



## Information

### PHOTOVOLTAIKANLAGEN UND DEREN SPEICHERANLAGEN Einsatzmaßnahmen und Erläuterungen

1	Vorwort	5
2	Allgemeines	6
3	Anwendungsbereiche und Aufbau PV-Anlagen	9
4	Bestandteile und Aufbau von PV-Anlagen	15
5	Batteriespeicher (PV-Speicher)	24
6	Mögliche Einsatzgründe	25
7	Gefahren an der Einsatzstelle	28
8	Einsatztaktik & Einsatzdurchführung	35
9	Speicheranlagen	39
10	VB / Einsatzvorbereitung & Planung	45
11	Literaturverzeichnis	52
12	Anhang 1: Ablaufschema Feuerwehreinsatz an Gebäuden mit PV-Anlagen	53
13	Anhang 2: Begehungsprotokoll zur Einsatzvorbereitung bei PV-Anlagen	54
14	Anhang 3: 4-AB-Regel	59

## Hinweis:

Wir weisen darauf hin, dass Regelwerke des Österreichischen Bundesfeuerwehrverbandes (ÖBFV) einer regelmäßigen Aktualisierung unterliegen. Vergewissern Sie sich daher auf der Homepage des ÖBFV ([www.bundesfeuerwehrverband.at](http://www.bundesfeuerwehrverband.at)), ob es eine aktuellere Version der vorliegenden Richtlinie gibt. Zur Verwendung im Feuerwehrdienstbetrieb stehen alle ÖBFV-Richtlinien in der aktuellen Version kostenlos in der ÖBFV-Cloud (<https://cloud.oebfv.at>) zum Download zur Verfügung.

## Revisionsverlauf

Datum	Version	Änderungen
März 2024	1	Erstveröffentlichung

Medieninhaber &  
Herausgeber:

Österreichischer Bundesfeuerwehrverband  
Voitgasse 4, 1220 Wien

Telefon: +43 (0) 1 545 82 30

Fax: DW 13

E-Mail: [office@feuerwehr.or.at](mailto:office@feuerwehr.or.at)

Erarbeitet durch:

Sachgebiet 5.1 - Brand- und technischer Einsatz

Copyrightinweis:

© ÖBFV 2024, Alle Rechte vorbehalten.

Nachdruck und Vervielfältigung nur für den feuerwehrdienstlichen Betrieb zulässig. Veröffentlichungen und gewerbliche Nutzung nur mit schriftlicher Genehmigung des Medieninhabers zulässig.

Alle Grafiken und Fotos, sofern nicht anders angegeben: ÖBFV

# Inhalt

1	Vorwort	5
2	Allgemeines	6
2.1	Grundlagen von PV-Anlagen	7
2.2	Grundlagen von thermischen Solaranlagen	8
3	Anwendungsbereiche und Aufbau PV-Anlagen	9
3.1	Netzeinspeisende Anlagen	9
3.2	Inselanlagen	9
3.2.1	Beispiele von PV-Anlagen:	10
4	Bestandteile und Aufbau von PV-Anlagen	15
4.1	Montagesystem/Unterkonstruktion	15
4.2	Solarmodul (PV-Modul)	16
4.3	Solarkabel (DC-Leitung)	17
4.4	Entkupplungsstelle (ENS)	17
4.5	Generatoranschlusskasten (GAK) und Wechselrichter	18
4.5.1	Stringwechselrichter	18
4.5.2	Dezentrale Wechselrichter (Mikro Wechselrichter)	19
4.6	Not-Aus-Schalter (Feuerwehrtrennschalter, nicht verpflichtend!)	21
5	Batteriespeicher (PV-Speicher)	24
6	Mögliche Einsatzgründe	25
6.1	Ursachen für Einsätze an PV-Anlagen	25
7	Gefahren an der Einsatzstelle	28
7.1	Gefahren bei PV-Anlagen	28
7.2	Atemgifte	29
7.2.1	Schutzmaßnahmen gegen Atemgifte	29
7.3	Ausbreitung	29
7.3.1	Schutzmaßnahmen gegen die Ausbreitung	29
7.3.2	Lichtbögen	29
7.4	Elektrizität	30
7.4.1	Schutzmaßnahmen gegen Elektrizität	30
7.4.2	Wann liegt eine gefährliche Spannung an?	31
7.5	Einsturz/herabfallende Teile	31
7.5.1	Schutzmaßnahmen gegen Einsturz / herabfallende Teile	32
7.6	Gefahren an Speicheranlagen	33
7.6.1	Allgemeines zu Gefahren an Speicheranlagen	33
7.6.2	Gefahren bei Bränden von Speicheranlagen	34
7.6.3	Gefahren bei der mechanischen Zerstörung oder Beschädigung von Zellen	34
8	Einsatztaktik & Einsatzdurchführung	35
8.1	Allgemeine taktische Grundsätze	35
8.1.1	Brandereignis / Anlage ist nicht abgeschaltet	36
8.1.2	Brandereignis / Anlage durch Fachkundigen spannungsfrei geschalten	36
8.1.3	Menschenrettung / Person ist im Stromkreis	36
8.1.4	Menschenrettung / Verletzte Person im Nahebereich der PV-Anlage	36
8.1.5	Elementarereignis / Hagel	37
8.1.6	Elementarereignis / Sturm	37
8.1.7	Elementarereignis / Schneedruck	37
8.1.8	Hochwasser / PV-Anlage gefährdet	37

8.1.9	Hochwasser/ PV-Anlage im Wasser	38
8.1.10	Ergänzende taktische Hinweise für Speicheranlagen	38
9	<b>Speicheranlagen</b>	<b>39</b>
9.1	Speichertypen	39
9.1.1	Natrium-Ionen-Speicher (Salzwasserspeicher)	39
9.1.2	Blei-Basis	40
9.1.3	Lithium-Ionen-Basis	40
9.1.4	Redox-Flow-Batterie (Flüssigbatterie oder Nasszelle)	42
9.1.5	Natrium-Schwefel-Batterie (NAS)	43
9.1.6	Zink-Luft-Speicher	43
9.1.7	Wasserstoffspeicher	43
9.1.8	Flüssigmetallspeicher	44
9.1.9	Druckluftspeicher	44
9.2	Herausforderung für den Feuerwehreinsatz	45
10	<b>VB / Einsatzvorbereitung &amp; Planung</b>	<b>45</b>
10.1	Vorbeugender Brandschutz	45
10.1.1	Richtlinien zu PV-Anlagen im VB	45
10.2	Einsatzvorbereitung und Planung	48
10.2.1	Orthofotos	49
10.2.2	Schulung der Einsatzkräfte	50
10.2.3	Einsatzende / Übergabe der Einsatzstelle	51
11	Literaturverzeichnis	52
12	Anhang 1: Ablaufschema Feuerwehreinsatz an Gebäuden mit PV-Anlagen	53
13	Anhang 2: Begehungsprotokoll zur Einsatzvorbereitung bei PV-Anlagen	54
14	Anhang 3: 4-AB-Regel	59

# 1 Vorwort

Die herrschende Energiekrise und die dramatischen klimatischen Veränderungen führen zum raschen Ausbau erneuerbarer Energiequellen, insbesondere zur großflächigen Installation von Photovoltaikanlagen.

Unzählige Photovoltaikanlagen zur Stromerzeugung gibt es in Österreich bereits und jeden Tag werden es mehr. Zur Speicherung der erzeugten Energie werden verschiedenste Speicheranlagen verwendet.

Mit wachsender Zahl der PV-Anlagen steigt aber auch die Möglichkeit, dass bei einem Gebäudebrand eine PV-Anlage beteiligt ist. Unfälle aufgrund elektrischer Gefahren sind bei Feuerwehreinsätzen selten, können aber schwerwiegende Folgen haben. Das Gute: Das Thema ist mit entsprechender Schulung der beteiligten Einsatzkräfte beherrschbar.

Bei den österreichischen Feuerwehren besteht zu diesem Thema erhöhter Schulungs- und Ausbildungsbedarf. Vor allem die Frage des Eigenschutzes, der anzuwendenden Einsatztaktik sowie möglicher Geräte zur Abarbeitung des Einsatzes sind zu klären.

Vor diesem Hintergrund war es erforderlich, eine Fachunterlage zur Aufbereitung des Fachwissens sowie Unterlagen zur Wissens- und Informationsvermittlung zu entwickeln. Das ÖBFV-Sachgebiet 5.1 „Brand- und technischer Einsatz“ hat mit Unterstützung des Referates 4 „Vorbeugender Brand- und Katastrophenschutz“, des Sachgebietes 3.9 „Elektrotechnik“ und auf Basis von einschlägigen Richtlinien zum Thema (z. B. die OVE-Richtlinien, OIB-Richtlinien) sowie der Einbeziehung weiterer Experten bzw. Sachverständigen innerhalb und außerhalb des ÖBFV diese Unterlagen erstellt. Abgestimmt wurde sie darüber hinaus mit der AUVA und dem TÜV Austria.

Mit dieser Unterlage geben wir Ihnen das spezielle Fachwissen für den Einsatz in die Hand - verfasst von langjährig erfahrenen Fachleuten für Praktiker. Die E-32 enthält den neuesten Stand zu Gefahren und erfolgreich erprobten Vorgehensweisen. Sie finden darin wichtige Informationen zum Aufbau von PV-Anlagen, Hinweise für die Einsatzvorbereitung, solche zum Schutz im Einsatzfall sowie Details zum Einsatzende. Ziel ist es, Einsatzkräfte für den Ernstfall umfassend vorzubereiten.

Auf Grund der Anzahl von möglichen Ausführungsvarianten der PV-Anlagen, um das Schutzziel sämtlicher Richtlinien zu erfüllen, kann in der E-32 nicht jede Ausführungsvariante abgebildet werden. Einsatztaktisch wird prinzipiell empfohlen, dass die Anlage als ständig unter Spannung zu betrachten ist.

## **Als wesentliche und allgemein gültige Empfehlung gilt:**

- 1. Die Sicherheitsabstände sind unbedingt einzuhalten!**
- 2. Ziehen sie eine Elektrofachkraft zum Einsatz hinzu!**

Um die jeweiligen Schutzmaßnahmen bzw. Schalthandlungen einer speziellen PV-Anlage berücksichtigen zu können ist eine Einschulung/Begehung durch die Feuerwehr mit den Anlagenbetreibern/-errichtern und einer entsprechenden Dokumentation (z. B.: Pläne für die Einsatzkräfte - lt. OVE-Richtlinie erforderlich) zu empfehlen.

## 2 Allgemeines

Als Solaranlage werden sämtliche technische Anlagen bezeichnet, welche die Energie der Sonne nutzen. Eine Solaranlage wandelt Sonnenlicht bzw. Sonnenenergie in elektrischen Strom (Photovoltaik) oder thermische Energie (thermische Solaranlage) um. Durch diese technischen Anlagen können z. B. Haushalte, Industriegebäude u. dgl., einen großen Teil ihres täglichen Energiebedarfs selbstständig erzeugen und abdecken.

Man unterscheidet generell zwischen zwei Typen von Solaranlagen:

- Photovoltaikanlagen (PV-Anlagen)
- Thermische Solaranlagen (Solarthermieanlagen)
  - Flachkollektor
  - Röhrenkollektor
  - Hybridkollektor (Photovoltaik und Solarthermie in einem System)
  - Luftkollektor
  - Schwimmbadkollektor

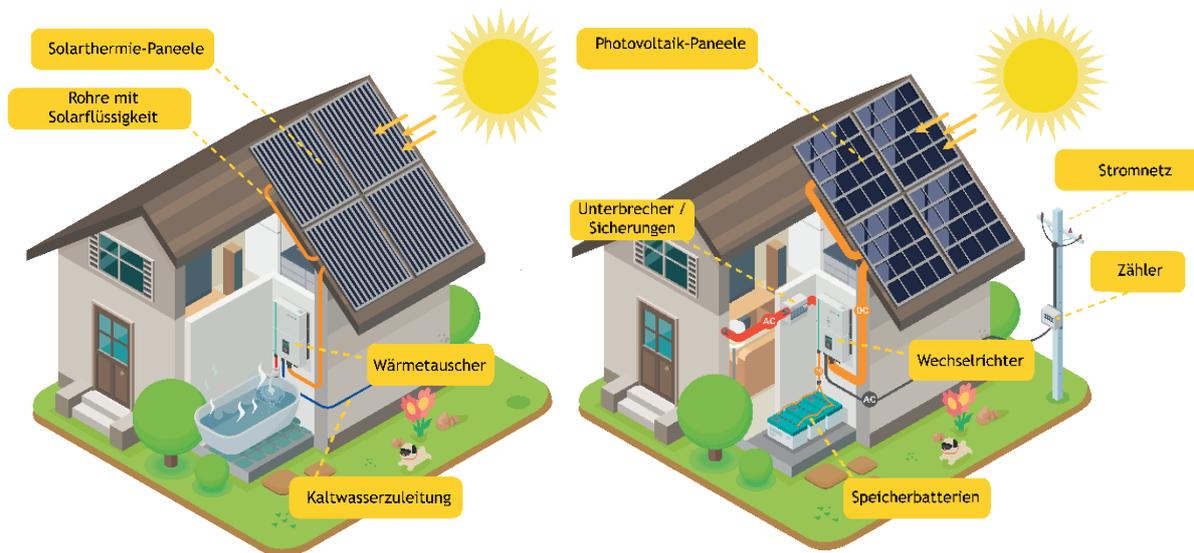


Abbildung 1: Gegenüberstellung Solarthermie zu Photovoltaik (R. Berger | FEUERWEHR.AT)

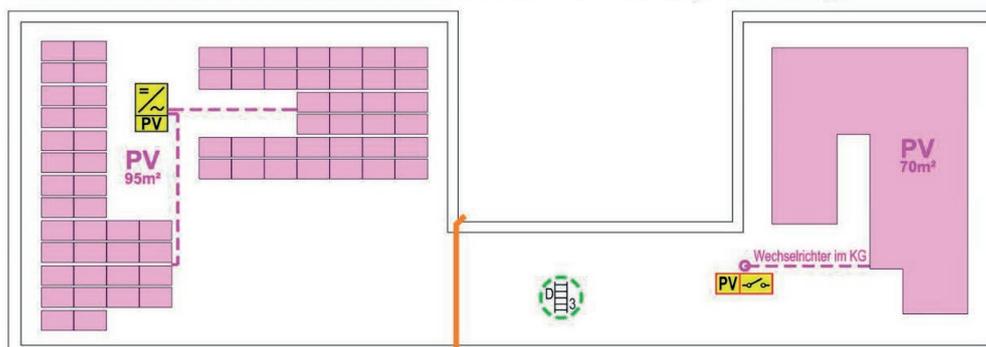


Abbildung 2: Beide Nutzungsformen von Sonnenenergie auf einem Gebäude (bianol - freepik.com)

## 2.1 Grundlagen von PV-Anlagen

Photovoltaikanlagen dienen zur Gewinnung von elektrischer Energie. Hierbei wird Sonnenenergie durch spezielle Solarmodule (PV-Module) in nutzbare elektrische Energie umgewandelt. Die Energieumwandlung in nutzbare elektrische Energie erfolgt technisch mittels Solarzellen, die in einer PV-Anlage zu sogenannten Solarmodulen (PV-Module) verbunden werden. Die von den Solarzellen erzeugte Gleichspannung (bis zu 1.500 Volt) wird mit einem Wechselrichter in Wechselspannung umgewandelt. Der von der Photovoltaik-Anlage erzeugte Strom kann entweder vor Ort genutzt (verbraucht oder gespeichert) oder ins Stromnetz eingespeist werden.

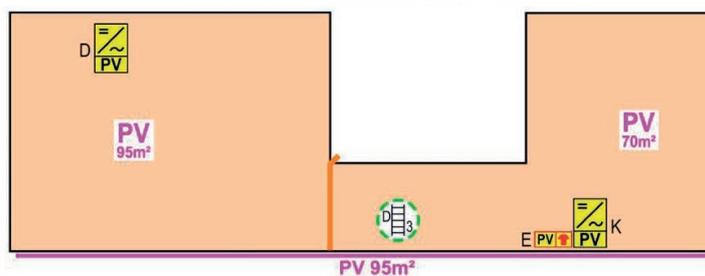
### DARSTELLUNG AM GESCHOSSPLAN (PV DACH)



### DARSTELLUNG AM GESCHOSSPLAN (PV FASSADE)



### DARSTELLUNG AM LAGEPLAN



### BEI SCHNITTSKIZZEN (AUF ALLE VORHANDENEN PLÄNE)



Abbildung 3: Mögliche Darstellung einer PV-Anlage im Brandschutzplan gemäß Anhang 13 der TRVB 121 O (BF Wien)

Zurzeit werden auf sehr vielen Dächern, Fassaden oder Freiflächen PV-Anlagen errichtet. Die Motive sind unterschiedlichster Art und es werden zahlreiche Anlagen

von Privaten, Firmen oder öffentlichen Einrichtungen errichtet. Auf jeden Fall steigt täglich die Anzahl an PV-Anlagen.

Die Kennzeichnung von PV-Anlagen in Brandschutzplänen erfolgt gemäß den Vorgaben der TRVB 121 O. Das obenstehende Bild (Abbildung 3) stellt einen Auszug aus der zum Zeitpunkt der Erstellung der E-32 gültigen TRVB 121 O dar. Für die Darstellung und die Verwendung der Symbole ist immer die TRVB in der geltenden Fassung heranzuziehen.

Entsprechend der OVE-Richtlinie R11-1 muss ein Übersichtsplan für jede PV-Anlage am Übergabepunkt der elektrischen Anlage z.B.: Hausanschlusskasten, Gebäudehauptverteiler, in geeigneter Weise Auskunft über Art und Lage der PV-Anlagenkomponenten geben.

Dazu gibt es in der TRVB 121 O (2024) einen Anhang, welcher eine einheitliche Darstellung und standardisierte Symbole für Photovoltaik-Übersichtspläne regelt.

## 2.2 Grundlagen von thermischen Solaranlagen

Thermische Solaranlagen (Solarthermieanlagen) dienen zur Gewinnung von Wärmeenergie (z. B. Brauchwassererwärmung). Hierbei wird Sonnenenergie durch spezielle Kollektoren in nutzbare Wärme umgewandelt.

