



MB 107

Merkblatt

Photovoltaikanlagen im Feuerwehreinsatz

Ausgabe vom 07.01.2016
Ersetzt Ausgabe vom 15.07.2011

Photovoltaikanlagen im Feuerwehreinsatz

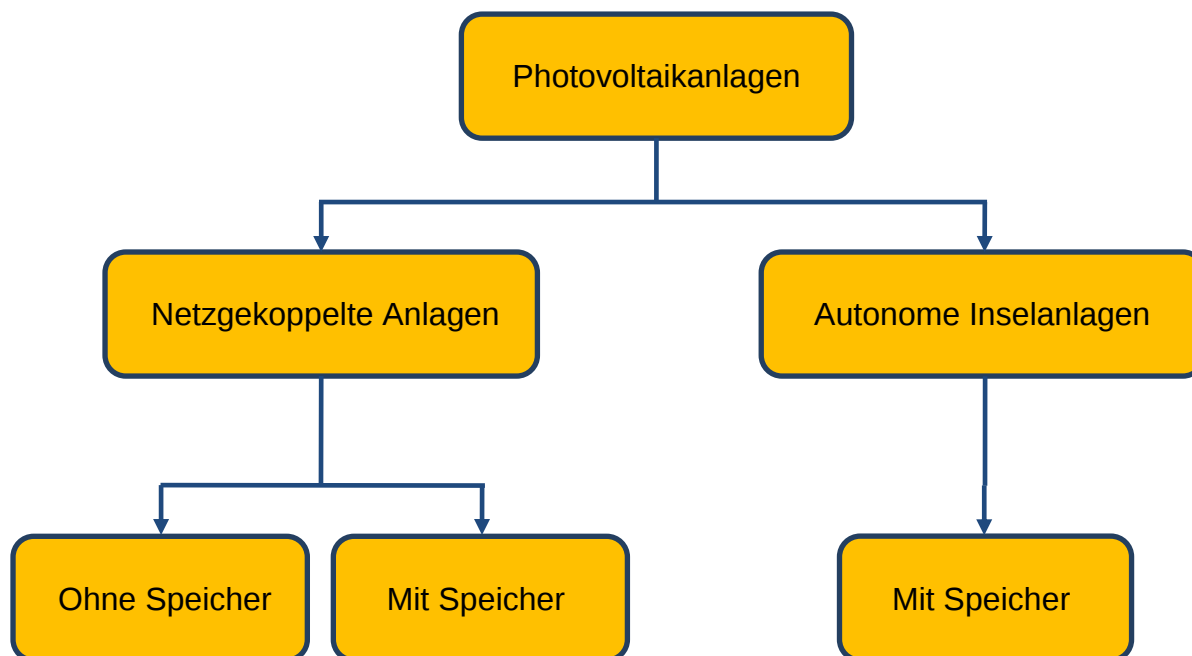
Herausgegeben in Zusammenarbeit mit der Berner Fachhochschule, Institute für Energy and Mobility Research, Photovoltaiklabor in Burgdorf.

1 Einleitung

Photovoltaik (PV)-Anlagen wandeln Sonnenenergie in elektrische Energie um. Die Solarmodule liefern dabei Gleichstrom (DC = Direct Current), der in Batterien gespeichert oder mit Hilfe eines Wechselrichters in Wechselstrom (AC = Alternating Current) umgewandelt wird. Dieser kann entweder direkt im Gebäude genutzt oder ins öffentliche Versorgungsnetz eingespeist werden. Grundsätzlich gibt es zwei Arten von Anwendungen:

Netzgekoppelte Photovoltaikanlagen, die ihre Energie zum Teil oder vollständig ins öffentliche Versorgungsnetz, mit Hilfe von Wechselrichtern, einspeisen. Dieses Konzept ist am weitesten verbreitet für die Nutzung der Sonnenenergie. Zur Steigerung des Eigenverbrauchs vom produzierten Strom kommen dabei vermehrt Batteriespeicher zum Einsatz.

Photovoltaik-Inselanlagen, die unabhängig von einem Stromnetz Verbraucher mit Energie versorgen. Zur lückenlosen Energiebereitstellung verfügen diese Systeme grundsätzlich über einen Energiespeicher (Batterie). Typische Anwendungen sind netzferne Alpen-Chalets, sowie Funksender und mobile Verkehrs-Infrastrukturanlagen.

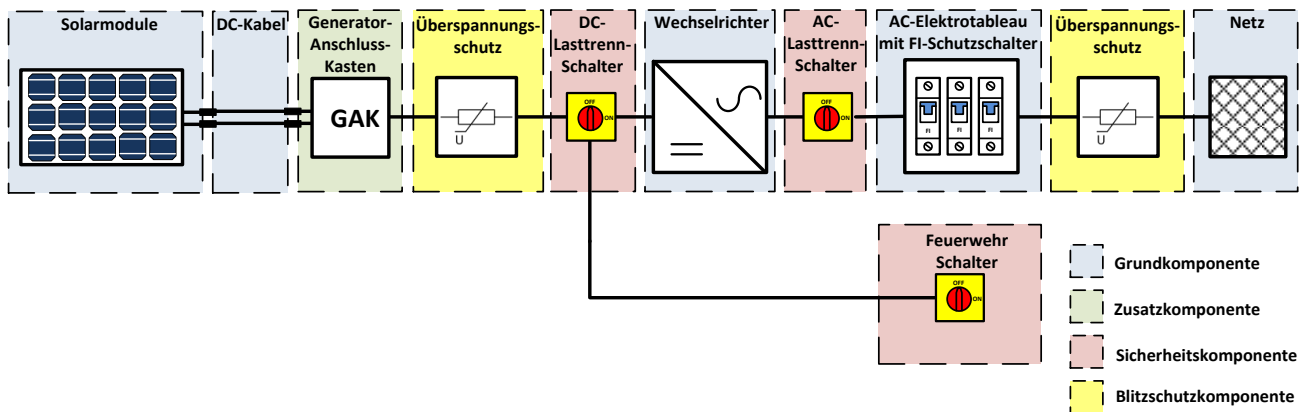


Das vorliegende Merkblatt beschränkt sich auf die Betrachtung von netzgekoppelten PV-Anlagen, wobei hinsichtlich des Feuerwehreinsatzes die Regeln auch grundsätzlich auf autonome Photovoltaik-Inselanlagen anwendbar sind.

2 Systemaufbau und Komponenten von netzgekoppelten Photovoltaikanlagen

Netzgekoppelte PV-Anlagen bestehen aus verschiedenen Systemkomponenten, sowie Sicherheitskomponenten, die bedienbar oder nicht bedienbar sind. Über welche Komponenten eine PV-Anlage verfügt, hängt von der Anlagegrösse, Standort und Jahr der Inbetriebnahme ab. Grundsätzlich bestehen PV-Anlagen aus folgenden Komponenten:

- System-Grundkomponenten
- System-Zusatzkomponenten
- Blitzschutz- und Potentialausgleich-Komponenten (nicht bedienbar)
- Sicherheitskomponenten (bedienbar)



Die Grundkomponenten sind fixe Bestandteile von PV-Anlagen.

Der Einsatz weiterer Zusatzkomponenten hängt vom jeweiligen Anlagenkonzept ab.

Die Blitzschutz- und Potentialausgleichskomponenten dienen der Betriebssicherheit von PV-Anlagen.

