

7 ID3 Potenzialausgleich



7.1 Einführung

Situation 360-Ansicht

Ausgangslage



Während des Neubaus erhalten Sie von Rolf, Ihrem Projektleiter, den Auftrag, den Schutzpotentialausgleich (SPA) in einem Heizungsraum zu planen. Hierbei sollen alle relevanten Materialien für die Bestellung definiert werden.

In einem Nebenraum befindet sich eine metallene Lüftungsanlage die Wasserverteilerbatterie, die ebenfalls miteinbezogen werden muss. In diesem Raum wurde keine Erdungsgarnitur installiert, weshalb der Schutzpotentialausgleich vom Heizungsraum aus erschlossen werden muss.

Des Weiteren muss der Monoblock auf dem Dach noch in den Blitzschutz einbezogen werden. Es muss nur noch der Anschluss gemacht werden. Die richtigen Drähte wurden durch den Spengler bereits vorbereitet.

Auftrag



- Entscheiden Sie, welche Gewerke in den Schutzpotential einbezogen werden müssen.
- Erstellen Sie für die Ausführung eine Bestellliste mit den richtigen Installationsmaterialien und Drähte/Seile.
- Definieren Sie die richtigen Querschnitte. Beschreiben Sie das korrekte Vorgehen im Umgang mit einem verletzten Mitarbeitenden.
- Vorbereitung zum Abgleich für die Messungen:
 - Berechnen Sie den Widerstand des langen Leiters in den Nebenraum.
 - Berechnen Sie den Gesamtwiderstand inkl. Übergangswiderstand ins neutrale Erdreich.

Leistungsziele



a2.1	Sie beschreiben die technischen Grundlagen für Dokumentationen.	K2
a2.4	Sie berechnen Leitungen und Schutzsysteme.	K3
a3.1	Sie interpretieren Eigenschaften von Werkstoffen.	K2
b2.1	Sie setzen die anerkannten Regeln der Technik für Erdungs-, Blitzschutz- und Potentialausgleichssysteme um.	K3

Kenntnisse



b2.1	Kennt die einzubindenden SPA-Elemente gemäss 4.1.1.3
b2.1	Kennt Regel der SPA-Dimensionierung und weiss, was gemäss NIN 5.4.2 mit dem SPA verbunden werden muss (Querschnitte, Materialien, Pot-Schiene, Erdungsgarnitur (5-liber))
a3.1	Kennt die elektrische chemische Korrosion im Zusammenhang mit dem Potenzialausgleich
a2.1	Kennt den Zusammenhang zwischen Leiterlänge, Querschnitt und Widerstand (Formel Leiterwiderstand).
a2.1,a2.4	Kennt die Formel zur Berechnung des Gesamtwiderstandes in Serienschaltung.

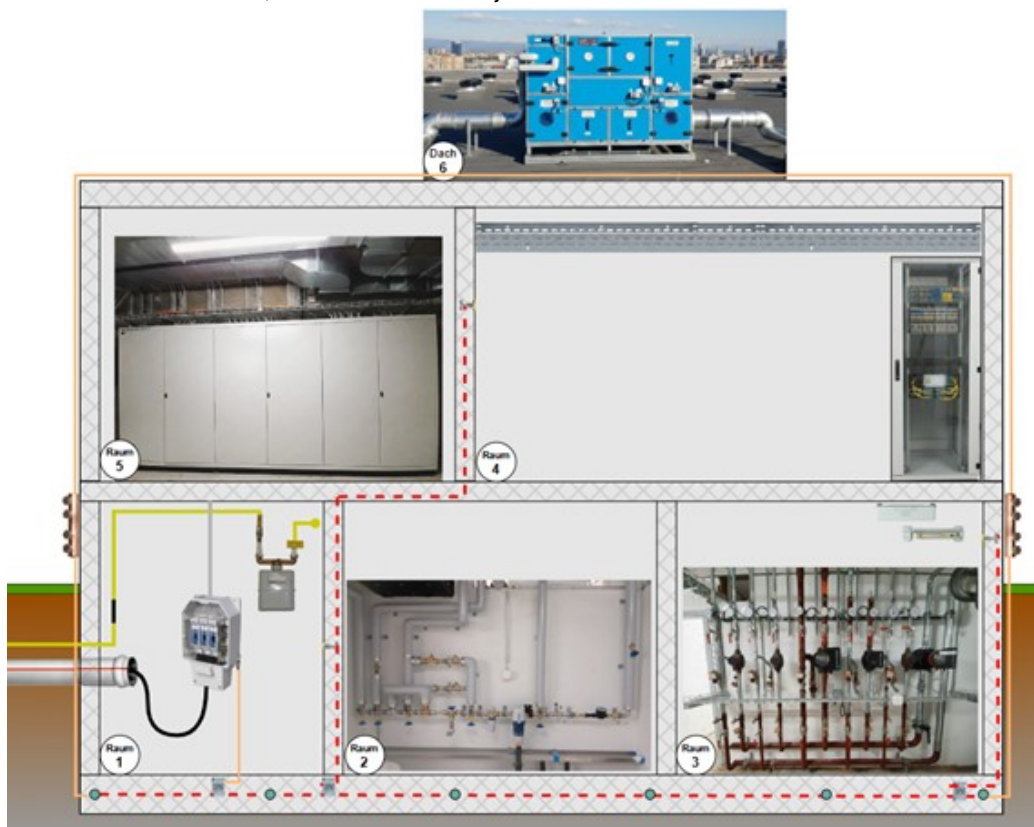
7.2 Teilauftrag 1: Schutzpotenzialausgleich (SPA), Erdungsmaterial und Querschnitte