Zur Wärmegewinnung werden verschiedene Arten von Kollektoren verwendet. Das Funktionsprinzip basiert auf Basis der Erwärmung einer Trägerflüssigkeit (meist ein Gemisch aus Wasser und Frostschutzmittel - Glykolgemisch) in den Kollektoren durch die einfallende Sonnenstrahlung. Durch die schwarze Beschichtung und den speziellen Aufbau der unterschiedlichen Kollektoren wird die Sonnenstrahlung absorbiert und die Trägerflüssigkeit erwärmt. Die erwärmte Trägerflüssigkeit wird durch eine Umwälzpumpe in einem geschlossenen Kreislauf zum (Warm-)Wasserspeicher befördert. In diesem befindet sich ein Wärmetauscher, wodurch die Wärme an das Wasser im Speicher übertragen wird. Die über den Wärmetauscher abgekühlte Trägerflüssigkeit fließt erneut zum Kollektor zurück. Der Vorgang wiederholt sich.

Eine thermische Solaranlage ist grundsätzlich als Zusatzsystem ausgeführt. Diese werden hauptsächlich zur Warmwasseraufbereitung und zur Heizungsunterstützung verwendet. Je nach Bautyp (Kollektortyp) und Anlagen-technologie können im Kollektor Temperaturen von bis zu 150 °C Fließtemperatur und bis zu 350 °C Stillstandstemperatur erreicht werden. Je nach Kollektortyp können thermische Solaranlagen freistehend, im

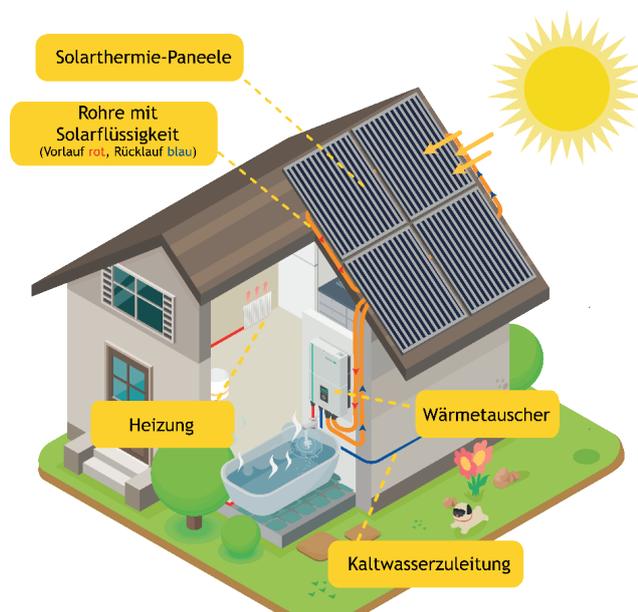


Abbildung 4: Aufbau einer thermischen Solaranlage (R. Berger | FEUERWEHR.AT)

Dachaufbau integriert (Indachmontage) und am Dach aufgebaut (Aufdachmontage) vorkommen.

Die Kennzeichnung von thermischen Solaranlagen in Brandschutzplänen erfolgt gemäß den Vorgaben der TRVB 121 O.

## 3 Anwendungsbereiche und Aufbau PV-Anlagen

Je nach Anwendungsbereich werden folgenden PV-Anlagen unterschieden:

- Inselanlagen
- Netzeinspeisende (netzgekoppelte) Anlagen
  - Indachanlagen
  - Aufdachanlagen
  - Fassadenanlagen
  - Freiflächenanlagen (mit und ohne Nachführung)
  - Freiflächenanlagen (mit Doppelnutzung z.B.: Kombination mit Windkraft, Tierhaltung landwirtschaftliche Nutzung)
  - Balkonkraftwerk (bis 800 Watt Wechselrichter Leistung)
  - Zaunkraftwerk

### 3.1 Netzeinspeisende Anlagen

Die meisten PV-Anlagen sind an das öffentliche Stromnetz angeschlossen. Sie werden auf Dächern von Ein- und Mehrfamilienhäusern sowie gewerblich oder landwirtschaftlich genutzten Gebäuden errichtet. Man spricht auch von „Aufdachanlagen“. Bauliche Besonderheiten sind PV-Anlagen, die in Hausfassaden (Fassadenanlagen) oder in die Dachhaut integriert (Indachanlagen) sind.

Als „Freiflächenanlagen“ werden Solarparks bezeichnet, die meist größere Dimensionen aufweisen. Diese können starr am Boden befestigt und in eine Richtung ausgerichtet, oder an ein bewegliches Gestellsystem montiert sein (werden je nach Sonnenstand automatisch nachgeführt). Freiflächenanlagen werden auch häufig für zusätzliche Verwendungen genutzt. Dabei werden die Flächen beispielsweise für die Tierhaltung oder intensive landwirtschaftliche Nutzung verwendet. Ebenso werden teilweise die Flächen unter Windkraftanlagen für die Errichtung von Freiflächenanlagen herangezogen.

### 3.2 Inselanlagen

PV-Anlagen, die nicht mit dem öffentlichen Stromnetz verbunden sind, sondern die erzeugte Energie in Akkumulatoren speichern, werden als Inselanlagen bezeichnet. Der Solarstrom kann als Gleichstrom direkt genutzt oder über einen Wechselrichter in Wechselstrom gewandelt werden. Die Einsatzbereiche von Inselanlagen reichen vom Parkschein-Automaten über Wochenend-Häuser oder Berghütten bis hin zur selbständigen Stromversorgung technischer Einrichtungen (z. B. Beleuchtungs- oder Funkanlagen zur unterbrechungsfreien Stromversorgung).

Es können auch netzeinspeisende Anlagen im Inselbetrieb betrieben werden. Dabei werden diese, in der Stromverteilung, vom öffentlichen Stromnetz getrennt.

### 3.2.1 Beispiele von PV-Anlagen:



Abbildung 5: PV-Anlage auf privaten Häusern (Fronius)



Abbildung 6: PV-Anlage auf Industrieobjekten (Fronius)



*Abbildung 7: PV-Anlagen auf Verkehrsflächen (Hochenegger)*



*Abbildung 8: PV-Lärmschutzwand (maryanaserdynska - freepik.com)*



*Abbildung 9: PV-Anlage auf landwirtschaftlich genutzten Objekten (Vogler)*



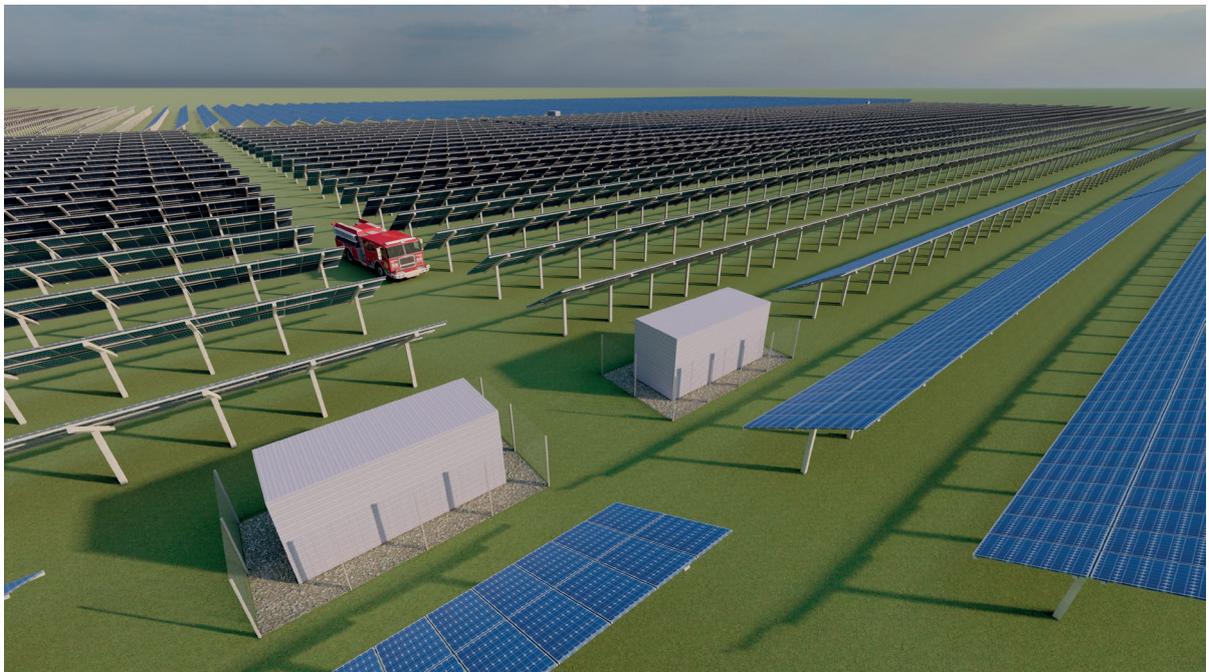
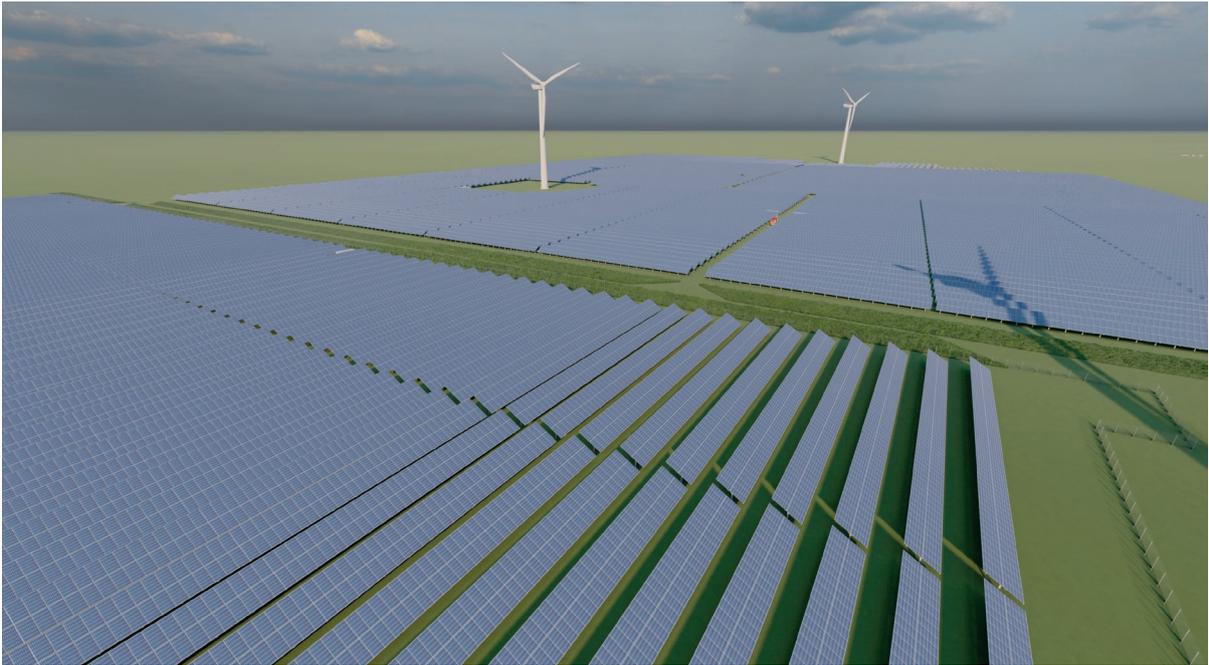
*Abbildung 10: PV-Paneele an Fassaden (Ansario - freepik.com)*



*Abbildung 11: PV-Paneele in der Natur (EyeEm - freepik.com)*



*Abbildung 12: PV Paneele in der Natur (Oleksandr Ryzhkov - freepik.com)*



*Abbildung 13 & 14: PV-Anlagen auf Freiflächen (Vogler)*

## 4 Bestandteile und Aufbau von PV-Anlagen

Die Bauteile einer PV-Anlage variieren in der Regel je nach Anlagentyp. Zu den verschiedenen Komponenten zählen:

- Montagesystem/Unterkonstruktion
- Solarmodul (PV-Modul)
- Solarkabel (DC-Leitung)
- Generatoranschlusskasten (GAK)
- Wechselrichter
- Entkopplungsstelle (ENS)
- Not-Aus-Schalter (Feuerwehrtrennschalter-optional)
- Batteriespeicher (PV-Speicher)

### 4.1 Montagesystem/Unterkonstruktion

Durch das Montagesystem sind die Solarmodule fest mit dem darunterliegenden Dach verbunden. Die eingesetzten Verbindungstechniken können nicht ohne weiteres entfernt werden, damit sie Schnee und Sturm standhalten. Die Befestigung stellt auch einen wichtigen Teil dar.



Abbildung 15: Montagevorbereitung einer PV-Anlage auf einem Pultdach (EyeEm - freepik.com)



Abbildung 16: Montagevorbereitung für „stehende“ PV-Module (user20014964 - freepik.com)

## 4.2 Solarmodul (PV-Modul)

Die Grundeinheit einer Photovoltaik-Anlage ist das PV-Modul. In einem Modul sind zahlreiche in Kunststoff verpackte Solarzellen elektrisch verschaltet. Diese Module besitzen, je nach Ausführungsvariante, meist auf der Vorderseite eine Glasabdeckung. Mehrere Module werden zu einem so genannten Solargenerator verbunden. Bei Lichteinfall wird in ihnen durch den photovoltaischen Effekt eine Spannung erzeugt, die Strom fließen lässt. Der produzierte Gleichstrom wird über Leitungen (möglicherweise in Generatoranschlusskästen zusammengeführt und) zum Wechselrichter geleitet. Dieser wandelt ihn in Wechselstrom um, der bei einer netzgekoppelten PV-Anlage über einen Zähler ins öffentliche Stromnetz eingespeist wird.



Abbildung 17: Solarpanel (freepik.com)

### 4.3 Solarkabel (DC-Leitung)

Solarkabel dienen zum Ableiten des Gleichstromes bis zum Wechselrichter. Die Dimensionierung des Leitungsquerschnitts erfolgt je nach Anlagenleistung. Solarkabel haben hohe Anforderungen hinsichtlich mechanischer Festigkeit, UV-, Wärme- und Kältebeständigkeit und sind doppelt isoliert. Die richtigen Verlege Möglichkeiten der Leitungen werden in der ÖNORM E 8101 bzw. in der OVE Richtlinie R11-1 geregelt.

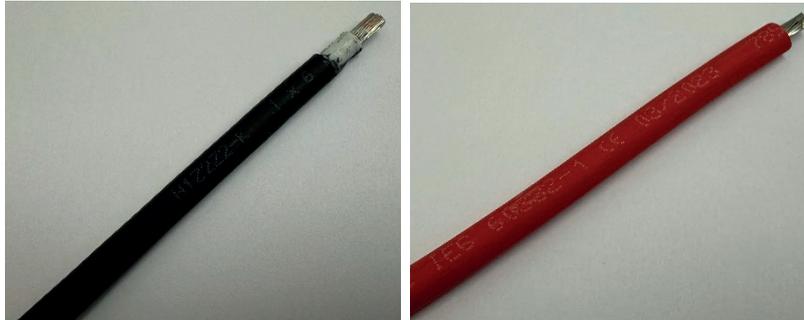


Abbildung 18 & Abbildung 19: Solarkabel schwarz und rot

### 4.4 Entkupplungsstelle (ENS)

Die ENS ist Bestandteil von einem Netzeinspeisegerät beziehungsweise von einem Wechselrichter. Unter einer ENS versteht man: "zwei voneinander unabhängige Einrichtungen zur Netzüberwachung mit jeweils zugeordnetem Schaltorgan in Reihe". Die Aufgabe der ENS besteht darin, die Photovoltaikanlage bei Störungen wie Spannungsabweichungen, Frequenzabweichungen oder Fehlerströmen vom Netz zu trennen damit die Sicherheit bei Arbeiten am Netz zu gewährleisten (keine Rückspeisung ins Netz).

Bei Wechselrichtern bis 4,6 kW, was einer maximalen Anlagenleistung von 5 kWp entspricht, ist eine einphasige ENS ausreichend. Übersteigt die Anlagenleistung diese 5 kWp, so wird eine mehrphasige ENS eingesetzt. Bei PV-Anlagenleistungen über 30 kWp muss zusätzlich noch eine frei zugängliche, manuelle Freischaltstelle vorgesehen werden.



Abbildung 20: Entkupplungsstelle (Springer)

## 4.5 Generatoranschlusskasten (GAK) und Wechselrichter

### 4.5.1 Stringwechselrichter

Mehrere DC-Leitungen der PV-Anlage werden in Generatoranschlusskästen zusammengeführt. Von hier aus gelangen die Hauptleitungen zum Wechselrichter. Bei kleineren Anlagen können die DC-Leitungen auch direkt zu den Wechselrichtern geführt werden. Die einzelnen Modulleitungen sind untereinander gekoppelt. Der Gleichstrom der Module wird im Wechselrichter zu Wechselstrom umgewandelt und im Objekt verbraucht bzw. im Anschluss bei einer netzeinspeisenden PV-Anlage über einen Stromzähler ins öffentliche Stromnetz eingespeist. Neben dieser Hauptaufgabe überwacht und regelt der Wechselrichter die PV-Anlage, dass sämtliche Parameter wie die richtige Spannung und Frequenz eingehalten werden.



