

Grundlagenreihe Schutz gegen den elektrischen Schlag

Schutz sowohl gegen direktes als auch bei indirektem Berühren (ohne automatische Abschaltung der Stromversorgung) Schutz durch SELV oder PELV

Schutz durch Kleinspannung (SELV)

Der Schutz durch SELV wird an Einsatzorten mit hohem Risiko eingesetzt: Schwimmbäder, für Ausleuchtampen und andere tragbare Geräte zur Benutzung im Freien usw.

SELV wird eingesetzt, wenn der Betrieb elektrischer Anlagen und Betriebsmittel eine Gefahr darstellt (z.B. im Becken von Schwimmbädern). Diese Maßnahme besteht in der Versorgung mit sicherer Begrenzung der Spannung auf niedere Werte (maximal AC 50 V bzw. DC 120 V, im Wasser nur AC 12 V oder DC 25 V) durch Verwendung eines Sicherheitstransformators nach IEC 61558-2-6 (VDE 0570-2-6). Der Isolationspegel zwischen der Primär- und Sekundärwicklung ist sehr hoch, und/oder manchmal wird eine geerdete Schirmwicklung zwischen die Wicklungen eingefügt.

Die Sekundärspannung überschreitet nie AC 50 V eff.

Um einen angemessenen Schutz sowohl gegen indirektes als auch bei direktem Berühren zu gewährleisten, müssen drei Bedingungen eingehalten werden:

- Kein aktiver Leiter darf mit Schutzleiter oder Erde verbunden sein.
- Die Körper elektrischer Betriebsmittel dürfen weder mit Schutzleiter oder Erde verbunden noch mit Körpern anderer Spannungen verbunden sein.
- Leiter von Stromkreisen verschiedener Spannung müssen durch einen geerdeten Metallschirm oder eine geerdete metallene Umhüllung getrennt sein.

Voraussetzungen für diese Maßnahmen:

- Mehradrige Kabel, Leitungen oder Leiterbündel dürfen Stromkreise verschiedener Spannungen enthalten, wenn die Leiter von SELV- und PELV-Stromkreisen einzeln oder gemeinsam mit einer Isolierung versehen sind, die für die höchste vorkommende Spannung bemessen ist.
- Steckvorrichtungen für das SELV-System dürfen über keinen Schutzkontakt verfügen.
- Für SELV-Stromkreise müssen spezielle Stecker und Buchsen verwendet werden, so dass ein unbeabsichtigtes Einstecken an ein anderes Spannungsniveau ausgeschlossen ist.

Hinweis: Unter normalen Bedingungen beträgt die Schutzkleinspannung weniger als 25 V. Daher ist kein Schutz gegen direktes Berühren notwendig. Spezielle Anforderungen werden in Kapitel N, Abschnitt 3 „Empfehlungen für Räume und Anlage besonderer Art“ erläutert.

Schutz durch PELV (Funktionskleinspannung mit sicherer Trennung: Protection by Extra Low Voltage = PELV)

(s. Abb. F21)

Diese Maßnahme wird i. Allg. verwendet, wenn eine Kleinspannung benötigt oder aus Sicherheitsgründen bevorzugt wird, die sich von denen für die zuvor genannten Einsatzorte mit hohem Risiko unterscheidet. Die Ausführung ist der des SELV-Systems ähnlich, jedoch dürfen ein aktiver Leiter und/oder die Körper der elektrischen Betriebsmittel mit Erde oder Schutzleitern verbunden sein.

In der Norm IEC 60364-4-41 (VDE 0100-410) ist die Bedeutung der PELV genau festgelegt. Der Schutz gegen direktes Berühren ist i. Allg. erforderlich, es sei denn, das Gerät befindet sich im Potentialausgleichsbereich, die Nennspannung liegt unter 25 V eff, das Gerät wird ausschließlich an normalerweise trockenen Einsatzorten benutzt und es wird keine Berührung mit dem menschlichen Körper erwartet. In allen anderen Fällen beträgt die maximal zulässige Spannung 6 V eff. Bis zu diesem Spannungswert ist kein Schutz gegen direktes Berühren gewährleistet.