Um die nachfolgenden Aufgaben zu lösen, müssen Sie die folgenden Abschnitte im Theoriebuch lesen:

- Theoriebuch Regeln der Technik NIN Kapitel 32 Seiten xy
- NIN-Compact Kapitel 4.1 Seiten xy und NIN-Compact Kapitel 5.4 Seiten xy

Übung 1

Betrachten Sie den Plan, welchen Sie von Projektleiter Rolf Richter erhalten haben.



- Im Plan ist bereits eine Verbindung vom Fundamenterder zum Hausanschlusskasten (HAK) vorgesehen (orange Verbindung). Wie lautet die fachgerechte Bezeichnung für diesen Leiter?
- Notieren Sie sämtliche Installationen (Anlagenteile), die gemäss NIN zwingend in den Schutz-Potentialausgleich (SPA) einbezogen werden müssen.
- Schreiben Sie auch jene auf, bei denen eine Einbindung optional ist.

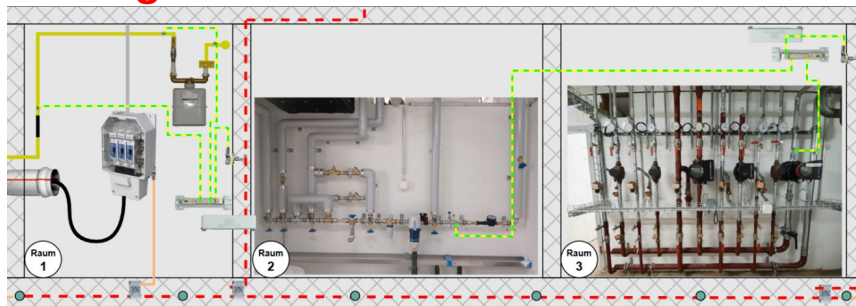
Lösung:

- Erdungsleiter
- Metallene Wasser- und Gasrohrleitungen (ins Gebäude eingeführt), Metallene Heizungssysteme, Metallene Klimasysteme
- Kabeltragsysteme (Elektrotrassen), IT-Racks

Übung 2

Skizzieren Sie in den Räumen 1 bis 3 den Leitungsverlauf und zeigen Sie auf, wie die verschiedenen Installationen mit dem Schutz-Potentialausgleich (SPA) verbunden werden.

Lösung:



Übung 3

Herr Richter übergibt Ihnen die nachstehende Liste für die Materialbestellung der Räume 1 bis 3 im Untergeschoss. Ordnen Sie die vorgegebenen Fachbegriffe korrekt den entsprechenden Abbildungen zu. T-Seil 16 mm² / Fundamenterdungsseil 75 mm² / Erdanschlussgarnitur „Fünfliber“ / Parallelklemme / Aderendhülse / Cu-Draht Ø 8 mm / Presskabelschuh / T-Litze 16 mm² / Potenzialausgleichsschiene / Erdungsrohrschelle.