Abbildung 21: Wechselrichter Montageort (Vogler)

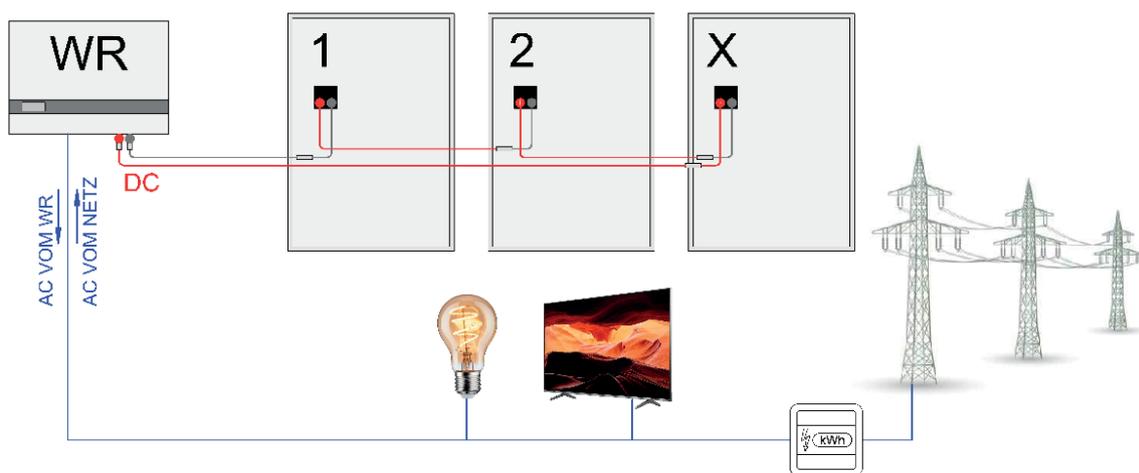


Abbildung 22: Funktionsschema Stringwechselrichter (Vogler)

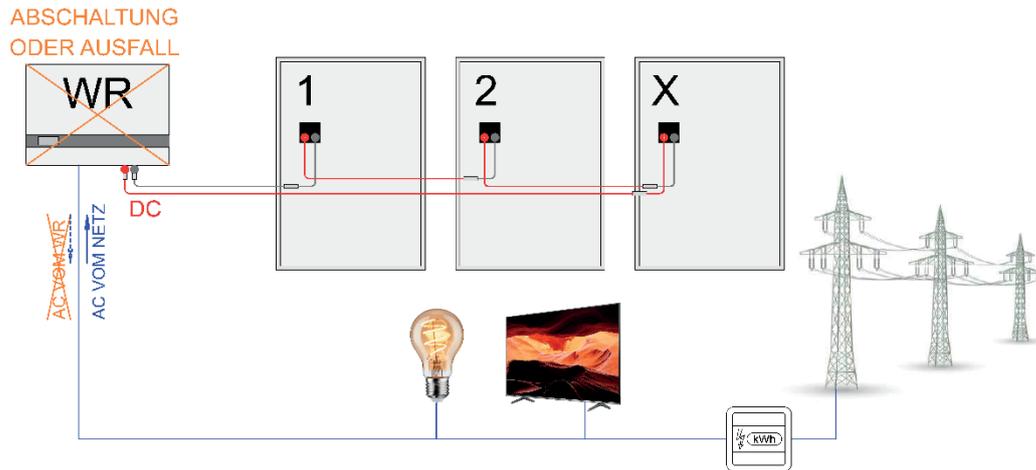


Abbildung 23: Spannungsfreiheit bei Abschaltung oder Ausfall des Wechselrichters (Vogler)

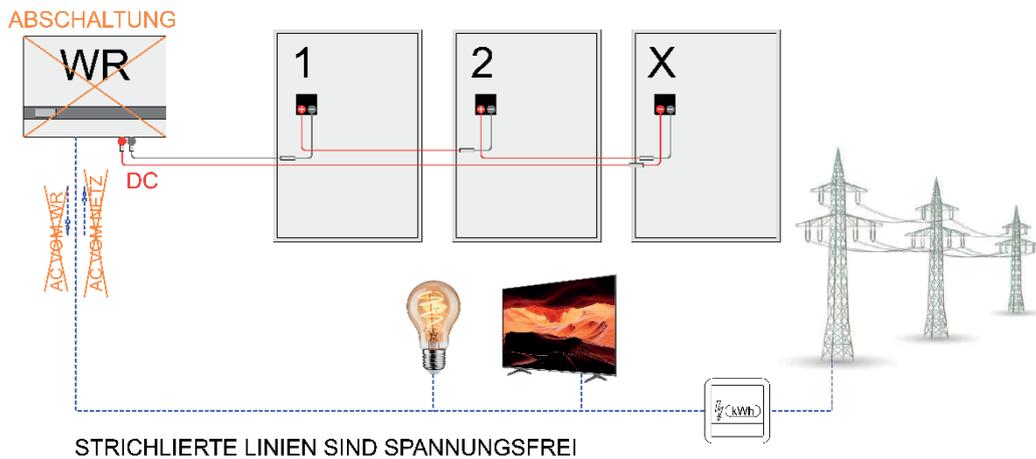


Abbildung 24: Spannungsfreiheit bei Abschaltung oder Ausfall des öffentlichen Stromnetzes (Vogler)

#### 4.5.2 Dezentrale Wechselrichter (Mikro Wechselrichter)

Dezentrale Wechselrichter (Mikro Wechselrichter) werden direkt am Modul angebracht und wandeln, den von jedem Modul produzierten Gleichstrom in Wechselstrom um. Eine DC-Leitungsführung ist daher nur sehr kurz (Modul bis zum Mikro Wechselrichter, welcher direkt am Modul befestigt wird) vorhanden. Bei den Leitungsführungen handelt es sich daher um dasselbe AC-Niederspannungssystem wie bei einem herkömmlichen Hausnetz.

Die Mikro Wechselrichter verfügen, so wie auch die Stringwechselrichter über eine Abschaltung, welche bei Ausfall oder Abschaltung der netzseitigen AC-Spannung, die Leitungen ab den Wechselrichtern spannungsfrei schaltet.

Diese Technologie findet auch bei Balkonkraftwerken Anwendung.

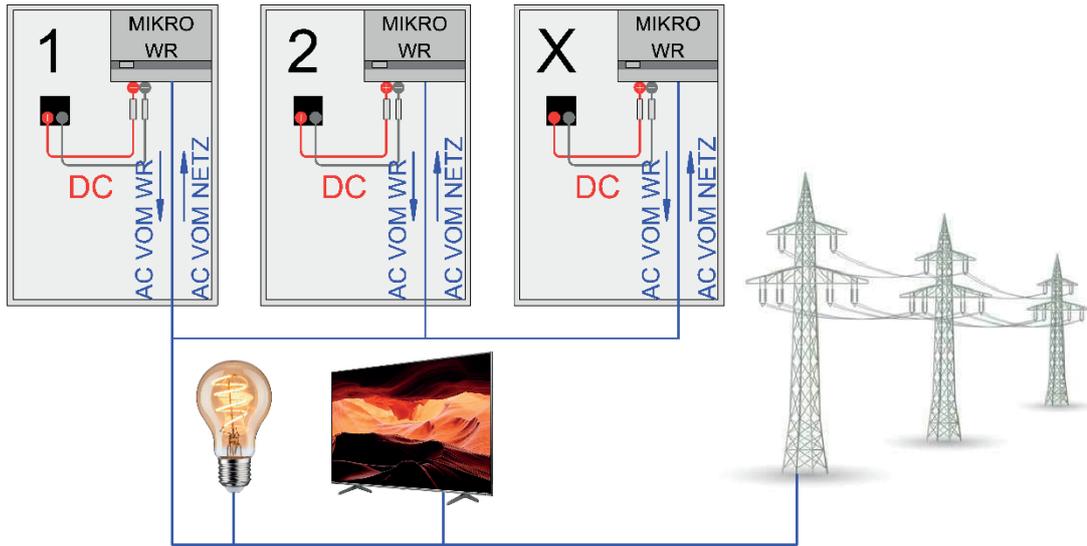


Abbildung 25: Funktionsweise Mikro Wechselrichter (Vogler)

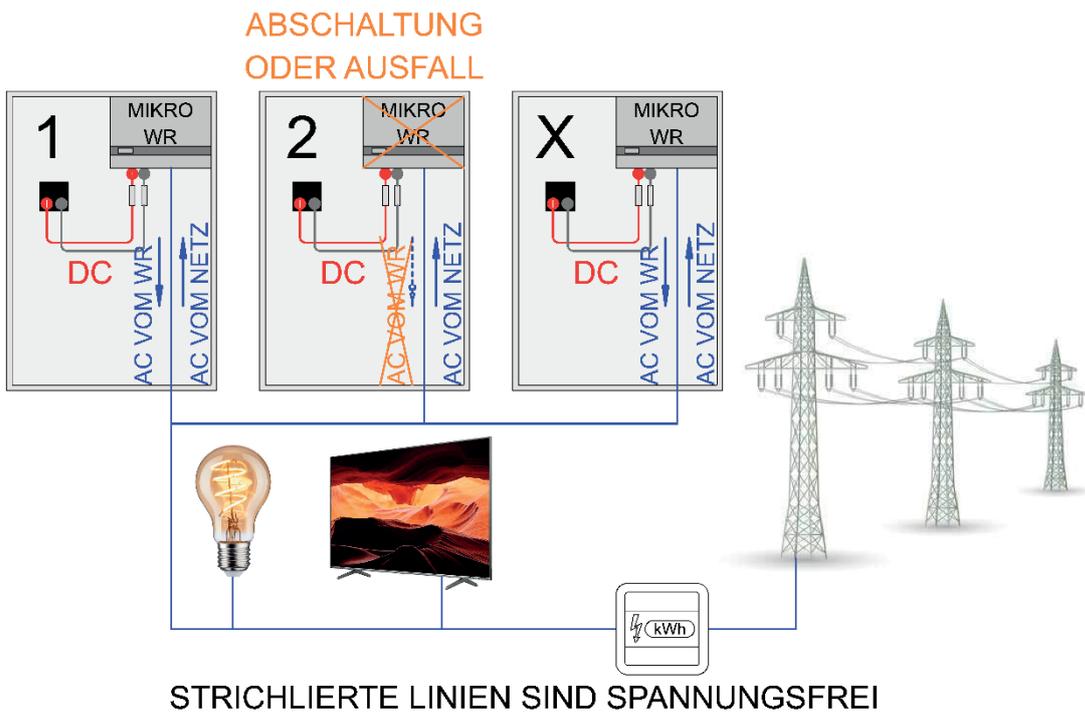


Abbildung 26: Spannungsfreiheit bei Abschaltung oder Ausfall eines Mikro Wechselrichters (Vogler)

## ABSCHALTUNG ABSCHALTUNG ABSCHALTUNG

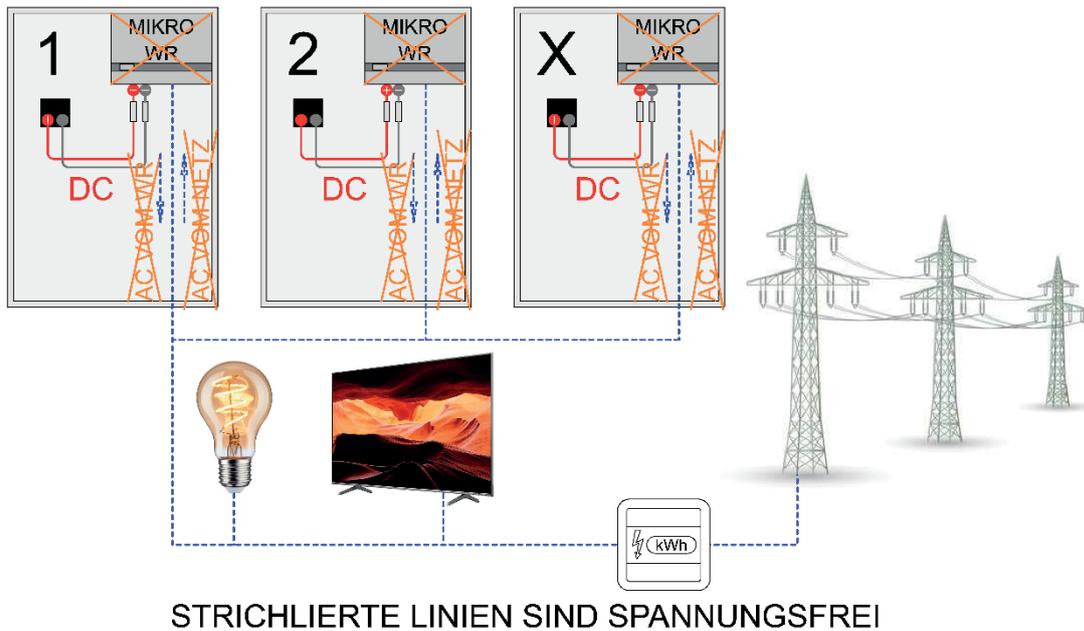


Abbildung 27: Spannungsfreiheit bei Abschaltung oder Ausfall des öffentlichen Stromnetzes (Vogler)

### 4.6 Not-Aus-Schalter (Feuerwehrtrennschalter, nicht verpflichtend!)

Ein Not-Aus-Schalter dient im Brand- oder Gefahrenfall als Trennstelle zwischen Wechselrichter und Solarmodulen, diese befindet sich nach den Solarmodulen oder unmittelbar beim Gebäudeeintritt der DC-Leitungen. Die dazugehörige Bedienstelle ist beim Feuerwehrezugang anzuordnen. Je nach Einsatzfeld und Hersteller wird eine Unterbrechung der spannungsführenden Leitungen erzeugt = Trenneinrichtung. ACHTUNG: die Module selbst können NICHT abgeschaltet werden - Leitungen bis zur Trennstelle stehen immer unter Spannung!

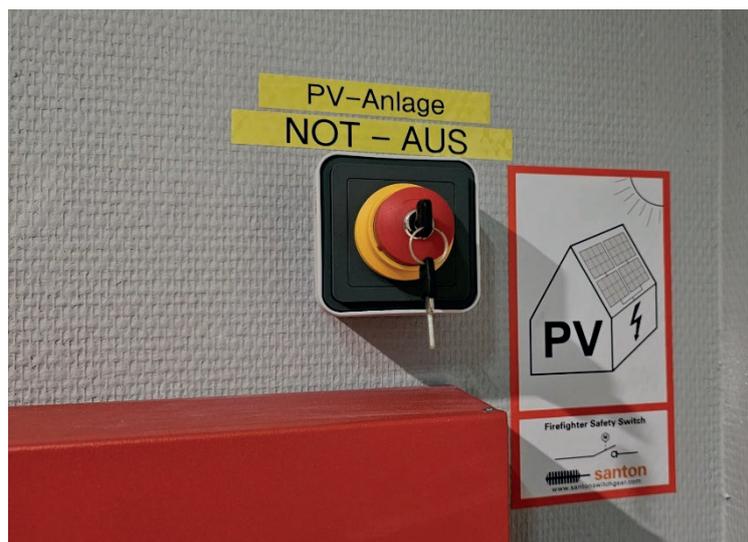


Abbildung 28: Feuerwehr-PV-Notausschalter (FF Theresienfeld)

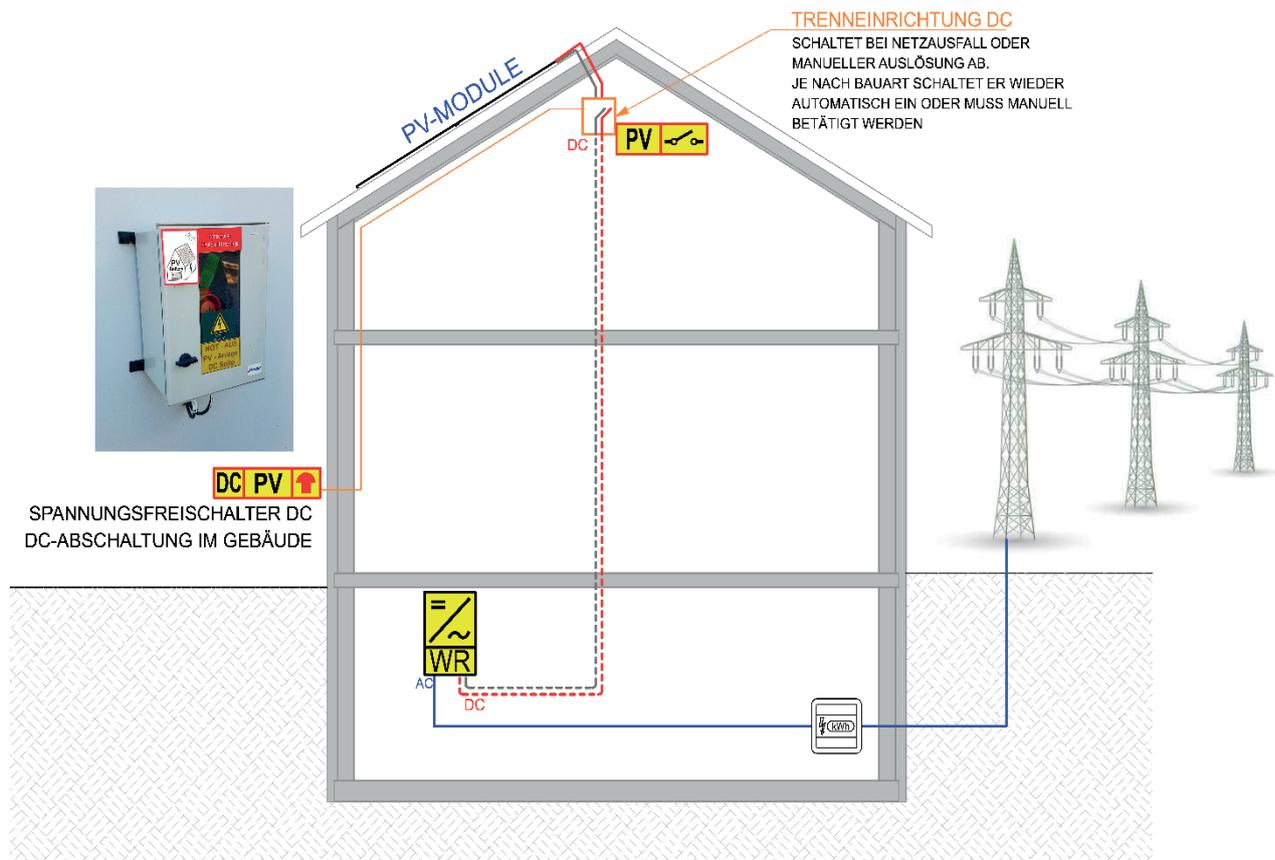


Abbildung 29: funktionsweise Feuerwehrsicher (Vogler)

Zusätzlich oder alternativ kann auch ein Kurzschluss in den Modulstromkreisen (direkt beim Modul) erzeugt werden, um die Spannung auf einen gefahrlosen Wert zu senken = Kurzschlusseinrichtung oder Abschaltung auf Modulebene:

Leistungsoptimierer sind an jedes Modul oder maximal an zwei Module separat angeschlossen und verfügen über eine integrierte Sicherheitsfunktion: Mit angeschlossenen Leistungsoptimierern bleiben die Module nur so lange im „Betriebsmodus“, wie sie durch ein Signal vom Wechselrichter dazu aufgefordert werden. Entfällt dieses Signal, schaltet der Leistungsoptimierer automatisch in den Sicherheitsmodus, in welchem zusätzlich zum DC-Stromfluss auch die Spannung am Modul und in den Strangleitungen freigeschaltet sind. Im Sicherheitsmodus beträgt die Ausgangsspannung 1 Volt (DC) pro Modul/Optimierer.

