

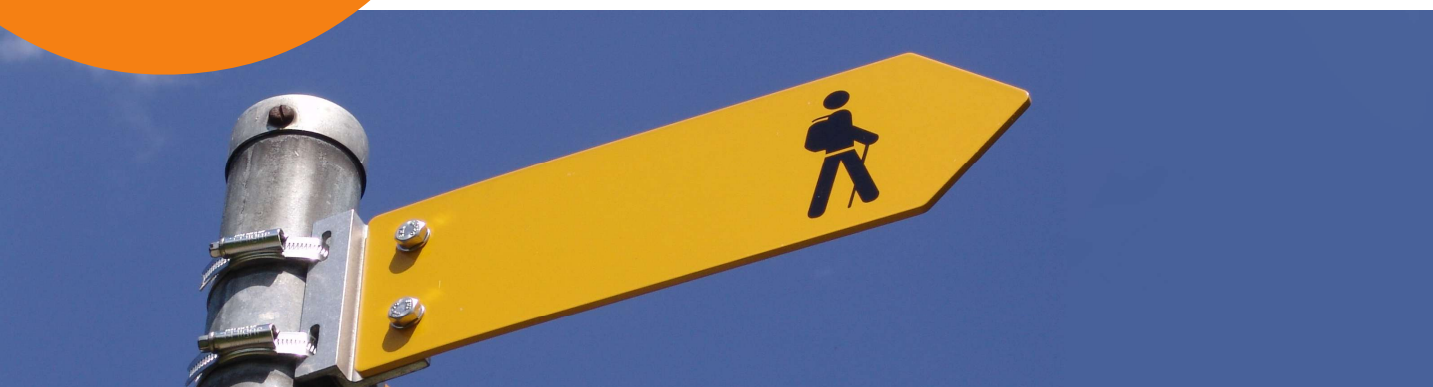


SWISSOLAR 

energieakademie  toggenburg

Photovoltaik Update für Solarteure

Sicherer Umgang mit Elektrizität



Roland Langenegger
Berufsschullehrer
Leiter Energieakademie
Toggenburg

energieakademie toggenburg
Bahnhofstrasse 29
9630 Wattwil

Telefon 058 228 85 83
info@energieakademie.ch
www.energieakademie.ch

Sicherer Umgang mit Elektrizität

1. Erkennen der Problematik
2. Fallbeispiele
3. Anwendung der persönlichen Schutzausrüstung (PSA)
4. Anwendung der 5 + 5 Sicherheitsregeln
5. Installationsbewilligungen
6. Arbeiten unter Spannung
7. Messungen an PV-Anlagen



SWISSOLAR 

energieakademie  toggenburg
PV Sicherheit

Erkennen der Problematik

Folgende Schutzziele sind unbedingt einzuhalten:

- Schutz vor Körperdurchströmung (Elektrisierung)
- Schutz vor Lichtbogen (Hitze, Blendung)
- Schutz vor Folgeschaden (Sturz, Brand etc.)

Grenzwerte:

- Spannung 50 VAC / 120 VDC
- Strom kleiner 0,5 mA

Körperstrom	Wirkung im menschlichen Körper
Bis 0.5 mA	Keine Wirkung, noch kaum spürbar
> 5 mA	Kribbeln, Gefühl wie bei eingeschlafener Hand
> 15 mA	Loslassgrenze, Muskelverkrampfungen
> 50 mA	Verkrampfungen der Atemmuskulatur, evt. Herzstillstand oder Herzkammerflimmern
> 80 mA	Tödliche Wirkung durch Herzkammerflimmern bei einer Einwirkdauer > 0,3 Sekunden
Diese Werte gelten für Wechselstrom. Die Werte bei Gleichstrom sind leicht höher.	

Serielle Lichtbögen

- Entstehen in einem funktionierenden Stromkreis
- Fehlerquellen sind
 - Defekte Stecker
 - Schmutz / Wasser in Stecker
 - Unterschiedliche Steckertypen (Kreuzverbindungen)
 - Ausstecken unter Last
- Problematik
 - Schlechte Verbindung
 - Erhitzung der Steckverbindung bis zum Brandfall

Parallele Lichtbögen

- Entstehen in einem fehlerhaften Stromkreis
- Fehlerquellen sind
 - Kurzschluss in Bauteilen wie Module, GAK, Wechselrichter
 - Defekte Kabel
- Problematik
 - Keine Funktion der Anlage
 - Funkenbildung mit Brandgefahr