Lösung:

Materialzuordnung Potenzialausgleich

Objekte	Bezeichnung und Anzahl	Objekte	Bezeichnung und Anzahl
	Erdanschlussgarnitur „Fünfliber“ 2 Stück		T-Seil 16mm ² -
	Parallelklemme 3 Stück		Potenzialausgleichsschiene 2 Stück
	Fundamenterdungsseil 75mm ²		Presskabelschuh 3 Stück
	Cu-Draht Ø 8 mm ca. 2 m		Erdungsrohrschelle 7 Stück
	T-Litze 16mm ² ca. 20 m		Aderendhülse 6 Stück

Übung 4

Vervollständigen Sie die nachstehende Tabelle. Ermitteln Sie anhand der Überstrom-Schutzeinrichtung und des Querschnitts des Aussenleiters den erforderlichen Querschnitt für den Erdungsleiter.

Lösung:

Zusammenhang zwischen Überstrom-Schutzeinrichtung und erforderlichem Leiterquerschnitt

Überstrom-Schutzeinrichtung	Querschnitt Aussenleiter (VA B2)	Querschnitt Erdungsleiter
32 A	6 mm ²	16 mm ²
40 A	10 mm ²	16 mm ²
63 A	16 mm ²	16 mm ²
80 A	25 mm ²	16 mm ²
100 A	35 mm ²	16 mm ²
125 A	70 mm ²	35 mm ²
160 A	95 mm ²	50 mm ²
200 A	129 mm ²	50 mm ²

Übung 5

Herr Richter informiert Sie, dass der Hausanschluss neu mit 100 A statt mit 125 A abgesichert wird. Er beauftragt Sie zu prüfen, ob der Querschnitt des Schutzpotenzialausgleichsleiters (SPA) aufgrund dieser Änderung reduziert werden kann.

Auftrag:

- Prüfen Sie, ob eine Reduktion des Leiterquerschnitts zulässig ist.
- Geben Sie an, ob und auf welchen minimal zulässigen Querschnitt der Schutzpotenzialausgleichsleiter reduziert werden kann.

Lösung:

Ja, auf 10 mm² Cu.

Übung 6

Vervollständigen Sie die nachstehende Tabelle. Ermitteln Sie anhand der Überstrom-Schutzeinrichtung und des Querschnitts des Aussenleiters den erforderlichen Querschnitt für den Schutz-Potenzialausgleichsleiter (SPA).

Lösung:

Leiterquerschnitte in Abhängigkeit der Überstrom-Schutzeinrichtung

Überstrom-Schutzeinrichtung	Querschnitt Aussenleiter (VA B2)	Querschnitt Schutz-Potentialausgleichsleiter	Querschnitt SPA mit Blitzschutzanlage
25 A	4 mm ²	6 mm ²	10 mm ²
32 A	6 mm ²	6 mm ²	10 mm ²
40 A	10 mm ²	6 mm ²	10 mm ²
63 A	16 mm ²	10 mm ²	10 mm ²
80 A	25 mm ²	10 mm ²	10 mm ²
100 A	35 mm ²	10 mm ²	10 mm ²
125 A	70 mm ²	16 mm ²	16 mm ²
160 A	95 mm ²	16 mm ²	16 mm ²
200 A	125 mm ²	16 mm ²	16 mm ²

7.3 Teilauftrag 2: Korrosion und elektrochemische Korrosion

Um die nachfolgenden Aufgaben zu lösen, müssen Sie die folgenden Abschnitte im Theoriebuch lesen:

- Theoriebuch Elektrotechnik Kapitel 12 Elektrochemie Seiten xy
- Theoriebuch Werkstoffkunde Kapitel 46 Seiten xy

Übung 7

Ihr Monteur Benno Blatter beauftragt Sie, die neue Lüftungsanlage auf dem ungeschützten Dach in den Potenzialausgleich einzubinden. Für die Montage finden Sie in der Materialkiste unbehandelte Stahlbriden.

Ist der Einsatz dieser Briden für den dauerhaften Ausseneinsatz geeignet? Begründen Sie Ihre Antwort.

Lösung:

Nein.

- Unbehandelter Stahl korrodiert bei Feuchtigkeit (Rostbildung).
- Korrosion führt zu Materialabbau und schlechter elektrischer Verbindung.
- Kontakt mit anderen Metallen kann elektrochemische Korrosion verstärken.

Übung 8

Zusatzaufgabe★

Nennen Sie geeignete Werkstoffe oder Massnahmen für diese Installation aus Übung 7.