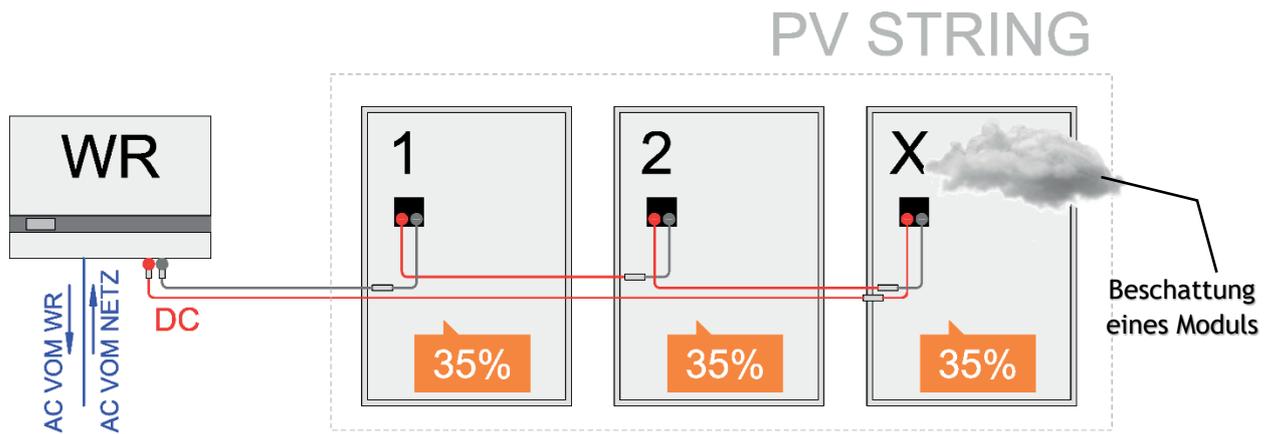


Abbildung 30: Funktionsweise String ohne Leistungsoptimierer (Vogler)

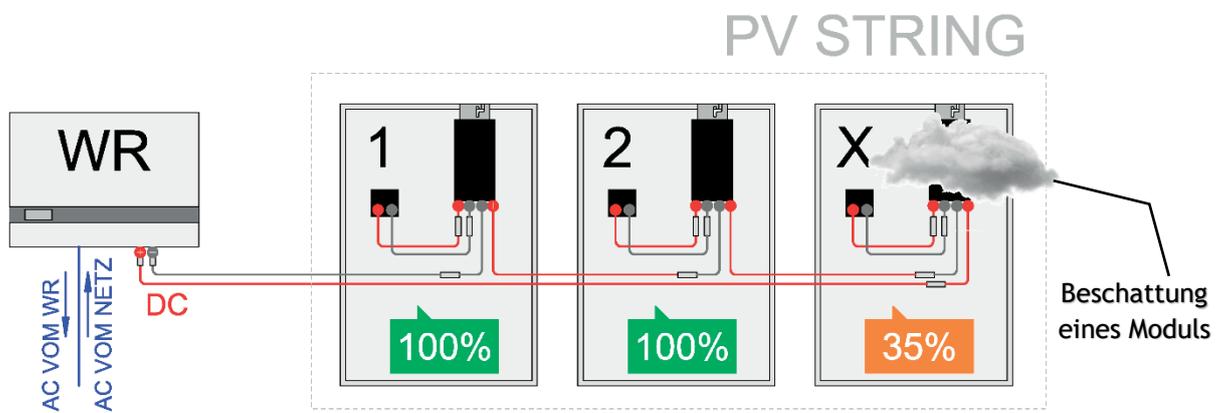


Abbildung 31: Funktionsweise String mit Leistungsoptimierer (Vogler)

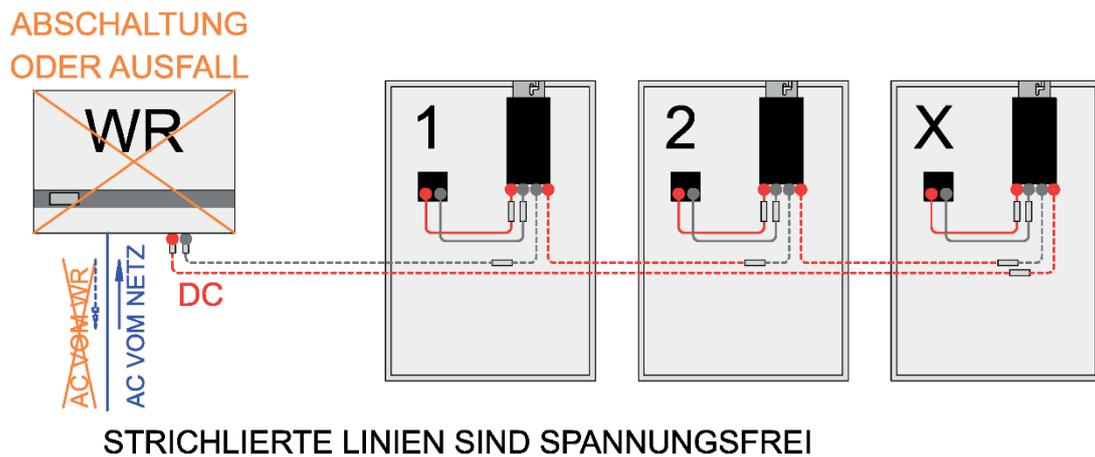


Abbildung 32: Spannungsfreiheit bei Abschaltung des Wechselrichters mit Leistungsoptimierer (Vogler)

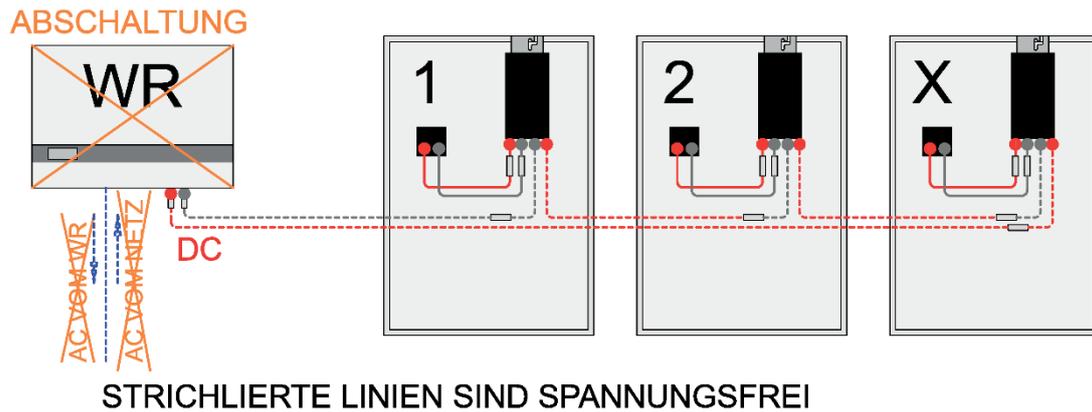


Abbildung 33: Spannungsfreiheit bei Abschaltung oder Ausfall des öffentlichen Stromnetzes mit Leistungsoptimierer (Vogler)

## 5 Batteriespeicher (PV-Speicher)

Batteriespeicher sind Akkumulatoren die je nach Speicherkapazität zur überschüssigen Energiespeicherung bei PV-Anlagen bzw. als Stromversorgung bei Insellösung genutzt werden. Wichtige Kenngrößen von Batteriespeichern sind die Leistung und die Speicherkapazität (kWh). Je nach Hersteller gibt es unterschiedliche Akkumulatoren (z. B. Lithium-Ionen Speicher). Die Voraussetzungen für die Aufstellung von Batteriespeichern werden in den OIB-Richtlinien geregelt. Hier werden Maßnahmen ab einer Speicherkapazität von 3kWh gefordert.



Abbildung 34: PV-Speicher (Fronius)

## 6 Mögliche Einsatzgründe

### 6.1 Ursachen für Einsätze an PV-Anlagen

Wann und in welcher Art kann ich bei Feuerwehreinsätzen mit PV-Anlagen konfrontiert werden?

#### Brandeinsätze

Einsatzart - Ursache	Bemerkung
Technischer Defekt	Interner Kurzschluss, Wackelkontakt, Leitungsbruch, Lichtbogen
Externe Brandeinwirkung	Dachstuhlbrand, Fassaden, Gebäudebrand, Fahrzeugbrand unter PV-Carport ,...
Blitzschlag	Direkter Blitzschlag in PV-Anlage
Energiespeicher	Akkubrand durch technischen Defekt oder externe Brandeinwirkung
PV-Module werden extern beschädigt	Fahrzeug fährt auf PV-Anlage auf Freifläche oder touchiert PV-Lärmschutzwände, Windwurf auf PV-Anlage, Hagel, Schneedruck etc.



Abbildung 35: Dachstuhlbrand mit PV-Anlage (bilanol - freepik.com)

## Technische Einsätze

Einsatzart - Ursache	Bemerkung
Wind	Abdecken bzw. Ausreißen von PV-Modulen durch Wind
Windwurf	Baum / Ast / Teile vom Dach / ... auf Modulen
Verkehrsunfall	Fahrzeug touchiert PV-Module (PV Anlage Freifläche, PV-Lärmschutzwand, etc.)
Person in Notlage - Menschenrettung	Installations- und Wartungstätigkeiten - Person in Stromkreis (Montage, Schnee entfernen, ...)
Abgestürztes PV-Modul	Nicht gesichertes PV-Modul durch defekte Halterung usw.
Wasserschaden	Teile der PV-Anlage bzw. Energiespeicher unter Wasser
Unwetterlage / Hochwasser	Teile der PV-Anlage bzw. Energiespeicher unter Wasser
Technischer Defekt	Durch Schneedruck, Hagel, usw.

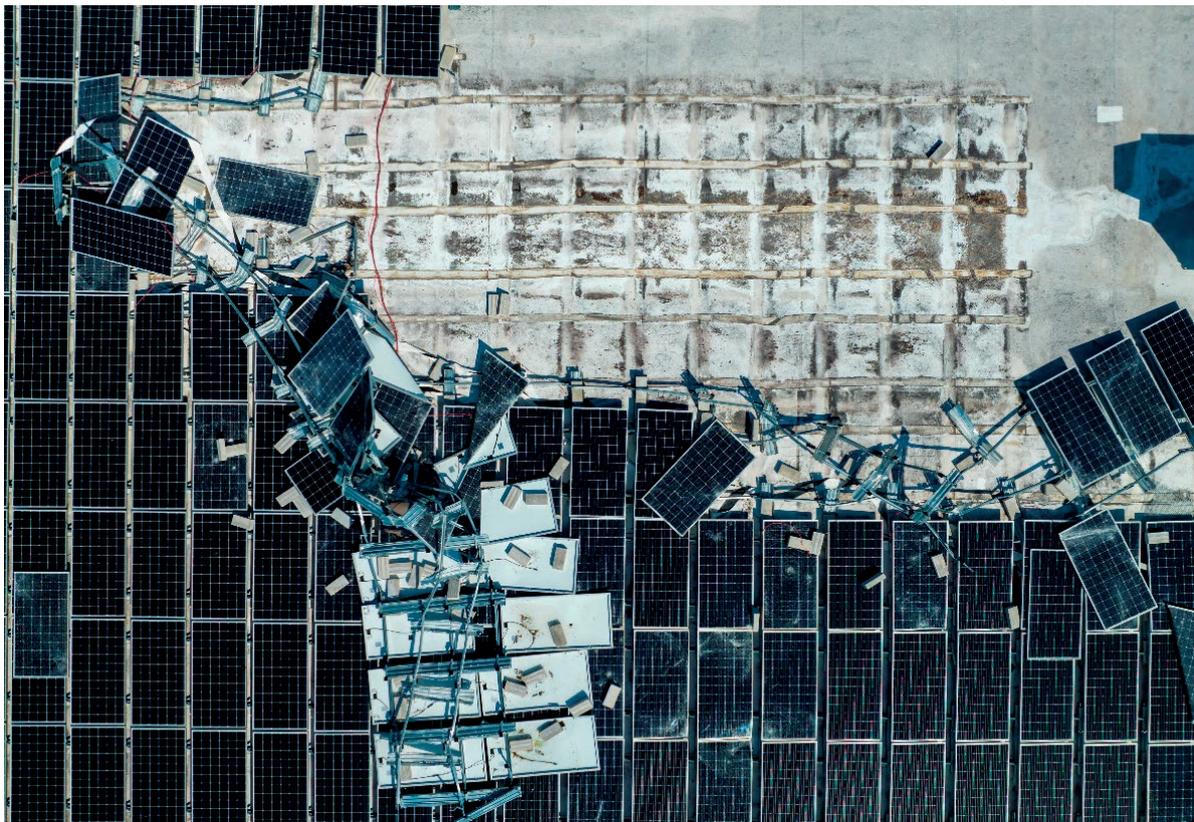


Abbildung 36: Sturmschaden an PV-Großanlage (bilanol - freepik.com)



Abbildung 37: PV-Module nach einem Sturm (Josef Tschematschar - Feuerwehr Hallein)

## Gefahrgut Einsätze

Einsatzart - Ursache	Bemerkung
Gefahrgutaustritt an der PV-Anlage selbst	Ausgehend durch Batterieflüssigkeit oder Dämpfe des Energiespeichers
Gefahrgutaustritt allgemein PV- Anlage extern beeinflusst	Ausgehend durch einen externen Gefahrgutaustritt (Flüssigkeit, Dämpfe, Gase, ...)

# 7 Gefahren an der Einsatzstelle

## 7.1 Gefahren bei PV-Anlagen<sup>1</sup>

Befindet sich eine PV-Anlage auf einem Gebäude, müssen Einsatzkräfte im Brandfall verschiedene Gefahrenpotenziale kennen. Von PV-Anlagen können in der Regel im Brand - / Schadensfall folgende Gefährdungen ausgehen:

- Gefahren durch Atemgifte
- Gefahren durch Einsturz /zusätzlich herabfallende Teile
- Gefahren durch Elektrizität
- Gefahren der Ausbreitung

Tabelle 1: Gefahrenmatrix zu PV-Anlagen

Gefahren ↓ für durch ↑	Atemgifte	Angstreaktion	Ausbreitung	Atomare Gefahr	Chemische Stoffe	Erkrankung	Explosion	Elektrizität	Einsturz
	A	A	A	A	C	E	E	E	E
<b>Welche besonderen Gefahren müssen bekämpft werden?</b>									
Menschen	X		X					X	X
Tiere									
Umwelt									
Sachwerte			X						
<b>Vor welchen Gefahren müssen sich Einsatzkräfte schützen?</b>									
Mannschaft	X							X	X
Gerät									X

<sup>1</sup> „Einsatz an Photovoltaikanlagen“ von www.feuerweherschulen-bayern.de

## 7.2 Atemgifte

Bei einem Brand mit Beteiligung einer PV-Anlage werden toxische Verbrennungsprodukte freigesetzt. Hierbei handelt es sich größtenteils um die bei Gebäudebränden auftretenden Atemgifte.

In PV-Modulen eingesetzte Baustoffe sind u. a. Glas, Silizium, Metalle, Schwermetalle, Gießharz, Ethylen, Vinylacetat, Silikon, Folienverbünde und verschiedene sonstige Kunststoffe.

### 7.2.1 Schutzmaßnahmen gegen Atemgifte

- Umluftunabhängigen Atemschutz einsetzen!
- Lüftungsanlagen abschalten!
- Personen aus den betroffenen Bereichen retten!

## 7.3 Ausbreitung

- Brandgefahr durch einen Lichtbogen bei beschädigten Anlagen.
- Entlang dem Kabel wandernder Lichtbogen aufgrund schmelzender Isolierung.
- Kamineffekt bei Aufdachanlagen und Fassadenkonstruktionen. Es besteht unter Umständen die Gefahr der Brandausbreitung.
- Großflächige Verteilung von scharfkantigen Splittern / Kleinteilen auf umliegenden Flächen (Verletzungsgefahr)
- Weitgehend geschlossene PV-Modulflächen können zu Behinderungen bei Lösch- oder Hilfeleistungsarbeiten führen,
  - falls die Öffnung der Dachhaut erforderlich sein sollte,
  - falls das Dach betreten werden muss (Module dürfen grundsätzlich nicht betreten werden!),
  - falls die Brandabschnitte (Brandwände) vorschriftswidrig durch brennbare Anlagenteile (auch Leitungen) überbrückt werden.

### 7.3.1 Schutzmaßnahmen gegen die Ausbreitung

- Bereich um Lichtbogen sichern und Elektrofachkraft mit Abschaltung beauftragen!
- Leitungstrennung bzw. sonstige Schaltvorgänge dürfen nur durch eine Elektrofachkraft (in den Alarmplänen vorsehen) durchgeführt werden!
- Mögliche Brandausbreitungen beobachten, z. B. mit Wärmebildkamera!

### 7.3.2 Lichtbögen

Lichtbögen sind elektrische Entladungen mit starker Lichtausstrahlung, hoher Temperatur und charakteristischer Geräusentwicklung. Diese können bei Isolationsschäden im nicht freigeschalteten Gleichstrombereich auftreten.

Von einem Lichtbogen gehen bei Berührung die Gefahr einer Verbrennung, Verletzung der Augen (ähnlich wie beim Elektroschweißen - sogenanntes „Verblitzen“ der Augen) und eines elektrischen Schlages aus. Gefahr kann sogar in der Nähe eines Lichtbogens, nicht nur bei Berührung, bestehen! Die Temperatur kann einige 1.000 °C betragen, jegliches Material - auch Metall - wird dampf/gasförmig und durch die starke Erwärmung und damit Ausdehnung der Luft explosionsartig weggeschleudert!

Löschmittel können eingesetzt werden, um Brände im Umfeld des Lichtbogens zu löschen. Der Lichtbogen kann nur durch Abschalten (DC-Trennstelle) des betroffenen Stromkreises gelöscht werden.

Durch die hohen Temperaturen (ca. 4.000 °C) und den Funkenflug besteht die Gefahr eines Brandes von entzündlichen Stoffen in der Umgebung bzw. der Ausbreitung.

## 7.4 Elektrizität

Selbst bei geringem Lichteinfall produzieren PV-Module elektrische Spannung:

- Die maximale Berührungsspannung von 120 Volt (DC) ist bei PV-Anlagen in der Regel weit überschritten.
- Es sind Spannungen bis zu 1.500 Volt Gleichstrom und bis zu 1.000 Volt Wechselstrom möglich.
- PV-Module, inklusive der verbindenden Leitungen und weiterer Komponenten, lassen sich in der Regel nicht komplett spannungsfrei schalten.
- Die Leitungen und Komponenten zwischen Modulen und Wechselrichtern stehen deshalb unter Spannung. Eine Gefährdung ist jedoch nur bei Isolationsschäden zu erwarten. Hier ist vor allem die Gefährdung durch beschädigte Anlagenkomponenten inkl. der elektrischen Leitungen zu beachten.
- Unsachgemäßes Trennen von Leitungen und Steckverbindern, Isolationsschäden oder Leitungsunterbrechungen können zur Entstehung von Lichtbögen führen (Gefahr von Verbrennungen und Sekundärnfällen).

