Prüfungen der PV-Anlage sind mindestens wie folgt durchzuführen: <ul style="list-style-type: none"> - Jährliche Sichtkontrollen - Prüfung sämtlicher Schalter - Kontakte im Schalter sind zu reinigen und die Schalter auf Überhitzungserscheinungen zu prüfen. - Die gesamte PV-Anlage mit deren Komponenten auf festsitzende Anschlüsse sowie Hitzeerscheinungen prüfen - Sichtkontrollen müssen nach besonderen Ereignissen (z.B. Sturm, etc.) erfolgen. - Alle 4 Jahre zusätzlich Thermografiekontrollen durchführen - Alle 4 Jahre eine messtechnische Prüfung, dies gilt auch für die Niederspannungsschaltanlage

Ergänzende Informationen und Hinweise zu den Technischen Anforderungen für die Errichtung der PV-Anlagen

Hinweise zu PV-Anlagen

- Die Aufstellung der PV-Anlagen sollte nicht in Schattenbereichen erfolgen. Schattenbereiche hinter Absturzgeländern, Kaminen, Gauben, Bäumen, Masten, hohen angrenzenden Gebäuden bzw. Gebäudeteilen, hoher Bepflanzung, etc. sind zu meiden. Die Schattenbildung kann zu sogenannten Hot-Spot-Bereichen und damit zu lokalen Erhitzungsbereichen auf den PV-Modulen führen.
- Vorgegeben ist die Verwendung von Bypass-Dioden. Sie werden parallel zu den Solarzellen geschaltet. Bei Verschattungen, durch z.B. Schmutz, Laub, Bäume, Blitzschutz-Fangstangen etc, sollen sie die Spannungsumkehr und somit die Überhitzung der Zellen (Hot-Spot) und eventuell Zerstörung verhindern. Bypass-Dioden sind in der Modulanschlussdose installiert. Hinweis: In Kombination von häufiger Verschattung, ungenügender Wärmeabführung in der Anschlussdose, durch Blitzüberspannungen und Verpolung des Moduls, kann es zu Ausfällen der Bypass-Dioden kommen. (Hot-Spot: Überhitzung und Beschädigung von Zellen eines PV-Moduls, z.B. durch Verschattungen, Zellfehler oder Kontaktprobleme, etc.)
- Durch die PV-Anlage dürfen keine gefährlich berührbaren Gleichstrom-Spannungen im Brandfall im Gebäude auftreten, sodass die Personenrettung und Brandbekämpfung im Gebäudeinneren sicher erfolgen kann.
- Die Planung und Montage der PV-Anlage hat auch unter Berücksichtigung der späteren Arbeiten nach RAB 32 und Baustellenverordnung zu erfolgen und ist durch den Auftraggeber freizugeben. Es sind ausreichende Sicherungsmaßnahmen für Wartungs- und Inspektionsarbeiten sowie Verkehrswege zu den entsprechenden Arbeitsplätzen zu planen und zu realisieren.

Elektrotechnische Hinweise

- Der Elektraum ist brandschutztechnisch abzutrennen. Die Wechselrichter sind mit einem Sicherheitsabstand von mindestens 50 cm lichter Weite zueinander zu positionieren. Die Abstände und Vorgaben gemäß VdS 3145 sind einzuhalten. Auch erforderliche Herstellerangaben sind einzuhalten.
- Die maximale Leerlaufspannung der zusammen geschalteten PV-Module (String) darf die zulässige Spannungsgrenze des Wechselrichters nicht überschreiten.

