


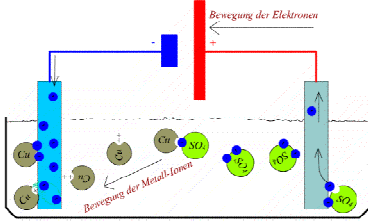



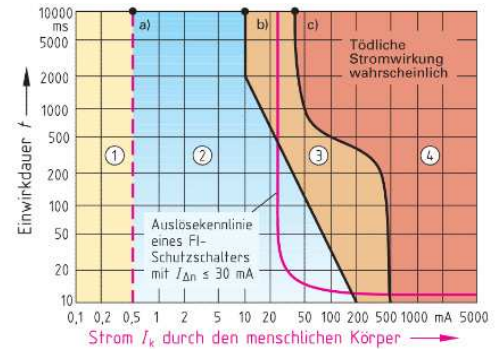
<i>Name</i>	<i>Vorname</i>	<i>Ausb.-Beruf</i>	<i>Ausb.-Betrieb</i>
<i>Bearbeitungszeit:</i> 30 min	<i>Erlaubte Hilfsmittel:</i> - Tabellenbuch, Formelsammlung - Nicht programmierbarer Taschenrechner		

**Schutzmaßnahmen, Arbeitssicherheit**

Siehe hierzu auch: PPAL – Technologie.pdf, S. 151 ff

<b>1 Nennen Sie die Wirkungen des elektrischen Stroms.</b>			
	<i>Wirkung</i>	<i>Abbildung</i>	<i>Anwendungen</i>
1	Wärmewirkung		Elektroherde Bügeleisen Tauchsieder Warmwasserbereiter LötKolben Schmelzsicherungen
2	Magnetische Wirkung		Elektromagnete Elektromotoren Schütze, Relais Messinstrumente Klingeln Telefonhörer Lautsprecher Türöffner
3	Lichtwirkung		Leuchtstofflampen Leuchtröhren Glimmlampen Leuchtdioden Glühlampen
4	Chemische Wirkung		Elektrolyse Galvanisieren Akkumulatoren
5	Physiologische Wirkung		Elektroweidezäune Viehbetäubung Elektromedizinische Geräte

**2** Der menschliche Strom ist für den Menschen und für Tiere aus mehreren Gründen gefährlich, weil alle Flüssigkeiten des menschlichen Körpers Elektrolyten sind und den elektrischen Strom leiten.  
Die nebenstehende Abbildung zeigt die Wirkungsbereiche bei Wechselstrom 50 Hz auf erwachsene Personen (nach IEC 489).  
Ordnen Sie den Bereichen ① ... ④ die Wirkungen zu.



Bereich	Körperreaktionen <i>Gefährdungsbereiche für erwachsene Personen und Stromweg „linke Hand zu beiden Füßen“</i>
①	Normalerweise keine Einwirkungen wahrnehmbar
②	Normalerweise keine physiologisch gefährliche Wirkungen
③	Muskelverkrampfungen; Unregelmäßigkeiten beim Herzschlag möglich
④	Gefahr des Herzkammerflimmerns sehr groß; Herzstillstand

**3** Viele körpereigene Ströme können über Elektroden erfasst und gemessen werden. Wofür stehen die Bezeichnungen ...





Abkürzung	Bezeichnung	Was wird gemessen?
EKG	Elektrokardiogramm	Aufzeichnung der Summe der elektrischen Aktivitäten aller Herzmuskelfasern. Elektrokardiogramm heißt auf Deutsch <i>Herzspannungskurve</i> , gelegentlich wird es auch <i>Herzschrift</i> genannt.
EEG	Elektroenzephalografie, Elektroenzephalogramm	Methode der medizinischen Diagnostik zur Messung der summierten elektrischen Aktivität des Gehirns durch Aufzeichnung der Spannungsschwankungen an der Kopfoberfläche Untersuchungsmethode in der Neurologie

**4** Erläutern Sie den Begriff „Herzkammerflimmern“ und die Folge des Herzkammerflimmerns.

**Kammerflimmern** ist eine lebensbedrohliche pulslose Herzrhythmusstörung, bei der in den Herzkammern ungeordnete Erregungen ablaufen und der Herzmuskel sich nicht mehr geordnet kontrahiert.

Man unterscheidet:

- **Kammerflattern:** Herzfrequenz mehr als 300 mal pro Minute, die Gefahr ist groß, dass ein Kammerflimmern entsteht.
- **Kammerflimmern:** noch höhere Frequenz (mehr als 400 mal pro Minute), das Herz ist nicht mehr in der Lage, das Blut in den Kreislauf zu pumpen, es kommt zu Bewusstlosigkeit und ohne Sofortmassnahmen meist zum Tod.

Ordnen Sie die Spannung nach Stromart für Mensch und Tier zu, von der ab Lebensgefahr besteht.		
	Wechselstrom 	Gleichstrom 
	Spannung in Volt	
Mensch 	➤ 50 V	➤ 120 V
Tier 	➤ 25 V	➤ 60 V

**5.2** Warum ist Wechselstrom gefährlicher als Gleichstrom?

Fast alle Organe funktionieren aufgrund elektrischer Impulse, die vom Gehirn ausgehen. Muskeln werden von schwachen elektrischen Impulsen von ungefähr 50 mV gesteuert. Steht der menschliche Körper unter zuviel Spannung verkrampfen die Muskeln. Auch die Kontraktionen des Herzens werden durch elektrische Spannungen koordiniert die vom Herzen selbst im Sinusknoten erzeugt werden. Wird das Herz in einer bestimmten Phase des EKG der **vulnerablen Phase** einer hohen Wechselspannung ausgesetzt so kann es zu Kammerflimmern und damit zum Kreislaufstillstand kommen.

**6** Warum sollte man nach elektrischen Unfällen den Arzt aufsuchen?

Durch die chemische Wirkung des Stromes kann, vor allem bei längerer Einwirkungsdauer, das Blut elektrolytisch zersetzt werden. Dadurch kommt es zu schweren Vergiftungserscheinungen. Solche Folgeerscheinungen können erst nach einigen Tagen eintreten. Aus diesem Grund sollte man nach einem Spannungsunfall in jedem Fall einen Arzt aufsuchen, auch wenn zunächst keine Anzeichen auftreten.

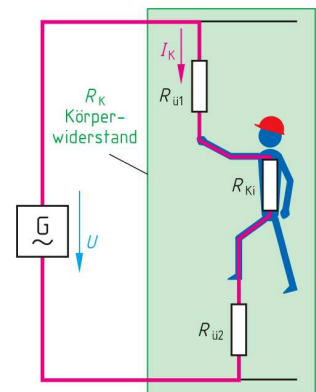
<http://www.elektro-wissen.de/Tipps/wirkung-des-stroms-auf-den-Menschen.html>

<b>7</b> Stromstärken ab 50 mA sind für den Menschen lebensgefährlich. Welche der beiden Aussagen ist richtig?	
1 X	Die Gefährdung nimmt mit höherer Stromstärke zu.
2	Die Gefährdung nimmt mit höherer Stromstärke ab

- 8 Welche Berührungsspannung wird für den Menschen bei einer Stromstärke AC 50 mA gefährlich, wenn der Körperwiderstand in der Ersatzschaltung rechts mit  $R_{Ki} = 1000 \Omega$  angenommen wird?

