

---

# Elektrogefahren

---

## Einleitung

---

### *Wer darf elektrische Installationsarbeiten ausführen?*

Gemäss Verordnung vom 7. November 2001 über elektrische Niederspannungsinstallationen (Niederspannungs-Installationsverordnung, NIV) (SR 734.27) sind Elektroinstallationsarbeiten grundsätzlich Sache eines Fachmanns oder einer Fachfrau. Das Eidgenössische Starkstrominspektorat (ESTI) kann dem Unternehmen eine eingeschränkte Installationsbewilligung für bestimmte Arbeiten erteilen (Unterhaltsarbeiten, Beseitigung von Störungen, Änderungen, Erweiterung von Anlagen, Installationen in Montagebauten usw.). Die Arbeiten müssen durch betriebseigene Fachleute ausgeführt werden, die folgende Anforderungen erfüllen:

- Elektromonteur mit 3 Jahren Praxis oder
- dem Elektromonteur nahe stehender Beruf mit über 5 Jahren Praxis oder
- Betriebselektriker mit bestandener Betriebselektrikerprüfung

Das ESTI ist ebenfalls für die Durchführung der Betriebselektrikerprüfung zuständig.

## Rechtsgrundlagen

---

Das Bundesgesetz vom 24. Juni 1902 betreffend die elektrischen Schwach- und Starkstromanlagen (Elektrizitätsgesetz, EleG) (SR 734.0) samt seinen Verordnungen, Normen und Richtlinien hat den Schutz von Personen und Sachen vor den Auswirkungen der Elektrizität zum Ziel. Das Eidgenössische Starkstrominspektorat (ESTI) kontrolliert die Einhaltung der Vorschriften.

Für die mit dem Unfallversicherungsgesetz (UVG) zusammenhängenden Aufgaben kann die Suva mit geeigneten Fachorganisationen Verträge abschliessen. Im Bereich der Elektrizität hat sie dies mit Electrosuisse getan. Deshalb werden die Arbeitssicherheitsprobleme bei der Verwendung von Elektrizität von Electrosuisse bearbeitet.

# Hauptgefahren

## *Stromkreis: physikalische Grundlagen*

Der elektrische Stromkreis lässt sich mit einem Wasserleitungsnetz vergleichen. Die folgende Tabelle fasst die entsprechenden Grössen zusammen:

Wasserleitungsnetz		Stromkreis		
Physikalische Grösse	Physikalische Grösse	Formelzeichen	Mass-einheit	Abk.
Wasserdruck	<b>Spannung</b>	U	Volt	V
Ventilwiderstand	<b>Widerstand</b>	R	Ohm	$\Omega$
Durchflussmenge pro Zeiteinheit	<b>Strom(stärke)</b>	I	Ampere	A

Bei einer Wasserzapfstelle ist die Wasser-Durchflussmenge abhängig vom Wasserdruck und von der Ventilstellung: Je grösser der Druck ist, umso grösser ist die Durchflussmenge; je mehr das Ventil geschlossen ist (also je grösser der Ventilwiderstand ist), umso kleiner ist die Durchflussmenge.

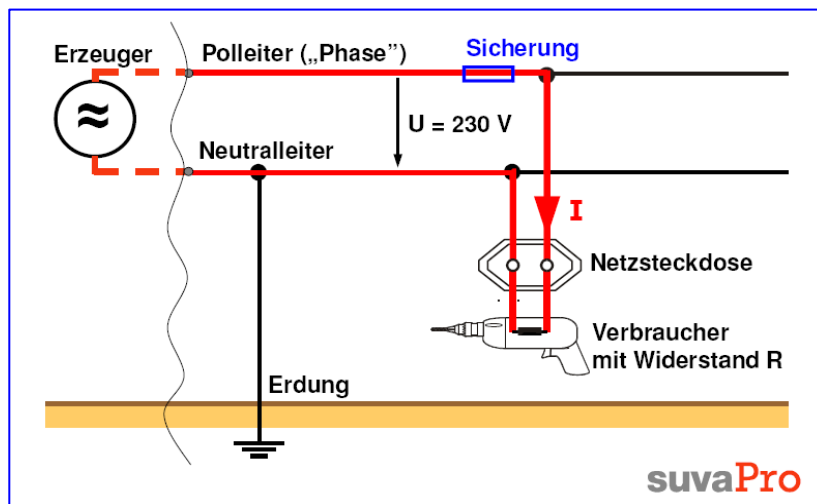
Analoges gilt beim elektrischen Strom: In einem Stromkreis ist dieser abhängig von der elektrischen Spannung und vom elektrischen Widerstand:

