



Aus Unfällen lernen 2023

Ausgabe 2023

© Copyright und Grafiken: Electrosuisse

Autor

Silvan Lauper

Bezugsquelle

Electrosuisse | Luppmenstrasse 1 | 8320 Fehraltorf
T +41 58 595 11 90 | normenverkauf@electrosuisse.ch

Die Unterlagen wurden aufgrund der gültigen Normen eingehend geprüft. Für Fehler übernehmen die Verfasser keine Haftung. Im Zweifelsfall gelten die entsprechenden Normen.

Einleitung

Photovoltaikanlagen (PV-Anlagen) erfreuen sich seit Jahren wachsender Beliebtheit. Aus Sicht Energiepolitik und Nachhaltigkeit kann dies als durchaus positive Entwicklung eingestuft werden. Erwartungsgemäss hat der Boom dazu geführt, dass zahlreiche neue Anbieter von PV-Technologien und Dienstleistungen in den Markt eingetreten sind. Die Schattenseite davon: In den vergangenen Jahren nahm die Zahl an Unfällen im Zusammenhang mit PV-Anlagen deutlich zu. Die Hauptgründe dafür sind mangelnde Qualifikation des Installationspersonals sowie fehlende Kenntnisse über grundlegende Sicherheitsaspekte.

Stromschläge an ungeschützten Enden von DC-Leitungen und Verbrennungen durch Lichtbögen beim Trennen von DC-Verbindungen unter Last sind die häufigsten direkten Verletzungen. Und da PV-Anlagen in grosser Höhe auf Dächern oder an Fassaden installiert werden, besteht zudem die Gefahr von Sturzunfällen. Solche Folgeunfälle können ebenfalls zu gravierenden gesundheitlichen Folgen führen. Diese Broschüre zeigt auf, wie den Gefahren begegnet werden kann und welche Massnahmen bezüglich Arbeitssicherheit einzuhalten sind.

Das Risiko einer tödlichen Verletzung ist bei Elektrounfällen etwa 4-mal grösser als bei anderen Unfällen. Jedes Jahr verunfallen 1 bis 2 Elektrofachpersonen tödlich. Zudem registriert die Suva jährlich ca. 220 Unfälle durch Absturz bei Dacharbeiten, 3 davon tödlich.

Technisch gesehen sind PV-Anlagen umfangreich und ihre Erstellung entsprechend anspruchsvoll. Speziell zu beachten gilt, dass bei PV-Anlagen sowohl Wechsel- als auch Gleichstromkomponenten im Einsatz stehen. Die PV-Module sind nur bei absoluter Dunkelheit spannungslos, weshalb PV-Anlagen auf der DC-Seite nicht ohne weiteres spannungslos geschaltet werden können. Aufgrund der Umwelt- und Wettereinflüsse hat auch die Materialwahl einen grossen Einfluss auf die Langlebigkeit und Zuverlässigkeit einer Anlage. Ergo: Qualität zahlt sich aus und diesem Umstand sollte bei der Auftragsvergabe Rechnung getragen werden. Aus diesen Gründen verlangt der Umgang mit PV-Anlagen nach breitem Fachwissen sowie der Einhaltung normativer Vorgaben.

Merkmale von PV-Anlagen:

- Betriebsspannungen von bis zu 1500V auf DC-Seite,
- DC-Seite steht immer unter Spannung, ausser bei absoluter Dunkelheit,
- Typische Wechselrichter sind netzgekoppelt; bei Netzausfall schalten sie aus; autarker Betrieb nicht möglich,
- Rückspeisungen bei Netzausfall zu keinem Zeitpunkt zugelassen,
- Sehr hohe Betriebszeiten, weil im Sommer bis zu 600 Sonnenstunden möglich sind,
- Erwartete Lebensdauer: PV-Module ca. 25 Jahre, Wechselrichter ca. 10 Jahre,
- Robuste Bauweise in guter Qualität, um den Wetter- und Umwelteinflüssen wie UV-Strahlung, Temperaturunterschiede, Schneelast, Wind, Regen, Luftschadstoffe und Feuchtigkeit standzuhalten.

Technische Grundlagen

1 PV-Generator

Die PV-Module werden zu Strings (in Serie) und diese wiederum zu Arrays (parallele Strings) zusammengeschaltet.

2 Generatoranschlusskasten

Im Generatoranschlusskasten (GAK) werden die Strings und/oder die Arrays zusammengeführt und es sind Überstrom- und ggf. Überspannungs-Schutzeinrichtungen vorhanden. Diese sind meistens bei grösseren Anlagen anzutreffen.

3 Überspannungs-Schutzeinrichtung

Sie schützt die DC-Hauptleitung und die nachfolgenden Komponenten.

4 DC-Hauptleitung

Sie verbindet den Wechselrichter mit dem Generatoranschlusskasten.

5 Wechselrichter

Den eingangsseitigen Gleichstrom (DC) wandelt der Wechselrichter in Wechselstrom (AC) um. Der Wechselrichter «trennt» die DC- von der AC-Seite.

6 DC-Schalter oder -Trenneinrichtung

Diese Trenneinrichtung ist häufig im Wechselrichter integriert und ist erforderlich, um die DC-Seite freizuschalten.

7 AC-Schalter oder -Trenneinrichtung

Diese Trenneinrichtung bildet die Grenzstelle zu den weiteren Installationen im Gebäude. Sie zeigt zudem auf, bis wohin die unterschiedlichen Installationsbewilligungen ihre Gültigkeit haben.

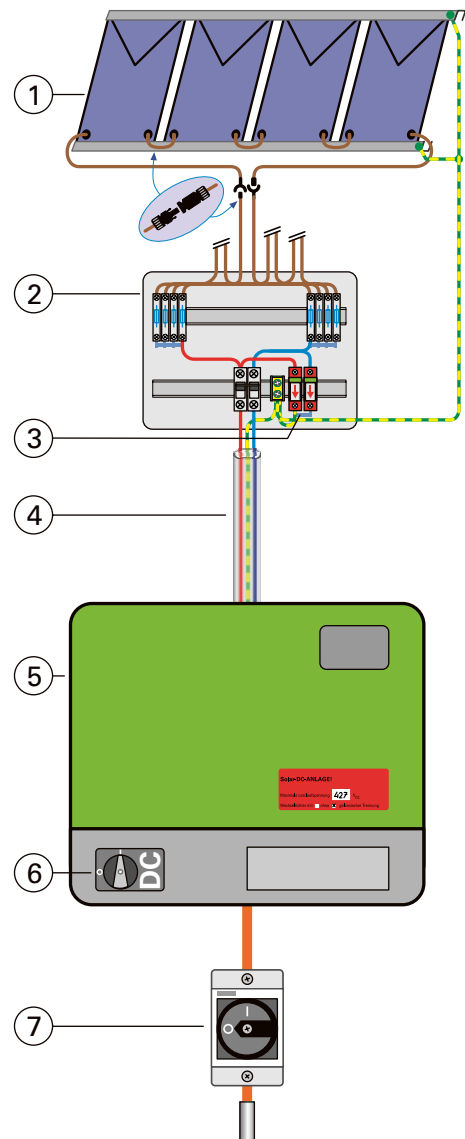


Bild 1: Aufbau PV-Anlage (Quelle Electrosuisse)

