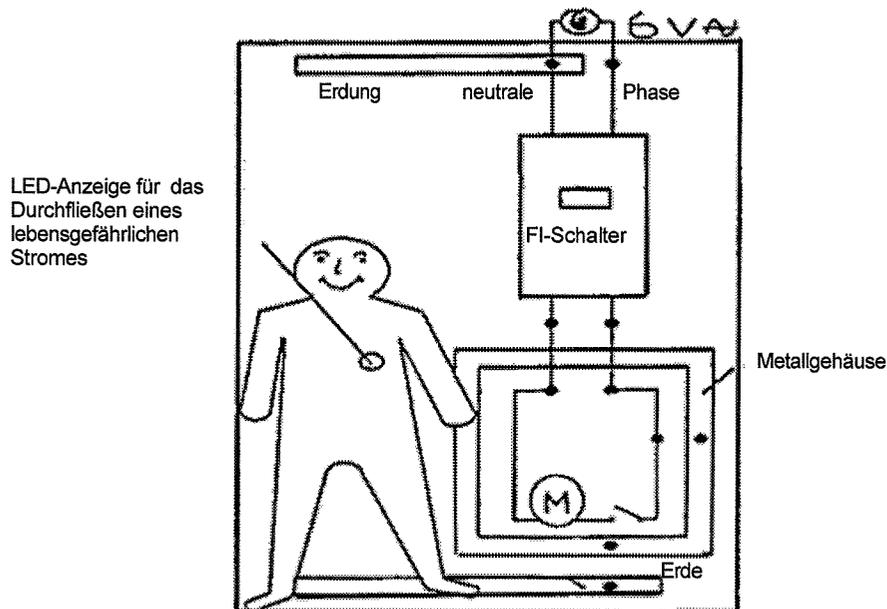


## MT01150 Secuprotect100



Didaktisches Modell, welches die Eigenschaften/Funktionen der Fehler-Stromschutzschaltanlage und der „Erdung“ darstellt.

### Beschreibung des Versuchs:

Man möchte den elektrischen Stromkreis mit Strom versorgen und dann einen Motor antreiben.

### Praktische Durchführung:

ausgehend von 6 V Wechselstrom ( stellt die 220 V des Stromnetzes dar) wird ein Netz versorgt, das sich aus folgenden Komponenten zusammensetzt:

- eine FI-Schaltung
- ein Motor, der mit Gleichstrom funktioniert (eine Diode richtet den Wechselstrom zum Gleichstrom aus)
- Gehäuse des Gerätes
- ein Ein/Aus-Schalter
- Erdnetz
- zwei Erdungen: eine gute; eine schlechte
- zwei Fehler: schwach und stark
- eine Figur, die „Gefahr“ signalisiert

Abmessungen: 300 x 440 x 110 mm (Außenmaße)

### Anregungen für die pädagogische Verwendung

#### Allgemein: Sicherheitsvorrichtungen

Ohne Elektrizität ist unser Leben heute fast undenkbar geworden. Unser ganzer Haushalt ist „vollgestopft“ mit Geräten, die nur mit Strom funktionieren. Damit Menschen nicht gefährdet werden und möglicherweise sogar durch Stromschläge sterben, sind die elektrischen Installationen und Geräte mit Schutz- und Sicherheitsvorrichtungen versehen. Ihre Funktion besteht darin, dass sie so den allgemeinen Stromkreislauf schnell wie möglich öffnen, falls es zu Stromschwankungen oder sogar einem Kurzschluss kommt.

#### Definitionen

##### Überstrom:

Es gibt immer dann einen Überstrom, wenn der Strom einen Wert annimmt, der oberhalb der eigentlich erwarteten Stromstärke liegt. Ein Überstrom kann durch zwei Tatsachen ausgelöst werden:

- eine Überlastung: falls ein oder mehrere Geräte von einem Strom durchflossen werden, dessen Stromstärke oberhalb der autorisierten Stromstärke liegt, kann es zu einer starken Erwärmung kommen, die dann eine Zerstörung des Gerätes verursachen kann: aus diesem Grund muss ein Sicherheitselement dafür sorgen, dass in diesem Fall die Verbindung des Gerätes mit dem Netz unterbrochen wird.

