



## Beispielkonzept für das Lernfeld 5

Ausbildungsberuf	Elektroniker/-in für Gebäudesystemintegration
Fach	Installations- und Energietechnik
Lernfeld	LF5: Elektroenergieversorgung und Sicherheit von gebäudetechnischen Systemen und Geräten gewährleisten
Lernsituation	Lernsituation 2: Die Elektroenergieversorgung einer Lagerhalle planen
Zeitraumen	Ca. 42 Unterrichtsstunden
Benötigtes Material	Arbeitsblätter, Fachliteratur (Fachkundebuch, Tabellenbuch, Herstellerkataloge), Endgeräte mit Internetzugang, Tafel / Stifteingabegeräte; Technische Anschlussbedingungen



# Unterrichtskonzept mit illustrierenden Aufgaben

Berufsschule, Elektroniker/-in für Gebäudesystemintegration, 2. Ausbildungsjahr

## Konzeptionsmatrix für die Lernsituation 2

<b>Konzeptionsmatrix für Lernsituation 2</b>		Für einen Gewerbekunden soll auf dem Betriebsgelände eines Fertigungsstandortes eine Lagerhalle errichtet werden. Ausgehend von der Ermittlung des Netzsystems sollen die Anzahl und Dimensionierung von Stromkreisen und den dazugehörigen Schutzmaßnahmen hinsichtlich normativer Vorgaben erfolgen. Dabei wird das Nutzungsverhalten, die Versorgungssicherheit und die zukunftssichere Erweiterbarkeit berücksichtigt. Des Weiteren werden Komponenten nach Überspannungsschutzkategorie und Anwendungsbereich ausgewählt und die Erdungsanlage unter Beachtung zusätzlicher Anforderungen (z.B. Blitzschutz) geprüft. Anschließend soll die Erstprüfung der Fertigungshalle durchgeführt werden. Abschließend muss das Prüfprotokoll erstellt werden. Nach erfolgreicher Inbetriebnahme findet im Rahmen einer Übergabe eine Einweisung des Kunden in die Anlage statt.						
Zeit	Thema/ Beschreibung	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexions- wissen	Aufgabe			
					Aktivitäten	Lernprodukte	Medien/ Materialien	Kontroll- und Reflexionselemente
90	Anforderungen an die Energieversorgung im Versorgungsgebiet	-	Ermittlung und Festlegung des Netzsystems	Einhaltung von Normen und Vorschriften;	Informelle Vorbereitung auf die Planung der Elektroenergieversorgung			
					Ermittlung der örtlichen Systemanforderungen an die Art der Erdverbindung	Stichpunktartige Auflistung der Kundenanforderungen;	<u>Skript:</u> Karten- und Kundencenterauszüge zu regionalem Versorgungsgebiet  <u>Literatur:</u> Fachkundebuch Tabellenbuch Auszug TAB	<u>Aufgaben Skript:</u> Fragenkatalog zu den Anschlussbedingungen
315	Analyse verschiedener Netzsysteme	<u>Netzsysteme:</u> TN-Netz TT-Netz IT-Netz	-	Einhaltung von Normen und Vorschriften;	Analysieren der verschiedenen Netzsysteme in der Elektroenergieversorgung			
					Recherche zu Netzsystemen	Festlegung und Definition wichtiger Fachbegriffe (Fehlerarten, Nomenklatur bei Netzsystemen)	<u>Literatur:</u> Fachtexte im Skript  <u>Endgeräte:</u> Laptop mit Internetzugang;	<u>Aufgabe Skript:</u> Fragenkatalog und Berechnungen zu den Netzsystemen



# Unterrichtskonzept mit illustrierenden Aufgaben

Berufsschule, Elektroniker/-in für Gebäudesystemintegration, 2. Ausbildungsjahr

315	Analyse notwendiger Betriebsmittel für die Kundenanlage	<u>Elektrische Betriebsmittel:</u> DIN-VDE 0100-500 Kabel- und Leitungsanlagen Schalt- und Steuergeräte	-	Einhaltung von Normen und Vorschriften;  <u>Elektrischer Schlag:</u> Wirkungen des el. Stroms auf den menschlichen Körper	Betrachtung notwendiger Betriebsmittel zur Umsetzung der Energieversorgung			
		<u>Schutzmaßnahmen:</u> Schutzeinrichtungen Schutzklassen Schutzarten Brandschutz Basisschutz Fehlerschutz Zusatzschutz  <u>Unfallverhütung</u> Schutzklassen, Schutzarten			Analyse zum Aufbau und zur Funktionsweise elektrischer Betriebsmittel <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kabel- und Leitungen</li> <li>• Sicherungsmittel</li> <li>• Schalt- und Steuergeräte</li> </ul>	Fachkenntnis zu Betriebsmitteln, Schutzmaßnahmen und zu Unfallverhütung	<u>Literatur:</u> Skript Fachkundebuch Tabellenbuch	<u>Aufgabe Skript:</u> Kontrollfragen im Skript (Betriebsmittelliste)
225	Konzeption der Energieversorgung	-	Festlegen der Anzahl und Dimensionierung von Stromkreisen und den dazugehörigen Schutzmaßnahmen hinsichtlich normativer Vorgaben (z. B. VDE und DIN 18015, RAL-RG 678), des Erdungskonzeptes, des Netzsystems, des Nutzungsverhalten, der Versorgungssicherheit	<u>Softwaregestützte Planung:</u>  Einsatz von Planungstools für die elektrische Energieversorgung	Auswahl von Schutzmaßnahmen hinsichtlich normativer Vorgaben			
					Anfertigen eines Energieversorgungskonzepts (Stromlaufplan inkl. Betriebsmittel, Querschnitte)	Konzept zur normgerechten Energieversorgung gemäß Kundenwunsch	<u>Literatur:</u> Fachtexte Herstellerkataloge Normenauszüge	<u>Aufgabe Skript:</u> Vervollständigtes Energieversorgungskonzept (Stromlaufplan)



# Unterrichtskonzept mit illustrierenden Aufgaben

Berufsschule, Elektroniker/-in für Gebäudesystemintegration, 2. Ausbildungsjahr

			heit, zukunfts-sicherer Erweiterbarkeit					
225	Analyse des Blitz- und Überspannungsschutzes	<u>Innerer Blitzschutz:</u> Typenklassen von Schutzgeräten, TT- und TN-System, Schutzpotenzialausgleich DIN-VDE 0100-443/-534 Überspannungsschutz  <u>Erdung:</u> Anwendungsregeln Techn. Anschlussbedingungen	-	Überspannung Entstehung und Verhinderung  Blitzschutz Ableitung	Informelle Vorbereitung des Blitzschutzkonzepts			
					Erarbeiten aller relevanten Fachbegriffe zum Thema Blitz- und Überspannungsschutz	Fachkenntnis der relevanten Begriffe zum Blitz- und Überspannungsschutz, sowie zur Erdung	Literatur Fachkundebuch Blitzschutzplaner	Aufgabe Skript: Fragenkatalog Blitz- und Überspannungsschutz
90	Konzeption des Blitzschutzes		Auswahl und Installation der Komponenten nach Überspannungsschutz und Anwendungsbereich (Typ 1/2/3) Überprüfen von Erdungsanlagen unter Beachtung zusätzlichen Anforderungen (z. B. Blitzschutz)		Konzeption des Blitz- und Überspannungsschutzes			
					Auswahl von Betriebsmitteln;	Vervollständigtes Blitzschutzkonzept	Literatur Herstellerkataloge Blitzschutzplaner	Aufgabe Skript: Stromlaufplan inkl. aller für den Blitzschutz notwendigen und korrekt angeschlossenen Betriebsmitteln



# Unterrichtskonzept mit illustrierenden Aufgaben

Berufsschule, Elektroniker/-in für Gebäudesystemintegration, 2. Ausbildungsjahr

315	Anforderungen an die Anlagenprüfung	<u>Prüfungen: DIN-VDE 0100-600</u> <u>Mess- und Prüfmittel:</u> Checkliste für Sichtprüfung, Installationsmessgerät, Installationsprüfgerät, <u>Mess- und Prüfverfahren:</u> Besichtigung Niederohmigkeit der Leiter Hauptpotentialausgleich sowie Schutz- und Funktionspotentialausgleich Isolationswiderstand Spannungspolarität Erdungswiderstand Schleifenimpedanz Netzzinnenwiderstand Fehlerschutz Zusätzlicher Schutz Phasenfolge Funktionsprüfungen Spannungsfall Prüfprotokoll		Mess- und Prüfmittel: Beachtung von Kriterien bei der Auswahl geeigneter Mess- und Prüfmittel Mess- und Prüfverfahren: Interpretation von Messwerten Beachtung der Grenzwerte Beachtung gesetzlicher Vorschriften Prüfprotokoll: Streichung nicht geprüfter Kriterien Nächster Prüftermin Einhaltung von Prüf Fristen Bedeutung der Unterschrift	Informelle Vorbereitung zur Prüfung einer ortsfesten Anlage nach DIN VDE 0100-600			
					Erarbeiten aller relevanten Fachbegriffe zur Anlagenprüfung nach DIN VDE 0100-600;	Fachkenntnis der korrekten Vorgehensweise bei der Prüfung ortsfester Anlagen	<u>Literatur:</u> Fachtexte Fachartikel Normenauszüge  Betriebs- und Bedienungsanleitungen verschiedener Prüfgeräte  Tabellenbuch	<u>Aufgabe Skript:</u> Fragenkatalog zur DIN VDE 0100-600
90	Durchführung einer Anlagenprüfung		<u>Auftragsorganisation:</u> Einhaltung entsprechender DIN-VDE-Norm Auftragsdurchführung: Auswählen geeigneter Messverfahren für die jeweilige		Planung und Durchführung einer Anlagenprüfung nach DIN VDE 0100-600			
					Prüfen einer Anlage nach vorgegebenen Richtlinien	Messprotokoll inkl. der im Rahmen der Messung erfassten Werte	<u>Literatur:</u> Herstellerkataloge Normenauszüge Betriebsanleitungen	<u>Aufgabe Skript:</u> Ausgefülltes Messprotokoll



# Unterrichtskonzept mit illustrierenden Aufgaben

Berufsschule, Elektroniker/-in für Gebäudesystemintegration, 2. Ausbildungsjahr

			Bestimmung geeigneter Mess- und Prüfverfahren sowie Messung Prüfmittel Hand habung von Mess- und Prüfmitteln Anwendung von Mess- und Prüf- verfahren Ermittlung der Auslösezeit des RCDs Auftrags- auswertung: Erstellung eines Prüfprotokolls Protokollierung der Betriebswerte und Prüfergebnisse Unterzeichnung des Prüfprotokolls					
90	Einweisung von Nutzern in ein gebäude- technisches System	<u>Nutzereinweisung:</u> Sicherheits- einweisung Funktionseinweisung Wartungsarbeiten Instandhaltungs- vereinbarungen  <u>Dokumente einer Anlage:</u> Struktur und Aufbau von anlagentypischen Dokumenten: Anlagen- dokumentation, Inbetriebnahmeprotokoll, Technische Dokumentation		<u>Auftragsauswertung:</u> Nachweis- und Dokumentation spflicht für Gewährleistung Aufmaß als Grundlage für Rechnungs- erstellung Führen eines Adressaten- gerechten Kunden- gesprächs	Informelle Vorbereitung der Nutzerweinweisung			
					Vorbereitung einer Dokumentation und des Kundengesprächs		<u>Arbeitsmaterial:</u> Inbetriebnahme- protokoll  <u>Literatur:</u> Tabellenbuch	<u>Aufgabe Skript:</u> Fragenkatalog zur Nutzereinweisung



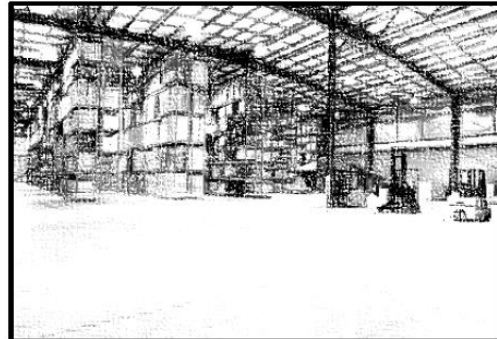
# Unterrichtskonzept mit illustrierenden Aufgaben

Berufsschule, Elektroniker/-in für Gebäudesystemintegration, 2. Ausbildungsjahr

90	Abschluss des Projekts		<u>Auftragsauswertung:</u> Erstellung einer Anlagendokumentation und eines Inbetriebnahmeprotokolls Vorführung der Anlage Erstellung eines Aufmaßes entsprechend Materialliste		Durchführung der Dokumentation und Anlagenübergabe			
					Exemplarische Durchführung von Kundengesprächen, Inbetriebnahme der Anlage	Kundengespräch, Anlagendokumentation und Aufmaß	<u>Arbeitsmaterial:</u> Inbetriebnahmeprotokoll,  ggf. aktuelle Kalkulationshilfe	<u>Aufgabe Skript:</u> Elemente der Anlagendokumentation  Feedback zum Kundengespräch
45	Reflexion des Arbeitsauftrages	<u>Optimierung der Arbeitsabläufe</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Teamarbeit</li> <li>• Organisation der Vorgehensweise bei der Projektplanung und -abwicklung</li> <li>• Überprüfung der Ergebnisse</li> </ul>	Erstellung eines Feedbackbogens für den Kunden Ableitung von Verbesserungsvorschlägen für die eigene Arbeitsplanung	Feedback-Regeln Zeitmanagement Projektmanagement	Beurteilung und Bewertung des abgelaufenen Projekts			
					Bewertung des Gesamtprojekts, Erarbeiten von Verbesserungsvorschlägen	Durchführung einer Feedbackrunde,	<u>Literatur:</u> Fachkundebuch	<u>Feedbackbogen</u>

## Unterlagen, Medien, Materialien

1.1 Sie sind Auszubildender bei der Firma ePowerSupply. Ihr Chef kommt mit einem Kundenauftrag auf Sie zu. Für einen Gewerbekunden soll auf dem Betriebsgelände eines Fertigungsstandortes nördlich von Schweinfurt eine neue Lagerhalle errichtet werden.



Zunächst sollen die Art und die Umsetzung des einspeisenden Energiesystems ermittelt werden.

Hierfür stehen Ihnen die folgenden Unterlagen und Informationen bereit:

a) Analysieren Sie die folgenden Unterlagen zum Kundenauftrag und beantworten Sie anschließend die Fragen auf der folgenden Seite.

**Infobox:**  
 Nach dem Energiewirtschaftsgesetz sind Netzbetreiber verpflichtet, technische Mindestanforderungen (in Form von technischen Anschlussbedingungen) für den Netzanschluss und den Betrieb von elektrischen Bezugsanlagen festzulegen. Die technischen Mindestanforderungen der Bayernwerk Netz GmbH bestehen aus dem BDEW-Bundesmusterwortlaut TAB (TAB 2019), den Anwendungsregeln VDE-AR-N 4100 und VDE-AR-N 4105 und unserer Netzrichtlinie NDT-10-85, welche die vorgenannten Regelwerke entsprechend ergänzt. Diese Regelwerke sind somit Bestandteil des Netzanschluss- und Anschlussnutzungsverhältnisses entsprechend Niederspannungsanschlussverordnung – NAV.

### System nach Art der Erdverbindung

Im Versorgungsgebiet der Bayernwerk Netz GmbH kommen regional unterschiedliche Netzformen zur Anwendung. Detailinformationen erteilt das zuständige Kundencenter.

Kundencenter (KC)	Netzsystem	Kundencenter (KC)	Netzsystem
Altdorf	TT	Fuchsstadt	TN
Ampfing	TN	Kolbermoor	TN
Bamberg	TT	Kulmbach	TT
Eggenfelden	TT	Marktheidenfeld	TN

Abbildung 1 Auszug der Netzformen im Versorgungsgebiet der Bayernwerk Netz GmbH

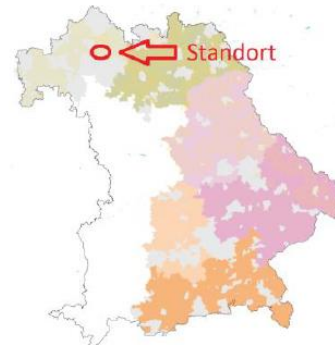


Abbildung 2 Versorgungsgebiet der Bayernwerk Netz GmbH

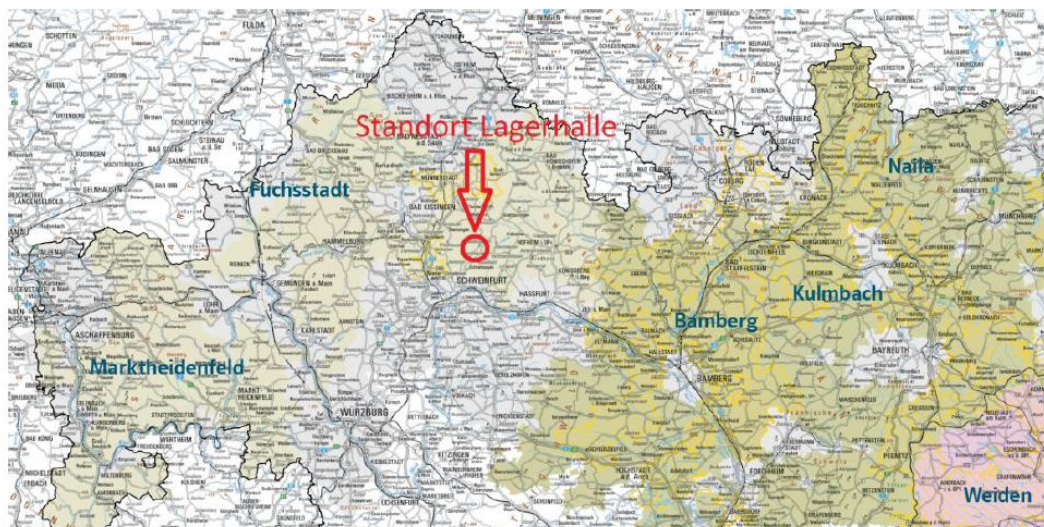


Abbildung 3 Detailansicht des Fertigungsstandorts



b) Erläutern Sie unter Verwendung der o. g. Informationen sowie Ihres Tabellenbuches folgende Abkürzungen:

TAB: Technische Anschlussbedingungen

NAV: Niederspannungsanschlussverordnung

VDE: Verband der Elektrotechnik, Elektronik und Informationstechnik

c) In welchem regionalen Netzgebiet (siehe Kundencenter) soll die Lagerhalle errichtet werden?

Die Lagerhalle soll im Netzgebiet Fuchsstadt errichtet werden.

d) Nennen Sie das im regionalen Netzgebiet zum Einsatz kommende Netzsystem.

Im Netzgebiet kommt das TN-Netzsystem zum Einsatz.

e) Welche Netzsysteme kommen in den benachbarten Netzgebieten zum Einsatz?

Im Netzgebiet Marktheidenfeld kommt ebenfalls das TN-System zum Einsatz. Im Großraum Bamberg wird ein TT-System verwendet.

### Exkurs:

Technische Anschlussbedingungen umfassen zum Beispiel Festlegungen zur Anordnung des Hausanschlusskastens und der Stromzähler sowie zum Anschluss von elektrischen Verbrauchern, wenn bestimmte elektrische Leistungen überschritten werden. Ebenso werden Vorgaben zur Stromzählung getroffen.

*Analysieren Sie in kleinen Gruppen mit Hilfe des Internets einen Teilbereich der aktuellen technischen Anschlussbedingungen für den Anschluss an das Niederspannungsnetz (TAB 2019).*

*Erstellen Sie innerhalb der Gruppe eine kleine Übersicht (beispielsweise in Form eines Mindmaps) zu einem der folgenden Inhalte:*

- Netzanschluss (Abschnitt 5)
- Mess- und Steuereinrichtungen, Zählerplätze (Abschnitt 7)

*Präsentieren Sie anschließend Ihr Ergebnis.*



1.2 Sie besichtigen mit Ihrem Chef den geplanten Bauplatz für den Fertigungsbetrieb. Unter anderem möchten Sie sich über Verhältnisse vor Ort erkunden. Bei der Baubesprechung erzählt der Betreiber des Fertigungsbetriebs, dass es vor zwei Tagen einen Stromausfall gab und die Fertigung zeitweise stillstand. Der Stromausfall wurde durch einen Kurzschluss in einer Niederspannungsanlage verursacht. Vor zwei Monaten war es bereits ein Erdschluss, welcher für einen Teilausfall der Anlage sorgte. Und durch einen Leiterschluss vor zwei Jahren wäre es fast zu einem Brand gekommen. Der Kunde möchte von Ihnen die Unterschiede zwischen diesen Fehlern erläutert bekommen...

a) Erarbeiten Sie sich mit dem Fachtext die Unterschiede zwischen den typischen Fehlerarten in der Elektroinstallation.

### Infobox: Fehlerarten der Elektroinstallation

In der vom Elektroniker für Energie- und Gebäudetechnik errichteten Anlage gibt es eine große Anzahl von Fehlermöglichkeiten. Fehler können durch menschliches Versagen entstehen, z.B. durch falsches Verklemmen oder durch fehlerhaft zugerichtete Leiterenden. Häufig entstehen sie aber durch Umwelteinflüsse, z. B. durch Eindringen von Wasser in die elektrische Anlage. Schließlich treten Fehler auch durch natürliche Alterung auf, z. B. durch Oxidation von Anschlüssen. Fehler der verschiedensten Art können sowohl in neu errichteten, als auch in alten Anlagen auftreten. Während der Laie elektrische Fehler im Allgemeinen pauschal als Kurzschluss bezeichnet, unterscheidet die Elektrofachkraft hier zwischen vier verschiedenen Fehlerarten.

- Ein Kurzschluss ist eine durch einen Fehler entstandene leitende Verbindung zwischen betriebsmäßig untereinander unter Spannung stehenden (Außen-) Leitern (L1, L2, L3) bzw. zwischen Leiter und Neutralleiter (N), ohne dass ein Nutzwiderstand dazwischen liegt.
- Ein Körperschluss ist eine leitende Verbindung zwischen einem Körper (z. B. Metallgehäuse eines elektrischen Betriebsmittels) und einem aktiven Teil (spannungsführender Leiter).
- Ein Erdschluss ist eine durch einen Fehler oder auch einen Lichtbogen entstandene leitende Verbindung zwischen einem Außenleiter und Erde (PE) oder geerdeten Teilen.
- Ein Leiterschluss ist eine durch einen Fehler entstandene leitende Verbindung zwischen betriebsmäßig unter Spannung stehenden Leitern bzw. eines Leiters, wobei sich im Fehlerstromkreis jedoch noch ein Nutzwiderstand befindet (z.B. Überbrückung eines Schalters).

Zum Schutz vor den Auswirkungen solcher Fehler werden in der Regel verschiedene Betriebsmittel wie Sicherungen oder Fehlerstromschutzschalter verwendet. Diese Betriebsmittel versagen jedoch bei einem Leiterschluss, da weder eine starke thermische Stromwirkung noch ein Fehlerstrom auftritt. Hier muss mit einer allpoligen Trennung der Versorgungsspannung (z. B. Hauptschalter, Trennschalter) ein sicherer Anlagenzustand hergestellt werden.

b) Nennen Sie zwei mögliche Ursachen für Fehler in der Elektroinstallation

*Alterung, Korrosion, Beschädigung von Isolation, lose Klemmstellen*

c) Tragen Sie in das dargestellte Netz fünf mögliche elektrische Fehler ein.

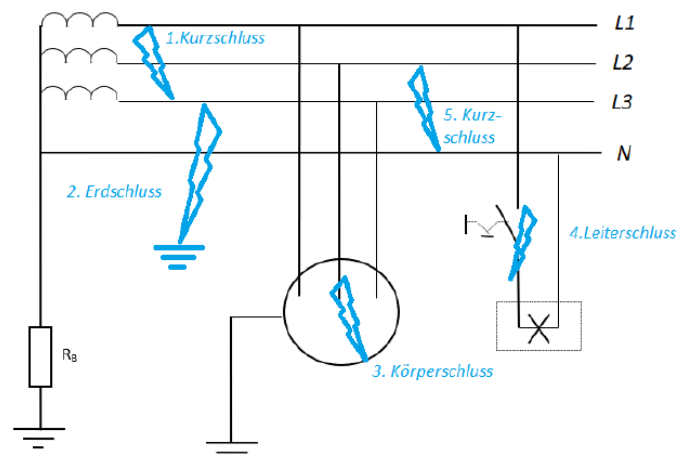


Abbildung 4 Fehler im Netzsystem

1.3 Nach der Analyse der Anschlussbedingungen und der lokalen Anforderungen an die Art der Erdverbindung möchte Ihr Chef, dass Sie sich zunächst genauer mit den Netzsystemen auseinandersetzen.

Voraussetzung für die normgerechte Bezeichnung von Schutzmaßnahmen sind Kenntnisse über Drehstromsysteme, die Aufschluss über Erdungsart von Spannungserzeuger und Körpern geben, sowie die Ausführung von Schutzleiter und Neutralleiter!

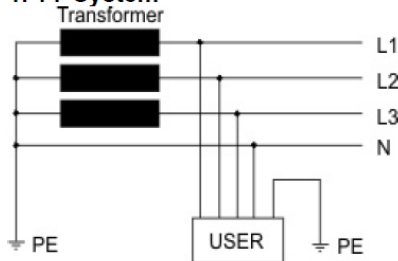
### 4 Buchstaben bezeichnen ein System:

z.B.: **T N - C - S - System**

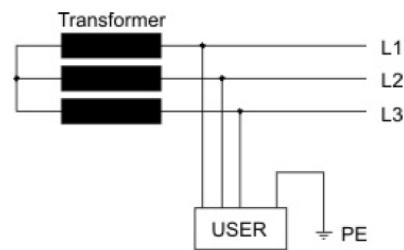
Aussage über die Erdungsart des Stromerzeugers	Aussage über die Erdungsbedingungen der Körper	Ein dritter und vierter Buchstabe kennzeichnen die Art der Ausführung von Neutral- und Schutzleiter
<b>T = terre (Erde)</b> Spannungserzeuger ist direkt geerdet.	<b>T = terre (Erde)</b> Körper sind direkt geerdet	<b>C = combined (vereint, verbunden)</b> Schutzleiter und Neutralleiter sind in einem PEN-Leiter zusammengefasst
<b>I = isolated (isoliert)</b> Spannungserzeuger ist von der Erde isoliert	<b>N = neutral</b> Körper ist direkt mit dem Sternpunkt des Spannungserzeugers verbunden	<b>S = separated (getrennt)</b> Schutzleiter und Neutralleiter werden getrennt geführt und PE (Schutzleiter) und N (Neutralleiter) genannt.

Die VDE 0100 Teil 300 unterscheidet nach 3- Systemen:

### 1. TT-System

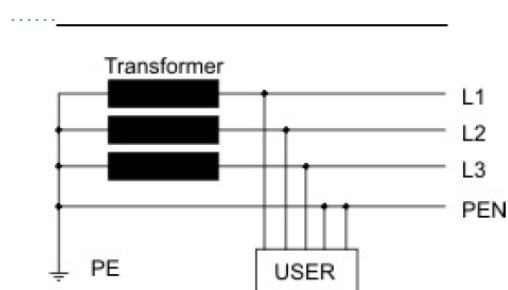


### 2. IT-System

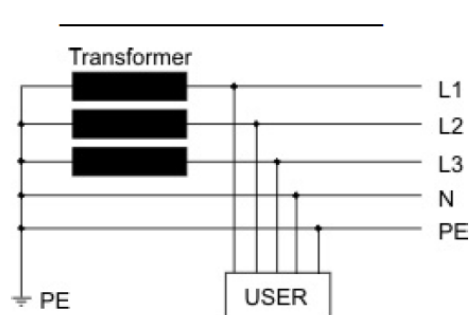


### 3. TN-Systeme

#### TN-C-System



#### TN-S-System



## 1.3.1 TT-Netzsysteme und IT-Netzsysteme

a) Erarbeiten Sie sich die Inhalte mit einem Partner. Lesen Sie sich zunächst aufmerksam einen der beiden Fachtexte durch. Tauschen Sie sich anschließend über die Inhalte beider Texte aus.

### A: Das TT-System

TT-Systeme werden an Baustellen und in Teilbereichen der Industrie aufgebaut. Die Verbraucheranlagen werden zum Schutz mit RCDs und Überstromschutzeinrichtungen ausgestattet.

Die Erdung erfolgt direkt am Netztransformator und an den Gehäusen der Geräte. Diese können direkt geerdet sein, oder mit einem gemeinsamen Erder der Anlage verbunden sein. Um einen Ausfall der gesamten Energieversorgung bei einem Körperschluss zu vermeiden, sollten RCDs bei einer Unterverteilung für jeden Stromkreis installiert werden.

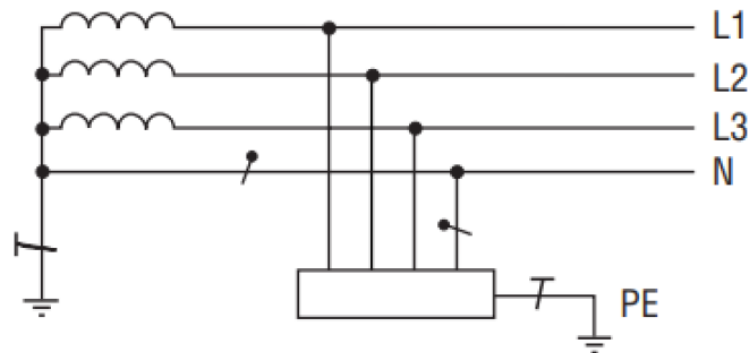


Bild 1: Aufbau eines TT-Systems

TT-Systeme können auch in medizinisch genutzten Bereichen der Gruppen 0 (Betten- und Praxisräume) und 1 (Therapie- und Massageräume) angewendet werden. In Räumen der Gruppe 2 (Operationsräume und Intensivstationen) sind TT-Systeme allerdings verboten, weil bei Unterbrechung des PE-Leiters und einem Körperschluss eine gefährliche Fehlerspannung zwischen Gehäuse und Erde auftritt. Ein Fehlerstromkreis mit einer ausreichend hohen Fehlerstromstärke (Fehlerstrom = Kurzschlussstrom) kann sich dann nicht aufbauen. Es kommt somit zu keiner Abschaltung des Schutzorgans.

#### **Probleme des TT-Systems:**

Damit ein TT-System sicher funktionieren kann, ist eine gute Erdung (niederohmiger Boden) zur Betriebserdung und zur Anlagenerdung nötig. Damit sind die Abschaltströme ausreichend hoch, damit auch Schmelzsicherungen fallen können. Allerdings sind die Betriebsmittel v. a. die Leitungen in einem solchen Fehlerfall auch kurzzeitig thermisch (Stromwärmewirkung) hoch belastet.

#### **Zusatzinformation:**

Der maximal zulässige Erdungswiderstand  $R_A$  eines TT-Systems muss kleiner oder gleich dem Verhältnis der zulässigen Berührungsspannung  $U_L$  und dem Auslösestrom  $I_a$  der Schutzeinrichtung sein. Nur dann ist eine sichere Abschaltung durch das Überstromschutzorgan im Fehlerfall gewährleistet.

## B: Das IT-System

Beim IT-System erfolgt die Stromversorgung einer eng begrenzten Anlage durch einen nicht geerdeten Transformator. Es gibt auch IT-Systeme mit Sternpunkten, welche über eine Trennfunkstrecke mit dem Schutzleiter verbunden sind. Diese dienen dem Überspannungsschutz.

Durch die Isolation ist der Fehlerstrom bei einem Körperschluss oder einem Erdschluss so schwach, dass eine Abschaltung nicht erfolgt. Es müssen jedoch Maßnahmen getroffen werden, die den ersten Fehler melden und beim zweiten Fehler zur Abschaltung führen.

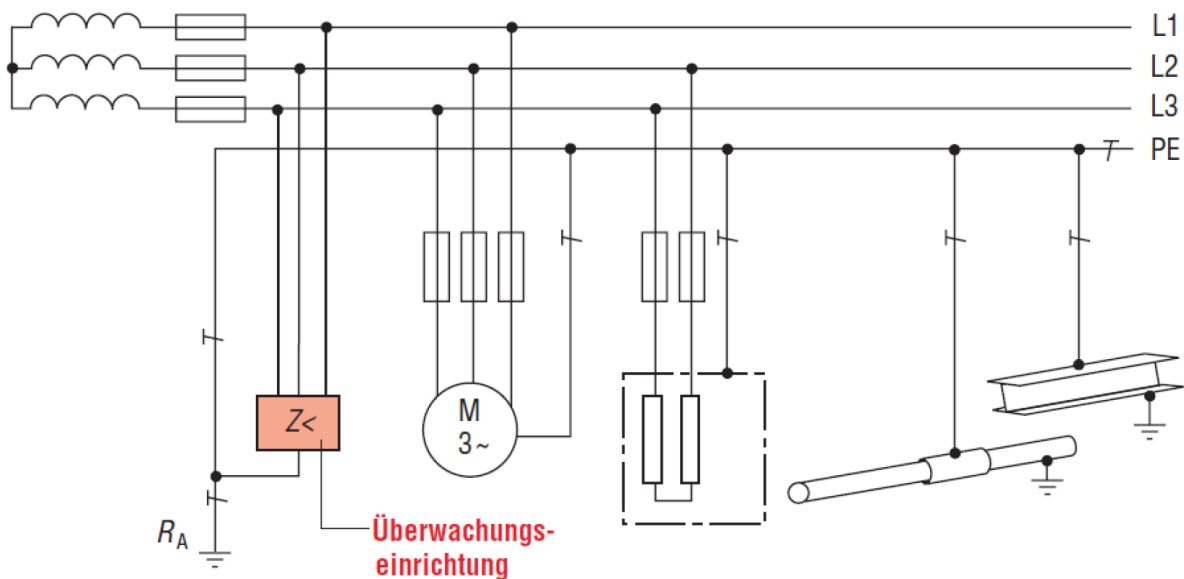


Bild 1: Ausführung eines IT-Systems (nach Häberle)

Schutz bei indirektem Berühren erfordert im IT-System folgende Maßnahmen:

1. Kein aktiver Leiter der Anlage darf direkt geerdet werden.
2. Die Körper müssen mit einem Schutzleiter verbunden werden.
3. Erdungswiderstand der Körper und größtmöglicher Fehlerstrom beim ersten Fehler müssen so klein sein, dass die höchstzulässige Berührungsspannung nicht überschritten wird.
4. Für die gesamte Anlage sind ein zusätzlicher Schutzpotentialausgleich und eine Isolationsüberwachungseinrichtung IMD (Isolation Monitoring Device) erforderlich.

Die Isolationsüberwachungseinrichtung muss so beschaffen sein, dass der erste Körper- oder Erdschluss ein akustisches oder optisches Signal auslöst oder eine automatische Abschaltung herbeiführt. Wenn alle Körper durch einen Schutzpotentialausgleichsleiter miteinander verbunden sind, so muss die Abschaltung bei einem zweiten Fehler wie im TN-System erfolgen.

Das IT-System funktioniert nur in kleinen Netzsystemen. Je länger die Leitungen werden desto größer werden die Kapazitäten der Leitungen gegen Erde. Lange Leitungen verhalten sich gegenüber der Erde wie kapazitive Ladungsspeicher (Kondensatoren). Wenn die Kapazitäten einen bestimmten Wert erreicht haben, können im Fehlerfall gefährliche Fehlerströme fließen

## 1.3.2 TT-Netzsysteme:

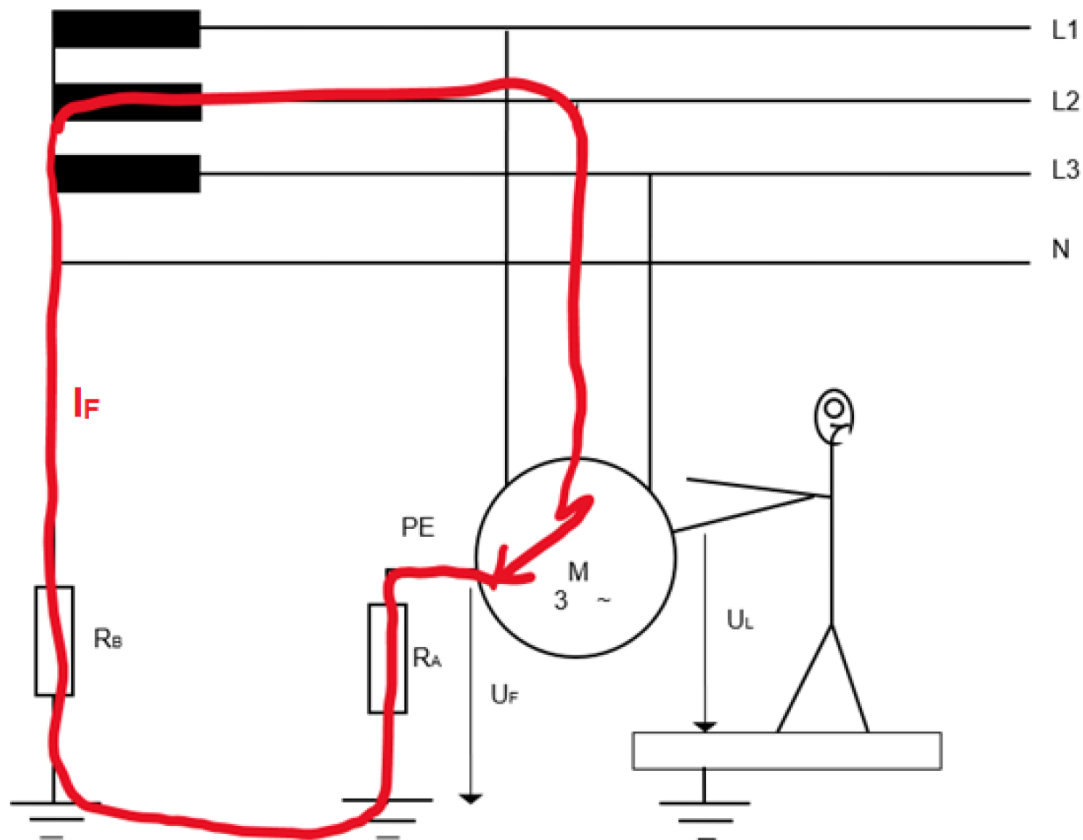


Abbildung 5 TT-System mit einem Körperschluss

a) Tragen Sie in roter Farbe den Weg des Fehlerstromes bei einem Körperschluss zwischen L2 und Motor in das obige Netzsystem ein.

b) Erläutern Sie unter Verwendung des Fachtextes sowie Ihres Tabellenbuches folgende Abkürzungen:

$R_B$ : Betriebserder am Sternpunkt des Transformators

$R_A$ : Anlagenerder am Körper des Verbrauchers

$U_F$ : Fehlerspannung am Anlagenerder

$U_L$ : Berührungsspannung zwischen Körper und Erde

$I_F$ : Fehlerstrom, verursacht durch einen Körperschluss

c) Nennen Sie zwei Nachteile eines TT-Systems?

Gute Erdung (Bodenverhältnisse) erforderlich, hohe Abschaltströme bei Schmelzsicherungen

d) Welche Schutzeinrichtungen können bei diesem System prinzipiell verwendet werden?

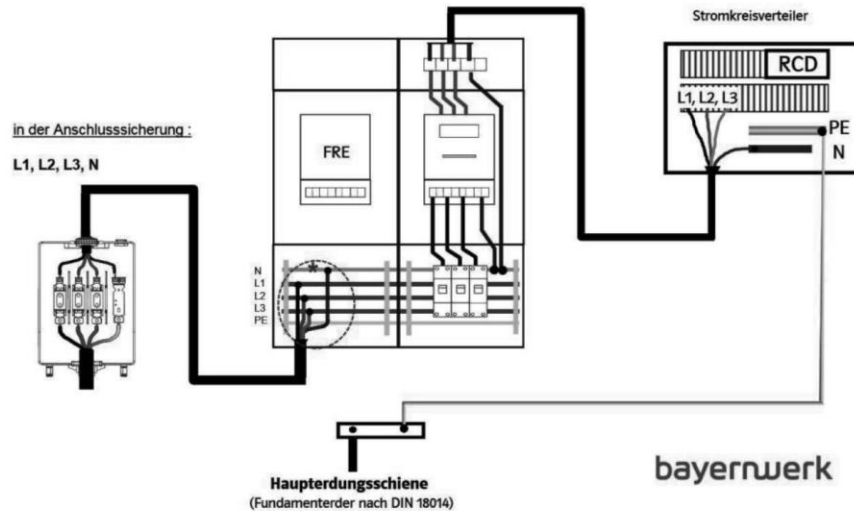
RCD, Überstromschutzeinrichtungen (Schmelzsicherungen, Leitungsschutzschalter)

e) Erläutern Sie die für den Fundamenterder nach DIN 18014 oft verwendete Abkürzung HES.

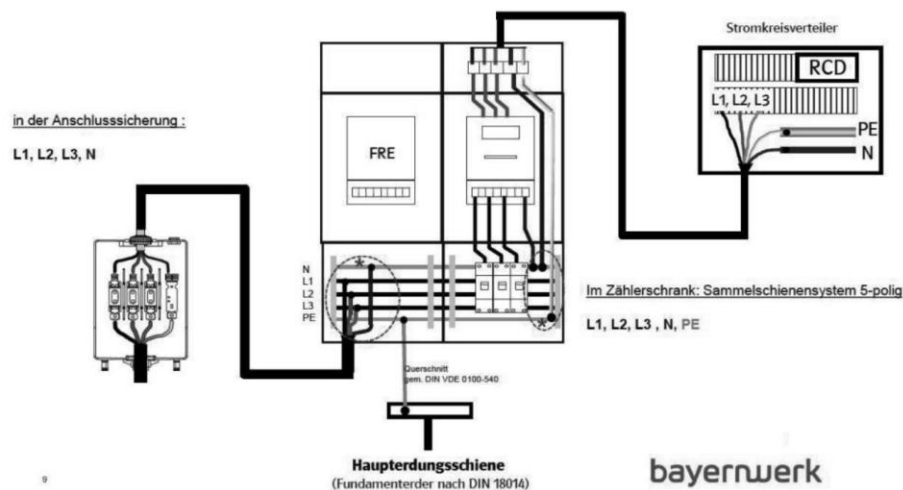
Haupterdungsschiene

In den Netzanschlussbedingungen der Bayernwerke finden Sie die folgenden Abbildungen.

Anchlussausführung 1:



Anschlussausführung 2:



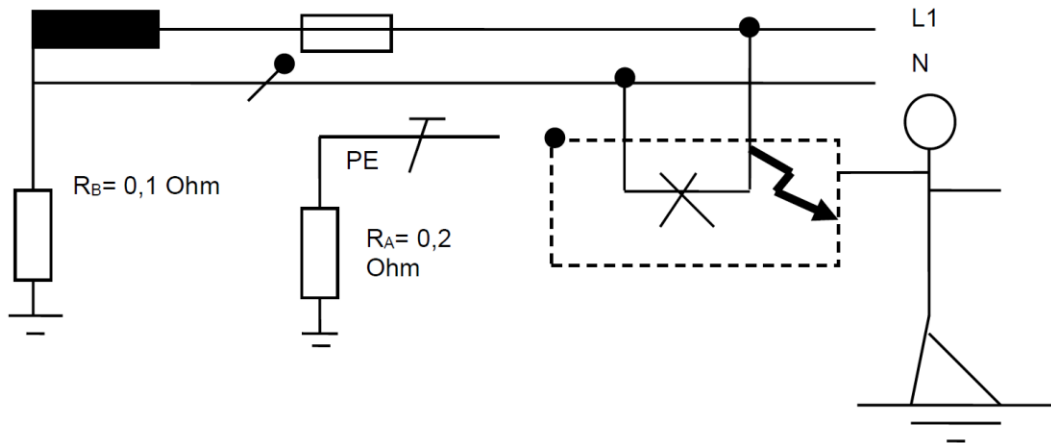
e) Erläutern Sie die Gemeinsamkeiten und Unterschiede der beiden Anschlussausführungen.

Bei beiden Anschlussausführungen handelt es sich um TT-Systeme. Allerdings wird bei der oberen Variante der PE-Leiter vom Stromkreisverteiler auf die Haupterdungsschiene geführt, wohingegen der PE-Leiter bei der unteren Variante direkt auf die unter dem Zählerschrank befindliche Haupterdungsschiene läuft.

f) Bestimmen Sie die Aderzahlen der verwendeten Leitungen in beiden Anschlussausführungen.

	EVU - HAK	HAK - Zählerschrank	Zählerschrank - Stromkreisverteiler	Zählerschrank - HES	Stromkreisverteiler - HES
Anschlussausführung 1	4	4	4	-	1
Anschlussausführung 2	4	4	5	1	-

**Unfallszenario: In einem TT-System ist durch einen Fehler bedingt der Schutzleiter nicht ordnungsgemäß angeschlossen.**



g) Berechnen Sie für das obige TT-System (230/400-Netz) den zu erwartenden Fehlerstrom, wenn der eingezeichnete Körperschluss auftritt und menschliche Widerstand  $R_K$  mit  $1\text{ k}\Omega$  angenommen wird! Der Übergangswiderstand zum Erdreich  $R_{\bar{U}}$  wird mit  $1,5\text{ k}\Omega$  angenommen. Die Impedanz des Transformators und der Leitungswiderstand können vernachlässigt werden.

$$I_F = \frac{U_0}{R_B + R_K + R_{\bar{U}}} = \frac{230\text{ V}}{0,1\ \Omega + 1\text{ k}\Omega + 1,5\ \text{k}\Omega} = 92\text{ mA}$$

h) Löst die eingebaute Schmelzsicherung mit  $16\text{ A}$  aus? Begründen Sie Ihre Antwort!

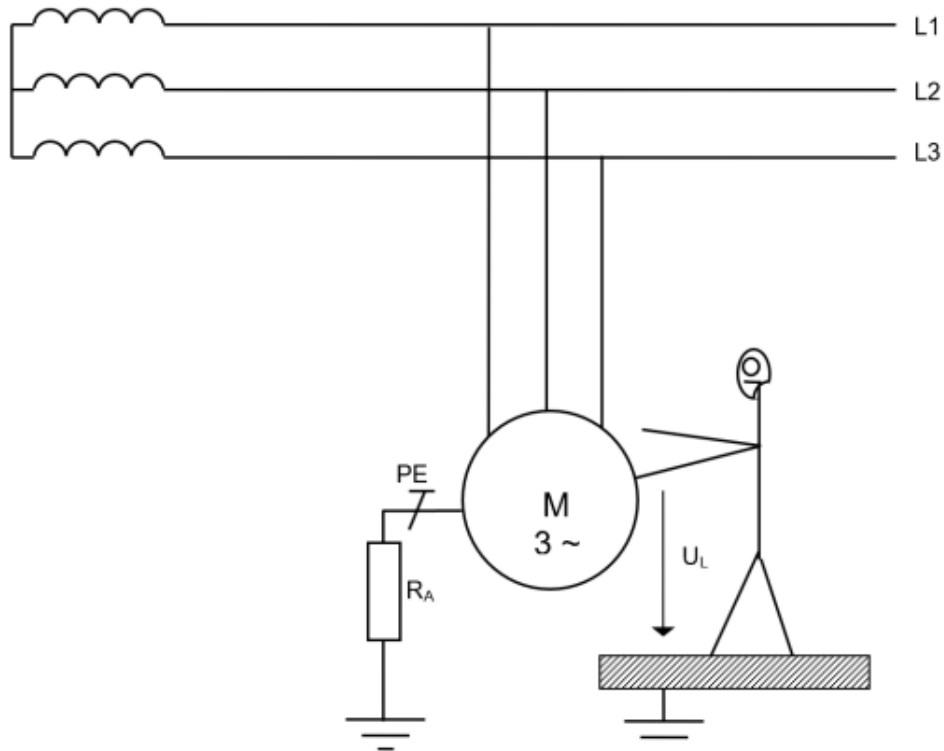
*Nein, eine Schmelzsicherung löst erst bei einem Fehlerstrom  $I_F \gg 16\text{ A}$  aus!*

i) Welche Schutzeinrichtung würde auslösen und den Menschen wirkungsvoll schützen?

*Ein RCD mit einem Bemessungsfehlerstrom von  $I_{\Delta F} \leq 30\text{ mA}$*



## 1.3.3 IT-Netzsysteme



a) Ergänzen Sie in der obigen Schaltung den Isolationswächter sowie die nötigen Sicherungsmittel (Schmelzsicherungen).

b) Nennen Sie den Hauptunterschied zwischen vom IT-System zum TT-System?

*Beim IT-System ist der Sternpunkt des Erzeugers gegen Erde isoliert.*

c) Was geschieht, wenn ein Körperschluss zwischen L1 und dem Körper des angeschlossenen Motors auftritt?

*Der Fehler wird über den IMD gemeldet – es löst keine Schutzeinrichtung aus*

d) Ergänzen Sie den folgenden Merksatz!

**Merke:** IT-Systeme lösen beim \_\_\_\_\_ ersten Fehler \_\_\_\_\_ nicht aus!  
Ein Isolationswächter meldet den ersten Fehler.

## Beispiel eines Isolationswächters:



### Aus dem Firmenkatalog:

Das ISOMETER® iso685-...-B ist ein Isolationsüberwachungsgerät nach IEC 61557-8 für IT-Systeme. Es ist universell in AC-, 3(N)AC-, AC/DC- und DC-Systemen einsetzbar.

In AC-Systemen können auch umfangreiche gleichstromgespeiste Anlagenteile vorhanden sein (z.B. Stromrichter, Umrichter, geregelte Antriebe).

## Anlagenerdungswiderstand

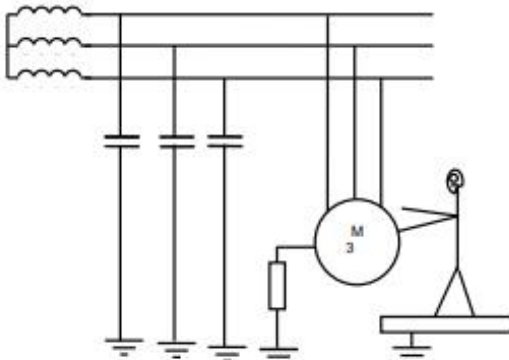
### Ermittlung des Erdungswiderstandes $R_A$

Für IT-Systeme gilt die grundsätzliche Bedingung  $R_A \times I_d \leq 50 \text{ V}$  (AC-Systeme).  $R_A$  setzt sich aus den Teilwiderständen  $R_{AE}$  und  $R_{PE}$  zusammen. Ein höchstzulässiger Wert ist nicht vorgegeben, die ermittelten Werte sollten jedoch nicht höher sein, als jener Wert der entsprechend den Leitungsdaten und den Übergangswiderständen zu erwarten ist. In der Praxis wird z. B. nach DIN VDE 0100-551 für  $R_A$  ein Gesamtwert von  $100 \Omega$  gefordert. Unter Berücksichtigung des zweiten Fehlers bzw. einer dafür notwendigen Auslösung eines RCDs, sollte der Erdungswiderstand folgende Werte nicht überschreiten:

$I_{dN}$	10 mA	30 mA	100 mA	300 mA	500 mA	1 A
$R_A$	5000 $\Omega$	1666 $\Omega$	500 $\Omega$	166 $\Omega$	100 $\Omega$	50 $\Omega$

Bild- und Textquelle: Erst- und Wiederholungsprüfungen von IT-Systemen, Fa. Bender

### Exkurs: Grenzen eines IT-Systems:



Das IT-System funktioniert nur in kleinen Netzsystemen.

Je länger die Leitungen werden desto größer werden die **Kapazitäten** der Leitungen gegen Erde.

Haben die **Kapazitäten** einen bestimmten

Wert erreicht, dann können über sie bei einem Fehler **gefährliche Ströme gegen Erde entstehen**.

## 1.3.4 TN-Netzsysteme

Im Netzgebiet des Kunden soll ein TN-System eingesetzt werden. Für eine erfolgsversprechende Planung der Anlage brauchen Sie in diesem Themengebiet also vertiefte Kenntnisse.

a) Analysieren Sie das folgende Netzsystem.