Überstrom-Schutzeinrichtung (AC-Seite)

Obschon eine PV-Anlage ihre Energie ins Netz einspeist und folglich die Energierichtung im Gegensatz zu einem Verbraucher umgekehrt verläuft, wird sie aus AC-Sicht wie ein Verbraucher respektive als «Abgang» angesehen und installiert.

Messeinrichtung «gesamt»

Der 4-Quadrantenzähler misst die gesamte Energie und ist in der Lage, beide Energierichtungen (Bezug oder Rückspeisung) zu erfassen.

Messeinrichtung «PV-Anlage»

Damit wird die durch die PV-Anlage erzeugte Energie (Produktion) gemessen. Diese Messeinrichtung wird nur bei Anlagen mit einer Leistung > 30kWp gefordert.

Überstrom-Schutzeinrichtung seitens Bezüger

Sie dient dazu, die einzelnen Zählerstromkreise vom Netz zu trennen.

Sicheres Installieren von PV-Anlagen

Grundlagen Arbeitssicherheit

Die Gesamtverantwortung für die Arbeitssicherheit liegt beim Arbeitgeber. Er legt die einzuhaltenden Schutzmassnahmen fest und stellt deren Umsetzung sicher. Eine vorgängige Planung der Schutzmassnahmen und der Einbezug der Mitarbeitenden ist dabei unerlässlich. Es muss sichergestellt werden, dass qualifiziertes Personal, geeignete Werkzeuge und die erforderlichen Schutzausrüstungen eingesetzt werden. Es gilt zu beachten, dass nur geprüfte PV-Anlagen in Betrieb genommen werden dürfen.

Die 5+5 lebenswichtigen Regeln im Umgang mit Elektrizität sind die Grundvoraussetzung für sicheres Arbeiten. Bei konsequenter Anwendung können die meisten Elektrounfälle verhindert werden.

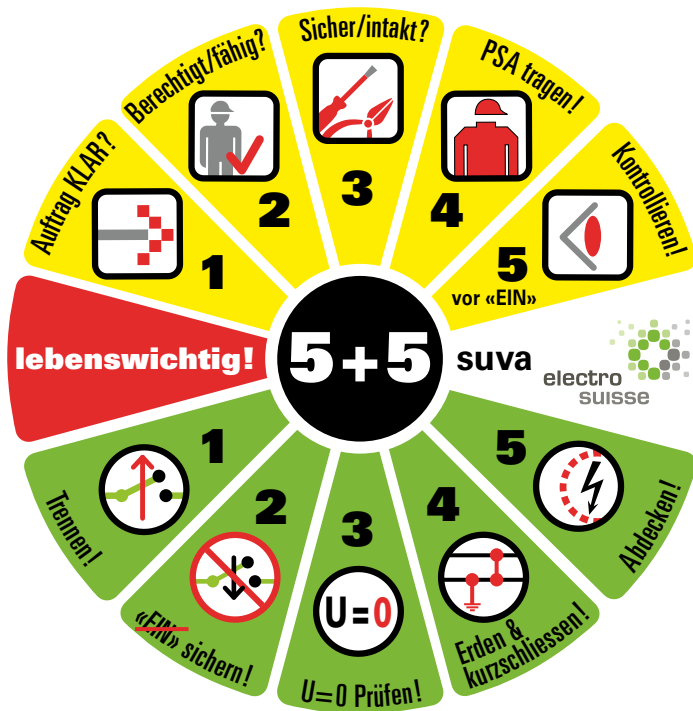


Bild 2:
5+5 lebenswichtige Regeln
(Quelle Electrosuisse)

DC-Leitungen stehen bei Lichteinfall permanent unter Spannung. Merke: Bevor Verbindungen getrennt werden, muss die Stromfreiheit geprüft werden. Ansonsten entsteht ein Lichtbogen, welcher zu Verbrennungen führt. Die Stromfreiheit muss mit einer geeigneten DC-Strommesszange geprüft werden.

Auch für Arbeiten auf dem Dach sind die entsprechenden Sicherheitsregeln einzuhalten. Dies gilt sowohl beim Erstellen der PV-Anlage als auch für Wartungsarbeiten, Reinigungen und Kontrollen. Ein Kollektivschutz (z.B. Fassadengerüst oder Seitenschutz) ist dem Individualschutz (z.B. Anseilschutz) vorzuziehen. Der Anseilschutz darf nur angewendet werden, wenn die Arbeiten insgesamt weniger als zwei Personentage dauern. Die Mitarbeitenden müssen dabei speziell ausgebildet und ausgerüstet sein. Alleinarbeit ist nicht zulässig.

Die neun lebenswichtigen Regeln für das Arbeiten auf Dächern und an Fassaden lauten:

- 1 Sichere Zugänge erstellen
- 2 Absturzkanten sichern
- 3 Sturz ins Gebäudeinnere verhindern
- 4 Dachöffnungen sichern
- 5 Durchbruchssichere Dachflächen
- 6 Fassadenarbeiten mit sicheren Arbeitsmitteln
- 7 Gerüste kontrollieren
- 8 Anseilschutz korrekt einsetzen
- 9 Vor Asbeststaub schützen

Durch das konsequente Anwenden der lebenswichtigen Regeln können Arbeitsunfälle verhindert, die Gesundheit geschützt und Leben gerettet werden.

Praxistipp:

Wird eine PV-Anlage auf einem Schrägdach installiert, müssen die Arbeiten auf dem Dach fertiggestellt werden, solange das Fassadengerüst noch steht. Dies hat zur Folge, dass die PV-Module auf dem Dach bereits mit der DC-Hauptleitung verbunden werden müssen und letztere somit unter Spannung steht. Der Wechselrichter ist zu diesem Zeitpunkt meist noch nicht installiert und die blanken Enden der DC-Hauptleitung liegen im Technikraum frei herum, was die Unfallgefahr stark erhöht. Um diese Gefahr zu beseitigen, gibt es eine einfache und wirkungsvolle Vorgehensweise: Zuerst im Technikraum den Generatoranschlusskasten (GAK) installieren, dann die DC-Hauptleitung daran anschliessen und erst jetzt die PV-Module auf dem Dach mit der DC-Hauptleitung verbinden. Die Installation des Wechselrichters und die Verbindung zum GAK können nun gefahrlos zu einem späteren Zeitpunkt erfolgen.