Je grösser die Spannung U, umso grösser der Strom I; und je grösser der Widerstand R, umso kleiner ist der Strom I, oder gemäss ohmschem Gesetz:

$$I = \frac{U}{R}$$

Die elektrische Spannung U besteht immer zwischen zwei Polen. Beim 230-V-Netz sind dies der Polleiter ("Phase", braun, früher schwarz) und der Neutraleiter (blau/hellblau), welche in der Steckdose über die beiden aussen liegenden Buchsen geführt sind. Abhängig vom angeschlossenen Verbraucher (mit Widerstand R) fliesst somit ein mehr oder weniger grosser Strom I (Stromstärke) über den geschlossenen Stromkreis, welcher die beiden Pole verbindet.

Besitzt der im Stromkreis liegende (an die Netzspannung angeschlossene) Verbraucher einen genügend kleinen Widerstand R (z.B. bei Kurzschluss), so wird der sich einstellende Strom so gross, dass die Zuleitungen überlastet werden. Sie könnten infolge Eigen erwärmung einen Brand auslösen. Dies zu verhindern ist Aufgabe der Sicherung, welche z.B. ab einem Strom von 10 A schmilzt, womit der Stromkreis unterbrochen wird. Bei neuen Installationen werden heute anstelle von Schmelzsicherungen so genannte Leitungsschutzschalter installiert. Das sind bei Überlast selbst auslösende Schalter, die manuell wieder eingeschaltet werden können.



Der Neutralleiter ist leitend mit Erde verbunden. Der Polleiter führt somit gegen Erde eine Spannung von  $U = 230 \text{ V}$

Man unterscheidet zwischen:

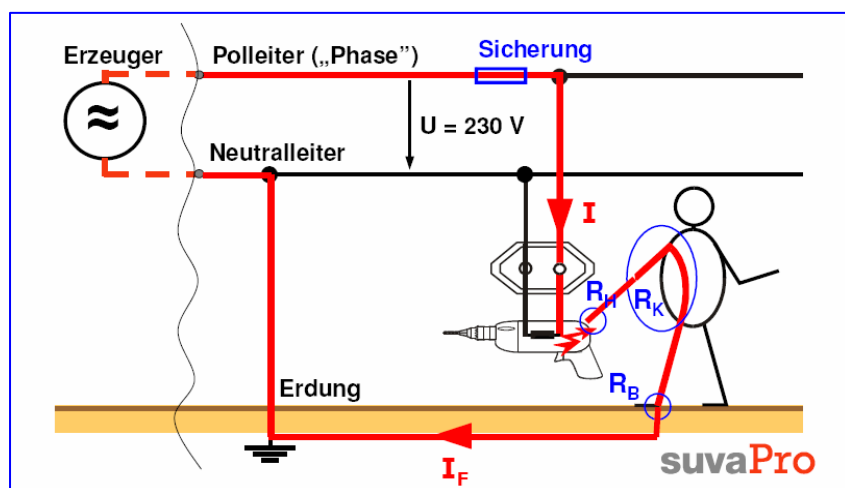
- **Wechselspannung:** Beispiel Netzspannung ( $U = 230 \text{ V}$ ); diese wechselt die Richtung 50 Mal pro Sekunde.
- **Gleichspannung:** Diese wechselt die Richtung nicht und der über einen angeschlossenen Stromkreis fließende Gleichstrom somit ebenfalls nicht (z.B. Batterie).