### 7.4.1 Schutzmaßnahmen gegen Elektrizität

- **Mindestens einen Meter Abstand zu potenziell spannungsführenden Teilen einhalten.** Auch zu benachbarten metallischen Konstruktionen, die unter Spannung stehen. Herabhängende elektrische Leitungen und sonstige Anlagenteile nicht berühren (sichern durch Absperren)!
- Schaltvorgänge an der Anlage über beschädigte Schalter oder das Trennen der PV-Module nur durch Elektro-Fachpersonal durchführen lassen!
- Überflutete Bereiche: Abstand halten / leitfähige Teile nicht berühren!
- Sicherheitsabstände bei Verwendung von Strahlrohren N 1 / 5 sind einzuhalten!
- Bei Einsatz von Spezialgeräten, deren Sicherheitsvorgaben beachten.

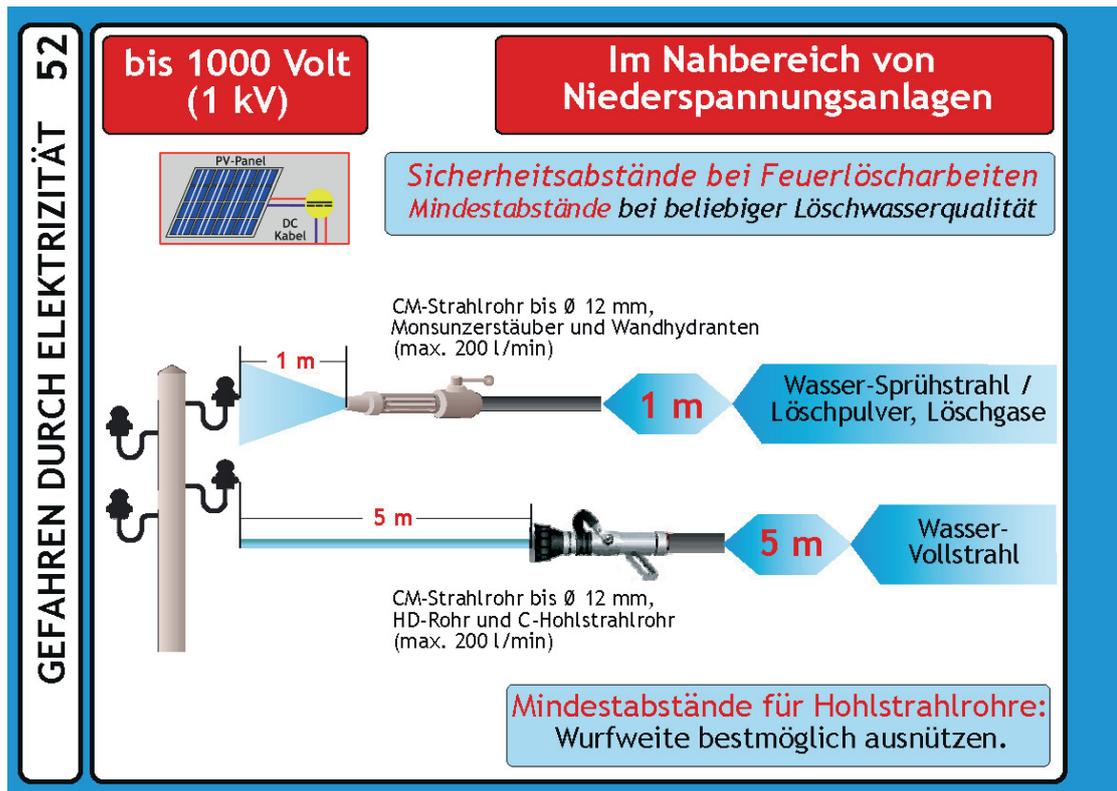


Abbildung 38: Gefahrgut-Blattler Seite 52 (siehe [fire.cc/blattler](http://fire.cc/blattler))

#### 7.4.2 Wann liegt eine gefährliche Spannung an?

Bei jeglichem Lichteinfall! Auch bei Dämmerung oder Einsatzstellenbeleuchtung ist eine elektrische Gefährdung nicht auszuschließen.

Mit zunehmendem Lichteinfall, z. B. in den Morgenstunden, steigt die Spannung sprunghaft an.

Grundsätzlich ist davon auszugehen, dass eine PV-Anlage unter Spannung steht, solange die Spannungsfreiheit nicht festgestellt wurde!

Von unbeschädigten Photovoltaik-Anlagen geht keine Gefahr für den Menschen aus.

Es sind Systemspannungen bis zu 1.500 Volt Gleichspannung möglich und liegen somit im Niederspannungsbereich.

**ACHTUNG:** Bei der Zerstörung der PV-Module besteht die Gefahr des elektrischen Schlages. Diese Maßnahme dient keinesfalls der Spannungsfreischaltung.

#### 7.5 Einsturz/herabfallende Teile

Folgende Gefahren gehen vom Einsturz einer PV-Anlage bzw. von herabfallenden Teilen einer PV-Anlage aus:

- Komponenten von PV-Anlagen sind in der Regel nicht über Baustoffklassen definiert. Eine pauschale Aussage über das Brandverhalten ist nicht möglich, da der Aufbau unterschiedlich sein kann (Glas/Glas, Glas/Folie, ...).
- Absturz nach Außen
- Durchsturzgefahr durch Dachkonstruktion

- Das Verbundglas kann durch Erhitzen und/oder auftreffendes Löschwasser bersten und in Teilen herabfallen.
- Glasteile können bei starkem Wind auch über Mannschaft, Fahrzeuge und die angrenzende Umgebung verfrachtet werden.
- Bisherige Erfahrungen zeigen, dass die PV-Dachanlagen nach Abbrand der darunter liegenden Dachkonstruktion überwiegend nach innen fallen.
- Aber auch herabfallende Teile sind ein Gefahrenherd - vergleichbar mit anderen Gebäudebränden.

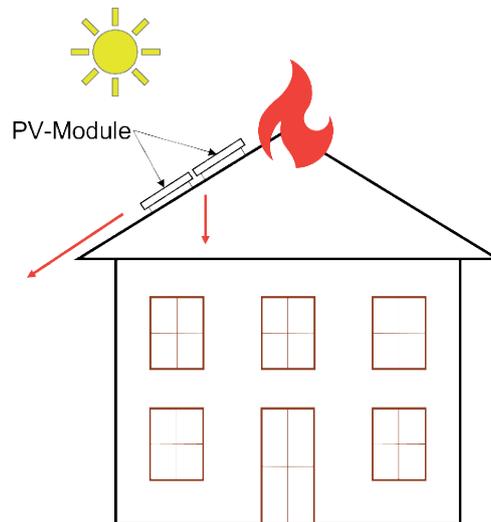


Abbildung 39: Einsturz bzw. Absturz von PV-Modulen (Tschematschar)



Abbildung 40: Beseitigung von Modulen im Feuerwehreinsatz (FF Wenns)

### 7.5.1 Schutzmaßnahmen gegen Einsturz / herabfallende Teile

Den durch herabfallende Teile gefährdeten Bereich meiden und absperren (Trümmerschatten)!

Beim Innenangriff und den Nachlöscharbeiten auf erhöhte Dachlast achten!

Schutzmaßnahmen gegen Absturzgefahr der Einsatzkräfte ergreifen!

## 7.6 Gefahren an Speichieranlagen

Für Speichieranlagen gibt es eine große Anzahl an verschiedenen Speichertypen, welche unterschiedliche Gefahren mit sich bringen. In Kapitel 7 wird im Detail auf die einzelnen Gefahren hingewiesen, im Folgenden wird auf die allgemeinen Gefahren eingegangen.

Tabelle 2: Gefahrenmatrix zu Speichieranlagen

Gefahren ↓ für durch ↑	Atemgifte	Angstreaktion	Ausbreitung	Atomare Gefahr	Chemische Stoffe	Erkrankung	Explosion	Elektrizität	Einsturz
	A	A	A	A	C	E	E	E	E
<b>Welche besonderen Gefahren müssen bekämpft werden?</b>									
Menschen	X				X		X	X	
Tiere									
Umwelt									
Sachwerte			X				X		
<b>Vor welchen Gefahren müssen sich Einsatzkräfte schützen?</b>									
Mannschaft	X				X		X	X	
Gerät									

### 7.6.1 Allgemeines zu Gefahren an Speichieranlagen

Speichersysteme sind mittlerweile durch mehrere Sicherheitseinrichtungen geschützt und lassen sich sicher betreiben. Bei allen Speichersystemen besteht jedoch die Gefahr der Elektrizität. In Verbindung mit Photovoltaik-Anlagen sind Solarstromspeicher nur in begrenzten Bereichen abschaltbar. Selbst wenn der Solarstromspeicher vom Stromnetz getrennt wurde, können über die Photovoltaik-Anlage noch gefährliche Spannungen in das Stromnetz des Gebäudes eingespeist werden.

Was die elektrische Gefährdung angeht, ist somit die gleiche Vorgehensweise wie bei Photovoltaik-Anlagen bzw. bei Einsätzen im Niederspannungsbereich angebracht. Bei überfluteten Räumen, in denen sich die Speichieranlagen befinden, breitet sich die Elektrizität auch über das Wasser aus.

Bei Überflutungen von Energiespeichern kann eine Elektrolyse nicht zur Gänze ausgeschlossen werden, eine Wasserstoffentstehung kann bei längerer Einwirkung der Batteriespannung auf Wasser durch Elektrolyse vorkommen, z.B. wenn ein Solarstromspeicher ganz oder teilweise überflutet ist.

Bei mechanischen Beschädigungen der Speichersysteme besteht durch den jeweiligen austretenden Elektrolyten teilweise enorme Gesundheitsgefahr. Bei Kontakt über die Haut oder der Atmungsorgane kann es zu Verletzungen von Personen und Einsatzkräften führen.

Bei Speicheranlagen kann in geschlossenen Räumen oder in Räumen ohne entsprechender Belüftung Explosionsgefahr bestehen. Bei Ladevorgängen können Gasmengen (z.B. Knallgas) entstehen, die sich zu einer zündfähigen Gaswolke sammeln können.

### 7.6.2 Gefahren bei Bränden von Speicheranlagen

Der Brand eines Speichermediums kann durch elektrische Überlastung, thermische Beanspruchung, Tiefenentladung, produktionsbedingter Fertigungsfehler aber auch durch mechanische Beschädigung entstehen. Dieser Prozess startet oft durch einen internen Kurzschluss einer Zelle, begleitet durch Entgasung, Rauchentwicklung, Elektrolytaustritt und Bersten der Zelle. Eine Kettenreaktion der weiteren Zellen (Thermal Runaway) ist nicht ausgeschlossen. Der entstandene, meist weiß / graue Nebel, enthält Dämpfe des Elektrolyten und Ventinggase wie Wasserstoff und Kohlenstoffmonoxid, welche sich spontan entzünden können. Daher besteht auch die Gefahr von Stichflammen, Explosionen und auch toxischer Gase, welche auch durch Wände und Decken diffundieren können.

Die vorgehenden Einsatzkräfte müssen zwingend umluftunabhängigen Atemschutz tragen! Das gilt auch für die Einsatzmaßnahmen nach „Brand aus“ und bei den Aufräumarbeiten.

Der Bereich sollte möglichst unmittelbar intensiv gelüftet werden! Im Gebäude sind Messungen im betroffenen Geschoß und in den Ebenen unterhalb, oberhalb und angrenzend durchzuführen.

### 7.6.3 Gefahren bei der mechanischen Zerstörung oder Beschädigung von Zellen

Die mechanische Beschädigung der Zelle kann auch die thermische Zersetzung und einen Brand zur Folge haben. Bei einer rein mechanischen Schädigung von Speichersystemen mit Austritt von Zellbestandteilen, z.B. einer Li-Ionen-Batterie steht die chemische Gefahr und damit in Verbindung die enorme Gesundheitsgefahr im Vordergrund.

Des Weiteren ist bei austretendem Elektrolyten zu beachten, dass durch Verdunstung des Lösungsmittels - je nach Art und Flammpunkt - lokal eine explosionsfähige Atmosphäre auftreten kann. Die mechanische Zerstörung einer Zelle oder eines Moduls kann dazu führen, dass Zellbestandteile freigesetzt werden.

In Abhängigkeit vom Flammpunkt des verwendeten Lösungsmittels kann in seltenen Fällen durch die Dämpfe eine explosionsfähige Atmosphäre entstehen.

## 8 Einsatztaktik & Einsatzdurchführung

### 8.1 Allgemeine taktische Grundsätze

Bei Einsätzen in Zusammenhang mit PV-Anlagen sind folgende Grundsätze zu beachten:

- Bei PV-Anlagen handelt es sich um elektrische Anlagen im Niederspannungsbereich.
- Bei Lichteinfall liefern PV-Paneele immer Strom. Die DC-Seite kann daher nie vollständig als „spannungsfrei“ angenommen werden, dies gilt auch für die AC-Seite beim Vorhandensein einer Speicheranlage. Das Abdecken der Paneele mit Planen oder Löschschaum ist in der Praxis kaum bis nicht möglich bzw. de facto wirkungslos.
- Rettungs- und Löschmaßnahmen mit Strahlrohren unabhängig vom Schaltzustand unter Einhaltung der geltenden Sicherheitsabstände durchführen.
- Die Wirkungsweise und Örtlichkeiten der vorhandenen Abschaltvorrichtungen sind anlagenspezifisch und können daher von Anlage zu Anlage unterschiedlich sein.

Im Rahmen der Lagefeststellung/ -beurteilung sind durch eine Ersterkundung nachfolgende Aspekte abzuklären:

- Um welche Art von Einsatz handelt es sich (Brand, Menschenrettung, Elementarereignis, Hochwasser)?
- Gibt es Notfallunterlagen zur Anlage?
- Ist die Anlage vom Ereignis betroffen oder nicht?
- Wenn ja, welche Teile der PV-Anlage (z.B. Paneele, Wechselrichter, Speicher) sind betroffen?
- Wenn ja, sind die Lage der Feuerwehrschralter (falls vorhanden) bzw. anderer (Not-)Abschaltvorrichtungen zu suchen.
- Wenn keine Anlagenteile betroffen sind, kann nach den geltenden taktischen Feuerwehrrichtlinien die weitere Einsatzabhandlung durchgeführt werden.
- Ist für die weitere Einsatzdurchführung eine Abschaltung durch die Feuerwehr erforderlich, oder kann auf das Eintreffen einer fachkundigen Person gewartet werden?
- Wenn erforderlich, ist bei entsprechender Dringlichkeit (Brand oder Menschenrettung) der Feuerwehrschralter (falls vorhanden) oder andere (Not-)Abschaltvorrichtungen zu betätigen.
- Ist für die Einsatzbewältigung ein Hubrettungsgerät erforderlich? (Nachalarmierung und Aufstellfläche berücksichtigen)

### 8.1.1 Brandereignis / Anlage ist nicht abgeschaltet

- Einhaltung der Sicherheitsabstände mit Strahlrohren bei der Brandbekämpfung!
- Auswahl des Löschmittels (Vorrang Wasser) - Achtung keine Schaumzumischung!
- Vornahme von Strahlrohren und / oder Wasserwerfern immer unter Einhaltung der erforderlichen Sicherheitsabstände!
- Absturzsicherung beim Betreten von exponierten Stellen verwenden
- Ist ein Ablöschen der betroffenen Anlagenteile nicht dringend erforderlich, kann bei gleichzeitigem Schutz der anderen Anlagenteile / Umgebung auf die Abschaltung durch ein fachkundiges Organ gewartet werden.
- Achtung auf die Absturzgefahr von abgebrannten Elementen (Fahrzeugaufstellung beachten, Sperrzonen mit Trassenband kennzeichnen, Schlauchleitungen entsprechend geschützt verlegen, Blick nach oben)!

### 8.1.2 Brandereignis / Anlage durch Fachkundigen spannungsfrei geschaltet

- Auswahl der Brandbekämpfungsvariante nach den geltenden taktischen Feuerwehrrichtlinien!
- Achtung auf die Absturzgefahr von abgebrannten Elementen (Fahrzeugaufstellung beachten, Sperrzonen mit Trassenband kennzeichnen, Schlauchleitungen entsprechend geschützt verlegen, Blick nach oben)!
- Absturzsicherung beim Betreten von exponierten Stellen verwenden

### 8.1.3 Menschenrettung / Person ist im Stromkreis

- Sofortige Abschaltung am Feuerweherschalter (falls vorhanden) oder an anderen (Not-) Abschalteinrichtungen! Achtung: DC-seitig meistens nicht möglich!
- Absturzsicherung beim Betreten von exponierten Stellen verwenden
- Auf möglichen Absturz der Person nach der Spannungsfreischaltung achten - notfalls Sprungkissen zur Absicherung positionieren!
- Erste Hilfe Maßnahmen einleiten, sofern der Rettungsdienst noch nicht anwesend ist.
- Kann keine Abschaltung erfolgen, ist die Person nach Möglichkeit mit isolierten Gegenständen aus dem Stromkreis zu stoßen!

### 8.1.4 Menschenrettung / Verletzte Person im Nahebereich der PV-Anlage

- Sofortige Erkundung, ob sich die Person im Stromkreis der PV-Anlage befindet!
- Wenn ja, dann gemäß den Richtlinien „Menschenrettung/ Person ist im Stromkreis“ vorgehen!
- Wenn nicht, Sicherheitsabstände einhalten und überprüfen, ob für die Notfallversorgung und die Rettungsmaßnahmen eine Abschaltung erforderlich ist!
- Erste Hilfe Maßnahmen einleiten, sofern der Rettungsdienst noch nicht anwesend ist.
- Absturzsicherung beim Betreten von exponierten Stellen verwenden
- Notfallversorgung und Rettungsmaßnahmen nach den geltenden taktischen Richtlinien durchführen!