Bewilligungspflicht

Einzig das Montieren von PV-Modulen auf der Tragkonstruktion und das Stecken der Verbindungen zwischen den Modulen mit vorkonfektionierten Kabeln ist ohne Bewilligung zulässig. Sämtliche übrigen Installationsarbeiten für das Erstellen einer PV-Anlage erfordern eine allgemeine Installationsbewilligung (NIV 734.27 Art. 7 oder 9) oder eine eingeschränkte Installationsbewilligung (NIV 734.27 Art. 14). Generell darf nur geschultes Personal Installationen ausführen. Dazu ist eine Bewilligung des Eidgenössischen Starkstrominspektorats (ESTI) nötig.

Das Erstellen von nicht steckerfertigen Anschlüssen, wie beispielsweise am Generatoranschlusskasten oder am Wechselrichter, sowie das Verlegen von Leitungen über die Trägerkonstruktion hinaus am oder im Gebäude, setzt ebenfalls eine Installationsbewilligung voraus. Die eingeschränkte Installationsbewilligung erlaubt nur Installationsarbeiten von der Modulkabelung bis zu den Abgangsklemmen des Anlageschalters. Die Installation zwischen dem Anlageschalter (Eingangsklemmen) und der entsprechenden Überstrom-Schutzeinrichtung in der Schaltgerätekombination erfordert in jedem Fall eine allgemeine Installationsbewilligung.

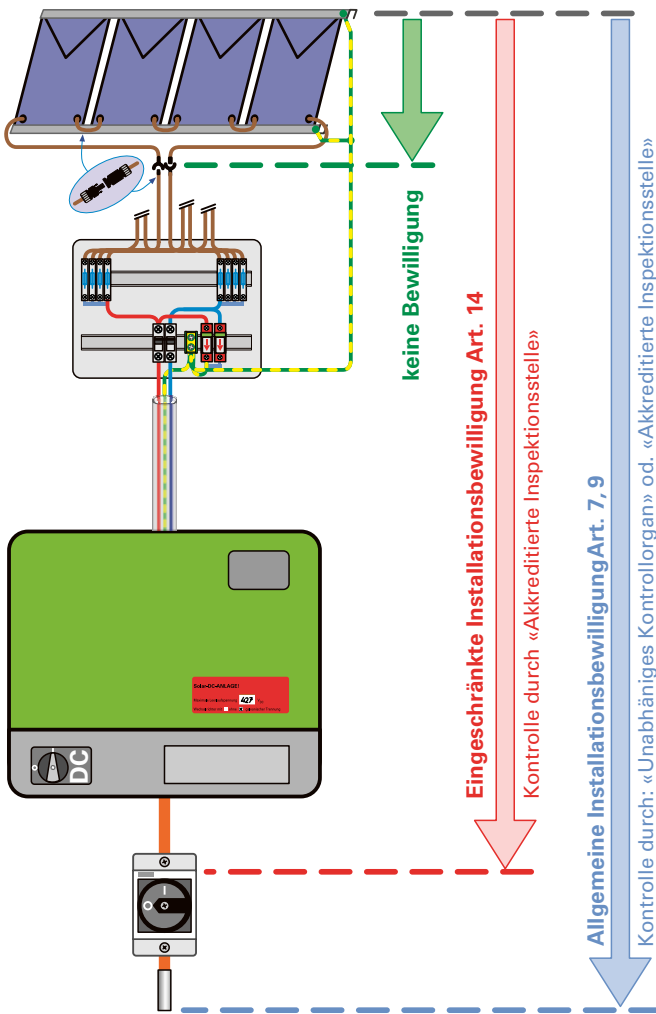


Bild 3:
Installationsbewilligungen
(Quelle Electrosuisse)

Leitungen

DC-Leitungen, insbesondere DC-Hauptleitungen, welche meistens stockwerkübergreifend installiert sind, müssen doppelt oder verstärkt isoliert sein (Schutzklasse II) und dürfen kein PVC enthalten. Sie müssen mit grosser Sorgfalt verlegt werden und benötigen einen guten mechanischen Schutz, auch gegen Nagetierfrass. Ebenfalls sind die Leitungen örtlich zusammengefasst zu verlegen, und zwar AC- und DC-Leitungen getrennt. Mit einer für die DC-Leitungen separaten, unabhängigen Leitungsführung lässt sich diese Bedingung am sichersten realisieren.

Montageort Anordnung	Montageort				
	auf/in brennbaren Gebäudeteilen	in feuergefährdeten Bereichen	horizontale Fluchtwege	vertikale Fluchtwege	explosionsgefährdete Bereiche
Alle DC-Leitungen	doppelte Isolation				
	keine PVC-Kabel				
DC-Modulverkabelung	ohne Rohr		☒		
DC-Hauptleitung oder Array-/Stringleitung	Rohr RF 1 BKZ 6.3	Rohr RF 1 BKZ 6.3 ¹⁾		☒ ²⁾	☒
	Rohr RF 2 BKZ 5.2				
	oder konzentrischer PE-Leiter				

Bild 4: NIN 7.12.5 Figur 6
(Quelle Electrosuisse)

Fehlerschutz

DC-Leitungen müssen grundsätzlich gegen Überlast und gegen Kurzschluss geschützt werden. Da auf der DC-Seite die Kurzschlussströme nur unwesentlich höher sind als die Betriebsströme, kann der Schutz durch automatische Abschaltung der Stromkreise nicht angewendet werden. Wechselrichter mit galvanischer Trennung (Transformator) kommen nur selten zum Einsatz. Deshalb werden für den Fehlerschutz allstromsensitive Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCD) gefordert. Häufig sind jedoch Überwachungseinrichtungen (RCMU) in den Wechselrichtern integriert, sodass auf vorgeschaltete RCDs verzichtet werden darf. Auf der AC-Seite ist pro Wechselrichter eine separate Überstrom-Schutzeinrichtung notwendig. PV-Module sind bei Spannungen über 120 V DC in der Schutzklasse II ausgeführt.

