



## LF5: Die Steckdosenstromkreise für einen Kopierraum planen

Ausbildungsberuf	Informationselektroniker/-in
Fach	Installations- und Energietechnik
Lernfeld	LF5: Elektroenergieversorgung und Sicherheit von Anlagen und Geräten konzipieren
Lernsituation	Lernsituation 1: Die Steckdosenstromkreise für einen Kopierraum planen
Zeitraumen	24 Unterrichtsstunden
Benötigtes Material	Arbeitsblätter (Skript), Datenblätter, Messzubehör für den Praxisunterricht, Endgeräte (PC's, ggf mit Stifteingabe) mit Internetzugang, Tafel/Projektionsfläche, Versuchsaufbauten zur Installationstechnik, Multimeter  Elektrische Systeme planen und installieren. (LF 2)
Querverweise	Elektrische Systeme planen und installieren. (LF 2)



# Unterrichtskonzept mit illustrierenden Aufgaben

Berufsschule, Informationselektroniker/Informationselektronikerin, 2. Ausbildungsjahr

## Konzeptionsmatrix für die Lernsituation 1

<b>Konzeptionsmatrix für Lernsituation 1</b>		Im Kundengespräch werden die Leitungswege und Verlegearten für den Endstromkreis abgestimmt und die resultierende Leitungslänge ermittelt. Im Rahmen der Informationsbeschaffung folgen Überlegungen zur Strombelastbarkeit von Leitungen, deren Einflussfaktoren und praktische Messungen des Spannungsfalls im Labor. Die Bemessung der Leiterquerschnitte wird fachgerecht unter Einhaltung der VDE-Vorschriften und mit Hilfe von Datenblättern und Kennlinien durchgeführt. Hierbei werden der Bemessungsstrom der Leitung festgelegt, die Überstrom-Schutzeinrichtung ausgewählt, der erforderliche Leitungsquerschnitt ermittelt und der Spannungsfall überprüft. Für die Beurteilung der elektrischen Sicherheit werden zunächst beispielhafte Fehlersituationen analysiert und bewertet. Anschließend erfolgt der Nachweis über die Einhaltung der Abschaltbedingung für den installierten Stromkreis.						
Zeit	Thema/ Beschreibung	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexions- wissen	Aufgabe			
					Aktivitäten	Lernprodukte	Medien/ Materialien	Kontroll- und Reflexionselemente
180	Kundengespräch, um die Problemsituation zu analysieren	Leitungswege und Verlegearten für den Endstromkreis	Auftragsorganisation:  Analyse der Kundenanforderungen; Festlegung der Projektphasen für Informationsbeschaffung, Planung und Realisierung		Informationen über die Aspekte und Planungsschritte einer Hausinstallation			
					Informieren sich über den Kundenauftrag  Strukturieren die Aspekte der Installation eines Raumes.	Mindmap zu Handlungsschritten für die Realisierung eines Kundenauftrages.	Informationsblätter Mindmap Tabellenbuch  Medien: Beamer Dokumentenkamera	Abgleich der Anforderungen aus Kundenauftrag und Mindmap  Die richtige Verlegeart auswählen  Die Leitungsführung festlegen können.
					Informationsbeschaffung zur Auswahl und Dimensionierung geeigneter Leitungen			



# Unterrichtskonzept mit illustrierenden Aufgaben

Berufsschule, Informationselektroniker/Informationselektronikerin, 2. Ausbildungsjahr

180	Leitungsdimensionierung:	Leitungsarten und Kabelarten (flexibel, starr; halogenfrei) Leitungsverlegung, Leiterquerschnitt, Einflussfaktoren (Umgebungstemperatur, Leitungshäufung), zulässige Strombelastbarkeit, Überprüfung des Spannungsfalls	Analyse der Systemkomponenten sowie deren Verkabelung	Leitungsdimensionierung:  Einhaltung des Spannungsfalls nach DIN 18015	Informieren sich über Leitungsarten und Kabelarten  Überprüfen den Spannungsfall	Versuchsdurchführung und Erarbeitung der Messergebnisse	Digitalmultimeter Kabelroller Kochplatte Leuchte 25 W  EnergyMonitor Informationsblätter Mindmap Tabellenbuch  Medien: Beamer Dokumentenkamera	Auswahl einer geeigneten Überstromsicherheit und des geeigneten Leitungsquerschnittes
90	Kalkulation des Projektes		Anwendung einer Kalkulationshilfe  Erstellung einer exemplarischen Kalkulation mit geeigneter Software	betriebswirtschaftliche Aspekte	Kostenaufstellung			
					kalkulieren die Kosten einer Elektroinstallation	Kostenvoranschlag, Arbeitsplan, Materialkosten Werkzeugliste, Arbeits- und Einsatzplan	Tabellenkalkulationssoftware, Internet  Medien: Beamer Dokumentenkamera	
180	Gefahren des elektrischen Stromes und Sicherheit	Schutzmaßnahmen: DIN-VDE 0100-410, Schutz gegen elektrischen Schlag, Basisschutz, Fehlerschutz, Schutz von Kabeln	Zuordnung von Fehlerarten zu den jeweiligen Gefahrensituationen	Elektrischer Schlag:  Wirkungen des elektrischen Stroms auf den	Sind sicher im Umgang mit den Gefahren des elektrischen Stromes und der Sicherheit			
					Informieren sich über die Gefahren des elektrischen Stromes	Tabelle mit Fehlerarten; Schutzartenübersicht; Lösen Übungsaufgabe	Informationsblätter Tabellenbuch	Gefahrensituationen den Fehlerarten zuordnen Schutzarten



# Unterrichtskonzept mit illustrierenden Aufgaben

Berufsschule, Informationselektroniker/Informationselektronikerin, 2. Ausbildungsjahr

		und Leitungen bei Überstrom, Überstromschutzrichtungen, Schutz gegen direktes/indirektes Berühren		menschlichen Körper		en zu Fehlerstromkreisen; Sicherer Umgang mit dem Tabellenbuch im Bereich Gefahren	Medien: Beamer Dokumentenkamera	unterscheiden
270	Abschaltbedingungen von Überstromschutzorganen	Vorschriften zur Errichtung von Niederspannungsanlagen	<u>Auftragsplanung:</u> Beurteilung von Betriebsmitteln mit Datenblätter und Gerätebeschreibungen  Beurteilung von Überstromschutzrichtungen		Legen Überstromschutzorgane für die Anlage fest			
					Informieren sich über die Schleifenimpedanz  Bestimmen Abschaltzeiten	Bestimmen von Werten für Prüfprotokolle; Auslösezeit aus der Auslösekennlinie ermitteln	Skript Informationsblätter Tabellebuch  Medien: Beamer Dokumentenkamera	Vergleich von LS-Schalter und Schmelzsicherung
135	Lernzielkontrolle	Leitungsdimensionierung; Überstromschutzrichtung; Schleifenimpedanz; Spannungsfall Gefahren des elektrischen Stromes			Überprüfen ihr Wissen zum Projekt			
					Rechenübungen und Wiederholungsfragen lösen	Lösen von Rechenübungen	Skript Informationsblätter Tabellebuch	Projektrückblick



# Unterrichtskonzept mit illustrierenden Aufgaben

Berufsschule, Informationselektroniker/Informationselektronikerin, 2. Ausbildungsjahr

							Medien: Beamer Dokumentenkamera	
45	Extemporale							

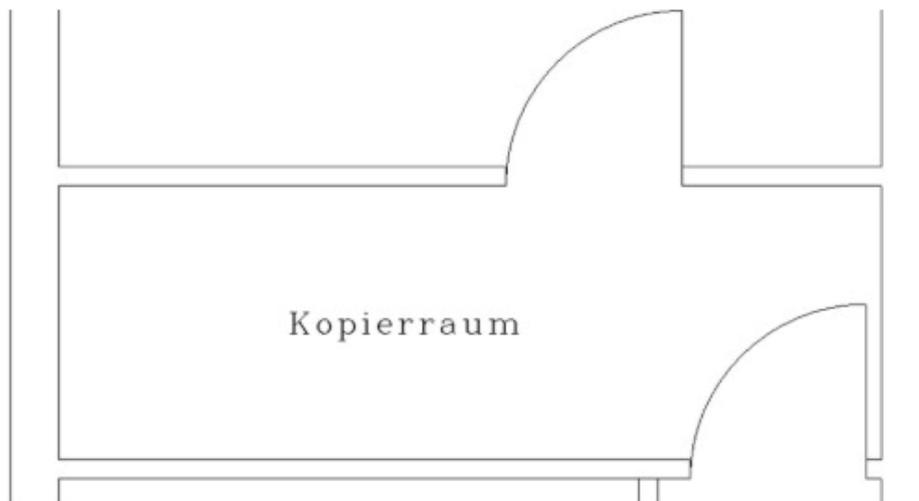
**Unterlagen, Medien, Materialien**

**Informationselektroniker/-in**

**Ausbildungsjahr 2**

**Lernfeld 5:  
Elektroenergieversorgung und Sicherheit  
von Anlagen und Geräten konzipieren**

**Lernsituation 1:  
Die Steckdosenstromkreise für einen Kopierraum planen**



## Inhalt

1	Projekt Kopierraum .....	4
1.1	Vorüberlegungen zum Projekt .....	4
1.2	Verlegearten und Leitungsführung .....	6
1.2.1	Verlegearten .....	6
1.2.2	Leitungsführung .....	7
1.2.3	Situation für den Kopierraum .....	8
1.3	Überlegungen zum Projekt .....	10
1.4	Vorüberlegungen zur Leitungsauswahl (Leitungsdimensionierung).....	11
1.4.1	Einführende Messübung .....	11
1.4.2	Spannungsfall auf Leitungen.....	12
1.5	Leitungsdimensionierung .....	15
1.5.1	Grundlagen der Leitungsdimensionierung .....	15
1.5.2	Aufgaben Leitungsdimensionierung Kopierraum .....	17
1.6	Kabel und Leitungen in der Elektrotechnik.....	19
1.7	Auftragsbearbeitung .....	20
1.7.1	Kostenvoranschlag .....	20
1.7.2	Arbeitsplanung .....	21
2	Gefahren des elektrischen Stroms und Sicherheit.....	23
2.1	Gefahren des elektrischen Stromes .....	23
2.1.1	Stromunfall .....	23
2.1.2	Fehlerarten .....	24
2.1.3	Schutzarten .....	25
2.1.4	Folgen des elektrischen Stroms für den menschlichen Körper .....	26
2.1.5	Berührarten.....	28
2.1.6	Schutzklassen.....	28
2.1.7	Sicherheitsregeln .....	29
2.1.8	Übungsaufgaben Fehlerstromkreise.....	31
3	Abschaltbedingungen von Überstromschutzorganen .....	35
3.1	Ausgangssituation .....	35
3.2	Abschaltzeiten in Netzsystemen .....	36
3.3	Schleifenimpedanz im TN-System.....	37
3.3.1	Auslösestrom der Sicherung bestimmen.....	38
3.3.2	Beispiel Endstromkreis mit Leitungsschutzschalter.....	38
3.3.3	Beispiel Endstromkreis mit Schmelzsicherung .....	40



# Unterrichtskonzept mit illustrierenden Aufgaben

Berufsschule, Informationselektroniker/Informationselektronikerin, 2. Ausbildungsjahr

3.3.4	Vergleich von LS-Schalter und Schmelzsicherung.....	42
3.3.5	Aufgaben Abschaltbedingung mit ZS.....	43
3.4	Zusatzinformationen.....	44
3.4.1	Stromkreise mit RCD.....	44
3.4.2	Schleifenimpedanz und Netzzinnenimpedanz.....	44
4	Übungs- und Vertiefungsaufgaben.....	45
4.1	Zu Kapitel: 1.5.1 Grundlagen der Leitungsdimensionierung.....	45
4.1.1	Aufgabe Leitungsdimensionierung.....	49
4.1.2	Zusatzaufgaben Leitungsdimensionierung.....	50
4.2	Zu Kapitel: 2.1.8 Übungsaufgaben Fehlerstromkreise.....	52
4.2.1	Zusatzaufgaben.....	52
4.2.2	Die 5 Sicherheitsregeln.....	55
5	Lernzielkontrolle.....	56
5.1	Zusatzaufgabe.....	60
5.2	Fragenkatalog Grundlagen.....	61
6	Zusatzinformationen und Datenblätter.....	65
6.1	Zu Kapitel: 1.2 Verlegearten und Leitungsführung.....	65
6.2	Zu Kapitel: 1.5.1 Grundlagen der Leitungsdimensionierung.....	71
6.3	Zu Kapitel: 1.6 Kabel und Leitungen in der Elektrotechnik.....	73
6.3.1	Leitungen und Kabel.....	73

## 1 Projekt Kopierraum

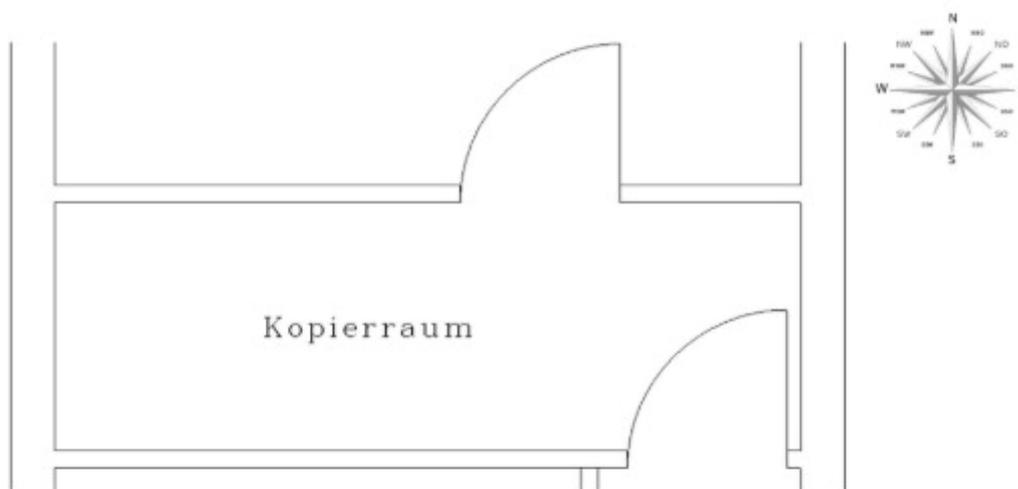
Ein Kunde erteilt Ihrem Betrieb den Auftrag in einer Agentur einen Kopierer in einem Raum zu installieren. Hierzu muss die Energieversorgung erstellt werden:

Hierfür sollen Sie die Erstbesichtigung der bestehenden Anlage durchführen.

Bisher haben Sie nur sehr wenig Informationen vom Kunden erhalten.

- Altbauinstallation
- Installation von Steckdosen für einen Kopierer, ein Heizstrahler und eine Beleuchtung
- RCD ist in der Unterverteilung bereits vorhanden

Hausplan des Kopierraumes: (Abbildung: [240px-Kompass\\_de.svg.png \(240x240\) \(wikimedia.org\)](#))



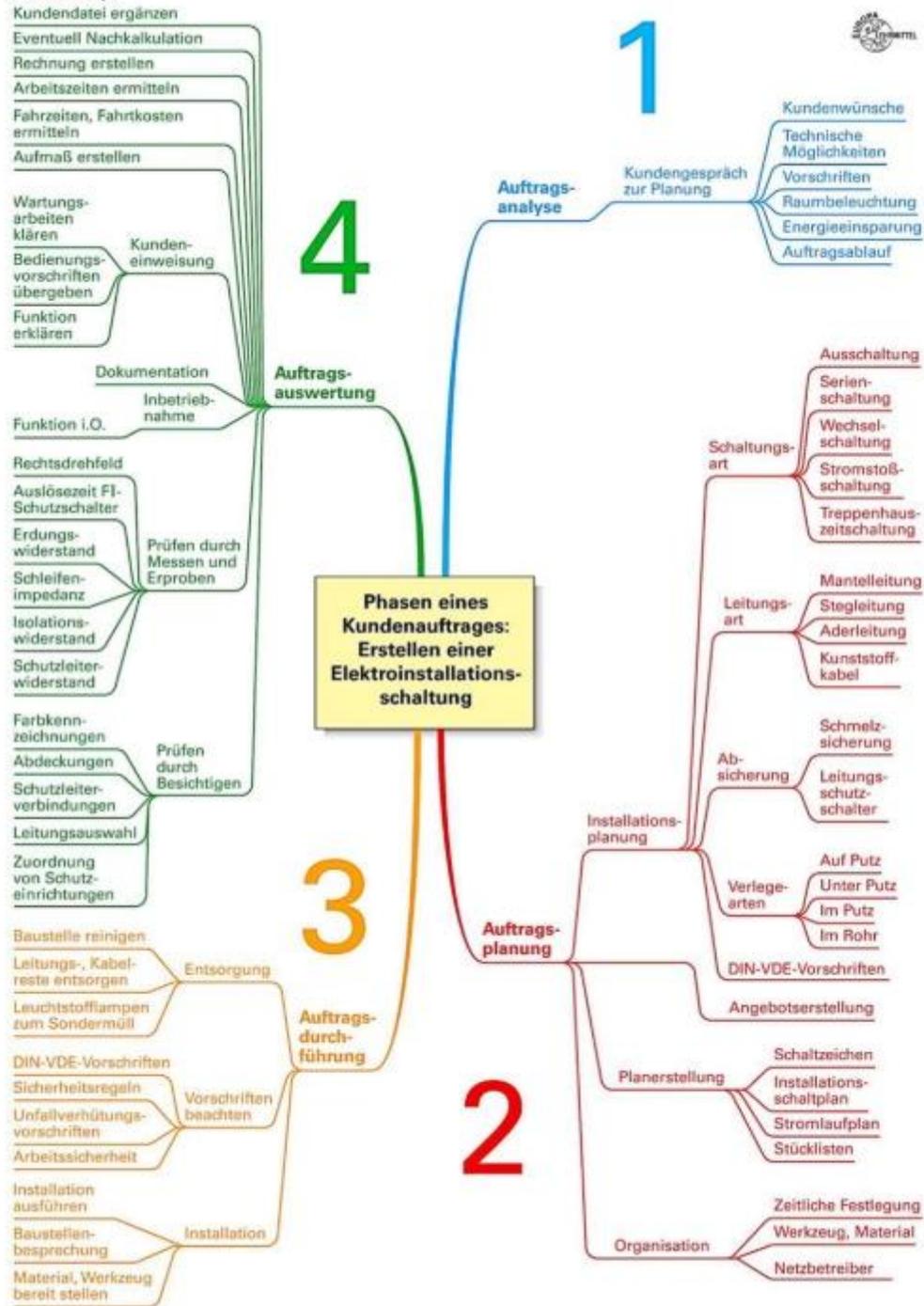
### 1.1 Vorüberlegungen zum Projekt

Erstellen Sie zusammen in Ihrer Gruppe eine Mindmap auf der nächsten Seite.

Orientieren Sie sich an der vollständigen Handlung und führen Sie alle wichtigen Schritte für dieses Projekt auf. (Handlungsschritte: Analysieren, Informieren, Planen, Durchführen, Dokumentieren)

Die Mindmap wird während der Lernsituation um neue Aspekte ergänzt und fortgeführt.

**Mindmap:**



## 1.2 Verlegearten und Leitungsführung

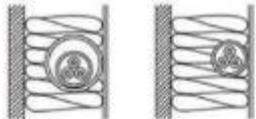
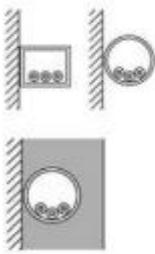
*In der Elektroinstallation unterscheidet man unterschiedliche Möglichkeiten der Leitungsverlegung und der Leitungsführung.*

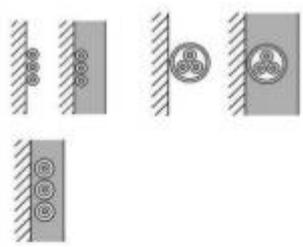
### 1.2.1 Verlegearten

Leitungen werden immer senkrecht oder waagrecht verlegt. Dabei gibt es verschiedene Möglichkeiten zur Leitungsverlegung, z.B.

- Verlegung auf Putz,
- Verlegung im Putz,
- Verlegung unter Putz,
- Weitere Verlegearten siehe Tabellenbuch Seite .....