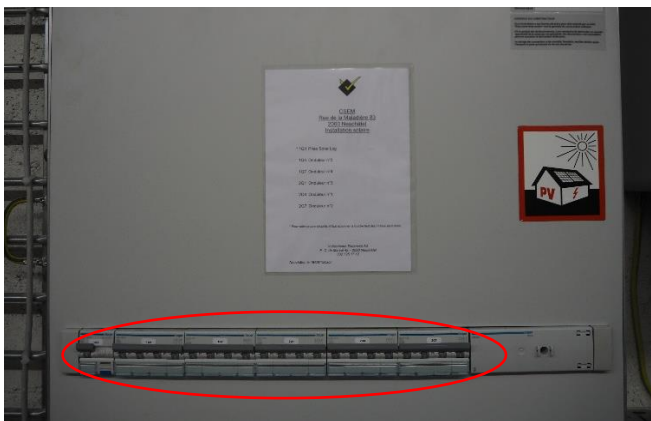
	■ Die Sicherheitskomponenten sind bedienbar. Ausschliesslich diese sollten bei einem Feuerwehreinsatz betätigt werden.
--	---

	■ Netzgekoppelte Photovoltaikanlagen sind elektrische Niederspannungsinstallationen, die mit einem DC-Betriebsstrom grösser 2A, bei üblicherweise bis zu 400 V Wechselspannung und 1000 V Gleichspannung betrieben werden. ■ Ausschliesslich bedienbare Sicherheitskomponenten im Feuerwehreinsatz betätigen. Alle anderen Veränderungen und Eingriffe führen zu einem erhöhten Sicherheitsrisiko für das Einsatzpersonal.
--	--

3 Bedienbare Sicherheitskomponenten

Fehlerstrom-Schutzschalter

PV-Anlagen verfügen grundsätzlich im 230V/400V-Elektrotableau (AC) über einen eigenen Fehlerstrom (FI) - Schutzschalter, der gut sichtbar gekennzeichnet sein muss. Mit dem FI-Schutzschalter kann die PV-Anlage vom öffentlichen Versorgungsnetz getrennt werden. Dies geschieht automatisch beim Auftreten von Fehlerströmen gegen Erdpotential oder durch die manuelle Betätigung des Schalters.



AC-Lasttrennschalter

Zusätzliche AC-Lasttrennschalter kommen bei neu installierten PV-Anlagen zum Einsatz. Diese befinden sich in der Regel nahe den Wechselrichtern.



DC-Lasttrennschalter

Wechselrichter neuerer Generation verfügen über einen gut sichtbar und einfach bedienbaren DC-Lasttrennschalter. Ältere Geräte sind nur zum Teil mit dieser sicherheitstechnischen Einrichtung ausgestattet. Mit dem DC-Lasttrennschalter kann die Verbindung zwischen den Solarmodulen und den Wechselrichtern im Betrieb gefahrlos unterbrochen werden.



PV-Feuerwehrscharter

PV-Feuerwehrscharter sind nicht obligatorisch vorgeschrieben, können aber je nach Systemaufbau und Ort der PV-Anlage Bestandteil des Sicherheitskonzepts sein. Durch Auslösen der PV-Feuerwehrscharter werden die DC-Lasttrennschalter, die sich üblicherweise im Generatoranschlusskasten (GAK) nahe den Solarmodulen befinden, abgeschaltet. Die elektrische Verbindung zwischen Solarmodulen und Wechselrichtern ist damit getrennt.



4 Entwicklung des Photovoltaik-Systemaufbaus in den letzten 30 Jahren

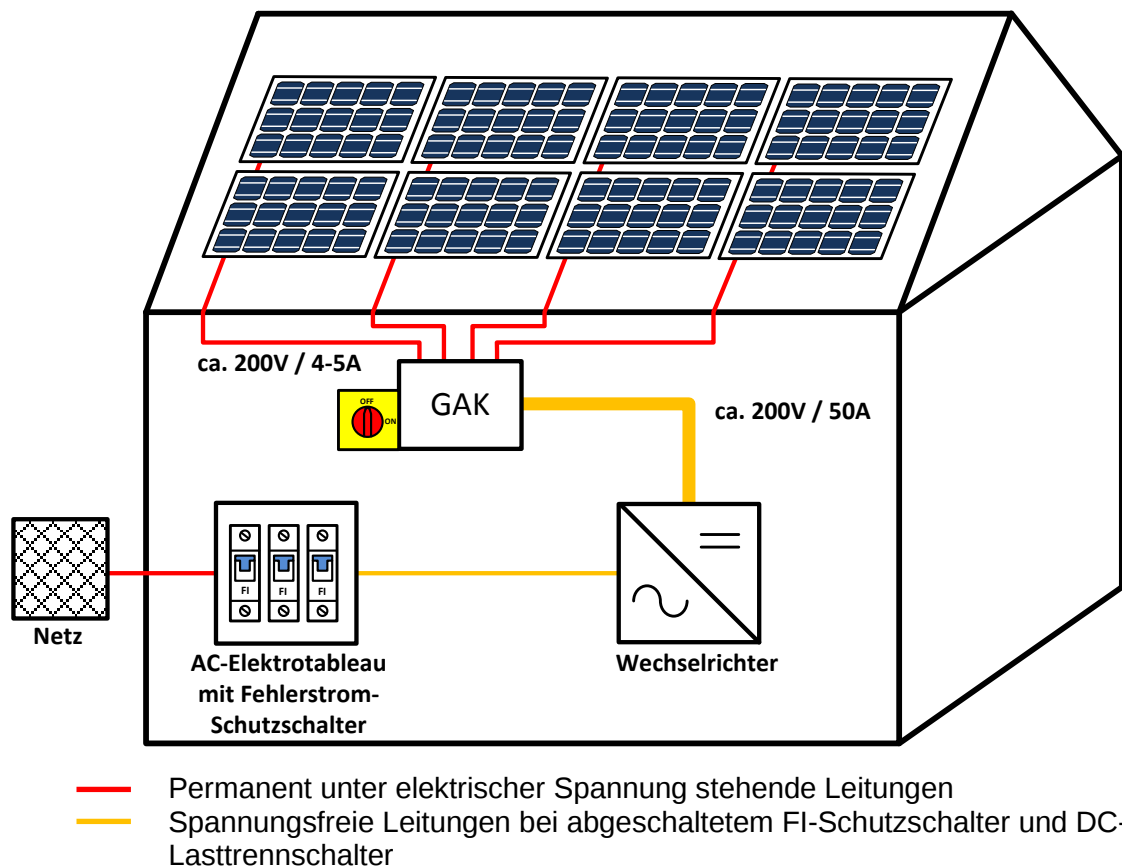
Der Systemaufbau von PV-Anlagen hat sich im Verlauf der Jahre kontinuierlich weiterentwickelt. Das Niveau von elektrischen Spannungen und Strömen wurde verändert. Sicherheitskomponenten wurden eingeführt, standardisiert und bilden heute einen obligatorischen Bestandteil von PV-Anlagen.

Der nachfolgende Überblick zeigt die wichtigsten technischen Veränderungen in Abhängigkeit des Zeitraums der Inbetriebnahme.

Inbetriebnahme vor 1995:

- Die DC-Systemspannung beträgt max. 200 V, bedingt durch den kleinen Eingangsspannungsbereich der String-Wechselrichter (Serie-Schaltung von typischerweise 6 Solarmodulen).
- Die seriell verschalteten Solarmodule werden in Generatoranschlusskästen (GAK) parallel zusammenverbunden.
- Vom GAK führt eine DC-Hauptleitung zum Wechselrichter. In der DC-Hauptleitung können Ströme von bis zu 50 A fließen. Je nach GAK besteht die Möglichkeit, die DC-Hauptleitung zwischen GAK und Wechselrichter mittels DC-Lasttrennschalter abzuschalten.
- Die Wechselrichter dieser Generation verfügen in vielen Fällen über keinen eigenen DC-Lasttrennschalter. Die Abschaltung der PV-Anlage erfolgt, falls kein zusätzlicher DC-

Lasttrennschalter im GAK vorhanden ist, ausschliesslich durch die Betätigung des FI-Schutzschalters am Elektrotabelleau (AC).