Bezüglich der Größe wird unterschieden zwischen:

- Kleinspannung:  $U \leq 50 \text{ V}$
- Niederspannung:  $U \leq 1000 \text{ V}$
- Hochspannung:  $U > 1000 \text{ V}$

## Elektrisierung

Strom kann nur über einen geschlossenen Stromkreis fließen: Im Normalfall fließt er vom Netz (Polleiter, 230 V) via Steckdose und Stromkabel über den Verbraucher wieder zurück zum Netz (Neutralleiter). Ist die Isolation eines elektrischen Gerätes



oder eines Anschlusskabels beschädigt, so kann das Gehäuse des defekten Gerätes unter Spannung stehen. Kommt die bedienende Person damit in Berührung, oder berührt der Mensch sogar direkt den Polleiter der Steckdose oder einen blanken Polleiter, so sucht sich der Strom den Weg zurück ins Netz auch über den menschlichen Körper und die Erde, da diese mit dem Neutralleiter verbunden ist. Die Stromstärke dieses Fehlerstromes IF ist dabei abhängig vom Widerstand des menschlichen Körpers, seiner Haut, der Bekleidung und dem Rückweg über die Erde.

Vgl. die Werte auf folgender Tabelle:

	Grosse	Abk./Formel	Wert von...	bis ...
Widerstand	Körper *	$R_K$	ca. 500 $\Omega$	ca. 1500 $\Omega$
	Haut	$R_H$	0 $\Omega$ (nasse Haut)	4000 $\Omega$ (trockene Haut)
	Kleider-Boden	$R_B$	0 $\Omega$ (nasser Betonboden)	10 000 $\Omega$ (trockene Schuhe mit Isoliersohlen)
	Total	$R_{tot} = R_K + R_H + R_B$	500 $\Omega$	15 500 $\Omega$
<b>Strom</b>		$I = 230 \text{ V}/R_{tot}$	0,46 A = 460 mA	0,015 A = 15 mA

\* Der Körperwiderstand ist abhängig von der verwendeten Spannung, vom Stromweg über den Körper, von Grösse, Gewicht, psychischer Verfassung usw. des elektrisierten Menschen.

Die obigen Beispiele zeigen, dass sich der elektrisierende Strom innerhalb einer grossen Bandbreite bewegen kann. Dabei spielt der Zufall eine bedeutende Rolle, da viele Faktoren (Stromweg über den Körper, Feuchtigkeit usw.) kaum beeinflusst werden können.

## Welchen elektrischen Strom erträgt der Mensch?

Die folgende Tabelle fasst die klassischen Situationen zusammen. Der Faktor Zeit ist nicht angegeben, aber es gilt: je länger die Durchlaufzeit, umso schlimmer die Folgen.

Person, die eine Bohrmaschine hält, deren Gehäuse unter Spannung steht			Elektrisieren-der Strom	Wirkung	Elektrogerät mit vergleichbarer Stromintensität
Hände	Schuhe	Boden			
Trocken	Gummi-sohlen	Holz, trocken	ab 1 mA	Ameisenlaufen, Kribbeln	Netzadapter Kleinradio
Nass	Leder-sohlen	Beton	15 bis 20 mA	Beginnende Krämpfe	Rasierapparat
Nass	Barfuss	Beton	30 bis 50 mA	Krämpfe, Muskelstarre	Energiesparlampe mit 7 bis 12 W
Nass	Nasse Sandalen	Wasserlache	über 50 mA	Lebensgefahr	Glühbirne 20 W

## Weitere Gefahren

Keine.

## Allgemeine Weisungen

Da der Widerstand (Übergangswiderstände, Körperwiderstand) und die Ein- und Austrittsstellen nicht beeinflussbar sind, muss der Kontakt mit Spannung führenden Teilen vermieden werden. Solche Teile in elektrischen Anlagen werden deshalb isoliert. Dies lässt sich jedoch nicht immer in vollem Umfang durchführen. Zudem muss mit Schäden an Isolationen gerechnet werden. Deshalb sind zusätzliche technische Schutzmassnahmen nötig. Doch auch diese bieten nicht unbedingt in allen Situationen ausreichenden Schutz.