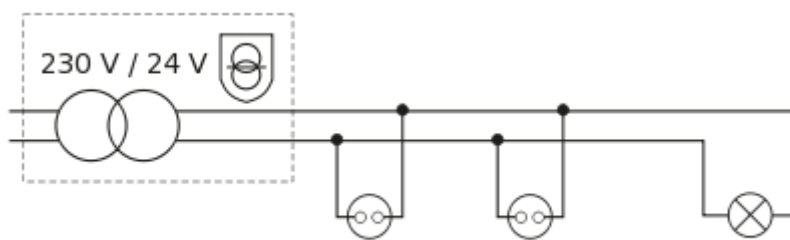


Abb. F21: NS-Versorgung durch einen Sicherheitstransformator

Funktionskleinspannung ohne sichere Trennung (Functional Extra-Low Voltage = FELV)

In Anlagen, in denen aus funktionalen Gründen eine Spannung von 50 V oder weniger verwendet wird, aber nicht alle Anforderungen für die Schutz- oder Funktionskleinspannung erfüllt sind, müssen entsprechende Maßnahmen getroffen werden (gemäß IEC 60364-4-41 (VDE 0100-410)), um den Schutz gegen direktes und indirektes Berühren zu gewährleisten, je nach Einsatzort und Verwendung der Stromkreise.

Hinweis: Solche Bedingungen sind z.B. gegeben, wenn der Stromkreis Geräte enthält (z.B. Transformatoren, Relais, Fernschalter, Schütze), die hinsichtlich der Stromkreise mit höheren Spannungen nicht ausreichend isoliert sind.

Schutz durch Schutztrennung

(siehe Abb. F22)

Die Schutztrennung eines einzelnen Stromkreises ist vorgesehen, um Gefahren beim Berühren von Körpern zu verhindern, die durch einen Fehler in der Basisisolierung des Stromkreises unter Spannung gesetzt werden können.

Das Prinzip der Schutztrennung basiert auf folgenden Anforderungen.

Die aktiven Leiter der Sekundärwicklung eines Trenntransformators müssen von Erde isoliert sein.

Wird ein Leiter direkt berührt, fließt über die Innenkapazität dieses Leiters gegen Erde nur ein sehr kleiner Strom durch die berührende Person, durch die Erde und zurück zu einem anderen Leiter. Da die Leiterkapazität gegen Erde sehr klein ist, liegt der Strom i. Allg. unter der Wahrnehmbarkeitsschwelle. Mit Zunahme der Leitungslänge erhöht sich der Berührungsstrom allmählich bis zu einem Wert, bei dem es zu einem gefährlichen elektrischen Schlag kommen kann.

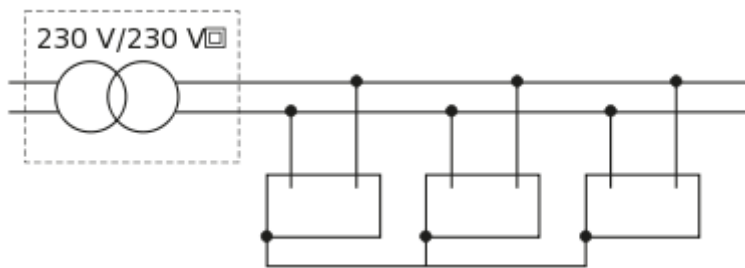


Abb. F22: Sicherheitsversorgung durch einen Trenntransformator der Klasse II

Obgleich kurze Leitungen die Gefahr durch den kapazitiven Strom ausschließen, kann es durch einen niedrigen Isolationswiderstand gegen Erde zu einer Gefährdung kommen, da der Stromweg dann, hervorgerufen durch den niedrigen Isolationswiderstand zwischen Leiter und Erde, über die berührende Person, durch die Erde und zurück zum anderen Leiter führt.

Aus diesen Gründen sind relativ kurze, gut isolierte Leitungen bei Schutztrennung von grundlegender Bedeutung.

Speziell für diesen Zweck entwickelte Trenntransformatoren verfügen über einen hohen Isolationspegel zwischen der Primär- und Sekundärwicklung oder eine entsprechende Schutzvorrichtung, wie z.B. einen geerdeten Schirm zwischen den Wicklungen. Der Transformatoraufbau entspricht der Schutzklasse II.