Überspannungsschutz

DC-Leitungen werden mittels Überspannungs-Schutzeinrichtungen geschützt. Dies ist gefordert, wenn die kritische Leitungslänge von 20 m bzw. 30 m überschritten wird. Der Einsatz von Überspannungs-Schutzeinrichtungen ist in jedem Fall zu empfehlen. Dadurch lassen sich mögliche Beschädigungen an PV-Anlagen aufgrund von Überspannungen verhindern. Weiter gilt es zu beachten, dass geschützte von ungeschützten Leitungen konsequent getrennt werden. Die metallische Tragkonstruktion, auf welcher die PV-Module befestigt werden, ist in den Schutzpotenzialausgleich miteinzubeziehen. Ausnahme: Der Wechselrichter verfügt über eine galvanische Trennung.

Blitzschutz

Die Installation einer PV-Anlage verlangt nicht automatisch nach einem Blitzschutz. Ist jedoch ein äusseres, normgerechtes Blitzschutzsystem vorhanden, so muss die PV-Anlage in das Schutzkonzept einbezogen werden. Um die Wirkung durch Blitzströme (induktive Koppelung) auf die PV-Anlage zu minimieren, sind die Flächen der Leiterschleifen auf dem Dach möglichst klein zu halten.

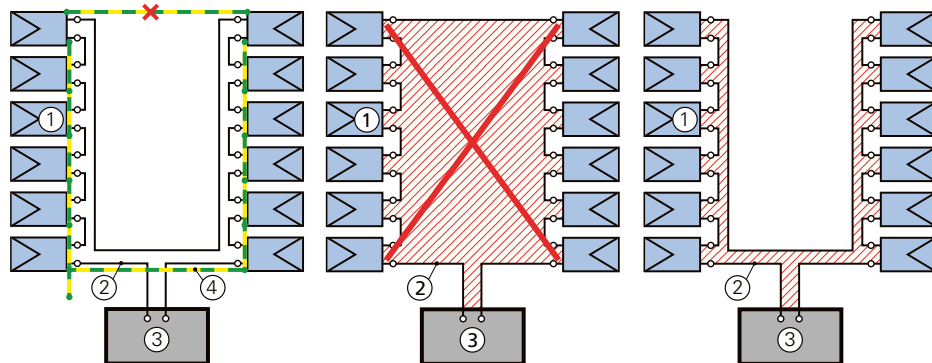


Bild 5: NIN 712.4 Figur 10
(Quelle Electrosuisse)

Zugänglichkeit

Betriebsmittel wie Wechselrichter oder Generatoranschlusskästen müssen für eine sichere Wartung und Bedienung gut zugänglich sein. Ebenfalls sind die Herstellerangaben diesbezüglich zwingend zu beachten.

Kennzeichnungen

Aus Sicherheitsgründen ist auf das Vorhandensein einer PV-Anlage aufmerksam zu machen. Diese Kennzeichnung ist für das Wartungspersonal wie auch für Feuerwehrleute wichtig. Denn auch bei ausgeschalteter Anlage liegt an den DC-Leitungen eine gefährlich hohe Spannung an. Zum einen sind DC-Leitungen (C) dauerhaft zu kennzeichnen, zum anderen sind Warntafeln beim Wechselrichter (B), bei der Schaltgerätekombination (A) sowie beim Hausanschlusskasten (A) anzubringen.

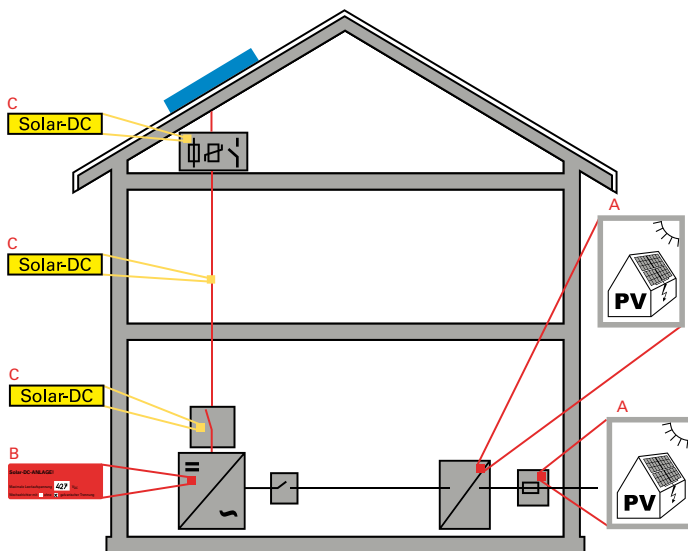


Bild 6: NIN 7.12.5 Figur 2
(Quelle Electrosuisse)

Wartungsarbeiten

Damit Wartungsarbeiten sicher ausgeführt werden können, muss beim Wechselrichter sowohl auf der AC- als auch auf der DC-Seite eine Trenneinrichtung vorhanden sein. Auf der DC-Seite ist diese in der Regel direkt am Wechselrichter vorhanden. Auf der AC-Seite hingegen wird sie durch einen externen AC-Schalter realisiert, der neben dem Wechselrichter platziert werden soll.

Externer Netz- und Anlagenschutz

Wenn sich die Spannung oder die Frequenz ausserhalb der vorgegebenen Kennlinie befindet, trennt der externe Netz- und Anlagenschutz die PV-Anlage galvanisch vom Netz. So wird verhindert, dass es zu einer ungewollten Rückspeisung ins Netz kommt. Der Verteilnetzbetreiber kann einen solchen Schutz fordern. Falls der Wechselrichter über einen normenkonformen internen Netz- und Anlagenschutz mit integriertem Kuppelschalter verfügt, kann auf den externen Schutz verzichtet werden. Die Ländereinstellungen CH muss aber richtig vorgenommen werden.

Kontrollen

Der Kontrollablauf variiert in Abhängigkeit der Installationsbewilligung, mit welcher die Arbeiten ausgeführt worden sind. Eine Elektroinstallationsfirma mit allgemeiner Installationsbewilligung (NIV 734.27 Art. 7 oder 9) führt die baubegleitende Erstprüfung und die Schlusskontrolle für den AC- und DC-Teil durch. Die Ergebnisse werden protokolliert und der Sicherheitsnachweis dem Eigentümer übergeben. Dieser veranlasst innerhalb von sechs Monaten die unabhängige Abnahmekontrolle. Danach wird der Sicherheitsnachweis beim Verteilnetzbetreiber eingereicht.

Ein Inhaber einer eingeschränkten Installationsbewilligung (NIV 734.27 Art. 14), wie beispielsweise ein Dachdecker, führt die baubegleitende Erstprüfung für den DC-Teil durch. Die Ergebnisse werden protokolliert und dem Eigentümer übergeben. Dieser veranlasst innerhalb von sechs Monaten die akkreditierte Abnahmekontrolle. Danach wird der Sicherheitsnachweis ausgestellt und beim Verteilnetzbetreiber eingereicht.