Ergänzen Sie die Tabelle Verlegearten (Abbildungen: [2CDC400027D0104\\_RevD\\_02-2018\\_72dpi.pdf\(abb.com\)](#))

<b>A1</b>		<p>Referenzverlegeart*: Verlegung in wärmege- ..... dämmten Wänden.....</p> <p>Aderleitungen im Elektroinstallationsrohr .....</p> <p>Aderleitungen in Formleisten oder in Formteilen.....</p>
<b>A2</b>		<p>Mehradrige Kabel oder mehradrige Manten- ..... leitungen im Elektroinstallationsrohr .....</p> <p>Mehradrige Kabel oder mehradrige Manten- ..... leitungen in einer wärmegeämmten Wand.....</p>
<b>B1</b>		<p>Referenzverlegeart*: Verlegung in Elektroinstalla... tionsrohren. Aderleitungen im Elektroinstalla-..... tionsrohr auf oder in der Wand; Aderleitungen,..... einadrige Kabel oder Mantenleitungen im ..... Elektroninstallationskanal .....</p>
<b>B2</b>		<p>Mehradrige Kabel oder Mantenleitungen: ..... - im Elektroinstallationsrohr auf und in der Wand.... - im Elektroinstallationskanal..... - im Sockelbereich oder im Unterflurkanal .....</p>

<b>C</b>		<p>Referenzverlegeart*: Verlegung direkt auf dem .....          Untergrund (Wand). Ein- oder mehradrige.....          Kabel oder Mantelleitungen auf on in der Wand .....          oder unter der Decke .....          Stegleitung im oder unter Putz.....</p>
----------	---	--

Weitere Verlegearten findet man im Tabellenbuch auf Seite .....

## 1.2.2 Leitungsführung

Ergänzen Sie den Lückentext

Bei der Leitungsführung gelten folgende Grundsätze:

- Leitungen in Wänden nur **senkrecht**..... oder **waagrecht** ..... verlegen
- (in Fußböden und Decken dürfen Leitungen auf dem **kürzesten Wege, auch diagonal**..... verlegt werden).
- Eine feste Verlegung ist immer **sicherer**..... als bewegliche.

1. Welche Vorteile bietet eine Unterputzverlegung mit Leerrohren?

**Leitungen sind nicht sichtbar**

**Leitungen können später ausgetauscht werden**

2. Nennen Sie drei Aufputz-Verlegearten.

**Mit Installationsrohren**

**Im Kabelkanal**

**Mit Nagelschellen, Auf Kabelpitschen**

3. Sie sollen in einem Wohnraum Verlegeart C anwenden. Wie dürfen Sie welche Leitungen verlegen?

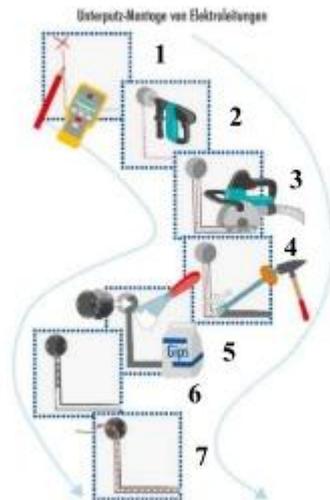
**Direkte Verlegung auf oder in Wänden/Decken oder in ungelochten**

**Deckenwannen für einadrige und mehradrige Kabel oder**

**Mantelleitungen**

**Stegleitungen in Wänden/Decken oder Hohlräumen**

4. Beschreiben Sie die Vorgehensweise bei der Unterputzverlegung mit Leerrohr in 7 Schritten. (Abbildung: <https://www.sanier.de/elektroinstallation/stromleitungen-verlegen>)



- 1 Leitungsverlauf anzeichnen, Wand auf vorhandene Kabel oder Rohre prüfen
- 2 Loch für Unterputzdosen bohren
- 3 Parallele Schlitze fräsen
- 4 Mittelsteg entfernen
- 5 Unterputzdose eingipsen
- 6 Leerrohr verlegen
- 7 Kabel einziehen

5. Welches Vorzugsmaß gilt für folgende Betriebsmittel?

- a) Schalter: **115 cm** .....
- b) Steckdosen im Bodenbereich: **30 cm** .....
- c) Leitungen unterhalb der Decke: **30 cm** .....

6. In welchem Bereich müssen Leitungen senkrecht in Gebäudeecken verlegt werden?

**Direkt in der Ecke muss ein Abstand von 10 cm zu beiden Seiten gehalten werden. Daneben darf man in einem Bereich von 20 cm verlegen.**

### 1.2.3 Situation für den Kopierraum

Welche Verlegeart ist für unsere Kundensituation zu verwenden? Begründe!

**B2, in Kabelkanälen oder  
B2 in Elektroinstallationsrohren auf der Wand**

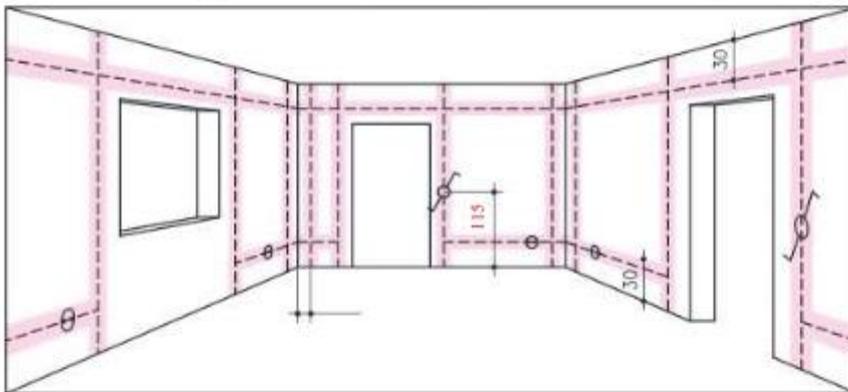
## Installationszonen in Wänden (DIN 18015-3) (Abbildung: Europa Lehrmittel)

Ergänzen Sie die Maßangaben für die einzelnen Installationszonen bzw. Betriebsmittel.

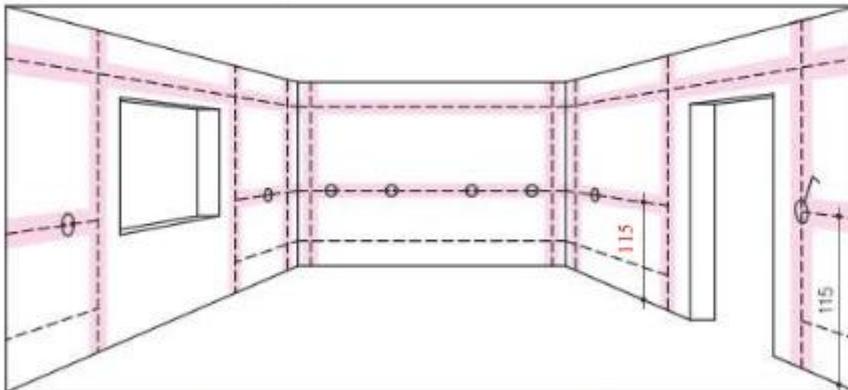
Während nicht sichtbare Leitungen in Decken auf dem kürzesten Weg geführt werden dürfen, müssen Leitungen in Wänden senkrecht oder waagrecht verlegt werden, bzw. parallel zu den Raumkanten. Beschädigungen der Leitungen bei späteren Bohr- bzw. Stemmarbeiten lassen sich vermeiden, wenn bei der Elektroinstallation vorgegebene Installationszonen eingehalten werden.

<b>Senkrechte Installationszonen mit einer Breite von 20 cm:</b>			<b>Maße für die Anordnung von Schaltern und Steckdosen:</b>	
an den Wandecken	neben den Rohbaukanten	von 10 – 30 cm	Mitte Schalter	über dem fertigen Fußboden 115 cm
an den Türen	neben den Rohbaukanten	von 10 – 30 cm	Mitte Steckdose	über dem fertigen Fußboden 30 cm
an den Fenstern	neben den Rohbaukanten	von 10 – 30 cm	(Über Arbeitsflächen ist die empfohlene Vorzugshöhe für Schalter und Steckdosen 115 cm.)	

<b>Waagerechte Installationszonen mit einer Breite von 30 cm:</b>			<b>Vorzugsmaße innerhalb der Installationszonen:</b>	
obere Zone	unter der fertigen Decke	von 15 – 45 cm	obere Zone	unter der fertigen Deckenfläche 30 cm
untere Zone	über dem fertigen Fußboden	von 15 – 45 cm	untere Zone	über dem fertigen Fußboden 30 cm
mittlere Zone	über dem fertigen Fußboden	von 100 – 130 cm	mittlere Zone	über dem fertigen Fußboden 115 cm



Installationszonen- und Vorzugsmaße für Wohnräume



Installationszonen und Vorzugsmaße für Küchen und Hausarbeitsräume

Installationszonen ——— Vorzugsmaße - - - - -

## 1.3 Überlegungen zum Projekt

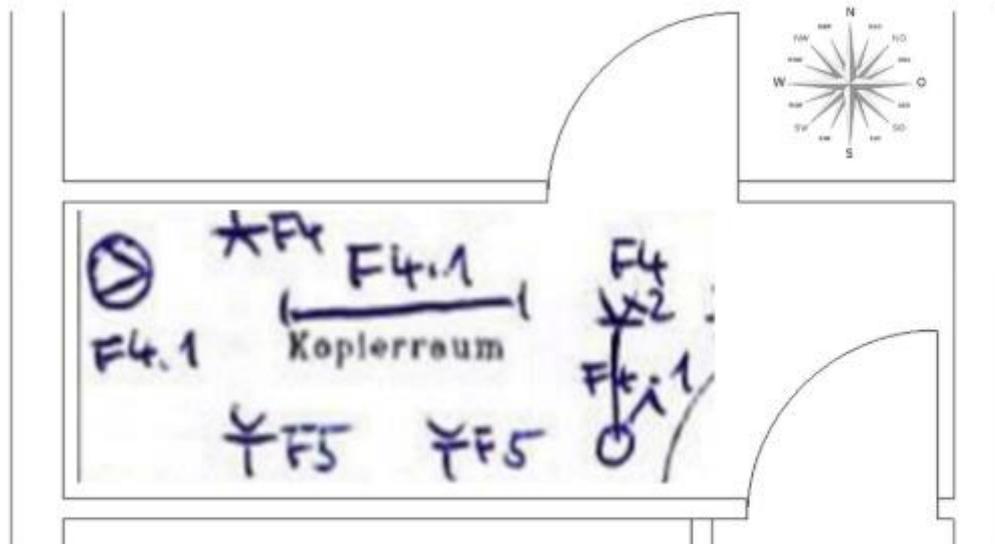
Sie sollen nun die Erstbesichtigung der bestehenden Anlage beim Kunden durchführen.

Dabei erhalten Sie folgende Informationen:

- Einbau von zwei Steckdose an der Südwand (für ein Kopiergerät und ein Zusatzgerät) (F5)
- Installation einer Belüftung in der Westwand (F4)
- Anbringen eines Infrarotheizstrahlers an der Westwand (F4)
- Installation einer Deckenbeleuchtung (Leuchtstofflampe bzw. LED-Röhre; Schalter neben der Tür) (F4)
- RCD ist in der Unterverteilung bereits vorhanden
- Leitungslängen für die Neuinstallationen zur Unterverteilung:
  - Steckdosen Kopierer: 22m
  - Beleuchtung und Deckenlüfter: 24m
  - Infrarotstrahler: 24m
- Leitungsverlegung: Installationsrohr auf der Wand B2

**Installationsplan des Raumes:** (Abbildung: [240px-Kompass.de.svg.png \(240x240\) \(wikimedia.org\)](#))

Erstellen Sie den Installationsplan, in dem Sie alle elektrischen Betriebsmittel normgerecht mit Stromkreisnummern gemäß Kundenauftrag (siehe Besprechungsnotiz) in den Grundriss einzeichnen. Der Installationsplan ist „ortsbezogen“ - ohne Leitungsführung zu erstellen.





## 1.4.2 Spannungsfall auf Leitungen

Versuchsvorbereitung und Material

- 50 m Leitungsroller (Verlängerungsleitung)
- Verbraucher mit hoher Anschlussleistung, z.B. eine Kochplatte
- Leuchte (25 W)
- 2 x EnergyMonitor 3000

### Einstieg

Für den Betrieb einer Kochplatte in einem Gartenhaus soll diese mit einer Verlängerungsleitung von 50 m angeschlossen werden.

Die Verlängerungsleitung hat folgenden Aufdruck: **H05VV-F 3G1,5 mm<sup>2</sup>** .....

Die Informationen zu Kabel und Leitungen erfolgen im nächsten Kapitel.

Fertigen Sie eine Skizze über den Versuchsaufbau an!

### Versuch 1

- Leuchte und Kochplatte über den Kabelroller anschließen
- Leuchte einschalten

Beobachtung:

**Die Leuchte leuchtet. Die Spannung bleibt nahezu gleich.**

---

---

- Jetzt die Kochplatte sofort auf Stufe 3 schalten

Beobachtung:

**Die Leuchte wird dunkler.**

**Die Spannung bleibt nimmt ab.**

---

---

## Versuch 2

- Leuchte entfernen
- Messung der Leistung der Kochplatte (Stufe 3) mit einem EnergyMonitor 3000 direkt an der Steckdose und Messung der Leistung der Kochplatte (Stufe 3) mit einem EnergyMonitor 3000 nach dem Kabelroller.

Beobachtung:

Die Spannung sinkt.

Die Leistung sinkt.

## Versuch 3

- Kochplatte (Stufe 1, 2 und 3) am Kabelroller angeschlossen
- Messung von Strom und Spannung mit einem EnergyMonitor 3000 direkt an der Steckdose und Messung von Strom und Spannung mit einem EnergyMonitor 3000 nach dem Kabelroller.

Messtabelle:

Stufe	$U_1$	$U_2$	$I$	$\Delta U_{\text{(berechnet)}}$
0	0 A	223,8 V	223,8 V	0 V
1				
2				
3	5,38 A	219,1 V	211,9 V	7,2 V

- Notieren Sie die Messergebnisse für die Spannung  $U_1$  und  $U_2$ , sowie den Strom  $I$  in die Messtabelle.
- Berechnen Sie den Spannungsfall  $\Delta U$  auf der Leitung und ergänzen Sie die Ergebnisse in der Tabelle.

Beobachtung:

Je höher die Stufe geschaltet wird, desto ... größer wird der

Spannungsfall auf der Leitung.

c) Notieren Sie die Messergebnisse für die Leistungen  $P_1$  und  $P_2$  in der Tabelle.

Messtabelle:

Stufe	$P_1$	$P_2$	$P_{\text{Kochplatte}}$	$P_{\text{Ltg}}$	$P_{\text{ges}}$
0					
1					
2					
3					

d) Überlegen Sie, wie die Leistungen für die Kochplatte, für die Leitung und die Gesamtleistung berechnet oder bestimmt werden können. Notieren Sie Formel unten und berechnen Sie die fehlenden Werte in der Tabelle.

$$P_{\text{Kochplatte}} = U_2 \cdot I \cdot \cos\phi \quad P_{\text{Ltg}} = \Delta U \cdot I \cdot \cos\phi \quad P = U_1 \cdot I \cdot \cos\phi$$

e) Wie ändert sich der Spannungsfall, wenn sich die Leistung des Verbrauchers (Stufe 1 auf Stufe 3) ändert?

Der Spannungsfall wird größer.

Die Spannung am Verbraucher verringert sich.

f) Wie ändert sich die Verlustleistung, wenn sich die Leistung des Verbrauchers (Stufe 1 auf Stufe 3) ändert?

Die Verlustleistung wird größer.

g) Folgern Sie aus dem Messversuch, welche Auswirkung ein zu hoher Spannungsfall auf der Leitung hat.

Der Verbraucher wird nicht mit ausreichend Spannung versorgt.

Ggf. erreicht er nicht seine Nennspannung. (Betrieb gefährdet)

## 1.5 Leitungsdimensionierung

In Ihrem Kundenprojekt „Einen Steckdosenkreis für einen Kopierer planen“ erteilt Ihnen Ihr Chef den Auftrag, die Endstromkreise von der Unterverteilung zu den Verbraucheranschlüssen zu dimensionieren. Hierbei sollen Sie die Kundenanforderungen laut Besprechungsnotiz (siehe Kapitel 1.3) beachten.

### 1.5.1 Grundlagen der Leitungsdimensionierung

Damit eine Leitung fachgerecht verlegt werden kann, müssen zuerst einige Vorüberlegungen getätigt werden. Allgemein verwendet man die sogenannte „Nennstromregel“ als Basis zur Planung einer elektrischen Leitung.

Stromaufnahme des Betriebsmittels  $I_B$   $\leq$  Bemessungsstrom  $I_N$  der Schutzeinrichtung  $\leq$  Strombelastbarkeit  $I_Z$  der Leitung

Formel

$$I_B \leq I_N \leq I_Z$$

Grundlage zur Berechnung des zu verlegenden Leiterquerschnittes ist die **Stromaufnahme  $I_B$  der Betriebsmittel** (z.B. Kopiergerät). Der **Bemessungsstrom der Überstromschutzeinrichtung  $I_N$**  muss **mindestens so groß** sein wie die **Stromaufnahme  $I_B$  des Betriebsmittels**, aber immer **kleiner oder höchstens gleich groß** wie die **Strombelastbarkeit  $I_Z$  des verlegten Leiterquerschnittes**.

Als Schema für die Leitungsdimensionierung ist ein **Beispiel einer Leitungsberechnung** im Kapitel 6.2 gegeben. Anhand dieses Schemas wird die nachfolgende Berechnung durchgeführt.

Leitungsdimensionierung Steckdose F5 im Kopierraum

- 1) Berechnen Sie aus den „Technischen Daten“ (siehe Datenblätter auf Seite 17 **Fehler! Textmarke nicht definiert.**) die Stromaufnahme  $I_B$  des Kopiergerätes (Leistungen im Wechselstromkreis TB S 36 ; Nehmen Sie für das Elektrogerät einen **cos  $\varphi$  von 1** an).

Stromaufnahme Kopiergerät

$$I_B = \frac{P}{U \cdot \cos \varphi};$$

$$I_B = \frac{2300 \text{ W}}{230 \text{ V} \cdot 1} = 10 \text{ A}$$

- 2) a) Entnehmen Sie dem Tabellenbuch die Bemessungsströme  $I_N$  der Überstromschutzeinrichtung (Sicherungen) für  
das Kopiergerät:  $I_N = 16 \text{ A}$  ..... bei einer Umgebungstemperatur  $\vartheta_u = 25^\circ \text{ C}$ .
- 3) Entnehmen Sie aus Kapitel 1.2.3 die Verlegeart der Leitungen: **B2** .....
- 4) Der Umrechnungsfaktor  $f_1$  wird in einer Zusatzaufgabe verwendet (entfällt hier).
- 5) Der Umrechnungsfaktor  $f_2$  wird in einer Zusatzaufgabe verwendet (entfällt hier).

- 6) Die Berechnung der Bemessungswerte  $I_r$  der Strombelastbarkeit der Leitungen wird in einer Zusatzaufgabe verwendet (entfällt hier).

Daher kann der Leiterquerschnitt direkt nach DIN VDE 0298-4 mit Hilfe der Tabelle im Tabellenbuch S. \_\_\_\_\_ festgelegt werden.

Gewählter Leiterquerschnitt: **1,5 mm<sup>2</sup>** \_

- 7) Die Überprüfung von  $I_z$  wird in einer Zusatzaufgabe durchgeführt (entfällt hier).
- 8) Überprüfen Sie durch Rechnung, ob mit den geplanten Leiterquerschnitten der in DIN 18015 und DIN 0100 festgelegte Grenzwert für den Spannungsfall im Stromkreis eingehalten wird.

**Formel**

$$\Delta U = \frac{2 \cdot l \cdot I \cdot \cos \varphi}{\gamma \cdot A}$$

<i>Spannungsfall</i>	
<i>Steckdosenanschluss → I<sub>N</sub> muss zur Berechnung angesetzt werden</i>	
<i>Spannungsfall: <math>\Delta U = \frac{2 \cdot l \cdot I_N \cdot \cos \varphi}{\kappa \cdot q} = \frac{2 \cdot 19 \cdot 16 \text{ A} \cdot 1}{57 \frac{\text{m}}{\Omega \cdot \text{mm}^2} \cdot 1,5 \text{ mm}^2} = 7,1 \text{ V}</math></i>	
<i>Der höchstzulässige Spannungsfall von 6,9V wird überschritten</i>	
<i>→ Querschnitt erhöhen</i>	
<i>Spannungsfall: <math>\Delta U = \frac{2 \cdot l \cdot I_N \cdot \cos \varphi}{\kappa \cdot q} = \frac{2 \cdot 19 \cdot 16 \text{ A} \cdot 1}{57 \frac{\text{m}}{\Omega \cdot \text{mm}^2} \cdot 2,5 \text{ mm}^2} = 4,3 \text{ V}</math></i>	
<i>Der höchstzulässige Spannungsfall von 6,9V wird eingehalten</i>	
<i>→ <u>q = 2,5 mm<sup>2</sup></u></i>	

Dokumentieren Sie das Ergebnis für Stromkreis F5.