Bild: solarwissen.de

Folgeunfälle mit Stürzen von Leiter oder Dach



Bild: suva.ch



SWISSOLAR 

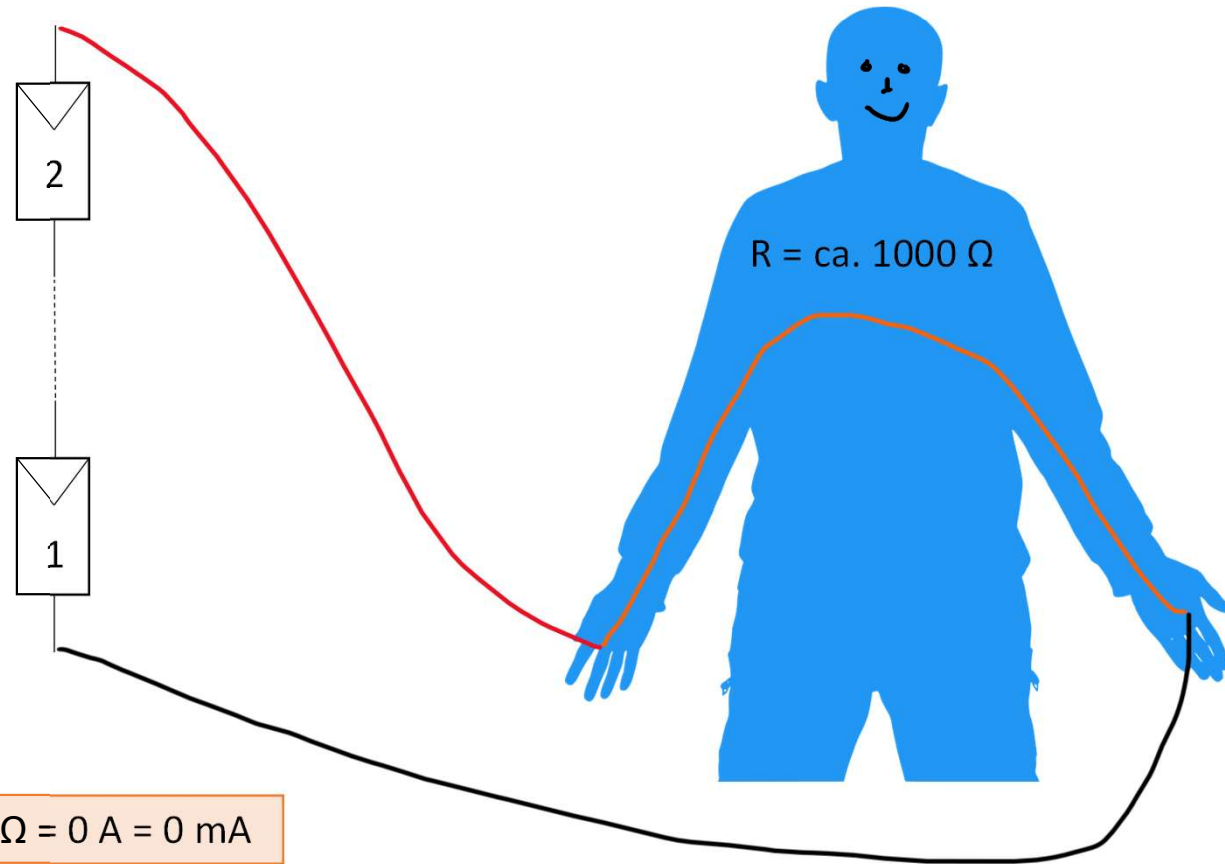
energieakademie  toggenburg
PV Sicherheit

Fallbeispiele

Fallbeispiel 1:

- Auf Dach Solargenerator verkabelt, alle Module eingesteckt
- Spannung Solargenerator ca. 700 VDC
- Gang in den Technikraum
- Vorhaben: Stecker montieren
- Beide Leitungen gleichzeitig berührt
- Durchströmung von menschlichem Körper = Körperstrom