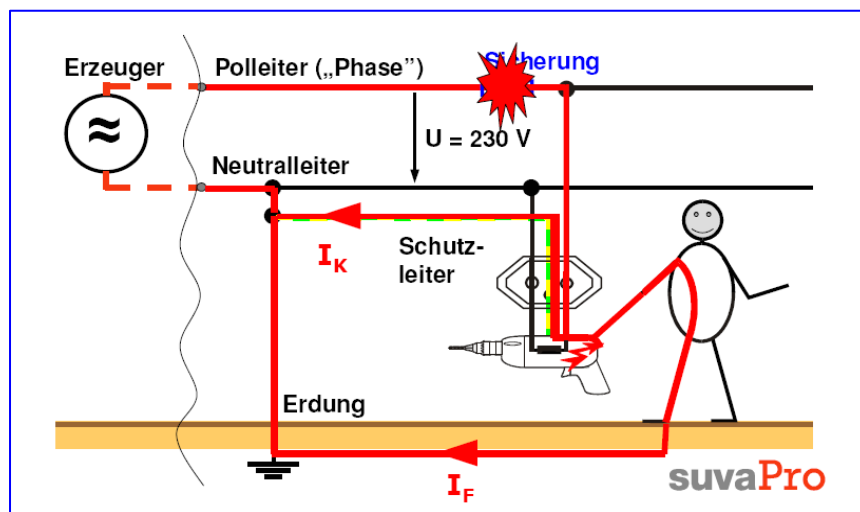
### Transport (intern und extern)

Keine.

### Verwendung von:

#### Schutzleiter

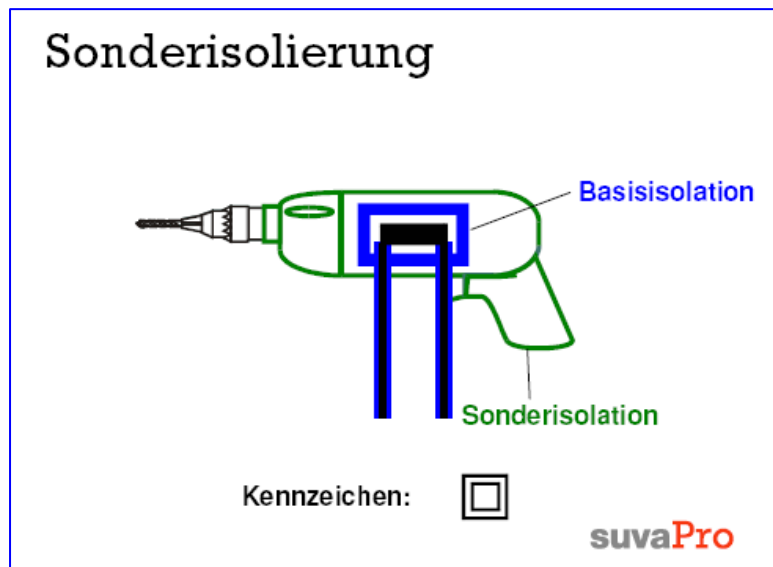
Ein dritter Leiter, der Schutzleiter (grün-gelb), verbindet berührbare metallische Teile (z. B. Gehäuse) des elektrischen Gerätes mit Erde. Im Stecker ist er über den mittleren versetzten Pol geführt. Im Normalfall führt er keinen Strom. Falls wegen beschädigter Isolation im Geräteinneren das Gehäuse unter Spannung gerät, wird der Stromkreis auch über den Schutzleiter geschlossen: Dieser führt jetzt einen unter Umständen sehr gros-



sen (Kurzschluss)-Strom  $I_K$ , welcher die Schmelzsicherung oder den Leitungsschutzschalter auslöst. Dadurch wird der Stromkreis innerhalb von Sekundenbruchteilen unterbrochen. Das Gehäuse des Gerätes steht dann nicht mehr unter Spannung, und somit ist auch die Gefahr des Elektrisierens gebannt. Aber Achtung: Vor dem Abschalten der Sicherung ist kurzzeitiges Elektrisieren trotzdem möglich.