<b>LS-Schalter:</b>	
<b>Mantelleitung:</b>	

Infoblatt – Kopierraum (Abbildungen: [AEG 229945 Heizstrahler 2000W IP65 IR Premium 2000 kaufen | Elektro Wandelt \(elektro-wandelt.de\)](#))

Bezeichnung	Bild	Technische Daten:
<b>Kopierer</b> (Abbildung: <a href="#">imageRUNNER ADVANCE DX 6800 Serie - Canon Deutschland</a> )		<b>Stromversorgung</b> 220-240 V, 50/60 Hz, 6 A  <b>Stromverbrauch</b> Maximum: IR-ADV DX 6870i: ca. 2.300 W IR-ADV DX 6860i/6855i: ca. 1.800 W Drucken: ca. 858 W*1 Standby: 50,7 W*1 Ruhemodus: ca. max. 0,52 W*2
<b>Infrarotstrahler</b> (Abbildung: <a href="#">AEG 229945 Heizstrahler 2000W IP65 IR Premium 2000 kaufen   Elektro Wandelt (elektro-wandelt.de)</a> )		Hersteller-Artikelnummer 229946 Typ IR Premium 2000 H Max. Heizleistung 2000 W Schutzart IP65
<b>Lüfter</b> (Abbildung: <a href="#">Helios Hauptkatalog 4.0 (elektroland24.de)</a> )		Förderleistung Zu-/Abluft: 90/75m³/h Leistungsaufnahme: 9/5 W Stromversorgung: 230 V, 50Hz Nennstrom 0,06/0,04 A

## 1.5.2 Aufgaben Leitungsdimensionierung Kopierraum

Dimensionieren Sie den Stromkreis F4 für den Infrarotstrahler und die Beleuchtung mit Hilfe der „Technischen Daten“ (siehe Datenblatt oben). Als Leitungslänge sind 24 m angegeben. Die Verlegeart ist genauso wie beim Kopiergerät. (Nehmen Sie für das Elektrogerät einen  $\cos \varphi$  von 1 an)

<p><b>Stromaufnahme Kopiergerät</b></p> $I_B = \frac{P}{U \cdot \cos \varphi}; \quad I_B = \frac{2000 \text{ W}}{230 \text{ V} \cdot 1} = 8,7 \text{ A}$
<p>Überstromschutzeinrichtung <math>I_n = 10 \text{ A}</math>            Verlegeart der Leitungen: A2            Leiterquerschnitt: <math>q = 1,5 \text{ mm}^2</math></p>
<p><b>Spannungsfall</b></p> <p>Steckdosenanschluss <math>\rightarrow I_N</math> muss zur Berechnung angesetzt werden</p> $\text{Spannungsfall: } \Delta U = \frac{2 \cdot l \cdot I_N \cdot \cos \varphi}{\kappa \cdot q} = \frac{2 \cdot 24 \cdot 10 \cdot 1}{57 \frac{\text{m}}{\Omega \cdot \text{mm}^2} \cdot 1,5 \text{ mm}^2} = 5,61 \text{ V}$ <p>Der höchstzulässige Spannungsfall von 6,9V wird eingehalten  <math>\rightarrow</math> Querschnitt <math>q = 1,5 \text{ mm}^2</math></p>

Dokumentieren Sie das Ergebnis für Stromkreis F4.

<b>LS-Schalter:</b>	
<b>Mantelleitung:</b>	



## Unterrichtskonzept mit illustrierenden Aufgaben

Berufsschule, Informationselektroniker/Informationselektronikerin, 2. Ausbildungsjahr

Erklären Sie das Vorgehen zur Leitungsauslegung des Lüfters (keine Berechnung nötig).

Der Lüfter benötigt lediglich eine Leitung von maximal 4,5 W.

Bei so geringer Belastung kann man den Lüfter an einen vorhandenen

Stromkreis anfügen (z.B. F \_\_\_\_).

Benennen Sie nochmals die wichtigsten Schritte bei der fachgerechten Leitungsdimensionierung!

*Betriebsstrom  $I_B$  ermitteln (Typenschild, messen, berechnen)*

*Nennstrom  $I_N$  und Charakteristik der Sicherung wählen ( $I_N$  größer  $I_B$ )*

*Verlegeart ermitteln*

*Anzahl belasteter Adern ermitteln*

*Mindestquerschnitt nach Tabelle festlegen (DIN VDE 0298-4)*

*tatsächliche Strombelastbarkeit  $I_z$  nach Tabelle überprüfen ( $I_z$  größer  $I_N$ )*

*Spannungsfall  $\Delta U$  überprüfen, ggf. Querschnitt erhöhen ( $\Delta U$  kleiner 3%)*

Dokumentieren Sie hier nochmals die Ergebnisse für die Stromkreise

<b>Stromkreis:</b>	
<b>LS-Schalter:</b>	
<b>Mantelleitung:</b>	

<b>Stromkreis:</b>	
<b>LS-Schalter:</b>	
<b>Mantelleitung:</b>	

<b>Stromkreis:</b>	
<b>LS-Schalter:</b>	
<b>Mantelleitung:</b>	





## 1.7.2 Arbeitsplanung

Werkzeugliste

Erstellen Sie eine Liste des benötigten Werkzeugs:

Pos	Anzahl	Werkzeug
1	1	Seitenschneider
2	1	Satz Schraubendreher
3	1	Meterstab, Stifte, Leuchte
4	1	Abisolierzange, Abmantler
5	1	Wasserwaage
6	1	Hammer
7	1	Bohrmaschine
8	1	Schaufel, Besen, Müllsack, Staubsauger
9	1	Duspol, Multimeter
10	1	Messer, Gipsgeschirr
11	1	Leiter
12	1	Säge, Feile
13	1	Flex (Trennschleifer)
14	1	Zugband, Zugdraht
15	1	Leitungsroller, Verlängerungskabel

## Arbeits- und Einsatzplan

Erstellen Sie einen nach Ihrer Einschätzung realistischen Arbeits- und Einsatzplan:

Pos	Dauer	Tätigkeit
1	30min	Anfahrt zum Kunden
2	15min	Material ausladen
3	45min	Montageort erkunden, ausmessen und anzeichnen
4	60min	Löcher für Abzweigdosen und Betriebsmittel bohren
5	120min	Schlitzten, Stemmen, Fräsen
6	15min	Rohre und Leitungen einziehen
7	30min	Steckdosen und Lichtschalter montieren
8	30min	Leitung verklemmen
9	15min	Baustelle reinigen
10	30min	VDE Messungen, Funktionsprüfung, Messprotokoll ausfüllen
11	30min	Übergabe an den Kunden
12	30min	Rückfahrt zur Firma

## 2 Gefahren des elektrischen Stroms und Sicherheit

Bevor Sie zum Kunden für den Einsatz fahren können, sollen Sie sich nochmals über die Gefahren des elektrischen Stromes und die Sicherheit informieren.

Elektrischer Strom ist unentbehrlich und der Umgang mit elektrischer Energie ist selbstverständlich geworden. Bei nicht sachgemäßem Umgang können sich aber gefährliche Situationen ergeben:

### 2.1 Gefahren des elektrischen Stromes (Abbildung: Europa Lehrmittel)

#### **Von der Küche in die Intensivstation:**

Ein 27-jähriger Mitarbeiter des Störungsnotdienstes stellte am 1. Weihnachtsfeiertag seinen Werkzeugkasten auf den defekten Elektroherd und wird darauf hin von einem Stromschlag getroffen. Der junge Mann musste den Rest der Feiertage auf der Intensivstation verbringen. „Ich hatte den Tod vor Augen, war hilflos, bekam keine Luft mehr, habe gezittert“

Bericht aus dem Münchner Merkur

Im Folgenden werden die Gefahren des elektrischen Stroms und die damit verbundenen Fehler und Sicherheitsregeln wiederholt.

Das Bild rechts zeigt den Transformator als Energiequelle, die Aufteilung von N und PE für die Netzform und den Elektroherd als Verbraucher.

Um welche Netzform handelt es sich hier?

**TN-C-S-System**

#### 2.1.1 Stromunfall

Bei dem Stromunfall (Bericht aus dem Tagesanzeiger) führte das Gehäuse des Elektroherdes versehentlich Spannung. Dadurch kann bei Berührung ein elektrischer Strom durch den Körper fließen.

a) Mit welchem spannungsführenden elektrischen Leiter ist das Gehäuse des Elektroherdes (Bild rechts) indirekt verbunden?

**L3**

b) Wie hoch ist die Spannung  $U$  zwischen zwei Außenleitern (z.B. zwischen L1 und L2) in unserem Niederspannungsnetz?

**400 V**

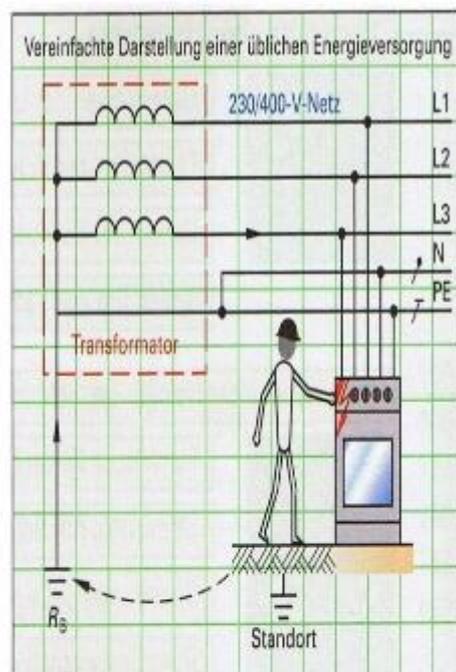
c) Wie hoch ist die Spannung  $U$  zwischen einem Außenleiter (z.B. L2) und dem Neutralleiter N in unserem Niederspannungsnetz?

**230 V**

d) Wie hoch ist die Spannung zwischen einem Außenleiter (z.B. L2) und dem Schutzleiter?

**230 V**

e) Zeichnen Sie den Stromfluss über den menschlichen Körper im Bild farbig ein.



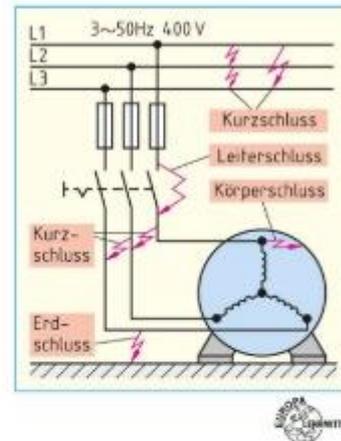
## 2.1.2 Fehlerarten

In der Elektrotechnik werden verschiedene Fachbegriffe für Fehlerarten verwendet

Das Bild rechts gibt einen Überblick:

Um welchen Fehler hat es sich beim Unfall im Eingangsbeispiel gehandelt?

**Kurzschluss**



Ordnen Sie in folgender Tabelle die Fehlerarten 1 bis 5 richtig zu:

Beschädigung der Isolierung von Feuchtraumleitungen bei Befestigung der Leitung mit Hakennägeln anstelle von Kunststoffschellen	Isolationsfehler _____
Eine leitende Verbindung zwischen den Spannung führenden Leitern und dem Metallgehäuse eines Elektrogerätes, wenn die Zuleitung nicht durch Gummi- oder Kunststoffnippel eingeführt wird.	Körperschluss _____
Ein mehradriges Erdkabel wird durch Bauarbeiten so beschädigt, dass bei einem Spannung führenden Leiter die Isolation zerstört wird und eine Verbindung zur Erde entsteht.	Erschluss _____
Eine Hausfrau bügelt mit der Aluminiumsohle über eine PVC-Verlängerungsleitung. Der Neutraleiter wird dabei niederohmig (d.h. vollkommen) mit der Bügeleisensohle verbunden	nichts (Körperschluss _____ nur bei L1, L2, L3) _____
Eine Unachtsamkeit bei der Instandsetzung eines Elektrowärmgerätes mit Heizspiralen kann dazu führen, dass eine lose Metallschraube im Gerät die Heizwiderstände überbrückt.	Leiterschluss _____
Die durchgescheuerte Leitung eines elektrischen Rasenmähers liegt mit dem blanken Außenleiter am Metallhandgriff des schutzisolierten Gerätes.	Körperschluss _____
Ist die Zugentlastung bei Anschluss einer vieradrigen Zuleitung zu einem Elektromotor unzureichend, so können sich bei Zugbeanspruchung z.B. zwei Spannung führende Leiter direkt berühren.	Kurzschluss _____
Bei einer Lampenmontage wurde der Außenleiter so gequetscht, dass schließlich der blanke Leiter mit dem Baustahl der Betondecke dauerhaften Kontakt bekam.	Erdschluss _____

### 2.1.3 Schutzarten

Elektrische Betriebsmittel wie Lampen, Elektrogeräte oder Installationsmaterial müssen jederzeit zuverlässig funktionieren.

Um eine klare Aussage darüber zu erhalten, gegen welche Einflüsse ein Produkt geschützt ist, wurden die **IP Schutzarten** (= *International Protection Codes*) eingeführt. In den jeweiligen Kategorien ist genau definiert, inwieweit das unerwünschte Eindringen von Fremdkörpern und Feuchtigkeit in das Geräteinnere unterbunden wird.

Tragen Sie mit Hilfe Ihres Tabellenbuchs die allgemeine Bedeutung der ersten und zweiten Ziffer der IP Schutzarten ein.

Schutz gegen Eindringen von Fremdkörpern und Staub

IP



Schutz gegen Eindringen von Wasser

#### Beispiele:

Erklären Sie mit Hilfe Ihres Tabellenbuches folgende Beispiele für IP Schutzarten.

Montage im überdachten Bereich	IP 23	2: Schutz gegen Eindringen mittelgroßer Fremdkörper ( $d \geq 12mm$ ) 3: Schutz gegen Sprühwasser mit max. 60° zur Senkrechten
Montage an der äußeren Hauswand	IP 44	4: Schutz gegen Eindringen kornförmiger Fremdkörper ( $d \geq 1mm$ ) 4: Schutz gegen Spritzwasser aus allen Richtungen
Montage in trockenen Innenräumen	IP 20	2: Schutz gegen Eindringen mittelgroßer Fremdkörper ( $d \geq 12mm$ ) 0: kein Schutz
Montage im Badezimmer	IP X4, IP X5, IP X6	X4: Schutz gegen Spritzwasser aus allen Richtungen X5: Schutz gegen Wasserstrahl aus allen Richtungen X6: Schutz gegen starken Wasserstrahl aus allen Richtungen

## 2.1.4 Folgen des elektrischen Stroms für den menschlichen Körper

Wie im Unfallbericht beschrieben, kann der elektrische Strom durch einen menschlichen Körper fließen.

Welche Folgen kann dieser Stromfluss haben?

Tödliche Wirkung

Herzkammerflimmern

Verbrennungen (innerlich, äußerlich)

Nervenschäden, Blutvergiftung

Physiologische Wirkung (bei Wechselstrom 50 bis 60 Hz)
Wahrnehmung <ul style="list-style-type: none"> <li>mit der Zunge ab 4,0 ... 5,0 <math>\mu</math>A</li> <li>mit den Fingern ab 1,0 ... 1,5 mA</li> </ul>
Loslassschwelle <ul style="list-style-type: none"> <li>bei Frauen ab 6 mA</li> <li>bei Männern ab 9 mA</li> </ul>
Verkrampfung der Atemmuskulatur <ul style="list-style-type: none"> <li>ab 20 mA</li> </ul>
Herzkammerflimmern <ul style="list-style-type: none"> <li>ab 50 mA</li> </ul>
Stromstärker mit häufig tödlicher Wirkung: <ul style="list-style-type: none"> <li>ab 500 mA</li> </ul>
<b>Stromwahrnehmungen</b>

Welche Faktoren beeinflussen die Wirkungen des elektrischen Stromes, der durch einen menschlichen Körper fließt?

Höhe der Berührungsspannung, Körperwiderstand des Menschen, Einwirkzeit,

Übergangswiderstände, Höhe des Fehlerstromes

Anhand einiger Untersuchungen hat man beim Menschen einige Wahrnehmungen des elektrischen Stromes festgestellt.

Beantworten Sie mit Hilfe der Tabelle (Stromwahrnehmungen) die folgenden Fragen.

a) Ab welcher Stromstärke ist elektrischer Strom wahrnehmbar?

mit der Zunge ab 4,0 - 5,0  $\mu$ A, mit dem Finger ab 1,0 - 1,5 mA

b) Welche Stromstärke führt bei Wechselstrom meist zu Herzkammerflimmern?

50 mA

c) Ab welcher Stromstärke ist elektrischer Strom häufig tödlich?

500 mA

Maximale Berührungsspannung  $U_L$  und Wirkungsbereiche: (Abbildung: Europa Lehrmittel)

- Der menschliche Körper hat einen Widerstand  $R_K$  von etwa  $1\text{ k}\Omega$
- Fließt ein Strom, so fällt am Körper (am Widerstand  $R_K$ ) eine Spannung ab. Diese Spannung nennt man Berührungsspannung  $U_B$  bzw.  $U_T$  (engl. Touch)
- Die maximale Berührungsspannung nennt man  $U_L$

Die maximale Höhe der Berührungsspannung  $U_L$  wurde international vereinbart. Geben Sie die Werte unter Berücksichtigung der Spannungsarten AC und DC an.

a)  $U_L$  für Menschen:

**50V AC, 120V DC**

b)  $U_L$  für Tiere:

**50V AC, 120V DC**

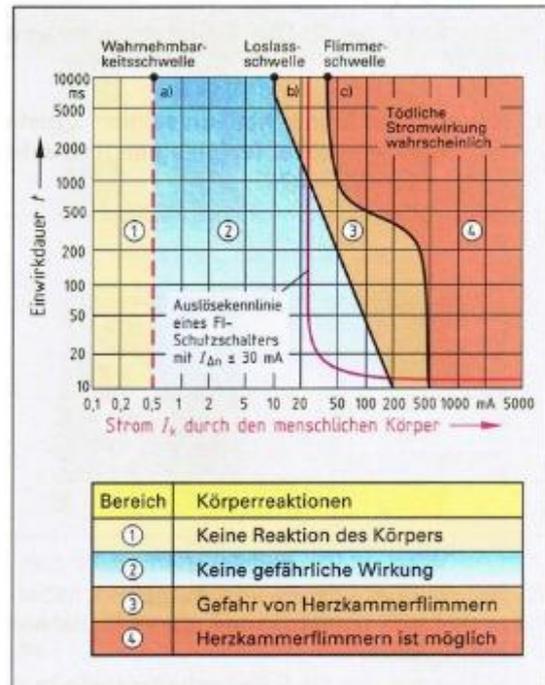
Geben Sie die Formel an, mit der man die Berührungsspannung  $U_B$  am Körper von Menschen und Nutztieren berechnet.

$$U_B = I_K \cdot R_K$$

$U_B$  Berührungsspannung;  $I_K$  Körperstrom  $R_K$  Körperwiderstand

Untersuchungen für 50-Hz-Wechselstrom haben nach IEC 479 vier Wirkungsbereiche ergeben.

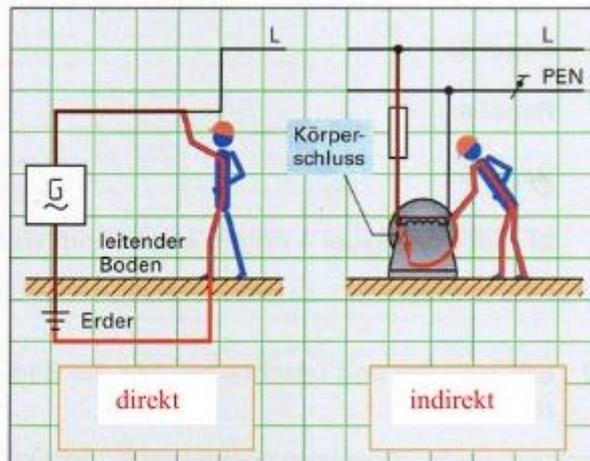
Ergänzen Sie die Tabelle und berechnen Sie mithilfe des ohmschen Gesetzes die Berührungsspannung  $U_B$  bei einem angenommenen Körperwiderstand von  $1,2\text{ k}\Omega$ .