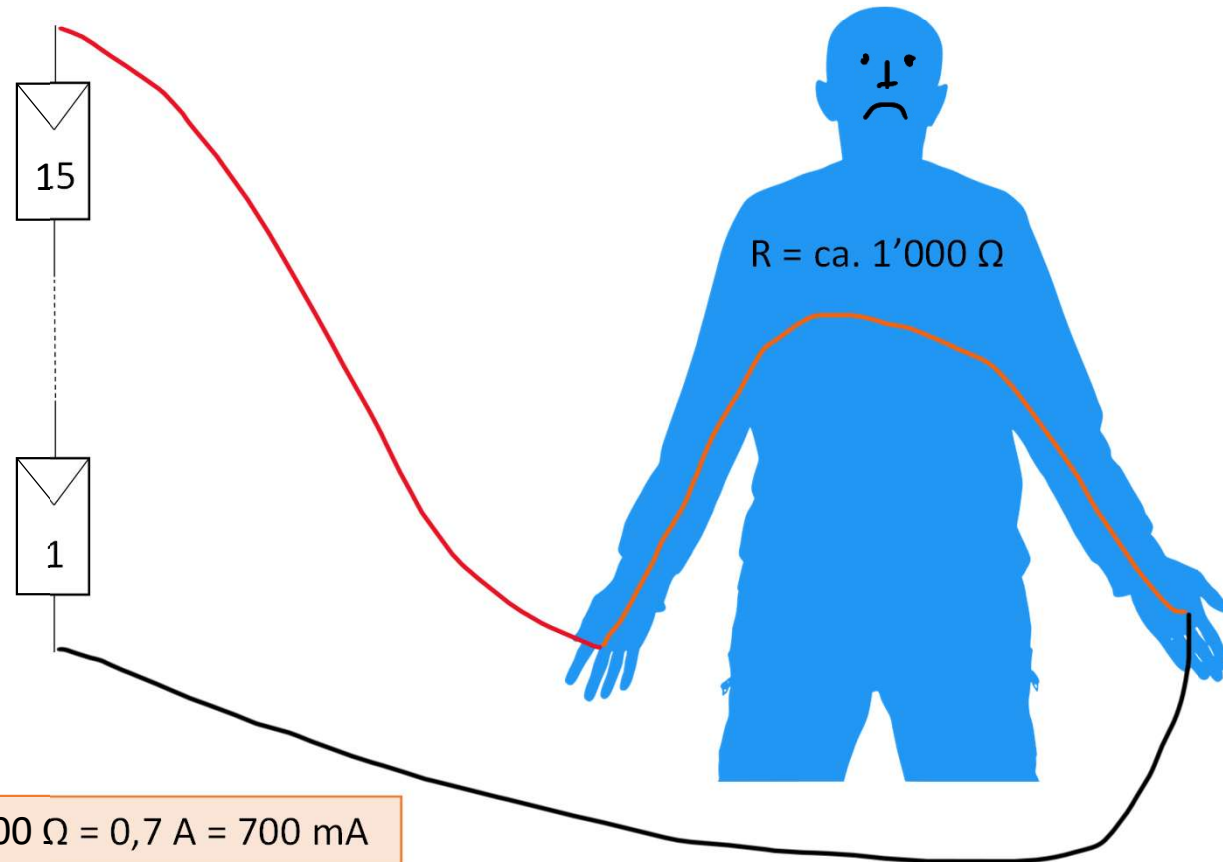
- Spannung ungefähr 80-100 VDC
- Durchschlagsspannung bei Haut ca. 100 bis 120 VDC / 50 VAC
- Keine gefährliche Situation, da der Strom nicht durch den Körper fließt – Die Berührungsspannung beträgt 0 Volt, da die Haut isolierend wirkt



$$I = U_B / R = 0 \text{ V} : 1'000 \Omega = 0 \text{ A} = 0 \text{ mA}$$

Bild: R.Langenegger

- Gefährlicher Körperstrom, da Durchschlagsspannung der Haut erreicht wird
- Folgen:
- Verbrennungen bei der Ein- und Austrittsstelle
 - Eiweissgerinnung im Körper
 - Nieren werden überlastet
 - Vergiftung des Körpers
 - Elektrolytische Zersetzung von Zellen oder Zellbestandteilen



$$I = U_B / R = 700 \, \text{V} : 1'000 \, \Omega = 0,7 \, \text{A} = 700 \, \text{mA}$$

Bild: R.Langenegger

Folgen Fall 1:

- 1. Tag Schwindel
- 2. Tag Spital
- Blutkontrollen
- Überwachung Herzfunktion

Lerneffekt Fall 1:

- Immer zuerst Kabel isolieren respektive Stecker installieren (....vom Keller zum Dach....)
- Vor Berührung immer auf Spannungslosigkeit prüfen

Fallbeispiel 2:

- Stecker vorbildlich beim GAK isoliert
- Auf Dach Solargenerator verkabelt, alle Module eingesteckt
- Spannung Solargenerator ca. 700 VDC
- Gang in den Technikraum
- Stecker an GAK eingesteckt – aber falsch
- Im GAK entsteht ein Kurzschluss
- Fehler wird bemerkt und die Stecker sofort wieder ausgesteckt
- Beim Ausstecken entwickelt sich ein Flammbogen zwischen 2 Steckern

Folgen Fall 2:

- Schwere Verbrennung an der Hand
- Bei Kontrolle im Spital erhöhte Blutwerte
- Anschliessend stündliche Blutkontrollen
- Überwachung Herzfunktion
- Keine Durchströmung vom Körper – nebst der Verbrennung keine weitere Schädigung



Bild: energieakademie

Lerneffekt Fall 2:

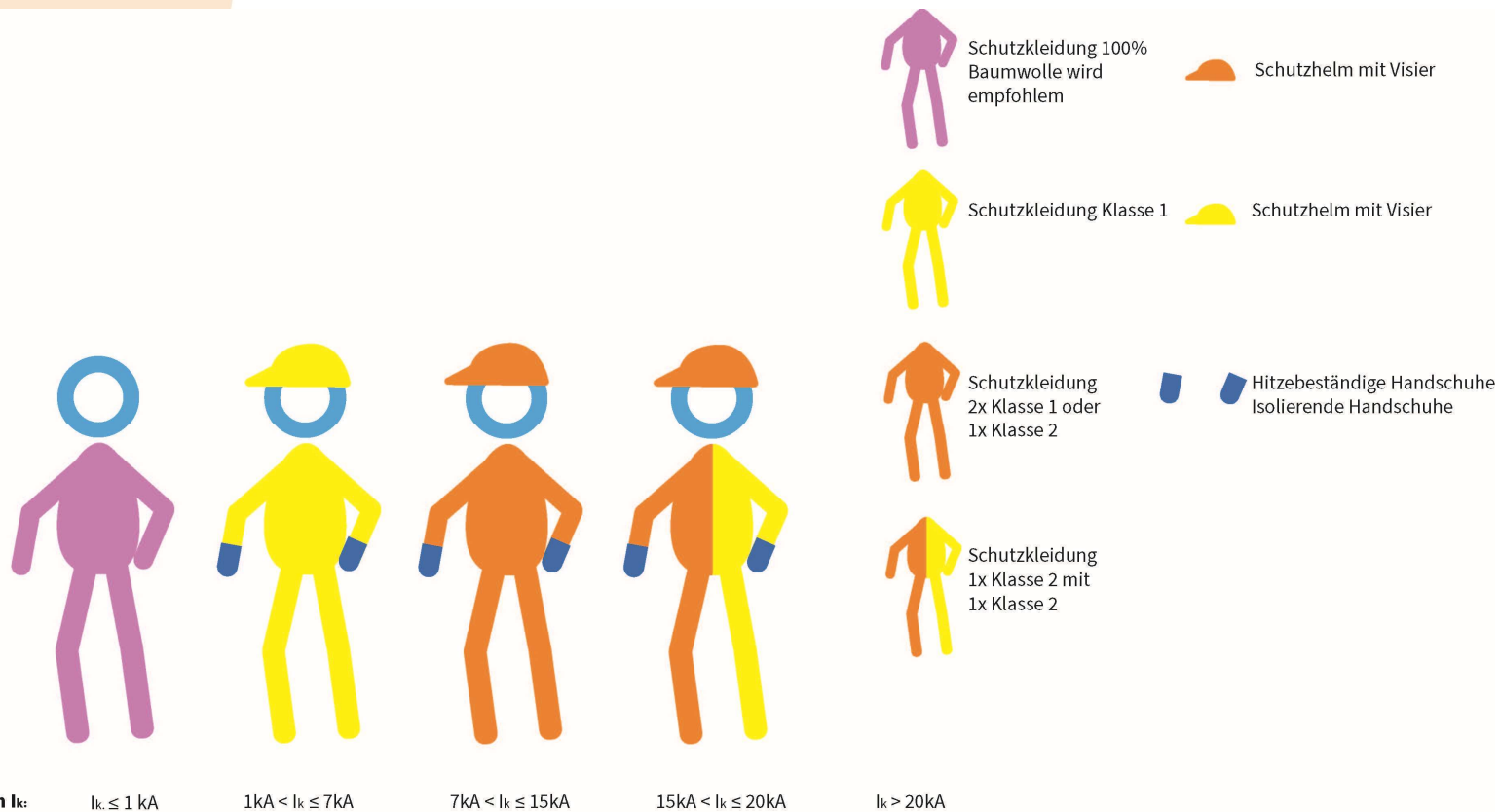
- Folgen von Einstecken der Kabel beurteilen
- Vor dem Ausstecken der Kabel immer Stromlosigkeit prüfen
- Anwenden der Schutzausrüstung
- Vorhandener Kurzschluss kann nur durch Abschalten gelöst werden



SWISSOLAR 

energieakademie  toggenburg
PV Sicherheit

Anwendung der persönlichen Schutzausrüstung (PSA)



Kurzschlussstrom I_k :

$I_k \leq 1 \text{ kA}$

$1 \text{ kA} < I_k \leq 7 \text{ kA}$

$7 \text{ kA} < I_k \leq 15 \text{ kA}$

$15 \text{ kA} < I_k \leq 20 \text{ kA}$

$I_k > 20 \text{ kA}$

Vorgeschalteter
Überstrom-
unterbrecher

12-80A

80-200A

200-315A

>315A

Grafik: energieakademie

Empfehlung PSA im PV-Bereich



Flammhemmendes,
langärmeliges T-Shirt Klasse 1



Handschuhe Klasse 1 oder Klasse 2

Bilder: Bugnard AG



SWISSOLAR 

energieakademie  toggenburg
PV Sicherheit

Anwendung der 5 + 5 Sicherheitsregeln

1. Freischalten – wenn möglich auf AC- und DC-Seite
2. Gegen Wiedereinschalten sichern
3. Auf «Spannungslosigkeit» (AC und DC) und «Stromlosigkeit» (DC) prüfen
4. Erden und kurzschliessen
5. Abdecken und Abschränken