Dokumentation

PV-Anlagen bestehen aus umfangreichen elektrischen Installationen. Eine vollständige Dokumentation ist daher unerlässlich. Diese muss mindestens folgende Punkte abdecken:

- Angaben zur Projektidentifikation und zum Installateur,
- Stromlaufplan inkl. aller Nenndaten der eingesetzten Betriebsmittel,
- Konzept der Erdungsanlage und des Überspannungsschutzes,
- Sämtliche Datenblätter sowie Angaben zum Betrieb und zur Wartung,
- Vorgehen im Störfall,
- Sicherheitsnachweis sowie Mess- und Prüfprotokoll.

Herausforderungen in der Praxis

Maximale Leerlaufspannung

Die maximale Leerlaufspannung begrenzt die Anzahl der PV-Module, die in Serie zu einem Strang zusammengeschaltet werden dürfen. Wechselrichter erlauben Eingangsspannungen bis 1500VDC, welches sogleich die Obergrenze für Niederspannungsinstallationen bildet. Viele Betriebsmittel sind jedoch nur für 1000VDC ausgelegt. Wird die maximale Leerlaufspannung überschritten, können Betriebsmittel Schaden nehmen, was zu Bränden führen kann.

Anordnung Wechselrichter

Wechselrichter weisen einen sehr hohen Wirkungsgrad von 96 bis 98 % auf. Die geringe Verlustleistung führt aber dennoch zu Wärmeentwicklung, und diese Abwärme wird an die Umgebung abgegeben. Die Platzierung der Wechselrichter in engen Nischen oder an Südfassaden ist deshalb zu unterlassen. Je nach Grösse und Ausrichtung der Technikräume sind diese entsprechend zu klimatisieren. Die geeigneten Umgebungsbedingungen sowie die Mindestabstände der Wechselrichter sind den Herstellerangaben zu entnehmen. In feuer- oder explosionsgefährdeten Bereichen sind Wechselrichter verboten. Stehen für die Montage der Wechselrichter einzig brennbare Tragkonstruktionen zur Verfügung, müssen diese durch Brandschutzplatten RF1 mit 30 Minuten Feuerwiderstand geschützt werden.

Es gilt zu beachten, dass die Zugänglichkeit für die Bedienung und die Wartung der Wechselrichter jederzeit gewährleistet sein muss. Ein geeigneter Zugang ist dann gewährleistet, wenn die Bedienung vom Boden, einem Bedienpodest oder einem anderen standsicheren Hilfsmittel erfolgen kann.

Kompatibilität DC-Stecker

Die Steckverbindungen sind den Wetter- und Umwelteinflüssen ausgesetzt und verlangen daher nach einer soliden Bauweise sowie einer korrekten Montage. Fehlerhafte Steckverbindungen erhöhen den Übergangswiderstand und es findet eine Erwärmung statt, welche schliesslich zu einem Brand führen kann. Die DC-Stecker müssen untereinander kompatibel sein und es empfiehlt sich, nur DC-Stecker desselben Herstellers zu verwenden. Beim Erstellen der Steckverbindungen ist Sorgfalt geboten: Es darf keine Nässe oder Feuchtigkeit eindringen, sie dürfen niemals im Wasser liegen, Kabelbinder dürfen nicht direkt am Steckergehäuse angebracht werden und die Biegeradien dürfen nicht unterschritten werden.



Bild 7: MC4-Stecker (Quelle Electrosuisse)

Weitere Publikationen

5+5 lebenswichtige Regeln im Umgang mit Elektrizität [suva.ch/84042.d](https://www.suva.ch/84042.d)

Neun lebenswichtige Regeln für das Arbeiten auf Dächern und an Fassaden [suva.ch/84041.d](https://www.suva.ch/84041.d)

Instruktionshilfe zu Neun lebenswichtige Regeln [suva.ch/88815.d](https://www.suva.ch/88815.d)

Sicher zu Energie vom Dach [suva.ch/44095.d](https://www.suva.ch/44095.d)

Diverse Dokumente Swissolar [swissolar.ch](https://www.swissolar.ch)

Unfallstatistiken

Weitere Zunahme der Elektrounfälle

Die gemeldeten Elektrounfälle sind im Jahr 2023 auf ein Total von 792 angestiegen. Unter «BU nicht abgeklärt» fallen Bagatellberufsunfälle, die statistisch erfasst, aber nicht detailliert abgeklärt werden.

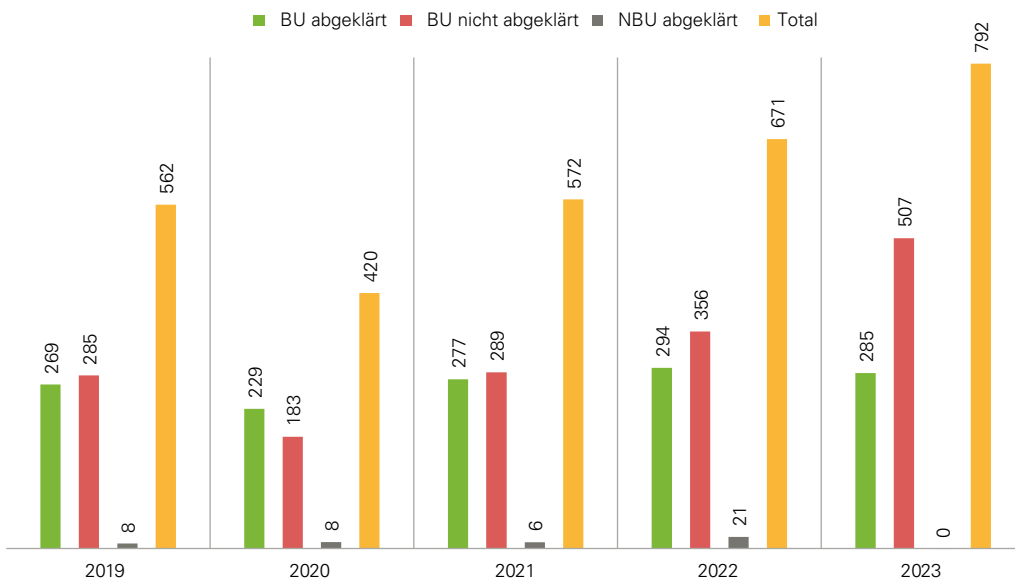


Bild 8:
Gemeldete Elektrounfälle
(Grafik Electrosuisse,
Quelle ESTI)

Zu viele Lernende verunfallen

Die nachfolgenden Grafiken zeigen die Ergebnisse der abgeklärten Berufsunfälle. Gemäss Art. 76 der Starkstromverordnung dürfen für Arbeiten unter Spannung (AuS 1 + 2) nur Mitarbeitende eingesetzt werden, die besonders dafür ausgebildet sind.