- ein Kurzschluss: falls zwei Leiter mit unterschiedlichem Potential zueinander in Kontakt kommen oder durch einen Leiter mit niedrigem Widerstand verbunden sind. Die Stromstärke wird plötzlich sehr hoch. Falls der Stromkreis nicht sofort unterbrochen wird, erhitzt sich die Stelle so stark, dass es zu einem Brand kommen kann.

#### Fehlstrom/Verluststrom

Man spricht dann von einem Fehlstrom, wenn ein Leiter einen elektrischen Kontakt mit der Erde herstellt:

- dieser Kontakt ist u.U. auf eine schlechte elektrische Isolation zurückzuführen; normalerweise ist aber der Fehlstrom so schwach, dass er keine Gefahr für Menschen darstellt
- dieser Fehlstrom ist auf die Erdung eines Phasenleiters durch ein Zwischenstück zurückzuführen.
- möglicherweise liegt es dann an einem offensichtlichen Materialfehler am Gerät
- oder wenn jemand die Sicherheits- und Gebrauchsanleitungen nicht beachtet.

#### **Unterschiedliche Sicherheitselemente**

##### **Die Sicherung**

Sie bietet lediglich einen Schutz gegen Überladungen.

##### **Der Schutzschalter**

Dies ist ein automatischer Schalter, der durch folgende Arten von Strom ausgelöst wird:

- Überstrom
- Kriechstrom
- Überspannung

Er wird nicht aufgrund seiner Benutzung beschädigt!

Nach dem Beheben des Fehlers, der den Sicherheitsschalter ausgelöst hat, muß edieser wieder eingeschaltet werden, damit der Stromkreis geschlossen wird.

Vorteile dieser Geräte

- sie können als Unterbrechungselemente verwendet werden
- sie gewährleisten einen gleichzeitigen Schutz für alle drei Phasen.
- mit demselben Gerät kann man zwischen verschiedenen Unterbrechungsintensitäten wählen

Haupteigenschaften:

- Nominalspannung (oder Nutzungsspannung)
- Nominalstromstärke
- Die Unterbrechungsstärke, die die maximale Stärke ausdrückt, die die Sicherungsautomaten im Falle eines Fehlers unterbrechen können ohne beschädigt zu werden.
- Einstellbereich für die Unterbrechungsintensität

Es gibt drei verschiedene Arten von Schutzschaltern. Diese sind bei einem Gerät in Serie geschaltet und erfüllen drei verschiedene Funktionen:

##### **Der Thermische Schutzschalter**

gewährleistet einen Schutz gegenüber schwache Überströme. Die anomale Überhitzung eines Bimetalls, hervorgerufen durch einen Stromfluss, führt hier zu einer Unterbrechung. Allerdings passiert die Unterbrechung einige Zeit danach, da ein Überstrom auch vorübergehend oder schwankend seinen kann.

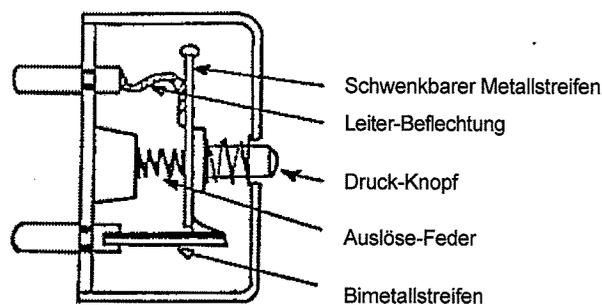


Bild 1: Thermischer Schutzschalter

##### **Der Magnetschalter**

bietet einen effizienten Schutz gegen starke Überströme, die sofort eliminiert werden müssen. Der Strom wirkt hier durch seine magnetischen Eigenschaften. Er durchquert die Spule eines Elektromagneten, der so eingestellt ist, dass er nur die Umhüllung anzieht, die auf den Auslöser des Schalters wirkt, wenn die Stärke einen bestimmten Wert übersteigt. Die Unterbrechung wird in diesem Fall sehr schnell ausgelöst. Das Auslösen der Unterbrechung ist für unterschiedliche Stromstärken einstellbar.