Wir setzen  $R_K = R_{Ki}$  und gehen davon aus, dass sowohl der Leiter-Körper-Widerstand wie auch der Körper-Leiter-Widerstand 0 sind.

$$\begin{aligned} U_B &= R_K \cdot I_K \\ &= 1000 \Omega \cdot 0,05 A \\ &= 50 V \end{aligned}$$



$R_{U1}$  Leiter-Körper-Widerstand  
 $R_{Ki}$  Körperinnenwiderstand  
 $R_{U2}$  Körper-Leiter-Widerstand  
 $R_K$  Körperwiderstand

$$R_K = R_{U1} + R_{Ki} + R_{U2}$$



- 9 Nach DIN VDE 0100 Teil 20 unterscheidet man zwischen direktem und indirektem Berühren. Ordnen Sie den beiden folgenden Aussagen die Begriffe „Direktes“ bzw. „Indirektes“ zu.

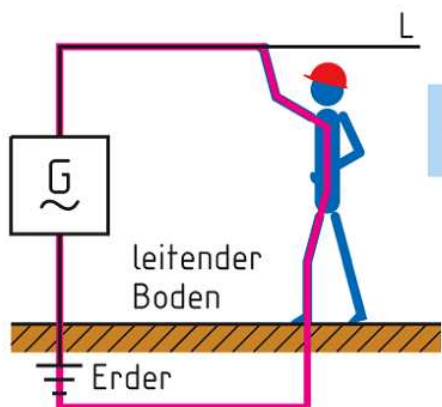
**Indirektes** Berühren

ist das Berühren von Körpern elektrischer Betriebsmittel, die infolge eines Fehlers unter Spannung stehen, durch Personen oder Nutztiere.

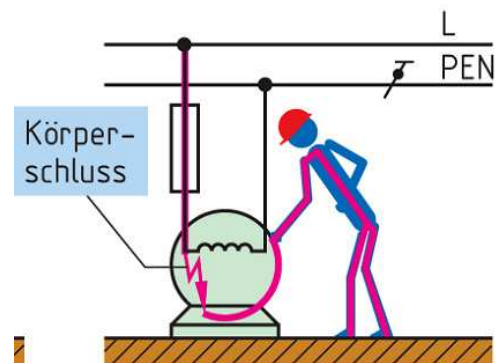
**Direktes** Berühren

ist das Berühren unter Spannung stehender Teile, z.B. eines Leiters, durch Personen oder Nutztiere zu.

- 10 Nach DIN VDE 0100 Teil 20 unterscheidet man zwischen direktem und indirektem Berühren. Ordnen Sie den Bildern die Begriffe „Direktes“ bzw. „Indirektes“ zu.







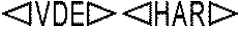





**Direktes**






**Indirektes**

Berühren

11 Geben Sie die Bezeichnung – und nach Möglichkeit mit einem Beispiel - für die folgenden VDE-Prüfzeichen nach DIN VDE 0024 an. <a href="http://www.code-knacker.de/elektro.htm">http://www.code-knacker.de/elektro.htm</a>		
Bildzeichen	Bezeichnung	Beispiel/e
	VDE-Zeichen Verband der Elektrotechnik, Elektronik, Informationstechnik e. V.; VDE-Zeichen für elektrotechnische Erzeugnisse	Installationsschalter Elektrogeräte
	Deutsches Prüfzeichen. Das Prüfzeichen umfasst Anforderungen an die Sicherheit von Electronic Controls; VDE-Zeichen für Bauelemente und Baugruppen der Elektronik	Netzteile Stromrichter
	VDE-Kennfaden nach VDE-/EN-/HD-/IEC-Normen, sonstigen technischen Bestimmungen sowie etwaigen Rechtsvorschriften hinsichtlich Sicherheits- und Gesundheitsanforderungen	Isolierte Leitungen Kabel- und Installationsrohre
	VDE-Kabelzeichen für Leitungen, Kabel und Isolatoren	Aderleitungen Isolierte Leitungen Kabel- und Installationsrohre
	VDE-Funkschutzzeichen für Elektrogeräte Die Angabe des Störungsgrades erfolgt durch die Ziffer 0 bzw. durch die Buchstaben N, K und G	
	Sicherheitszeichen Geprüfte Sicherheit Prüfstelle: VDE	Elektrische Werkzeuge
12 Geben Sie die Bezeichnung mit einem Beispiel für die folgenden CEE-Prüfzeichen nach DIN VDE 0024 an.		
Bildzeichen	Bezeichnung	Beispiel/e
	VDE-Harmonisierungszeichen für Kabel und Leitungen Kabel und isolierte Leitungen nach dem HAR-Zertifizierungsverfahren	
	VDE-Harmonisierungskennfarben	Isolierte Leitungen Kabel
	CEE-Prüfzeichen für Geräte und Installationsmaterial nach CEE-Bestimmungen	Geräte- und Installationsmaterial
	Verwaltungszeichen der Europäischen Gemeinschaft (Communauté Européenne); Richtlinien für elektrische und elektronische Geräte; Konformitätserklärung der Beachtung aller einschlägigen Gemeinschaftsvorschriften in Europa durch den Hersteller <a href="http://www.salzburg.gv.at/5-txt-pk-erklaerung-sicherheitszeichen.pdf">http://www.salzburg.gv.at/5-txt-pk-erklaerung-sicherheitszeichen.pdf</a>	

<b>13</b> Wofür stehen die Abkürzungen ...?	
DIN	Deutsches Institut für Normung e. V.
VDE	VDE Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e.V.
CE	Während „CE“ anfänglich in vier von neun EG-Amtssprachen noch mit „EG“ für „Europäische Gemeinschaft“ gleichgesetzt wurde („Communauté Européenne“, „Comunidad Europea“, „Comunidade Europeia“ und „Comunità Europea“), ist die stilisierte Buchstabenkombination aufgrund der neuen offiziellen Sprachregelung der Europäischen Kommission, Generaldirektion Unternehmen und Industrie (Regulierungspolitik), seit 1994 ein grafisches Symbol (vgl. Aufg. 12)
CEE	Mit dem <b>CEE-System</b> ( <b>CEE</b> steht für <i>Commission on the Rules for the Approval of the Electrical Equipment</i> oder auf deutsch: <i>Internationale Kommission für die Regelung der Zulassung elektrischer Ausrüstungen</i> ) wurde durch die EWG der Versuch unternommen, die in Europa gebräuchlichen Steckverbinder für Netzspannung zu <i>harmonisieren</i> .
CENELEC	CENELEC: Comité Européen de Normalisation Electrotechnique, also das Europäische Komitee für elektrotechnische Normung. Die Ziele des CENELECs sind die Harmonisierung und Schaffung von Standards für den europäischen Markt und Wirtschaftsraum.

<b>14</b> Zum Schutz gegen elektrischen Schlag werden die Betriebsmittel nach ihrer Konstruktion gegen direktes und indirektes Berühren in die Schutzklassen I, II und III eingeteilt. Skizzieren Sie die Kennzeichen für die Schutzarten und geben Sie an, bei welcher Schutzmaßnahme die Schutzklasse verwendet wird.		
Schutzklasse	Kennzeichen	Verwendung bei Schutzmaßnahmen:
I	 Schutzerdung	Mit Schutzleiter (Betriebsmittel ist mit Schutzleitersystem der Anlage verbunden) Geräte mit Metallgehäuse, z.B. Elektromotor.
II	 Schutzisolierung	Schutzisolierung (Betriebsmittel mit Basisisolierung und zusätzlicher oder verstärkter Isolierung) Geräte mit Kunststoffgehäuse, z.B. Handbohrmaschine, Küchengeräte.
III	 Schutzkleinspannung	Kleinspannung (Anschluss nur an SELV- und PELV-Stromkreis) Elektrische Handleuchten o.ä. mit geringer Spannung (höchstens 50 Volt, bei Kinderspielwaren höchstens 24 Volt)

15 Erklären Sie die folgenden Fachbegriffe für Schutzmaßnahmen und Fehlerarten.	
Erde	Ist die Bezeichnung für das leitfähige Erdreich mit dem elektrischen Potenzial Null.
Erder	Ist ein leitfähiges Teil oder mehrere leitfähige Teile, die in gutem Kontakt mit der Erde sind und mit dieser eine elektrische Verbindung bilden.
Elektrische Betriebsmittel	Sind Mittel zum Erzeugen, Umwandeln, Übertragen, Verteilen und Anwenden elektrischer Energie, z. B. Generatoren, Transformatoren, Schaltgeräte, Messinstrumente, Schutzeinrichtungen, Leitungen und Kabel sowie elektrische Verbrauchsmittel
Elektrische Verbrauchsmittel	Wandeln elektrische Energie in andere Formen der Energie um, z. B. Licht, Wärme oder in mechanische Energie
Fehlerstrom	Ist der durch einen Isolationsfehler zum Fließen kommende Strom.
Isolationsfehler	Ist ein fehlerhafter Zustand in der Isolierung
Körper	Ist ein berührbares, leitfähiges Teil eines Betriebsmittels, das nur im Fehlerfall unter Spannung stehen kann.
Körperschluss	Ist eine durch einen Fehler entstandene leitende Verbindung zwischen Körpern und daktiven Teilen eines Betriebsmittels.
Leiter	Nennt man Teile aus Metall, die der Weiterleitung des elektrischen Stromes dienen, z. B. Drähte oder Kontakte.
N-Leiter	Neutralleiter; ist ein mit dem Mittelpunkt bzw. Sternpunkt des Netztes verbundener Leiter, der geeignet ist, elektrische Energie zu übertragen.
PEN-Leiter	Ist ein geerdeter Leiter, der zugleich die Funktion des Schutzleiters und des Neutralleiters erfüllt. PE: Protection Earth (Schutzleiter)
Kurzschluss	Ein <b>Kurzschluss</b> ist eine <b>leitende Verbindung zwischen zwei gegeneinander unter Spannung stehenden Leitern</b> . Im Fehlerstromkreis befindet sich kein Nutzwiderstand mehr. Der Strom wird nur noch durch den Widerstand der Leiter begrenzt. Kommt es zu einem solchen, sorgen in der Regel Überstromschutzorgane für ein sicheres Abschalten nach kurzer Zeit.
Leiterschluss	Ein <b>Leiterschluss</b> ist eine <b>fehlerhafte Verbindung zwischen Leitern, wenn im Fehlerstromkreis ein Nutzwiderstand oder ein Teil des Nutzwiderstandes liegt</b> .
Erdschluss	Ein <b>Erdschluss</b> entsteht <b>bei der Verbindung eines Außenleiters oder eines betriebsmäßig isolierten Nulleiters mit der Erde oder mit geerdeten Teilen</b> . Es ist also immer dann ein Erdschluss, wenn ein Leiter oder ein unter Spannung stehendes Teil Kontakt zum Schutzleiter, direkt zur Erde oder zu einem geerdeten Gehäuse hat. Ein Beispiel für einen Erdschluss wäre eine auf den Boden herunterhängende Hochspannungsleitung oder ein gebrochener Leiter der in einem Betriebsmittel der Schutzklasse I das Gehäuse berührt (Bild).

<b>16</b>	In der nebenstehenden Abbildung sind typische Fehlerarten abgebildet. Ordnen Sie den Zahlen die Fehlerart zu.	
(1)	Erdschluss	
(2)	Leiterschluss	
(3)	Körperschluss	
(4)	Kurzschluss	
<a href="http://www.elektro-lexikon.de/leiterchluss.html">http://www.elektro-lexikon.de/leiterchluss.html</a>		

**17** Erläutern Sie den Begriff „Berührungsspannung“ ( $U_B$ ).  
Wie sind die Grenzen für die dauernd zulässige Berührungsspannung  $U_L$  international vereinbart, bis zu der die Spannung für Menschen und Tiere meist nicht lebensbedrohlich sind?

Als **Berührungsspannung**, auch **Berührspannung**, wird eine elektrische Spannung bezeichnet, die ein Körper bei Berührung überbrückt. Eine andere Erklärung lautet, dass die Berührungsspannung jene Spannung ist, die an einem Körper auftritt, wenn er vom Strom durchflossen wird. Sie bewirkt, dass ein elektrischer Strom durch den Körper fließt. Ist dieser Körper ein Lebewesen, kann eine zu hohe Berührungsspannung einen lebensgefährlichen elektrischen Schlag verursachen.

**18.1** Bei Arbeiten an elektrischen Anlagen müssen zur Herstellung des spannungsfreien Zustandes einer Anlage die **fünf Sicherheitsregeln** in der Reihenfolge 1 bis 5 (nach DIN VDE 0105) eingehalten werden. Ergänzen Sie die folgende Tabelle.  
Im Löser ergänzt: [http://de.wikipedia.org/wiki/F%C3%BCnf\\_Sicherheitsregeln](http://de.wikipedia.org/wiki/F%C3%BCnf_Sicherheitsregeln)

1	Freischalten	● Freischalten aller Teile der Anlage, an denen gearbeitet werden soll.
		● <b>LS-Schalter abschalten, Schmelzsicherungen entfernen</b>
2	<b>Gegen Wiedereinschalten sichern</b>	● Betätigungsmechanismus von Schaltgeräten, z.B. LS-Schalter, durch Schloss sichern, Sicherungseinsätze mitnehmen, Verbotsschilder (Nicht schalten) anbringen.
3	Spannungsfreiheit feststellen	● <b>Spannungsfreiheit durch Fachkraft feststellen</b>
		● Anlage mit zweipoligem Spannungsprüfer prüfen.
4	<b>Erden und kurzschließen</b>	● Zuerst immer erden, dann mit den kurzschließenden aktiven Teilen verbinden
5	Benachbarte unter Spannung stehende Teile abdecken oder abschranken	● <b>Bei Anlagen unter 1 kV genügen zum Abdecken isolierende Tücher, Schläuche, Kunststoffabdeckungen etc. Bei Spannungen über 1 kV sind zusätzliche Warntafeln, Seile oder Absperrtafeln erforderlich.</b>
		● <b>Körperschutz: z. B. Schutzhelm mit Gesichtsschutz, eng anliegende Kleidung und Handschuhe tragen.</b>

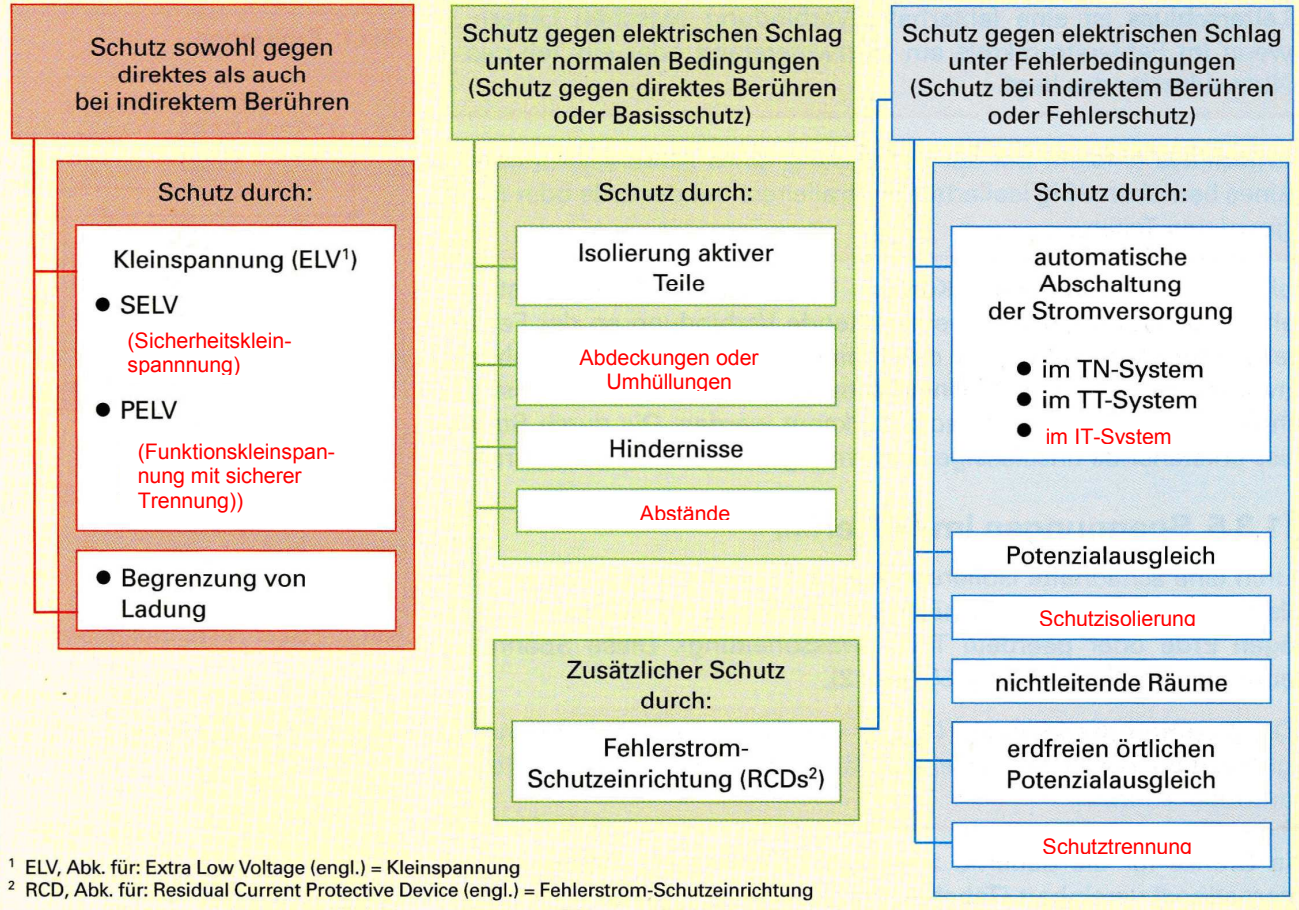
<b>18.2</b>	Welche Anforderung hinsichtlich der Sichtbarkeit wird zu Regel 4 gefordert?
	muss von der Arbeitsstelle aus sichtbar sein
<b>18.3</b>	Wann kann die Regel 4 entfallen?
	In Anlagen mit Nennspannungen unter 1000 V, mit Ausnahme von Freileitungen und Verteilernetzen, darf das Erden und Kurzschließen unterbleiben, wenn die Regeln 1 bis 3 vorschriftsmäßig durchgeführt wurden.
<b>18.4</b>	Was versteht man in der Regel 5 unter „abschränken“?
	Nun kommt das Wort ja von Schranke her, da meine ich, es wird vor dem spannungsführenden Objekt eine Absperrung, eine Schranke gesetzt, damit da keiner unbeabsichtigt reinlaufen kann.

<b>19</b>	<p>In der DIN VDE 0100, Teil 410 „Errichten von Starkstromanlagen mit Nennspannungen bis 1000 V“ sind die Schutzmaßnahmen gegen elektrischen Schlag festgelegt, die den Menschen gegen direktes Berühren und bei indirektem Berühren schützen sollen (vgl. Übersicht auf der folgenden Seite).</p> <p>Erläutern/Erklären Sie die in der Übersicht genannten Bezeichnungen SELV, ... und tragen Sie in den freien Feldern in der Übersicht die fehlenden Schutzmaßnahmen ein.</p> <p>Internet: <a href="http://www.fachlexika.de/technik/mechatronik/s.html">http://www.fachlexika.de/technik/mechatronik/s.html</a></p>
SELV	<p><b>SELV: safety extra low voltage</b>          SELV-Stromkreise dürfen nach IEC364-4-41 (ursprünglich DIN VDE 0100 Teil 410) sekundär nicht geerdet werden oder mit anderen Spannungssystemen verbunden sein. SELV-Steckdosen dürfen keine Schutzkontakte haben. SELV-Stecker dürfen nicht in PELV-Steckdosen eingeführt werden. Die maximale Nennspannung bei der Schutzmaßnahme SELV und PELV beträgt 50 V AC und 120 V DC. Um dies zu gewährleisten ist nachzuweisen, dass bei der Spannungsmessung die höchstzulässigen Werte nicht überschritten werden und dass ein ausreichender Isolationswiderstand aller Leiter gegen Erde besteht. Um eine sichere Trennung zu realisieren, müssen Geräte wie beispielsweise Netzteile nach PELV-Spezifikation eine Isolationsfestigkeit von 500Veff für eine Minute gewährleisten.</p>
PELV	<p><b>PELV: protective extra low voltage</b>          Ein PELV-Stromkreis liegt vor, wenn z. B. aus betrieblichen Gründen die Sekundärseite geerdet ist. Die höchstzulässige Nennspannung bei der Schutzmaßnahme SELV und PELV beträgt max. 50 V AC und 120 V DC. Bei der Schutzmaßnahme PELV nach DIN VDE 0100 Teil 410 dürfen Stromkreise und Körper geerdet sein. PELV-Stecker dürfen nicht in SELV-Steckdosen eingeführt werden.</p>
RCD	<p>Ein <b>Fehlerstromschutzschalter, FI-Schutzschalter</b> oder <b>FI-Schalter</b> ist eine elektrische Schutzeinrichtung in Niederspannungsnetzen.</p> <p>In der EU ist die englische Bezeichnung <b>RCD (Residual Current Device, sinngemäß Reststromschutzgerät)</b> in der Normung üblich.</p> <p>In der Abkürzung FI steht F für das Wort Fehler und I ist das Formelzeichen für den elektrischen Strom; [1] ähnlich steht das U beim FU-Schutzschalter (Fehlervoltage-Schutzschalter) für die elektrische Spannung.</p>

TN-System	<p>Ein <b>TN-System</b> (frz. <i>Terre Neutre</i>) ist eine bestimmte Realisierungsart eines Niederspannungsnetzes zur elektrischen Stromversorgung in der Elektrotechnik. Im Gegensatz zu einem IT-System ist in einem TN-System wie in einem TT-System der Sternpunkt auf Unterspannungseite des speisenden Transformators geerdet. Im Unterschied zu einem TT-System wird in einem TN-System eine Nullung (Erdung) an diesem Sternpunkt durchgeführt.</p> <p>Nach der Ausführung des Schutzleiters werden TN-Systeme unterschieden in TN-C-Systeme, TN-C-S-Systeme und TN-S-Systeme.</p> <p>Erdschlüsse in TN-Netzen führen bei ausreichender Niederohmigkeit zu Erdschlussströmen, die die vorgeschaltete Sicherung zum Ansprechen bringen. Hochohmige Erdschlüsse dagegen erzeugen einen Erdschlussstrom, der die Sicherung nicht unbedingt zum Ansprechen bringt. Diese Erdströme, auch Fehlerströme genannt, sind besonders gefährlich, da sie zu Stromunfällen oder zu Anlagenbränden führen können.</p> <p>Aus diesem Grund ist zur Erkennung eines Erdschlusses eine empfindliche Überwachung erforderlich, die mit einer Fehlerstromüberwachungseinrichtung in Form von Fehlerstromschutzschaltern (FI-Schalter bzw. RCD) erfolgt.</p>
TT-System	<p>Ein <b>TT-System</b> (französisch <i>Terre Terre</i>) ist eine bestimmte Realisierungsart eines Niederspannungsnetzes zur elektrischen Stromversorgung in der Elektrotechnik. In einem TT-System ist der Sternpunkt des einspeisenden Transformators wie in einem TN-System geerdet. Der an die elektrisch leitfähigen Gehäuse anderer Betriebsmittel angeschlossene Schutzleiter ist aber nicht bis an diesen Sternpunkt geführt, sondern separat geerdet.</p>
IT-System	<p>Das <b>IT-System</b> (frz. <i>Isolé Terre</i>) ist eine bestimmte Realisierungsart eines Niederspannungsnetzes zur elektrischen Stromversorgung in der Elektrotechnik mit erhöhter Ausfallsicherheit bei Erdschlussfehlern</p> <p>Die leitfähigen Gehäuse der Betriebsmittel sind in einem IT-System wie in einem TT-System oder TN-System geerdet, der Sternpunkt des einspeisenden Transformators jedoch nicht. Ein erster Isolationsfehler zwischen einem Außenleiter und der Erde stellt eine Erdung dieses Leiters dar. Es besteht dann weiterhin weder eine gefährliche Berührungsspannung zwischen leitfähigen Gehäusen und der Erde, noch ein über die Erde geschlossener Stromkreis zum Transformator. Jedoch wird durch die dadurch entstehende Spannungsüberhöhung der beiden "gesunden" Phasen deren Isolation stark beansprucht. Der Fehler sollte deshalb rasch behoben werden.</p> <p>Man setzt diese Netzart zum Beispiel in Mittelspannungsnetzen der Eigenbedarfskraftwerksversorgung und in Operationssälen von Krankenhäusern ein. Triebfahrzeuge der Deutsche Bahn AG arbeiten ebenfalls mit einem IT-System, damit die Zufahrt bei einem Isolationsfehler noch beendet werden kann.</p> <p>Eine weitere Anwendung stellt die Energieversorgung in explosionsgefährdeten Bereichen, beispielsweise dem untertägigen Steinkohlenbergbau dar. Hier werden "beginnende" Erdschlüsse angezeigt, in Abhängigkeit vom Widerstandswert dann jedoch abgeschaltet, bevor ein zweiter Erdschluss zum Kurzschluss und somit zur Bildung eines Lichtbogens führen würde.</p>

## Übersicht: Schutzmaßnahmen

### Schutzmaßnahmen nach DIN VDE 0100, Teil 410



## 20 Welche Aussage gilt für den FELV-Stromkreis (FELV: Abk. für engl. Functional Extra Low Voltage)?

Die Funktionskleinspannung (engl. *Functional Extra Low Voltage*, FELV, früher „Funktionskleinspannung ohne sichere Trennung“) ist eine kleine elektrische Spannung, die hinsichtlich ihrer Höhe an sich keine Gefahr beim Berühren darstellt, ihre Erzeugung beinhaltet jedoch keine Schutzmaßnahmen, die im Fehlerfall Gefahren ausschließen.

Doppelte oder verstärkte Isolierungen sind hier nicht vorgesehen. Erdungen und Verbindungen der Stromkreise mit Schutzleitern sind aber zulässig. Gehäuse und Körper müssen jedoch mit dem Schutzleiter der Primärseite verbunden sein.

Um den Schutz gegen direktes Berühren gewährleisten zu können muss die Isolierung entsprechend der Nennspannung des Primärstromkreises der Stromquelle gewählt werden oder wahlweise auch durch Abdeckungen oder Umhüllungen (Abdeckungen oder Umhüllungen sind dafür bestimmt, das Berühren aktiver Teile zu verhindern). Die Körper der Betriebsmittel des FELV-Stromkreises müssen mit dem Schutzleiter des Primärstromkreises der Stromquelle verbunden werden. (DIN VDE 0100-410).

Die Erdung des Sekundärkreises kann jedoch bei Masseschlüssen zur Selbsteinschaltung von Schützen führen. In nicht geerdeten Sekundärkreisen sind dagegen doppelte Körper- oder Erdschlüsse nötig (zum Beispiel vor und hinter den Schaltgeräten), um Selbsteinschaltung hervorzurufen. Ein Körperschluss oder Erdschluss spannungsführender Leiter führt jedoch bei geerdetem Sekundärkreis zu einer Abschaltung der Überstromschutzorgane, sodass auch ein einzelner Fehler erkannt werden kann.

Typische Anwendungen sind Steuerungen von Maschinen. Bei der Konstruktion muss daher zwischen diesen Fällen abgewogen werden.

<b>21</b> Ordnen Sie den Abbildungen die Unterschriften „Transformatoren für SELV-Stromkreis“ bzw. „Spannungsquelle für PELV-Stromkreis“ zu (falsche Angabe streichen).	
<p>         L ~ 50Hz 230 V          N          PE       </p> <p>         AC ≤ 50 V          DC ≤ 120 V       </p> <p>         Transformator für Kleinspannung          Transformator mit Gleichrichter für Kleinspannung       </p>	<p>         L ~ 50Hz 230 V          N          PE       </p> <p>         Sicherheits-transformator nach EN 60742          Trennstelle          Kleinspannungs-seite ist geerdet       </p>
<p><b>Transformatoren für SELV-Stromkreis</b></p> <p>Spannungsquelle für PELV- Stromkreis</p>	<p>Transformatoren für SELV-Stromkreis</p> <p><b>Spannungsquelle für PELV- Stromkreis</b></p>

<b>22</b> Nennen Sie die 4 Anforderungen bei dem Einsatz von Steckern, Steckdosen und Kupplungen in SELV- und PELV-Stromkreisen.	
①	Stecker und Steckdosen von SELV-Stromkreisen dürfen keinen Schutzkontakt haben.
②	Steckvorrichtungen für SELV-Stromkreise müssen gegenüber Steckvorrichtungen mit anderer Spannung unverwechselbar sein.
③	SELV-Stecker dürfen nicht in PELV-Steckdosen eingeführt werden können und umgekehrt.
④	Steckvorrichtungen für PELV-Stromkreise haben Schutzkontakte. Sie sind durch eine Hilfsnase gegenüber Steckvorrichtungen mit höherer Spannung unverwechselbar.

<b>23</b> Nennen Sie die 4 Möglichkeiten zur Erzeugung von Kleinspannung.	
①	Sicherheitstransformatoren
②	Motorgeneratoren mit getrennten Wicklungen
③	Elektrochemische Spannungsquellen, z. B. Batterie
④	Generator mit Verbrennungsmaschine als Antrieb

<b>24</b> Darf Kleinspannung aus dem Netz z.B. durch Spartransformatoren, Spannungsteiler oder Vorwiderstände entnommen werden?	
①	Ja
② X	Nein

- 25** Eine Maßnahme zum Schutz sowohl gegen direktes Berühren ist der Schutz durch Begrenzung der Ladung: Liefert eine Spannungsquelle eine Entladungsenergie, die den Wert 0,25 J nicht übersteigt, kann man auf die Schutzmaßnahme gegen direktes Berühren verzichten, z.B. bei einem geladenen Kondensator oder beim Weidezaun.  
Erläutern Sie den Begriff „Energie“ und den Wert 0,25 J.

Die **Energie** ist eine physikalische Größe, die in allen Teilgebieten der Physik sowie in der Technik, der Chemie, der Biologie und der Wirtschaft eine zentrale Rolle spielt. Ihre SI-Einheit ist das Joule.

Energie kann in verschiedenen *Energieformen* vorkommen. Hierzu gehören beispielsweise potentielle Energie, kinetische Energie, chemische Energie oder thermische Energie. Energie lässt sich in verschiedene Energieformen umwandeln. Dabei kann die Gesamtenergie innerhalb eines abgeschlossenen Systems aufgrund der Energieerhaltung weder vermehrt noch vermindert werden. Weiterhin setzt der zweite Hauptsatz der Thermodynamik der Umwandelbarkeit prinzipielle Grenzen, insbesondere ist thermische Energie nur eingeschränkt in andere Energieformen umwandelbar und zwischen Systemen übertragbar. Nach der Einsteinschen Relativitätstheorie muss auch einer ruhenden Masse  $m$  eine Energie vom Betrag  $E = mc^2$  zugeordnet werden.

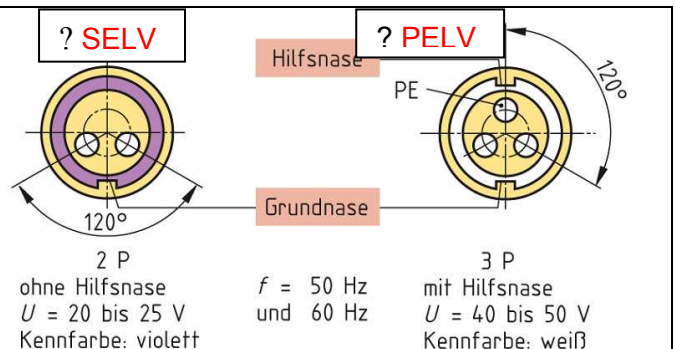
$$0,25 \text{ J} = 0,25 \text{ Nm} = 0,25 \text{ Ws}$$

0,25 Nm : Eine Masse von  $m = 25,48 \text{ g} = 0,02548 \text{ kg}$  wird 1 m hoch gehoben

0,25 Ws : Ein elektrisches Gerät mit der Leistungsaufnahme 0,25 W ist 1 s eingeschaltet oder ein elektr. Gerät ist an eine Spannung von 1 V angeschlossen, nimmt eine Stromstärke von 0,25 A auf und ist 1 s eingeschaltet.

- 26** Die nebenstehende Abbildung zeigt zwei Steckdosen für Kleinspannungsgeräte.

Ergänzen Sie in den freien Feldern, zu welchem Stromkreis (SELV oder PELV) die jeweilige Steckdose gehört.



- 26** Zum Schutz gegen elektrischen Schlag unter normalen Bedingungen (Schutz gegen direktes Berühren oder Basisschutz) bezieht sich auf den ungestörten Betrieb (Normalbetrieb) und soll bewirken, dass betriebsmäßig Spannung führende Teile für den Menschen nicht zugänglich sind.  
Welche Maßnahme gehört nicht dazu?

- |     |   |
|-----|---|
| 1   | Schutz durch Hindernisse  |
| 2   | Einsatz von RCDs [Residual Current Protective Device (engl.) = Fehlerstrom-Schutzeinrichtung] |
| 3   | Schutz durch Abstand  |
| 4 X | Schutz durch Aufstellen von Warnschildern   |
| 5   | Schutz durch Isolierung aktiver Teile   |

<b>27</b> Ergänzen Sie die folgende Tabelle mit der/den Schutzart/en, die für das jeweilige Niederspannungs-Drehstromsystem zulässig ist/sind.		
1	TN-S-System	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Überstrom-Schutzeinrichtung</b></li> <li>• <b>RCD (FI-Schutzschalter)</b></li> </ul>
2	TN-C-System	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Nur Überstrom-Schutzeinrichtungen</b></li> </ul>

<b>28</b> Geben Sie die Maximalen Abschaltzeiten im TN-System nach DIN VDE 0100 Teil 410 an.			
	<i>Stromkreise</i>	<i>Spannung <math>U_0</math></i>	<i>Abschaltzeit</i>
1	Endstromkreise, die über Steckdosen oder festen Anschluss Handgeräte oder ortsveränderliche Betriebsmittel der Schutzklasse I versorgen	* AC 230 V	<b>0,4 s</b>
2		* AC 400 V	<b>0,2 s</b>
3		> AC 400 V	<b>0,1 s</b>
4	Verteilerstromkreisen in Gebäuden		<b>5 s</b>
5	Endstromkreise derselben Verteilung, mit nur ortsfesten Verbrauchsmitteln		<b>5 s</b>

<b>29</b> Für die Abschaltbedingungen im TN-System gilt	
$Z_s \leq \frac{2}{3} \cdot \frac{U_0}{I_a} \quad \text{und} \quad I_K > I_a$	
Erläutern Sie die Größen:	
$Z_s$	<b>Schleifenimpedanz (Scheinwiderstand) der Fehlerschleife</b>
$U_0$	<b>Spannung zwischen Außenleiter und geerdetem Neutralleiter</b>
$I_a$	<b>Abschaltstrom, der die automatische Abschaltung der Überstrom-Schutzeinrichtung bewirkt</b>
$I_K$	<b>Kurzschlussstrom</b>

- 30** Ein Steckdosenstromkreis mit  $U_0 = 230\text{ V}$  ist mit einem LS-Schalter Typ 16 A abgesichert. Ermitteln Sie
- die höchstzulässige Schleifenimpedanz, damit die Leitung auch bei Temperaturänderung innerhalb der maximal zulässigen Abschaltzeit abgeschaltet wird und
  - den Kurzschlussstrom.

Der Abschaltstrom beträgt

$$\begin{aligned} I_a &= 5 \cdot I_n \\ &= 5 \cdot 16\text{ A} \\ &= 80\text{ A} \end{aligned}$$

a) Schleifenimpedanz

$$\begin{aligned} Z_s &\leq \frac{2}{3} \cdot \frac{U_0}{I_a} \\ &\leq \frac{2}{3} \cdot \frac{230\text{ V}}{80\text{ A}} \\ &\leq 1,91\bar{6}\ \Omega \end{aligned}$$

b) Kurzschlussstrom

$$\begin{aligned} I_k &= \frac{U_0}{Z_s} \\ &\approx \frac{230\text{ V}}{1,9167\ \Omega} \\ &\approx 120,0\text{ A} \end{aligned}$$

c) Der Kurzschlussstrom  $I_k$  ist größer als der Abschaltstrom  $I_a$ . Die Abschaltbedingung ist erfüllt.

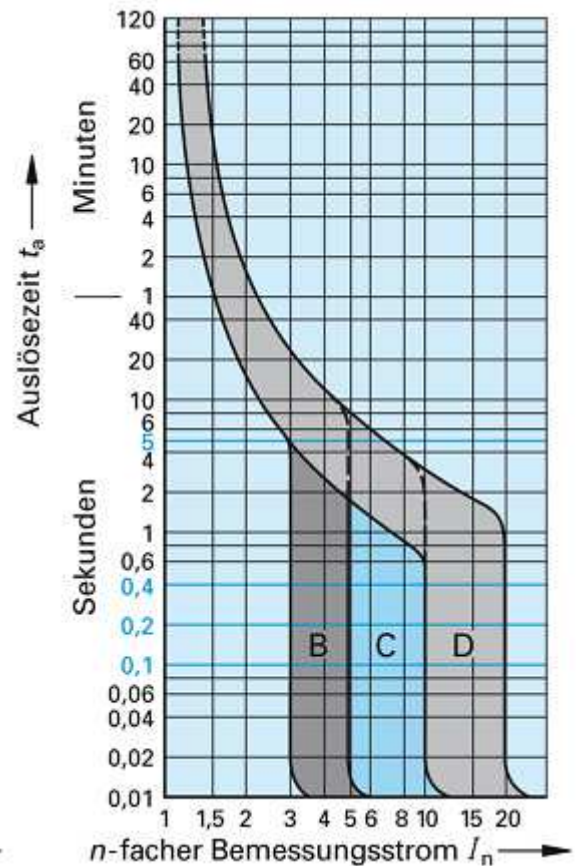


Bild:  
Leitungsschutzschalter (LS-Schalter)  
Auslösekennlinie (Typ B, C und D)

31 Ordnen Sie den Bildern die entsprechende Kennzeichnung für das Drehstromsystem zu.	
	① <b>TN-C-System</b> ② TN-S-System ③ IT-System ④ TN-C-S-System ⑤ TT-System
	① TN-C-System ② TN-S-System ③ IT-System ④ <b>TN-C-S-System</b> ⑤ TT-System
	① TN-C-System ② <b>TN-S-System</b> ③ IT-System ④ TN-C-S-System ⑤ TT-System
	① TN-C-System ② TN-S-System ③ IT-System ④ TN-C-S-System ⑤ <b>TT-System</b>
	① TN-C-System ② TN-S-System ③ <b>IT-System</b> ④ TN-C-S-System ⑤ TT-System

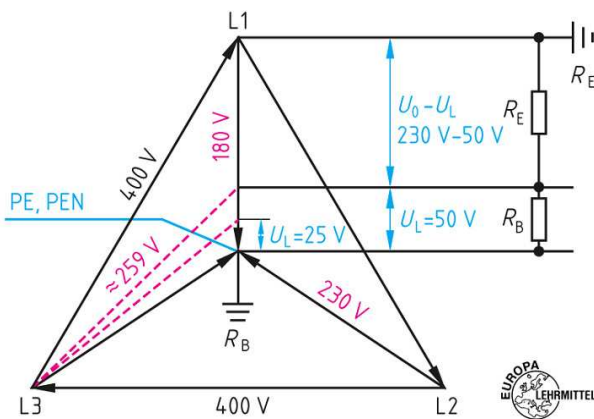
32 Die Kennzeichnung von Drehstromsystem erfolgt mit Buchstaben, z.B. TN-C-System. Erläutern Sie die Buchstaben.	
<b>1. Buchstabe:</b>	<b>Erdungsverhältnisse der Stromquelle z. B. in der Transformatorenstation</b>
<b>T:</b>	<b>Direkte Erdung eines Punktes, z. B. Sternpunkt, über den Betriebserder</b>
<b>I:</b>	<b>Isolierung aller aktiven Teile von Erde oder Verbindung des Punktes mit Erde über eine Impedanz</b>
<b>2. Buchstabe:</b>	<b>Erdungsverhältnisse der Körper innerhalb der elektrischen Anlage</b>
<b>T:</b>	<b>Direkte Erdung der Körper der Betriebsmittel</b>
<b>N:</b>	<b>Verbindung der Körper mit dem Betriebserder des Spannungserzeugers</b>

**3. Buchstabe:** Anordnung des Neutralleiters N und des Schutzleiters PE im TN-System

**S:** PE und N getrennt (separat) verlegt

**C:** PE und N kombiniert in einem Leiter (PEN)

**33** Die folgende Abbildung zeigt die „Spannungswaage“ im TN-System. Wann ist auf diese „Spannungswaage“ zurückzugreifen? Erläutern Sie die Anwendung dieser „Spannungswaage“.



Spannungswaage im TN-System

Im TN-System soll ein auftretender Körperschluss zum Kurzschluss führen und das defekte Betriebsmittel durch Auslösen der vorgeschalteten Überstrom-Schutzeinrichtung abschalten.

Für den Gesamtwiderstand aller Betriebserder gilt ein Wert von  $2 \Omega$  als ausreichend. Werden  $2 \Omega$  nicht erreicht, muss die Bedingung „Spannungswaage“ erfüllt sein (Bild) mit der Bedingung

$$\frac{R_B}{R_E} \leq \frac{50 V}{U_0 - 50 V}$$

$R_B$  Gesamterdungswiderstand aller Erder

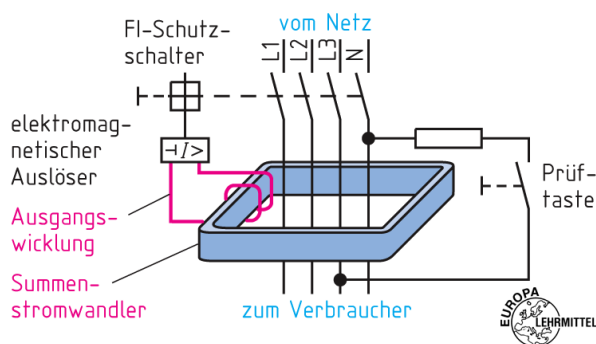
$R_E$  Angenommener kleinster Erdübergangswiderstand fremder leitfähiger Teile, die nicht mit dem Schutzleiter verbunden sind und Ursache eines Erdschlusses sein können

50 V Vereinbarte Grenze der zulässigen Berührungsspannung

$U_0$  Spannung eines Außenleiters gegen geerdete Leiter, PEN

Wird diese Bedingung eingehalten, kann am PEN-Leiter, am Schutzleiter und an Körpern keine unzulässig hohe Berührungsspannung  $> U_L$  auftreten. Leiterquerschnitte und Schutzeinrichtungen sind so zu bemessen, dass beim Auftreten eines Fehlers zwischen Außenleiter und Schutzleiter oder mit dem PEN-Leiter verbundenen Körpern die automatische Abschaltung innerhalb der festgelegten Zeit erfolgt (vgl. Aufg. 28)

**34** Erläutern Sie anhand der folgenden Abbildung das Prinzip des FI-Schutzschalters (RCD).



Prinzip eines FI-Schutzschalters (RCD)

Alle aktiven Leiter (L1, L2, L3, N), die vom Netz zum schützenden Betriebsmittel führen, werden durch einen Summenstromwandler geführt (Bild). Im fehlerfreien Zustand ist die Summe der zu- und abfließenden Ströme Null. Die magentischen Wechselfelder der Leiter im Summenstromwandler heben sich gegenseitig auf. In diesem Fall wird in der Ausgangswicklung des Summenstromwandlers keine Spannung induziert.