Körperreaktionen				
Körperstrom	2 mA	0,2 mA	200 mA	0,75 A
Einwirkdauer	200 ms	10 s	50 ms	20 ms
Wirkungsbereich				
Berührungsspannung	2	1	3	4
Körperreaktion	2,4 V	0,24 V	240 V	900 V
	Keine gefährliche	Keine	Gefahr von Herzkammerflimmern	Tödliche Wirkung

## 2.1.5 Berührarten (Abbildung: Europa Lehrmittel)

In der Elektrotechnik wird zwischen direktem und indirektem Berühren unterschieden. Tragen Sie die jeweiligen Berührungsarten in das Bild ein.



## 2.1.6 Schutzklassen (Abbildungen: Europa Lehrmittel)

Zum Schutz gegen indirektes Berühren gibt es verschiedene Maßnahmen.

Auf dem Typenschild des Elektroherds befindet sich beispielsweise nebenstehendes Symbol.



Was bedeutet dieses Symbol?

Schutzklasse I

Erstellen Sie eine Liste mit Symbolen, Fachbegriff und Beispiel der verschiedenen Schutzklassen:

Schutzklasse	Symbol	Fachbegriff und Beispiel
I		Schutzerdung z.B. E-Motor, Elektroherd
II		Schutzisolierung z.B. Leuchten Schutzkleinspannung
III		z.B. Spielzeug

## 2.1.7 Sicherheitsregeln

Als Auszubildender haben Sie vom Meister den Auftrag erhalten, eine beschädigte Schutzkontaktsteckdose auszutauschen. In welcher festgelegten Reihenfolge muss man bei dem Austausch vorgehen und welche Tätigkeiten sind dabei auszuführen?

Stromkreis unterbrechen

---

Gegen Wiedereinschalten sichern

---

Spannungsfreiheit feststellen

---

Schutzkontaktsteckdose austauschen

---

Stromkreis wieder einsichern

---

Spannung prüfen (zwischen L und N und zw. L und PE)

---

Funktion prüfen, VDE-Messung

---

Damit ein gefahrloses Arbeiten an elektrischen Anlagen möglich ist, wurden in der DIN VDE 0105 jedoch 5 Sicherheitsregeln festgelegt.

a) Nennen Sie die 5 Sicherheitsregeln. Beachten Sie dabei die vorgeschriebene Reihenfolge.

Freischalten

---

Gegen Wiedereinschalten sichern

---

Spannungsfreiheit feststellen

---

Erden und kurzschließen

---

Benachbarte unter Spannung stehende Teile abdecken oder abschränken

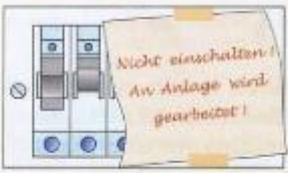
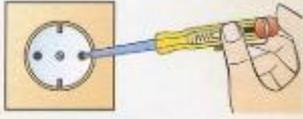
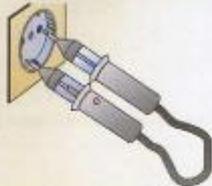
---

b) Muss die Regel 4 und 5 immer angewandt werden? Begründen Sie Ihre Antwort!

Nein, in Anlagen mit Bemessungsspannungen kleiner als 1000 V kann unter Umständen davon abgewichen werden (Regel 5 wenn nötig immer)

---

Beschreiben Sie die Bilder in der Tabelle. Streichen Sie die Tätigkeit bzw. Beschreibung, die unsicher ist/sind. (Abbildungen: Europa Lehrmittel)

Tabelle: Arbeiten an einer elektrischen Anlage			
Bild			
Tätigkeit, Beschreibung	<p>Gegen Wiedereinschalten sichern</p>	<p>Spannungsfreiheit feststellen (einpolig nicht erlaubt)</p>	<p>Spannungsfreiheit feststellen (zweipolig)</p>
	Sicherheitsregel:	Sicherheitsregel:	Sicherheitsregel:

Bei Unfällen durch den elektrischen Strom muss zuerst der über den Menschen fließende Strom unterbrochen werden. Dabei unterscheidet man Maßnahmen in

- Niederspannungsanlagen (< 1000 V),
- Hochspannungsanlagen (> 1000 V)
- und Anlagen mit unbekannter Spannung

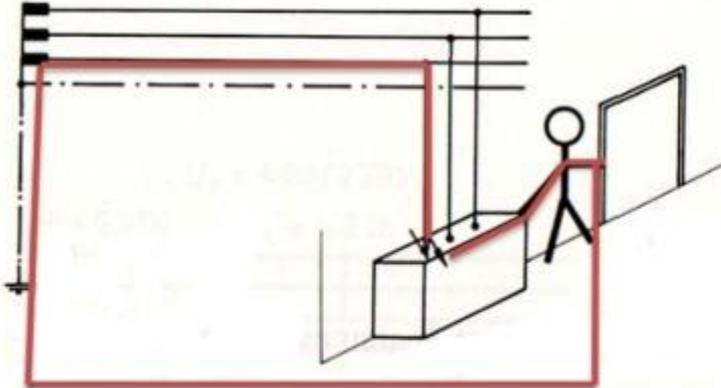
Nennen Sie Möglichkeiten zur Spannungsunterbrechung und ergänzen Sie die Tabelle.

Anlage	Maßnahme
Niederspannungsanlage	Wegstoßen mit isolierten Hilfsmitteln
Unbekannte Spannungsquelle	Wegstoßen mit isolierten Hilfsmitteln

## 2.1.8 Übungsaufgaben Fehlerstromkreise

### Aufgabe 1 (Abbildung: Springer Verlag, Fachkunde für Elektroberufe)

Ein elektrischer Unfall soll rekonstruiert werden. Eine Frau mit einem Körperwiderstand von  $1,5 \text{ k}\Omega$  hat gleichzeitig eine metallene Türzarge und ein defektes elektrisches Gerät der Schutzklasse 1, das nicht an den Schutzleiter angeschlossen ist, berührt.

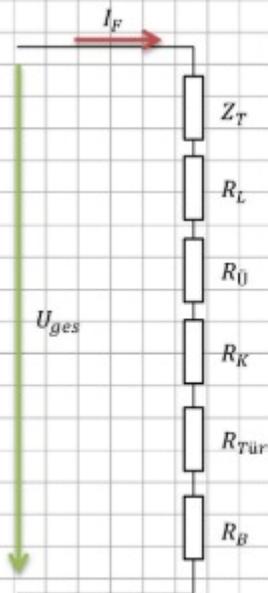


Die Nachprüfung der Situation ergab folgende Widerstände:

- Transformatorimpedanz:  $0,01 \Omega$
- Leitungswiderstand:  $0,68 \Omega$
- Übergangswiderstand an der Fehlerstelle:  $386 \Omega$
- Standortwiderstand:  $\infty$
- Erdungswiderstand TÜRZARGE:  $210 \Omega$
- Widerstand des Betriebserders:  $0,6 \Omega$
- Netzspannung:  $230 \text{ V}$

### Aufgaben:

- Zeichnen Sie den Fehlerstromkreis ein.
- Zeichnen Sie das elektrische Ersatzschaltbild der Fehlersituation.
- Bestimmen Sie den Fehlerstrom  $I_F$  durch den menschlichen Körper.
- Bestimmen Sie die Berührungsspannung  $U_B$ .



$$R_{ges} = Z_T + R_L + R_Ü + R_K + R_{Tür} + R_B$$

$$R_{ges} = 0,01\Omega + 0,68\Omega + 386\Omega + 1500\Omega + 210\Omega + 0,6\Omega$$

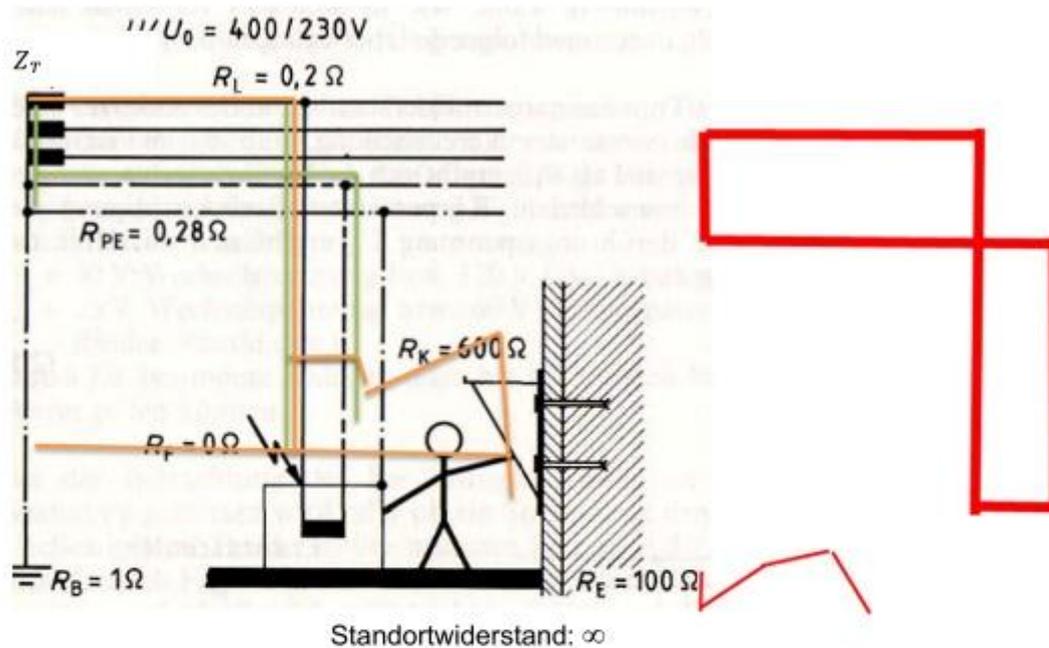
$$R_{ges} = 2097,29\Omega$$

$$I_F = \frac{U_{ges}}{R_{ges}} = \frac{230V}{2097,29\Omega} = 0,1096A = 110mA$$

$$U_B = R_K \cdot I_F = 1500\Omega \cdot 110mA = 164,5V$$

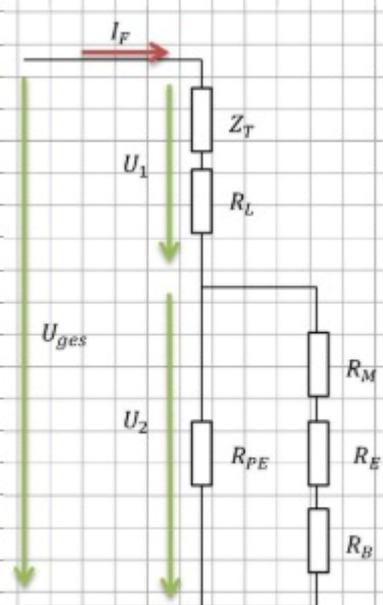
## Aufgabe 2 (Abbildung: Springer Verlag, Fachkunde für Elektroberufe)

Im nachfolgenden Fall soll die Berührungsspannung  $U_B$  bei einem vollkommenen Körperschluss ermittelt werden. Der Schutzleiter ist in diesem Fall vorschriftsmäßig angeschlossen.



### Aufgaben:

- Zeichnen Sie den Fehlerstromkreis ein.
- Zeichnen Sie das elektrische Ersatzschaltbild der Fehlersituation.
- Zeichnen Sie die Fehlerströme  $I_F$  in das Ersatzschaltbild ein.
- Bestimmen Sie den Strom durch den menschlichen Körper.
- Bestimmen Sie die Berührungsspannung  $U_B$ .



$$R_{ges} = Z_T + R_L + (R_{PE} || (R_M + R_E + R_B))$$

$$R_{MEB} = R_M + R_E + R_B$$

$$R_{MEB} = 600\Omega + 100\Omega + 1\Omega$$

$$R_{MEB} = 701\Omega$$

$$R_{PE\ MEB} = \frac{R_{PE} \cdot R_{MEB}}{R_{PE} + R_{MEB}} = \frac{0,28\Omega \cdot 701\Omega}{0,28\Omega + 701\Omega} = 0,28\Omega$$

$$Z_S = Z_T + R_L + R_{PE\ MEB} = 0,01\Omega + 0,2\Omega + 0,28 = 0,49\Omega$$

$$I_F = \frac{U_{ges}}{R_{ges}} = \frac{230V}{0,49\Omega} = 469,5A$$

$$U_1 = (Z_T + R_L) \cdot I_F = 0,21\Omega \cdot 469,5A = 98,6V$$

$$U_2 = U_{ges} - U_1 = 230V - 98,6V = 131,4V$$

$$I_B = \frac{U_2}{R_{MEB}} = \frac{131,4V}{701\Omega} = 0,187A = 187mA$$

$$U_B = R_M \cdot I_B = 600\Omega \cdot 187mA = 112,5V$$

Weitere Rechenübungen in Anhang Kapitel: 4.2



## 3.2 Abschaltzeiten in Netzsystemen

Im Falle eines Körperschlusses tritt im TN-System und im TT-System eine für den Menschen lebensgefährliche Berührungsspannung auf. Der Schutz muss durch ein entsprechend schnelles Abschalten gewährleistet werden.

- ✳ Bestimmen Sie mit Hilfe des Tabellenbuchs die vorgeschriebenen Abschaltzeiten für Endstromkreise wie auch Verteilerstromkreise bei  $U_0 \leq 230 \text{ V}$  bis **einschließlich 63A** im TN und TT-System.

	TN-System	TT-System
<b>Verteilerstromkreise</b>	$t_A \leq 5s$	$t_A \leq 0,2s$
<b>Endstromkreise</b>	$t_A \leq 0,4s$	$t_A \leq 1s$

- ✳ Beschreiben Sie den Unterschied zwischen Verteilerstromkreise und Endstromkreisen.

Verteilerstromkreise: z.B. Leitung zwischen Hauptverteilung und einer Unterverteilung

Endstromkreis: Stromkreis zum Endverbraucher; z.B. Leitung zw. Unterverteilung und

Steckdose



### 3.3.1 Auslösestrom der Sicherung bestimmen

Jede Sicherung (Schmelzsicherung oder Leitungsschutzschalter) benötigt einen bestimmten Auslösestrom, um innerhalb der geforderten Abschaltzeit auszulösen. Der im Falle des Körperschlusses auftretende Fehlerstrom  $I_K$  muss also mindestens so groß sein, wie der Auslösestrom der Sicherung. Die Bewertung, ob das gewählte Überstromschutzorgan auslöst lautet wie folgt:

$$I_K \geq I_A$$

Die notwendigen Auslöseströme der Sicherungen lassen sich aus ihren Auslösekennlinien entnehmen.

### 3.3.2 Beispiel Endstromkreis mit Leitungsschutzschalter

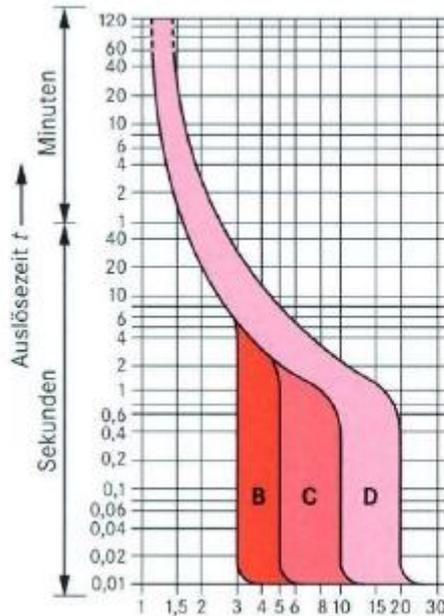
In einer elektrischen Anlage (TN – System 400/230 V / 50 Hz) wird die Schleifenimpedanz eines Endstromkreises von  $1,4\Omega$  gemessen. Der betreffende Stromkreis ist in der Verteilung mit einer B 10A LS Schalter abgesichert.

- ✘ Bearbeiten Sie zunächst die ersten 2 Spalten der Tabelle.
- ✘ Machen Sie ihren Lösungsweg in der Kennlinie für die LS-Schalter kenntlich (nä. Seite).
- ✘ Informieren Sie sich zum Korrekturfaktor.
- ✘ Vervollständigen Sie die Tabelle.

a) Tabelle: Überprüfen der Abschaltbedingung mit LS-Schalter

Auslösestrom $I_A$ in A (aus Kennlinie)	Fehlerstrom $I_K$ in A (berechnet)	Fehlerstrom korrigiert $I_{K,korr}$ in A (berechnet)	Beurteilung des Stromkreises
	$I_K = \frac{U_0}{Z_S}$ $I_K = \frac{230V}{1,4\Omega}$ $I_K = 164A$		
Auslösestrom $I_A$ in A (aus Kennlinie)	Fehlerstrom $I_K$ in A (berechnet)	Fehlerstrom korrigiert $I_{K,korr}$ in A (berechnet)	Beurteilung des Stromkreises
$I_a = 5 \cdot I_u$ $I_a = 5 \cdot 10A$ $I_a = 50A$	$I_K = \frac{U_0}{Z_S}$ $I_K = \frac{230V}{1,4\Omega}$ $I_K = 164A$	$I_{K,korr} = \frac{U_0}{Z_S \cdot 1,5}$ $I_{K,korr} = 110A$	Stromkreis ist ok, weil. $I_K > I_a$ .

b) Kennlinie Charakteristiken von LS-Schaltern (Abbildungen: ABB)



c) Korrekturfaktor bei Messung der Schleifenimpedanz

Da die Schleifenimpedanz von vielen äußeren Einflussfaktoren wie beispielsweise Temperaturschwankungen und Leitungshäufungen abhängt, gilt die Messung als unsicher. Deshalb wird ein **Korrekturfaktor von 1,5** eingerechnet.  
 D. h. zum gemessenen Wert der  $Z_S$  werden 50% dazu addiert, um Unsicherheiten zu berücksichtigen. Bei der Bewertung von Stromkreisen ist dabei nur der „verschlechterte“, d.h. vergrößerte Wert  $Z_{S,korr}$  von Interesse.

Beispielrechnung mit Korrekturfaktor:

Gemessener Wert:  $Z_S = 1,0 \Omega$

Korrigierter Wert:  $Z_{S,korr} = 1,0 \Omega \cdot 1,5 = 1,5 \Omega$

$$I_K = \frac{U_0}{Z_S} = \frac{230V}{1,0\Omega} = 230A$$

$$I_{K,korr} = \frac{U_0}{Z_{S,korr}} = \frac{230V}{1,5\Omega} = 153A$$

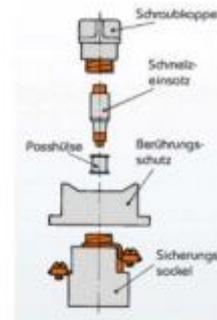
Somit gilt für den korrigierten Fehlerstrom folgender Zusammenhang:

$$I_{K,korr} = \frac{U_0}{Z_S \cdot 1,5}$$

### 3.3.3 Beispiel Endstromkreis mit Schmelzsicherung

(Abbildung: [elektro-wissen.de/Elektroinstallation/Neozed-Sicherungselement.php](http://elektro-wissen.de/Elektroinstallation/Neozed-Sicherungselement.php))

In einer elektrischen Anlage (TN – System 400/230 V / 50 Hz) wird die Schleifenimpedanz eines Endstromkreises von  $1,4\Omega$  gemessen. Der betreffende Stromkreis ist in der Verteilung mit einer 10 A gG Schmelzsicherung (Neozed-Bauform) abgesichert.