##### **Der Thermisch-magnetische Schalter**

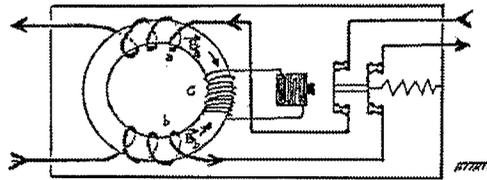
ist sozusagen eine Kombination aus den oben genannten beiden Funktionen.

### Schutzschalter mit FI-Funktion

Eine Unterbrechungsvorrichtung ist eingebaut, um im Falle eines Isolierungsfehlers in Bezug zur Erde ausgelöst zu werden.

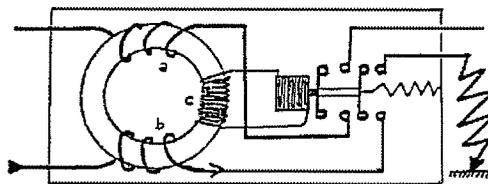
#### Funktion des Fehlerstromschutzschalters (FI)

Bild 2a: Normale Funktion



Die beiden magnetischen Induktionskräfte  $\vec{\Phi}_a$  von  $\vec{B}_a$  und  $\vec{\Phi}_b$  von  $\vec{B}_b$  die den gleichen absoluten Wert, aber umgekehrte Vorzeichen haben, heben sich gegenseitig auf. Es gibt keinen induzierten Strom in c im Elektromagneten. Der Stromkreis bleibt geschlossen.

Bild 2b: Gegenwart eines Isolationsfehlers in der Isolation (zwischen einem Leiter und der Erde)



Wenn  $I_{\vec{a}} \neq I_{\vec{b}}$ , geht daraus ein Stromfluß  $\vec{\Phi}_c = \vec{\Phi}_a + \vec{\Phi}_b$  hervor, der c durchquert. Da  $\vec{\Phi}_c$  ein Wechselstrom ist, induziert er in c einen Strom, der den Elektromagneten durchquert: der Schalter wird ausgelöst.

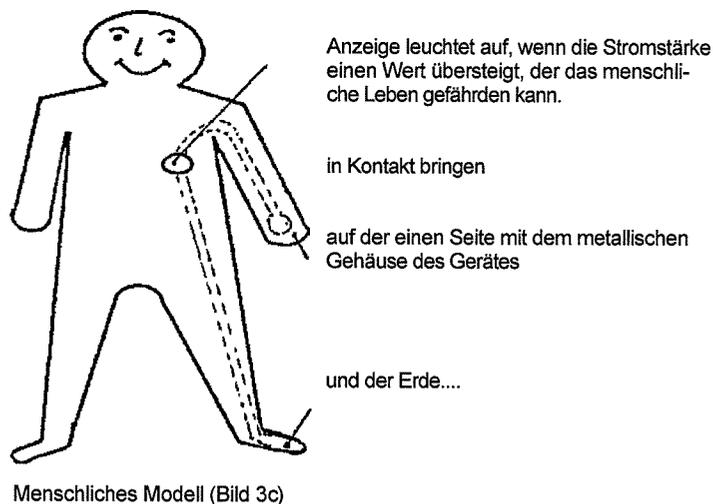
#### Prinzip des Fehlerstromschutzschalters

Diese Vorrichtung unterbricht den Stromkreislauf, falls die Differenz  $I_d$  zwischen der Stromstärke im Phasenleiter und im Nullleiter einen Wert  $I_f$  erreicht. Für diese Schaltsysteme liegt der Wert zwischen 500 und 650 mA. Dies reicht jedoch nicht aus, um den Schutz eines Menschen zu gewährleisten, der in direkten Kontakt mit dem unter Spannung stehenden Leiter kommt; die für den Menschen gefährliche Schwelle liegt bei 25-30 mA. Aus diesem Grund wurde ein noch sensibleres System - für eine Stromstärke von  $I_f = 30 \text{ mA}$  - entworfen, das den Schalter sehr schnell auslöst (30-50ms); dies ist der Differenzschalter für hohe Empfindlichkeit.

Anmerkung: Die Effizienz des Sicherungsautomaten ist gleich 0, wenn der Benutzer von der Erde isoliert ist und einen direkten Kontakt zwischen Phase und Nullleiter herstellt.