Allgemeine Regeln für den Umgang mit Elektrizität

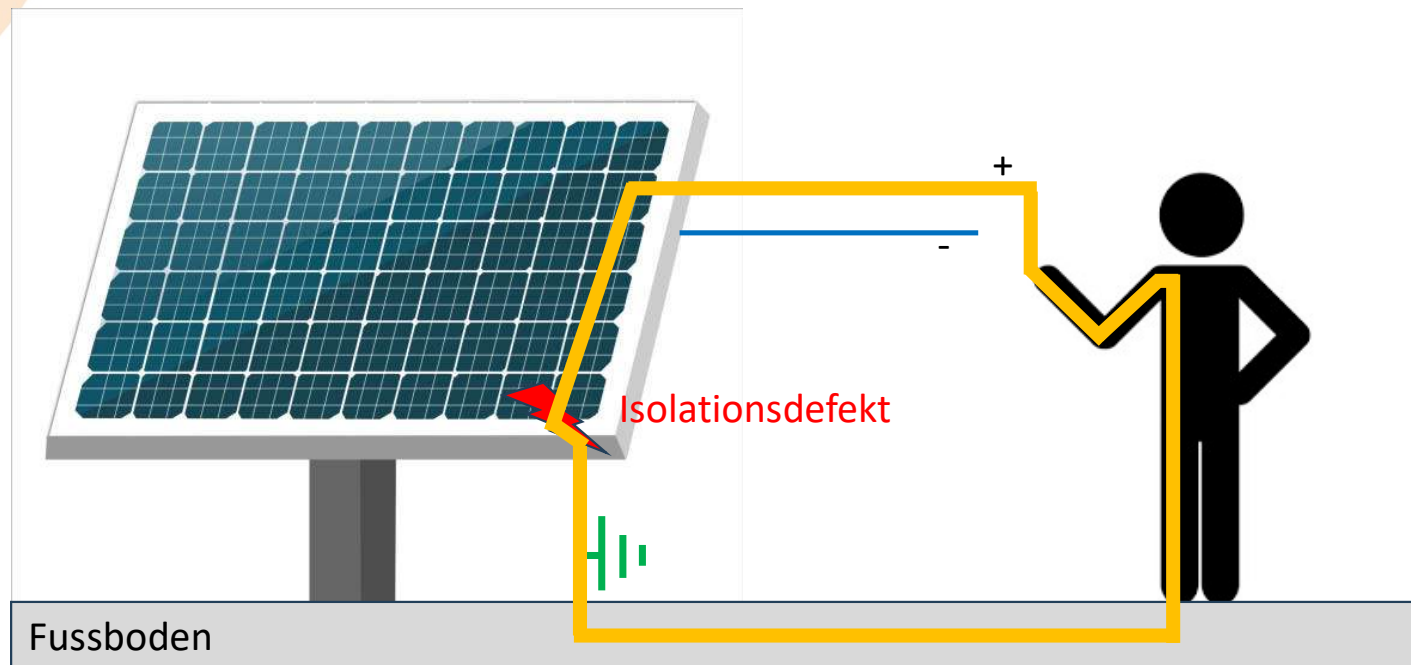
1. Für klare Aufträge sorgen
2. Geeignetes Personal einsetzen
3. Sichere Arbeitsmittel verwenden
4. Schutzausrüstung tragen
5. Nur geprüfte Anlagen in Betrieb nehmen

Problematik:

- PV-Anlagen können teilweise nur mit grossem Aufwand freigeschaltet werden
- Solarpersonal arbeitet häufig unter Spannung (ich fasse nur entweder + oder - an.....)
- Beim Solargenerator muss **allpolig** (+ und -) freigeschaltet werden
- Vor dem Wechselrichter benötigen wird nach Norm eine Messtrennstelle
- Diese Trennstelle kann im GAK oder mit Steckern gemacht werden
- Das Problem beginnt spätestens dann, sobald Stecker in der Hauptstrangleitung vor oder bei der Trennstelle gewechselt oder montiert werden müssen.



Thematik (ich fasse nur entweder + oder - an.....)



Was sagt die Installationsanleitung (Beispiel MC4 / Stäubli)

Sichere Montage und Installation

Aktive Teile können auch nach Freischalten der Photovoltaik-Anlage und Trennen der Steckverbinder unter Spannung stehen.

- Den Steckverbinder NUR im spannungsfreien Zustand des PV-Moduls montieren.

Stecken und Trennen

- IMMER vor dem Trennen und Stecken der Steckverbinder PV-Anlage lastfrei schalten.
- NIEMALS den Steckverbinder unter Last trennen.
- NIEMALS Stecker oder Buchse des Stäubli-Steckverbinders mit Buchse bzw. Stecker eines anderen Herstellers verbinden.
- NIEMALS verschmutzte Steckverbinder zusammenstecken.
- Zum Öffnen des Steckverbinders ist ein Werkzeug erforderlich.