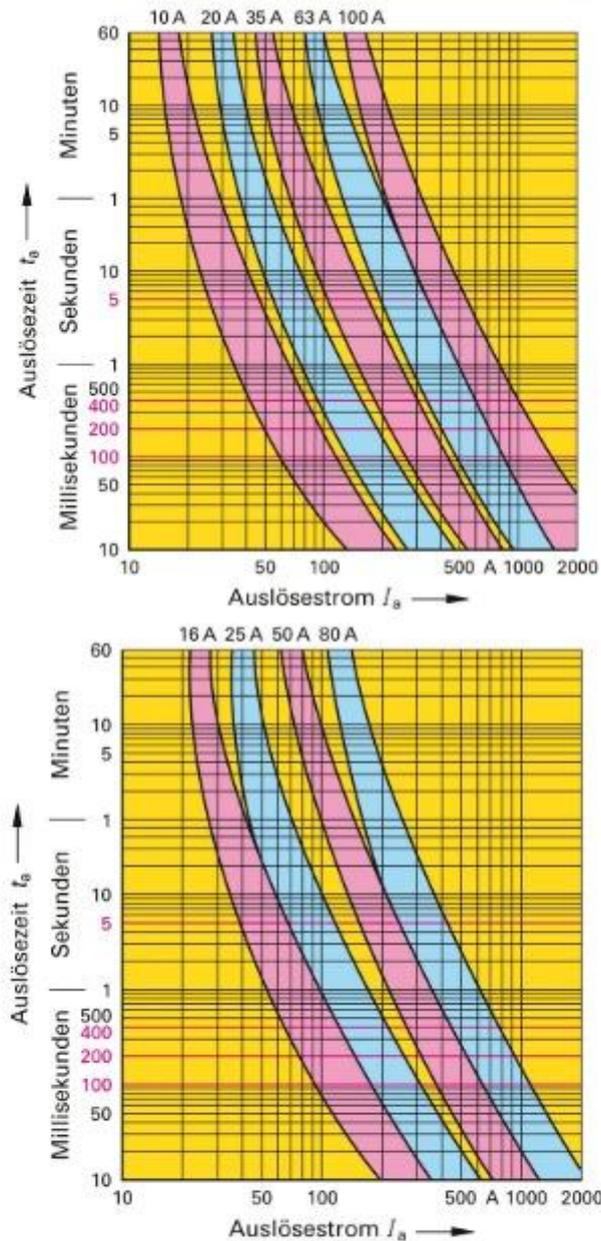


- ✘ Füllen Sie die Tabelle aus.
- ✘ Machen Sie ihren Lösungsweg in der Kennlinie für die Schmelzsicherung kenntlich (nä. Seite).

a) Tabelle: Überprüfen der Abschaltbedingung mit Schmelzsicherung

Auslösestrom $I_A$ in A (aus Kennlinie)	Fehlerstrom korrigiert $I_{K,korr}$ in A (berechnet)	Beurteilung des Stromkreises
$I_a = 80A$	$I_{K,korr} = \frac{U_0}{Z_S \cdot 1,5} = 110A$	i.O, da $I_K > I_A$

b) Kennlinien Schmelzsicherung (Abbildungen: Europa Lehrmittel)



Für die Schnellen:

- ✂ Informieren Sie sich mit dem Tabellenbuch über Schmelzsicherungen (Aufbau, Bauformen, Farbsystem etc.)
- ✂ Lösen Sie die Aufgabe mit den Kennlinien aus dem Tabellenbuch.





## 3.4 Zusatzinformationen

### 3.4.1 Stromkreise mit RCD

Bei Stromkreisen die mit einem RCD als zusätzlicher Schutz vor indirektem Berühren abgesichert sind, gilt die Abschaltbedingung als erfüllt. D.h. die Überprüfung der Schleifenimpedanz und des Fehlerstromes kann bei der Anlageprüfung entfallen. Jedoch wird die Messung in der Praxis auch für diese Stromkreise durchgeführt.

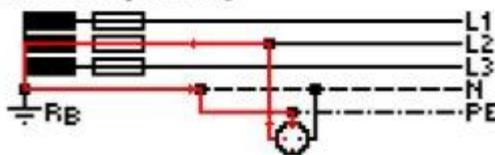
Nach der neuen DIN VDE 0100-410 (gültig ab 2018) müssen folgende Endstromkreise über einen RCD mit  $I_{\Delta N} \leq 30mA$  verfügen:

- Alle Steckdosenstromkreise, die Laien zugänglich sind bis  $I_N \leq 20A$
- Endstromkreise mit Steckdosen im Außenbereich bis  $I_N \leq 32A$
- Endstromkreise mit fest angeschlossenen ortsveränderlichen Betriebsmitteln bis  $I_N \leq 32A$
- Alle Beleuchtungsstromkreise, die Laien zugänglich sind.

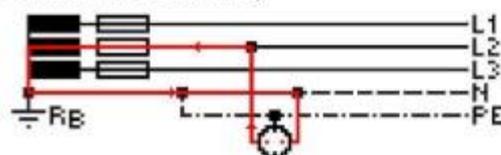
### 3.4.2 Schleifenimpedanz und Netzzinnenimpedanz

Bei der Anlagenprüfung ist es ausreichend nur die Fehlerschleife zwischen dem Schutzleiter und der Phase (z. B. L2) zu überprüfen. Man geht davon aus, dass die Schleifenimpedanz und die Fehlerschleife im Kurzschlussfall ähnlich hoch sind. Die Fehlerschleife bei einem Kurzschluss wäre zwischen dem Neutralleiter und einer Phase. Diese Schleife wird Netzzinnenimpedanz genannt. In der Praxis ist der Widerstand der beiden Fehlerschleifen jedoch meist unterschiedlich. Die Messung der Netzzinnenimpedanz kann durch die Fachkraft erfolgen, um zu testen, ob bei einem Kurzschluss die Abschaltbedingung erfüllt ist, sie ist aber nicht gefordert. Die unteren Bilder zeigen die 2 Messverfahren.

Schleifenimpedanz  $Z_S$



Netzzinnenwiderstand  $Z_I$



(Abbildungen: Springer Verlag, Fachkunde für Elektroberufe)

## 4 Übungs- und Vertiefungsaufgaben

### 4.1 Zu Kapitel: 1.5.1 Grundlagen der Leitungsdimensionierung

**Rechenübung zur Leitungsdimensionierung des Steckdosenkreises für den Kopierer** mit Anwendung der Umgebungstemperatur von 25 °C mit dem Umrechnungsfaktor  $f_1$  für die abweichende Umgebungstemperatur und dem Umrechnungsfaktor  $f_2$  für die Häufung von Leitungen.

- 1) Berechnen Sie aus den „Technischen Daten“ (siehe Datenblätter auf Seite 17 ) die Stromaufnahme  $I_B$  des Kopiergerätes (Leistungen im Wechselstromkreis TB S 36 ; Nehmen Sie für das Elektrogerät einen **cos φ von 1** an).

Stromaufnahme Kopiergerät

$$I_B = \frac{P}{U \cdot \cos \varphi};$$

$$I_B = \frac{2300 \text{ W}}{230 \text{ V} \cdot 1} = 10 \text{ A}$$

- 2) a) Entnehmen Sie dem Tabellenbuch die Bemessungsströme  $I_N$  der Überstromschutzeinrichtung (Sicherungen) für

das Kopiergerät:  $I_N = 16 \text{ A}$  ..... bei einer Umgebungstemperatur  $\vartheta_u = 25^\circ \text{C}$ .

- 3) Entnehmen Sie aus Kapitel 1.2.3 die Verlegeart der Leitungen: **A2** .....

- 4) Ermitteln Sie den Umrechnungsfaktor  $f_1$  für die abweichende Umgebungstemperatur ( $\vartheta = 30^\circ \text{C}$ ):

Umrechnungsfaktor  $f_1$ : **1,06 bei PVC-Leitungen** .....

- 5) Ermitteln Sie den Umrechnungsfaktor  $f_2$  für die Häufung von Leitungen:

Umrechnungsfaktor  $f_2$ : **0,7 bei drei Leitungen, auch wenn nur 2 belastet sind.** .....

- 6) Berechnen Sie die Bemessungswerte  $I_r$  der Strombelastbarkeit der Leitungen zum Kopiergerät.

**Formel**

$$I_r = \frac{I_z}{f_1 \cdot f_2};$$

Zuleitung Kopiergerät

$$I_r = \frac{I_z}{f_1 \cdot f_2};$$

$$I_r = \frac{16 \text{ A}}{1,06 \cdot 0,7} = 21,6 \text{ A}$$

gewählter Leiterquerschnitt: **2,5 mm<sup>2</sup>**

- 7) Überprüfen Sie, ob der für den Stromkreis F5 Kopierer gewählte Querschnitt  $2,5 \text{ mm}^2$  mit dem gewählten Leitungsschutzschalter abgesichert werden kann. Bestimmen Sie dazu  $I_z$ .

$$I_z = I_n \cdot f_1 \cdot f_2; I_z = 21,6 \text{ A} \cdot 1,06 \cdot 0,7 = 16,03 \text{ A};$$

$$I_z = 16,03 \text{ A} > I_n = 16 \text{ A} \Rightarrow \text{Querschnitt } 2,5 \text{ mm}^2 \text{ ist ausreichend}$$

- 8) Überprüfen Sie durch Rechnung, ob mit den geplanten Leiterquerschnitten der in DIN 18015 festgelegte Grenzwert für den Spannungsfall in den zwei Stromkreisen eingehalten wird.

**Formel**

$$\Delta U = \frac{2 \cdot l \cdot I \cdot \cos \varphi}{\gamma \cdot A}$$

<p><i>Spannungsfall</i></p> <p><i>Steckdosenanschluss <math>\rightarrow I_N</math> muss zur Berechnung angesetzt werden</i></p> <p><i>Spannungsfall: <math>\Delta U = \frac{2 \cdot l \cdot I_N \cdot \cos \varphi}{\kappa \cdot q} = \frac{2 \cdot 22 \text{ m} \cdot 16 \text{ A} \cdot 1}{57 \frac{\text{m}}{\Omega \cdot \text{mm}^2} \cdot 2,5 \text{ mm}^2} = 4,94 \text{ V}</math></i></p> <p><i>Der höchstzulässige Spannungsfall von <math>6,9 \text{ V}</math> wird eingehalten</i></p> <p><i><math>\rightarrow q = 2,5 \text{ mm}^2</math></i></p>
---

Dokumentieren Sie das Ergebnis für Stromkreis F5.

<b>LS-Schalter:</b>	
<b>Mantelleitung:</b>	

**Rechenübung zur Leitungsdimensionierung des Steckdosenkreises für den Infrarotstrahler** mit Anwendung der Umgebungstemperatur von 25 °C mit dem Umrechnungsfaktor  $f_1$  für die abweichende Umgebungstemperatur und dem Umrechnungsfaktor  $f_2$  für die Häufung von Leitungen.

- 1) Berechnen Sie aus den „Technischen Daten“ (siehe Datenblätter auf Seite **Fehler! Textmarke nicht definiert.**) die Stromaufnahme  $I_B$  des Kopiergerätes (Leistungen im Wechselstromkreis TB S 36 .. ; Nehmen Sie für das Elektrogerät einen **cos  $\varphi$  von 1 an**).

Stromaufnahme Infrarotstrahlers

$$I_B = \frac{P}{U \cdot \cos \varphi};$$

$$I_B = \frac{2000 \text{ W}}{230 \text{ V} \cdot 1} = 8,7 \text{ A}$$

- 2) a) Entnehmen Sie dem Tabellenbuch die Bemessungsströme  $I_N$  der Überstromschutzeinrichtung (Sicherungen) für

das Kopiergerät:  $I_N = 10 \text{ A}$  ..... bei einer Umgebungstemperatur  $\vartheta_u = 25^\circ \text{ C}$ .

- 3) Entnehmen Sie aus Kapitel 1.2.3 die Verlegeart der Leitungen: **A2** .....

- 4) Ermitteln Sie den Umrechnungsfaktor  $f_1$  für die abweichende Umgebungstemperatur ( $\vartheta = 30^\circ \text{ C}$ ):

Umrechnungsfaktor  $f_1$ : **1,06 bei PVC-Leitungen** .....

- 5) Ermitteln Sie den Umrechnungsfaktor  $f_2$  für die Häufung von Leitungen:

Umrechnungsfaktor  $f_2$ : **0,7 bei drei Leitungen, auch wenn nur 2 belastet sind** .....

- 6) Berechnen Sie die Bemessungswerte  $I_r$  der Strombelastbarkeit der Leitungen zum Kopiergerät.

**Formel**

$$I_r = \frac{I_z}{f_1 \cdot f_2};$$

Zuleitung Kopiergerät

$$I_r = \frac{I_z}{f_1 \cdot f_2};$$

$$I_r = \frac{10 \text{ A}}{1,06 \cdot 0,7} = 13,5 \text{ A}$$

gewählter Leiterquerschnitt: **2,5 mm<sup>2</sup>**

- 7) Überprüfen Sie, ob der für den Stromkreis F30 Kopierer gewählte Querschnitt 2,5 mm<sup>2</sup> mit dem gewählten Leitungsschutzschalter abgesichert werden kann. Bestimmen Sie dazu I<sub>z</sub>.

$$I_z = I_r \cdot f_1 \cdot f_2; I_z = 13,5 \text{ A} \cdot 1,06 \cdot 0,7 = 10 \text{ A};$$

$$I_z = 10 \text{ A} \geq I_n = 10 \text{ A} \Rightarrow \text{Querschnitt } 2,5 \text{ mm}^2 \text{ ist ausreichend}$$

- 8) Überprüfen Sie durch Rechnung, ob mit den geplanten Leiterquerschnitten der in DIN 18015 festgelegte Grenzwert für den Spannungsfall in den zwei Stromkreisen eingehalten wird.

**Formel**

$$\Delta U = \frac{2 \cdot l \cdot I \cdot \cos \varphi}{\gamma \cdot A}$$

<i>Spannungsfall</i>	
<i>Steckdosenanschluss → I<sub>N</sub> muss zur Berechnung angesetzt werden</i>	
<i>Spannungsfall: <math>\Delta U = \frac{2 \cdot l \cdot I_N \cdot \cos \varphi}{\kappa \cdot q} = \frac{2 \cdot 24 \cdot 10 \cdot 1}{57 \frac{\text{m}}{\Omega \cdot \text{mm}^2} \cdot 2,5 \text{ mm}^2} = 3,37 \text{ V}</math></i>	
<i>Der höchstzulässige Spannungsfall von 6,9V wird eingehalten</i>	
<i>→ <u>q = 2,5 mm<sup>2</sup></u></i>	

Dokumentieren Sie das Ergebnis für Stromkreis F \_\_\_\_\_

<b>LS-Schalter:</b>	
<b>Mantelleitung:</b>	

## 4.1.1 Aufgabe Leitungsdimensionierung

Aufgabe: Festinstallation eines Heizstrahlers (Abbildung: [VARMA TEC Infrarot-Heizstrahler VARMA 400 PROFISHOP.de](http://VARMA.TEC-Infrarot-Heizstrahler-VARMA-400-PROFISHOP.de))

In einer Werkstatt sollen lackierte Teile getrocknet werden. Die zu verlegende NYM-Leitung mit einer Länge von 15m wird direkt auf Putz mit Schellen verlegt. Bestimmen Sie den zu verlegenden Querschnitt und wählen Sie eine geeignete Sicherung aus.



### Produktbeschreibung

Der Heizstrahler ist ideal zur Beheizung von Arbeitszonen, Hallen, Werkstätten, Supermärkten, wie auch zur Trocknung bei industriellen Prozessen.

Schutzart: IP 20

Abmessungen: 400x345x135mm

Ausstattung: 2 Heizröhren

Nennleistung: 3kW

Nennspannung 230V

Installationshöhe: ca.3m

Geg:  $P = 3,0kW$ ,  $\cos\varphi = 1$

$$I_b = \frac{P}{U}, I_b = \frac{3,0kW}{230V}, I_b = 13,04A$$

$$\Rightarrow I_n = 16A \text{ (aus Tabelle)}$$

$$\Rightarrow I_z \geq 16A \text{ (wegen Nennstromregel)}$$

Verlegeart: C, 2 belastete Adern  $\Rightarrow I_z = 21A$  (aus Tabelle),  $A = 1,5mm^2$  (aus Tabelle)

$$\Delta U = \frac{2 \cdot l \cdot I}{\kappa \cdot A} \cdot \cos\varphi, \Delta U = \frac{2 \cdot 15m \cdot 13,04A}{56 \frac{m}{\Omega \cdot mm^2} \cdot 1,5mm^2} \cdot 1, \Delta U = 4,65V$$

Spannungsfall kleiner als 3% von 230V (= 6,9V), daher kann die oben berechnete Leitung verwendet werden

## 4.1.2 Zusatzaufgaben Leitungsdimensionierung

### Aufgabe 1: Festinstallation eines Wechselstrommotors

In einer Montagehalle wird ein Wechselstrommotor über eine 23m lange Mantelleitung im Installationsrohr in einer Leichtbauwand mit Wärmedämmung fest angeschlossen. Die Bemessungsleistung beträgt 1,5 kW. Der Elektromotor weist einen Wirkungsgrad von 81% und der Leistungsfaktor ist 0,78.

a) Bestimmen Sie den zu verlegenden Querschnitt und wählen Sie eine geeignete Sicherung aus.

Geg: $l = 23\text{m}$ ; $P_N = 1.500\text{W}$ ; $\cos\varphi = 0,78$ ; $\eta = 0,81$ ; Verlegeart: A2
Ges: A; Sicherung
Lös:
a) $P_m = \frac{P_{ab}}{\eta} = \frac{1.500\text{W}}{0,81} = 1.851,58\text{W}$
$S = \frac{P_{zu}}{\cos\varphi} = \frac{1.851,58}{0,78} = 2373,82\text{VA}$
$I_B = \frac{S}{U} = \frac{2.373,82\text{VA}}{230\text{V}} = 10,321\text{A}$
$I_N \geq I_B \rightarrow I_N = 13\text{A}$ (K13A LS-Schalter)
$A = 1,5\text{mm}^2$
$\Delta U = \frac{2 \cdot l \cdot I \cdot \rho \cdot \cos\varphi}{A} = \frac{2 \cdot 23\text{m} \cdot 10,321\text{A} \cdot 0,78 \cdot 0,0178 \frac{\text{mm}^2 \cdot \Omega}{\text{m}}}{1,5\text{mm}^2} = 4,394\text{V}$
$\rightarrow$ Querschnitt $A = 1,5\text{mm}^2$ ausreichend

b) Bestimmen Sie Querschnitt und Schutzorgan, wenn der Motor nicht fest angeschlossen wäre, sondern an einer Steckdose betrieben wird. Beurteilen Sie das Ergebnis fachgerecht!