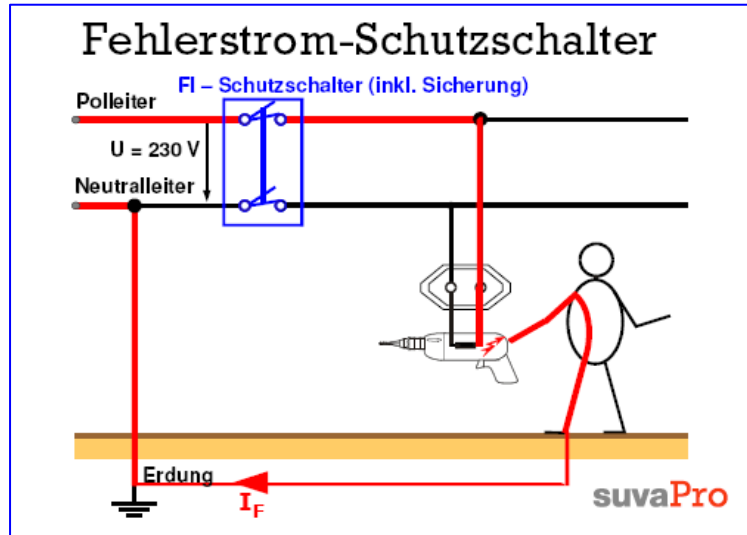
## Sonderisolierung

Bei sonderisolierten Geräten ist zusätzlich zur normalen Betriebsisolation eine Sonderisolation eingebaut. Damit soll doppelte Sicherheit gegen Isolationsdefekte erreicht werden. Diese Geräte besitzen einen zweipoligen Stecker und dürfen nicht mit einem Schutzleiter verbunden werden. Sie sind mit einem Doppelquadrat gekennzeichnet. Falls in der Praxis z. B. bei Elektrohandwerkzeugen die Sonderisolierung durch Späne, Metallstaub oder Schmutz überbrückt wird, kann dies für die Bedienungsperson sehr kritisch werden. Und Achtung: Sonderisoliert heisst nicht wasserdicht!



## Fehlerstrom-Schutzschalter

Der Fehlerstrom-Schutzschalter (FI-Schutzschalter, FI-Schalter) bewirkt die Unterbrechung des Stromkreises innerhalb von maximal 0,3 Sekunden, sobald der über den Polleiter zufließende Strom um einen bestimmten Wert grösser ist als der Rückstrom über den Neutralleiter. Dies ist dann der Fall, wenn beim Elektrisieren ein (zusätzlicher) „Fehlerstrom“  $I_F$  über den Menschen und den Boden ins Netz zurückfließt.



Es gibt FI-Schutzschalter mit Auslöseströmen von 10 oder 30 mA (oder 300 mA nur für den Brandschutz, jedoch nicht für den Personenschutz). Der FI-Schutzschalter ist ein Zusatzschutz und wird ergänzend zum Schutzleiter oder zur Sonderisolierung eingesetzt.

Für bestimmte Bereiche ist der Einsatz zwingend vorgeschrieben, z.B.:

- auf Baustellen und im Baugewerbe für alle Steckdosen mit einem Anschlusswert  $\leq 32$  A (kleine und mittlere Maschinen)
- in Industrie, Gewerbe, Landwirtschaft und Haushalt
  - in feuchten, nassen, korrosionsgefährdeten, feuergefährdeten oder engen und gut leitenden Räumen, Bereichen oder Arbeitsplätzen
  - beim Gebrauch von Elektrogeräten im Freien