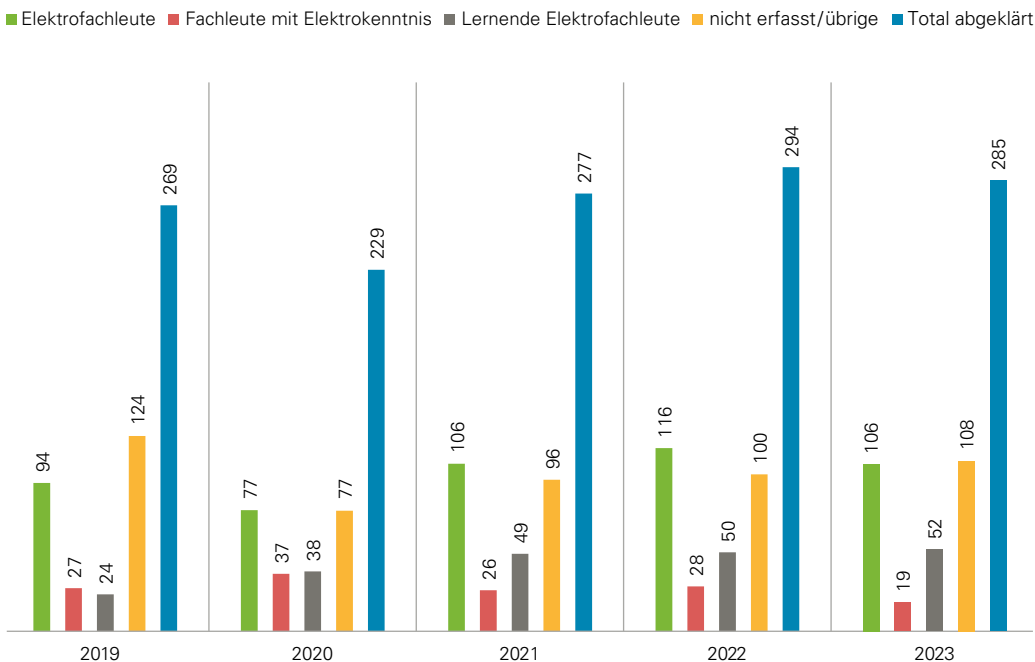


Bild 9:
Nach Personengruppen
(Grafik Electrosuisse,
Quelle ESTI)

Installationen wieder vor Erzeugnis/Verbraucher

Die meisten Unfälle ereignen sich im Umfeld der Installationen, gefolgt von Erzeugnis/Verbraucher und Verteilanlagen/Erzeugung.

■ Verteilanlagen/Erzeugung ■ Installationen ■ Erzeugnis/Verbraucher ■ nicht erfasst/keine Zuordnung ■ Total abgeklärt

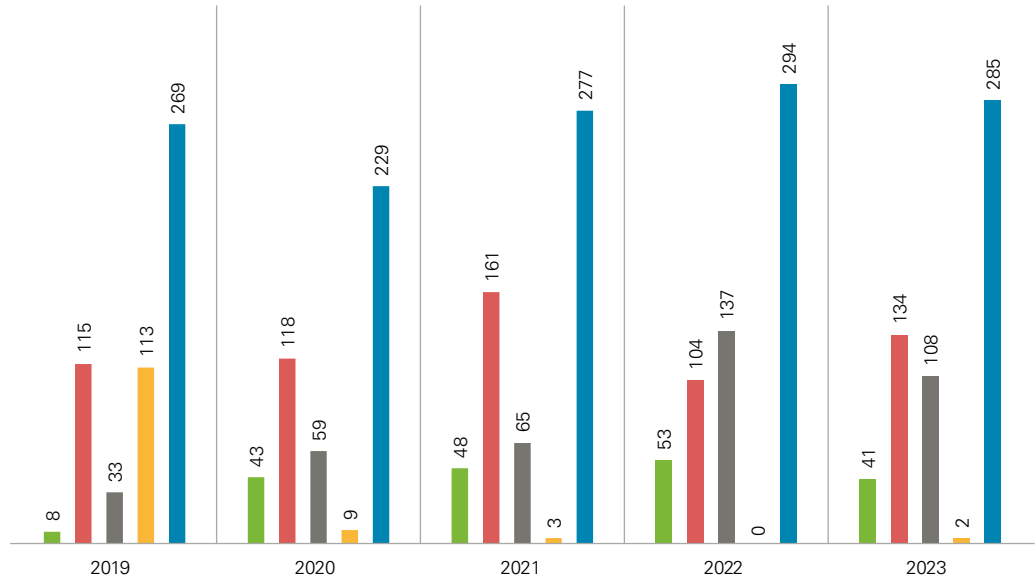


Bild 10:
Nach Unfallgegenstand
(Grafik Electrosuisse,
Quelle ESTI)

Durchströmung vor Flammbogen

Wie bereits in den letzten Jahren bleibt die Durchströmung die häufigste Einwirkung bei Elektrounfällen. Bei sämtlichen Elektrounfällen besteht gemäss Art. 16 der Starkstromverordnung eine Meldepflicht gegenüber dem ESTI. Dies gilt auch für Bagatellen.

■ Durchströmung ■ Flammbogen ■ andere ■ nicht erfasst/keine Zuordnung ■ Total abgeklärt

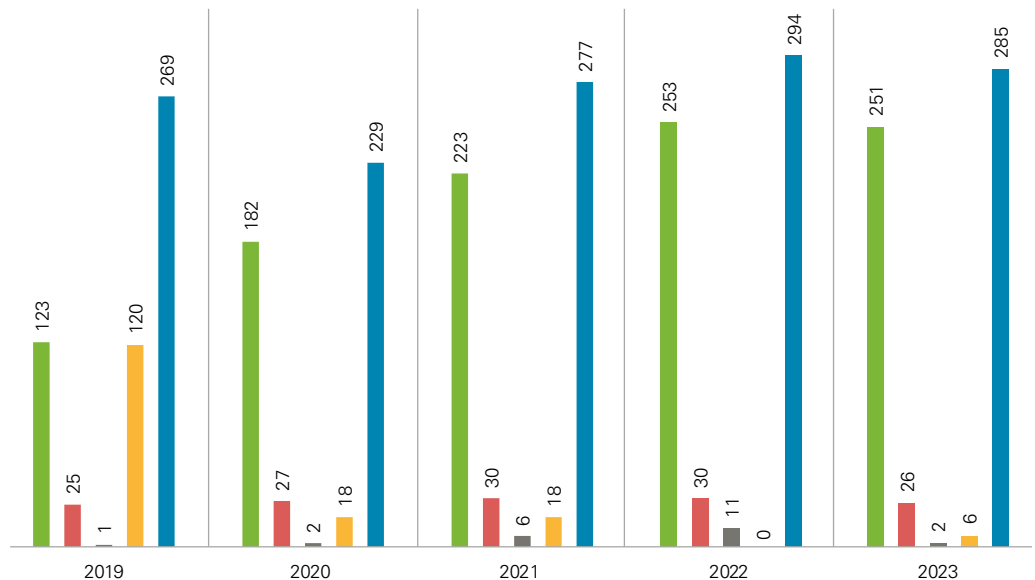


Bild 11:
Nach Einwirkung (Grafik
Electrosuisse, Quelle ESTI)

Lange Ausfallzeiten

Im Jahr 2023 waren leider zwei Todesfälle zu verzeichnen. Die schweren Unfälle (Arbeitsunfähigkeit > 3 Tage) haben einen neuen Höchststand erreicht.

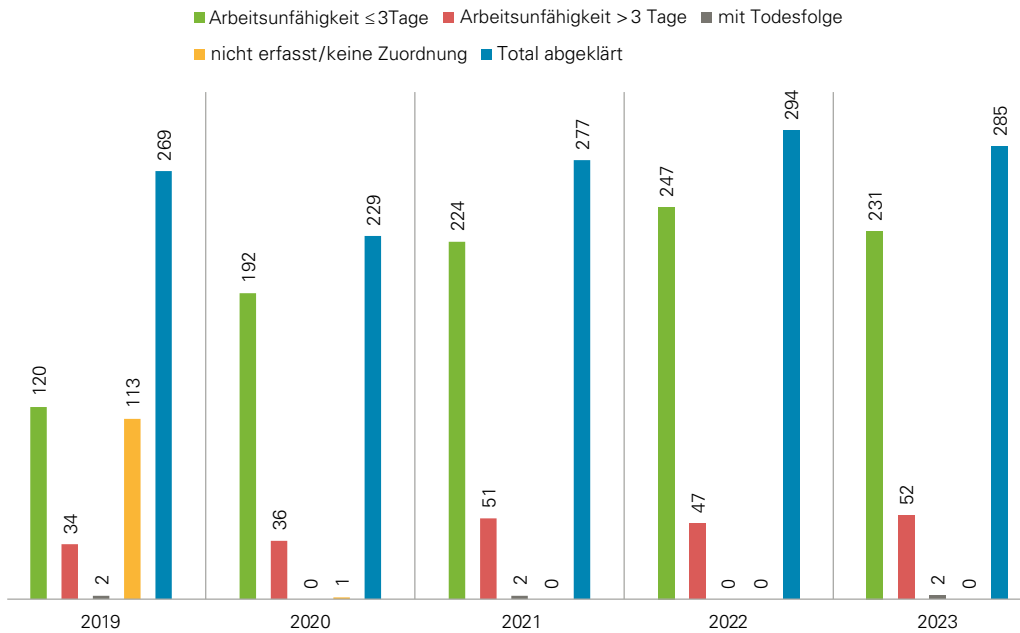


Bild 12: Nach Unfallklasse (Grafik Electrosuisse, Quelle ESTI)

Richtig trennen, sichern und prüfen

Die nachfolgende Grafik zeigt die Unfälle nach Missachtung der entsprechenden 5 + 5 Sicherheitsregeln für das Jahr 2023. Es ist wichtig, die 5 + 5 Sicherheitsregeln zu kennen und auch zu wissen, wie sie in der Praxis korrekt angewendet werden. Dadurch lassen sich ca. 75 % der Elektrounfälle vermeiden.

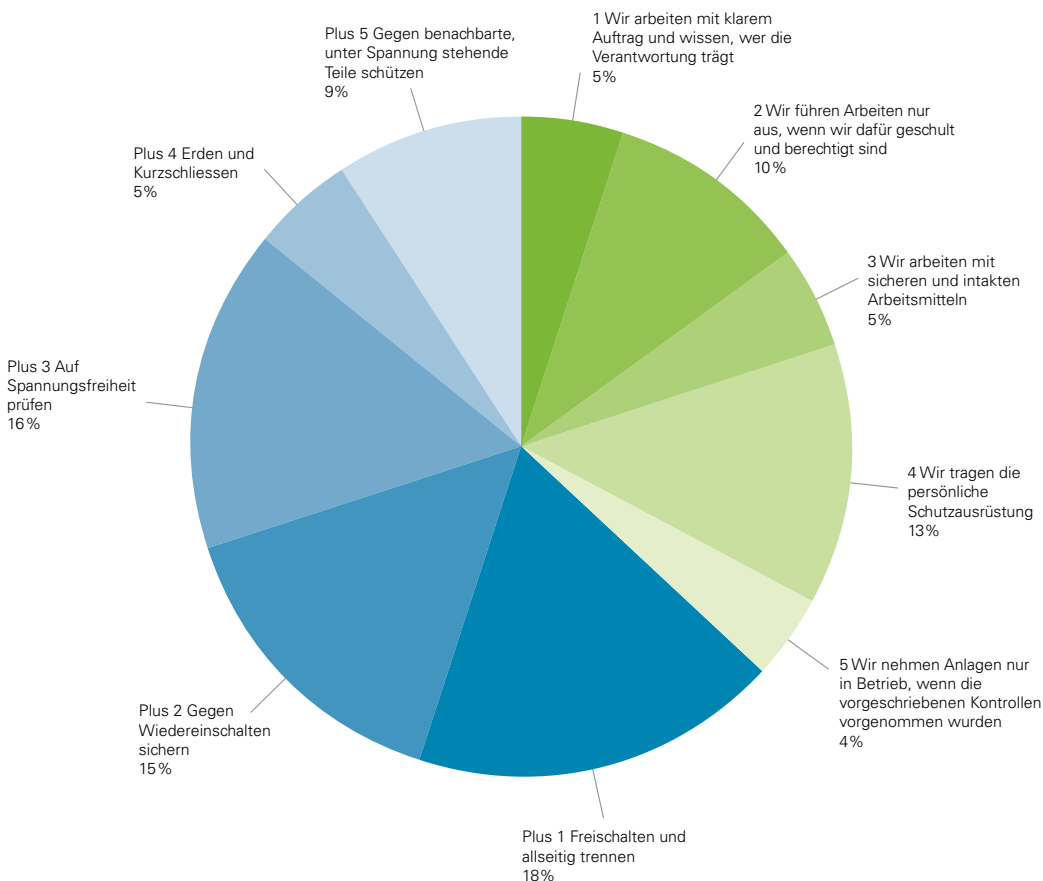


Bild 13: Nach 5 + 5 Sicherheitsregeln (Grafik Electrosuisse, Quelle ESTI)