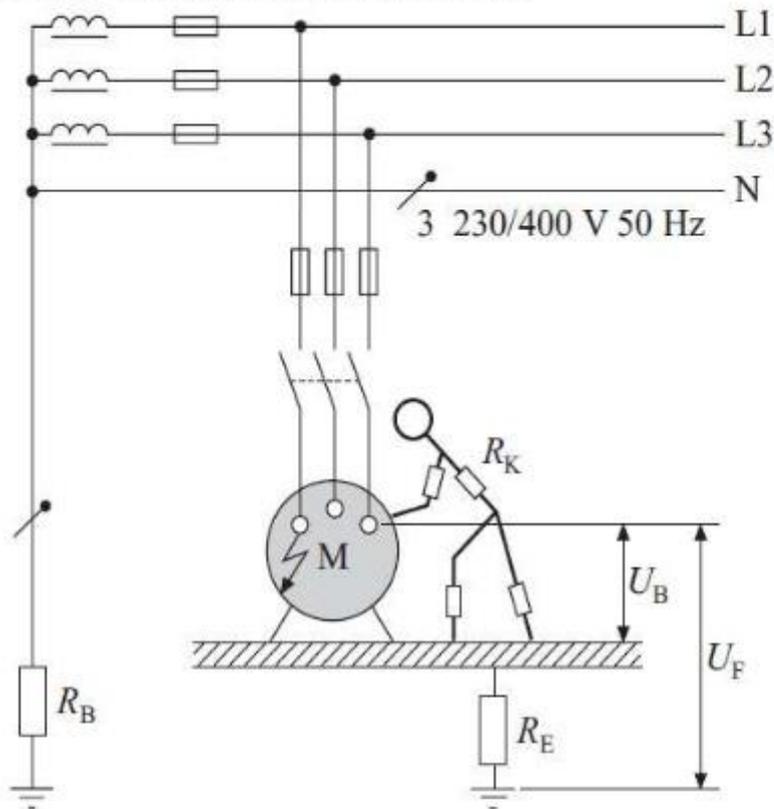
b) Maximale Leistung bei Steckdosen: 3.600W
$I_{\text{max}} = \frac{P}{U} = \frac{3.600\text{W}}{230\text{V}} \approx 16\text{A}$
$I_N \geq I_B \rightarrow I_N = 16\text{A}$ (C16A LS-Schalter; Kategorie C für bspw. Motoren)
$A = 1,5\text{mm}^2$
$\Delta U = \frac{2 \cdot l \cdot I \cdot \rho \cdot \cos\varphi}{A} = \frac{2 \cdot 23\text{m} \cdot 16\text{A} \cdot 0,0178 \frac{\text{mm}^2 \cdot \Omega}{\text{m}}}{1,5\text{mm}^2} = 8,73\text{V}$
$\rightarrow$ Höchstzulässiger Spannungsfall überschritten $\rightarrow$ Q erhöhen auf $2,5\text{mm}^2$
und wieder überprüfen $\rightarrow$ i.O da $\Delta U = 5,3\text{V} \rightarrow$ kleiner als $6,9\text{V}$



## 4.2 Zu Kapitel: 2.1.8 Übungsaufgaben Fehlerstromkreise

### 4.2.1 Zusatzaufgaben

**Aufgabe 1:** (Abbildung: Springer Verlag, Fachkunde für Elektroberufe)



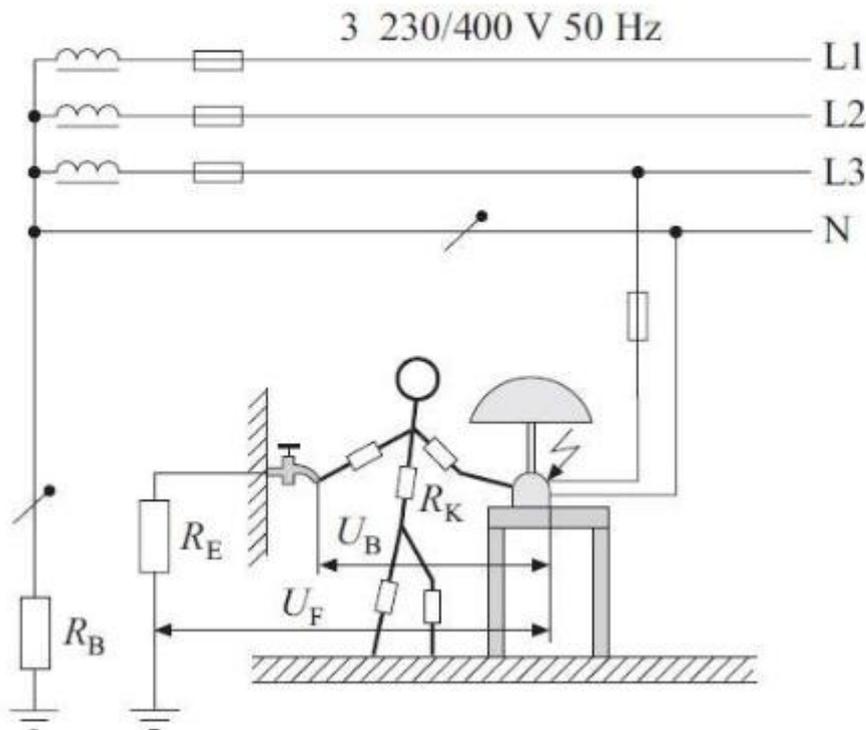
**Die Nachprüfung der Situation ergab folgende Widerstände:**

- Transformatorimpedanz:  $0,02 \Omega$
- Leitungswiderstand:  $0,68 \Omega$
- Standortwiderstand:  $20 \Omega$
- Widerstand des Betriebserders:  $0,5 \Omega$
- Körperwiderstand  $R_K$ :  $1 \text{ k}\Omega$

**Aufgaben:**

- Zeichnen Sie den Fehlerstromkreis ein.
- Zeichnen Sie das elektrische Ersatzschaltbild der Fehlersituation.
- Bestimmen Sie den Fehlerstrom  $I_F$  durch den menschlichen Körper. ( $I_F = 225 \text{ mA}$ )
- Bestimmen Sie die Berührungsspannung  $U_B$ . ( $U_B = 225 \text{ V}$ )
- Bestimmen Sie die Fehlerspannung  $U_F$ . ( $U_F = 229,5 \text{ V}$ )

**Aufgabe 2:** (Abbildung: Springer Verlag, Fachkunde für Elektroberufe)



**Die Nachprüfung der Situation ergab folgende Widerstände:**

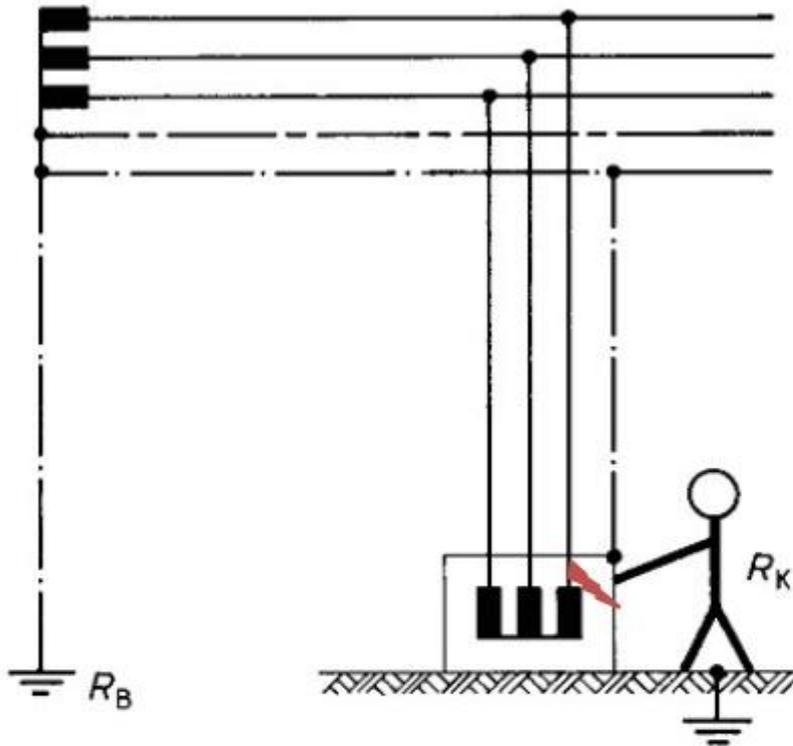
- Transformatorimpedanz:  $0,02 \Omega$
- Leitungswiderstand:  $0,68 \Omega$
- Standortwiderstand:  $2 \Omega$
- Widerstand des Betriebserders:  $0,5 \Omega$
- Hinweis: Der Mensch ( $R_K=1 \text{ k}\Omega$ ) steht isoliert.  $R_E$  ist der Standortwiderstand

**Aufgaben:**

- Zeichnen Sie den Fehlerstromkreis ein.
- Zeichnen Sie das elektrische Ersatzschaltbild der Fehlersituation.
- Bestimmen Sie den Fehlerstrom  $I_F$  durch den menschlichen Körper. ( $I_F = 229 \text{ mA}$ )
- Bestimmen Sie die Berührungsspannung  $U_B$ . ( $U_B = 229 \text{ V}$ )

Bestimmen Sie die Fehlerspannung  $U_F$ . ( $U_F = 229,5 \text{ V}$ )

**Aufgabe 3:** (Abbildung: Springer Verlag, Fachkunde für Elektroberufe)



Der Widerstand der Zuleitung ist 0,25 Ohm, der Widerstand des Schutzleiters beträgt 0,20 Ohm, der Widerstand des Menschen beträgt 1000 Ohm. Der Widerstand des Betriebsersers beträgt 5 Ohm. Alle anderen Widerstände werden als vernachlässigbar angenommen.

**Aufgaben:**

- Zeichnen Sie den Fehlerstromkreis ein.
- Zeichnen Sie das elektrische Ersatzschaltbild der Fehlersituation.
- Bestimmen Sie den Fehlerstrom  $I_F$  durch den menschlichen Körper. ( $I_F = 0,1A$ )
- Bestimmen Sie die Berührungsspannung  $U_B$ . ( $U_B = 100V$ )

## 4.2.2 Die 5 Sicherheitsregeln (Abbildungen: [▷ Gebotszeichen Vor Arbeiten freischalten | SQS \(sqs-shop.de\)](#) ; [Microsoft Word - 15\\_D\\_Amo132\\_0215.doc \(admin.ch\)](#); [Spannungsprüfer Dussol Benning.de](#) Fünf Sicherheitsregeln: [Elektropraktiker.de](#)

Notieren Sie die fünf Sicherheitsregeln in der nachfolgenden Tabelle und geben Sie jeweils eine kurze Erklärung an.

Überprüfe deine Ergebnisse im Partnergespräche mit deinem Nachbarn.



### 1. Freischalten

Allseitiges Abschalten und Abtrennen aller nicht geerdeter Leiter. Abtrennen muss zuverlässig erfolgen.



### 2. Gegen Wiedereinschalten sichern

Sichern z.B. durch Mitnahme der Schmelzsicherung, Abschließen oder Zukleben der Verteilung



### 3. Spannungsfreiheit feststellen

Mittels Spannungsmesser oder Spannungsprüfer feststellen  
Prüfgeräte müssen vorher überprüft werden.



### 4. Erden und Kurzschließen

Erforderlich in Anlagen bis AC 1000 V bzw. DC 1500 V  
nur bei Freileitungen und in Kabelnetzen. Darüber immer.



### 5. Benachbarte unter Spannung stehende Teile abdecken oder abschränken

Anwendung nur, wenn benachbart zur Arbeitsstelle  
Spannung führende Teile vorliegen (anderer Stromkreise)

## 5 Lernzielkontrolle

1. Die Mantelleitung für einen Wechselstrommotor (230V/50Hz) mit folgenden Daten soll dimensioniert werden:  $P = 2,3 \text{ kW}$ ,  $\eta = 0,85$ ,  $\cos\varphi = 0,81$ .

Die Leitungslänge beträgt 25m und sie wird auf Putz mit Schellen montiert.

- Führen Sie die Leitungsdimensionierung fachgerecht durch.
- Wählen Sie eine passende Sicherung aus
- Die Anlagenprüfung hat einen Wert der Schleifenimpedanz von  $0,8\Omega$  ergeben. Überprüfen Sie, ob die Abschaltbedingung erfüllt ist.

a)  $P_{zu} = \frac{P_{ab}}{\eta} = \frac{2300W}{0,85} = 2706W$

$I_B = \frac{P}{U \cdot \cos\varphi} = \frac{2706W}{230V \cdot 0,81} = 14,5 \text{ A}$

Belastete Adern: 2; Verlegeart: C  $\rightarrow$  nach Tabelle  $q = 1,5 \text{ mm}^2$

$\Delta U = \frac{2 \cdot l \cdot I \cdot \cos\varphi}{\kappa \cdot q} = \frac{2 \cdot 25m \cdot 14,5A \cdot 0,81}{56 \frac{m}{\Omega \cdot \text{mm}^2} \cdot 1,5 \text{ mm}^2} = 7,00 \text{ V} \rightarrow \text{n. i.O da größer als } 6,9V \rightarrow$

Querschnitt erhöhen:  $\Delta U = \frac{2 \cdot l \cdot I \cdot \cos\varphi}{\kappa \cdot q} = \frac{2 \cdot 25m \cdot 14,5A \cdot 0,81}{56 \frac{m}{\Omega \cdot \text{mm}^2} \cdot 2,5 \text{ mm}^2} = 5,2V \rightarrow \text{i.O.} \rightarrow q = 2,5 \text{ mm}^2$

b) LS C16A

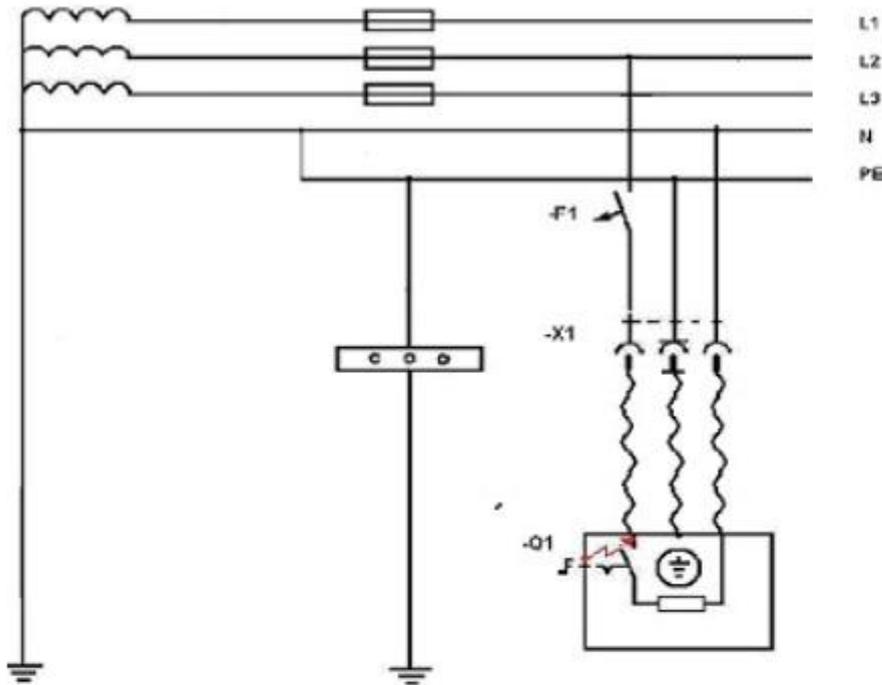
c)  $I_K = \frac{U_0}{Z_S \cdot 1,5} = \frac{230V}{0,8\Omega \cdot 1,5} = 192A$

LS C16A:  $I_A = 160A \rightarrow \text{i.O. da } I_K > I_A$

2. Ein Heizgerät mit einer Bemessungsleistung von 2 kW bei 230 V wird über eine 29m lange Leitung mit dem Querschnitt von 1,5 mm<sup>2</sup> angeschlossen. Die Verlegung erfolgt über H07V-U Unterputz (Wand mit Wärmedämmung) im Installationsrohr.
- Überprüfen Sie ob der Querschnitt nach der Verlegeart zulässig ist.
  - Wählen Sie einen passenden LS-Schalter aus.
  - Berechnen Sie für den Stromkreis den Spannungsfall auf der Leitung und die Spannung am Verbraucher. Beurteilen Sie das Ergebnis fachgerecht.
  - Berechnen Sie den Spannungsfall, wenn die Leitung für den Steckdosenstromkreis dimensioniert werden soll. Bewerten Sie Ihr Ergebnis.
  - Eine nachträgliche Schleifenimpedanzmessung hat einen Wert von 2,6 Ohm ergeben. Wie beurteilen Sie die Situation als Fachmann für beide Varianten? Begründen Sie Ihre Antwort.

a)	$I_B = \frac{P}{U \cdot \cos\phi} = \frac{2000W}{230V \cdot 1} = 8,7A$
	Belastete Adern: 2; Verlegeart: A1 → nach Tabelle i.O; Nennstromregel erfüllt
b)	LS B 10A bis B 16A (Festanschluss)
c)	$\Delta U = \frac{2 \cdot l \cdot I \cdot \cos\phi}{\kappa \cdot q} = \frac{2 \cdot 29m \cdot 8,7A}{56 \frac{m}{\Omega \cdot mm^2} \cdot 1,5mm^2} = 6,0V \rightarrow \text{i.O da kleiner als } 6,9V \rightarrow \text{Querschnitt}$
	verwendbar
	$U_2 = U_1 - \Delta U = 230V - 6,0V = 224V \rightarrow \text{Heizgerät noch im Bemessungsbetrieb?}$
d)	$\Delta U = \frac{2 \cdot l \cdot I_N \cdot \cos\phi}{\kappa \cdot q} = \frac{2 \cdot 29 \cdot 16A \cdot 1}{56 \cdot 1,5m} = 11,0V \rightarrow \text{n.i.O. da größer als } 6,9V \rightarrow \text{Querschnitt}$
	erhöhen
e)	$I_K = \frac{U_0}{Z_S \cdot l} = \frac{230V}{2,6\Omega \cdot 1,5} = 59A$
	LS B10A: $I_A = 50A \rightarrow \text{i.O.}$
	LSB16A: $I_A = 80A \rightarrow \text{n.i.O} \rightarrow \text{RCD verwenden (ist Vorschrift, falls Steckdose Laien)}$

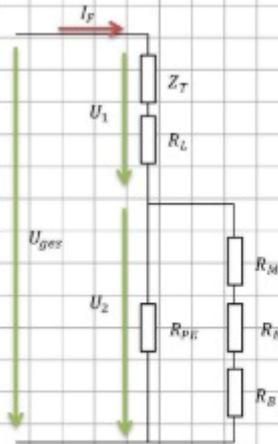
### 3. Fehlerstromkreis (Abbildung: Springer Verlag, Fachkunde für Elektroberufe)



Ein Mensch (Körperwiderstand 1000 Ohm) berührt das Gehäuse. Der Standortwiderstand beträgt 80 Ohm. Weitere Widerstände:  $R_B = 5$  Ohm,  $R_{LTG} = 0,25$  Ohm,  $Z_T = 0,2$  Ohm,  $R_{PE} = 0,21$  Ohm. Der PE-Leiter der Anschlussleitung ist fachgerecht angeschlossen, der Anlagenerder ist jedoch fehlerhaft mit einem sehr hohen Widerstand ( $R_A = \infty$ ). Die Netzspannung beträgt 400/230V.

#### Aufgaben:

- Zeichnen Sie den Fehlerstromkreis ein.
- Zeichnen Sie das elektrische Ersatzschaltbild der Fehlersituation.
- Bestimmen Sie den Fehlerstrom  $I_F$  durch den menschlichen Körper.
- Bestimmen Sie die Berührungsspannung  $U_B$ .
- Bestimmen Sie die Fehlerspannung  $U_F$ .



$$R_{ges} = Z_T + R_L + (R_{PE} || R_M + R_S + R_B)$$

$$R_{MSB} = R_M + R_S + R_B$$

$$R_{MSB} = 1000\Omega + 80\Omega + 5\Omega = 1085\Omega$$

$$R_{PE \ MSB} = \frac{R_{PE} \cdot R_{MSB}}{R_{PE} + R_{MSB}} = \frac{0,21\Omega \cdot 1085\Omega}{0,21\Omega + 1085\Omega} = 0,21\Omega$$

$$Z_S = Z_T + R_L + R_{PE \ MSB} = 0,2\Omega + 0,25\Omega + 0,209 = 0,66\Omega$$

$$I_F = \frac{U_{ges}}{R_{ges}} = \frac{230V}{0,66\Omega} = 348,5A$$

$$U_1 = (Z_T + R_L) \cdot I_F = 0,45\Omega \cdot 348,5A = 156,8V$$

$$U_2 = U_{ges} - U_1 = 230V - 156,8V = 73,2V$$

$$I_B = \frac{U_2}{R_{MSB}} = \frac{73,2V}{1085\Omega} = 0,187A = 0,067A$$

$$U_B = R_M \cdot I_B = 1000\Omega \cdot 0,067mA = 67,5V$$

## 5.1 Zusatzaufgabe

Ein Wechselstrommotor mit einer Nennleistung von 2,3kW ist an eine 42m lange Leitung (Mantelleitung in wärmegeämmter Wand) angeschlossen. Der Wirkungsgrad ist 83 Prozent, der Leistungsfaktor 0,78 und die Umgebungstemperatur beträgt 30°C. Der Anlaufstrom des Motors beträgt das 8-fache des Nennstroms und darf beim Einschaltvorgang nicht zum Auslösen der Sicherung führen.

- Bestimmen Sie die Sicherung (Nennstrom und Charakteristik)
- Wählen Sie den richtigen Querschnitt anhand der Verlegeart
- Berechnen Sie den Spannungsfall und bewerten Sie das Ergebnis
- Berechnen Sie den Leistungsverlust
- Beurteilen Sie, ob die gemessene Schleifenimpedanz von 1,12 Ohm genügt. Falls nicht, schlagen Sie geeignete Maßnahmen vor.

$$a) P_{zu} = \frac{P_{ab}}{\eta} = \frac{2300W}{0,83} = 2771W$$

$$I_B = \frac{P}{U \cdot \cos\phi} = \frac{2771}{230V \cdot 0,78} = 15,4A \rightarrow \text{LS C16A}$$

Auswahl der Sicherung über erhöhten Anlaufstrom:  $I_{A,min} = 5 \cdot 16A = 80A$  (hier kann der LSS bereits auslösen)

Vergleichen mit Anlaufstrom des Motors:  $I_{a,Motor} = 8 \cdot 15,4A = 123,2A$

→ Der Anlaufstrom des Motors ist größer als der minimale Auslösestrom der

Sicherung → LSS löst beim Einschalten des Motors aus → LS K16A wählen da der minimale Auslösestrom sich auf 128A erhöht.

b) Belastete Adern: 2; Verlegeart: A2 bei 30°C → nach Tabelle  $q = 2,5mm^2$

$$c) \Delta U = \frac{2 \cdot l \cdot I \cdot \cos\phi}{\kappa \cdot q} = \frac{2 \cdot 42m \cdot 15,4A \cdot 0,78}{56 \frac{m}{\Omega \cdot mm^2} \cdot 2,5mm^2} = 7,2V \rightarrow \text{n. i.O da größer als } 6,9V \rightarrow \text{Querschnitt}$$

$$\text{erhöhen: } \Delta U = \frac{2 \cdot l \cdot I \cdot \cos\phi}{\kappa \cdot q} = \frac{2 \cdot 42m \cdot 15,4A \cdot 0,78}{56 \frac{m}{\Omega \cdot mm^2} \cdot 4mm^2} = 4,5V \rightarrow \text{i.O.} \rightarrow q = 2,5mm^2$$

$$d) \Delta P = \Delta U \cdot I_B = 4,5 \cdot 15,4A = 69,3W$$

$$e) I_K = \frac{U_0}{Z_S \cdot 1,3} = \frac{230V}{1,12 \cdot 1,3} = 158A$$

LS K16A:  $I_A = 224A \rightarrow \text{n.i.O.}$

RCD einbauen, Schmelzsicherung verwenden (falls möglich), Erdungsverhältnisse verbessern (Querschnitt erhöhen).

## 5.2 Fragenkatalog Grundlagen

1. Was versteht man unter direktem Berühren?
2. Berührungsschutz bei Betriebsmitteln wird durch die Angabe von Schutzarten beschrieben. Erklären Sie den Begriff der Schutzarten.
3. Welche Maßnahmen werden ergriffen, um direktes Berühren zu verhindern?
4. Was versteht man unter Berührungsspannung?
5. Wie groß darf die maximale Berührungsspannung für den Menschen sein?
6. Wie werden Kurz-, Leiter- und Körperschluss definiert?
7. Betriebsmittel werden bestimmten Schutzklassen zugeordnet. Wie heißen diese Schutzklassen und wie wird der Schutz im Fehlerfall gewährleistet?
8. Erklären Sie die Bezeichnungen der einzelnen Netzsysteme.
9. Welche Adern enthält die Zuleitung zum HAK in einem TN – System?
10. Zeichnen Sie ein TN – System
11. Welchen Weg muss der Fehlerstrom im TN – System bei einem Körperschluss nehmen?
12. Welcher Widerstand bestimmt im Wesentlichen die Größe des Fehlerstroms bei einem Körperschluss im TN – System?
13. Zwischen welchen Leitern wird die Schleifenimpedanz gemessen?
14. Aus welchen Teilwiderständen setzt sich die Schleifenimpedanz im TN – System zusammen?
15. Welche Größen bestimmen den Fehlerstrom bei einem Körperschluss im TN – System?
16. Welche Abschaltzeiten im TN – System werden durch **DIN VDE 0100-410** festgelegt?
17. Was versteht man unter Abschaltstrom eines Sicherungsorgans?
18. Wodurch unterscheiden sich die Abschaltströme von gG Sicherungen und LS Automaten?



19. Wodurch unterscheiden sich die einzelnen Auslösecharakteristiken der LS Automaten?
20. Soll die Schleifenimpedanz eines Stromkreises möglichst hoch oder möglichst klein sein?
21. Wie werden Stromkreise ohne RCD messtechnisch geprüft?
22. Erklären Sie genau den Abschaltvorgang im TN – System, wenn der Stromkreis mit gG bzw. LS Automat abgesichert ist?
23. Welche Schutzfunktion können gG Sicherung und LS Automaten im TN – System übernehmen?
24. Welche Stromkreise müssen nach **DIN VDE 0100-410** durch RCD abgesichert sein?
25. Wodurch unterscheiden sich im Wesentlichen die einzelnen Verlegearten?
26. Warum kann bei gleichem Querschnitt eine Leitung mit Verlegeart B2 höher belastet werden als mit Verlegeart A1?
27. Erklären Sie die Vorgehensweise bei der Auswahl von Leitungsquerschnitten.
28. Erklären Sie die Nennstromregel
29. Welche Rolle spielt der Spannungsfall auf Leitungen für die Auswahl des Leitungsquerschnitts?
30. Wie groß darf der Spannungsfall auf Leitungen nach **DIN 18015-1** nach dem Zähler maximal sein?
31. Zwischen welchen Leitern wird der Netzzinnenwiderstand im TN – System gemessen?
32. Aus welchen Teilwiderständen setzt sich der Netzzinnenwiderstand im TN – System zusammen?
33. Welche Bedeutung hat der Netzzinnenwiderstand?

## Lösungen zum Fragenkatalog

1.	Das Berühren aktiver Teile, die im normalen Betrieb unter Spannung stehen, ist ein direktes Berühren
2.	Die Schutzart gibt die Eignung von elektrischen Betriebsmitteln für verschiedene Umgebungsbedingungen an (IP ##)
3.	Schutz vor direktem Berühren: Isolierung / Abdeckung / Umhüllung aktiver Teile
4.	04) Als Berührungsspannung, wird eine elektrische Spannung bezeichnet, die ein Körper bei Berührung an ein unter Spannung stehendes Gehäuse überbrückt
5.	05) Maximale Berührungsspannung Mensch / Tier: 50 V
6.	06) Kurzschluss: Kontakt zwischen 2 aktiven Leitern ohne Nutzwiderstand Leiterschluss: Kontakt zwischen 2 aktiven Leitern mit Nutzwiderstand Körperschluss: Eine unerwünschte Verbindung zwischen einem aktiven Leiter und einem normal nicht unter Spannung stehenden Teil besteht.
7.	Schutzklasse 1 : Schutzleiter-Schutzmaßnahme Schutzklasse 2 : Doppelte / Verstärkte Isolierung Schutzklasse 3 : Schutzkleinspannung (bis 24V AC / 50V DC) // SELV / PELV (S)afety / (P)rotected Extra Low Voltage
8.	TNC Sternpunkt geerdet, Komponenten sind direkt mit Sternpunkt verbunden, PEN TNS Sternpunkt geerdet, Komponenten sind direkt mit Sternpunkt verbunden, PE & N TNCS Sternpunkt geerdet, Komponenten sind direkt mit Sternpunkt verbunden, PEN & PE, N TT Sternpunkt geerdet, Anlagenerder IT Sternpunkt isoliert, über Schleifenwiderstand mit Erde verbunden
9.	4 L1, L2, L3, PEN
10.	...
11.	Im TNC-Netz über PEN, im TNS-Netz über PE
12.	Die Schleifenimpedanz beeinflusst den Fehlerstrom im Wesentlichen (je geringer, desto besser, weil höherer Fehlerstrom)
13.	Schleifenwiderstand wird zwischen Phase und Schutzleiter gemessen
14.	Z-Trafo, R-Zuleitung, R-Übergang, R-Schutzleiter
15.	Netzspannung, Berührungsspannung, Fehlerstrom, Fehlerspannung, Schleifenwiderstand, Übergangswiderstand, Standort-Widerstand
16.	Verteilungsstromkreis: 5 Sekunden, Endstromkreis < 32 A 0,4 s (230V), Endstromkreis > 32 A 5 s (230V)
17.	Der Fehlerstrom, der dazu führt, dass ein Schutzorgan auslöst ist der Auslösestrom Z.B. B16 Automat = 80A; K16 = 240A
18.	gG-Sicherungen haben eine bautypen-spezifische Kennlinie, LS-Automaten gehen nach vorgegebenen Faktoren



19. Im Kurzschlußauslöseverhalten.

20. Möglichst klein.

21. Über die Messung der Schleifenimpedanz.

22. Tritt ein Fehlerstrom zwischen Phase und PE (bei Körperschluß) bzw. beim Kurzschluss zwischen L und N, der groß genug sein muss, damit das Überstromschutzorgan in der geforderten Zeit auslösen kann.

23. Schutz durch automatisches Abschalten im Fehlerfall.

24. Alle Steckdosenstromkreise die dem Laien zugänglich sind und Lichtstromkreise.

25. Sie unterscheiden sich durch den Grad an Wärmedämmung der Umgebung in der Sie verlegt werden. A → Wärmedämmung hoch; f (Freileitung) → geringe Wärmedämmung

26. Die Wärmeabfuhr ist bei der Verlegeart B2 besser.

27. Siehe 7 Schritte Leitungsdim.

28. Der Betriebsstrom muss kleiner sein, als die Bemessungsstromstärke der Sicherung und kleiner als die Strombelastbarkeit der Leitung.

29. Er darf nicht größer als 3% der genutzten Spannung betragen, da ansonsten Brandgefahr besteht.

30. 3%

31. L-N

32. Transformatorimpedanz, Leitungswiderstand L und N, Übergangswiderstände

33. Fehlerschleife zwischen L und N → Dient zur Überprüfung, ob das vorgeschaltete Überstromschutzorgan im Kurzschlussfall auslöst.

## 6 Zusatzinformationen und Datenblätter

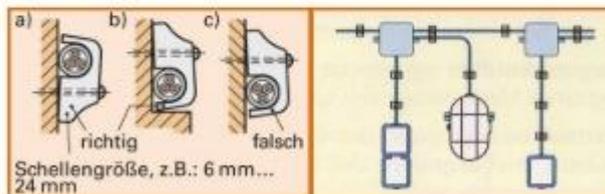
### 6.1 Zu Kapitel: 1.2 Verlegearten und Leitungsführung (Abbildungen: Europa Lehrmittel)

*In der Elektroinstallation unterscheidet man unterschiedliche Möglichkeiten der Leitungsverlegung und der Leitungsführung.*

Auf den nachfolgenden Seiten finden Sie Informationen über die Verlegearten und der Leitungsführung. Informieren Sie sich darüber, um sich auf das Gespräch mit dem Kunden vorzubereiten.

#### Verlegung auf Putz

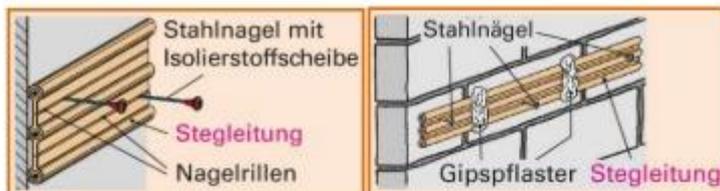
Auf Putz verlegte Leitungen sind sichtbar und können mit Nagelschellen, mit Installationsrohren, im Kabelkanal und auf Kabelpritschen verlegt werden. Diese Verlegeart wird im Keller auf Betonwänden oder im Dachgeschoss auf Holzbalken angewendet.



Bei dieser Verlegeart werden an der Wand unter der Decke Abzweigdosen montiert.

#### Verlegung im Putz

Hier werden Stegleitungen direkt auf dem Mauerwerk verlegt und mit Putz abgedeckt. Die Befestigung erfolgt im Normalfall mit Stahlnägeln oder Kleber. Verwendung findet diese



Verlegeart auf Beton, auf Wänden, die nicht ausgefräst werden dürfen, oder wenn die Leitungsverlegung möglichst kostengünstig sein soll. Der Nachteil an dieser Art der Leitungsverlegung ist, dass bei einem Leitungsschaden die Stegleitung freigelegt und repariert werden muss.

#### Verlegung unter Putz

Diese Verlegeart wird im Wohnungsbau eingesetzt. Ziegelwände erhalten Schlitz, in die Rohre eingebracht werden. Nach dem Verputzen werden



Leitungen oder Aderleitungen (H07V-U) in die Rohre eingezogen. Alternativ werden in die Schlitz direkt Mantelleitungen gelegt. Damit geht aber der Vorteil verloren, Leitungen im Schadenfalls leicht austauschen zu können.

<https://www.youtube.com/watch?v=daFN214V7E0>

 <b>Verlegearten von Kabeln und isolierten Leitungen, Mindestquerschnitte elektrischer Leiter</b>		DIN VDE 0298, Teil 4 DIN VDE 0100, Teil 520		
<b>Tabelle 1: Verlegearten von Kabeln und isolierten Leitungen</b> <span style="float: right;">DIN VDE 0298, Teil 4</span>				
Verlegeart		Verlegebedingungen (Wichtige Beispiele)		
<b>A1</b>		<b>Referenzverlegeart*: Verlegung in wärmedämmten Wänden</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Aderleitungen im Elektroinstallationsrohr,</li> <li>Aderleitungen in Formleisten oder in Formteilen.</li> </ul>		
<b>A2</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Mehradrige Kabel oder mehradrige Mantelleitungen im Elektroinstallationsrohr,</li> <li>mehradrige Kabel oder mehradrige Mantelleitungen in einer wärmedämmten Wand.</li> </ul>		
<b>B1</b>		<b>Referenzverlegeart: Verlegung in Elektroinstallationsrohren</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Aderleitungen im Elektroinstallationsrohr auf oder in der Wand,</li> <li>Aderleitungen, einadrige Kabel oder Mantelleitungen im Elektroinstallationskanal.</li> </ul>		
<b>B2</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Mehradrige Kabel oder Mantelleitungen im Elektroinstallationsrohr auf und in der Wand,</li> <li>mehradrige Kabel oder Mantelleitungen im Elektroinstallationskanal,</li> <li>mehradrige Kabel oder Mantelleitungen im Sockelleisten- oder im Unterflurkanal.</li> </ul>		
<b>C</b>		<b>Referenzverlegeart: Verlegung direkt auf dem Untergrund (Wand)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Ein- oder mehradrige Kabel oder Mantelleitungen auf oder in der Wand oder unter der Decke,</li> <li>Stegleitungen im oder unter Putz.</li> </ul>		
<b>D</b>		<b>Referenzverlegeart: Verlegung in der Erde</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Mehradriges Kabel oder mehradrige ummantelte Installationsleitung im Elektroinstallationsrohr oder im Kabelschacht in der Erde.</li> </ul>		
<b>E</b>		<b>Referenzverlegeart: Verlegung frei in der Luft</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Mehradrige Kabel oder mehradrige Mantelleitungen frei in der Luft verlegt mit einem Mindestabstand <math>a \geq 0,3 \cdot d</math> zur Wand (<math>d</math> = Leitungsdurchmesser),</li> <li>Kabel oder Leitungen auf gelochten Kabelrinnen oder auf Kabelkonsolen.</li> </ul>		
<b>F</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Einadrige Kabel oder einadrige Mantelleitungen mit gegenseitiger Berührung verlegt und mit einem Mindestabstand <math>a \geq 1 \cdot d</math> zur Wand.</li> </ul>		
<b>G</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Einadrige Kabel oder einadrige Mantelleitungen mit einem gegenseitigen Abstand <math>a \geq 1 \cdot d</math> verlegt und einem Mindestabstand <math>a \geq 1 \cdot d</math> zur Wand,</li> <li>Blanke Leiter oder Aderleitungen auf Isolatoren.</li> </ul>		
* Referenzverlegeart: Grundsätzliches Merkmal der Verlegeart, z.B. in wärmedämmten Wänden oder frei in der Luft				
<b>Tabelle 2: Mindestquerschnitte von elektrischen Leitern</b> <span style="float: right;">DIN VDE 0100, Teil 520</span>				
Kabel und Leitungen		Stromkreisart	Leiter	
			Werkstoff	Mindestquerschnitt in mm <sup>2</sup>
Bei fester Verlegung	Kabel, Mantelleitungen und Aderleitungen	Leistungs- und Beleuchtungsstromkreise	Cu Al	1,5 16
		Melde- und Steuerstromkreise	Cu	0,5
	blanke Leiter	Leistungsstromkreise	Cu Al	10 16
		Melde- und Steuerstromkreise	Cu	4
Bewegliche Leitungen			Cu	0,75
<b>Schutzpotenzialausgleichsleitungen, Erdungsleitungen</b>				
Schutzpotenzialausgleich über die Haupterdungsschiene			Cu	6
zusätzlicher Schutzpotenzialausgleich in Baderäumen: – geschützt verlegt – ungeschützt verlegt			Cu	2,5
			Cu	4
PEN-Leiter			Cu	10

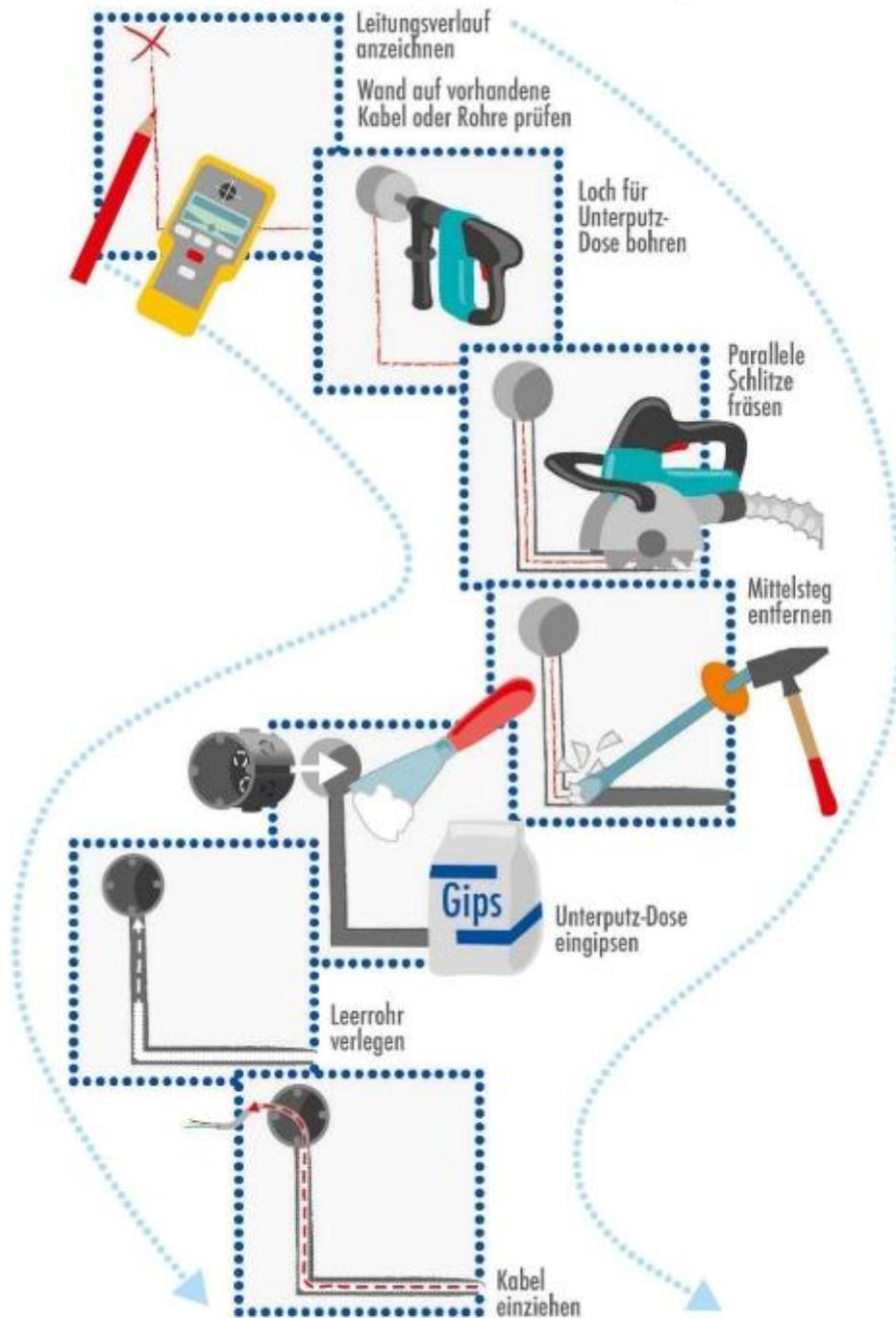
## Verlegearten in Wohngebäuden

- Waagrechte Installationszone
  - Abstand von 15 cm zum fertigen Fußboden und zur Decke
  - 30 cm breit
  - Vorzugsmaß: 30 cm unter der fertigen Deckenfläche und über der fertigen Fußbodenfläche.
- Senkrechte Installationszone
  - Abstand von 10 cm von Fenster- bzw. Türkanten oder Ecken
  - 20 cm breit
  - durchgehend von der Decke bis zum Fußboden!
  - Vorzugsmaß: 15 cm neben Rohbaukanten oder -ecken und Tür- oder Fensterkanten
  - An Fenstern, zweiflügeligen Türen und Wandecken werden die senkrechten Installationszonen an beiden Seiten angeordnet.
  - Bei einflügeligen Türen ist nur eine Installationszone erforderlich, diese ist an der Schlossseite der Tür vorzusehen.