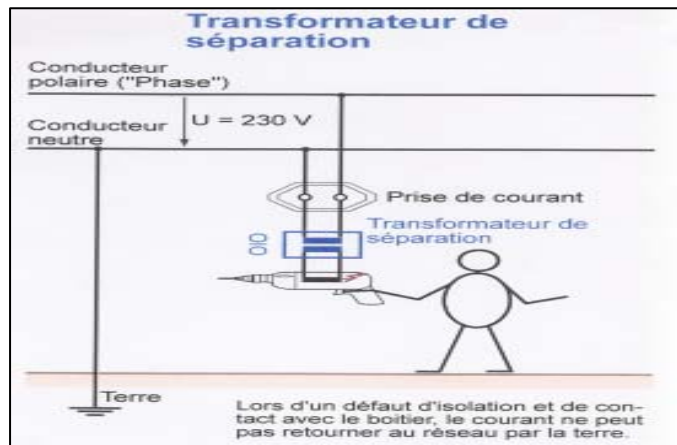
Es gibt Modelle für den Einbau in den Elektroverteilkasten oder in die Steckdose, aber auch als Stecker zum Anschluss an ein Apparate- oder Verlängerungskabel oder als Zwischenstecker. FI-Schutzschalter sind mit einer Prüftaste ausgerüstet: Mit dieser Taste sollte regelmässig, z.B. 2 mal jährlich das korrekte Auslösen getestet werden.

Seit dem obligatorischen Einsatz der FI-Schutzschalter in gewissen Bereichen sind die Elektrounfälle markant zurückgegangen. Trotzdem gibt es Situationen, wo die Schutzwirkung versagt: z.B. kann die Benutzung eines elektrischen Gerätes in einer isolierten Badewanne tödlich enden, wenn der durch den Menschen fließende Strom über den Neutralleiter und nicht als Fehlerstrom über Erde zurückfließt.

## *Trenntransformator und niedrigste Sicherheitsspannung*

Wie bereits erklärt, ist in einem Stromkreis der Neutraleiter aus technischen Gründen mit der Erde verbunden. Wenn somit eine Person mit der elektrischen Spannung in Kontakt kommt, versucht der Strom, ebenfalls über sie hindurch zum Stromkreis zurückzugelangen.

Der Trenntransformator unterbricht die Verbindung zwischen dem Neutraleiter und der Erde. Aufgrund dieser Schutzunterbrechung weisen der Polleiter und der Neutraleiter bezüglich der Erde keinen Unterschied des elektrischen Potentials mehr auf; es fließt also kein Strom, wenn man mit einem Leiter in Kontakt kommt. Eine Elektrisierung erfolgt nur, wenn der Polleiter und der Neutraleiter gleichzeitig



berührt werden oder wenn bei zwei gleichzeitig angeschlossenen Geräten zwei Personen den Polleiter und den Neutraleiter berühren. Aus diesem Grund darf nur ein einziges elektrisches Gerät an den Trenntransformator angeschlossen werden.

Der Schutz durch einen Trenntransformator ist vor allem in kleinen und Strom leitenden Räumen oder Metallbehältern (z.B. in Kesseln) sinnvoll. Das relativ hohe Gewicht des Trenntransformators kann als Nachteil betrachtet werden.

Wird die Spannung mittels eines Trenntransformators auf höchstens 50 V reduziert, spricht man von sehr niedriger Sicherheitsspannung. In diesem Fall bewirkt die gleichzeitige Berührung von Polleiter und Neutraleiter keinen Strom, der für den Menschen gefährlich wäre. Der Nachteil einer solchen Kopplung ist, dass spezielle tragbare Elektrogeräte (50 V) verwendet werden müssen, die schwerer sind als die anderen Geräte, die mit 230 V funktionieren.