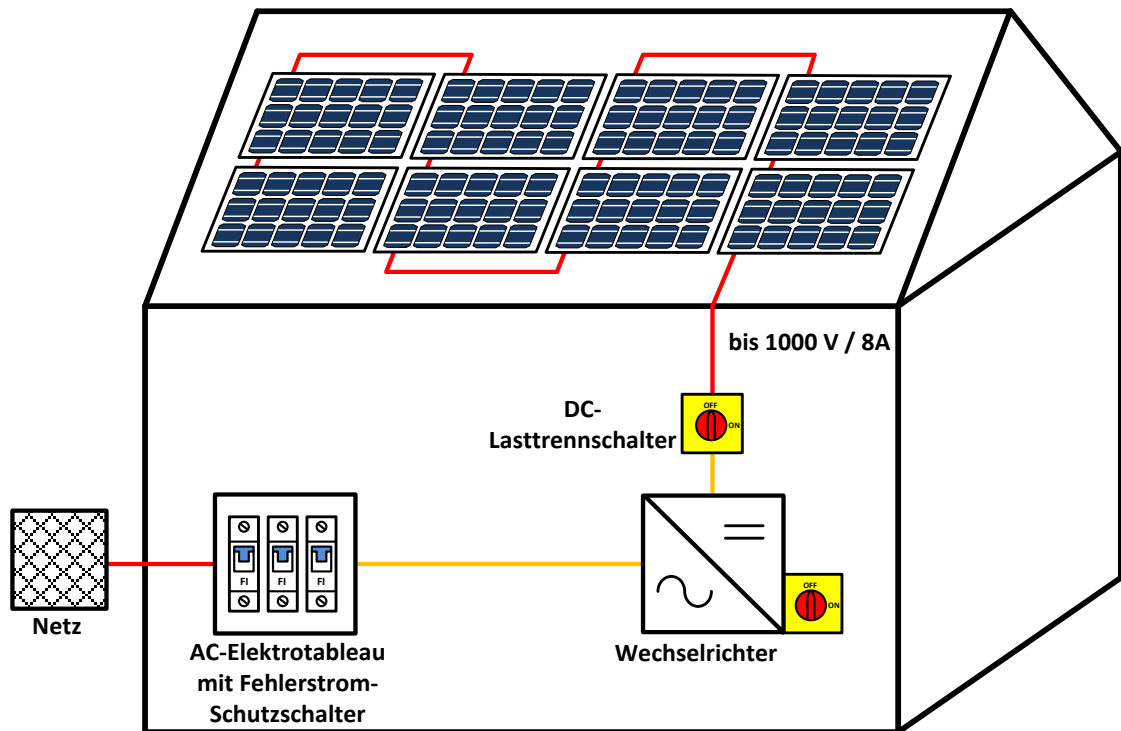


Inbetriebnahme zwischen 1995 und 2005

- Der Eingang-Spannungsbereich der Wechselrichter wurde deutlich erhöht. Betriebsspannungen (DC) von bis zu 1000 V ermöglichen die Serienschaltung von über 30 Solarmodulen.
- Die Anzahl der Solarmodul-Strings wurde typischerweise auf 1-3 pro Wechselrichter reduziert. Die Ströme pro String betragen bis zu 8 A.
- Der GAK entfällt, da die Strings direkt mit den Wechselrichtern verbunden sind.
- Die Wechselrichter verfügen in den meisten Fällen über einen am Gehäuse integrierten DC-Lasttrennschalter.

Inbetriebnahme zwischen 2005 und 2012

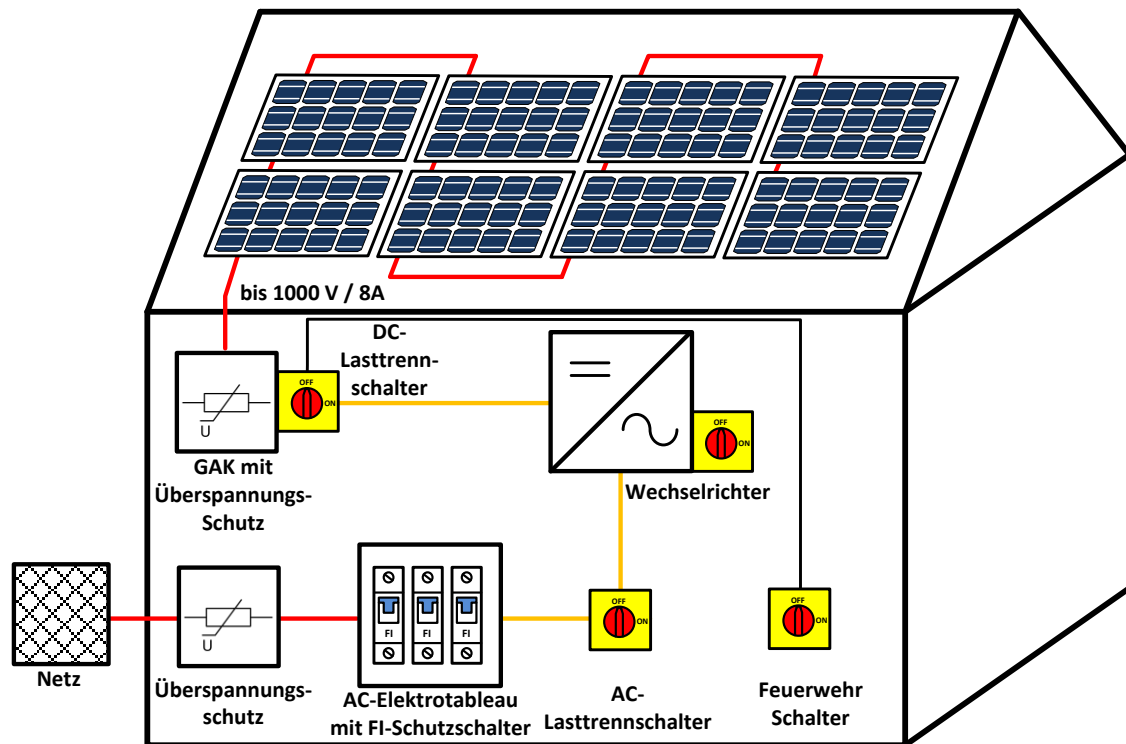
- Der Einsatz von DC-Lasttrennschaltern ist vorgeschrieben und müssen an jeder neu installierten PV-Anlage vorhanden sein. Befindet sich der DC-Lasttrennschalter nicht als integriertes Element am Wechselrichter, wird ein separater DC-Lasttrennschalter in Nähe des Wechselrichters installiert.



- Permanent unter elektrischer Spannung stehende Leitungen
- Spannungsfreie Leitungen bei abgeschaltetem FI-Schutzschalter und DC-Lasttrennschalter

Inbetriebnahme nach 2012

- PV-Anlagen werden mit Überspannungs-Schutzelementen an DC- und AC-Leitungen ausgerüstet. Für die fachgerechte Montage der Überspannungs-Schutzelemente kommen erneut Generatorschlusskästen (GAK) zum Einsatz. Diese befinden sich üblicherweise im Eintrittsbereich der DC-Kabel ins Gebäude (Aussen- oder Innenwand).
- Der GAK verfügt meistens noch über zusätzliche DC-Lasttrennschalter pro String. Die automatische Fern-Abschaltung der Strings mittels PV-Feuerwehrschalter erfolgt über diese DC-Lasttrennschalter.
- Ausschliesslich der Einsatz von Wechselrichtern mit integriertem DC-Lasttrennschalter entspricht dem Stand der Technik.
- AC-Lasttrennschalter in Nähe der Wechselrichter ermöglichen eine einfache Trennung der Wechselrichter vom öffentlichen Versorgungsnetz.



- Permanent unter elektrischer Spannung stehende Leitungen
- Spannungsfreie Leitungen bei abgeschaltetem FI-Schutzschalter und DC-Lasttrennschalter

5 Betriebszustände von Photovoltaikanlagen

Während der Tageszeit

Solarmodule produzieren ausschliesslich Energie bei Tageslicht. Sobald Sonnenlicht auf die Oberfläche trifft, kann eine elektrische Spannung an den Kontakten des Moduls ermittelt werden. Diese entsteht auch bei nur geringer Lichteinstrahlung, d.h. bei bewölktem Himmel, Sonnenaufgang oder Sonnenuntergang. Wird ein elektrischer Verbraucher mit den Solarzellen verbunden, fängt ein elektrischer Strom an zu fließen.