### 8.1.5 Elementarereignis / Hagel

- Im Zuge der Erkundung sind das Ausmaß der Beschädigungen und absturzgefährdete Bauteile zu überprüfen!
- Absturzsicherung beim Betreten von exponierten Stellen
- Achtung auf die Absturzgefahr von beschädigten Elementen (Fahrzeugaufstellung beachten, Sperrzonen mit Trassenband kennzeichnen, Schlauchleitungen entsprechend geschützt verlegen, Blick nach oben)!
- Weiters ist die Notwendigkeit der Abschaltung der PV-Anlage für die weitere Einsatzdurchführung zu überprüfen und gegebenenfalls über den Feuerwehrscharter (falls vorhanden) oder andere (Not-)Abschalteinrichtungen durchzuführen!
- Bei Beschädigungen von Anlagenelementen ist die Anlage jedenfalls spannungsfrei zu schalten und eine fachkundige Person beizuziehen.
- Im Falle der Beschädigung der Dacheindeckung ist für provisorische Abdeckmaßnahmen grundsätzlich keine Abschaltung notwendig, außer einzelne Elemente müssen demontiert werden!
- Allenfalls ist die PV-Anlage durch Planen mit abzudecken!

### 8.1.6 Elementarereignis / Sturm

- Im Zuge der Erkundung sind das Ausmaß der Beschädigungen und absturzgefährdete Bauteile zu überprüfen!
- Absturzsicherung beim Betreten von exponierten Stellen verwenden
- Achtung auf die Absturzgefahr von beschädigten oder losen Elementen (Fahrzeugaufstellung beachten, Sperrzonen mit Trassenband kennzeichnen, Schlauchleitungen entsprechend geschützt verlegen, Blick nach oben)!
- Weiters ist die Notwendigkeit der Abschaltung der PV-Anlage für die weitere Einsatzdurchführung zu überprüfen und gegebenenfalls über den Feuerwehrscharter (falls vorhanden) oder andere (Not-)Abschalteinrichtungen durchzuführen!
- Bei Beschädigungen von Anlagenelementen ist die Anlage jedenfalls spannungsfrei zu schalten und eine fachkundige Person beizuziehen.
- Absturzgefährdete Anlagenteile sind zu sichern oder gegebenenfalls durch Fachkundigen zu demontieren!

### 8.1.7 Elementarereignis / Schneedruck

- Im Zuge der Erkundung sind Planunterlagen bzw. digitale Medien (Orthofotos) zu überprüfen.
- Absturzsicherung beim Betreten von exponierten Stellen verwenden.
- Achtung auf die Absturzgefahr von beschädigten oder losen Elementen (Fahrzeugaufstellung beachten, Sperrzonen mit Trassenband kennzeichnen, Schlauchleitungen entsprechend geschützt verlegen, Blick nach oben)!
- Absturzgefährdete Anlagenteile sind zu sichern oder gegebenenfalls durch Fachkundigen zu demontieren!
- Fachkundige Person (Statiker, Hersteller, ...) hinzuziehen!

### 8.1.8 Hochwasser / PV-Anlage gefährdet

- Abschaltmaßnahmen durch Fachfirmen prüfen/durchführen lassen!
- Wassereintritt nach den geltenden Einsatzrichtlinien des Hochwasserschutzes verhindern (z.B. Sandsackbarrieren bauen, Hochwasserschutzelemente)!

### 8.1.9 Hochwasser/ PV-Anlage im Wasser

- Abschaltmaßnahmen durch Fachfirmen prüfen/durchführen lassen!
- Vor allem die Räume mit dem Wechselrichter oder Speicheranlagen, ohne Abschaltung nicht mehr betreten!
- Einhaltung der Sicherheitsabstände - Mit Anlagenteilen in Verbindung stehenden Wasserflächen können leitfähig verbunden sein. (z.B.: Treppengeländer)
- Nach der Abschaltung können die erforderlichen Sicherungs- und Abpumpmaßnahmen erfolgen!

### 8.1.10 Ergänzende taktische Hinweise für Speicheranlagen

- Bei allen Einsätzen (auch im Freien), bei welchen Akkus ausgasen, hat sich der Angriffstrupp mit umluftunabhängigen Atemschutz auszurüsten, um die Gase keinesfalls einzuatmen.
- Um die Zündgefahr durch Ventinggase herabzusetzen, sind umgehend Lüftungsmaßnahmen einzuleiten (explosionsfähige Atmosphäre!) bzw. im Freien die Gase durch Wassersprühnebel zu verdünnen.
- Müssen Türen geöffnet werden, um an die Schadensstelle zu gelangen, ist dabei mit einer plötzlichen Zündung der Gase zu rechnen. Öffnungsprozedere der Türe daher analog wie bei Zimmerbrand mit Flashover- / Backdraft Gefahr!
- Brandbekämpfung mit Wasser unter Einhaltung der geltenden Sicherheitsabstände durchführen
- In Räumen ist das Mehrgasmessgerät zur Abschätzung der EX-Gefahr mitzuführen (Ventinggase). Dabei wird wahrscheinlich der CO-Sensor zuerst ansprechen, da dieser neben CO auch Wasserstoff erfassen kann.
- Abschaltung des Speichers durchführen (Kennzeichnung bzw. Piktogramme an Schaltschränke beachten)
- Fachkundige Person hinzuziehen

## 9 Speichieranlagen

Bei Speichieranlagen von PV-Strom handelt es sich um große Akkumulatoren, welche elektrische Energie in Form von chemischer, organischer und anorganischer Energie speichern. Sie werden auch als Batteriespeicher oder Solarbatterien bezeichnet.

Prinzipiell wird bei den Speichieranlagen zwischen Hochvoltbatterien und Niedervoltbatterien unterschieden. In den meisten Fällen werden bei PV-Speicher Hochvoltbatterien verwendet werden. Bei kleinen Anlagen werden jedoch auch Niedervoltbatterien installiert.

Neben den industriell produzierten Stromspeichern, die in der Regel nach geltenden Vorschriften und Normen gebaut und installiert werden, gibt es auch "Do-it-yourself" (DIY) Speicher, die von Hobbybastlern zusammengebaut wurden. Hier ist bei der Erkundung besonders darauf zu achten, da geltende Regeln der Technik wie z.B. Berührungsschutz, Brandschutzvorschriften, etc. eventuell nicht eingehalten wurden. Diese DIY-Speicher können in der Richtlinie nicht weiter behandelt werden.

Zudem wird mit der OIB-Richtlinie 2, 3.9.12 die Errichtung von eigenen Batterieräumen geregelt. Anforderungen für die Errichtung von Batterieräumen werden bereits ab eine Speicherkapazität von 3 kWh gestellt. Ausnahmen bestehen unter bestimmten Voraussetzungen z.B. für Einfamilienhäusern bis 20 kW, wenn zusätzliche Maßnahmen getroffen werden.

### 9.1 Speichertypen

#### 9.1.1 Natrium-Ionen-Speicher (Salzwasserspeicher)

##### Aufbau

Natrium-Ionen-Speicher oder auch Salzwasserspeicher genannt, sind Natrium-Ionen-Akkumulatoren mit einem wässrigen Elektrolyten. Natriumionen werden verwendet, um Energie zu speichern und freizusetzen. Wenn die Batterie aufgeladen wird, strömen Natriumionen durch einen Elektrolyten und lagern sich auf der negativen Elektrode ab. Wenn die Batterie entladen wird, wandern die Natriumionen zurück zur positiven Elektrode und geben dabei Energie ab.

##### Gefahren

Die in den Batteriezellen enthaltenen Medien sind überwiegend für die Gesundheit und Umwelt nicht als Gefahrstoffe einzustufen. Im Vergleich zu anderen Batterietechnologien besitzt dieser Typ vergleichsweise niedrige Gefährdungsfaktoren.

Bei dem wässrigen Elektrolyten besteht weder die Gefahr eines Brandes oder einer Explosion.

## 9.1.2 Blei-Basis

### Aufbau

Unter Blei-Säure-Stromspeicher kann man sich große Autobatterien vorstellen, welche für die Verwendung als Speicher bei einer PV-Anlage angepasst wurde.

Bei der Ladung wird elektrische Energie in chemische Energie umgewandelt, bei der Entladung funktioniert der Vorgang umgekehrt.

Als Elektrolyt wird flüssige **Schwefelsäure** verwendet. Beim Laden bildet sich ein Blei-Sulfat um die Blei-Elektroden. Dieses löst sich beim Entladen zwar wieder, es bleiben aber immer kleinere Blei-Sulfat-Rückstände zurück, die dann im Laufe der Zeit die Speicher-Leistung schwächen und somit auch die Nutzungsdauer verkürzen.

Um die Lebensdauer zu verlängern, wurden die **Blei-Gel-Akkus** entwickelt. Hier wird die Schwefelsäure in einem dickflüssigen Gel gebunden

Mit den **Blei-Carbon-Batterien** ist eine weitere Variante der Blei-Akkus am Markt vorhanden.

### Gefahren

Wenn die Speicher in kleinen Räumen oder in Räumen ohne entsprechende Belüftung untergebracht und geladen werden, besteht Explosionsgefahr, da beim Laden kleinere Gasmengen (Knallgas) entstehen, die sich in geschlossenen Räumen zu einer zündfähigen Gaswolke sammeln können.

Bei mechanischer Beschädigung tritt die Schwefelsäure aus dem Speicher aus, welche bei Kontakt schwere Verätzungen der Haut und Augenschäden verursacht. Im Brandfall können Schwefeloxide entstehen. Auf Bauteile wirkt die Säure korrosiv.

Das direkte Eindringen in die Kanalisation oder in Oberflächen- und Grundwässer soll verhindert werden.

## 9.1.3 Lithium-Ionen-Basis

### Aufbau

Beim Beladen des Speichers „wandern“ Lithium-Ionen von der positiven Elektrode zur negativen Elektrode des Akkus und bleiben dort „gespeichert“, bis man den Akku wieder entlädt. Anode und Kathode werden durch eine dünne Separierfolie getrennt. Getränkt ist der Aufbau mit einem Elektrolyten, welcher bei einem Lithium-Ionen-Akku wasserfrei sein, da sonst das Wasser mit dem Leitsalz zu Flusssäure reagiert.

Lithium-Ionen-Stromspeicher enthalten in der Regel die chemischen Elementen Mangan, Nickel und Kobalt (NMC) oder Eisenphosphat (LFP). In keinem Ladezustand enthält eine Lithium-Ionen-Speicher elementares Lithium, der Lithium Anteil ist chemisch im Graphit gebunden. Dies ist auch der Grund, warum nicht das Lithium für die Reaktionsfreudigkeit verantwortlich ist, sondern die Reaktion des Sauerstoffs vom Kathodenmaterial mit anderen Elementen der Zellchemie unter Bildung von brennbaren Gasen, welche sich am Luftsauerstoff entzünden bzw. explodieren können.

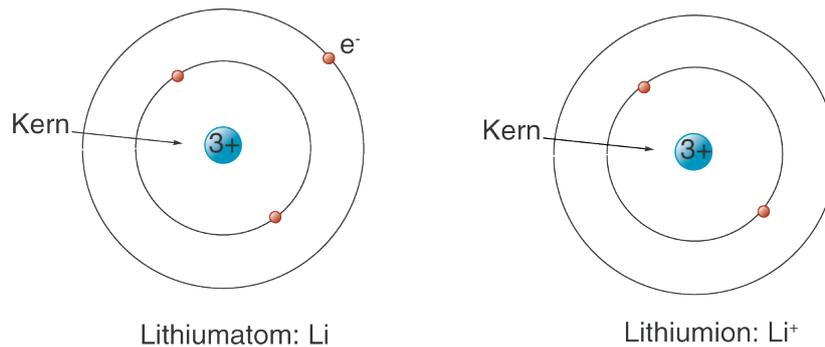


Abbildung 41: Unterschied elementares Lithium und Lithium-Ion (Hubert Springer)

## Gefahren

Bei Lithium-Ionen-Akkus besteht die Gefahr, dass sie sich durch einen Kurzschluss selbst entzünden. Dabei können sich Dendriten, also spitze Lithiumablagerungen, an der Anode bilden und durch Durchdringung der Separatorfolie Kurzschlüsse auslösen, die in weiterer Folge zu einem Thermal Runaway (eine exotherme Reaktion mit starker, sich selbst beschleunigender Wärmeentwicklung) führen. Der Lithium-Ionen-Akku ist aber auch empfindlich auf Temperaturen, ab 60 °C Zelltemperatur kann bereits eine Reaktion einsetzen, aber auch tiefe Temperaturen schaden der Zellchemie.

Wenn der Elektrolyt austritt und mit Feuchtigkeit oder Wasser reagiert oder sich entzündet, kann durch eine Reaktion des Leitsalzes Fluorwasserstoff (HF) als Gas und in wässriger Lösung als Flusssäure entstehen. Die Konzentration hängt von der Verbrennungstemperatur und der Menge des entzündeten Elektrolyten ab.

Flusssäure verursacht schwere Verätzungen der Haut und schwere Augenschäden und es kann Lebensgefahr bei Verschlucken, Hautkontakt oder Einatmen bestehen.

Das direkte Eindringen in die Kanalisation oder in Oberflächen- und Grundwässer soll verhindert werden.

### 9.1.3.1 Lithium-Nickel-Mangan-Cobalt (LiNMC, NMC)

#### Aufbau

An der Kathode befindet sich ein Metalloxid, welches im Falle des thermischen Durchgehens Sauerstoff liefert und daher die Reaktion auf Zellebene nicht gestoppt werden kann - die Reaktion läuft sogar unter Wasser weiter ab, wird Wasser in die Batterie eingebracht, kann die thermische Isolationswirkung, ein Überspringen der Reaktion auf benachbarte Zellen oder Module stoppen.

#### Gefahren

NMC-Akkus haben eine ganz besonders hohe Energiedichte. Zudem sind sie fähig zu brennen und auch zu explodieren - auch bei verhältnismäßig niedrigen Temperaturen. Die Ventingase enthalten je nach Ladezustand große Mengen an Kohlenstoffmonoxid und Wasserstoff, die Gase haben einen sehr breiten EX-Bereich.

Kobalt sowie Nickel sind giftige Schwermetalle.

### 9.1.3.2 Lithium- Eisen-Phosphat (Li-FePO<sub>4</sub>, LFP)

#### Aufbau

Die Lithium-Eisenphosphat (LiFePO<sub>4</sub> oder LFP) -Batterie ist der sicherste der regulären Lithium-Eisen-Batterietypen. Anders als in den Lithium-Ionen-Zellen mit Lithium-Cobalt (LiCoO<sub>2</sub>) kommt es während der chemischen Reaktion in Lithium-Eisenphosphat-Akkus nicht zur Freisetzung von Sauerstoff. Dadurch herrscht eine geringere Neigung zum thermischen Durchgehen und im ungünstigsten Fall zur selbstständigen Entzündung des Akkus.

#### Gefahren

Wenn der Elektrolyt austritt und das Leitsalz mit Feuchtigkeit oder Wasser reagiert, kann Fluorwasserstoffsäure bzw. Phosphoroxide entstehen.

Fluorwasserstoffsäure bzw. Phosphoroxide verursacht schwere Verätzungen der Haut und schwere Augenschäden und es kann Lebensgefahr bei Verschlucken, Hautkontakt oder Einatmen bestehen.

Ventinggase von LFP-Akkus enthalten je nach Ladezustand ebenso einen hohen Wasserstoffanteil und daraus resultierend die Gefahr der Bildung von EX-Atmosphären in geschlossenen Räumen.

### 9.1.4 Redox-Flow-Batterie (Flüssigbatterie oder Nasszelle)

#### Aufbau

Bei Flüssigbatterien, Flussbatterien, Nasszellen oder auch Redox-Flow-Batterien (Red für Reduktion = Elektronenaufnahme, Ox für Oxidation = Elektronenabgabe) werden flüssige Elektrolyte eingesetzt, die in zwei voneinander vollkommen unabhängigen Kreisläufen fließen. Die beiden Reaktionspartner liegen bei einer Redox-Flow-Batterie in flüssiger Form vor und zirkulieren in ihren Kreisläufen. Eine zwischengeschaltete Membran erlaubt dann einen Austausch von Ionen.

Gängigste Typen:

- Vanadium-Redox-Batterien - Basis Vanadium
- Basis auf organischen Elektrolyten (Negolyt und Posolyt)
- Zink-Brom-Flow-Batterien - Basis Zink und Brom

#### Gefahren

Redox-Flow-Batterien gelten als feuersicher, da eine unkontrollierte Erhitzung ausgeschlossen werden kann.

Einige Komponenten können je nach verwendetem Stoff auf Grund ihres extremen pH-Wertes als ätzend eingestuft werden.

Vanadium-Redox-Batterien

- Werden die Batterien überladen, kann es zur Bildung von Wasserstoff und Sauerstoff an den Elektroden sowie zur Bildung von CO<sub>2</sub> durch Oxidation der Kohlenstoffelektroden kommen.

Organische Elektrolyten und Zink-Brom-Flow Batterien

- Noch keine Erkenntnisse

## 9.1.5 Natrium-Schwefel-Batterie (NAS)

### Aufbau

In Natrium-Schwefel-Batterie befindet sich kein flüssiger Elektrolyt, sondern ein festes, natriumhaltiges Alu-Oxid. Herzstück bildet eine flüssige Natrium-Anode zusammen mit einer flüssigen Schwefel-Kathode. Dabei sind die einzelnen Zellen so aufgebaut, dass sie von Wasser geschützt sind, da dies in Verbindung mit dem Natrium zu gefährlichen Reaktionen führen kann. Während der Entladung gibt das Natrium je negativ geladene Elektronen ab, die positiv geladenen Natrium-Ionen wandern über die Festelektrolytmembran zur positiven Schwefel-Elektrode. Zusammen mit einem über den äußeren Stromkreis geflossenen negativen Elektron bildet sich dann Natriumpolysulfid. Bei der Ladung der Natrium-Schwefel-Batterie dreht sich dieser Prozess um.

### Gefahren

Bei technischen oder mechanischen Gebrechen besteht enorme Gesundheitsgefahr, wenn Natrium und Schwefel miteinander reagieren. Bei einer Reaktion entstehen Natriumsulfat und Chlorwasserstoff.

Chlorwasserstoff verursacht schwere Verätzungen der Haut und schwere Augenschäden sowie eine Reizung der Atemwege. Auf Metalle wirkt es korrosiv.