Lösungsansätze:

- Die Steckverbindungen auf dem Dach leicht zugänglich machen (+ und – auf dem untersten Modul platzieren. Steckverbindungen sind ohne Demontage von Modulen zugänglich)
- Die Steckverbindungen auf dem Dachplan klar kennzeichnen
- Beim Gebäudeeintritt eine Trennstelle
- DC-Schalter im GAK wären wünschenswert, sind jedoch selten vorhanden



Bild: A. Flury

Organisatorische Massnahmen:

- Wir führen Installationen nur mit entsprechender Bewilligung aus
- Lagerung von Installationsmaterial an geschützten, trockenen Lagerplätzen
- Wir führen Anschlussarbeiten nur spannungslos aus
- Spannungslos ist eine Anlage nur bei Dunkelheit
 - Arbeiten in der Nacht
 - Abdecken der Module (nur bei einzelnen Modulen möglich)



SWISSOLAR 

energieakademie  toggenburg
PV Sicherheit

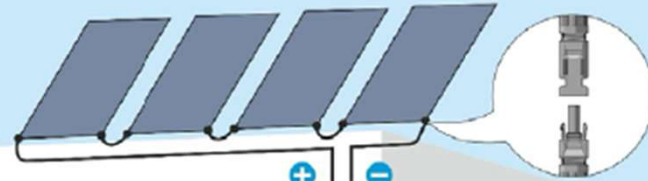
Installationsbewilligungen

Elektro-Installationsarbeiten für PV-Anlagen: Welche Bewilligung brauche ich?

Keine Bewilligung

Montage der PV-Module und Stecken von Modulverbindungen mit vorkonfektionierten Kabeln auf der Trägerkonstruktion. Nur kompatible Steckverbinder vom selben Hersteller oder Steckverbinder, für welche die Hersteller die Kompatibilität gewährleisten.

Schlaufenbildung vermeiden!



Eingeschränkte Bewilligung Art. 14 NIV

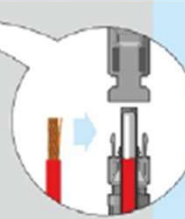
Installation des DC-Teils, Wechselrichter, Energiespeicher (DC-gekoppelt) bis und mit Abgangsklemmen des Anlageschalters.

Stecker werden gecrimpt

Generator-
Anschlusskasten
GAK

Wechselrichter

Anlageschalter



Allgemeine Bewilligung Art. 7, 9 NIV

Allgemeine Bewilligung Art. 7, 9 NIV

- Beurteilung der Leitungsquerschnitte und Leitungsverlegung
- Wahl der richtigen Rohrgrösse und Materialien
- Korrektes crimpen und zusammenstecken der Steckverbindungen
- Anleiten von Montagepersonal und Lernende
- Verantwortlichkeit für Messungen und Inbetriebnahme