Wie bereits erwähnt, erfordert die erfolgreiche Anwendung dieses Prinzips, dass:

- kein Leiter und kein Körper des Sekundärstromkreises mit Schutzleitern oder Erde verbunden ist,
- die Länge der Sekundärleiter begrenzt ist, um große Kapazitätswerte zu vermeiden [\[1\]](#),
- ein hoher Isolationswiderstand für die Leiter und Geräte eingehalten wird.

Durch diese Bedingungen ist die Anwendung dieses Schutzes im Allgemeinen auf ein einzelnes Verbrauchsmittel beschränkt.

Werden mehrere Verbraucher von einem Trenntransformator versorgt, sind zusätzlich folgende Anforderungen zu beachten:

- Die Körper der elektrischen Betriebsmittel müssen über einen ungeerdeten Schutzleiter miteinander verbunden werden.
- Die Steckvorrichtungen müssen über einen Schutzkontakt verfügen. Der Schutzkontakt wird in diesem Fall nur zur Verbindung aller Körper elektrischer Betriebsmittel/Verbrauchsmittel verwendet.

Im Fall eines zweiten Fehlers muss eine automatische Abschaltung der Stromversorgung nach den gleichen Bedingungen wie beim TN-System erfüllt sein.

Geräte der Schutzklasse II oder mit gleichwertiger Isolierung

Symbol Schutzklasse II oder auch Schutzisolierung:

Diese Geräte werden auch als „schutzisoliert“ bezeichnet, denn Geräte der Schutz-klasse II beinhalten, außer der Basisisolierung, noch eine zusätzliche oder verstärkte Isolierung (siehe **Abb. F23**).

Leitfähigen Teile und Körper von Geräten der Schutzklasse II dürfen nicht mit einem Schutzleiter verbunden sein:

- Bei den meisten tragbaren oder optional tragbaren Geräten, bestimmten Lampen und einigen Transformatorausführungen wird eine Schutzisolation von vornherein vorgesehen. Bei der Benutzung von Geräten der Schutzklasse II ist besondere Vorsicht geboten und es ist regelmäßig und häufig zu prüfen, ob der Klasse II-Standard gehalten wird (keine defekten Gehäuse usw.). Die Sicherheitsstandards von elektronischen Geräten, Radios und TV-Geräten entsprechen der Schutz-klasse II, sind aber nicht offiziell Geräte der Schutzklasse II.
- Zusätzliche Isolation in einer elektrischen Anlage:

In IEC 60364-4-41, Abschnitt 413-2 (VDE 0100-410) werden die notwendigen Maßnahmen zum Erhalt der zusätzlichen Isolation während der Installation genauer beschrieben.

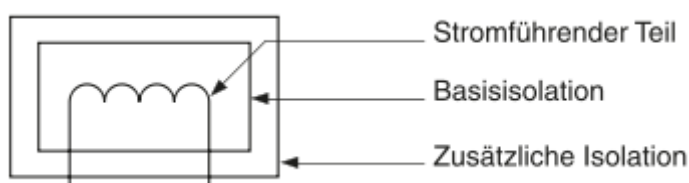


Abb. F23: Prinzip der Schutzklasse II

Ein einfaches Beispiel ist das Ziehen eines Kabels in ein PVC-Rohr. Ebenso werden Methoden für Verteilungen beschrieben.

- Für Schaltgerätekombinationen beschreibt IEC 61439-1 (VDE 0660-600-1) sowie die entsprechenden Produktteile einige Anforderungen für den „Schutz durch Schutzisolierung“, die der Schutzklasse II entspricht.

Schutz durch Abstand oder Hindernisse

Der Schutz durch Anordnen von gleichzeitig zugänglichen leitfähigen Teilen mit angemessenem Abstand oder von zusätzlichen Hindernissen erfordert einen nichtleitfähigen Untergrund und ist daher nicht einfach anwendbar.

Durch diese Schutzmaßnahmen wird die Wahrscheinlichkeit der gleichzeitigen Berührung eines stromführenden, berührbaren leitfähigen Teils und eines außenliegenden leitfähigen Teils mit Erdpotential minimiert (siehe **Abb. F24**).