#### Didaktisches Modell für die Untersuchung des Personenschutzes bei elektrischen Strömen

Das Gerät „Securprotec100“ stellt eine häusliche Einrichtung dar, die mit einem Sicherheitsschalter (FI-Schalter) ausgestattet ist. Sie ermöglicht es, mit Widerständen ( $R_t$ ) zu arbeiten, die einen guten bzw. schlechten Erdkontakt haben. Ebenfalls können Installationsfehler bzw. Isolationsfehler ( $R_d$ ) dargestellt werden (siehe Bild 3b). Eine menschliche Figur (Bild 3c) kann auf der einen Seite mit dem metallischen Gehäuse des Gerätes und der Erde auf der anderen Seite in Kontakt treten. Dieses menschliche Modell hat eine Anzeige, die immer dann aufleuchtet, wenn die Stromstärke einen Wert übersteigt, der für das menschliche Leben eine Gefahr bedeutet.



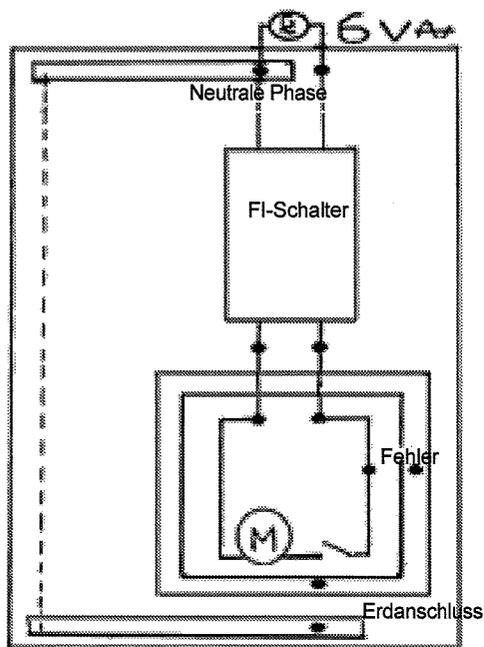
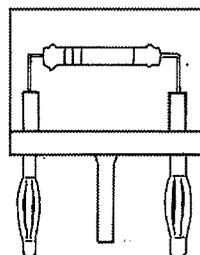


Bild 3a

Bemerkung: Das Berechnen der Widerstände wird unterhalb dieses Absatzes angegeben. Der Widerstand entspricht einer Spannung von 6 V (anstatt 220V in der Realität) und zeigt eine max. Spannung zwischen metallischem Gehäuse und der Erde von 1,5 V (statt 24 V in der Realität) an.

**Ergebnisse der Berechnung:**

- Für den Schalterautomaten  $I_f = 500 \text{ mA}$  und einem Generator von 6 V:
- der richtige Erdanschluss  $R_t < 3 \text{ Ohm}$  (0,75 W), der gewählte Wert entspricht einem Widerstand von 2,7 Ohm,
- die schlechte Masseverbindung  $R_t = 100 \text{ Ohm}$  (0,25 W)
- der Fehler  $R_d < 8 \text{ Ohm}$  (2 W)
- ein Kabel ( $r = 0$ ) reicht aus
- kleiner Fehler  $R_d = 60 \text{ kilo Ohm}$  ( $P = 0,25 \text{ W}$ ), der gelieferte Wert liegt bei 68 kilo Ohm.



Widerstände ( $R_t$ ) oder ( $R_d$ )

Bild 3b

*Einige Anregungen für eine pädagogische Anwendung*

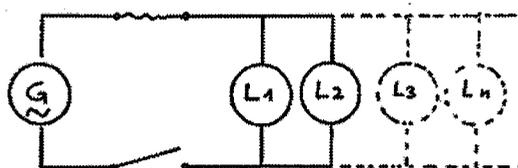
**Vorwissen:**

Elektrischer Stromkreis, Serienstromkreis, Nebenschluss-Stromkreis, gängige elektrische Symbole, Leiter, Isolatoren...

**A1-Schutz von Gegenständen**

a. Sicherung (in zwei Zeiten)

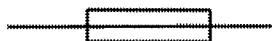
Bauen Sie - wie anbei aufgeführt - folgenden Kreislauf auf; schalten Sie ein Stück Stahldraht in Serie zum/mit dem Generator; wählen Sie die Glühlampen so aus, dass der Draht bei der dritten durchbrennt.



Bemerkung: Benutzen Sie keinesfalls Batterien als Generator. Batterien liefern für diesen Versuch normalerweise keinen ausreichenden Strom.

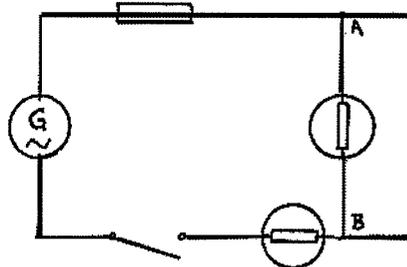
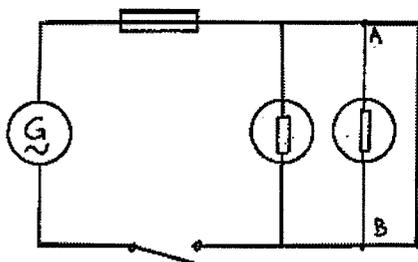
Wiederholen Sie den Versuch mit einer Sicherungspatrone aus Glas auf einem Halter. Man bemerkt, dass es eine Zerstörung durch Schmelzen gibt und einen AUSWURF von flüssigem Metall. Aus diesem Grund gibt es in zahlreichen Sicherungen Sand.

Symbol für Sicherungen



Es ist auch möglich das Thema Kurzschlusses mit folgenden Versuchsaufbauten zu demonstrieren.

Bauen Sie den Versuch gemäß folgenden Schemata auf. Schließen Sie den Schalter und platzieren dann entsprechend den Draht AB.



b. FI-Schalter (Typ Unterbrecher) 1 - 3 A

Der durchzuführende Versuch ist dem eben beschriebenen sehr ähnlich

Die zu leistende Arbeit wird der zuvor geleisteten sehr ähneln, diesmal jedoch mit Unterbrechern, die auf ein Gestell montiert wurden. In diesem Fall kommt es nicht zur Zerstörung des Gerätes. Er reagiert etwas verzögert (einige sind regulierbar). Es ist möglich diese als Schalter zu verwenden. Das Symbol ist:



## A2-Schutz von Menschen

Verwenden Sie das Modell Securprotect100 in folgenden Fällen:

- keine Fehler, keine Erdung
- Fehler und Erdung. Hier betrachten wir nur den Fehlerstrom, der über dem Kriechstrom liegt.  
 $I_d > I_f$  ----- das ist der elektrische Stromschlag (tödlicher Elektroschock)
- Fehler mit Erdung:
  - schlechte Erdung ----- Elektroschock
  - gute Erdung ----- sobald ein Fehler gemacht wird, öffnet sich der Stromkreis automatisch.

B-Vorwissen

Elektrischer Stromkreis, Gleich- und Wechselstrom, Stromstärke, Spannung, Transport von Strom, Phase, neutral, Erde/Masse.

## B1- Schutz von Gütern

Keine systematische Studie, aber in allen Schaltkreisen voll integriert

## B2- Schutz von Menschen

Verwendung des Modells Securprotect100 in folgenden Fällen:

- kein Fehler, keine Erdung
- Fehler, keine Erdung
  - leichter Fehler ----- keine Gefahr
  - schwerer Fehler ----- tödlicher Elektroschock
- Fehler und Erdung
  - a. Schlechte Erdung:
    - leichter Fehler ----- keine Gefahr
    - schwererer Fehler ----- tödlicher Fehler
  - b. Gute Erdung:
    - leichter Fehler ----- keine Gefahr
    - schwerer Fehler ----- automatische Öffnung des Stromkreises beim Eintritt des Fehlers

## ÜBUNGEN: Schutz von Menschen

Wir wollen Ihnen im Folgenden einige praktische Beispiele für Schülerübungen vorstellen.  
Antworten auf die Schülerübungen werden ebenfalls gegeben.

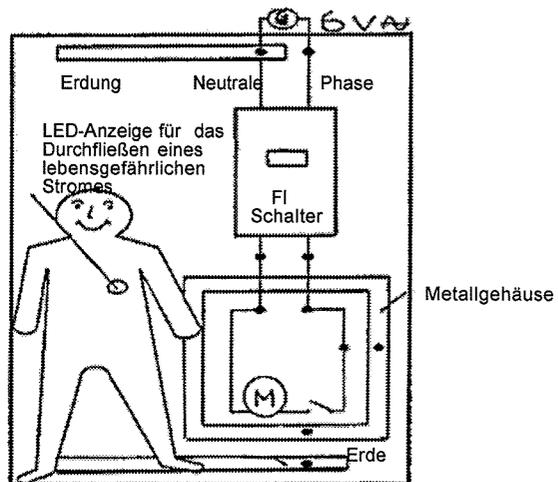
### Übung 1: Keine Fehler - Keine Erdung

Machen Sie folgenden Versuchsaufbau:

- verbinden Sie die Eintrittsklemme des Stromkreises mit dem Generator 6 V.
- verbinden Sie die Motorklemmen mit den Klemmen des Sicherheitsschalters.
- bauen Sie das menschliche Modell so auf, dass die Hand das Gehäuse der Maschine berührt.
- zeichnen Sie mit Rotstift den Weg des Stroms auf den Schaltkreis.

Beobachtungen:

Auswertung:



### Übung 2: Fehler und keine Erdung

Machen Sie folgenden Versuchsaufbau:

- bringen Sie einen Fehler ein wie es auf Skizze angegeben ist.
- zeichnen Sie in roter Farbe auf diese Skizze (Schaltplan) den Verluststrom ein.

2 Möglichkeiten ergeben sich:

- a) kleiner Fehler: der Verluststrom ist sehr schwach (z.B. schlechte Isolation eines Phasenleiters)

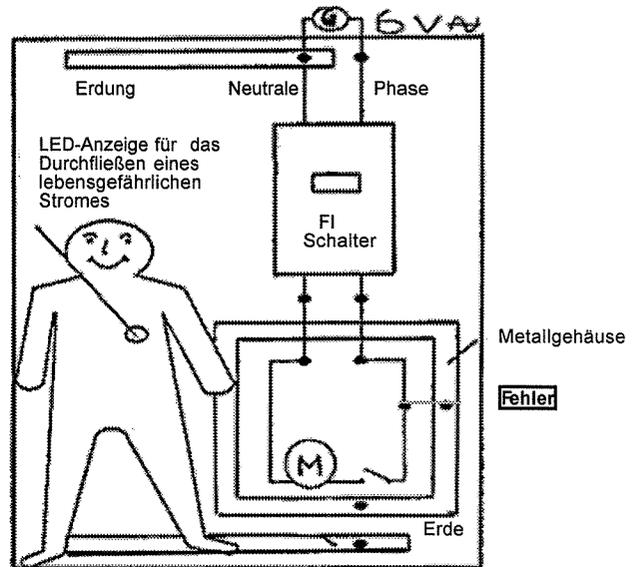
Beobachtung:

Auswertung:

b) großer Fehler: Der Verluststrom ist groß (Kontakt zwischen einem Phasenleiter und dem Gehäuse der Maschine)

Beobachtung:

Auswertung:



### Übung 3: Erdung der Installation

- bringen Sie die Fehler und die Erdung so an wie es auf dem Schaltplan beschrieben wird.
- zeichnen Sie in roter Farbe auf das Schema den Weg des Verluststroms ein.

2 Möglichkeiten ergeben sich:

- a) Der Widerstand der Erdung ist groß
- Beginnen sie von Neuem mit den vorherigen Versuchen

a1 - der Verluststrom ist schwach

Beobachtung:

a2) - der Verluststrom ist groß

Beobachtung:

- b) Der Widerstand der Erdung ist klein
- Beginnen Sie von Neuem mit den vorherigen Versuchen