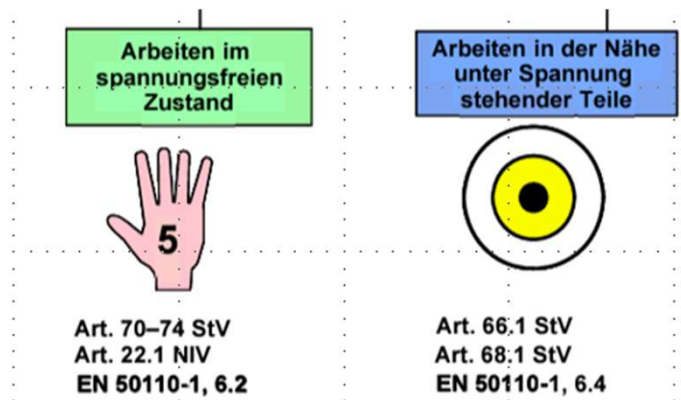


SWISSOLAR 

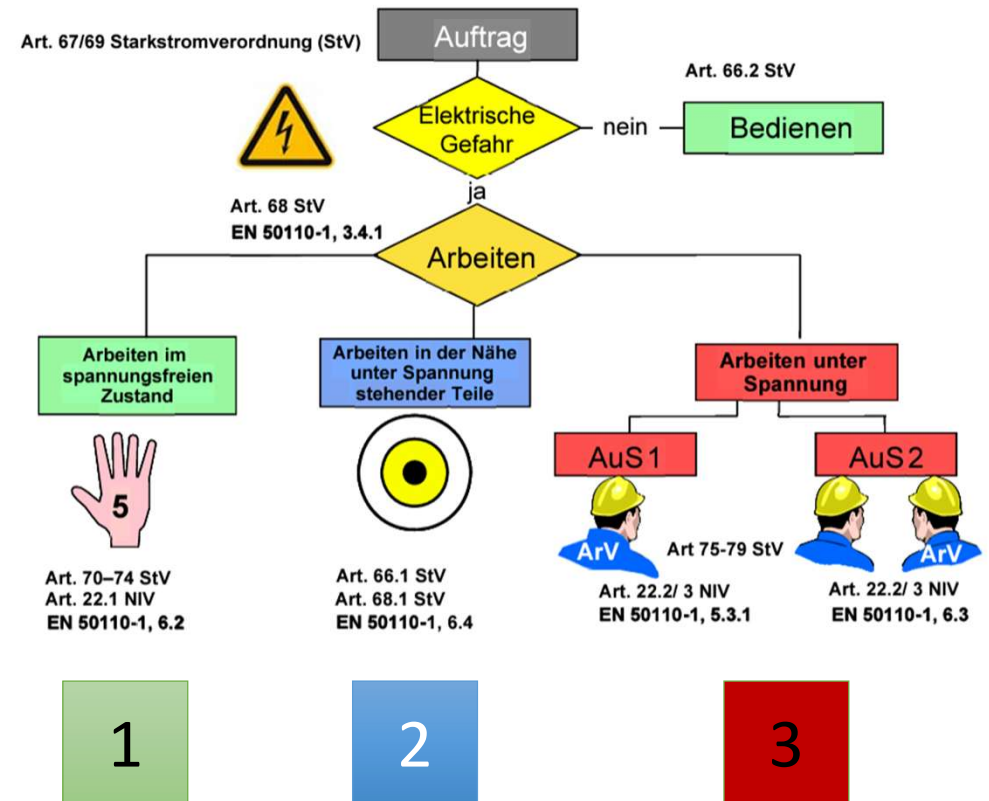
energieakademie  toggenburg
PV Sicherheit

Arbeiten unter Spannung

- Die Grenze liegt gemäss NIV bei 120 VDC oder 50 VAC
- In unserem Arbeitsbereich ergeben sich folgende Situationen:



Grafik: ESTI Weisung 407



Als AuS 1 gelten Arbeiten wie:

- > Prüfen
- > Messen
- > Anbringen oder Entfernen von Abdeckungen

- Erlaubt mit entsprechendem Werkzeug und / oder Schutzausrüstung
- Spannungsführende Teile in der Annäherungszone abdecken



Bild: energieakademie

AuS1

- Die Annäherungszone im Niederspannungsnetz umfasst einen Radius von **300 mm** um das spannungsführende Teil. Sie kann durch eine provisorische Abdeckung mittels einer Abschränkung, einer Verschalung, einer isolierenden Schutzvorrichtung etc. verkleinert werden. Diese Abdeckung muss mindestens die Schutzart **IP 20** sowie eine genügende mechanische Festigkeit aufweisen.

IP20 = Fingersicher

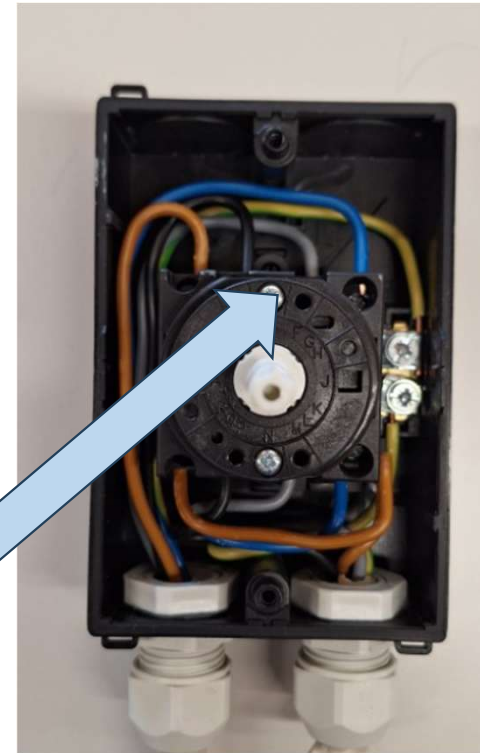


Bild: R.Langenegger

AuS2

- Arbeiten an unter Spannung stehenden Starkstromanlagen (AuS 2)
- Definition: Jede Arbeit, bei der eine Person bewusst mit Körperteilen oder Werkzeugen, Ausrüstungen oder Vorrichtungen unter Spannung stehende Teile berührt oder in die Gefahrenzone gelangt.
- Für das Arbeiten unter Spannung sind bezüglich Ausbildung, Material und Personalanforderungen klare Forderungen zu erfüllen. (Elektroinstallateur mit Spezialausbildung, Schutzausrüstung, zu zweit)



Bild: Stäubli MC4

Fazit:

- Das Abisolieren von unter Spannung stehenden Kabeln gilt als AuS2.
- Diese Tätigkeit darf nur von speziell ausgebildeten Fachpersonen durchgeführt werden.
- Es ist anzustreben, dass bei Arbeiten am Wechselrichter oder GAK der PV-Generator abgeschaltet werden kann. (Steckverbindungen sinnvoll platzieren)
- Falls nicht oder schlecht abgeschaltet werden kann, sind organisatorisch Massnahmen zu ergreifen. (Die Tätigkeit auf die Nacht verschieben oder speziell ausgebildetes Personal anbieten)
- Messungen können ohne Schutzausrüstung erfolgen, wenn ein Kurzschluss ausgeschlossen werden kann und IP20 eingehalten ist.