Anlage in Betrieb

Netzgekoppelte PV-Anlagen befinden sich im betriebsbereiten Zustand, wenn alle Lasttrennschalter, sowie der FI - Schutzschalter eingeschaltet sind. Sobald Sonnenlicht auf die Solarmodule scheint, gehen die Wechselrichter, auch bereits bei geringen Leistungen, in den Betriebszustand über und

Solarenergie wird an die Verbraucher im 230V/400V-Netz (AC) oder an das öffentliche Stromversorgungsnetz abgegeben.

Anlage ausser Betrieb

Die PV-Anlage ist ausser Betrieb, sobald die Verbindung zu Verbrauchern oder öffentlichem Versorgungsnetz unterbrochen wird. Dies geschieht durch das Abschalten des AC-Lasttrennschalters oder des FI-Schutzschalters am Elektrotabelleau (AC), sowie des DC-Lasttrennschalters. Die Wechselrichter melden die Änderung des Betriebszustands auf ihrem Display oder durch eine optische Signalanzeige.

Wichtig zu beachten ist, dass die PV-Anlage nach Ausserbetriebnahme NICHT spannungsfrei ist. Die DC-Leitungen der Solarmodule verfügen nun über die elektrische Leerlaufspannung, die bis zu 1000V betragen kann. Des Weiteren stehen die DC-Anschlussklemmen der Wechselrichter noch mindestens 5 Minuten unter elektrischer Spannung, da die Geräte über elektrische Kondensatoren verfügen, die sich nur langsam entladen.

	■ Photovoltaikanlagen, die ausser Betrieb genommen wurden, verfügen tagsüber trotzdem über lebensgefährliche elektrische Gleichspannungen. ■ Die seriell verbundenen Solarmodule verfügen permanent über Spannungen von bis zu 1000V und an den DC-Anschlussklemmen der Wechselrichter liegt eine temporäre Entladespannung an.
---	---

Während der Nacht

Nächtliche Lichtquellen erzeugen keine lebensgefährlichen elektrischen Spannungen an PV-Anlagen.

Das Mondlicht erzeugt eine nur geringe elektrische Spannung an den Solarmodulen, die unter Last, z.B. bei Berührung, sofort wieder zusammenbricht.

Das Scheinwerferlicht bei Brandeinsätzen oder das Licht eines Brandes bestrahlt Solarmodule typischerweise sehr inhomogen, aus dem Grund wird nur eine niedrige elektrische Spannung erreicht. Dennoch sollte der DC-Lasttrennschalter abgeschaltet werden, damit die Aufladung der Kondensatoren in den Wechselrichter verhindert wird.

	■ Durch Mond und Scheinwerferlicht entstehen nachts keine lebensgefährlichen elektrischen Spannungen. Die Betätigung des DC-Lasttrennschalters resp. des PV-Feuerwehrschalters im Brandfall wird empfohlen, auch wenn die Photovoltaikanlage nicht direkt betroffen ist.
---	--

6 Verhaltensregeln bei Photovoltaikanlagen in Betrieb

Solarmodule

Die Glasoberfläche und der Metallrahmen von Solarmodulen darf grundsätzlich nicht betreten werden. Solarmodule sind gemäss der Norm IEC 61215 auf Flächenlasten von bis zu 550 kg/m² ausgelegt, jedoch nicht auf Punktlasten, wie sie durch Personen entstehen können. Ausnahmen bilden einige Produkte, die für die Gebäudeintegration entwickelt wurden. In dem Fall müssen die Herstellerangaben vorgängig genau beachtet werden.

Zerbricht ein Solarmodul durch Betreten, besteht Stromschlaggefahr durch offenliegende, elektrisch leitende Teile.



Gleichstrom (DC)-Stecker

DC-Stecker werden zwischen den Solarmodulen, an den Generatoranschlusskästen und an den Wechselrichtern eingesetzt. Die Stecker können einfach entriegelt und auseinandergezogen werden. Ist die PV-Anlage in Betrieb und es fließt Strom in den DC-Kabeln, besteht akute Lichtbogen- und Stromschlaggefahr beim Auseinanderziehen der Stecker.



Gleichstrom (DC)-Solarkabel

DC-Solarkabel sind speziell für die Übertragung von Gleichstrom entwickelt. Sie sind besonders robust und verfügen über eine doppelte Isolation. Beschädigungen durch mechanische Einwirkungen sollten dennoch vermieden werden, da anderenfalls die Gefahr von Kurzschlüssen, Lichtbögen- und Stromschlaggefahr besteht.

	■ Wechselspannungen (AC) grösser 50 V und Gleichspannungen (DC) grösser 120 V sind für den Menschen gefährlich. Stromstärken ab 50 mA können tödliche Folgen haben. ■ Schäden an Photovoltaikanlagen stellen daher grundsätzlich eine Gefährdung für Personen dar. ■ Bei Beschädigung und unkontrollierter Trennung von DC-Solarkabeln und DC-Steckern besteht akute Gefahr von Lichtbögen, Stromschlägen und Kurzschlüssen. ■ Solarmodule grundsätzlich nie betreten.
--	--

7 Beschriftungen und Warnhinweise

Das Eidgenössische Starkstrominspektorat (ESTI) schreibt seit 2012 die Beschriftung der sicherheitstechnischen Komponenten von PV-Anlagen vor. Strom- und spannungsführende Komponenten müssen einfach identifizierbar, sowie Lasttrennschalter und Schutzschalter schnell erkennbar sein.

Warnhinweis "Achtung Rückspeisung Solaranlage" befindet sich am 230V/400V-Elektrotabelleau (AC) oder in der Nähe der Wechselrichter.



⚡ ACHTUNG RÜCKSPEISUNG SOLARANLAGE!
Fremdspannung EEA! Trennstelle Netz-EEA!
Bei Störungen oder Feuer bitte hier abschalten!

Betriebsspannung DC
Umpp V max. Uo V

Betriebsstrom DC
Impp A max. Ik A

Wechselrichter ☐ mit/ ☐ ohne galvanischer Trennung

DC Leistung der Anlage Pmpp kWp

www.swissolar.ch 0848 00 01 04



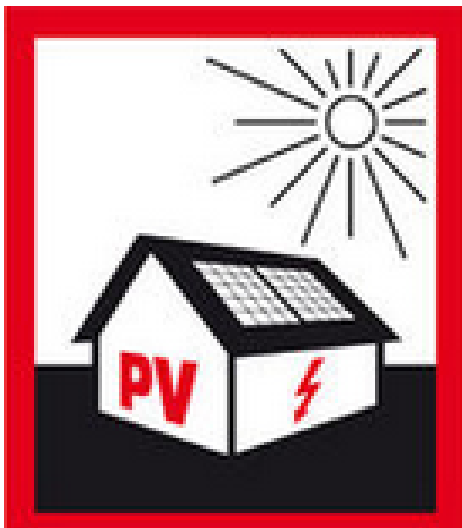
⚡ Solar-DC-ANLAGE!

Maximale Leerlaufspannung V_{dc}

Wechselrichter mit ☐ ohne ☐ galvanischer Trennung

www.swissolar.ch 0848 00 01 04

Warnhinweis «Photovoltaikanlage» befindet sich am 230V/400V-Elektrotabelleau (AC) oder am Zugangspunkt der Anlage.



Hinweis über die «Bedienung der PV-Anlage» befindet sich an Wechselrichtern, sowie an AC- und DC-Lasttrennschaltern.



Hinweis über «strom- und spannungsführende DC-Komponenten» befinden sich an Kabelkanälen mit DC-Leitungen und Generatoranschlusskästen.



	■ Eindeutig gekennzeichnete PV-Anlagen ermöglichen einen sicheren und schnellen Einsatz der Feuerwehr. ■ Mangelhafte gekennzeichnete PV-Anlagen sollten dem Betreiber zur Nachbesserung mitgeteilt werden.
---	--

8 Ausserbetriebnahme einer Photovoltaikanlage

Die ordentliche Ausserbetriebnahme einer PV-Anlage wird wie folgt durchgeführt:

1. AC-Lasttrennschalter oder falls nicht vorhanden, FI-Schutzschalter der PV-Anlage am Elektrotabelleau (AC) ausschalten. Am Display des Wechselrichters wird daraufhin der Betriebszustand «kein Netz vorhanden» oder «OFF-Grid» gemeldet.
2. DC-Lasttrennschalter von allen Wechselrichtern ausschalten.

Die PV-Anlage ist nun ausser Betrieb, jedoch tagsüber NICHT vollständig spannungsfrei! Die DC-Kabel der Solarmodule resp. Strings verfügen nun über die Leerlaufspannung.

An den DC-Anschlussklemmen der Wechselrichter liegt noch mindestens 5 Minuten die elektrische Entladespannung der Kondensatoren an.

Im Einsatz kann auch von der Reihenfolge der Abschaltungen abgewichen werden. Oft werden zuerst die DC-Leitungen zu den Wechselrichtern unterbrochen, durch Betätigung der PV-Feuerwehrscharter oder der DC-Lasttrennschalter, danach muss noch die Trennung der PV-Anlage mittels AC-Lasttrennschalter vom öffentlichen Versorgungsnetz erfolgen.

Grundsätzlich wird mit beiden beschriebenen Verfahren das Ziel der Ausserbetriebnahme erreicht.



- Nach Ausserbetriebnahme einer PV-Anlage, die Statusmeldung an den Wechselrichtern beachten. So kann geprüft werden, ob die PV-Anlage vom AC-Netz getrennt wurde und die Solarmodule über die Leerlaufspannung verfügen.

9 Ausserbetriebnahme einer Photovoltaikanlage bei überfluteten Gebäuden

Bei überfluteten Gebäuden können sich unter elektrischer Spannung stehende Komponenten der PV-anlage im Wasser befinden. Das Betreten diese Bereiche ist verboten. Es ist der örtliche Energieversorger für die Netzabschaltung zu kontaktieren. Danach ist zu prüfen, ob weitere Gleichstromkomponenten, die noch unter elektrischer Spannung stehen, in die überfluteten Bereiche führen. Ist dies der Fall, müssen auch diese Komponenten mittels der DC-Lasttrennschalter von den Solarmodulen getrennt werden.



- Überflutete Bereiche in Gebäuden, die über eine PV-Anlage verfügen dürfen nicht betreten werden. Vorgängig sind die Komponenten der PV-Anlagen spannungsfrei zu schalten.

10 Windschäden an Photovoltaikanlagen

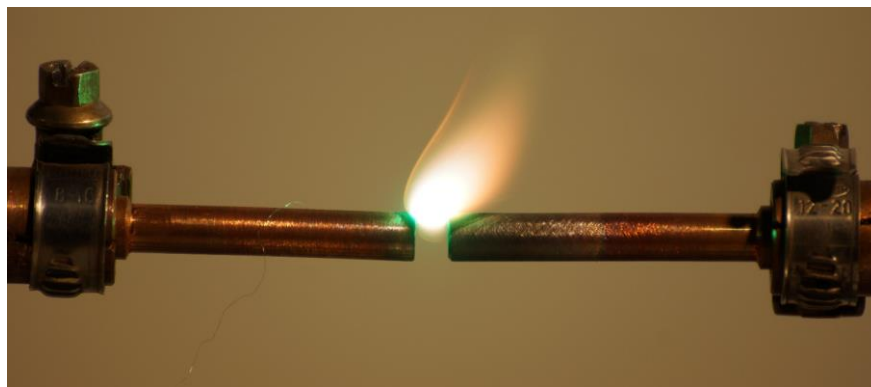
Bei Schäden an Solarmodulen und deren Befestigungskonstruktionen, bedingt durch Windlasteinwirkungen, muss vor Berührung der Komponenten, die PV-Anlage ausser Betrieb genommen werden. Erst nachdem der Stromkreislauf durch Abschaltung der DC-Lasttrennschalter unterbrochen wurde, dürfen die Gleichstrom-Stecker an den Solarmodulen und Strings auseinandergezogen und die Solarmodule angefasst werden.



- Solarmodule und metallische Teile der Befestigungskonstruktion dürfen nach einem Windschaden erst berührt werden, wenn die DC-Lasttrennschalter der PV-Anlage abgeschaltet wurden und sich die Solarmodule im elektrischen Leerlauf befinden.

11 Lichtbögen an beschädigten Photovoltaikanlagen

Lichtbögen an PV-Anlagen können durch Unterbrechungen an DC-Leitungen, durch fehlerhafte elektrische Kontakte oder durch Beschädigungen der Isolation von DC-Leitungen entstehen. Die Voraussetzung zur Entstehung eines Lichtbogens ist gegeben, wenn zwischen den stromführenden Elektroden eine Luftstrecke von wenigen Millimetern besteht. Lichtbögen können bei Gleich- und Wechselstrom auftreten. Durch die periodische Spannungsänderung bei Wechselstrom ist der Lichtbogen im Wechselstromsystem viel weniger stabil als bei Gleichstrom. Durch Gleichstrom hervorgerufene Lichtbögen werden daher nur effektiv durch die Unterbrechung des Stromkreislaufes gelöscht.



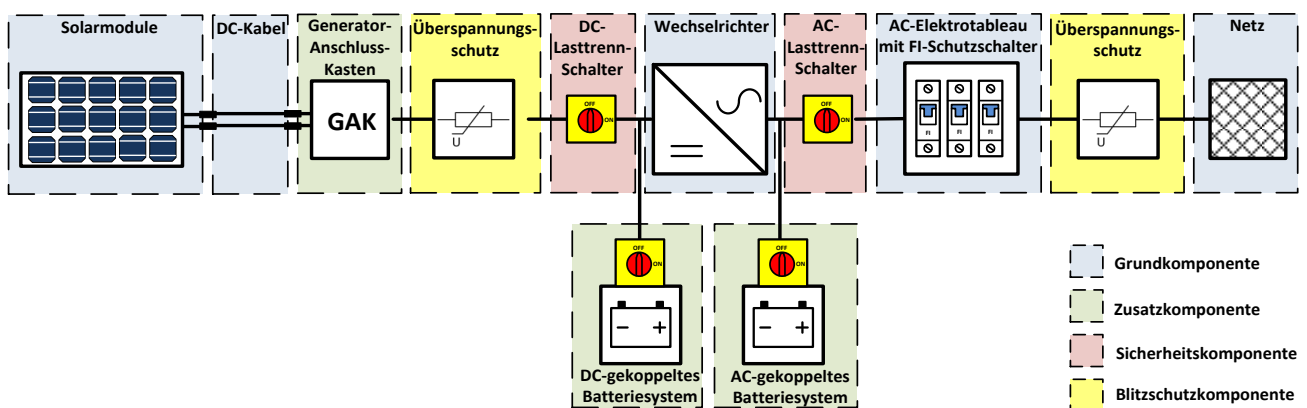
- Lichtbögen an PV-Anlagen werden durch die Abschaltung der DC- und AC-Lasttrennschalter gelöscht.

12 Photovoltaikanlagen mit Batteriespeicher

Mit Batteriespeichern kann die produzierte Solarenergie zwischengespeichert werden. Der solare Eigenverbrauch wird so deutlich gesteigert. Da die Kosten der Speichertechnologien stetig sinken und auch bestehende PV-Anlagen einfach nachgerüstet werden können, kann in der Zukunft von einer deutlichen Zunahme dieser Systemtechnologie ausgegangen werden.

Nach aktuellem Stand der Technik werden hauptsächlich Lithium-Eisenphosphat (LiFePO₄) - Batterien verwendet, aber auch herkömmliche Blei (Pb)-Batterien finden nach wie vor ihren Einsatz.

Die Batteriespeicher können auf DC-Seite oder AC-Seite vom Wechselrichter an die PV-Anlage gekoppelt werden. Bei Nachrüstungen werden typischerweise AC-gekoppelte Batteriespeichersysteme verwendet, die über einen zusätzlichen Wechselrichter verfügen.



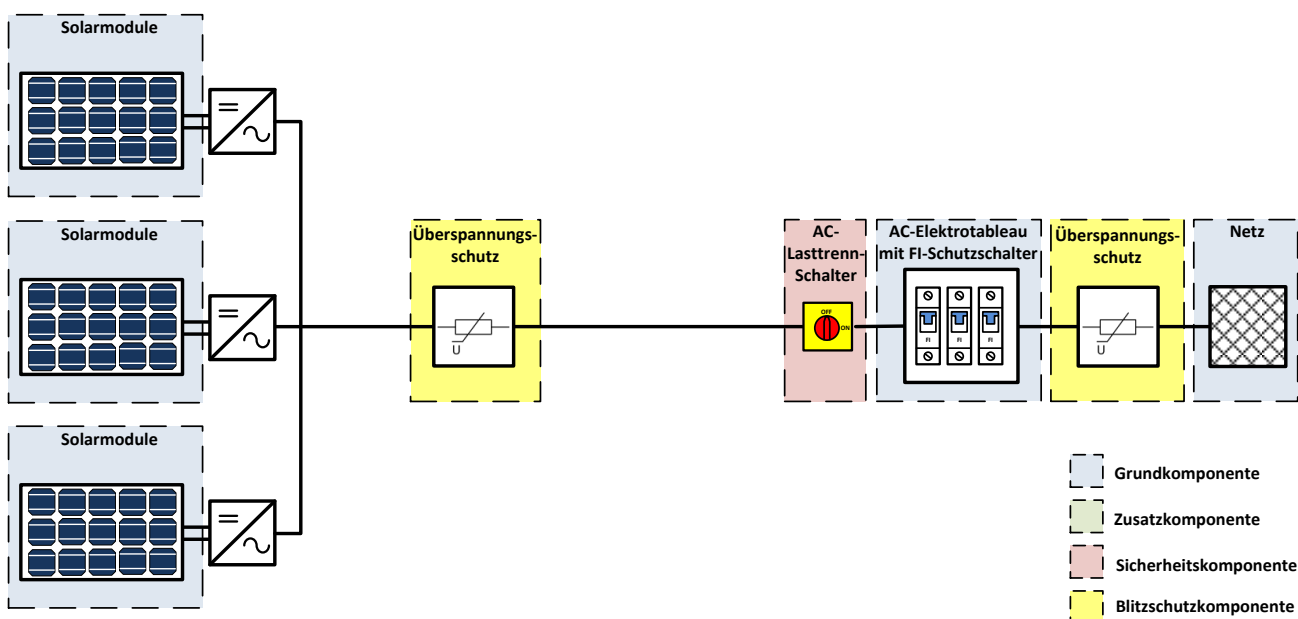
- | | |
|---|--|
|  | <ul style="list-style-type: none"> ■ Bei Ausserbetriebnahme von Photovoltaikanlagen müssen allfällige Batteriespeicher zusätzlich abgeschaltet werden. ■ Batteriespeichersysteme müssen über einen zusätzlichen und gekennzeichneten Lasttrennschalter verfügen, damit im Notfall eine sichere Ausserbetriebnahme erfolgen kann. |
|---|--|

13 Photovoltaikanlagen mit Micro-Wechselrichtern direkt an den Solarmodulen

Ein neues PV-Anlagenkonzept bildet der Einsatz von Micro-Wechselrichtern, die sich örtlich nahe an den Solarmodulen befinden. Micro-Wechselrichter verfügen über Ausgangsleistungen zwischen 200 – 350 Wp und sind mit nur jeweils 1-2 Solarmodulen verbunden. Die Geräte befinden sich systembedingt zumeist in grösserer Anzahl aussen hinter den Solarmodulen auf dem Dach und an der Fassade.

Vorteil dieser Technologie ist, dass die DC-Leitungen praktisch entfallen und die Verbindung zwischen Solarmodulen und dem Netzanschluss mit AC-Leitungen erfolgt. Die Lichtbogengefahr wird dadurch auf ein Minimum reduziert und der Systemaufbau wird stark vereinfacht. Der Einsatz von DC-Lasttrennschalter, GAK, sowie DC-Leitungen im Gebäude entfallen.

Die Abschaltung der PV-Anlage erfolgt ausschliesslich über die AC-Lasttrennschalter bzw. dem FI-Schutzschalter.



- Zur Ausserbetriebnahme von Micro-Wechselrichtern wird ausschliesslich der AC-Lasttrennschalter betätigt.
- Die Lichtbogengefahr wird mit dem Einsatz von Micro-Wechselrichtern deutlich reduziert und beschränkt sich auf den Aussenbereich bei den Solarmodulen.

14 Einsatzvorbereitung

Die vorgängige Besichtigung von PV-Anlagen im Einsatzgebiet, ab einer Grösse von 30 kWp (entspricht ca. 200 m² Solarmodulfläche) durch die Feuerwehr ist zu empfehlen. Idealerweise nimmt der Installateur oder Eigentümer eine Begehung mit der Feuerwehr bei Inbetriebnahme vor.

Für die Feuerwehr sind vor Ort folgenden Informationen relevant:

1. Ist die **Technische Dokumentation** mit allen Plänen und Elektroschemas, sowie den Komponenten der PV-Anlage vorhanden?
Eine Kopie der Dokumentation MUSS beim 230V/400V-Elektrotabelleau (AC) oder bei den Wechselrichtern hinterlegt werden.
2. Ort der **AC-Lasttrennschalter**?
3. Ort des **230V/400V-Elektrotabelleau (AC) mit FI-Schutzschalter**?
4. Ort der **DC-Lasttrennschalter** und der **Wechselrichter**?
5. Ort des **PV-Feuerwehrschafters**, falls vorhanden?
6. Ort der **Generatoranschlusskästen**, falls vorhanden? Verfügen die GAKs über DC-Lasttrennschalter und sind diese manuell oder auch mittels PV-Feuerwehrschafters bedienbar?
7. Ist der Zugang zu den **bedienbaren Sicherheitskomponenten** gewährleistet?
8. Ort der **Solarmodule**?
9. Wo ist das **Dach begehbar** ohne Solarmodule zu betreten?
10. Wo kann die **Dachhaut** geöffnet werden ohne Solarmodule zu beschädigen?
11. Ist die **PV-Anlage** mit Warn- und Hinweisschildern **gekennzeichnet**? Sind die **bedienbaren Sicherheitskomponenten** bei Einsatzdurchführung schnell **identifizierbar**?
12. Sind die **Rufnummern** des **Betriebspersonals resp. der Kontaktpersonen** bekannt und vor Ort hinterlegt?



■ Bei Anlagen ab einer Grösse von 30 kWp (200 m² Solarfläche) ist ein Feuerwehr-Einsatzplan mit den wichtigsten einsatzrelevanten Informationen zu erstellen.

15 Gefahr für die Feuerwehreinsatzkräfte

Bei Bränden an PV-Anlagen, bzw. an Gebäuden mit PV-Anlagen sind die daraus resultierenden zusätzlichen Gefahren wie elektrischer Schlag, toxische Gase und herabfallende Teile durch die Einsatzkräfte zu beachten.

Gefahr durch elektrischen Schlag

Gefahren:

- Die maximale Berührungsspannung von 50V AC und 120 V DC wird bei jeder PV-Anlage überschritten.
- An den DC-Kabeln der Solarmodule liegt tagsüber permanent elektrische DC-Spannung an.
- Lichtbögen entstehen bereits bei geringen DC-Spannungen unter Last.
- Herabhängende Elektrokabel stellen grundsätzlich eine Gefährdung dar.