Unfallbeispiele

Beispiel 1 – Lichtbogen DC-Kabel

Bei einer PV-Anlage kommt es zu einer zeitlich verzögerten Inbetriebnahme der beiden Wechselrichter. Der Grund: Lieferverzögerungen. Der zweite Wechselrichter kann also erst nach der Inbetriebnahme des ersten Wechselrichters installiert werden. Ein Elektroprojektler bekommt den Auftrag, die Installation des zweiten Wechselrichters mit den vorgeschriebenen Prüfungen und Messungen zu kontrollieren. Die Kontrolle umfasst die AC- als auch die DC-Seite und anschliessend soll auch der zweite Wechselrichter in Betrieb genommen werden.

Der Elektroprojektler will zuerst die Messungen auf der DC-Seite durchführen. Er öffnet den Generatoranschlusskasten, um dort die DC-Leitungen zu trennen. Doch als er den ersten Stecker herauszieht, entsteht ein Lichtbogen, der ihn stark blendet. Fälschlicherweise hat er den Stecker des ersten Wechselrichters getrennt, der bereits in Betrieb war, und nicht wie gewollt denjenigen des zweiten Wechselrichters. So wurde durch das Trennen unter Last ein gefährlicher Lichtbogen erzeugt.

Prävention

Sobald DC-Leitungen mit den PV-Modulen verbunden sind, stehen sie bei Lichteinfall permanent unter Spannung. Ist die PV-Anlage in Betrieb, dürfen die Steckverbindungen auf der DC-Seite nie unter Last getrennt werden, da sonst gefährliche Lichtbögen entstehen. Aufgrund des fehlenden Nulldurchgangs bei DC-Strömen sind die Lichtbögen energiereicher und schwieriger zu löschen. Vor dem Trennen einer Steckverbindungen ist daher immer sicherzustellen, dass kein Strom mehr fliesst. Dazu wird der Wechselrichter zuerst auf der DC-Seite getrennt. Dann folgt die Trennung auf der AC-Seite. Mit einer DC-Strommesszange muss nun der Stromfluss überprüft werden. Nur wenn kein oder fast kein Strom mehr fliesst, darf der Stecker getrennt werden.



Bild 14: Beispiel DC-Strommesszange (Quelle Electrosuisse)

Beispiel 2 – Brandabschottung

Ein gelernter Elektroinstallateur bekommt den Auftrag, eine bestehende KNX-Installation durch einen zusätzlichen Taster zu erweitern. Für die Installation muss das Kabel eine bereits verschlossene Brandabschottung durchqueren.

Der Installateur öffnet die Brandabschottung mittels Messer und Schraubenzieher. Nun versucht er, das Kabel mit einem Doppelmeter hindurchzuziehen – ohne Erfolg. Die Brandabschottung direkt mit dem Kabel zu durchstossen, führt ebenfalls nicht zum Ziel. Schliesslich nimmt er ein Aluminiumrohr, um die Brandabschottung noch weiter zu öffnen. Dabei verletzt er ein benachbartes Kabel, wodurch das Aluminiumrohr unter Spannung gerät und den Elektroinstallateur schwer elektrisiert.

Prävention

Beim Durchqueren einer Brandabschottung gibt es einige Punkte zu beachten. Die Arbeiten sind sorgfältig und mit geeigneten Werkzeugen durchzuführen, damit es zu keiner Beschädigung von anderen Kabeln kommt. Ein elektrisch leitendes Aluminiumrohr ist dazu nicht geeignet, denn es erhöht die Gefahr eines Elektrounfalls beträchtlich. Je nach Situation vor Ort hätten die Stromkreise der benachbarten Kabel freigeschaltet werden können. Nach Abschluss der Arbeiten ist dafür zu sorgen, dass die Brandabschottung wieder fachgerecht verschlossen wird. Am besten erfolgt dies durch eine auf diesem Gebiet spezialisierte Firma.

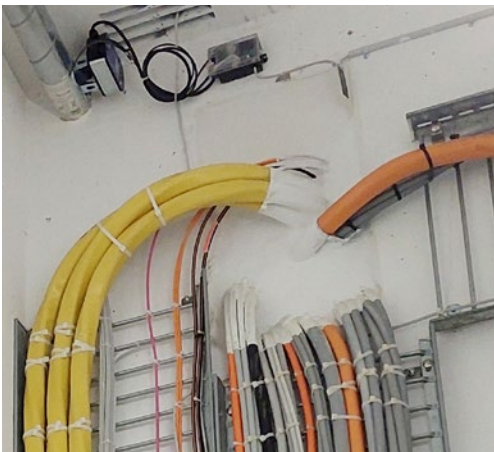


Bild 15: Beispiel Brandabschottung (Quelle Electrosuisse)

JETZT BESTELLEN!

SA1 SA2 SA3
Schutz-Ausrüstung STUFE

Grundstufe +
Schutzhelm mit Visier
Schutzhaube

je nach Gefahr

Schutzkleidung

Klasse 1 Klasse 2

2x oder 1x

Klasse 1 Klasse 2

1x UND 1x

Klasse 1 Klasse 2

Grundstufe +
Schutzhelm mit Visier
Schutzhaube

nach Gefahr

Schutzkleidung

1x UND 1x

Klasse 1 Klasse 2

nimmt $I_k > 15\text{kA} \dots \leq 20\text{kA}$

oder vorgeschalteter Überstrom-
terbrecher $I_n > 200\text{A} \dots \leq 315\text{A}$

gaben betr. PSA!

suva pro electro suisse vapro

1  **Auftrag KLAR?**


2  **Berechtigt/fähig?**


3  **Sicher/intakt?**


4  **PSA tragen!**


5  **Kontrollieren!**
vor «EIN»


lebenswichtig! **5+5**

1  **Trennen!**

2  **«EIN» sichern!**

3  **U=0 Prüfen!**

4  **Erden & kurzschliessen!**

5  **Abdecken!**

JETZT ERHÄLTlich

5 + 5-Tafel und PSA-Tafeln



electrosuisse.ch/shop