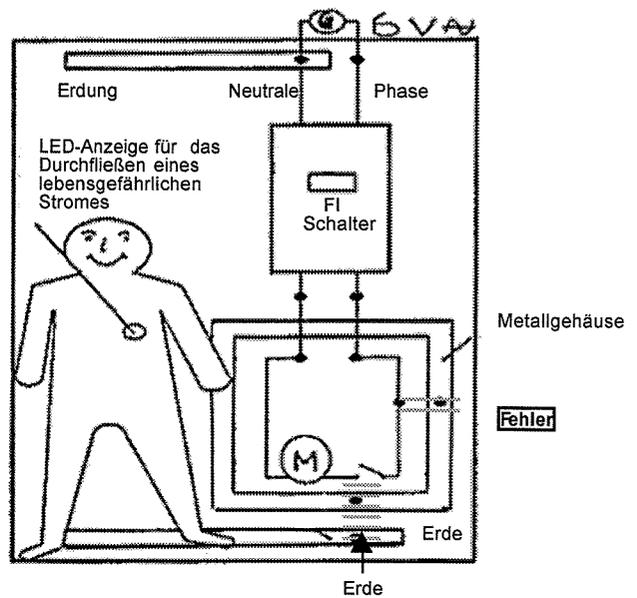
b1) der Verluststrom ist schwach  
(im Falle des Testschraubenziehers)

Beobachtung:

b2) der Verluststrom ist groß

Beobachtung:

Auswertung:



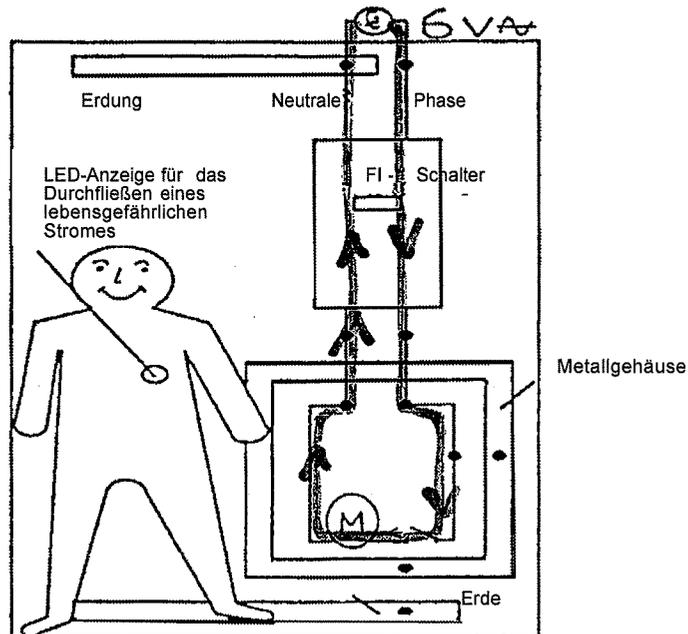
Antworten zu Übung1: Kein Fehler - Keine Erdung

Machen Sie folgenden Versuchsaufbau:

- verbinden Sie die Eintrittsklemme des Stromkreises mit dem Generator 6 V.
- verbinden Sie die Motorklemmen mit den Klemmen des Sicherheitsschalters.
- bauen Sie das menschliche Modell so auf, dass die Hand das Gehäuse der Maschine berührt.
- zeichnen Sie mit Rotstift den Weg des Stroms auf den Schaltkreis.

Beobachtung: Die Birne (LED) leuchtet nicht auf, der Motor läuft ganz normal.

Auswertung: Wenn die Installation korrekt aufgebaut wurde und falls der Mensch keine Unvorsichtigkeiten begeht, gibt es auch keine Gefahr.



Antworten zur Übung 2: Fehler und keine Erdung

Machen Sie folgenden Versuchsaufbau:

- bringen Sie einen Fehler ein wie es auf Skizze angegeben ist.
- zeichnen Sie in roter Farbe auf diese Skizze (Schaltplan) den Verluststrom ein.

2 Möglichkeiten:

- a) kleiner Fehler: der Verluststrom ist sehr schwach (schlechte Isolation eines Phasenleiters z.B.)