## 9.1.6 Zink-Luft-Speicher

### Aufbau

Zink reagiert mit Sauerstoff und setzt dabei Energie frei. Das Zink befindet sich in der Zelle, der Sauerstoff in der Luft gelangt durch die durchlässige Elektrode hinein. Dass sich lediglich ein Reaktionspartner in der Zelle befindet, hat den Vorteil, dass im Vergleich zum gängigen Lithium-Ionen-Akkumulator höhere Energiedichten möglich sind. Damit man die Zelle aber wieder aufladen kann, ist ein wässriger alkalischer Elektrolyt und eine bifunktionale Gasdiffusionselektrode oder eine separate Ladeelektrode nötig, die eine Oxidation der entstehenden Hydroxidionen ermöglicht.

### Gefahren

Derzeit noch keine Erkenntnisse

## 9.1.7 Wasserstoffspeicher

### Aufbau

Als Stromspeicher wird in Zukunft auch Wasserstoff eine wichtige Rolle spielen. Diese werden als „Langzeitspeicher“ bezeichnet. Überschüssiger Strom wird zur Elektrolyse von Wasser eingesetzt. Dabei entsteht Wasserstoff und Sauerstoff. Wasserstoff wird gespeichert und bei Bedarf in einer Brennstoffzelle wieder in Strom umgewandelt. Für die Speicherung des Wasserstoffes stehen z.B. Druckspeicher (bis zu 800 bar), Flüssigspeicher, Metallhydridspeicher oder auch sogenannte Adsorptionsspeicher zur Verfügung.

## Gefahren

Wasserstoff kann sich beim Ausströmen entzünden, z. B. durch elektrostatische Vorgänge, insbesondere bei hohen Drücken.

Zur Zündung ist lediglich eine sehr geringe Zündenergie erforderlich, z. B. durch die Reibung von Wassertröpfchen an Wasserstoffgasteilchen oder durch Ableitung der elektrostatischen Ladung von Kleidung.

Beim Ausströmen entsteht eine sehr hohe Geräuschbelastung (Hoher Pfeifton).

Die unsichtbare Flamme ist über 2000 Grad Celsius heiß und kann in Abhängigkeit vom Ausströmdruck Längen von bis zu 30 m haben; dabei gibt sie nur eine geringe Wärmestrahlung ab. Es besteht deswegen die Gefahr, dass man sich ihr unbewusst zu sehr nähert.

Der Zündbereich von 4 - 78 Volumen % in Luft ist sehr groß.

Wasserstoff durchmischt sich intensiv und schnell mit Luft

Wasserstoff hat ein spontanes Ausbreitungsverhalten im zur Verfügung stehenden Raum, vor allem an der Decke, da er wesentlich leichter ist als Luft.

## 9.1.8 Flüssigmetallspeicher

### Aufbau

Eine Flüssigmetallbatterie ist ein elektrochemischer Energiespeicher, deren Anode, Kathode und Elektrolyt sich während des Betriebs im flüssigen Aggregatzustand befindet. Für den Betrieb sind vergleichsweise hohe Temperaturen nötig, damit die einzelnen Materialien in flüssiger Form vorliegen, was eine entsprechende thermische Isolierung gegenüber der Umgebung erfordert. Diese Batterien zählen zu den Thermalbatterien. Flüssigmetallbatterien werden als stationärer Elektro-Energiespeicher für stark fluktuierende erneuerbare Energien diskutiert

### Gefahren

Noch keine Erkenntnisse

## 9.1.9 Druckluftspeicher

### Aufbau

Druckluftspeicherkraftwerke sind Speicherkraftwerke, in denen Druckluft als Energiespeicher verwendet wird. Mit überschüssiger Energie wird Luft unter Druck in einen Speicher gepumpt; bei Strombedarf wird mit der Druckluft in einer Gasturbine Strom produziert.

Nach der englischen Bezeichnung Compressed Air Energy Storage werden diese Kraftwerke auch abgekürzt CAES-Kraftwerke genannt.

### Gefahren

Noch keine Erkenntnisse

## 9.2 Herausforderung für den Feuerwehreinsatz

Die Einsatzkräfte wissen ohne Anlagendokumentation nicht, dass eine Speicheranlage vorhanden und wo der Installationsstandort ist

Die Einsatzkräfte wissen ebenfalls nicht um welchen Speichertyp es sich handelt

Großteils fehlen auch die Kennzeichnungen von Speicheranlagen

es gibt derzeit keine einheitliche Spannungsfreischaltung

Zuvor genannte Informationen könnten nur durch Begehungen und Aufnahme der Ist-Situation erlangt werden. Dies ist jedoch aufgrund der Anzahl der verbauten Anlagen und teilweise auch aus rechtlicher Sicht für die Einsatzkräfte nicht möglich!

Gefahren durch beschädigte Lithium-Ionen-Akkus wurden in der Info E-33 des Österreichischen Bundesfeuerwehrverbandes abgehandelt.

# 10 VB / Einsatzvorbereitung & Planung

## 10.1 Vorbeugender Brandschutz

Photovoltaikanlagen stellen eine Technologie dar welche die Einsatzkräfte der Feuerwehr vor neue Aufgaben stellt. Auch wenn die verstärkte Installation von Photovoltaikanlagen notwendig sein wird, sind trotzdem sicherheits- und brandschutztechnische Aspekte zu berücksichtigen.

Es entstehen elektrische Gefahren bis 1.500 Volt Gleichstrom, wenn nicht zusätzliche Maßnahmen zur im Brandfall unwirksamen Schutzisolierung getroffen werden. Durch die Montage von Photovoltaikmodulen auf Fassaden oder Dächern verschlechtert sich das Brandverhalten der bei diesen Konstruktionen an der Oberfläche verwendeten Materialien. Dadurch entstehen negative Auswirkungen auf die Brandausbreitung bei Fassaden und auf Dächern, auch kommt es in vielen Fällen zu einem verstärkten Einbrand in das Gebäudeinnere, wenn nicht entsprechende Ersatzmaßnahmen gesetzt werden.

### 10.1.1 Richtlinien zu PV-Anlagen im VB

*In diesem Kapitel werden die derzeitigen für die Feuerwehr relevanten Richtlinien aufgelistet und Auszüge aus diesen angeführt. Auf Grund der Aktualität der PV-Thematik kommt es laufend zu Aktualisierungen, Erweiterungen und Neuerungen bei diversen Richtlinien.*

### 10.1.1.1 OVE-Richtlinien

#### OVE-Richtlinie R11-1

PV-Anlagen - Zusätzliche Sicherheitsanforderungen

Teil 1: Anforderungen zum Schutz von Einsatzkräften der Feuerwehr

Diese OVE-Richtlinie dient dem Schutz von Einsatzkräften der Feuerwehr bei Gefährdungen im DC-Bereich bei Notfallereignissen.

Diese Richtlinie enthält Sicherheitsanforderungen in technischer, baulicher und organisatorischer Hinsicht und gilt für die Planung und Errichtung von PV-Anlagen an oder auf baulichen Anlagen. Hinweise zu wiederkehrenden Prüfungen.

Sie sieht Schutzmaßnahmen vor, dass bei Versagen der Schutzmaßnahme gegen elektrischen Schlag „Doppelte oder verstärkte Isolierung (Schutzisolierung)“ mögliche Risiken für Einsatzkräfte so gering wie möglich gehalten werden.

Diese Schutzmaßnahmen gelten ab Eintrittsstelle der DC-Leitungen ins Gebäude bis zum Wechselrichter.

Weiters sind Abstände zu Rauch- und Wärmeabzugsanlagen, Dachrändern, brandabschnittsbildenden Bauteilen angegeben und Vorgaben betreffend Zugänge für die Einsatzkräfte für die Durchführung von Löschmaßnahmen definiert. Folgende Kennzeichnung laut OVE R11-1 muss es bei Vorhandensein einer PV-Anlage geben. Diese muss am Übergabepunkt der elektrischen Anlage z.B. Hausanschlusskasten, Gebäudehauptverteiler angebracht werden und kann auch als Kennzeichnung an Stromverteilerkästen verwendet werden.

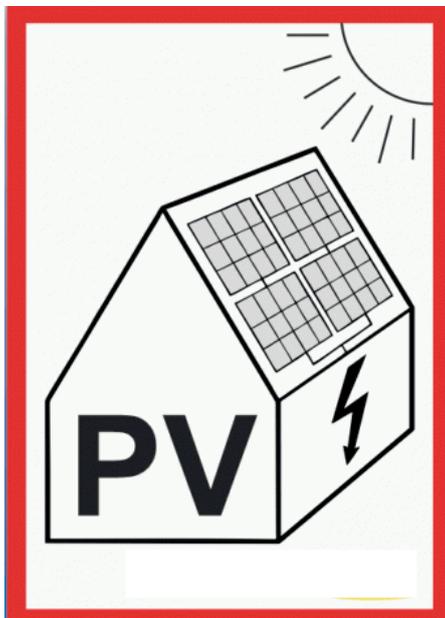


Abbildung 42: Hinweisschild zum Vorhandensein einer PV-Anlage

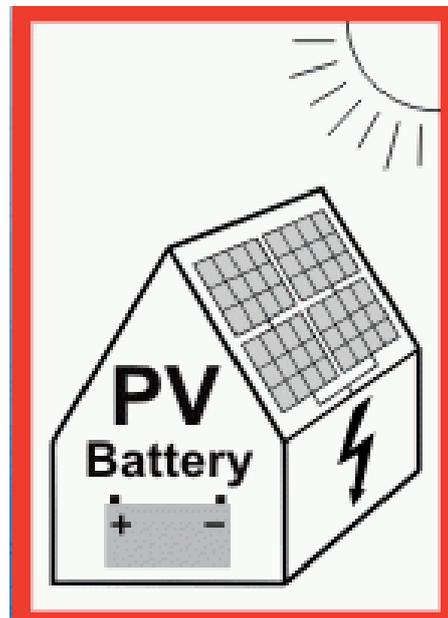


Abbildung 43: Hinweisschild zum Vorhandensein einer PV-Anlage mit Speicher

### 10.1.1.2 OIB-Richtlinien

In den OIB-Richtlinien finden sich folgende Regelungen mit Bezug auf Photovoltaikanlagen, für Detailinformationen stehen die OIB-Richtlinien auf der Homepage der OIB [www.oib.or.at](http://www.oib.or.at) kostenfrei zur Verfügung:

#### OIB-RL 2 2023

OIB-RL 2 - Punkt 3.4.5

Verbot der Aufstellung von Wechselrichtern in Treppenhäusern

OIB-RL 2 - Punkt 3.5.14

Verhinderung der Brandausbreitung über die Fassade aufgrund von Photovoltaikmodulen

Rettungsweg mit Mitteln der Feuerwehr über die Fassade darf nicht eingeschränkt werden

In OIB-RL 2 - Punkte 3.9.1, 3.9.2, 3.9.3 und insbesondere 3.9.12 finden sich Vorgaben über die Aufstellung von stationären Batterieanlagen (für Photovoltaikanlagen)

OIB-RL 2 - Punkt 3.13

Photovoltaik-Anlagen auf Dächern der Gebäudeklassen 3 bis 5

Regelungen über das Brandverhalten von Photovoltaikmodulen, Verhinderung der Brandausbreitung (Abstände zu brandabschnittsbildenden Wänden), Zugängigkeit für die Feuerwehr, Flächenausdehnung von Photovoltaikmodulen, Abstände zu Dachöffnungen und Rauch- und Wärmeabzugsanlagen, Vorgaben für die Aufstellung von Wechselrichtern, Verhinderung des Einbrandes ins Gebäudeinnere, Feuerwiderstand und Brandverhalten der Deckenkonstruktionen unterhalb der Photovoltaikmodule

#### OIB-RL 2.1 2023 - Betriebsbauten

OIB-RL 2.1 2023 - Punkte 3.9.7, 3.9.8, 3.9.9

Verhinderung der Brandausbreitung über die Fassade aufgrund von Photovoltaikmodulen

OIB-RL 2.1 2023 - Punkt 3.11

Photovoltaik-Anlagen auf Dächern

Regelungen über das Brandverhalten von Photovoltaikmodulen, Verhinderung der Brandausbreitung (Abstände zu brandabschnittsbildenden Wänden, Abstände zu Streifen mit nicht brennbaren Dämmstoffen), Zugängigkeit für die Feuerwehr, Flächenausdehnung von Photovoltaikmodulen, Abstände zu Dachöffnungen und Rauch- und Wärmeabzugsanlagen, Vorgaben für die Aufstellung von Wechselrichtern, Verhinderung des Einbrandes ins Gebäudeinnere (insbesondere bei automatischen Löschanlagen, Feuerwiderstand und Brandverhalten der Deckenkonstruktionen unterhalb der Photovoltaikmodule)

## OIB-RL 2.2 2023 - Garagen, überdachten Stellplätzen und Parkdecks

Für Photovoltaikanlagen gelten die Bestimmungen gemäß Punkt 3.5.14 und 3.13 der OIB-Richtlinie 2 sinngemäß.

OIB-RL 2.2 2023 - Punkt 10.

Zusätzliche Anforderungen an Ladestationen für Elektrofahrzeuge

## OIB-RL 2.3 2023 - Gebäuden mit einem Fluchtniveau von mehr als 22 m

OIB-RL 2.3 2023 - Punkt 2.1.5

Verbot der Aufstellung von Wechselrichtern in Treppenhäusern

OIB-RL 2.3 2023 - Punkt 2.18.1

Verhinderung der Brandausbreitung über die Fassade aufgrund von Photovoltaikmodulen

OIB-RL 2.3 2023 - Punkte 2.18.2, 2.18.3

Photovoltaik-Anlagen auf Dächern

Regelungen über das Brandverhalten von Photovoltaikmodulen, Verhinderung der Brandausbreitung (Abstände zu brandabschnittsbildenden Wänden), Zugänglichkeit für die Feuerwehr, Flächenausdehnung von Photovoltaikmodulen, Abstände zu Dachöffnungen und Rauch- und Wärmeabzugsanlagen, Vorgaben für die Aufstellung von Wechselrichtern, Verhinderung des Einbrandes ins Gebäudeinnere, Feuerwiderstand und Brandverhalten der Deckenkonstruktionen unterhalb der Photovoltaikmodule

### 10.1.1.3 TRVB

*Anmerkung: Eine TRVB zum Thema PV-Anlagen ist in Ausarbeitung.*

## 10.2 Einsatzvorbereitung und Planung

Je nach Größe des eigenen Einsatzgebietes können vorhandene PV-Anlagen erfasst und dokumentiert werden. Bei Objekten mit vorhandenen Brandschutzplänen sollte überprüft werden, ob diese bei nachgerüsteten PV-Anlagen auch aktualisiert wurden.

Von der Baubehörde sollte die Einhaltung der OVE R11-1 inklusive der darin geforderten Pläne für Einsatzkräfte bei entsprechenden Projekten gefordert werden (Bring- statt Holschuld). Von Seiten der Feuerwehr die Empfehlung zur Einbindung des Brandschutzbeauftragten bereits in der Projektphase vor der Errichtung eingebunden werden soll.

Bei Gebäudebegehungen und Übungen sollte darauf geachtet werden, ob die Anlage normgerecht gekennzeichnet ist, wenn nicht, sollte die Kennzeichnung beim Anlagenbetreiber eingefordert werden.

Als Hilfestellung für die Feuerwehren findet sich im Anhang ein Begehungsprotokoll.

Gibt es in der eigenen Feuerwehr geeignetes Elektrofachpersonal oder ist man im Einsatz auf externes Personal angewiesen?

Die Feuerwehr sollte über 24x7 Kontaktinformationen von örtlichen Elektrofachbetrieben dokumentiert und aktuell gehalten haben.

### 10.2.1 Orthofotos

PV-Anlagen können per Orthofoto erkannt und je nach Größe des Einsatzgebiets zur Einsatzvorbereitung vorab erfasst werden. Auf Tablets eingeblendete Orthofotos der Einsatzadresse erleichtern bei der Anfahrt die Erkundung aus der Vogelperspektive. Durch die Orthofotos kann man Anlagen auch bei Nacht, schlechter Sicht bzw. falls diese zugeschneit sind, erkennen. Es besteht jedoch eine gewisse Verwechslungsgefahr mit Solarthermieanlagen.

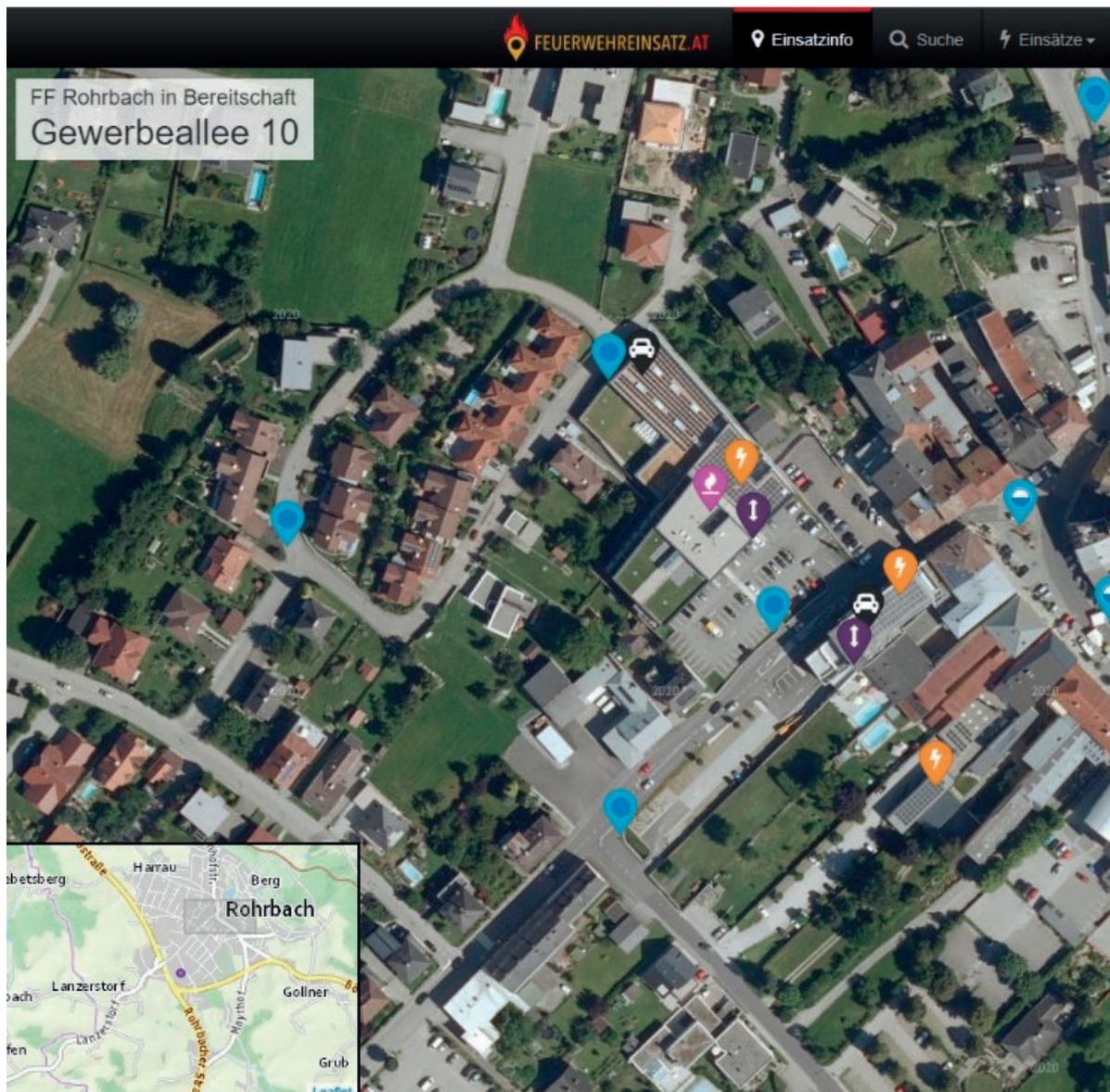


Abbildung 44: Beispiel eines Orthofotos mit eingezeichneten PV-Anlagen (Hubert Springer, FF Rohrbach im Mühlkreis)

Auf diesem Bild erkennbar, dass Anlagen bereits in der Einsatzvorbereitung erfasst und markiert wurden, es können Daten zu der Anlage abgelegt und im Einsatzfall aufgerufen werden (Pläne, Kontaktdaten zum Anlagenbetreiber, ...).