Neben der oberen und unteren Installationszone gibt es bei Räumen, für die eine Arbeitsfläche vorgesehen ist, noch eine **mittlere Installationszone**. Dies ist vor allem bei Küchen und Hauswirtschaftsräumen der Fall. Durch diese Festlegung soll die problem- und gefahrlose Versorgung der Betriebsmittel, wie beispielsweise der Steckdosen über den Arbeitsflächen, gewährleistet werden.

- Mittlere Installationszone
  - 100 cm Abstand vom fertigen Fußboden
  - 30 cm breit
  - Vorzugsmaß: 115 cm über der fertigen Fußbodenfläche

## Unterputz-Montage von Elektroleitungen



(Abbildung: <https://www.sanier.de/elektroinstallation/stromleitungen-verlegen>)

## Installationszonen in Wänden (DIN 18015-3) (Abbildungen: Europa Lehrmittel)

Für unsichtbar verlegte Leitungen sowie für Schalter und Steckdosen sind bestimmte **Installationszonen** vorgeschrieben. Unter Einbeziehung der Regelung, dass Leitungen nur senkrecht oder waagrecht zu verlegen sind, wird so gewährleistet, dass der ungefähre Verlauf der (nicht sichtbaren) Leitungen zu erkennen ist. Damit verringert sich die Gefahr, dass beim Bohren von Dübellöchern oder Einschlagen von Nägeln etc. die Leitungen beschädigt werden.

Nach DIN 18015 Teil 3 gelten **Vorzugsmaße** bei der Verlegung von Leitungen.

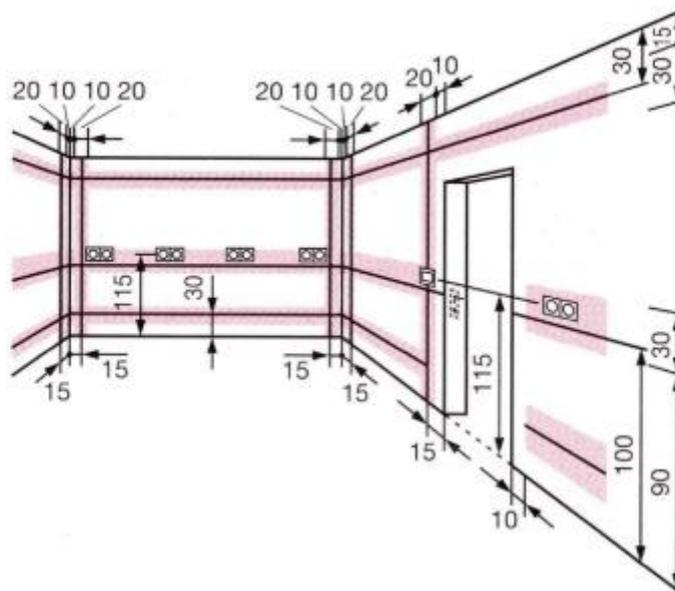
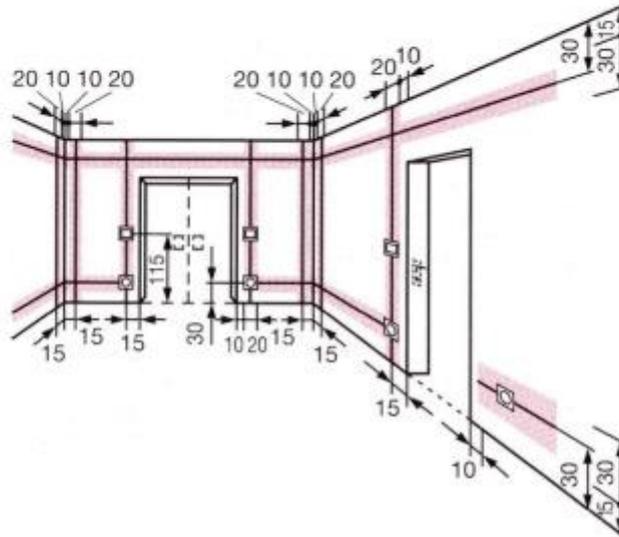


Tabelle 1

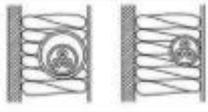
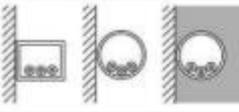
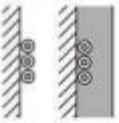
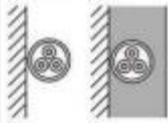
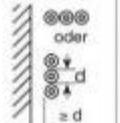
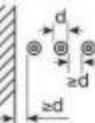
Referenz-Verlegeart	A1	A2	B1	B2
Darstellung				
Verlegebedingung	Verlegung in wärmeisolierten Wänden Aderleitungen oder einadrige Kabel/Mantelleitungen im Elektroinstallationsrohr oder -kanal		Verlegung in Elektroinstallationsrohren oder geschlossenen Elektroinstallationskanälen auf oder in Wänden oder in Kanälen für Unterflurverlegung Aderleitungen oder einadrige Kabel/Mantelleitungen	
		mehradrige Kabel oder Mantelleitungen im Elektroinstallationsrohr oder -kanal	direkt verlegt	mehradrige Kabel oder Mantelleitungen

Tabelle 1 (Fortsetzung)

Referenz-Verlegeart	C		E	F	G
Darstellung					
Verlegebedingung	Direkte Verlegung auf oder in Wänden/Decken oder in ungelochten Kabelwannen einadrige Kabel oder Mantelleitungen		Stegleitungen in Wänden/Decken oder Hohlräumen	Verlegung frei in Luft, an Trageisen sowie auf Kabelbrücken und -konsolen oder in ungelochten Kabelwannen mehradrige Kabel oder Mantelleitungen	
		mehradrige Kabel oder Mantelleitungen	mehradrige Kabel oder Mantelleitungen	einadrige Kabel oder Mantelleitungen mit Berührung	ohne Berührung, auch Aderleitungen auf Isolatoren

**Hinweis:**

Bei Installationen mit unterschiedlichen Verlegearten ist die Strombelastbarkeit des Kabels oder der Leitung nach der ungünstigsten Verlegeart zu bestimmen.

(Abbildung: 2CDC400027D0104\_RevD\_02-2018\_72dpi.pdf (abb.com))

## Verlegung in wärmeisolierten Wänden

Bei Trockenbauwänden werden die Rohre in die Isolierung gelegt und anschließend an den entsprechenden Stellen Dosen gesetzt. Manchmal werden auch NYM-Leitungen in die Isolierung gelegt und diese in die Dosen eingeführt. Bei dieser Installationsart sind Änderungen an der Installation schwieriger als bei der Installation mit Rohren.

Das Verklemmen der Leitungen erfolgt meist in den Schaltdosen und ohne Abzweigedosen

## 6.2 Zu Kapitel: 1.5.1 Grundlagen der Leitungsdimensionierung

### Praxistipp: Beispiel einer Leitungsberechnung

#### Situationsbeschreibung:

In einer Montagehalle wird ein Warmwasserbereiter über eine 35 m lange Mantelleitung angeschlossen. Bestimmen Sie mithilfe **Bild 1** und **Bild 2** die Verlegeart und den Leiterquerschnitt der Mantelleitung.



Bild 1: Programmablaufplan einer Leitungsberechnung

$I_b$  Stromaufnahme des Betriebsmittels  
 $I_N$  Bemessungsstrom der Überstrom-Schutzeinrichtung  
 $f_1$  Umrechnungsfaktor bei abweichender Umgebungstemperatur

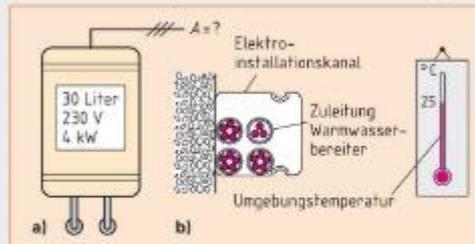


Bild 2: a) Warmwasserspeicher und b) Verlegebedingungen der Zuleitung

#### Lösung:

① Stromaufnahme des Warmwasserspeichers

$$I_b = \frac{P}{U \cdot \cos \varphi} = \frac{4000 \text{ W}}{230 \text{ V} \cdot 1} = 17,4 \text{ A}$$

② Der Bemessungsstrom  $I_N$  der Überstrom-Schutzeinrichtung muss kleiner oder höchstens gleich groß sein wie die Strombelastbarkeit  $I_z$  der Leitung und größer als die Stromaufnahme  $I_b$  des Warmwasserspeichers:

- Stromaufnahme  $I_b = 17,4 \text{ A}$
- Überstrom-Schutzeinrichtung  $I_N = 20 \text{ A}$
- Strombelastbarkeit der Leitung bei abweichenden Betriebsbedingungen  $I_z \geq 20 \text{ A}$

③ Aus **Tabelle 1, Seite 644**: Verlegeart B2, 2 belastete Adern (Wechselstromkreis)

④ Aus **Tabelle 2, Seite 645** für Umgebungstemperatur 25 °C und PVC-Isolierung:  $f_1 = 1,06$

⑤ Aus **Tabelle 3, Seite 645** bei 4 belasteten Leitungen im Elektroinstallationskanal:  $f_2 = 0,65$

⑥ Bemessungswert der Strombelastbarkeit

$$I_f = \frac{I_z}{f_1 \cdot f_2} = \frac{20 \text{ A}}{1,06 \cdot 0,65} = 29 \text{ A}$$

⑦ Aus **Tabelle 1, Seite 645** bei Verlegeart B2 und 2 belasteten Adern: Für  $I_f = 29 \text{ A}$  gewählt  $A = 4 \text{ mm}^2$

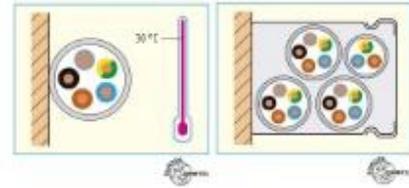
$$\Delta U = \frac{2 \cdot l \cdot I \cdot \cos \varphi}{\gamma \cdot A} = \frac{2 \cdot 35 \text{ m} \cdot 17,4 \text{ A} \cdot 1}{56 \text{ m} / (\Omega \cdot \text{mm}^2) \cdot 4 \text{ mm}^2} = 5,4 \text{ V}$$

Zulässiger Spannungsfall **Bild, Seite 320**:  $\Delta u = 3\%$  der Netznominalspannung:  $\Delta U = 6,9 \text{ V}$

$5,4 \text{ V} < 6,9 \text{ V}$ , der gewählte Leiterquerschnitt  $A = 4 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$  ist ausreichend.

$f_2$  Umrechnungsfaktor bei Häufung von Leitungen  
 $I_f$  Bemessungswert der Strombelastbarkeit der Leitung  
 $I_z$  Strombelastbarkeit der Leitung bei abweichenden Betriebsbedingungen

Grundlagen Leitungsberechnung (Leitungsdimensionierung)  
 Bei der Leitungsberechnung sind die Verlegebedingungen  
 (z.B. abweichende Umgebungstemperatur oder Häufung  
 von Leitungen) zu berücksichtigen.



### Berechnung des zulässigen Spannungsfalls

Zur Berechnung des zulässigen Spannungsfalls an Leitungen verwendet man:

- In unverzweigten Stromkreisen ohne Steckdosen den Bemessungsstrom des Betriebsmittels
- In Steckdosenstromkreisen den Bemessungsstrom der Überstromschutzeinrichtung und die Steckdosenleitung mit der größten Leitungslänge zum speisenden Verteiler

Formeln zur Berechnung des Spannungsfalls $\Delta U$			
Gleichstrom	$\Delta U = \frac{2 \cdot l \cdot I}{\gamma \cdot A}$		
Einphasenwechselstrom	$\Delta U = \frac{2 \cdot l \cdot I \cdot \cos \varphi}{\gamma \cdot A}$		
Drehstrom	$\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot l \cdot I \cdot \cos \varphi}{\gamma \cdot A}$		
Prozentualer Spannungsfall	$\Delta u = \frac{\Delta U \cdot 100 \%}{U}$		
$\Delta U$	Spannungsfall in V	$I$	Leiterstrom
$\Delta u$	Spannungsfall in %	$A$	Leiterquerschnitt
$U$	Netznominalspannung	$l$	Leitungslänge
$\gamma$	elektr. Leitfähigkeit	$\cos \varphi$	Wirkfaktor



## 6.3 Zu Kapitel: 1.6 Kabel und Leitungen in der Elektrotechnik

Für die Elektroinstallationen und das Anschließen verschiedener Anlagen müssen die passenden Leitungen und Kabel ausgesucht werden.

- ☞ Informieren Sie sich über Kabel und Leitungen
- ☞ Bearbeiten Sie dazu folgende Aufgaben!

### 6.3.1 Leitungen und Kabel

 <p><a href="#">Erdkabel NYY-J 5x2.5 mm² - mm², Amazon.de</a></p>	 <p><a href="#">Schlauchleitung H05VV-F 3x1.5 - 25 Meter   CHECK24</a></p>	 <p><a href="#">Gummischlauchleitung H05RR-F 3G1.5 mm² schwarz</a></p>	 <p><a href="#">Mantelleitung NYM-O 4x10 mm² (kabelscheune.de)</a></p>	 <p><a href="#">Verleitzkabel Cat 7 1000 MHz Simplex (8 Adern) 100m, ProfiPatch.com</a></p>
--	---	---	--	--

Leitungen und Kabel müssen auf die elektrische, wärmetechnische und mechanische Beanspruchung ausgelegt und ausgewählt werden. Ein oder mehrere Einzelleiter in einer **Umhüllung** (Isolierung) bezeichnet man als Leitung bzw. Kabel. (Abbildung: Europa Lehrmittel)

Die in elektrischen Anlagen verlegten isolierten Leitungen und Kabel müssen den gültigen **Normen** entsprechen!

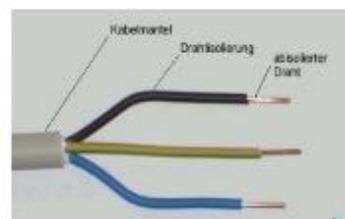
Kabel und Leitungen, die den VDE-Bestimmungen entsprechen, führen den schwarz-roten VDE-Kennfaden bzw. nach den „Harmonisierungsbestimmungen für Starkstromleitungen“ den schwarz-rot-gelben Kennfaden. Die Leitungen tragen außerdem den Firmenkennfaden des Herstellers. Kunststoffisolierte Leitungen haben anstatt der Kennfäden auf der ganzen Länge in kurzen Abständen das Firmenzeichen und VDE-Kennzeichen, harmonisierte Leitungen zusätzlich das Zeichen <HAR> aufgedruckt.

Lesen Sie im Fachkundebuch die Texte im Kapitel 10.2 Isolierte Leitungen, Kabel und Freileitungen (S. 298 – 302) und informieren Sie sich mit Hilfe der Tabellen und Bilder über Leitungen und Kabel, deren

- **Kennzeichnung,**
- **Aufbau,**
- **Eigenschaften und**
- **Einsatzgebiete.**



Bild: Leitungskennzeichnung



(Quelle: Uwe Schwoebel auf de.wikipedia.org)

1. Erklären Sie den Unterschied zwischen einem Kabel und einer Leitung!

Kabel sind mechanisch robuster aufgebaut als Leitungen, daher dürfen Sie direkt im Erdreich..... verlegt werden. ....

Außerdem wird der Begriff „Kabel“ für besondere Leitungen verwendet (z.B USB-..... Kabel, Netzkabel, SCART-Kabel, .....).

2. Warum sollte man eine blaue Ader, die man in einer Fremdinstallation vorfindet mit Vorsicht behandeln?

Die blaue Ader darf unter Umständen auch als Schalldraht verwendet werden, wenn im . betreffenden Leitungsabschnitt kein Neutralleiter notwendig ist! .....

Jeder Neutralleiter ist blau – aber nicht jeder blaue Leiter / Ader ist ein Neutralleiter! .....

Wie ist ein PEN-Leiter gekennzeichnet? (Abbildung: [PEN-Leiter – Schülerunterlagen \(schuelerunterlagen.de\)](#))

Der PEN ist grüngelb mit blauer Kennzeichnung .....  
an den Leiterenden (DIN VDE 0100-510).....



Bei der Kennzeichnung von Leitungen wird zwischen dem Isolier- und Mantelwerkstoff (siehe Typ-Kurzzeichenschlüssel) unterschieden. Das Isoliermaterial bestimmt die mechanische und thermische Beanspruchung der Leitung sowie die Verwendung in trockenen, feuchten bzw. nassen Räumen.

Man unterscheidet dabei die nationale und harmonisierte Norm.

3. Tragen Sie in die Tabelle die Bedeutung der **nationalen Kurzzeichen** für Leitungen ein:

Buchstaben-Kurzzeichen für Leitungen nach <b>nationaler Norm</b> (Auswahl) (nach DIN VDE 0250)		
<b>A:</b> Ader	<b>C:</b> Abschirmung	<b>F:</b> Flachleitung
<b>FF:</b> feinstdrähtig	<b>G:</b> Gummiisolierung	<b>I:</b> Stegleitung
<b>J:</b> mit Schutzleiter	<b>M:</b> Mantelleitung	<b>N:</b> genormte Leitung
<b>O:</b> ohne Schutzleiter	<b>Y:</b> Kunststoffisolierung	<b>Z:</b> Zwillingsausführung

4. Was bedeutet der Aufdruck **NYM -J 5x1,5mm<sup>2</sup>**

(Abbildung: [100m NYM-J 5x1,5 mm<sup>2</sup> Mantelleitungs Elektro Strom Kabel Kupfer einsträngig Made in Germany \(ms-techno.de\)](#))

N – genormt nach nationaler Norm.....

Y - Kunststoffisolierung.....

M - Mantelleitung.....

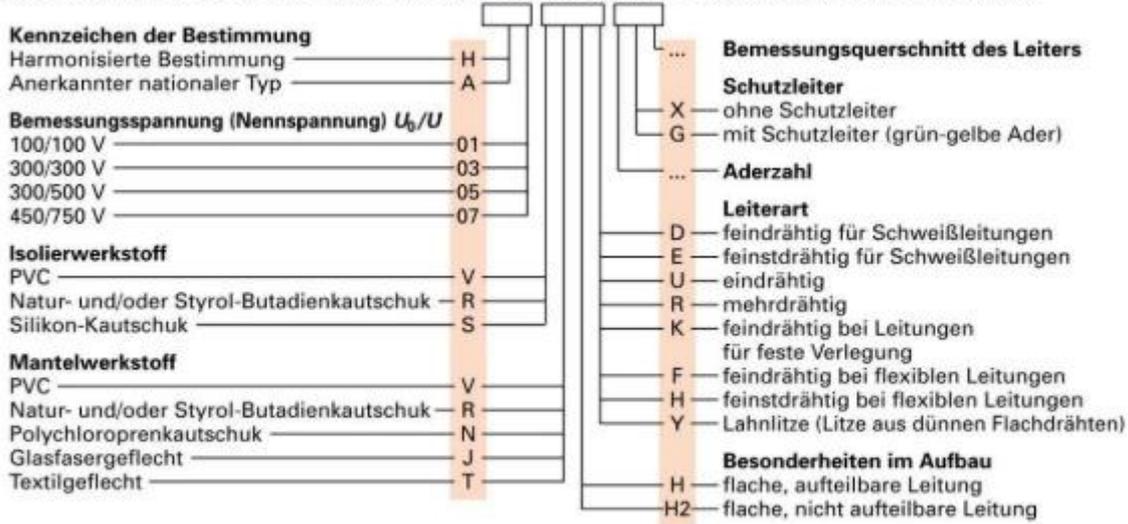
J – mit Schutzleiter.....

5 - Adernzahl.....

1,5 mm<sup>2</sup> – Leiter- / Adernquerschnitt.....



## Typenkurzzeichen für harmonisierte Kabel und Leitungen (Abbildung: Europa Lehrmittel)



5. Was bedeutet die Angabe bei **Bemessungsspannung** (Nennspannung)  $U_0 / U$ ?

.....

.....

.....

6. Die nebenstehende Abbildung zeigt die Aufschrift auf einer Leitungsverpackung. Geben Sie an, was die Kurzzeichen bedeuten!

(Abbildung: Europa Lehrmittel)



**H** .....

**07** .....

**R** .....

**R** .....

**F** .....

**5** .....

**G** .....

**1,5** .....

**100m** .....



## Hinweise zum Unterricht

## Quellen- und Literaturangaben

### Fachliteratur

- Fachkundebuch, Europa-Verlag
- Tabellenbuch Elektrotechnik, Europa-Verlag
- Elektronik Tabellen, Informations- und Medientechnik, Westermann-Verlag