## Besondere Weisungen

---

### *Verhaltensregeln beim Umgang mit Elektrizität*

Da auch technische Schutzmassnahmen nicht gegen alle Gefahren schützen, ist korrektes Verhalten beim Umgang mit Strom ebenso wichtig. Im Folgenden werden die wichtigsten Verhaltensregeln für den Umgang mit elektrischen Geräten in der Praxis beschrieben:

### *Umgang mit Kabel und Stecker*

- Nicht am Kabel reissen, um den Stecker auszuziehen.
- Verlängerungskabel müssen am einen Ende einen Stecker und am anderen eine Kupplung mit gleich vielen Polen (Kontakten) aufweisen.
- Kabelrolle bei leistungsstarken Maschinen entrollen, damit sich das Kabel nicht zu stark erwärmt (Stauwärme) und dadurch beschädigt wird.
- Keine Kabelübergangsstücke basteln.
- Keine Schutzleiterstifte oder Sperrkragen von Kupplungen absägen.
- Vorsicht bei Kabel-Durchgängen/Knickungen (Türen, Fenster).
- Beim Reparieren (nur im Hobbybereich zulässig) Aderfarben berücksichtigen.

### *Kontrolle elektrischer Handwerkzeuge vor der Benutzung*

- Sind Stecker, Zugentlastung, Kabel, Gehäuse in Ordnung? Bei Schaden Gerät nicht benutzen, aus dem Verkehr ziehen und Schaden melden (technischer Dienst).
- Sind das Gerät trocken und die Lüftungsschlitze nicht mit Schmutz verstopft? Falls nein: Gerät zuerst trocknen und reinigen (lassen).
- Funktionskontrolle des Gerätes: Bei Störung sofort Stecker ziehen und nur das selber tun, was man gefahrlos beherrscht, ansonsten Gerät nicht benutzen und Schaden (dem technischen Dienst) melden.

## ***Benutzung elektrischer Handwerkzeuge im Freien (Bau, Montage usw.)***

- Gerät über FI-Schutzschalter anschliessen: Falls im Elektroverteilerkasten oder in der Steckdose kein FI-Schutzschalter installiert ist, Kabelrolle mit FI-Schutzschalter oder Zwischenstecker mit FI-Schutzschalter verwenden.
- Isolierendes Schuhwerk (Gummisohlen) tragen. **Nie barfuss!**
- Elektrogeräte und Steckverbindungen möglichst nicht mit nassen Händen, in nasser Umgebung oder im Regen verwenden.
- Falls die Kupplungssteckvorrichtung nicht wasserdicht ist, auf trockene Unterlage legen.
- «Normale» Geräte nicht in Staub und Nässe liegen lassen.

## ***Was tun, wenn FI-Schutzschalter, Leitungsschutzschalter oder Sicherung auslösen?***

1. Gerät ausschalten.
2. Defekte Sicherung durch gleichen Typ ersetzen (nicht behelfsmässig "flicken") und FI- oder Leitungsschutzschalter wieder aktivieren.
3. Gerät wieder einschalten.
4. Falls Sicherung oder Schutzschalter wieder auslösen: Gerät ausschalten, ausser Betrieb nehmen und kontrollieren und/oder reparieren lassen.

## ***Erste Hilfe bei Niederspannungsunfällen***

Wenn trotz aller Vorsichtsmassnahmen ein Niederspannungsunfall passiert, muss folgendermassen gehandelt werden:

1. Verunfallten vom Stromkreis befreien, ohne sich selbst zu gefährden, z.B.: Strom mit Schalter ausschalten, Gerätestecker aus der Steckdose ziehen, Verunfallten von einem isolierten Standort aus an trockenen Kleidern wegheben usw.
2. Erste Hilfe: Verunfallten als Bewusstlosen lagern, beatmen, Herzmassage.
3. Arzt rufen.

## *Prävention*

### Aufsicht/Überprüfung

Nur geschultes Personal mit Bewilligung darf elektrische Installationsarbeiten durchführen (vgl. NIV, Art. 6 ff.).

Bestehende veraltete elektrische Anlagen, deren Sicherheit für Personen und Sachen nicht mehr genügt, müssen gemäss den neusten technischen Normen revidiert werden. Im Zweifelsfalle für Beurteilung Fachmann beiziehen.