Lösung:

- Verzinkte oder beschichtete Stahlteile verwenden.
- Korrosion führt zu Materialabbau und schlechter elektrischer Verbindung.
- Korrosionsbeständige Materialien einsetzen, z. B. Kupfer oder Edelstahl

7.4 Teilauftrag 3: Leiterwiderstand und Serieschaltung

Um die nachfolgenden Aufgaben zu lösen, müssen Sie die folgenden Abschnitte im Theoriebuch lesen:

- Theoriebuch Elektrotechnik Kapitel 2 Grundbegriffe der Elektrotechnik Seiten xy
- Theoriebuch Elektrotechnik Kapitel 4 Grundsaltungen Seiten xy

Übung 9

Lösen Sie die interaktive Aufgabe:



Übung 10

Wieviele Meter eines 2,5 mm²-Drahts (Cu) befinden sich auf einer Drahtrolle, wenn ein Widerstand von 0,42 Ω gemessen wird?

Lösung:

$$\ell = \frac{R \cdot A}{\varrho} = \frac{0,42 \, \Omega \cdot 2,5 \, \text{mm}^2}{0,0175 \cdot \frac{\Omega \, \text{mm}^2}{\text{m}}} = \underline{\underline{60 \, \text{m}}}$$

Übung 11

Ein 6 m langes, einadriges Messkabel aus Kupferdraht soll einen Widerstand von 105 mΩ haben. Wie gross muss der Leiterquerschnitt sein?

Lösung:

$$A = \frac{\varrho \cdot \ell}{R} = \frac{0,0175 \cdot \frac{\Omega \, \text{mm}^2}{\text{m}} \cdot 6 \, \text{m}}{0,105 \, \Omega} = \underline{\underline{1 \, \text{mm}^2}}$$

Übung 12

Zusatzaufgabe★

Wie gross ist der Schleifenwiderstand (Hin- und Rückleiter zusammen) eines 35 km langen Telefonkabels mit 0,6 mm-Kupfer-Adern?

Lösung:

$$A = \frac{d^2 \pi}{4} = (0,6 \text{ mm})^2 \cdot \frac{\pi}{4} = 0,2827 \text{ mm}^2$$

$$R = \frac{\varrho \cdot \ell_{\text{tg}} \cdot 2}{A} = \frac{0,0175 \cdot \frac{\Omega \text{ mm}^2}{\text{m}} \cdot 35\,000 \text{ m} \cdot 2}{0,2827 \text{ mm}^2} = \underline{\underline{4,33 \text{ k}\Omega}}$$

Übung 13

Zusatzaufgabe★

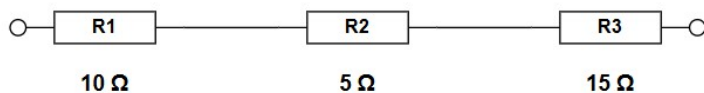
Im Magazin finden Sie einen angebrauchten Ring T-Litze (Schutzleiter PE) mit einem Querschnitt von 10 mm². Um die Restlänge zu bestimmen, messen Sie den Leitungswiderstand. Dieser beträgt 0,14 Ω. Berechnen Sie daraus die Länge der restlichen T-Litze.

Lösung:

$$\ell = \frac{R \cdot A}{\varrho} = \frac{0,14 \Omega \cdot 10 \text{ mm}^2}{0,0175 \cdot \frac{\Omega \text{ mm}^2}{\text{m}}} = \underline{\underline{80 \text{ m}}}$$

Übung 14

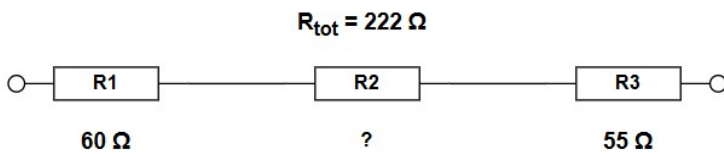
Berechnen Sie den Gesamtwiderstand der abgebildeten Serieschaltung.

**Lösung:**

$$R_{\text{tot}} = R_1 + R_2 + R_3 = 10 \Omega + 5 \Omega + 15 \Omega = \underline{\underline{30 \Omega}}$$

Übung 15

Berechnen Sie den Widerstand R_2 der abgebildeten Serieschaltung.

**Lösung:**

$$R_2 = R_{\text{tot}} - R_1 - R_3 = 222 \, \Omega - 60 \, \Omega - 55 \, \Omega = \underline{\underline{107 \, \Omega}}$$

Übung 16

Drei Widerstände $R_1 = 7,5 \, \text{k}\Omega$, $R_2 = 0,013 \, \text{M}\Omega$ und $R_3 = 26 \, 000 \, \Omega$ sind in Serie geschaltet. Berechnen Sie den Gesamtwiderstand.

Lösung:

$$R = R_1 + R_2 + R_3 = 7,5 \, \text{k}\Omega + 13 \, \text{k}\Omega + 26 \, \text{k}\Omega = \underline{\underline{46,5 \, \text{k}\Omega}}$$

Übung 17

Zusatzaufgabe★

Ein Regulierwiderstand ist aus fünf gleich grossen, in Serie liegenden Widerständen zusammengesetzt. Der Gesamtwiderstand beträgt $488 \, \Omega$. Wie gross ist der Widerstand einer Stufe?

Lösung:

$$R_1 = \frac{R}{N} = \frac{488 \, \Omega}{5} = \underline{\underline{97,6 \, \Omega}}$$

Übung 18

Zusatzaufgabe★

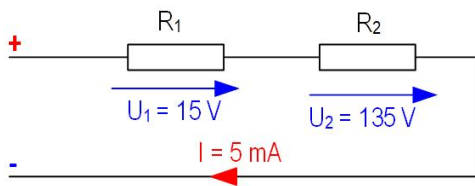
Drei in Serie liegende Widerstände weisen einen Gesamtwiderstand von $3 \, \text{M}\Omega$ auf. Zwei dieser Widerstände betragen $1,2 \, \text{M}\Omega$ und $150 \, \text{k}\Omega$. Berechnen Sie den Wert des dritten Widerstandes.

Lösung:

$$R_3 = R - R_1 - R_2 = 3 \, \text{M}\Omega - 1,2 \, \text{M}\Omega - 0,15 \, \text{M}\Omega = \underline{\underline{1,65 \, \text{M}\Omega}}$$

Übung 19

Bestimmen Sie in der nebenstehenden Schaltung R_1 , R_2 und R .



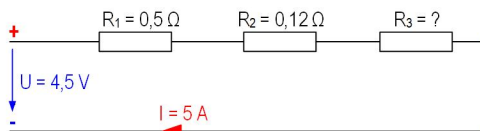
Lösung:

$$R_1 = \frac{U_1}{I} = \frac{15 \text{ V}}{5 \text{ mA}} = \underline{3 \text{ k}\Omega} \quad R_2 = \frac{U_2}{I} = \frac{135 \text{ V}}{5 \text{ mA}} = \underline{27 \text{ k}\Omega}$$

$$R = R_1 + R_2 = 3 \text{ k}\Omega + 27 \text{ k}\Omega = \underline{30 \text{ k}\Omega}$$

Übung 20

Bestimmen Sie den Gesamtwiderstand und den Teilwiderstand R_3 .



Lösung:

$$R = \frac{U}{I} = \frac{4,5 \text{ V}}{5 \text{ A}} = \underline{0,9 \Omega}$$

$$R_3 = R - R_1 - R_2 = 0,9 \Omega - 0,5 \Omega - 0,12 \Omega = \underline{0,28 \Omega}$$

Übung 21

Zusatzaufgabe★

Drei Widerstände $R_1 = 55 \Omega$, $R_2 = 130 \Omega$ und $R_3 = 270 \Omega$ sind in Serie geschaltet. Am Widerstand R_2 wird eine Spannung von 104 V gemessen. Berechnen Sie die angelegte Spannung U und die beiden Teilspannungen U_1 und U_3 .

Lösung:

$$I = \frac{U_2}{R_2} = \frac{104 \text{ V}}{130 \Omega} = 0,8 \text{ A}$$

$$U_1 = R_1 \cdot I = 55 \Omega \cdot 0,8 \text{ A} = \underline{44 \text{ V}} \quad U_3 = R_3 \cdot I = 270 \Omega \cdot 0,8 \text{ A} = \underline{216 \text{ V}}$$

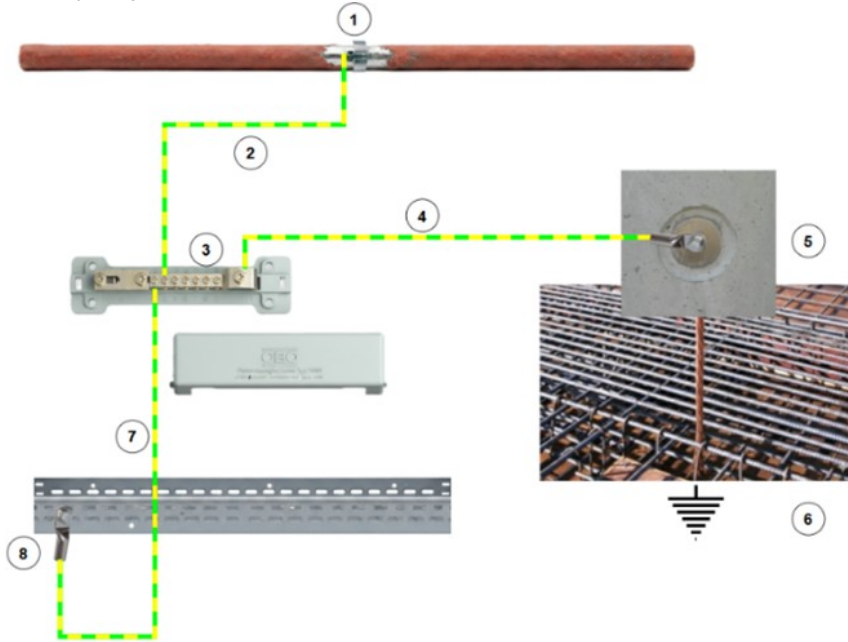
$$U = R \cdot I = (55 \Omega + 130 \Omega + 270 \Omega) \cdot 0,8 \text{ A} = \underline{364 \text{ V}}$$

Übung 22

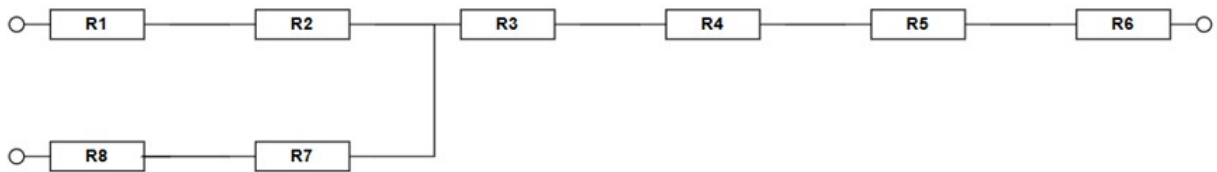
Nachfolgend ist der Potenzialausgleich Ihrer Baustelle dargestellt.

- Zeichnen Sie das Ersatzschaltbild mit den Widerständen für die weiteren Berechnungen. Jede Zahl stellt dabei einen Leitungs- oder Übergangswiderstand dar.
- Berechnung des Widerstandes der Erdverbindung. Berechnen Sie den Widerstand R_{1-5} von der Heizleitung (Nr. 1) bis zur Erdanschlussgarnitur (Nr. 5). Die folgenden gemessenen Teilwiderstände sind bekannt:

$R_1 = R_3 = R_5 = 10 \text{ m}\Omega$, $R_2 = 0,025 \text{ }\Omega$, $R_4 = 10 \text{ m}\Omega$.



Lösung:



$$R_{1,5} = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5$$

$$R_{1,5} = 10 \text{ m}\Omega + 25 \text{ m}\Omega + 10 \text{ m}\Omega + 8 \text{ m}\Omega + 10 \text{ m}\Omega = \underline{\underline{63 \text{ m}\Omega}}$$

Übung 23

Zusatzaufgabe★

Von der Potenzialausgleichsschiene zu Ihrem Trasse messen Sie $R_{7-8} = 100 \text{ m}\Omega$ (siehe Abbildung Übung 22). Wie gross ist der Übergangswiderstand R_8 , wenn der 10 mm^2 Schutz-Potenzialausgleichsleiter 15 m (R_7) lang ist?

Lösung:

$$R = \frac{\rho \cdot \ell}{A} = \frac{0,0175 \cdot \frac{\Omega \text{ mm}^2}{\text{m}} \cdot 15 \text{ m}}{10 \text{ mm}^2} = 0,026 \Omega = 26 \text{ m}\Omega$$

$$R_8 = R_{7-8} - R_7 = 100 \text{ m}\Omega - 26 \text{ m}\Omega = \underline{\underline{74 \text{ m}\Omega}}$$

Übung 24

Bei der baubegleitenden Erstprüfung führen Sie an einer Kabeltrasse eine Niederohmmessung durch, um die Leitfähigkeit des Schutz-Potenzialausgleichsleiters (SPA) zu prüfen. Das Messgerät zeigt dabei einen Widerstand von 42Ω an. Sehen Sie sich die Installation an und notieren Sie, was wohl der Fehler sein könnte (Beachten Sie die markierte Stelle ganz genau).

**Lösung:**

Die Lackierung am Heizungsrohr wurde nicht entfernt. Dadurch entsteht ein hoher Übergangswiderstand, da Lack elektrisch isolierend wirkt.