## 10.2.2 Schulung der Einsatzkräfte

Die Schulung von Einsatzkräften sollte grundsätzlich die Gefahren von elektrischem Strom beinhalten, da diese Gefährdung in verschiedensten Einsatzsituationen anzutreffen ist.

Wichtig ist, die Gefahr zu erkennen (Kennzeichnung, Info im Brandschutzplan, ...), die Gefahrenzeichen, das Lesen eines PV-Plans müssen daher die Grundlagen darstellen - siehe Beispiele im Anhang.

Neben diesem allgemeinen Teil, sollten aber auch spezifische Inhalte zum Thema PV-Anlagen geschult werden und hierzu wurde die Info E-32 geschaffen.

Damit es nicht bei der Theorie bleibt, sollte großen Anlagen besichtigt werden, um exemplarisch Technik und Aufbau von PV-Anlagen zu schulen.

Eine Hilfestellung bieten auch die blauen Seiten im "Blattler" des ÖBFV.

Hier ist eine Seite speziell für PV-Anlagen zu finden.

**PHOTOVOLTAIKANLAGEN** **50**

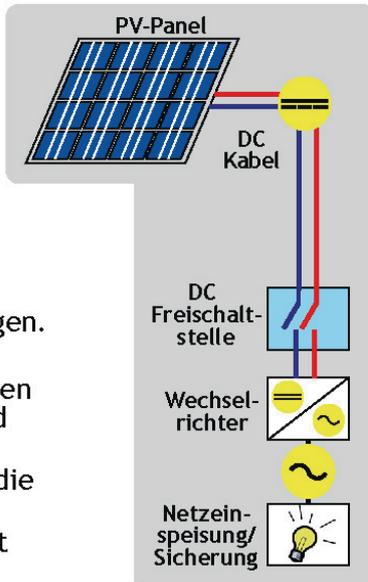
**Achtung! Spannung bis zu 1000 V  
solange Lichteinstrahlung gegeben ist!**

Anlagenmerkmale:  
Photovoltaikanlagen (PV-Anlagen) erzeugen elektrischen Strom über die Einstrahlung von Licht (Sonne, aber auch Scheinwerfer ...).

An der Anlage können Gleichspannungen **bis zu 1000 V** anliegen. **Lebensgefahr!**  
Bei „Inselanlagen“ erfolgt die Energiespeicherung über Akkus.

Einsatzhinweise:

- EVU oder Betreiber verständigen.
- **Abstände beachten!**
- Mit Lösch- und Rettungsarbeiten unabhängig vom Schaltzustand beginnen.
- Immer davon ausgehen, dass die Anlage unter Spannung steht!
- Schaumeinsatz nur bei absolut spannungsfreien Anlagen!
- PV-Panele können sich aufgrund von Brandeinwirkung lösen und abstürzen.
- Auf beschädigte Anlagenteile (Sturmschäden etc.) achten.



Brandschutzplan:  
 Photovoltaik

Abbildung 45: Blattler Seite 50 - [fire.cc/blattler](http://fire.cc/blattler)

### 10.2.3 Einsatzende / Übergabe der Einsatzstelle

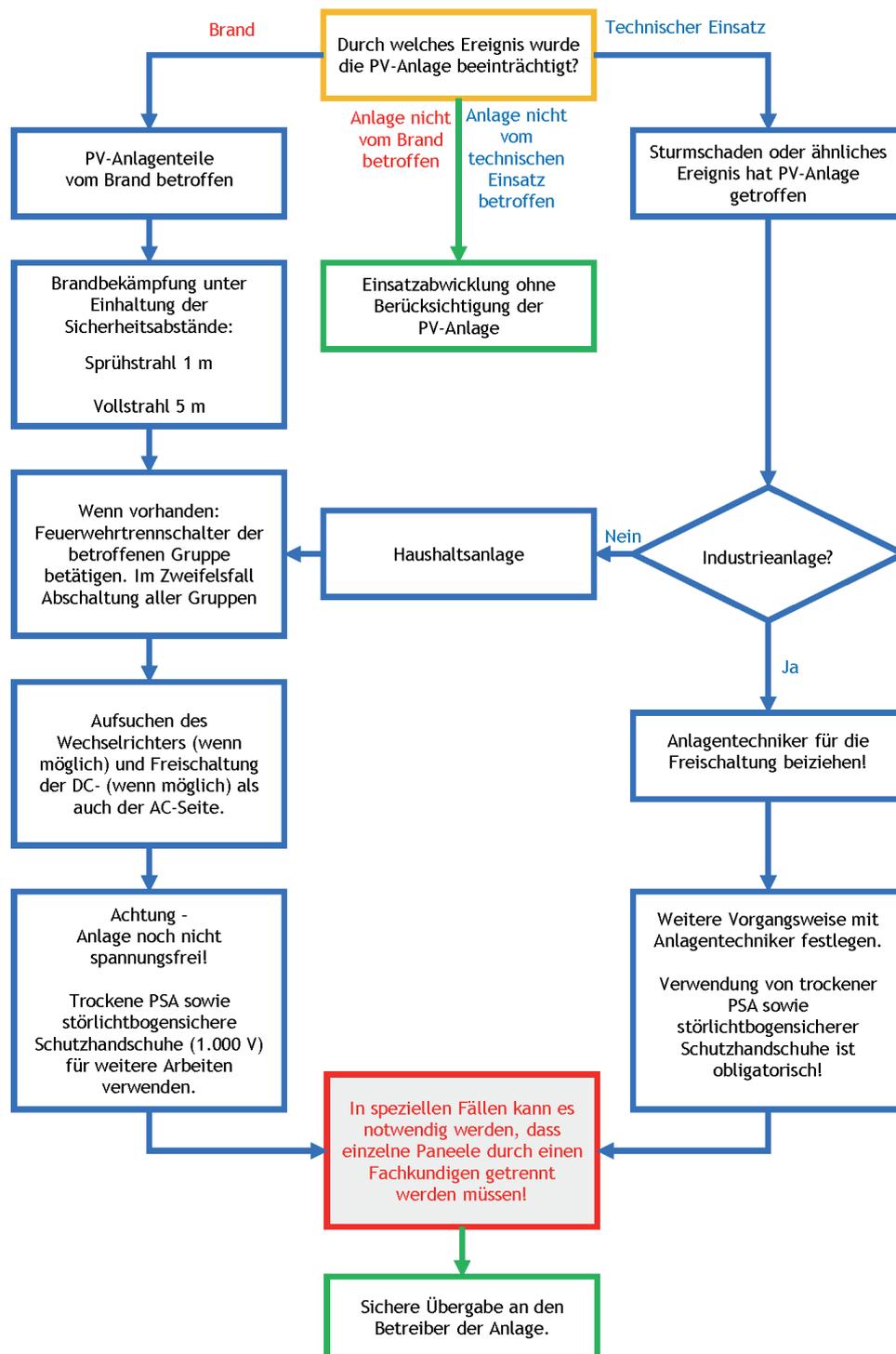
Der Betreiber bzw. Objektverantwortliche ist für die Instandsetzung und Überprüfung des Objekts, PV-Anlage, Anlagenteile, Elektroinstallation an eine Fachfirma zu verweisen.

*Hinweis: Die beschädigten Module können auch nach einem Brand oder nach einer Zerstörung, bei Sonneneinstrahlung, Strom produzieren. Die große Gefahr hierbei ist, dass die Leitungen oft blank liegen und so eine erhöhte Verletzungs- und Brandgefahr besteht.*

## 11 Literaturverzeichnis

- Deutscher Feuerwehrverband. (2010). *Einsatz an Photovoltaikanlagen*. Berlin: Deutscher Feuerwehrverband.
- Obermaißer, S. (4 2020). PV-Anlagen Brand: Anforderung an Ausführung zum Schutz der Einsatzkräfte. *BVS*, S. 14-17.
- ÖVE E8101 Errichtungsbestimmungen für elektrische Niederspannungsanlagen  
11.2 Geltungsbereich für Errichtungsbestimmungen
- Staatliche Feuerweherschule Würzburg. (2022). *Einsatz an stationären Lithium-Solarspeichern*. Staatliche Feuerweherschule Würzburg.
- Staatliche Feuerweherschule Würzburg. (2022). *Einsatz an stationären Lithium-Solarstromspeichern*. Staatliche Feuerweherschule Würzburg.
- Vogler, G. (05-06 2021). Herausforderungen für Feuerwehren: Photovoltaik im Aufwind. *Die Wehr*, S. 16-18.
- Wikipedia. (03 2023). Photovoltaikanlage.  
<https://de.wikipedia.org/wiki/Photovoltaikanlage>.
- Wolf, Ulrich [www.pvsafety.de](http://www.pvsafety.de)

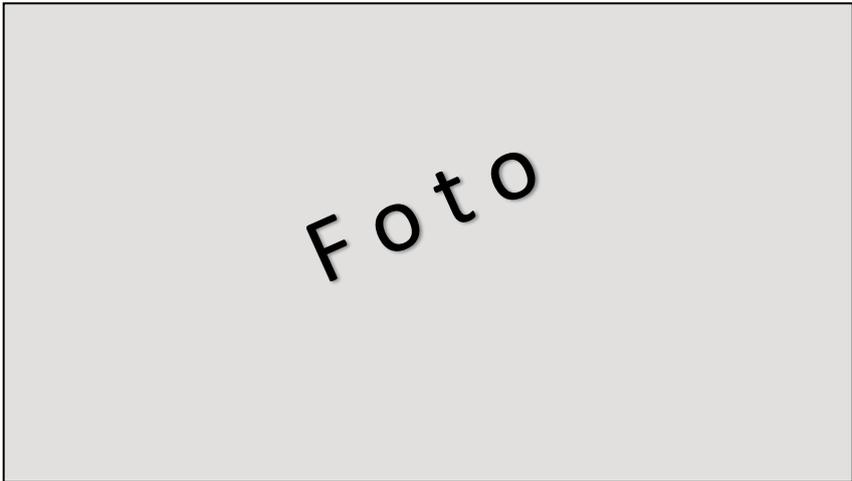
## 12 Anhang 1: Ablaufschema Feuerwehreinsatz an Gebäuden mit PV-Anlagen



## 13 Anhang 2: Begehungsprotokoll zur Einsatzvorbereitung bei PV-Anlagen

<b>PV-Plan Nr.: _____</b>	
<b>Objektbezeichnung</b>	
<b>Adresse</b>	

<b>Ansprechpersonen (Name)</b>	<b>Funktion</b>	<b>Telefon</b>
	Eigentümer	
	Verfügungsberechtigter	
	Errichter Firma PV	
	Elektrofachfirma	
	Netzbetreiber	

<b>Foto</b> (Übersichtsfoto)


## Begehungsprotokoll

<b>Angaben zum Objekt</b>			
	Ja*	Nein*	Anmerkungen (Standorte usw.)
Hauptzugang gekennzeichnet			
PV-Übersichtsplan			
Feuerwehr-Not-Schalter			
DC-Freischaltung			
AC-Freischaltung			
Fixer Dachaufstieg vorhanden			
Brennbare Dachhaut			
Speicher vorhanden			
Brandmeldeanlage			

\* Zutreffendes ankreuzen

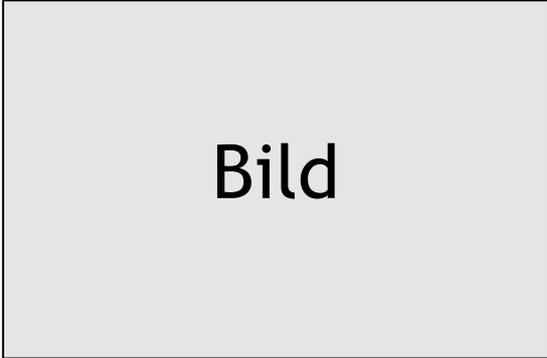
<b>Geschoße</b> (Bezeichnung, z.B. „1.OG“)	<b>Zugang über Leiter</b> (Tragbare Leiter od. DLK/TMB)	<b>Anmerkungen</b> (Aufstellflächen usw.)

<b>Weitere Gefahrenhinweise</b> (z.B. „Treibstofflager“, „Flüssiggasbehälter“, „Gasflasche in Werkstatt“, usw.)

<b>Löschwasserentnahmestellen</b> (Hydrant, Löschteich, usw.)	<b>Leistung</b> (l/min)	<b>Entfernung</b> (100/250/500 m)



**Foto** (Detailfotos z.B.: Abschaltanlagen, Zugänge, Wechselrichterstandort, Leitungsführung, Speicher etc.)

 <p>Bild</p>	 <p>Bild</p>
 <p>Bild</p>	 <p>Bild</p>

<b>Erstellt von</b> (Dienstgrad, Name)	<b>Erstellt am</b> (Datum)

\_\_\_\_\_  
Unterschrift

## 14 Anhang 3: 4-AB-Regel

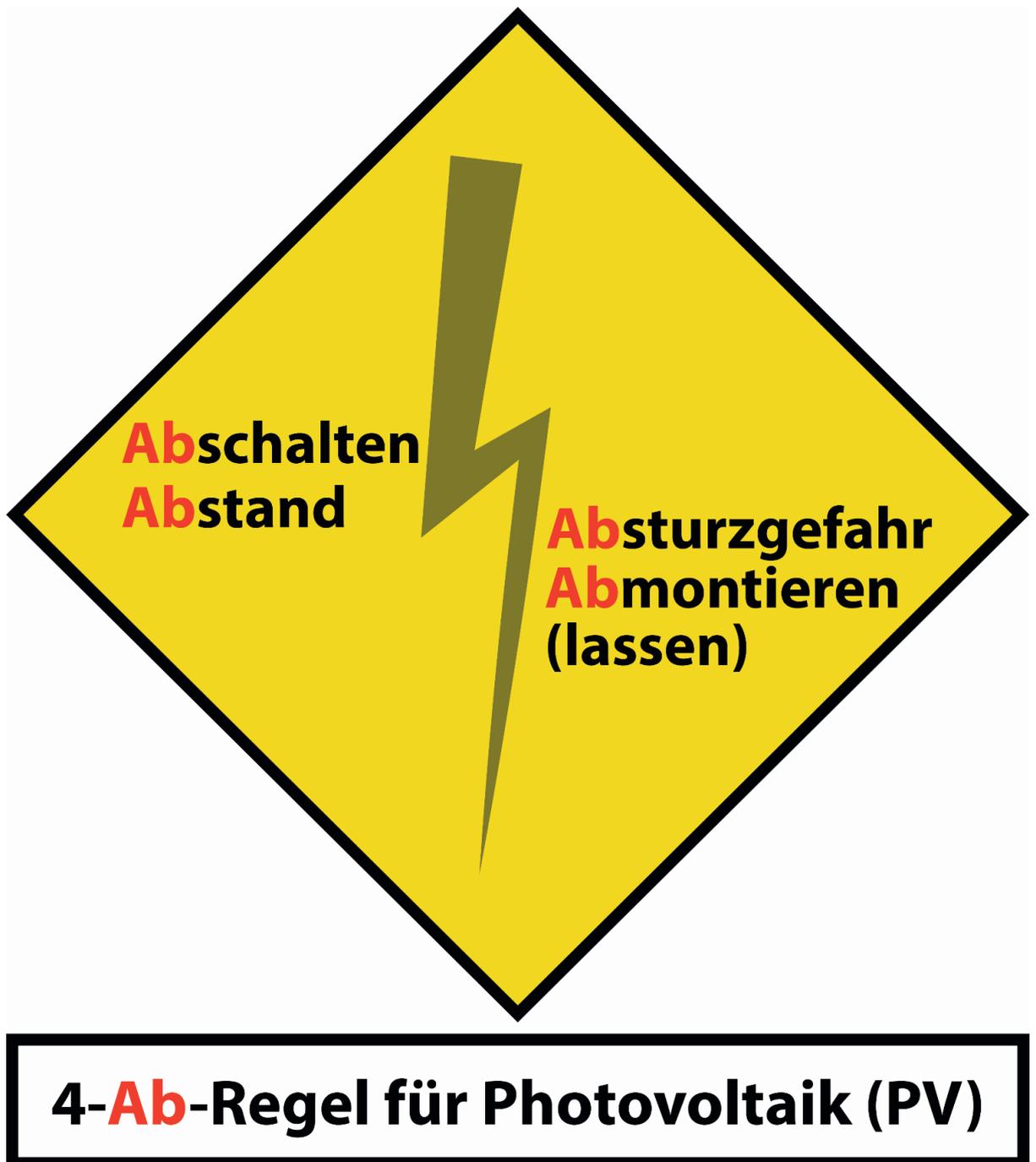


Abbildung 46: 4-Ab-Regel (Hochenegger Dominik)