Kabel und Leitungen

a) Allgemeines

- Die PV-Leitungen im Außenbereich müssen für die Außenanwendung geeignet sein. Sie müssen UV- und witterungsbeständig sein. Es dürfen für Photovoltaik-Systeme nur geeignete Kabel und Leitungen verwendet werden. Hier wird auf die DIN EN 50618 (VDE 0283-618) verwiesen.
- Die Auswahl und Verlegung von Kabeln und Leitungen der Gleichstrom- sowie Wechselstromseite hat nach allgemein anerkannten Regeln der Technik zu erfolgen. Auf die VdS-Richtlinie 2025 wird hingewiesen.
- Leitungen sind entsprechend den Verlegearten nach DIN VDE 0100-520 zu verlegen. Eine freie Verlegung von Kabeln und Leitungen ist nicht gestattet. Ansonsten führen mechanische Beanspruchungen durch feste Fremdkörper bzw. Reibung zum allmählichen Isolationsschaden an Kabeln und Leitungen.
- Kabel und Leitungen dürfen nicht direkt auf der Dachoberfläche verlegt werden (siehe DIN VDE 0100-712).
- Kabel und Leitungen dürfen nicht dauerhaft mit Wasser in Berührung kommen.
- Kabel und Leitungen sind zu fixieren oder in Kabelführungssystemen zu verlegen.
- Kabel und Leitungen sind vor Tierverschädigung zu schützen, z.B. durch Vermeidung von durchhängenden Leitungen (wie z.B. Schaukeln: d.h. Leitungen möglichst dicht am Montagesystem verlegen, Verwendung von metallischen Kanälen, Verwendung von Leitungen mit Metallgeflecht bzw. Umhüllung).
- Leitungen sollten beständig gegen aggressive Dämpfe und Stäube sein, z.B. Ammoniak. Dieses Gas kann z.B. durch Gülle freigesetzt werden.

b) Gleichstromleitungen

- Die Gleichstromleitungen im/am Gebäude sind als Gleichstromleitung zu kennzeichnen.
- Üblicher Kurzschluss-Schutz mit Überstrom-Schutzeinrichtungen wie z.B. Leitungsschutzschalter, sind nicht wirksam. Deshalb müssen diese so ausgewählt und errichtet werden, dass das Risiko eines Erdschlusses oder Kurzschlusses auf ein Minimum reduziert wird. Dies erfolgt z.B. durch die sichere Verlegung von Einleiterkabeln oder einadrigen Mantelleitungen. Die Gefahr einer Beschädigung der Kabel und Leitungen ist zu vermeiden. Z.B. dürfen diese nicht über scharfe Kanten verlegt und gezogen werden.
- Um die Gefährdung der Gleichstromleitungen durch äußere Umgebungseinflüsse zu verringern, muss folgendes beachtet werden:

- Gleichstromleitungen sind für die existierende Gleichspannung auszulegen, d.h. die höchstzulässige Gleichspannung der Leitung ist zu beachten. Leitungen sind nach VDE 0283-618 auszuwählen.
 - Aufgrund der Gefährdung durch Lichtbögen dürfen Gleichstromleitungen nicht durch Räume geführt werden, in denen leicht entzündliche Stoffe lagern (feuergefährdete Betriebsstätte gemäß VdS 2033 bzw. DIN VDE 0100-420).
- c) Wechselstromleitungen**
- Kabel und Leitungen auf der Wechselspannungsseite müssen nach DIN VDE 0100-712 durch Überstromschiefereinrichtungen, z.B. Leitungsschutzschalter, Lastschalter mit Sicherung, geschützt werden.
- d) Generatorkästen und andere Gehäuse**
- Generatorkästen und andere Gehäuse müssen entsprechend den Umgebungsbedingungen ausgewählt werden. Generatoranschlusskästen sind in Schutzklasse II (schutzisoliert) auszuführen. Sie müssen mit einem Warnhinweis versehen werden, dass aktive Teile auch nach dem Trennen vom PV-Wechselrichter unter Spannung stehen können. Um die zulässigen Grenztemperaturen einzuhalten, ist bei der Bemessung von Generatoranschlusskästen und Verteilern ein Gleichzeitigkeitsfaktor von $g=1,0$ zu berücksichtigen. Auch höhere Umgebungstemperaturen als 35°C bei Außeninstallationen sind zu beachten. In den meisten Fällen ist es ausreichend, die Einbaugeräte mit einem Abstand von 1 bis 2 TE zueinander zu installieren. Die genaue Ausführung ist den Einbauanleitungen der Geräte-Hersteller zu entnehmen. Auf UV-Beständigkeit der Gehäuse ist zu achten.
- e) Notausschalter/ Feuerwehrschiefer /Lasttrennschiefer**
- An der Gleichspannungsseite ist nach DIN VDE 0100-712 ein Lasttrennschiefer vorzusehen. Der DC-Freischalter ermöglicht im Störfall sowie bei Wartungs- und Reparaturarbeiten am Wechselrichter die Trennung von der Gleichspannungsseite. Dabei ist zu beachten, dass der Lasttrennschiefer zum Trennen von Gleichspannungen geeignet sein muss.
 - Es ist ein Freischalter für DC-Leitungen (Feuerwehrschiefer) vorzusehen. Der Begriff Feuerwehrschiefer bezeichnet eine Vorrichtung, bei der die Gleichspannungsseite einer PV-Anlage durch eine zusätzliche DC-Schaltstelle in der Nähe zu den Modulen getrennt wird. Der Feuerwehrschiefer sollte am Eingangsbereich und im obersten Geschoss installiert werden. Die örtliche Lage ist in Abstimmung mit der Branddirektion in den Feuerwehrplänen darzustellen. Die Anwendungsregel „Maßnahmen für den DC-Bereich einer PV-Anlage zum Einhalten der elektrischen Sicherheit im Falle einer Brandbekämpfung oder einer technischen Hilfeleistung (VDE-AR-2100-712) ist zu beachten.
- f) Blitzschutz**
- Die Kennzeichnung der PV-Anlage und der Abschalteneinrichtung („PV-Abschaltung“) erfolgt am Hausanschlusskasten bzw. der Gebäudehauptverteilung und soweit vorhanden am Feuerwehrintormationszentrum (FIZ) der Brandmeldeanlage (BMA) durch entsprechende Warn- und Hinweisschilder, sofern vorhanden. Die Hinweisschilder müssen gut sichtbar angebracht, formstabil und lichtbeständig und sollten fluoreszierend sein
 - Reduzierung bzw. Verringerung von der Induktion von Blitzströmen in die Gleichstromleitungen durch Vermeidung von großen Leiterschleifen.
 - Die Potentialausgleichsleiter sind parallel in möglichst engem Kontakt zu den DC- und AC-Leitungen zu führen.
 - Zudem sind die Leitungen in nichtbrennbaren Kabeltragsystemen zu verlegen, wobei diese beidseitig in den Potentialausgleich mit einzubeziehen sind (bei geerdeten aktiven DC-Leitern sind besondere Anforderungen an deren mechanische Belastbarkeit zu beachten).
 - Die PV-Anlagen sind ggf. an den Blitzschutz anzuschließen. Je nachdem, ob der Trennungsabstand zwischen den PV-Modulen und der Blitzschutzanlage eingehalten werden kann oder nicht.
 - Um einen vorhandenen Blitzschutz nicht zu beeinträchtigen, sind vorzugsweise die PV-Module vollständig im Schutzbereich der Fangeinrichtungen zu montieren. Dabei ist ein ausreichender Trennungsabstand (Abstand zwischen Gleichstromleitungen und Blitzschutzanlage) nach VdS 2031 zu beachten. Kann der Trennungsbereich aus technischen Gründen nicht eingehalten werden oder liegt die PV-Anlage nicht im Schutzbereich der Fangeinrichtungen, müssen blitzstromtragfähige Verbindungen, z.B. $16\text{ mm}^2\text{ CU}$, zwischen äußerem Blitzschutz und PV-Modul-Gestell hergestellt werden. Um zu vermeiden, dass Blitzströme ins Gebäude gelangen, dürfen Gleichstromleitungen nicht in das Gebäude geführt werden und Wechselrichter und PV-Verteilung sind außerhalb des Gebäudes anzubringen. Ist der Hausanschluss für die PV-Anlage innerhalb des Gebäudes, muss am Gebäudeeintritt der PV-Anschlussleitung ein Blitzstromableiter Typ 1 installiert werden.

- Die Einbindung in den Blitzschutz ist zu planen und mit allen erforderlichen Komponenten durch den Errichter zu dimensionieren. Die Auswahl der Überspannungsschutzgeräte (Ableiter) ist u.a. davon abhängig, ob ein äußerer Blitzschutz vorhanden ist und ob bei vorhandener äußerer Blitzschutzanlage der notwendige Trennungsabstand eingehalten wird. Bei komplexeren Anlagen sollte der Errichter der PV-Anlage eine speziell ausgebildete Fachkraft für den Blitzschutz hinzuziehen.
- Hinweis: Nur durch vollständige Beschaltung aller Anschlüsse eines Wechselrichters kann ein wirksamer Schutz vor Überspannungen erreicht werden. Im Wechselrichter eingebaute Varistoren (Bauelement, das sich durch einen von der elektrischen Spannung abhängigen Widerstand auszeichnet) erfüllen nicht die Anforderungen an den geforderten Überspannungsschutz

g) Dokumentation

- Die notwendige vollständige Systemdokumentation nach DIN VDE 0126-23 ist im Vorfeld der Inbetriebnahme dem Eigentümer auszuhändigen.
- Inbetriebsetzungsprotokoll für Erzeugungsanlagen VDE-AR-N 4105 (E.8)
- Messtechnische Abnahmeprotokolle nach DIN VDE 0126-23-1 (DC-seitig); Anhang A-C
- Erstinbetriebnahmeprotokoll nach DIN VDE 0100-600 (AC-seitig)
- Nachweis ordnungsgemäßer Anschluss und Inbetriebsetzung- Leistungsregelung (TAB NRM 14.5)
- Nachweis der wiederkehrenden Prüfung der PV-Anlage nach DIN VDE 0105-100/A1 + VDE 0126-23-1, spätestens alle 4 Jahre

h) Inbetriebnahme

Eine Inbetriebnahme der technischen Anlage darf gem. der Norm für den Betrieb elektrischer Anlagen (VDE 0105-100) und der Berufsgenossenschaftlichen Regel (DGUV Regel 103-011 / BGR A.3) nur durch eine Elektrofachkraft mit besonderer Ausbildung (u.a. Arbeiten unter Spannung) und Erfahrung auf dem Arbeitsgebiet durchgeführt werden. (befähigte Person nach TRBS 1203). Der Nachweis ist im Vorfeld der Abnahmeprüfung zu erbringen bzw. dem Eigentümer/Auftraggeber vorzulegen, ebenso der aktuelle Kalibrierungsnachweis des Messgerätes

Nach dem Verbinden der Anschlusskabel mit den Modulen liegt sofort eine Gleichspannung an. Die Gefahr einer Körperdurchströmung und der Lichtbogenbildung ist gegeben. Daher stellt die Inbetriebnahme einer PV-Anlage für den Ausführenden eine besondere Risikosituation dar. Die Generatorseite einer PV-Anlage kann ohne den Einbau von Schaltgeräten nicht abgeschaltet werden. Die notwendigen Arbeitsschritte und Messungen müssen vor Inbetriebnahme schriftlich festgelegt werden. Diesbezüglich ist durch den Unternehmer zudem eine Gefährdungsbeurteilung anzufertigen und der Arbeitnehmer anhand dieser zu unterweisen. Es sind unmittelbar an der Arbeitsstelle während der Arbeiten geeignete Feuerlöscher vorzuhalten und bereit zu stellen, um mögliche Entstehungsbrände ggf. sofort zu löschen. Der Umfang und die Vorgehensweise der Erstprüfung einer elektrischen Anlage ist in der Norm für Prüfungen (VDE 0100-600 sowie VDE 0126-23) festgelegt. In diesem Zusammenhang ist der äußere Blitzschutz nach DIN VDE 0185-305 ebenfalls zu überprüfen.

- Darüber hinaus sind bei PV-Anlagen Besonderheiten zu beachten, die in der Norm „Netzgekoppelte Photovoltaik-Systeme – Mindestanforderungen an Systemdokumentation, Inbetriebnahmeprüfung und wiederkehrende Prüfungen“ (DIN EN 62446-1 / VDE 0126-23-1) enthalten sind. Darunter sind u.a. folgende Dinge zu prüfen:
 - Vollständige Sichtprüfung des Aufbaus, der Kabelführung und der Befestigung der mechanischen Konstruktion, Sichtkontrolle aller elektrischen Anschlüsse und Kabelverlegungen.
 - Messtechnische Überprüfung der Leerlaufspannung und der Polarität vor dem Anschluss des Wechselrichters und Abgleich mit den Gerätedaten.
 - Isolationsmessung mit ausreichender Prüfspannung, siehe Norm DIN EN 62446-1 (VDE 0126-23-1 Tabelle 1).
 - Kurzschluss-Strom-Messung aller Stränge.
 - Funktionsprüfungen.
- Zusätzlich kann die Untersuchung mittels einer Thermografiekamera fehlerbedingte Wärmequellen aufgrund kurzgeschlossener Zellen, Lötfehler, Risse mit Wärmeentwicklung elektrischer Verbindungen usw. aufzeigen, die brandursächlich sein können.

Die Nachweise unter g) sind zu erbringen und gelten erst als erfüllt, wenn alle Dokumente inkl. Angaben vorliegen. Der Eigentümer/Auftraggeber behält sich vor, etwaige stichprobenartige Überprüfungen während der Abnahmeprüfung vor Ort durchzuführen. Erst, wenn die Eigentümerin/Auftraggeberin ihr Zustimmung erteilt, kann aus elektrotechnischer Sicht abgenommen werden. Eine korrekt ausgefüllte Dokumentation ist Vertragsbestandteil.

h) **Wartung, wiederkehrende Prüfungen und Instandhaltung der PV-Anlage**

- Die PV-Anlage ist regelmäßig zu warten und instand zu halten. Und zwar durch regelmäßige Sichtkontrollen, regelmäßige Ertrags- und Funktionskontrolle, ereignisabhängige Sichtkontrollen, das äußere Sauberhalten von Wechselrichteranlagen und PV-Modulen. Die regelmäßigen Sichtkontrollen sollten auch mittels Thermografie-Untersuchung erfolgen (z.B. zum Aufspüren von sogenannten Hot-Spot-Bereichen). Die Oberflächentemperatur der Module sollte gleichmäßig sein. Ansonsten liegt ein Fehler im Modul vor. Durch die Betrachtung mit Thermographie lassen sich auch Verschattungsflächen und Totalausfälle erkennen. Im Rahmen der Ersterkennung versteckter Fehler ist die Thermographie ein wichtiges Hilfsmittel.
- Die **Wartung der PV-Anlage** sollte gemäß AMEV-Arbeitskarten für KG 442 PV-Anlagen (Variante 1 oder 2) erfolgen.
- Es sind in regelmäßigen Abständen **wiederkehrende Prüfungen** der PV-Anlage durchzuführen. Sichtkontrollen sollten jährlich durchgeführt werden. In diesem Zuge sollten auch Schalter einige Male in stromlosem Zustand betätigt werden (etwa 10x), um die Kontakte im Schalter zu reinigen. Zudem sollten die Schalter auf Überhitzungserscheinungen geprüft werden. Hierbei sollte die gesamte PV-Anlage mit dessen Komponenten auf festsitzende Anschlüsse sowie Hitzeerscheinungen geprüft werden. Weitere Sichtkontrollen sollten nach besonderen Ereignissen (z.B. Sturm, etc.) erfolgen. Jährlich sollten zusätzlich Thermografiekontrollen erfolgen. Zusätzlich sollte alle 4 Jahre eine messtechnische Prüfung erfolgen. Die Blitzschutzanlage sollte zusätzlich alle 5 Jahre geprüft werden. Bei Indikation sollten die Inspektionsintervalle zeitlich in kürzeren Intervallen erfolgen, wenn sich die Instandsetzung zeitlich verzögert. Die Inspektionsfähigkeit der Anlagentechnik sollte unterstützt werden durch Monitoringsysteme, die wesentliche Betriebsdaten der PV-Anlage kontinuierlich aufzeigen.
- Grundsätzlich sind elektrische Anlagen, damit auch PV-Anlagen, so zu errichten, dass die Schutzziele der geltenden Normen erreicht und durch Erst- und Wiederholungsprüfungen nachgewiesen werden.
- Eine regelmäßige gründliche Wartung, Inspektion und wiederkehrende Prüfungen der PV-Anlage ist zwingend für einen sicheren Betrieb der PV-Anlage erforderlich!

Durch die Stadt vorzulegende Unterlagen (soweit vorhanden):

1. Baugenehmigung (wegen evtl. Auflagen)
2. Dachaufsicht
3. Dachstatik des Bestandes
4. Vorhandener Dachaufbau
5. Statischer Nachweis der Dachkonstruktion mit Berücksichtigung der erhöhten Dachlast aus der PV Anlage unter Berücksichtigung einer evtl. entsprechenden erhöhten Schneelast durch die PV Anlage gem. nationalem Anhang zur DIN-EN-1991 Teil 3
6. Feuerwehrpläne
7. Zählerschema

Durch den Pächter vorzulegende Unterlagen

Vor Montagebeginn

1. Baugenehmigung, sofern erforderlich (siehe Anlage 2 - 3.9 der HBO verbunden mit den Handlungsempfehlungen zur HBO)
2. Betriebshaftpflichtversicherung des Pächters
3. Beweissicherung von bestehenden Dachschäden durch Fotodokumentation des Ist-Zustandes
4. Mit dem Amt für Bau und Immobilien abgestimmte Ausführungsplanung bestehend aus:
 - a. Übersichtsplan
Es ist ein Dachaufsichtsplan mit eindeutiger Darstellung der Art und Lage der PV-Anlagenkomponenten (Lage der spannungsführenden, nicht abschaltbaren Komponenten im Objekt, Lage des PV-Generators, Position aller DC-Freischalteinrichtungen, Sekuranten und sonstigen Absturzsicherungen und Aufstiegsleitern bzw. –Treppen, Wartungswege etc. anzufertigen. Der Plan hat den tatsächlichen Bestand darzustellen mit allen vorhandenen Oberlichtern, RWA-s, weiteren Dachaufbauten usw. Die PV-Anlage ist im Grundriss zu vermaßen.
 - b. Feuerwehrpläne
Die PV-Anlage ist in Abstimmung mit der Branddirektion in die Feuerwehrpläne oder ggf. als Anlage zu den Feuerwehrplänen zu integrieren. Im Feuerwehrplan selbst ist die Anlage durch ein Textfeld auszuweisen (ASR A 1.3).
 - c. Angabe der genutzten Dachfläche in m² und der Spitzenleistung in kWp,
 - d. Schaltplan (Schema mit Zählern und Netzeinbindung),
 - e. Kabelführungsplan mit Netztrennschaltern, Ausführungsdetails der Durchdringungen und Befestigungen (u.a. Attika, Fassade, Dach und im Gebäude),

-
- f. Montageplan für Wechselrichter und Einspeisezähler,
 - g. Blitzschutzplanung mit Auslegung,
 - h. Beschilderung für Feuerwehr,
 - i. Datenblätter für Module und Lastangaben (Eigengewicht incl. Ballastierungen und Windlasten), Modulträgersystem und Wechselrichter
5. Statischer Nachweis der Anlage gegen Abheben und Verschieben bei Wind/Sturm.
 6. Bei Denkmalschutz: Denkmalschutzrechtliche Genehmigung
 7. Aktualisiertes Zählerschema
 8. Vermerk über Abstimmung mit der Branddirektion (siehe Anlage 2)

Bei Abnahme (durch Sachverständigen)

1. Blitzschutz-Prüfbuch
2. Inbetriebsetzungsprotokoll des örtlichen Stromnetzbetreibers
3. Prüfbericht des Elektroinstallateurs gemäß DIN EN 62446 (VDE 0126-23)
4. Übersichtsplan für die Einsatzkräfte nach VDE-AR-2100-712
5. Fotodokumentation der Anlagen
6. Betriebs- und Instandhaltungsanleitungen (z.B. für die Wechselrichter)
7. Wartungsvertrag mit Wartungsintervall und Checkliste der zu prüfenden Anlagenteile incl. regelmäßiger Prüfung der Anlagen nach VDE 0105-100/A1 und DIN VDE 0126-23-1 sowie AMEV-Arbeitskarten für KG 442 PV-Anlagen (Variante 1 oder 2)

Alle Unterlagen sind gesammelt per Mail im PDF-Format und in einem Ordner im Papierformat einzureichen.

Nach § 2.7 sind die Betriebsdaten im Internet und vor Ort nach folgendem Muster darzustellen:


STADT FRANKFURT AM MAIN
Betriebsdaten der Photovoltaikanlage

dd.mm.jjjj
hh:mm:ss

Standort der Anlage:

Name der Schule
Bauteil
Straße und Hausnummer
Postleitzahl und Stadt

Betreiber der Anlage:

Bezeichnung des Betreibers
Straße und Hausnummer
Postleitzahl und Stadt
Telefonnummer
E-Mail-Adresse

Genutzte Dachfläche:

m²

Installierte Leistung:

kW_{peak}

Inbetriebnahme am:

Aktuelle Leistung:

kW

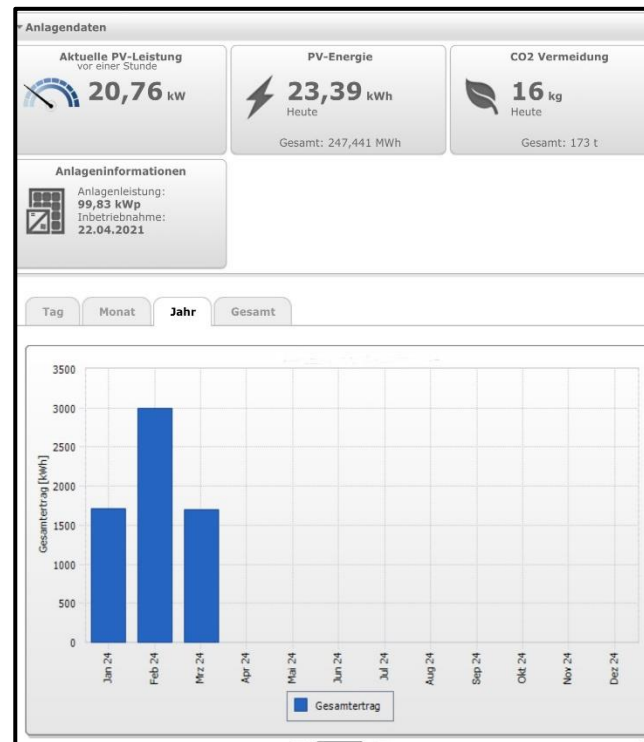
Stromerzeugung*:

kWh

CO₂-Einsparung*:

kg

*seit Inbetriebnahme



Onlinedarstellung unter:

<https://energiemanagement.stadt-frankfurt.de/> > Regenerative Energiequellen

Quelle: SMA Portal