SWISSOLAR 

energieakademie  toggenburg
PV Sicherheit

Messungen an PV-Anlagen

Messung der Spannungslosigkeit



Bild: R.Langenegger

Messung mit der 3-Punkte-Regel:

Messung mit Spannungsprüfer nach EN 61243-3

1. Erste Kontrollmessung an einer Referenzspannung, welche sicher Spannung führt.
2. Messung der Spannungslosigkeit am Zielstromkreis.
3. Zweite Kontrollmessung an einer Referenzspannung, ob das Messgerät auch sicher die richtigen Werte angezeigt hat.

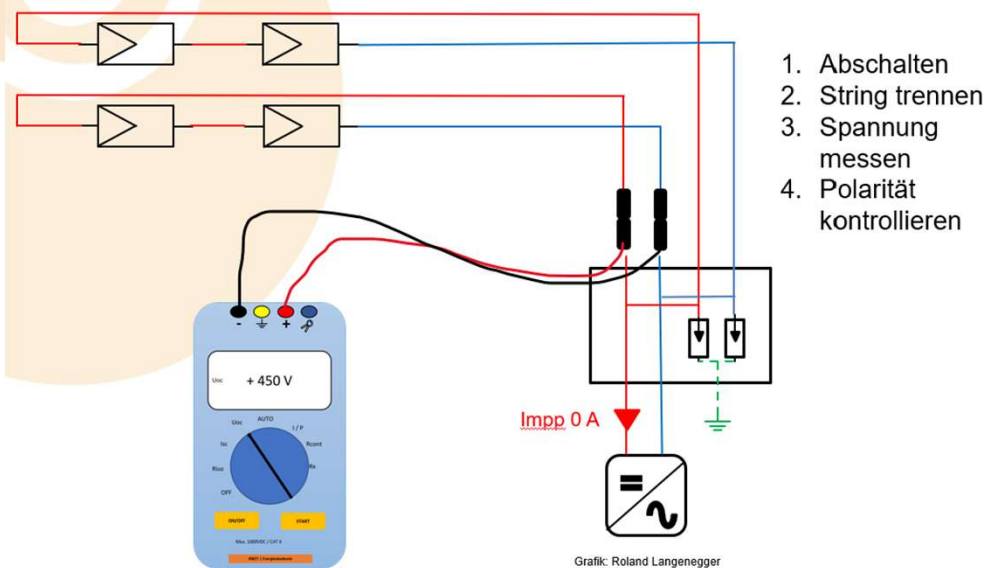
Messung der Stromlosigkeit

- Bei jedem ziehen eines Steckers **immer** zuerst Stromlosigkeit prüfen
- Wenn möglich mit Schutzhandschuhen arbeiten



Bild: R.Langenegger

Durchführung von Messungen im PV-Bereich



- Spannungs- und Polaritätsmessungen sind meistens problemlos möglich
- Bei Isolationsmessungen die richtige Systemspannung der Bauteil berücksichtigen (250, 500 oder 1'000 V Messspannung)
- Bei Kurzschlussmessungen den maximalen Strom und die Einstrahlung beachten
- Nach der Kurzschlussmessung vor dem Ausstecken Stromlosigkeit kontrollieren

Bild: energieakademie



SWISSOLAR 

energieakademie  toggenburg
PV Sicherheit

SWISSOLAR 

Merkblatt Photovoltaik Nr. 18

Arbeitssicherheit DC Photovoltaik

Durch die konsequente Einhaltung von lebenswichtigen Sicherheitsregeln können Arbeitsunfälle vermieden und Leben gerettet werden. Die wichtigsten Regeln bei elektrotechnischen Tätigkeiten an PV-Anlagen werden nachstehend dargelegt.

1 Hintergrund

2 Gefahren durch Elektrizität bei PV-Anlagen

2.1 Allgemeiner Unterschied AC/DC

Der grösste Unterschied zwischen Wechselstrom (AC) und Gleichstrom (DC) ist die Art des Stromflusses. Bei DC fliesst die elektrische Ladung nur in eine Richtung, während sie bei AC periodisch die Flussrichtung ändert. Gleichstrom ist bezüglich der

Fazit:

- Stop sagen bei Unsicherheit
- Konsequentes prüfen der Strom- und Spannungslosigkeit
- Einsatz der persönlichen Schutzausrüstung
- Beachtung von Merkblatt Nr. 18 Swissolar



SWISSOLAR 

energieakademie  toggenburg
PV Sicherheit

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit