

## 11. Elektrische Anlagen 11.1 Schutzmaßnahmen

### 11.1.1 Fehlerstromkreis

176.3

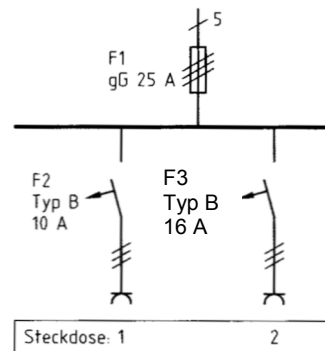
Ein nicht geerdetes Gerät mit einem Isolationsfehler  $R_F = 2 \text{ k}\Omega$  wird an  $U_0 = 230 \text{ V}$  bei  $R_E = 50 \Omega$  betrieben. Bei Berührung fließt ein Fehlerstrom  $I_F = 20 \text{ mA}$ . Berechnen Sie bei  $U_B = 25 \text{ V}$

- den Isolationswiderstand  $R_x$  des Fußbodens,
- den Körperwiderstand  $R_K$

### 11.1.3 Schutzmaßnahmen im TN-System

178.5

Von einer Unterverteilung aus soll eine 24 m entfernte Steckdose mit Mantelleitung NYM  $3 \times 1,5 \text{ mm}^2$  angeschlossen werden. Der Durchgangswiderstand des LS-Schalters Typ B 16 A wird aus dem Datenblatt mit  $0,18 \Omega$  entnommen. An den Sammelschienen der Verteilung (vgl. Bild) wird die Spannung  $U_0 = 226 \text{ V}$ , bei Belastung mit  $R = 30 \Omega$  die Spannung  $U = 215 \text{ V}$  gemessen.



Berechnen Sie

- den Scheinwiderstand  $Z_S$  an der Sammelschiene der Verteilung,
- den Kurzschlussstrom  $I_K$ .
- Ist Schutz bei indirektem Berühren gegeben?

179.5

Die Zuleitung NYM  $3 \times 4 \text{ mm}^2$  eines Wechselstromkreises mit  $U_0 = 230 \text{ V}$  wird bei Kurzschluss am Leitungsende nach  $t_w = 0,3 \text{ s}$  auf den Grenzwert der Leiterisolation erwärmt. Berechnen Sie

- den Kurzschlussstrom  $I_K$ ,
- die Impedanz  $Z_S$  an der Kurzschlussstelle.

### 11.1.4 Schutzmaßnahmen im TT-System

180.7

In einem Gartenbaubetrieb mit TT-System ist ein Pumpenmotor AC 230 V mit einem LS-Schalter Typ C,  $I_n = 10 \text{ A}$  abgesichert. Als Erder dient ein in Lehmboden eingebetteter 75 m langer Oberflächenerder aus verzinktem Baustahl. Untersuchen Sie, ob der LS-Schalter bei einem Erdschluss innerhalb 0,1 s auslöst.

**11.1.5 Fehlerstrom Schutzeinrichtung (RCD)**

181.6

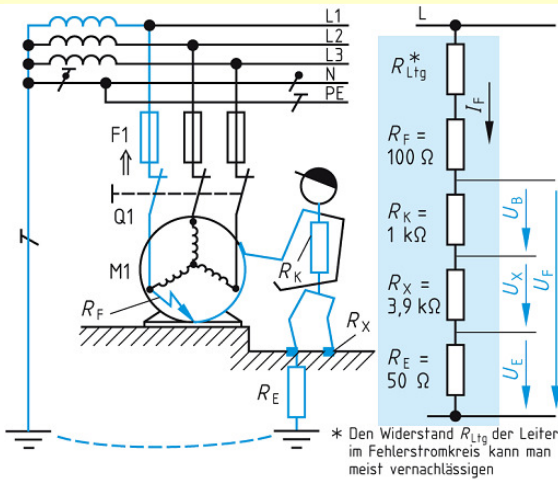
Eine Steckdose 230 V ist mit einem LS-Schalter Typ B 16 A abgesichert. Am Ende der Leitung tritt durch einen Isolationsfehler ein Erdschluss auf.

Berechnen Sie die in der Leitung auftretende Wärmeleistung

- a) bei Bemessungsstrom des LS-Schalters und
- b) wenn die Steckdosenleitung zusätzlich durch eine RCD mit  $I_{\Delta n} = 30 \text{ mA}$  geschützt ist.

**Anlagen**

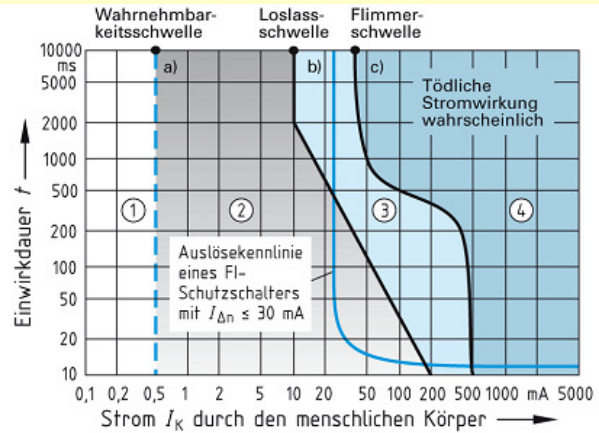
**Fehlerstromkreis**



$$I_F = \frac{U_0}{R_{Ltg} + R_F + R_K + R_x + R_E}; \quad U_B = R_K \cdot I_F$$

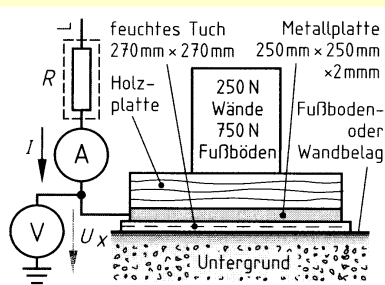
- $R_{Ltg}$  Widerstand der Leiter im Fehlerstromkreis
- $R_F$  Widerstand an der Fehlerstelle
- $R_K$  Widerstand des menschlichen Körpers
- $R_x$  Isolationswiderstand (Isolationsimpedanz  $Z_x$ ) des Fußbodens
- $R_E$  Erdübergangswiderstand
- $I_F$  Fehlerstrom
- $U_0$  Netzspannung gegen Erde
- $U_B$  Berührungsspannung

**Wirkungsbereiche bei Wechselstrom 50 Hz auf erwachsene Personen (nach IEC)**



Bereich	Körperreaktionen
①	Keine Reaktion des Körpers
②	Keine gefährliche Wirkung
③	Gefahr von Herzkammerflimmern
④	Herzkammerflimmern ist möglich

**Isolationswiderstand (Isolationsimpedanz) von Fußböden und Wänden**

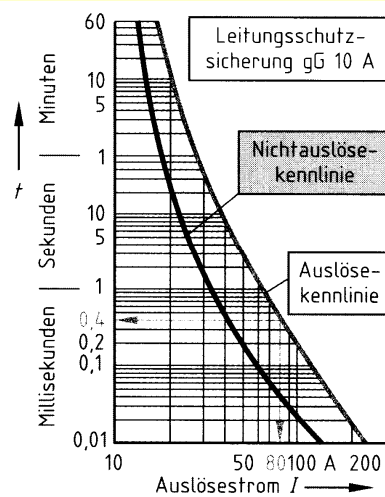


**Bild 1**

$$Z_x = \frac{U_x}{I}$$

- $Z_x$  Isolationswiderstand (Isolationsimpedanz) des Fußbodens oder der Wand
- $U_x$  Spannung zwischen Metallplatte oder Prüfelektrode und Schutzleiter
- $I$  Gemessener Strom über die Metallplatte (Prüfelektrode)

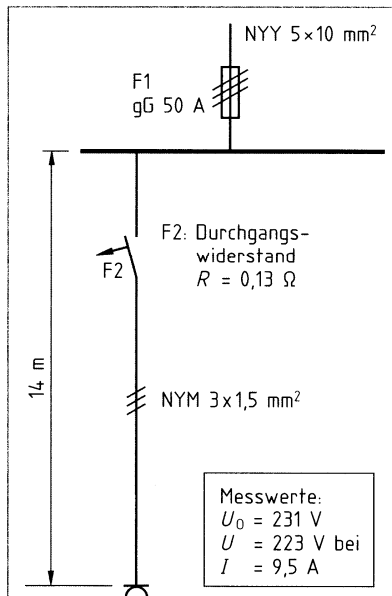
**Strom-Zeit-Kennlinie**



**Tabelle: Nennspannungen und maximale Abschaltzeiten für TN-Systeme**

Abschaltzeit $t_a$	0,1 s	0,2 s	0,4 s	5 s
Nennspannung $U_0$	> 400 V	≤ 400 V	≤ 230 V	<ul style="list-style-type: none"> <li>• In Verteilungsstromkreisen in Gebäuden,</li> <li>• in Endstromkreisen derselben Verteilung, die nur ortsfeste Betriebsmittel versorgen.</li> </ul>

**Tabelle: Materialbeiwerte  $k$  zur Berechnung der zulässigen Abschaltzeit  $t_w$  bei Kurzschluss (Nach DIN VDE 0100 Teil 540)**



**Bild: Unterverteilung mit Steckdosenleitung**

$$t_w = \left( \frac{A \cdot k}{I_k} \right)^2$$

$t_w$  zulässige Ausschaltzeit in Sekunden, ehe bei Kurzschluss die Grenztemperatur der Leiterisolation erreicht wird

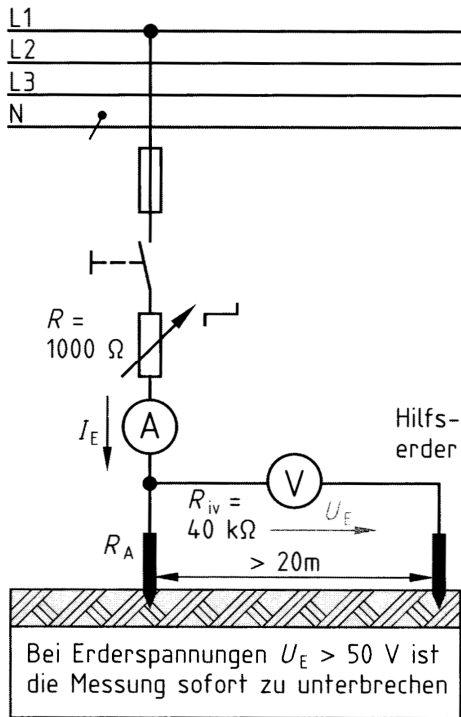
- $k$  Materialbeiwert (**Tabelle**)
- $A$  Leiterquerschnitt in  $\text{mm}^2$
- $I_k$  Kurzschlussstrom in A

**Bild: Unterverteilung mit Steckdosenleitung**

Leiterisolation	$k$ -Faktoren bei Leiterwerkstoff	
	Cu	Al
Gummi	141	–
PVC	115	76
PE-X*	143	134
IHK**	134	89

\* PE-X, vernetztes Polyethylen  
 \*\* IHK Butyl-Kautschuk

**Erdungswiderstand**



**Bild**

Körpererder

$$R_A = \frac{U_E}{I_E}$$

$$R_A \leq \frac{U_L}{I_a} \quad R_A \leq \frac{U_L}{I_{\Delta n}}$$

- $R_A$  Erdungswiderstand
- $U_L$  zulässige Berührungsspannung
- $I_a$  Abschaltstrom
- $I_{\Delta n}$  Bemessungs-Differenzstrom (Nennfehlerstrom) der RCD
- $U_E$  Erderspannung bei Prüfung
- $I_E$  Erderstrom bei Prüfung

Länge von Oberflächenerdern

$$l \approx \frac{3 \cdot \rho_E}{R_A}$$

- $l$  Länge des Oberflächenerders
- $\rho_E$  spez. Erdungswiderstand
- $R_A$  Erdungswiderstand

**Tabelle: Spezifischer Erdungswiderstand  $\rho_E$  von Oberflächenerdern**

<http://de.wikipedia.org/wiki/Erdungswiderstand>

Bodenart	$\rho_E$ in $\Omega m$
Moorboden	30
Lehm, Ton,	100
Ackerboden	
feuchter Sand	200
trockener Sand	1000
Kies	2000 ... 3000