Bei Erdschluss eines Leiters oder Körperschluss eines Betriebsmittels fließt ein Teilstrom über die Erde zum Spannungserzeuger zurück. Dadurch ist die Summe der zu- und abfließenden Ströme nicht mehr Null. In der

Ausgangswicklung des Summenstromwandlers wird nun eine Spannung induziert, die einen elektromagnetischen Auslöser betätigt. Dieser Auslöser schaltet den FI-Schutzschalter allpolig ab. Mit einer Prüftaste kann ein Fehler simuliert werden.

Hinweis: Damit lässt sich nur die Auslösefunktion des FI-Schutzschalters prüfen, nicht aber die Wirksamkeit der Schutzmaßnahme.

35 Die folgende Abbildung zeigt Sinnbilder für die Kennzeichnung von FI-Schutzschaltern. Welche Information geben die Sinnbilder?

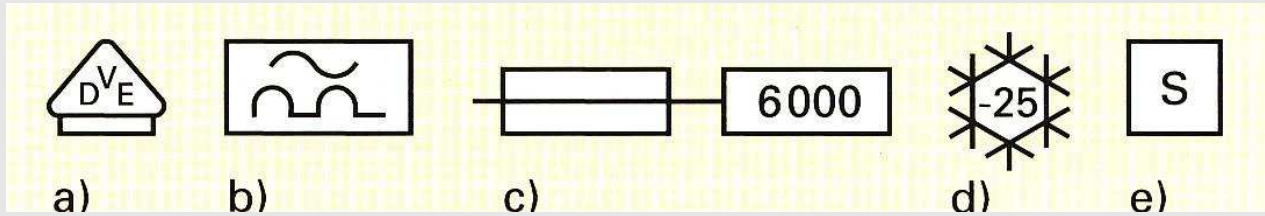


Bild a) VDE-Prüfzeichen

Bild b) für Wechsel- und pulsierende Gleichfehlerströme

Bild c) Kurzschlussfest bis 6000 A = 6 kA

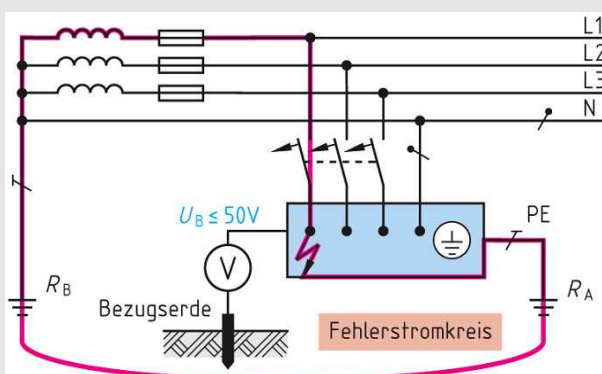
Bild d) Für Betrieb bei tiefen Temperaturen, hier  $-25\text{ °C}$

Bild e) FI-Schutzschalter Bauart S, selektiver FI-Schutzschalter, Auslösung  $\leq 1\text{ s}$  erst bei 2fachem  $I_{\Delta n}$

36 Welche Aussage zum Begriff „Schleifenimpedanz“ (engl. *loop impedance*) ist richtig?

- ① Die Schleifenimpedanz ist die durch den N-Leiter fließende Stromstärke.
- ② Die Schleifenimpedanz ( $Z$ ) ist der Scheinwiderstand eines Vierpols. Dieser setzt sich zusammen aus dem ohmschen Widerstand ( $R$ ) und der Reaktanz ( $X$ ), dem Blindwiderstand.
- ③ **X** Die Schleifenimpedanz ist die Summe aller Impedanzen einer geschlossenen Strombahn, die bei einem Isolationsfehler in einem elektrischen Betriebsmittel (Körperschluss) vom Fehlerstrom durchflossen wird
- ④ Unter Schleifenimpedanz werden alle Widerstände zusammengefasst, die der Ausbreitung von Schwingungen in einem bestimmten Umfeld entgegenwirken.
- ⑤ In Gleichstromsystemen ist die Schleifenimpedanz gleich dem ohmschen Schleifenwiderstand  $R_S$ .

37 Die folgende Abbildung zeigt den Schutz durch Abschalten im TT-System mit Überstrom-Schutzeinrichtung. In der Aufgabe soll das Betriebsmittel in der Abbildung einen Körperschluss haben. Die Schutzmaßnahme mit einem LS-Schalter ist zu überprüfen:



1. Die vorgeschaltete Überstrom-Schutzeinrichtung muss unverzüglich ( $t_a \leq 100\text{ ms}$ ) auslösen.
2. Die Berührungsspannung (bezogen auf Bezugs Erde) darf den Wert AC 50 V nicht übersteigen.

Aufgabe:

Bei einer Netzspannung von 230 V beträgt der Gesamtwiderstand der Fehlerschleife  $5\ \Omega$  und der Erdungswiderstand  $R_A = 2\ \Omega$ . Überprüfen Sie den Einsatz eines Leitungsschutzschalters vom Typ B 16 A.

Abschaltströme; $\chi$ -Faktoren <sup>1</sup> von LS-Schaltern zur Berechnung des Abschaltstromes $I_a$ (Auswahl)						
Charakteristik	Z	B	C	D	G	Anwendungsgebiet
$\chi$ -Faktoren	1,35	1,45	1,45	1,45	1,35	Z: Halbleiterschutz, Spannungswandler
Abschaltstrom $I_a$	$3 \cdot I_n$	$5 \cdot I_n$	$10 \cdot I_n$	$20 \cdot I_n$	$10 \cdot I_n$	B: Hausinstallation C: Kleintransformatoren, Motoren, Beleuchtungsstromkreise D, G: Motorstromkreise oder Transformatoren mit hohem Einschaltstrom
<sup>1</sup> Griechischer Kleinbuchstabe chi LS-Schalter Typ Z und G lösen im Überlastbereich früher aus ( $\chi = 1,2 \dots 1,35$ ) als LS-Schalter des Typs B, C und D ( $\chi = 1,45$ )						

### 1. Kurzschlussstrom

$$I_K = \frac{U_0}{R_{ges}} = \frac{230 V}{5 \Omega} = 46 A$$

### 2. Berührungsspannung

$$U_B = R_A \cdot I_K = 2 \Omega \cdot 46 A = 92 V$$

### 3. Ergebnis:

Ein LS-Schalter B 16 A darf nicht eingesetzt werden.

Es müsste ein Abschaltstrom von 80 A fließen:  $I_a = 5 \cdot I_n = 5 \cdot 16 A = 80 A$

Die 1. Bedingung ist nicht erfüllt:  $I_K < I_a$

Die maximal zulässige Berührungsspannung  $U_L = 50 V AC$  wird überschritten.

2. Bedingung ist nicht erfüllt.

### 4. Abhilfe:

- Leitungsschutzschalter mit kleinerem Bemessungsstrom verwenden.
- FI-Schutzschalter (RCD) einsetzen.