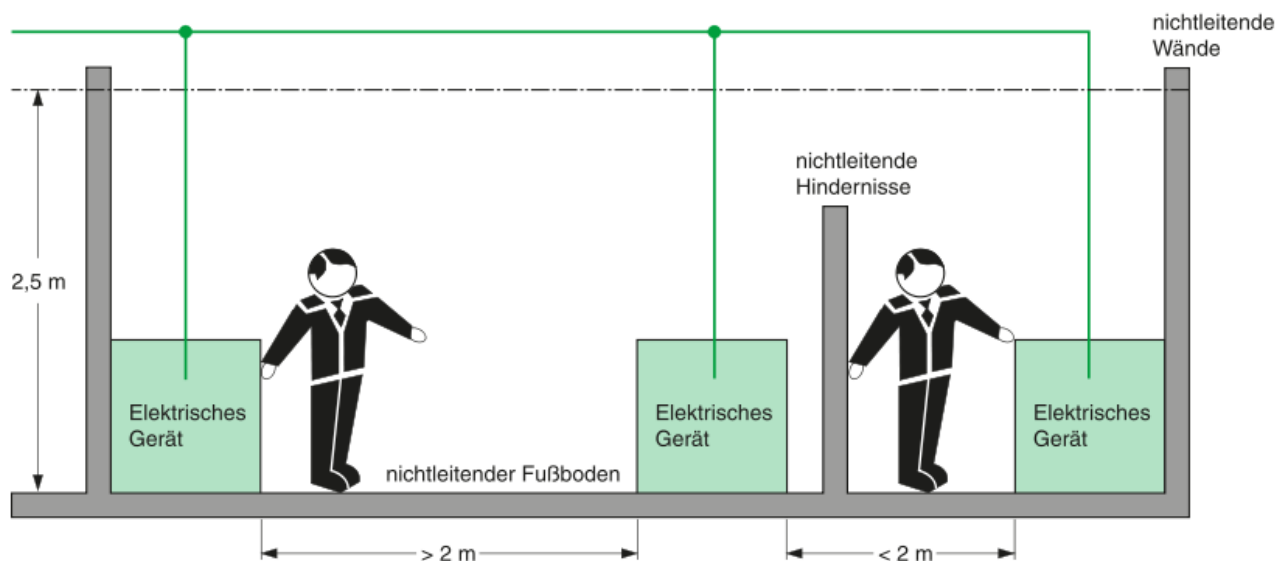


Abb. F24: Schutz durch Abstand und nichtleitende Hindernisse

In der Praxis kann diese Maßnahme nur an trockenen Einsatzorten und unter Berücksichtigung der folgenden Bedingungen angewendet werden:

- Zimmerfußboden und -wände müssen nichtleitend sein, d.h. der Widerstand gegen Erde an jedem beliebigen Punkt muss folgende Werte betragen:
 - $> 50 \text{ k}\Omega$ (Anlagenspannung $\leq 500 \text{ V}$)
 - $> 100 \text{ k}\Omega$ ($500 \text{ V} < \text{Anlagenspannung} \leq 1000 \text{ V}$)

Der Widerstand wird durch spezielle Messgeräte zwischen einer Elektrode auf dem Fußboden oder an der Wand und Erde (d.h. dem nächsten Schutz-Erdleiter) gemessen. Der Auflagedruck der Elektrode muss selbstverständlich bei allen Prüfungen gleich groß sein.

Die verschiedenen Messgerätehersteller liefern Elektroden, die speziell auf deren eigene Produkte ausgelegt sind, daher muss darauf geachtet werden, dass immer die für das Messgerät vorgesehenen Elektroden verwendet werden.

- Die Geräte und Hindernisse müssen so angeordnet werden, dass die gleichzeitige Berührung von zwei berührbaren leitfähigen Teilen oder von einem berührbaren leitfähigen Teil und einem außenliegenden leitfähigen Teil durch eine einzige Person ausgeschlossen ist.
- In dem betreffenden Zimmer darf kein berührbarer Schutzleiter vorhanden sein.
- Die Zimmereingänge müssen so angeordnet sein, dass kein Risiko für eintretende Personen besteht, z.B. darf eine Person, die auf einem leitfähigen Untergrund außerhalb des Zimmers steht, nicht durch die Tür greifen können und dabei ein leitfähiges Teil berühren, wie z.B. einen Lichtschalter in einem industriellen Druckgussgehäuse.