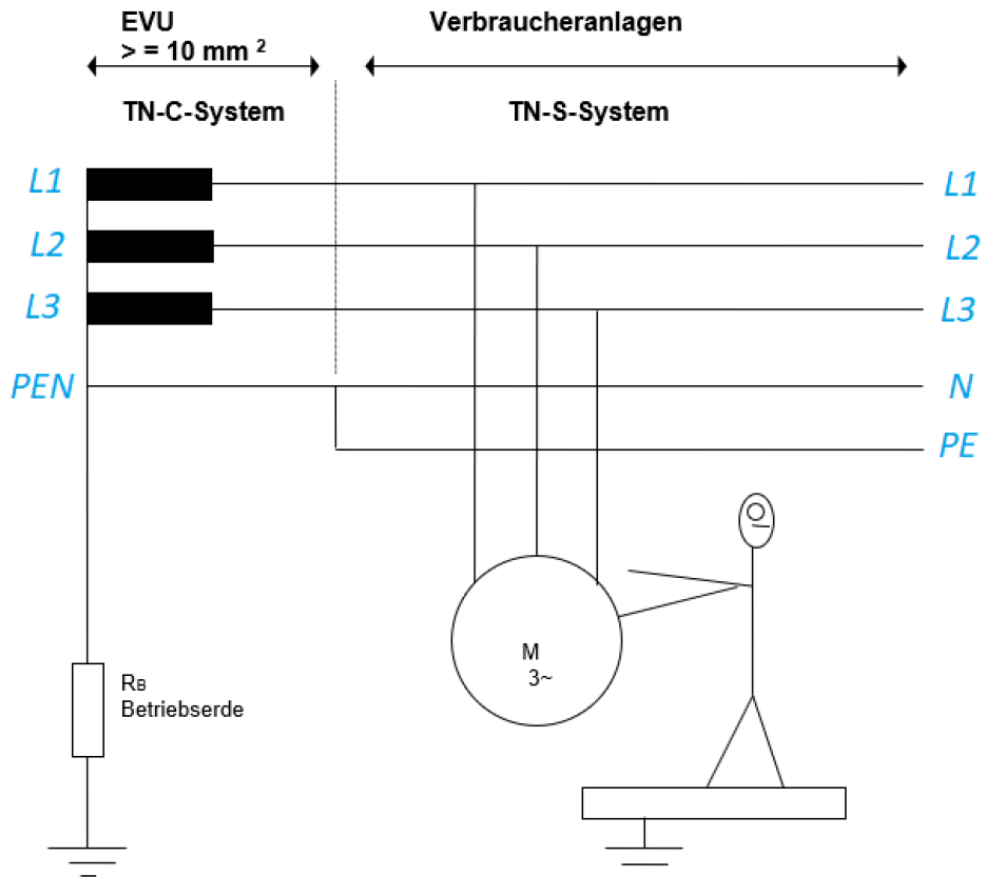


Abbildung 6 Darstellung eines Netzsystems

b) Ergänzen Sie die Bezeichnungen für die Leiter.

c) Was versteht man unter der Abkürzung EVU?

Energieversorgungsunternehmen

d) Erläutern Sie die Darstellung des Netzsystems in Abbildung 5.

Die obige Darstellung zeigt ein TN-C-S-Netzsystem. Auf der Seite des Energieversorgers sind N und PE zum PEN kombiniert (TN-C-System.) Ab dem Verbraucher (Hausanschlusskasten) folgen eine Auftrennung und eine separierte Führung beider Leiter (TN-S-System)

e) Welchen Vorteil bietet die Verwendung eines TN-Systems?

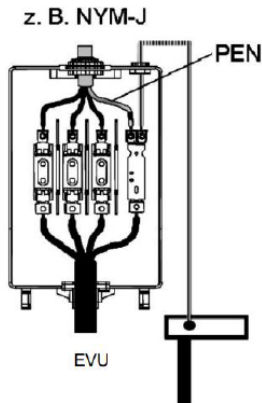
Sicherer Stromweg ohne Erde,

f) Was ist bei TN-C-S-Netzen unbedingt zu beachten.

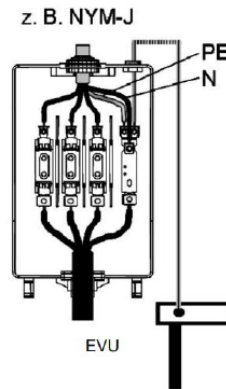
Nach Trennung des PEN-Leiters darf dieser keinesfalls wieder zusammengeführt werden!

g) Entscheiden Sie, ob es sich auf der Verbraucherseite um ein TN-C-System oder um ein TN-S-System handelt.

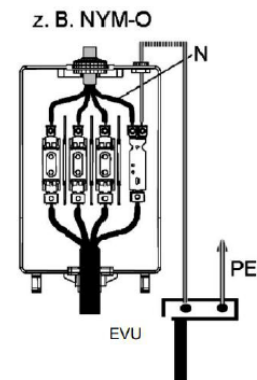
### TN-C-System



### TN-S-System



### TN-S-System



### Infobox Schleifenimpedanz

Unter einer Impedanz wird der Wechselstromwiderstand eines Stromkreises verstanden. Diese Impedanz setzt sich z.B. aus allen Leitungs-, Klemmen- und Übergangswiderständen des Stromkreises zusammen. In der Normung (z.B. DIN VDE 0100-600 „Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 6: Prüfungen“) wird diese zu messende Impedanz auch Fehlerschleifenimpedanz genannt. Die Fehlerschleifenimpedanz setzt sich zusammen aus den gesamten Wechselstromwiderständen von der Stromquelle (z.B. Transformator) über den aktiven Leiter (Außenleiter) als Hinweg und den Rückleitern zur Stromquelle (z.B. Schutz- bzw. PEN-Leiter) des im Fehlerfall wirkenden Kreises.

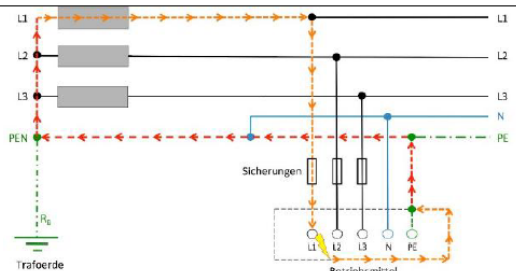


Abbildung: Darstellung einer Fehlerschleife

Schleifenimpedanzmessung bedeutet also die Messung der Widerstände des gesamten Hin- und Rückwegs einer Stromschleife innerhalb eines Wechselstromkreises, die im Fehlerfall (z.B. Gehäuseschluss eines Betriebsmittels) entsteht. In der Praxis einer Elektrofachkraft ist das TN-CS-System wohl die am häufigsten angewendete Netzform. Dabei kommen fast immer Spannungen zwischen 230 V und 400 V zur Anwendung. Typische Anwendungsbereiche für die Schleifenimpedanzmessung sind Steckdosenstromkreise und Verbraucherstromkreise mit Nennströmen bis 32 A.

h) Erarbeiten Sie sich mit Hilfe der verfügbaren Fachliteratur die Kenntnisse zur theoretischen Ermittlung der Schleifenimpedanz.

**Anwendungsszenario: Ein Stromkreis (TN-System) des Kunden soll im 230 V-Netz mit einem Leitungsschutzschalter C 16 A ausgestattet werden.**

i) Welche maximale Schleifenimpedanz  $Z_s$  gewährleistet noch eine sichere Auslösung des Leitungsschutzschalters innerhalb von 0,2 Sekunden?

C-Charakteristik: 10-facher Auslösestrom  $\rightarrow I_A = 160 \text{ A}$

$$Z_s = \frac{U_0}{I_A} = \frac{230 \text{ V}}{160 \text{ A}} = 1,43 \Omega$$

j) Wie lange dürfte in diesem Fall (i) die Leitung (NYM) zum Verbraucher maximal sein, damit der zulässige Widerstandswert nicht überschritten wird? Der Querschnitt der Zuleitung ist  $1,5 \text{ mm}^2$  und alle Leiter (L1, N, PE) sind querschnittsgleich! Alle weiteren Widerstände im Stromkreis werden mit  $0,3 \Omega$  angenommen.

$$R_{\text{Leitung}} = Z_s - 0,3 \Omega = 1,43 \Omega - 0,3 \Omega = 1,13 \Omega$$

$$l = \frac{\gamma \cdot q \cdot R_{\text{Leitung}}}{2} = \frac{56 \frac{\text{m}}{\Omega \text{mm}^2} \cdot 1,5 \text{mm}^2 \cdot 1,13 \Omega}{2} = 47 \text{ m}$$



### Hinweise zum Unterricht

In der Lernsituation und dem illustrierenden Beispiel wird situativ und didaktisch reduziert die Vorgehensweise und wichtige Fachinhalte, die bei einer Planung im Bereich der Elektroenergieversorgung bedeutend sind, beschrieben. Die jeweiligen Inhalte können hinsichtlich der in den entsprechenden Schulen verfügbaren Lehr- und Arbeitsmaterialien in abweichenden Zeitumfängen bearbeitet werden.

### Quellen- und Literaturangaben

#### Fachliteratur

- Fachkundebuch, Europa-Verlag
- Tabellenbuch
- Herstellerkataloge
- Technische Anschlussbedingungen
- Bedienungsanleitungen