### Regelmässige Kontrolle der Installationen, elektrischen Maschinen, Apparate, Kabel

- Klarheit erlangen über Ist-Zustand: Wer kontrolliert was, wann, wie oft, womit?
- Abhängig von Betriebsart, -grösse, -organisation und Geräten: Prüfperson, Zeitabstände, Prüfungsinhalt und Prüfmittel organisieren.
- Mögliche Prüfpersonen: Betriebselektriker, instruierter Magaziner, externer Fachmann (z.B. eidg. dipl. Elektroinstallateur).
- Mögliche Zeitabstände: nach Gebrauch, täglich, wöchentlich, monatlich.
- Möglicher Prüfungsinhalt:
  - ⚡ visuelle Kontrolle: Kabel, Stecker, Schalter, Gehäuse, Schmutz (z. B. Kühlöffnungen, Kühlrippen nicht verstopft?), Nässe
  - ⚡ elektrische Kontrolle durch einen Fachmann oder eine instruierte Person: z. B. Schutzleiter- und Isolationswiderstand mit speziellem Prüfgerät

### Schulung der Mitarbeiter

- Verhaltensregeln
- Keine gebastelten (provisorischen) elektrischen Installationen!
- Verlängerungskabel dürfen nicht zu Stolperfallen werden.
- Stecker, Elektrogeräte und elektrische Anlagen vor Regen, Feuchtigkeit und Schmutz schützen.

### Einkauf von Elektrogeräten und Elektromaterialien

Sicherstellen, dass die Konformitätserklärung verlangt wird. Falls diese nicht erhältlich ist, anderes Produkt wählen oder Prüfung veranlassen.

## Nützliche Statistiken

---

Die folgende Unfallstatistik zeigt, dass Elektrounfälle in der Schweiz relativ selten, jedoch oft tödlich sind: (Stand 2000)

<b>Art des Unfalls</b>	<b>Verletzte pro Jahr (= 100%)</b>	<b>Tote pro Jahr</b>	
alle Unfälle UVG (3,3 Mio. Versicherte, Arbeit und Freizeit)	750 000	3 000	ca. 0,5 %
<b>Erfasste Elektrounfälle (viele Fälle von Verletzungen nicht erfasst)</b>			
Total	165	15	ca. 10 %
Niederspannung (< 1000 V)	150	8	ca. 5 %
Hochspannung (> 1000 V)	15	7	ca. 50 %

## Quellen:

---

Dieses Kapitel beruht auf dem SUVA-Kurs «Sicherer Umgang mit Elektrizität», 2000

### *Weitere Publikationen*

#### Gefahren im Zusammenhang mit Elektrizität

##### **SUVA**

- SBA 65.d Elektrische Anlagen auf Baustellen
- SBA 103.d Die Fehlerstromschutzschaltung
- SBA 116.d Schutzmassnahmen bei der Verwendung von Elektrohandwerkzeug
- SBA 121.d Massnahmen zum Schutz der Elektromonteure
- 1863.d Richtlinien für den Einsatz von Kranen und Baumaschinen im Bereich elektrischer Freileitungen

##### **Beratungsstelle für Unfallverhütung in der Landwirtschaft**

**Tel. 062 739 50 40 (Westschweiz: Tel. 021 995 34 28)**

25.0506 Sichere Elektrizität in der Landwirtschaft

##### **INFEL - Informationsstelle für Elektrizitätsanwendung**

Tel. 044 299 41 41

[www.infelverlag.ch](http://www.infelverlag.ch)

317 020 Fehlerstrom-Schutzschalter und Sicherheits-Steckdosen

317 040 Sicher mit Strom

##### **VSE Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen**

Tel. 062 825 25 25

[www.poweron.ch](http://www.poweron.ch)

Sicherer Umgang mit Strom, Ein Lehrmittel für Lehrer und Schüler (Ordner)

##### **Les Electriciens Romands**

**Tel. 021 310 30 30**

8005 Broschüre: «Disjoncteur de protection à courant de défaut (FI)»