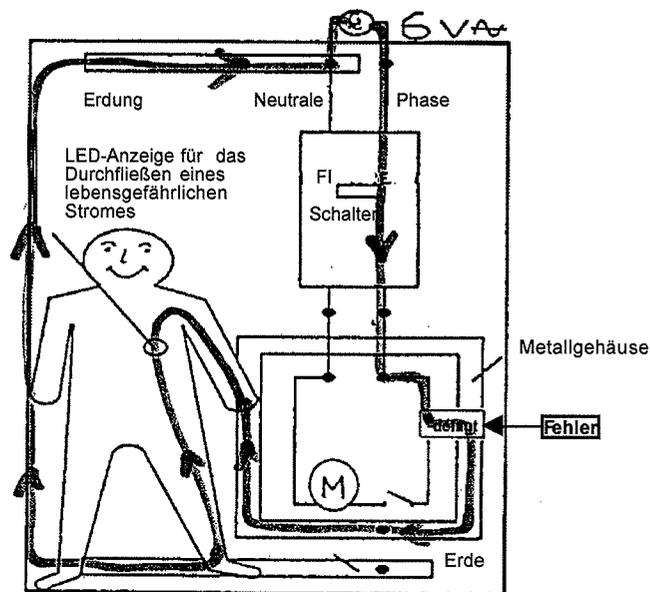
Beobachtung: *Der Motor läuft und die Birne(LED) leuchtet nicht.*

Auswertung: *Falls der Verluststrom schwach sein sollte, ist das Leben eines Menschen nicht gefährdet.*

- b) schwerer Fehler: der Verluststrom ist groß (offener Kontakt zwischen Phasenleiter und Gehäuse)

Beobachtung: *Die Birne leuchtet, der Motor läuft.*

Auswertung: *Falls der Verluststrom groß ist, gibt es auch eine akute Lebensgefahr für den Menschen.*



### Antworten zur Übung 3: Erdung der Installation

- bringen Sie die Fehler und die Erdung so an wie es auf dem Schaltplan beschrieben wird
- zeichnen Sie in roter Farbe auf das Schema den Weg des Verlust

#### 2 Möglichkeiten:

a. Der Widerstand der Erdung ist groß  
Beginnen Sie wieder mit den vorherigen Versuchen

a1 - Verluststrom ist schwach

Beobachtungen: Die Birne (LED) leuchtet nicht auf, der Motor läuft.

a2 - Verluststrom ist groß

Beobachtungen: Die Birne leuchtet nicht auf, der Motor läuft.

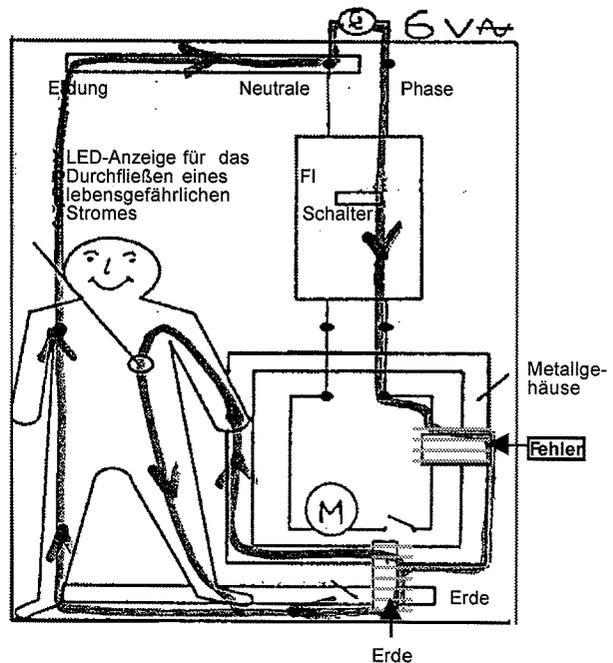
b. Der Widerstand der Erdung ist schwach

Beginnen Sie wieder mit den vorherigen Versuchen.

b1 - Verluststrom ist schwach (im Falle des Testschraubenziehers  
Beobachtungen: Der Motor läuft, die Birne (LED) leuchtet nicht auf.

b2 - Verluststrom ist groß

Beobachtungen: Der FI-Schalter öffnet den Stromkreis, sobald sich ein Fehler manifestiert. Diesen muss man beseitigen, um erneut die Installation zu benutzen.



#### Schlußfolgerung:

Um Menschen zu schützen, ist es unbedingt notwendig:

- eine gute Erdung herzustellen
- ein FI-Schalter zu benutzen
- die Geräte mit der Erde zu verbinden.