Schutzmassnahmen:

- Abschaltung der Lasttrennschalter und Feuerwehrscharter auf AC- und DC-Seite.
- Entladung der Kondensatoren der Wechselrichter, mindestens 5 Minuten warten.
- Solarmodule nicht betreten.
- Solarmodule nicht beschädigen oder zerstören.
- Beachtung der Regeln im Umgang mit unter elektrischer Spannung stehenden Einrichtungen ("WAM" - Regel: Warnen, Ausschalten, Absperren, Melden).
- Einhaltung der Abstände bei Löscharbeiten an unter Spannung stehenden Kabeln und Bauteilen:
 - Sprühstrahl 5m
 - Vollstrahl 10m

Gefahr durch toxische Gase

Gefahren:

- Giftstoffe, hervorgerufen durch Verbrennung von Kabelisolierungen, Kunststoffen und Bestandteilen der PV-Module.
- Gefährdungspotential ist vergleichbar wie bei Gebäudebränden.
- Mögliche Ausbreitung der Gase über die Lüftungsanlagen.

Schutzmassnahmen:

- Umluft unabhängigen Atemschutz einsetzen
- Lüftungsanlagen abschalten
- Personenrettung / Betroffene Bereiche räumen

Gefahr durch herabfallende Teile

Gefahren:

- Fehlende Angaben über Brandverhalten und Feuerwiderstände
- Herabfallende Teile, wie bei einem Gebäudebrand
- Verbundglas der Solarmodule kann durch Erhitzen und / oder durch auftretendes Löschwasser zerbersten und Splitter können herumfliegen.
- Zusatzdachlasten begrenzt, bedingt durch PV-Module und Befestigungs konstruktion
- Teile des Solargenerators (PV-Module und Befestigungs konstruktion) können durch Abbrand der darunterliegenden Dachkonstruktion nach innen ins Gebäude fallen.

Schutzmassnahmen:

- Max. möglich Dachlast beachten
- Trümmerschatten berücksichtigen
- Gefahrenbereich absperren

Gefahr der Ausbreitung

Gefahren:

- Kamineffekt bei Aufdach- und Fassadenanlagen.
- Weitgehend geschlossene Modulflächen können zur Behinderung der Arbeit führen,
 - wenn das Dach betreten werden muss,
 - wenn die Öffnung der Dachhaut erforderlich sein sollte.
- Ausbreitungsgefahr, falls Brandabschnitte vorschriftswidrig durch brennbare Modulteile überbrückt werden.
- Brandgefahr durch Lichtbogen bei beschädigten Anlagen

Schutzmassnahmen

- Bauvorschriften beachten, Flucht- und Rettungswege freihalten.
- Mögliche Brandausbreitung beobachten (z.B. Wärmebildkamera).
- Bereiche um einen möglichen Lichtbogen sichern und Fachkraft hinzuziehen.

16 Einsatz

Überblick über die PV-Anlage verschaffen:

- Ist die Anlage oder sind Teile der Anlage betroffen?
 - Welche Komponenten sind beschädigt?
 - Welche Schäden liegen vor?
 - Wo befindet sich der AC-Lasttrennschalter
 - Ist ein PV-Feuerwehrscharter vorhanden und wo befindet sich dieser?
 - Wo befindet sich der DC-Lasttrennschalter und die Wechselrichter?
 - Sind Generatoranschlusskästen vorhanden, bei denen die DC-Leitungen bereits mit Hilfe von Lasttrennschaltern getrennt werden können?
 - Wo befinden sich die Module?
 - Kann die Dachfläche betreten und geöffnet werden ohne Solarmodule zu beschädigen?
- Einsatzkräfte auf die erkannten Gefahren hinweisen.
 - Wechselseitige Kommunikation zwischen Führung und Mannschaft.
- Gefährdungsbereiche absperren

17 Beseitigung von Brandschäden nach einem Ereignis

PV Anlagen können bei einem Brand durch die grosse Hitzeeinwirkung zerstört werden. Die Komponenten, aus denen Solarmodule bestehen, wie z.B. Kunststoff, Aluminium, Glas, Kupfer, können bei hohen Temperaturen schmelzen oder zerbersten. Aus diesem Grund trennen sich im Brandfall Siliziumteile aus dem Verbundmaterial und werden mit den Flammen in die Atmosphäre getragen.

Je nach vorherrschenden Witterungsbedingungen fallen die Teile und Partikel erst nach mehreren hundert Metern von Brandobjekt entfernt zu Boden. Bei grosser Thermik besteht sogar die Möglichkeit zur Verfrachtung über mehrere Kilometer. Die Rückstände können durch messerscharfe Splitter gefährlich für Mensch und Tier sein. In landwirtschaftlichen Zonen kann Acker- und Weideland sowie Futtermittel betroffen sein, im Siedlungsgebiet sind Spiel-, Sportplätze, Parks und Freizeitanlagen (Schwimmbad) als besonders sensibel zu betrachten.

	■ Die Rückstände sind entsprechend den Vorgaben der Amts- und Fachstellen wo nötig zu sammeln und zu entsorgen. ■ Zur Beurteilung ist der Schadenexperte der GVB (Haus und nähere Umgebung) aufzubieten. ■ Bei einer Verfrachtung in die weitere Umwelt sind das Amt für Wasser und Abfall (AWA) und allfällige weitere Stellen aufzubieten (z.B. wenn Futter- oder Lebensmittel betroffen sind). ■ Bei diesen Arbeiten handelt es sich nicht mehr um eine Feuerwehraufgabe nach Art. 13 FFG. Die Kosten (Räumungs-, Entsorgungs- und Dekontaminationskosten) können nach den allgemeinen Geschäftsbedingungen der GVB sowie allfälliger weiterer Versicherungen entsprechend übernommen werden.
---	--

18 Wiederinbetriebnahme nach einem Schadenereignis

PV-Anlagen, die bei einem Einsatz durch die Feuerwehr abgeschaltet wurden, müssen nach Beendigung des Einsatzes an den Anlagenbesitzer resp. an das Betriebspersonal übergeben werden. Ein Wiedereinschalten der PV-Anlage darf nicht durch die Feuerwehr erfolgen.

Dem Anlagenbesitzer ist zu empfehlen, vor Wiederinbetriebnahme den technischen Zustand der PV-Anlage durch einen Fachexperten oder Fachunternehmen überprüfen zu lassen.



- Die Wiederinbetriebnahme von PV-Anlagen nach einem Schadenereignis ist nicht Sache der Feuerwehr.
- Der Anlagenbetreiber resp. das Betriebspersonal sollte darauf hingewiesen werden, die PV-Anlage vor Wiederinbetriebnahme durch einen Fachexperten überprüfen zu lassen.

19 Glossar

230V/400V Elektrotabelleau (AC):	Ist mit dem öffentlichen Versorgungsnetz verbunden und dient der Verteilung von Energie im 230V/400V Netz (AC) der Gebäude.
230V/400V Netz (AC):	Elektrisches Leitungsnetz vom Elektrotabelleau (AC) zu den Verbrauchern
AC-gekoppelt:	Verbunden mit dem 230V/400V Netz (AC),
DC-gekoppelt:	Verbunden mit dem Gleichstromkreis einer PV-Anlage
AC-Seite:	ab den AC-Anschlussklemmen des Wechselrichters
DC-Seite:	ab den DC-Anschlussklemmen des Wechselrichters
Berührungsspannung:	Elektrische Spannung zwischen leitfähigen Teilen, wenn diese gleichzeitig berührt werden
AC- / DC-Anschlussklemmen:	Kabelanschlussklemmen der Wechselrichter
DC-Systemspannung :	die an den Solarmodulklemmen anliegende Spannung
Eigenverbrauch:	die gleichzeitige Produktion und Konsumation von Solarenergie
Eingangs-Spannungsbereich:	Bereich der elektrischen Spannung bei dem der Wechselrichter in den Betriebszustand gehen kann.
Fehlerstrom:	elektrischer Strom, der aufgrund eines Isolationsfehlers über eine Fehlerstelle fließt
Gebäudeintegration:	Solarsysteme, die einen Teil der Gebäudehülle abbilden und funktionell übernehmen
Generatoranschlusskasten (GAK):	Anschlusskasten zu Unterbringung von elektrischen Sammelschienen oder technischen Sicherheitskomponenten, wie Schalter und Schutzelemente
Öffentliches Versorgungsnetz:	Stromnetz, an dem Verbraucher und Kraftwerke angebunden sind.
String, Solarmodul-String: Serie-Schaltung	serielle elektrische Verbindung von mehreren Solarmodulen
String-Wechselrichter:	kleinere Wechselrichter (< 30kWp), an die mehrere Solarmodul-Strings direkt angebunden werden können.
Strom- und spannungsführende: Komponenten	elektrische leitende Komponenten
Überspannungs-Schutzelemente:	Bauteil zum Begrenzen gefährlicher Überspannungen in elektrischen Leitungen und Geräten

20 Verfasser und Literaturverzeichnis

Das vorliegende Merkblatt wurde von Christian Renken, Berner Fachhochschule, Institute für Energy and Mobility Research, Photovoltaiklabor in Burgdorf in Zusammenarbeit mit der GVB verfasst. Die Grafiken wurden durch Jonas Oliver Wälten, Berner Fachhochschule, erstellt.

Literaturquellen für die Erstellung des Merkblatts:

- Gefahr für die Feuerwehr bei PV-Anlagen, Fachbeitrag Zeitschrift Elektrotechnik 3/11
H. Häberlin, L. Borgna, Ph. Schärf, Berner Fachhochschule Burgdorf, Labor für Photovoltaik
- Lichtbogenproblematik in PV-Anlagen, Einführung und mögliche Gegenmassnahmen
D. Gfeller, Berner Fachhochschule Burgdorf, Labor für Photovoltaik
- Feuerwehreinsatz an PV-Anlagen
SMA Solar Academy
- Angst ist der falsche Ratgeber, Schweizerische Feuerwehrzeitung
Swissolar
- Merkblatt Brandschutz Solaranlagen,
VKF
- Neues im Teil 7.12 über Photovoltaikanlagen in der NIN
P. Toggweiler, Basler&Hoffmann

Checkliste «Photovoltaikanlagen im Feuerwehreinsatz»

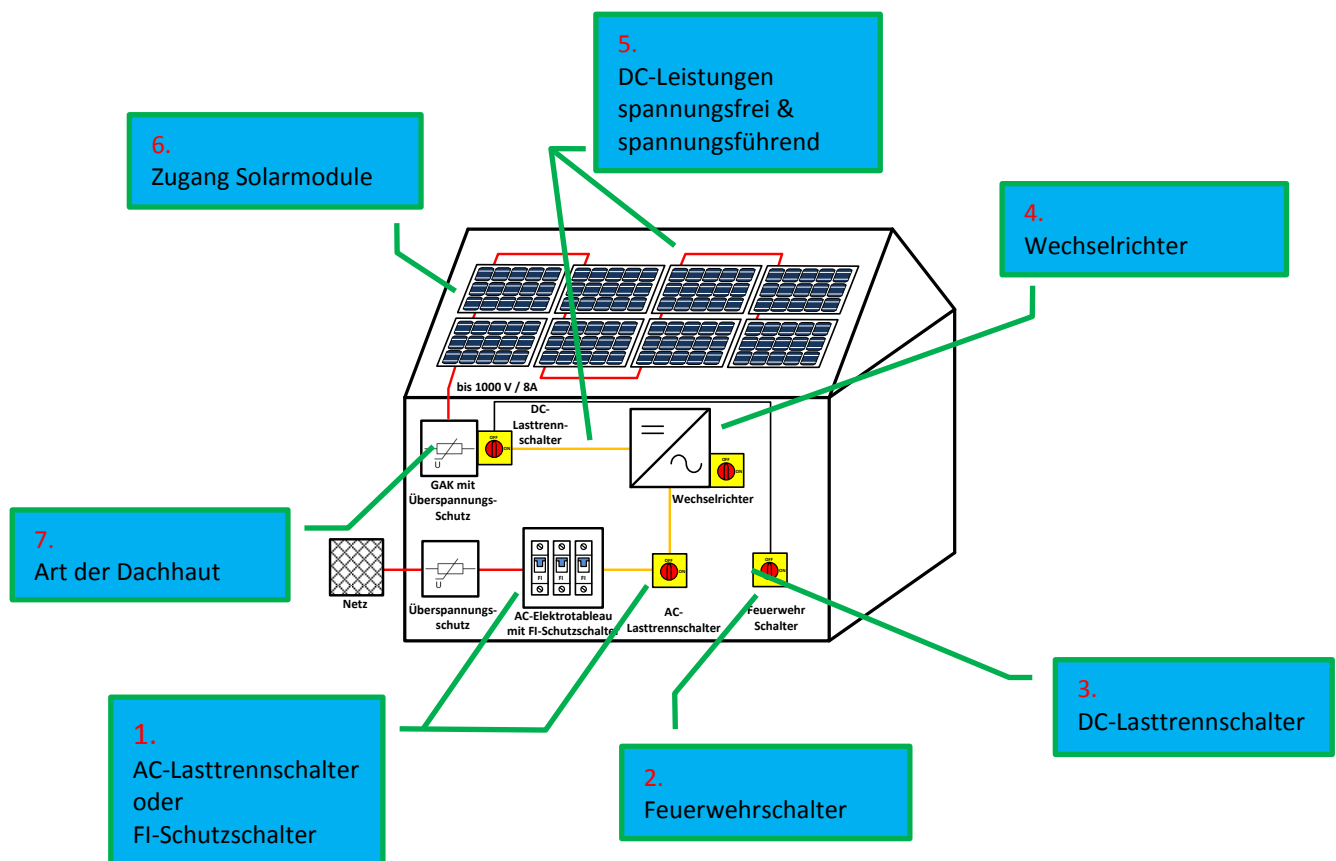
1. Art des Schadens

- Feuer
- Wind
- Wasser

2. Lichtverhältnisse während des Einsatzes

- Tageslicht (lebensgefährliche elektrische DC-Ströme und DC-Spannungen vorhanden)
- Nacht (keine lebensgefährlichen elektrische DC-Ströme und DC-Spannungen vorhanden)

3. Situation vor Ort ermitteln



4. Ausserbetriebnahme PV-Anlage

1. **AC-Lasttrennschalter** oder **FI-Schutzschalter** betätigen
 2. **Feuerwehrscharter** oder **DC-Lasttrennschalter** betätigen
- Ermittlung der weiterhin spannungsführenden DC-Leistungen!

5. Schutzmassnahmen beim Einsatz

Schutzmassnahmen elektrischer Schlag

- Entladung der Kondensatoren der Wechselrichter, mindestens 5 Minuten.
- Solarmodule nicht betreten
- Solarmodule nicht beschädigen
- Beachtung der Regeln im Umgang mit unter elektrischer Spannung stehenden Einrichtungen ("WAM" - Regel: Warnen, Ausschalten, Absperren, Melden).
- Einhaltung der Abstände bei Löscharbeiten an unter Spannung stehenden Kabeln und Bauteilen:
 - Sprühstrahl 5m
 - Vollstrahl 10m

Schutzmassnahmen bei toxischen Gasen:

- Umluft unabhängigen Atemschutz einsetzen
- Lüftungsanlagen abschalten
- Personenrettung / Betroffene Bereiche räumen

Schutzmassnahmen gegen herabfallende Teile:

- Max. möglich Dachlast beachten
- Trümmerschatten berücksichtigen
- Gefahrenbereich absperren

Schutzmassnahmen gegen die Ausbreitung

- Bauvorschriften beachten, Flucht- und Rettungswege freihalten.
- Mögliche Brandausbreitung beobachten (z.B. Wärmebildkamera).
- Bereiche um einen möglichen Lichtbogen sichern und Fachkraft hinzuziehen.