Erdfreier örtlicher Potentialausgleich

(siehe **Abb. F25**)

Ein erdfreier örtlicher Potentialausgleich wird in Verbindung mit speziellen Anlagen (z.B. Labors) eingesetzt und führt zu einigen Installationsschwierigkeiten.

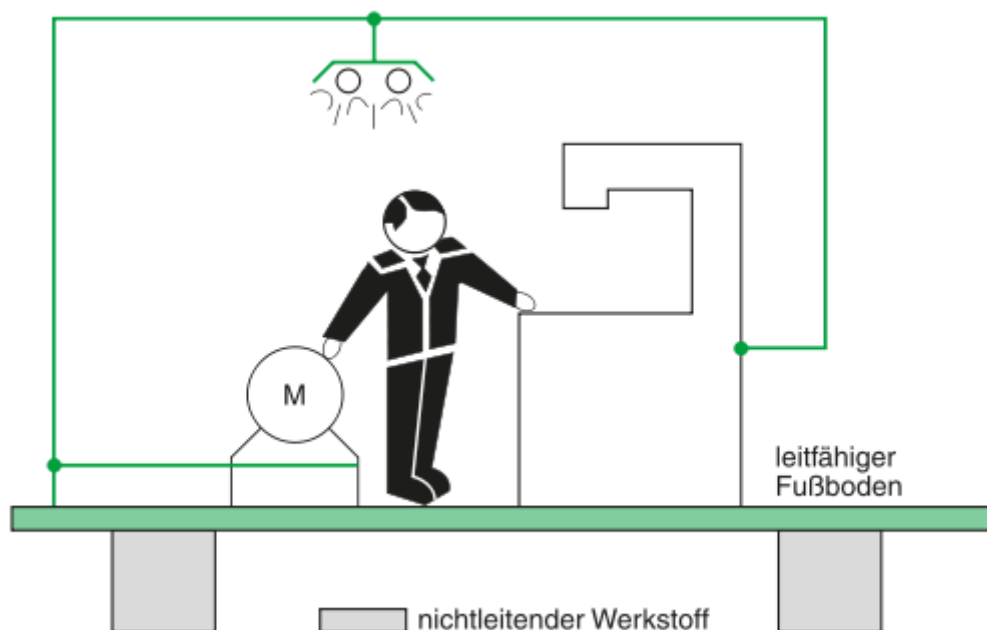


Abb. F25: Potentialausgleich aller berührbaren leitfähigen Teile, die gleichzeitig zugänglich sind

Bei dieser Schutzmaßnahme sind alle berührbaren leitfähigen Teile, einschließlich des Fußbodens ^[2], durch entsprechend dimensionierte Leiter verbunden, so dass es zu keiner größeren Potentialdifferenz zwischen zwei Punkten kommen kann.

Ein Isolationsfehler zwischen einem stromführenden Leiter und dem Metallgehäuse eines Gerätes hätte einen Spannungsanstieg in der gesamten Anlage auf die Spannung zwischen Außenleiter und Erde zur Folge, ein Fehlerstrom würde jedoch nicht fließen. Unter diesen

Bedingungen wäre das Eintreten einer Person in diesen Bereich riskant (da sie/er einen stromführenden Fußboden betreten würde).

Es müssen entsprechende Vorkehrungen getroffen werden, um das Personal vor dieser Gefahr zu schützen (z.B. nichtleitender Fußboden an Eingängen usw.). Desweiteren sind spezielle Schutzgeräte erforderlich, die Isolationsfehler auch bei nichtvorhandenem Fehlerstrom erfassen.

Anmerkung

1. ^ In IEC 364-4-41 (VDE 0100-410) wird empfohlen, dass das Produkt aus Spannung (V) und Leitungslänge (m) nicht größer als 100.000 und die Leitungslänge nicht größer als 500 m ist.
2. ^ Außenliegende leitfähige Teile, die in den Potentialausgleichsbereich ein- oder austreten (wie z.B. Wasserleitungen usw.) müssen mit einer entsprechenden Isolationsumhüllung versehen sein und dürfen nicht in das Potentialausgleichsnetz integriert sein, da solche Teile mit den Schutz(Erd-)leitern an anderer Stelle der Anlage verbunden werden.

Quelle: Planungskompodium Energieverteilung Wiki

Stand Oktober 2015