

## **1 Einleitung**

### **1.1 Grundlagen der Ausbildung**

Seit Juli 2000 gibt es die Ausbildung zur Elektrofachkraft für festgelegte Tätigkeiten. Und zwar setzte sich damals schon die Elektrotechnik als Schlüsseltechnologie in den meisten anderen Gewerke durch. In fast allen Gewerke ist die Elektrotechnik nicht mehr wegzudenken.

Früher waren alle Gewerke strikt durch die Handwerksordnung getrennt. Das ließ sich so aber nicht mehr aufrecht erhalten. Es musste also eine Zusatzausbildung geschaffen werden, damit alle Gewerke die berufsnahen Tätigkeiten der Elektrotechnik eigenverantwortlich durchführen dürfen.

Die Grundlagen der Ausbildung zur EFKFFT befinden sich im DGUV-Grundsatz 303-001.

Zur Erlangung des Zertifikates müssen sowohl die theoretische als auch die praktische Prüfung erfolgreich bestanden sein.

### **1.2 Theoretische Prüfung**

Durch die theoretische Prüfung weisen sie nach, dass sie die Grundlagen der Elektrotechnik, die Gefahren des Stromes sowie den Aufbau unseres Stromnetzes und ihre Schutzmaßnahmen nachvollziehen können und somit die ihnen übertragenden Aufgaben sicher und fachgerecht erledigen können.

Sie dauert 60 Minuten. 60 Punkte von 100 möglichen müssen erreicht werden, um zusammen mit der erfolgreichen Durchführung der praktischen Prüfung das Zertifikat für die EFKFFT zu erhalten.

Sie dürfen in der Prüfung dieses Skript, sowie ihre eigenen Notizen und Ausarbeitungen benutzen. Weitere Unterlagen werden nicht benötigt. Smartphone oder andere Wege nach draußen oder ein anderer Internetzugang ist nicht zulässig.

Weiterhin benötigen sie einen Kugelschreiber sowie ein Lineal. Ein Bleistift ist nicht zulässig.

### **1.3 Praktische Prüfung**

In der praktischen Prüfung weisen sie nach, dass sie bestimmte Fertigkeiten im Umgang mit den elektrischen Betriebsmitteln und Messgeräten beherrschen.

Sie dauert pro Teilnehmer ungefähr 10 Minuten.

Alle benötigten Werkzeuge, Messgeräte sowie Verbrauchsmittel werden vom Prüfungsausschuss zur Verfügung gestellt. Eigene Messgeräte dürfen nach Absprache benutzt werden.

## **1.4 Voraussetzungen für die Tätigkeit als EFKFFT**

- 1 Zertifikat (Erstlehrgang und Auffrischungen)**
- 2 Schriftliche Beauftragung**
- 3 Berufsnahe Tätigkeiten**

Das Zertifikat des Erstlehrganges und die Nachweise der Auffrischungslehrgänge dienen als Nachweis, dass man die notwendigen Kenntnisse und Fertigkeiten besitzt, um die Tätigkeit als EFKFFT durchzuführen.

Die schriftliche Beauftragung ist eine Erweiterung der Stellenbeschreibung. Weiterhin dient sie der Verantwortungsübertragung, da EFKFFTs eigenverantwortlich arbeiten.

Aufgrund der Entstehung dieser Ausbildung dürfen nur berufsnahe Tätigkeiten durchgeführt werden.

## **1.5 Ablauf des Lehrgangs**

Am fünften Tag wird in den letzten vier Stunden eine Wiederholung durchgeführt, um das Gelernte zu festigen.

Der letzte Tag dient dazu, um die praktische und theoretische Prüfung durchzuführen. Es wird mit der praktischen Prüfung begonnen. Die theoretische Prüfung und die dann folgende Abschlussbesprechung mit der Bekanntgabe der Prüfungsergebnisse sind dann der Abschluss des Lehrgangs.

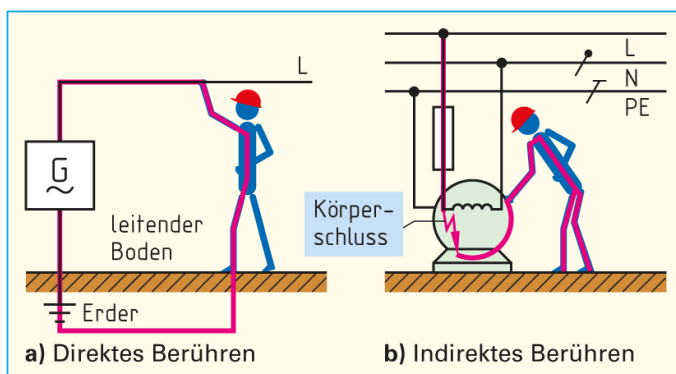
## 2 Gefahren des elektrischen Stroms und Erste-Hilfe-Maßnahmen

### 2.1 Gefahren und Wirkungen des elektrischen Stroms

Liegt in der elektrischen Anlage oder bei Geräten kein Fehler vor, so besteht auch keine Gefahr.

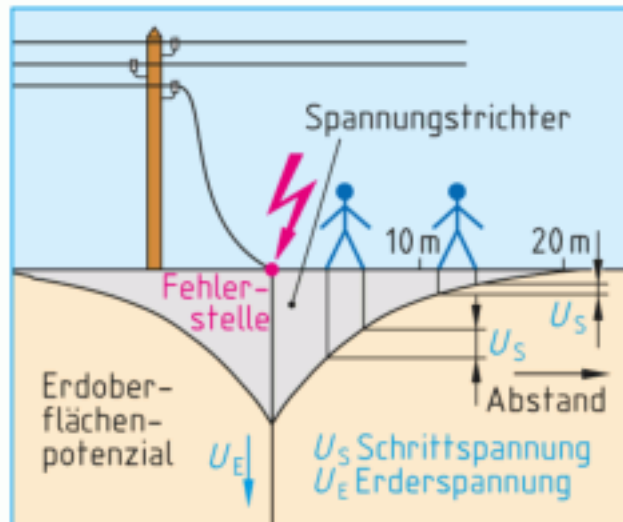
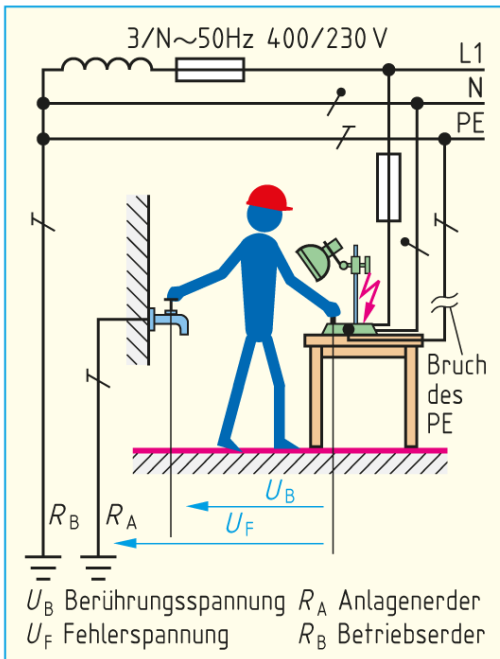
Durch fehlerhafte Isolierungen, falschen Gebrauch, Überspannungen, ... können Fehler auftreten, die dazu führen, dass man vom Strom durchflossen wird. Ein Strom hat immer eine Erwärmung zur Folge, die von mehreren Faktoren abhängig ist.

Unter Basisschutz (Schutz gegen direktes Berühren) versteht man den Schutz im normalen Betrieb, zum Beispiel ein Gehäuse, eine Abdeckung oder eine Kabelisolierung. Unter Fehlerschutz (Schutz gegen direktes Berühren) versteht man den Schutz bei auftretenden Fehlern, zum Beispiel ein Leitungsschutzschalter oder eine RCD.



Unter Fehlerstrom versteht man den Strom, der über falsche Wege fließt, zum Beispiel durch den menschlichen Körper.

Unter der Berührungsspannung versteht man die Spannung in dem Bereich, in dem der Fehlerstrom fließt.

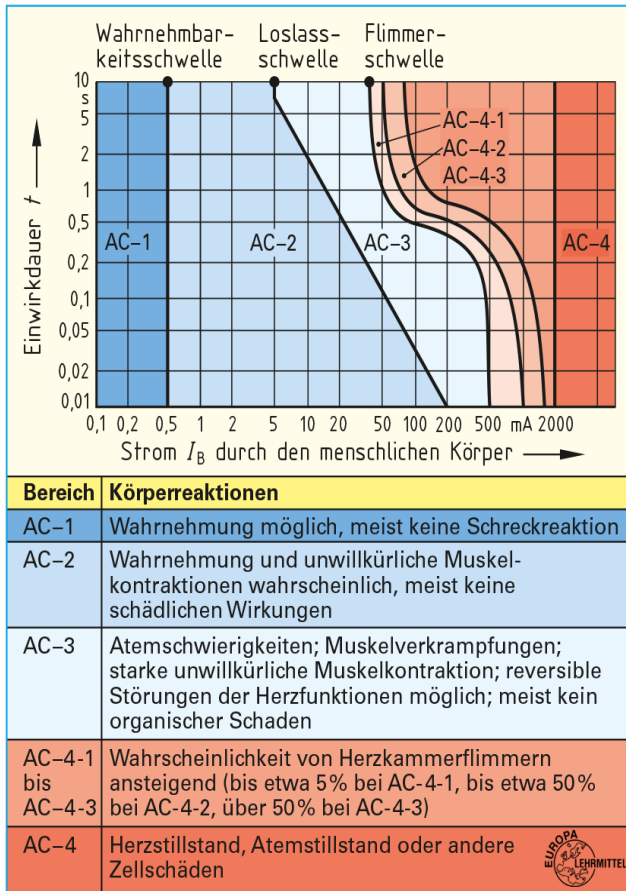


### Tabelle: Grenzwerte $U_L$ für Berührungsspannungen

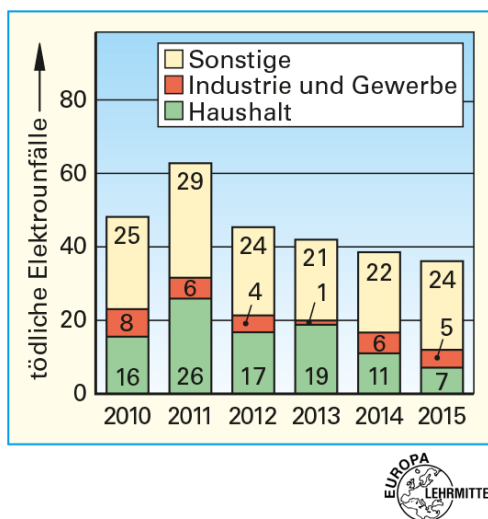
• für Menschen	AC 50 V DC 120 V
• Kinderspielzeuge	AC 25 V
• Kesselleuchten	DC 60 V
• Badewannen, Duschen	AC 12 V
• für medizinische Geräte, die in den Körper des Menschen eingeführt werden	AC 6 V



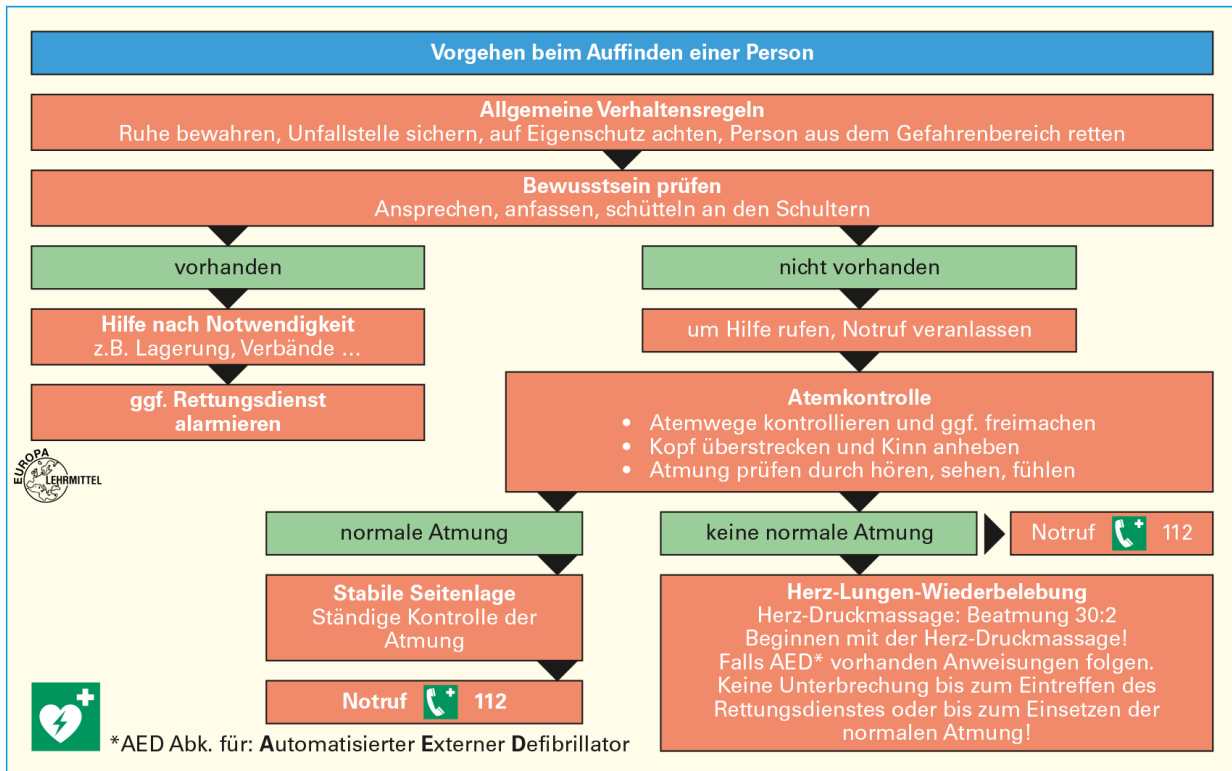
Werden wir vom Strom durchflossen, so tritt eine Wärmeentwicklung auf, die Muskeln reagieren auf elektrische Impulse, ....



In der Statistik sehen sie die tödlichen Elektrounfälle. Die Toten durch Gebäudebrände durch fehlerhafte elektrische Anlagen, Blitzschläge, .... sind hier noch nicht enthalten.



2.2 Erste-Hilfe-Maßnahmen



**Auf jeden Fall muss man bei jedem Stromschlag unverzüglich den Arzt aufsuchen!**

**Man kann noch einige Tage später durch Verbrennungen von inneren Organen sterben!**

### **3 Vorschriften und Fachkräfte**

#### **3.1 Vorschriften**

##### **Allgemeine Vorschriften**

###### **Unfallverhütungsvorschriften UVV**

Die UVV gilt für alle Mitarbeiter in allen Unternehmen. Sie regelt alle Maßnahmen zur Verhütung von Arbeitsunfällen, Berufskrankheiten und arbeitsbedingten Gesundheitsgefahren.

Jeder muss sich an die UVV halten.

###### **Gefahrstoffverordnung GefStoffV**

Die GefStoffV regelt den Umgang mit gefährlichen Stoffen, z. B. Farben und Lacke, Leuchtstoffröhren, ....

An die GefStoffV muss ich jeder halten.

###### **Betriebssicherheitsverordnung BetrSichV**

Die BetrSichV regelt die Bereitstellung und den Umgang mit den Arbeitsmitteln in einem Unternehmen.

Auch an die BetrSichV muss sich jeder halten.

Die UVV, die GefStoffV und die BetrSichV sind sehr allgemein gehalten und regeln nur die Grundlagen.

###### **TRBS und TRGS**

Die Technischen Regeln für Betriebssicherheit und die Technischen Regeln für die Gefahrstoffe sind praktisch die Durchführungsregeln für die UVV, die GefStoffV und die BetrSichV.

Von den TRBS und den TRGS darf man abweichen. Man muss aber auch hier die gleiche Sicherheit herstellen, um keine Unsicherheit herzustellen.

In der TRBS 1203 stehen die Vorgaben, die eine Person erfüllen muss, um an elektrischen Anlagen arbeiten zu dürfen.

## **Elektrotechnische Regeln**

### **VDE-Regeln**

Eine VDE-Regel ist nur eine Empfehlung. Sie ist aber als anerkannte Regeln der Technik weitaus mehr als nur eine Empfehlung. Man darf von den einzelnen Regeln abweichen. Man sollte aber die gleiche Sicherheit herstellen.

Folgender Sachverhalt führt dazu, dass man sich praktisch immer an die VDE-Regeln halten sollte: Kommt es zu Streitigkeiten und dieser Streit führt vor Gericht, holt das Gericht sich einen Sachverständigen. Alle Sachverständige holen sofort und ausnahmslos die VDE-Regeln vor und erstellen ihre Gutachten danach. Es gibt nur ganz wenige nachvollziehbare Dinge, in denen man sicher von diesen Regeln abweichen sollte.

Grundsätzlich finden die VDE-Regeln nur in Deutschland Anwendung.

### **DIN-EN-Regeln**

Eine DIN-EN-Regel findet in ganz Europa Anwendung, z. B. DIN EN 50699 (alt: VDE 0702). Nach der letzten Änderung und Überführung in eine DIN-EN-Regel der alten VDE-Regel ist nun eine europaweite rechtssichere Wiederholungsprüfung von ortsveränderlichen elektrischen Betriebsmitteln möglich.

Jeder in die Handwerksrolle eingetragene Elektroinstallationsbetrieb muss bestimmte VDE-Regeln im Abo beziehen, damit er immer nach den neuesten Regeln arbeitet.

Für die Umsetzung der Vorgaben im Unternehmen ist grundsätzlich der Unternehmer verantwortlich. Die Verantwortung kann aber weiter delegiert werden, z. B. an die Fachkraft für Arbeitssicherheit oder an die Verantwortliche Elektrofachkraft.

### **3.2 Elektrofachkräfte**

Es gibt verschiedene Ausbildungen, die dazu führen, dass bestimmte Personen bestimmte Arbeiten an elektrischen Betriebsmitteln durchführen dürfen.

#### **Elektrotechnisch unterwiesene Person EUP**

Eine elektrotechnisch unterwiesene Person darf unter Anleitung einer Elektrofachkraft bestimmte einfache immer wieder vorkommende Tätigkeiten durchführen. Sie trägt keine Verantwortung für die durchgeführten Arbeiten! Es muss also immer eine Elektrofachkraft die Arbeiten beaufsichtigen. Die Elektrofachkraft trägt die Verantwortung für die durchgeführten Arbeiten!

#### **Auszubildende**

Grundsätzlich sind Auszubildende keine Elektrofachkräfte.

#### **Elektrofachkraft für festgelegte Tätigkeiten EFKFFT**

Die Elektrofachkraft für festgelegte Tätigkeiten hat eine Ausbildung in einem nicht elektrotechnisch orientierten Gewerk. Für die berufsnahen Tätigkeiten darf sie eigenverantwortlich bestimmte festgelegte Arbeiten durchführen.

#### **Elektrofachkraft EFK**

Sie hat eine elektrotechnische Ausbildung. Sie darf eigenverantwortlich elektrotechnische Arbeiten durchführen. Gesellen, Techniker und Ingenieure sind üblicherweise Elektrofachkräfte. Aber auch eine Person ohne elektrotechnische Ausbildung, aber mit langer Berufserfahrung, kann eine Elektrofachkraft sein.

#### **Verantwortliche Elektrofachkraft VEFK**

Sie hat nachgewiesen, dass sie über besonders hohes theoretisches und praktisches Wissen verfügt. Eine Elektrofachkraft kann zur VEFK berufen werden. Üblicherweise sind Meister, Techniker und Ingenieure die VEFKs.

#### **Zugelassene Überwachungsstelle ZÜS**

Eine Ausnahme stellt die ZÜS dar. Sie ist keine Person. Sie ist ein Unternehmen, welches staatlich zugelassen ist und Prüfungen und Beurteilungen in überwachungsbedürftigen Anlagen, zum Beispiel in explosionsgefährdeten Bereichen, durchführen darf

## 4 Elektrische Grundgrößen und Gesetzmäßigkeiten

### 4.1 Auffrischung der benötigten allgemeinen Grundlagen

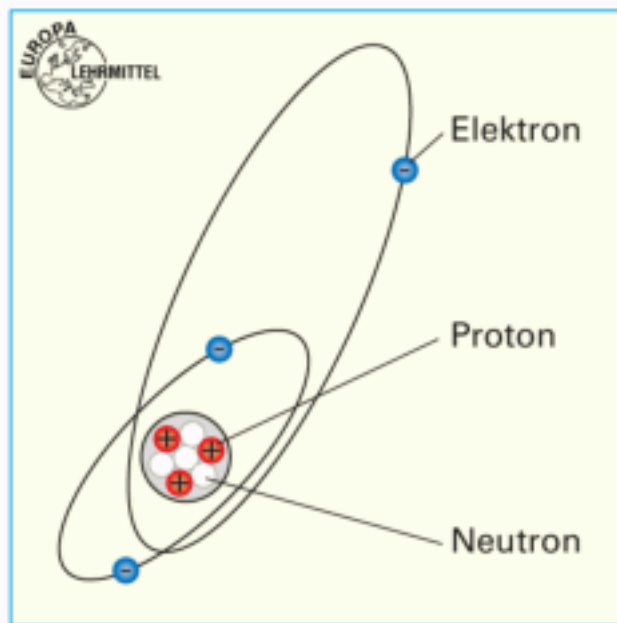
Um die Elektrotechnik theoretisch zu verstehen als Grundlage für die praktischen Tätigkeiten muss man einige wenige allgemeine Grundlagen wiederholen und auffrischen, da es bei den meisten wahrscheinlich sehr lange her ist, als sie gelehrt wurden.

Für unseren Lehrgang sind die magnetischen Grundlagen sowie das Bohrsche Atommodell elementar für das Verständnis der elektrischen Grundgrößen wichtig. Weiterhin ist das Verständnis für Vorzeichen in der Mathematik wichtig.

Beim Magnetismus ist eigentlich nur wichtig, dass gleichnamige Ladungen sich abstoßen und ungleichnamige Ladungen sich anziehen.

Beim Bohrschen Atommodell geht man davon aus, dass es in einem Atom drei Teilchen gibt: Elektronen, Protonen und Neutronen. Aufgrund der Elementarladungen ziehen sich Elektronen und Protonen an.

Durch die Anzahl der Teilchen im Atom ist die Stellung im Periodensystem der Elemente gegeben.



Das Bohrsche Atommodell

## Rechnen mit Zehnerpotenzen und ihre Vorzeichen

In der Elektrotechnik haben wir es häufig mit sehr großen oder sehr kleinen Werten zu tun. Daher arbeiten wir häufig mit Zehnerpotenzen oder mit Vorzeichen, um zu viele Stellen und somit ein unübersichtliches Ergebnis zu verhindern

**Tabelle 1: Vorsätze für Vielfache und Teile der Einheiten (Auswahl)**

Vorsatz	Peta	Tera	Giga	Mega	Kilo	Centi	Milli	Micro	Nano	Pico
Zeichen	P	T	G	M	k	c	m	$\mu$	n	p
Faktor	$10^{15}$	$10^{12}$	$10^9$	$10^6$	$10^3$	$10^{-2}$	$10^{-3}$	$10^{-6}$	$10^{-9}$	$10^{-12}$
				1 000 000	1 000	0,1	0,01	0,001	0,000 001	



## SI-Basiseinheiten

Für jede physikalische Größe gibt es einen Formelbuchstaben, eine Einheit und ein Einheitenzeichen. Als Beispiel sehen sie in der Grafik die SI-Basiseinheiten.

**Tabelle 2: SI-Basigrößen und SI-Basiseinheiten**

Basigröße	Länge	Zeit	Masse	Stromstärke	Temperatur	Stoffmenge	Lichtstärke
Formelzeichen	$l$	$t$	$m$	$I$	$T$	$n$	$L$
Basiseinheit	Meter	Sekunde	Kilogramm	Ampere	Kelvin	Mol	Candela
Einheitenzeichen	m	s	kg	A	K	mol	cd



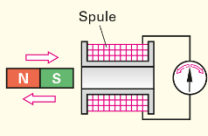
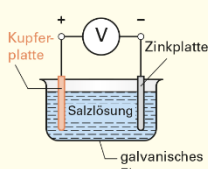
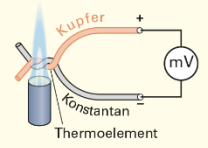
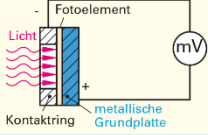

## 4.2 Die elektrische Spannung U

Einheit: Volt    Einheitenzeichen: V

Ein Atom strebt immer einen ausgeglichenen elektrischen Zustand an. Es sind dann genau so viele Elektronen und Protonen in einem Atom. Trenne ich durch technische Vorgänge Elektronen und Protonen, entsteht ein Spannungsverhältnis. Das elektrisch nicht ausgeglichene Atom zieht Elektronen an. Dieser Zustand ist die elektrische Spannung U.

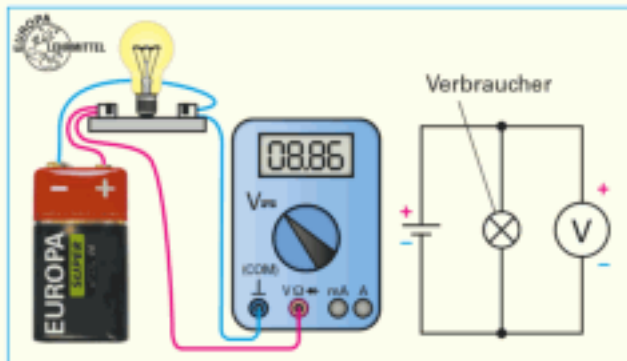
Wir unterscheiden Gleich- und Wechselspannung. Eine Gleichspannung entsteht meistens in chemischen Prozessen, zum Beispiel bei der Elektrolyse. Eine Wechselspannung entsteht in drehenden Maschinen im Kraftwerk in den Generatoren.

Die wichtigste Methode ist die Spannungserzeugung durch Induktion. Ohne diese Methode würden wir in unserem Netz keine Spannung haben, würde sich kein Motor drehen, ...

Tabelle: Arten der Spannungserzeugung		
Spannungserzeugung durch	Versuch und Erkenntnis	Anwendung (Beispiele)
<b>Induktion<sup>1</sup></b> 	<b>Versuch 1:</b> Schließen Sie einen Spannungsmesser mit Millivolt-Messbereich (Nullpunkt in Skalenmitte) an eine Spule mit 600 Windungen an. Führen Sie einen Dauermagneten in die Spule ein und ziehen Sie ihn wieder aus der Spule heraus. <i>Bewegt sich der Dauermagnet in der Spule, schlägt der Zeiger des Spannungsmessers aus, beim Herausziehen umgekehrt wie beim Hineinschieben.</i> Bei der Induktion (Seite 94) werden durch magnetische Energie elektrische Ladungen getrennt.	<b>Generatoren:</b> Fahrraddynamos, Kfz-Lichtmaschinen, Kraftwerks-generatoren, dynamische Mikrofone
<b>Chemische Reaktion im galvanischen Element<sup>2</sup></b> 	<b>Versuch 2:</b> Schließen Sie einen Spannungsmesser (Messbereich 3 V) an zwei Kupferplatten in einem Becher mit Kochsalzlösung an. Ersetzen Sie dann eine der Platten durch eine Zinkplatte und messen Sie wieder die Spannung an den Platten. <i>Der Spannungsmesser zeigt eine Spannung an, wenn sich zwei verschiedene Platten in der Salzlösung befinden. Zwei unterschiedliche Metalle in einer leitenden Flüssigkeit (Elektrolyt) bilden ein galvanisches Element.</i> Im galvanischen Element (Seite 64) trennt eine chemische Reaktion elektrische Ladungen.	<b>Elektrochemische Spannungserzeuger:</b> Batterien, Monozellen (galvanische Elemente), Akkumulatoren, Brennstoffzelle
<b>Wärme im Thermoelement<sup>3</sup></b> 	<b>Versuch 3:</b> Schließen Sie einen Spannungsmesser mit Millivolt-Messbereich an einen Kupfer- und einen Konstantandraht an und verdrehen Sie die freien Drahtenden. Erwärmen Sie die Verbindungsstelle mit einer Gasflamme. <i>Beim Erwärmen der Verbindungsstelle zeigt der Spannungsmesser eine Gleichspannung an (etwa 40 µV je K<sup>4</sup>).</i> Im Thermoelement (Seite 190) trennt die Wärme elektrische Ladungen.	<b>Thermo-elemente:</b> Verwendung zur Temperaturmessung und Temperatur-Fern-Messung, z.B. an schwer zugänglichen Stellen
<b>Licht im Fotoelement<sup>5</sup></b> 	<b>Versuch 4:</b> Schließen Sie einen Spannungsmesser mit Millivolt-Messbereich an ein Fotoelement an. Beleuchten Sie das Fotoelement mit einer Glühlampe. <i>Bei Beleuchtung zeigt der Spannungsmesser eine Spannung an.</i> Im Fotoelement (Seite 222) trennt die Strahlungsenergie des Lichtes elektrische Ladungen.	<b>Fotoelemente:</b> Verwendung als Stromquellen, z. B. für Satelliten, Taschenrechner, Uhren, Fotovoltaik
<b>Druck auf Piezokristalle<sup>6</sup></b> 	<b>Versuch 5:</b> Schließen Sie einen elektronischen Spannungsmesser an einen Piezokristall an. Drücken Sie auf den Kristall. <i>Solange der Druck auf den Kristall zu- oder abnimmt, schlägt der Zeiger des Spannungsmessers nach rechts oder nach links aus (piezoelektrischer Effekt).</i> Bei manchen Kristallen, z. B. Quarz, werden durch Druck elektrische Ladungen getrennt.	<b>Piezokristalle:</b> Verwendung in Kristallmikrofonen, Drucksensoren, Gasanzündern

<sup>1</sup> von inducere (lat.) = einführen; <sup>2</sup> nach Luigi Galvani, italienischer Arzt, 1737 bis 1798; <sup>3</sup> von thermos (griech.) = warm; <sup>4</sup> Temperaturunterschiede werden statt in Grad Celsius in Kelvin (K) angegeben; <sup>5</sup> von phos (griech.) = Licht; <sup>6</sup> von piezein (griech.) = drücken

Wichtig für die Praxis in der Elektrotechnik ist das Messen der elektrischen Größen. Da die elektrische Spannung immer zwischen zwei Punkten anliegt, wird sie zwischen zwei Punkten gemessen.



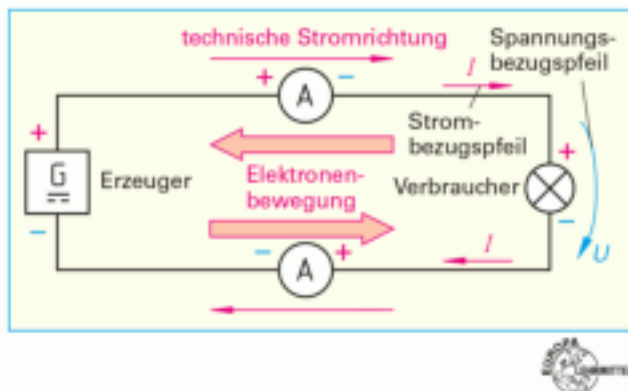
### 4.3 Der elektrische Strom I

Einheit: Ampere      Einheitenzeichen: A

Wenn eine Spannung zwischen zwei Punkten anliegt, und wir geben den Teilchen die Möglichkeit, zu ihren Atomen zu gelangen, damit diese elektrisch neutral sind, fließt ein Strom.

Der elektrische Strom ist also der gerichtete Fluss von Elektronen.

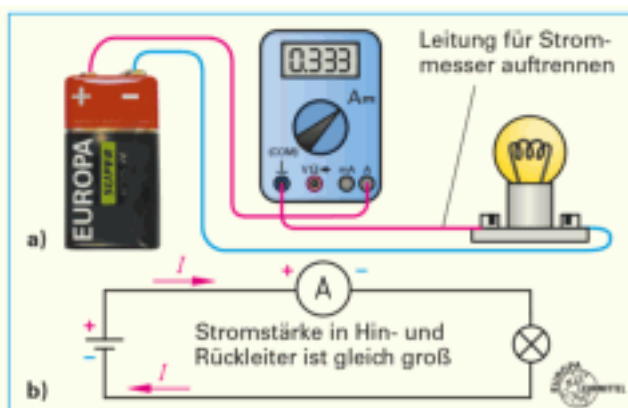
Durch eine Gleichspannung entsteht ein Gleichstrom. Durch eine Wechselfspannung entsteht ein Wechselstrom.



Der Strom fließt aufgrund der technischen Festlegung von + nach -. Für einige Betrachtungen ist es aber wichtig zu wissen, dass die Elektronen von - nach + fließen.

Der elektrische Strom ist der Elektronenfluss durch ein Medium. Je mehr Elektronen, je größer der Strom. Der elektrische Strom wird gemessen, indem das Messgerät in den Stromkreis geschaltet wird und der Strom durch das Messgerät fließt.

In der Praxis ist das nicht praktikabel, da man die Stromkreise auftrennen müsste. Es gibt nur wenige Anwendungen, bei denen der Strom direkt gemessen wird.



Die Stromarten und die Elektronenflussrichtung

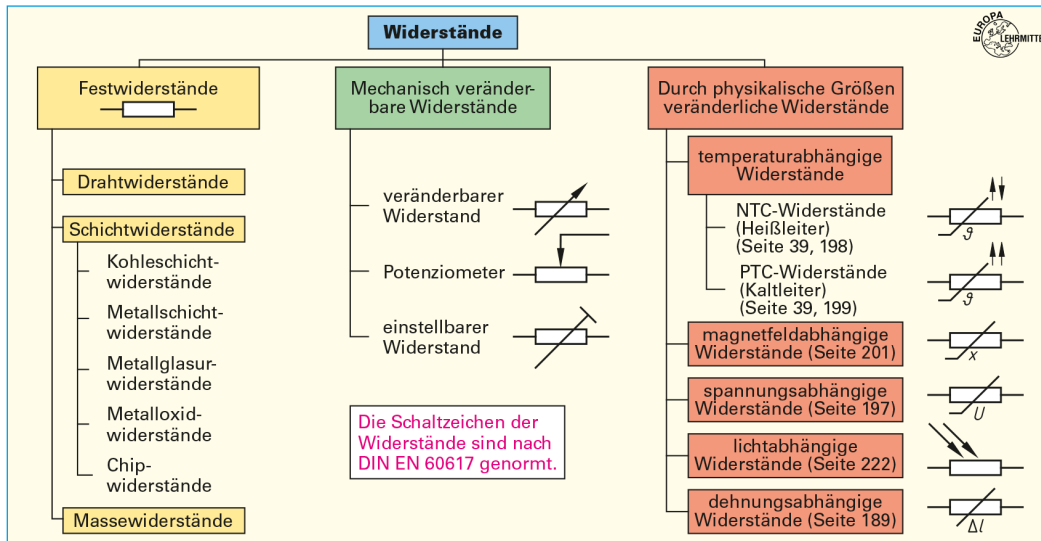
Tabelle: Stromarten		
Bezeichnung	Bild	Beispiele
<p><b>Gleichstrom (DC)</b></p> <p>Elektrischer Strom, der nur in gleicher Richtung und mit gleicher Stärke fließt.</p>		
<p><b>Wechselstrom (AC)</b></p> <p>Elektrischer Strom, der ständig seine Richtung und seine Stromstärke ändert.</p>		
<p><b>Mischstrom (MFC)</b></p> <p>besteht aus zusammen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• aus einem Wechselstromanteil</li> </ul> <p>und</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• aus einem Gleichstromanteil</li> </ul>		

#### 4.4 Der elektrische Widerstand R

Einheit: Ohm Einheitenzeichen:  $\Omega$

Der elektrische Widerstand setzt den Strom etwas entgegen. Er begrenzt den Strom.

Es gibt verschiedene Bauformen und Abhängigkeiten der Widerstände. Das heißt, dass ein Widerstand aufgrund von physikalischen Begebenheiten, Zum Beispiel der Temperatur oder der Spannung, den Widerstand ändert. Dieses haben wir in der praktischen Anwendung zum Beispiel bei einem Außenfühler einer Heiztherme, der seinen Widerstand aufgrund der Temperatur ändert.



Der elektrische Widerstand wird zwischen zwei Punkten gemessen.

#### 4.5 Das Ohmsche Gesetz

Das Ohmsche Gesetz ist das Verhältnis zwischen der elektrischen Spannung, dem elektrischen Strom und des elektrischen Widerstandes.

Da in der Praxis in den Stromkreisen fast immer die elektrische Spannung vorgegeben ist, kann man das Verhältnis für die Praxis ganz leicht zusammenfassen:

Je kleiner der Widerstand, je größer Strom.

Und andersrum:

Je größer der Widerstand je kleiner der Strom.

$$I = U / R$$

#### 4.6 Die elektrische Leistung P

Einheit: Watt Einheitenzeichen: W

Jedes elektrische Gerät hat einen bestimmten Widerstand, der durch seine Konstruktion gegeben ist. Dieser kann sich aufgrund von bestimmten Leistungsstufen oder z. B. durch Erwärmung verändern.

Da die Spannung im Netz bzw. im Stromkreis vorgegeben ist, hat jedes elektrische Gerät im Betrieb einen bestimmten Stromfluss zu Folge.

Die elektrische Leistung ist das Produkt aus Spannung und Strom. Wird ein Gerät benutzt, hat es während des Betriebes einen bestimmten Strom zur Folge. Hieraus ergibt sich die benötigte elektrische Leistung. Je höher der Strom, je höher die Leistung.

Da die elektrische Leistung eine markante wichtige Größe eines Betriebsmittels ist, steht sie auf dem Typenschild.

Hersteller GmbH			
Typ XYZ			
GS-Motor		Nr. 80	
220 V		30 A	
5,5 kW		S1	
2980 min <sup>-1</sup>			
Erreger		220 V	
Th.Cl.155	IP 54	0,3	t
VDE 0530			



Beispiel eines Typenschildes eines Motors

## 4.7 Die elektrische Arbeit bzw. Energie $W$

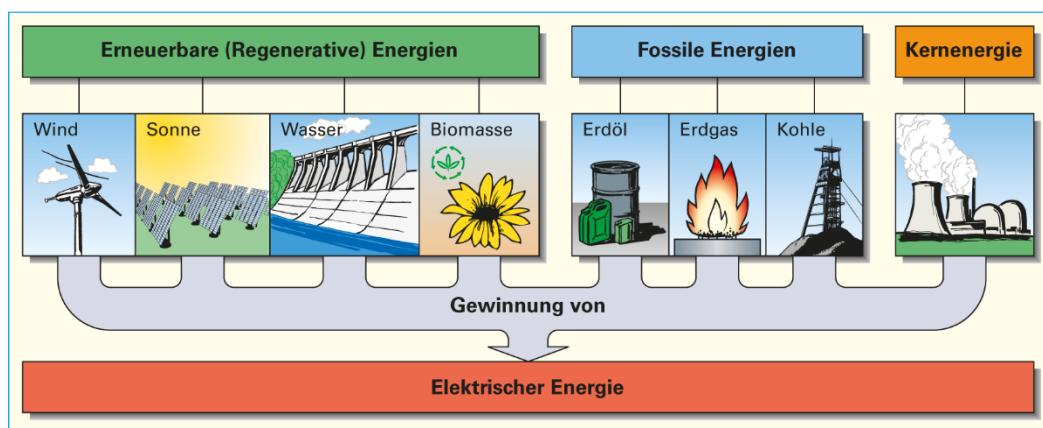
Einheit: Kilowatt pro Stunde    Einheitenzeichen: kWh

Wir sprechen von der elektrischen Energie, wenn die Möglichkeit besteht, eine Arbeit zu verrichten. Zum Beispiel hat ein Stein eine potenzielle Energie der Lage (Höhe). Lassen wir den Stein fallen, so wird eine Arbeit verrichtet.

Wird ein elektrisches Betriebsmittel betrieben, so verrichtet es elektrische Arbeit, die sich aus der elektrischen Leistung ergibt. Die elektrische Arbeit ist also die elektrische Leistung über einen bestimmten Zeitraum betrachtet, also

$W = P \cdot t$     in Js oder häufig auch kWh .

Die elektrische Arbeit ist die Größe, die wir bei unserem Energieversorger einkaufen.

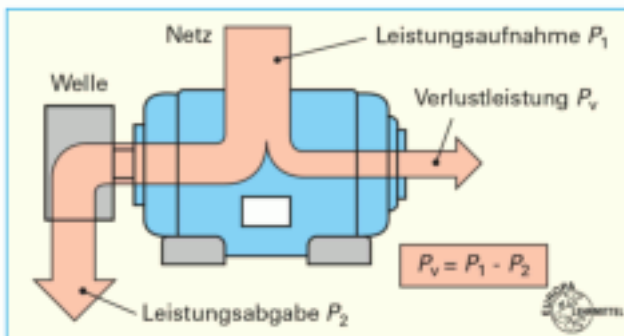


#### 4.8 Der Wirkungsgrad

Der Wirkungsgrad ist einheitenlos.

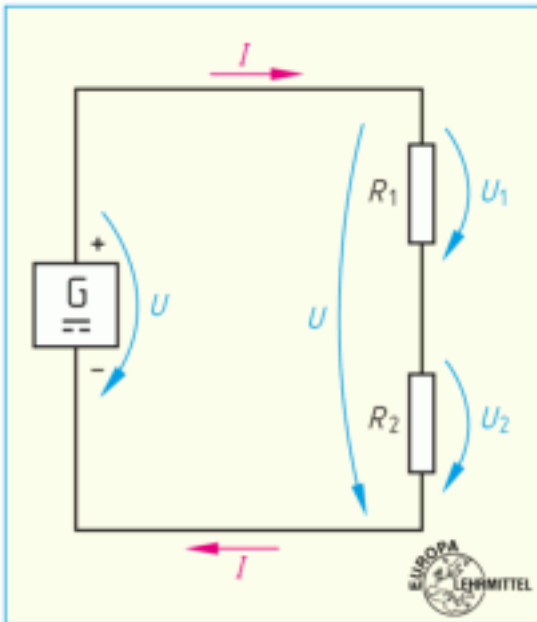
Jedes technische System hat Verluste. Über den Wirkungsgrad kann man die Verluste berechnen. Der Wirkungsgrad ist das Verhältnis von der aufgenommenen Leistung zur abgegebenen Leistung.

$$\mu = P_{ab} / P_{zu}$$



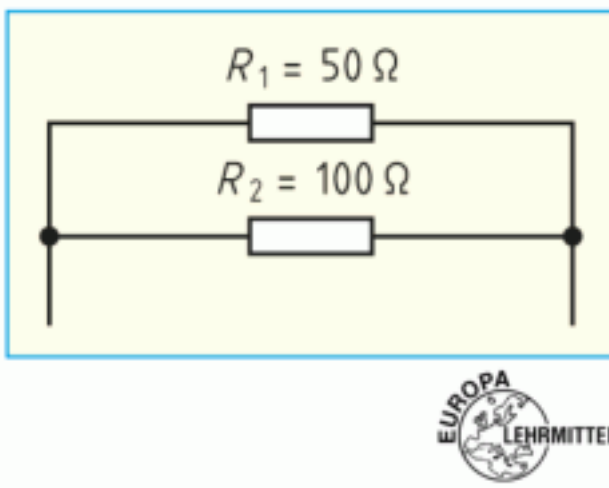
#### 4.9 Reihen- und Parallelschaltung von Widerständen

Sind Widerstände in Reihe geschaltet, so teilt sich die Spannung im Verhältnis der Widerstände zueinander auf.



Reihenschaltung von Widerständen

Sind zwei Widerstände parallel geschaltet, so teilt sich der Strom auf.



Parallelschaltung von Widerständen

## **Praktische Beispiele für die Schaltung von Widerständen**

### **Leiterwiderstand**

Jeder Verbraucher hat einen Widerstand, der an einer Leitung angeschlossen ist. Normalerweise kann der Widerstand der Leitung vernachlässigt werden. Je länger allerdings die Leitung ist, um so größer ist ihr Widerstand und um so geringer ist die Spannung, die am Verbraucher ankommt, weil ein Teil Spannung an der Leitung abfällt (Spannungsfall). Ist die Leitung zu lang, ist die Spannung am Verbraucher zu klein.

### **Weihnachtsbeleuchtung**

Bei einer klassischen alten Weihnachtsbaumbeleuchtung sind die Leuchtmittel in Reihe geschaltet. Bei 10 Leuchten fällt an jedem Leuchtmittel eine Spannung von 23V ab.

### **Halogenleuchtmittel in einem Pkw**

Fällt ein Leuchtmittel am Pkw aus, so verändert sich der Gesamtwiderstand im Leuchtmittelstromkreis. Er wird kleiner. Dadurch steigt der Strom im Stromkreis an, und die Lebensdauer der Leuchtmittel wird stark herabgesetzt.

## **5 Ausgewählte Festlegungen und Fragestellungen für das Elektrotechniker-Handwerk**

Für den täglichen Umgang mit dem Strom sind bestimmte Festlegungen notwendig, um sichere Anlagen zu installieren und sicher mit ihnen umzugehen.

### **5.1 Die fünf Sicherheitsregeln**

Alle Elektrofachkräfte dürfen nur spannungsfrei arbeiten. Die Fehlersuche in elektrischen Anlagen und teilweise das Messen, z. B. DGUV-Prüfungen, von elektrischen Anlagen und Geräten sind aber Arbeiten unter Strom.

Grundsätzlich ist aber bei Arbeiten an elektrischen Gefährdungen die Spannung abzuschalten. Um spannungsfrei zu schalten, gibt es die fünf Sicherheitsregeln.

Die ersten drei Punkte gelten für normale Spannungen. Punkt vier und fünf müssen bei höheren Spannungen (ab 1000V AC oder 1500VDC ???) durchgeführt werden.

- 1. Spannungsfrei schalten.**
- 2. Gegen Wiedereinschalten sichern.**
- 3. Spannungsfreiheit feststellen.**
- 4. Erden und kurzschließen.**
- 5. Benachbarte unter Spannung stehende Teile abdecken oder abschränken.**

## 5.2 Kabel und Leitungen

### 5.2.1 Harmonisierte Leitungen

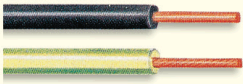
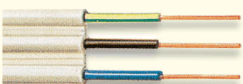

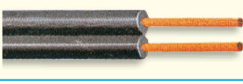
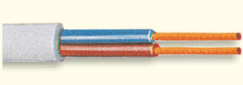


Die harmonisierten Leitungen sind europaweit genormt und somit in ganz Europa einsetzbar.

Tabelle 1: Typkurzzeichen für harmonisierte isolierte Leitungen (Auswahl)		(nach DIN VDE 0292)
<p><b>Beispiel: Gummischlauchleitung</b> <span style="border: 1px solid red; padding: 2px;">H 05 R R -F 3 X 1,5</span></p>		
<p><b>Kennzeichnung</b> Harmonisierte Leitung Anerkannter nationaler Typ</p> <p><b>Bemessungsspannung <math>U_0/U^*</math></b> 100/100 V 300/300 V 300/500 V 450/750 V</p> <p><b>Isolierwerkstoff des Leiters</b> Ethylen-Propylen-Kautschuk Ethylen-Propylen-Gummi Silikon-Gummi PVC, weich Thermoplast aus Polyolefinen</p> <p><b>Mantelwerkstoff</b> Glasfasergeflecht Polychloropren-Kautschuk Polyurethan Ethylen-Propylen-Gummi Silikon-Gummi Textilgeflecht PVC, weich</p>	<p>H A** 01 03 05 07 B R S V Z J N Q R S T V</p>	<p><b>Leiterquerschnitt in mm<sup>2</sup></b></p> <p><b>Schutzleiter</b> X ohne Schutzleiter G mit Schutzleiter</p> <p><b>Aderzahl</b></p> <p><b>Leiterform</b> -D feindrätig (Schweißleitung) -E feinstdrätig (Schweißleitung) -F feindrätig (flexible Leitung) -H feinstdrätig (flexible Leitung) -K feindrätig (fest verlegte Leitung) -R mehrdrätiger Rundleiter -U eindrätiger Rundleiter -Y Lahnleiter (hochflexibel)</p> <p><b>Besonderheiten im Aufbau</b> H flache, aufteilbare Leitung H2 flache, nicht aufteilbare Leitung H6 flache Leitung mit 3 oder mehr Adern H7 Leitung mit extrudierter zweischichtiger Isolierhülle H8 Wendelleitung</p>
<p>* <math>U_0</math> größte zulässige Spannung Leiter gegen Erde; <math>U</math> größte zulässige Spannung Leiter gegen Leiter</p> <p>** Andere Typenkurzzeichen sind ebenfalls möglich, sofern keine Verwechslung mit anderen Buchstaben auftritt.</p>		

### 5.2.2 VDE 0250






















Die Kabel und Leitungen, die nicht harmonisiert sind, aber in der VDE 0250 enthalten sind, dürfen nur in Deutschland verwendet werden, z. B. NYM, NYY oder NYIF.

## 5.2.3 Verschiedene Leitungen und ihre Verwendung

Tabelle 2: Leitungsarten und ihre Verwendungsmöglichkeiten (Beispiele)						
Isolierte Leitungen für feste Verlegung						
Leitungsaufbau	Bezeichnung	Kurzzeichen	Bemessungspg. $U_0/U$	Aderzahl	A in $\text{mm}^2$	Verwendung
	Kunststoffaderleitung	H07V-U H07V-R H07V-K	450/750 V	1	1,5 bis 400	Zur Verlegung in Rohren in trockenen Räumen. Zur inneren Verdrahtung von z.B. Leuchten, Motoren, Verteilungen.
	Stegleitung	NYIF	230/400 V	2 ... 5	1,5 bis 4	Nur in trockenen Räumen zur Verlegung im Putz oder unter Putz. Nicht auf Holz, auf Metall, in Hohlräumen, im Bad.
	Mantelleitung	NYM	300/500 V	1 ... 61	1,5 bis 35	Zur Verlegung unter Putz, im Putz und auf Putz in trockenen, feuchten, nassen, feuer- und explosionsgefährdeten Räumen. Einschränkung: Nicht im Erdreich.
Isolierte Leitungen zum Anschluss ortsveränderlicher Verbraucher						
Leitungsaufbau	Bezeichnung	Kurzzeichen	Bemessungspg. $U_0/U$	Aderzahl	A in $\text{mm}^2$	Verwendung
	Zwillingsleitung	H03VH-Y	300/300 V	2	0,1	Zum Anschluss kleiner Handapparate, z.B. elektrische Rasierapparate. Länge max. 2 m, Strombelastung $\leq 0,2$ A.
	Leichte Kunststoffschlauchleitung	H03VV-F	300/300 V	2 ... 7	0,5 bis 0,75	Bei geringen mechanischen Beanspruchungen z.B. für Haushaltsgeräte und Büromaschinen. Nicht geeignet für Koch- und Raumheizgeräte.
	Mittlere Kunststoffschlauchleitung	H05VV-F	300/500 V	2 ... 5	0,75 bis 4	Bei mittleren mechanischen Beanspruchungen für Haushaltsgeräte, z.B. Waschmaschinen, Kühlschränke, Wärmegeräte und Büromaschinen.
	Gummschlauchleitung	H05RR-F	300/500 V	2 ... 5	0,75 bis 2,5	Bei geringer mechanischer Beanspruchung, für Haushaltsgeräte und Büromaschinen, z.B. Staubsauger, Lötkolben, Küchengeräte.

### 5.3 Aderfarben von Installationsleitungen

Alle Installationsleitungen haben die gleichen Aderfarben. Da heute aber nur noch Leitungen mit Schutzleiter (RCD, Personenschutz) verlegt werden, sind auch nur noch diese interessant.

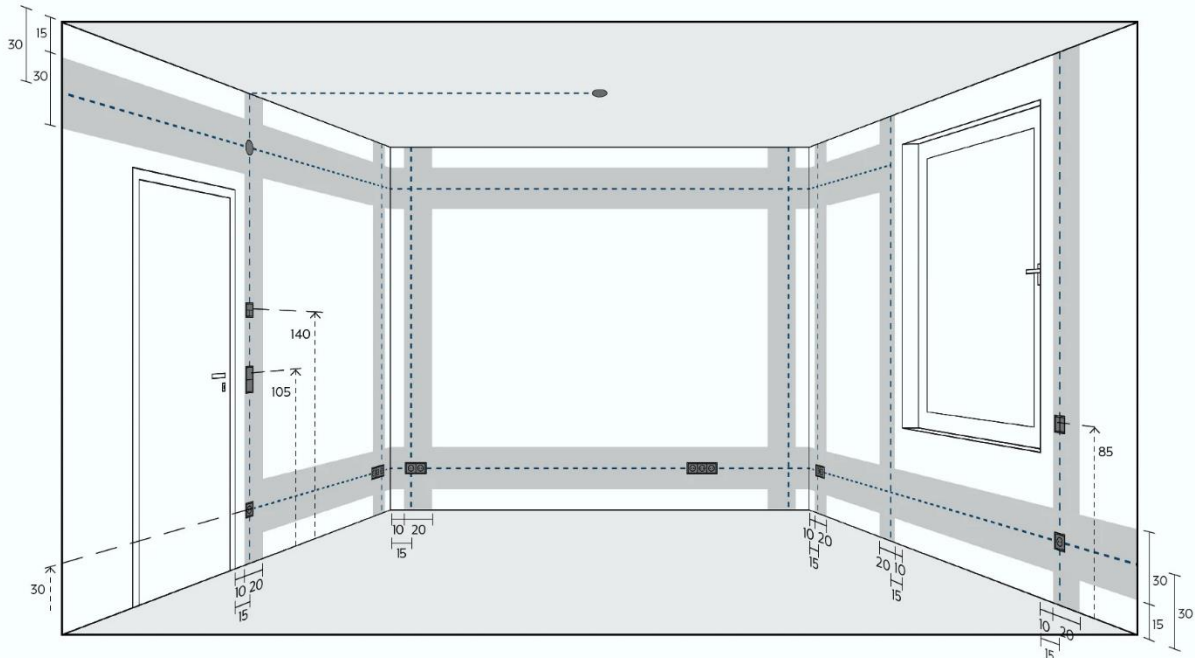
<b>Tabelle 1: Aderfarben von Leitungen und Kabeln</b>	
Aderzahl	Kabel oder Leitungen
	mit Schutzleiter
	ohne Schutzleiter
2	— —
3	  
3*	— — —
4	   
4*	 —   
5	    
>5	    
* In Drehstromkreisen sollen für die drei Außenleiter L1, L2 und L3 die Aderfarben Braun, Schwarz und Grau verwendet werden.	



Bei Installationen ist immer ein Schutzleiter mit zu verlegen, damit der RCD auch bei einem Fehler in einer Leitung auslöst (Anbohren, ...).

## 5.4 Installationszonen

Kabel und Leitungen dürfen nur in den dafür vorgesehenen Bereichen verlegt werden. Betriebsmittel dürfen auch außerhalb dieser Zonen installiert werden. Die Zuleitungen hierzu sind dann senkrecht von oben oder unten zu verlegen.



In Böden und Decken gibt es auch Installationszonen. In Arbeitsbereichen gelten zusätzliche Bereiche.

## 5.5 Strombelastbarkeit von elektrischen Leitungen

Die Strombelastbarkeit ist von mehreren Eigenschaften abhängig, die bei der Planung von elektrischen Anlagen zu berücksichtigen sind: Leitermaterial, Verlegeart, Leitungslänge, Umgebungstemperatur, ...

**Tabelle: Strombelastbarkeit von fest verlegten, PVC-isolierten Kupferleitungen bei 30 °C Umgebungstemperatur nach DIN VDE 0298, Teil 4**

Leiterquerschnitt in mm <sup>2</sup>	Zulässige Stromstärke in A			
	Verlegeart B2		Verlegeart C	
	Zahl der belasteten Adern			
	2	3	2	3
1,5	16,5	15	19,5	17,5
2,5	23	20	27	24
4	30	27	36	32
6	38	34	46	41
10	52	46	63	57
16	69	62	85	76
25	90	80	112	96



Die Leitung wird gegen eine Überlastung immer mit einem MCB oder früher mit einer Schmelzsicherung geschützt.

5.6 Schutzarten




Betriebsmittel werden für bestimmte Anwendungen hergestellt. Jedes Betriebsmittel muss einen Schutz haben gegen das Eindringen von festen Fremdkörpern und Wasser.

Tabelle: Schutzarten elektrischer Betriebsmittel nach DIN EN 60529 (VDE 0470-1)					
Erste Kennziffer	Schutzgrad: Berührungs- und Fremdkörperschutz	Bildzeichen	Zweite Kennziffer	Schutzgrad: Wasserschutz	Bildzeichen
0	Kein besonderer Schutz.	–	0	Kein besonderer Schutz.	–
1	Schutz gegen Eindringen fester Fremdkörper mit einem Durchmesser $\geq 50$ mm.	–	1	Schutz gegen senkrecht tropfendes Wasser.	tropfwassergeschützt IP X1 
2	Schutz gegen Eindringen fester Fremdkörper mit einem Durchmesser $\geq 12,5$ mm.	–	2	Schutz gegen senkrecht tropfendes Wasser, Betriebsmittel bis 15° geneigt.	–
3	Schutz gegen Eindringen fester Fremdkörper mit einem Durchmesser $\geq 2,5$ mm.	–	3	Schutz gegen Sprühwasser (Regen) bis zu einem Winkel von 60° zur Senkrechten.	sprühwassergeschützt (regengeschützt) IP X3 
4	Schutz gegen Eindringen fester Fremdkörper mit einem Durchmesser $\geq 1$ mm.	–	4	Schutz gegen Spritzwasser aus allen Richtungen.	spritzwassergeschützt IP X4 
5	Schutz gegen Staubablagerung (staubgeschützt). Vollständiger Berührungsschutz.	staubgeschützt IP 5X 	5	Schutz gegen Strahlwasser (Düse) aus allen Richtungen.	strahlwassergeschützt IP X5 
6	Schutz gegen Eindringen von Staub (staubdicht). Vollständiger Berührungsschutz.	staubdicht IP 6X 	6	Schutz gegen starken Wasserstrahl oder schwere See aus allen Richtungen.	–
Wird neben den Buchstaben IP nur eine Kennziffer für den Schutzgrad benötigt, so ist anstelle der fehlenden Kennziffer ein X zu setzen, z. B. IP X4 oder IP 3X.			7	Schutz gegen Wasser bei Eintauchen des Betriebsmittels unter Druck-, Zeitbedingungen.	wasserdicht IP X7 
<b>3. Stelle, z. B. IP 23C</b> A Schutz gegen Zugang mit dem Handrücken B Schutz gegen Zugang mit dem Finger C Geschützt gegen Zugang mit Werkzeugen D Geschützt gegen Zugang mit Draht  <b>4. Stelle, z. B. IP 23CS</b> H Betriebsmittel für Hochspannung M Geprüft auf Wassereintritt bei laufender Maschine S Geprüft auf Wassereintritt bei stehender Maschine W Geeignet bei festgelegten Witterungsbedingungen			8	Schutz gegen Wasser bei dauerndem Untertauchen des Betriebsmittels.	druckwasserdicht IP X8  ...bar
			9	Geschützt gegen Hochdruck und hohe Strahlwassertemperaturen	–



## 5.7 Schutzklassen

Die Schutzklasse gibt den Schutz gegen Stromschlag an. Im Normalbetrieb und im Fehlerfall darf keine gefährliche Spannung nach außen gelangen.

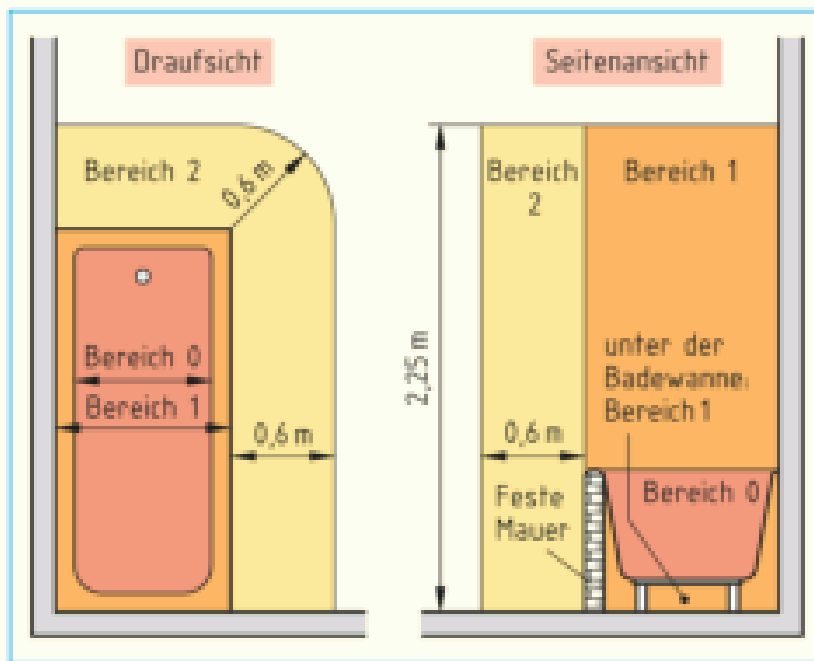
Tabelle 3: Kennzeichnung der Schutzklassen (Bildzeichen nach IEC <sup>5</sup> 60417)		
Schutz- klasse	Kenn- zeichen	Verwendung bei Schutzmaßnahme:
I		Mit Schutzleiter (Betriebsmittel ist mit Schutzleitersystem der Anlage verbunden, z. B. Elektromotor)
II		Doppelte oder verstärkte Isolierung, früher: Schutzisolierung (Betriebsmittel mit Basisisolierung und zusätzlicher oder verstärkter Isolierung, z. B. Leuchten)
III		Kleinspannung (Anschluss nur an SELV- und PELV-Stromkreise, siehe Seite 361, z. B. für Fassungslampen)



Alle Betriebsmittel sind einer der drei Schutzklassen zuzuordnen.

## 5.8 Räume mit Wanne oder Duschwanne

Aufgrund der erhöhten Gefährdung durch das Wasser gibt es in diesen Räumen bestimmte Vorgaben. Außerdem entsteht durch Instandsetzungsarbeiten eine Pflicht zur Umrüstung (Bestandschutz fällt weg.)



Bereichseinteilung

In den einzelnen Bereichen sind bestimmte Installationen verboten. Weiterhin sind in den Zonen keine oder nur bestimmte Betriebsmittel erlaubt.

Weiterhin ist eventuell ein zusätzlicher Potenzialausgleich zu installieren.

### **5.9 Welche Spannungen messe ich im Netz?**

Zwischen den Phasen messe ich 400V AC aufgrund der Phasenverschiebung.

Zwischen einer Phase und dem Neutralleiter messe ich 230V AC.

Zwischen einer Phase und dem Schutzleiter PE misst man 230V AC.

Zwischen dem Neutralleiter und dem Schutzleiter messe ich 0V, da sie den selben Ausgangspunkt haben.

### **5.10 Warum bekomme ich keinen Stromschlag beim Berühren des Neutral- und des Schutzleiters?**

Da alle Erdungen, Gehäuse, Schutzleiter, ... miteinander elektrisch verbunden ist, kann kein Potenzialunterschied auftreten.

### **5.11 Warum ist der Neutralleiter unter Umständen stärker belastet als eine Phase?**

In bestimmten Fehlerfällen kann es zu einer unsymmetrischen Belastung im Netz kommen. In diesen Fällen kann es vorkommen, dass sich die Phasenströme im Sternpunkt des Trafos nicht mehr aufheben und der Neutralleiter stärker belastet ist als die einzelnen Phasen.

## 6 Technische Dokumentation

Um eine elektrische Anlage zu installieren, zu warten oder zu ändern, benötigt man bestimmte Unterlagen.

### 6.1 Bezeichnung der Betriebsmittel

Alle elektrischen Betriebsmittel werden mit einem Buchstaben bezeichnet. Der Buchstabe ergibt sich aus der Funktion. Hinzu kommt eine Zahl, die fortlaufend vergeben wird. Somit ist jedes elektrische Betriebsmittel klar zu erkennen und eine Verwechslung ausgeschlossen.

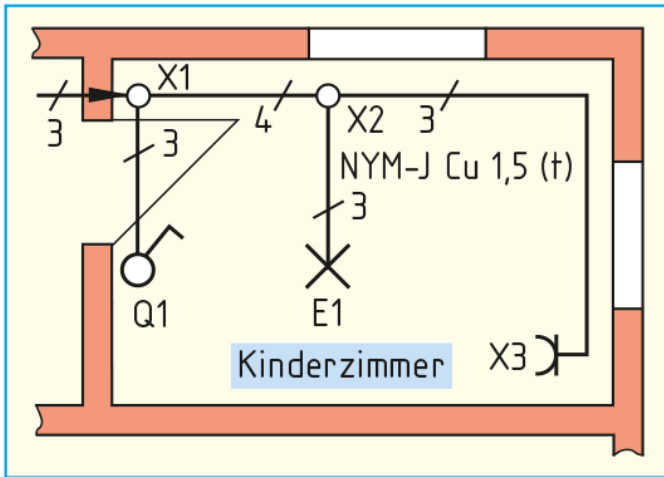
Tabelle: Kennbuchstaben von Betriebsmitteln in Schaltplänen (nach DIN EN 81346-2, Auszug)		
Kennbuchstabe	Zweck bzw. Aufgabe des Betriebsmittels (Objekts)	Beispiele
<b>A</b>	Zwei oder mehr Zwecke, jedoch kein Hauptzweck erkennbar	Sensorbildschirm, Touch-Screen
<b>B</b>	Umwandlung einer Eingangsvariablen in ein zur Weiterverarbeitung bestimmtes Signal	Messwandler, Sensor, Thermistor-Schutzrichtung (Motorschutz)
<b>C</b>	Speichern von Energie, Information oder Material	Kondensator, Festplatte, RAM, ROM
<b>E</b>	Bereitstellen von Strahlung oder Wärmeenergie	Leuchte, Heizung, Laser, Glühlampe
<b>F</b>	Direkter Schutz eines Energie- oder Signalflusses vor gefährlichen Zuständen, einschließlich Systemen für Schutzzwecke	Sicherung, LS-Schalter, RCD, thermischer Überlastauslöser
<b>G</b>	Erzeugen eines Energie-, Material- oder Signalflusses zur Verwendung als Informationsträger	Signalgenerator, Generator, Solarzelle, Batterie
<b>K</b>	Verarbeitung, Empfang und Bereitstellung von Signalen, jedoch nicht für Schutzzwecke	Relais, Hilfsschütz, Zeitrelais, Binärelement, Transistor
<b>M</b>	Bereitstellen von mechanischer Energie für Antriebszwecke	Betätigungsspule, Elektromotor
<b>P</b>	Darstellung von Information	Meldeleuchte, Messgerät, LED, Lautsprecher
<b>Q</b>	Kontrolliertes Schalten eines Energie-, Signal- oder Materialflusses	Leistungsschalter, Motorschutzschalter, Lastschütz, Triac, Leistungstransistor, Thyristor, IGBT
<b>R</b>	Begrenzung oder Stabilisierung von Energie-, Informations- oder Materialfluss	Diode, Widerstand, Drosselspule, Begrenzer, Diac
<b>S</b>	Umwandeln einer manuellen Betätigung in ein Signal	Steuerschalter, Wahlschalter
<b>T</b>	Umwandlung von Energie oder Information unter Beibehaltung der Energieart oder des Informationsgehalts	Verstärker, Messumformer, Gleichrichter, AC-DC-Umsetzer, Transformator
<b>U</b>	Halten von Objekten in definierter Lage	Isolator, Kabeltraggvorrichtung
<b>V</b>	Verarbeitung von Materialien	Rauchgasfilter
<b>W</b>	Leiten oder Führen von Energie, Materialien oder Signalen	Sammelschiene, Informationsbus
<b>X</b>	Verbinden von Objekten	Klemme, Steckdose

Die Kennbuchstaben D, H, J, Y und Z sind für spätere Normung reserviert, I und O sind wegen Verwechslungsgefahr mit 1 und 0 nicht anwendbar.



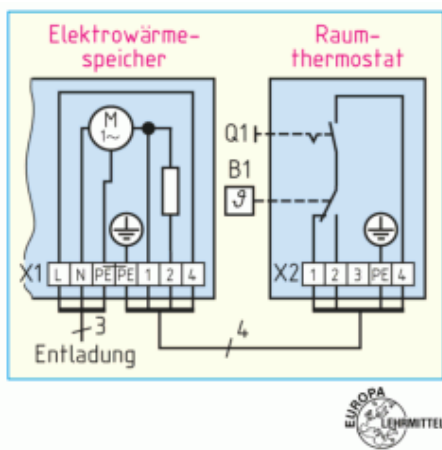
## 6.2 Installationsplan

Der Installationsplan dient dem Techniker vor Ort, eine elektrische Anlage zu installieren.



## 6.3 Klemmen- oder Anschlussplan

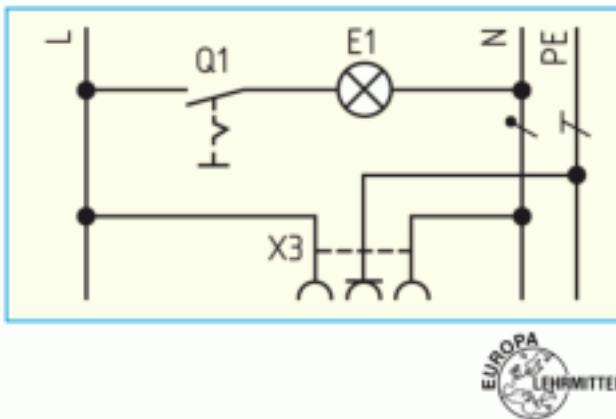
Er dient dazu, Kabel und Leitungen an ein Betriebsmittel oder einer Verteilung anzuschließen.



## 6.4 Stromlaufplan in aufgelöster Darstellung

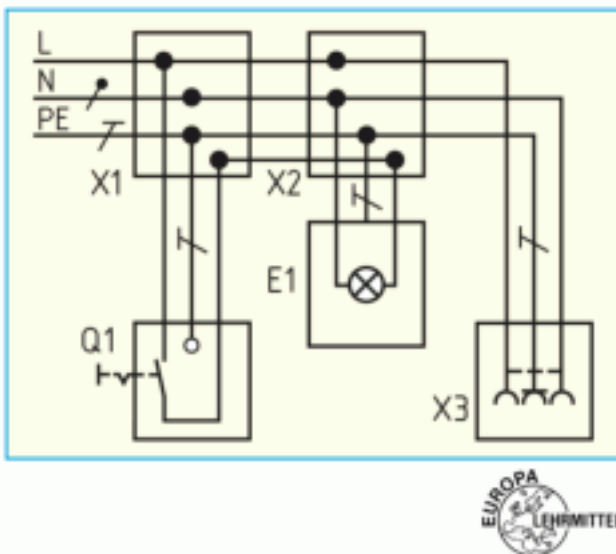
Er dient dazu, einen bestimmten Aufbau einer Schaltung zu verfolgen. Es werden der Übersicht halber, bestimmte Teile weggelassen.

Diese Darstellungsart wird zum Beispiel genutzt, um die Lampenschaltungen in der Ausbildung darzustellen.



## 6.5 Stromlaufplan in zusammenhängender Darstellung

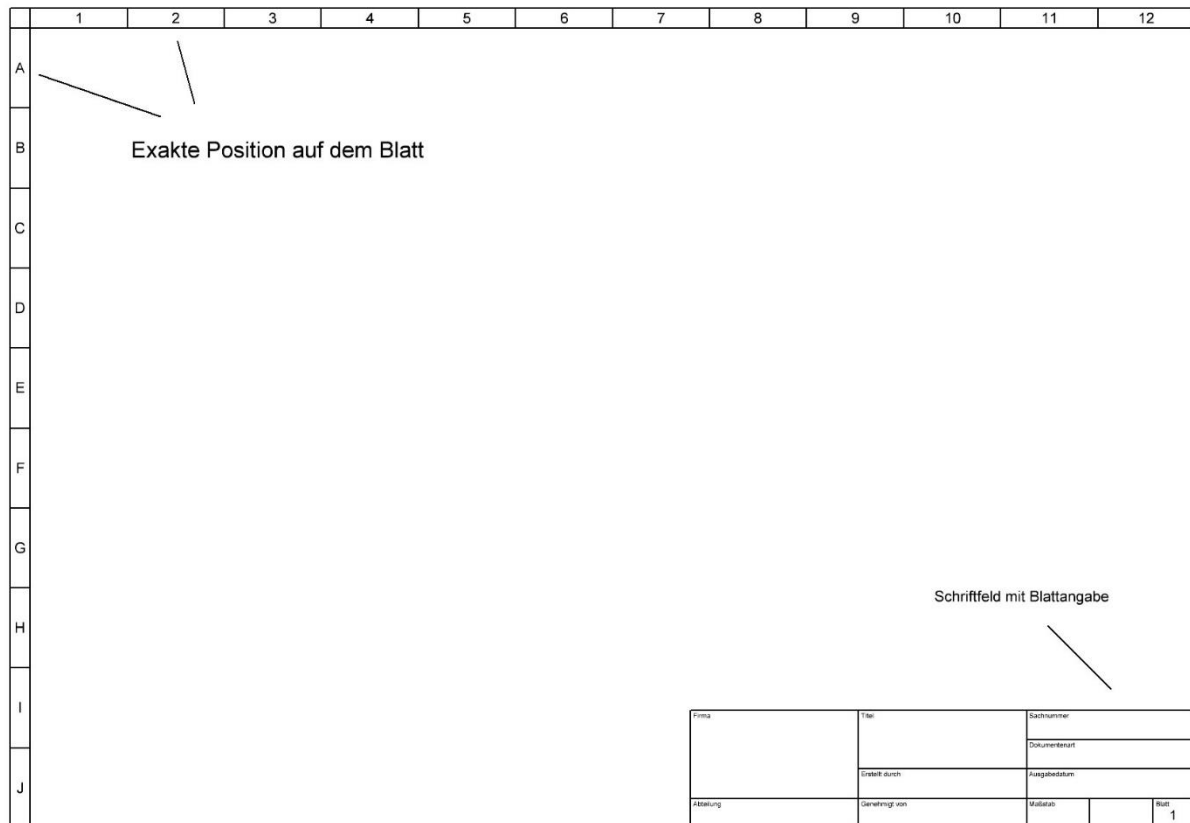
Er dient dazu, ein komplettes Bild einer Schaltung mit allen Betriebsmitteln und deren Anordnung zu erhalten.



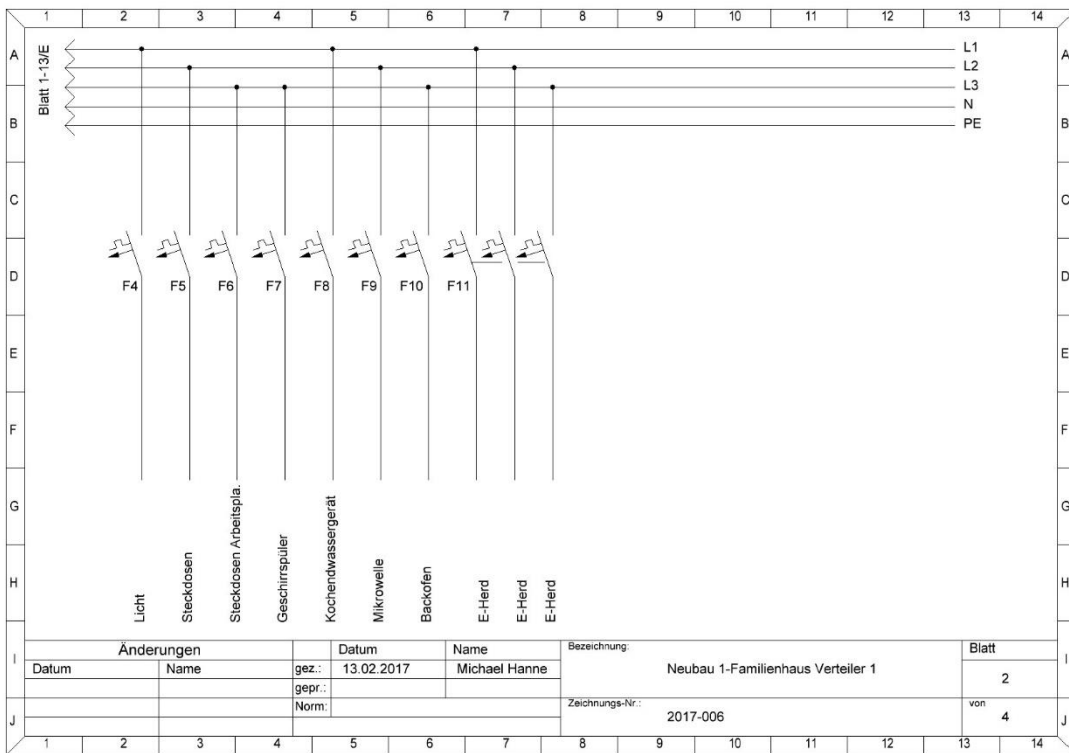
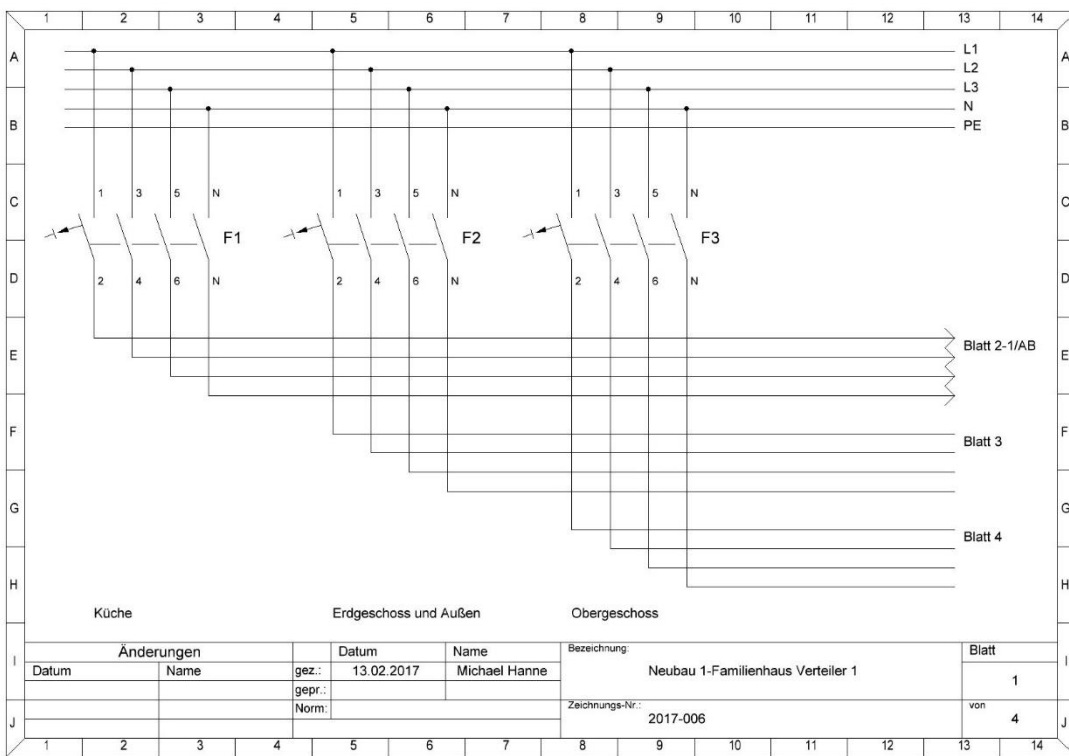
## 6.6 Verteilungsplan

Der Verteilungsplan ist ein Stromlaufplan in aufgelöster Darstellung, der dazu dient, bei der Installation, sowie bei der Fehlersuche, den Stromfluss und die Zuordnung der elektrischen Betriebsmittel in der Verteilung darzustellen.

In den folgenden Grafiken ist der grundsätzliche Aufbau von Verteilungsplänen dargestellt.



Grundsätzlicher Aufbau eines Formblattes zur Darstellung von Stromlaufplänen



Auszug eines Stromlaufplanes eines 1-Familienhauses

## 7 Werkzeuge und Mess- und Prüfgeräte für die Elektrofachkraft

Aufgeführt werden hier nur die speziellen Standardwerkzeuge einer Elektrofachkraft für die üblichen, täglichen Tätigkeiten.

Grundsätzlich sind bei der Bearbeitung von Kabel und Leitungen Werkzeuge zu bevorzugen, die die Arbeitsschritte automatisiert durchführen, so dass die Arbeiten wirtschaftlicher und immer auf einem qualitativ hohen Niveau durchgeführt werden.

### 7.1 Abmantelwerkzeuge

#### Abmantelwerkzeug für Rundleitungen



"Jokarimesser"

Mit diesem Abmantelwerkzeug werden durch einen Quer- und einen Längsschnitt die Leitungen schnell, effizient und ohne Beschädigungen der Isolierungen und stromführenden Adern durchgeführt.

#### Dosenentmantler



Hiermit werden Leitungen in tieferliegenden Dosen abgesetzt.

#### Koaxleitung



Das Drücken der Koaxleitung durch andere Abmantelwerkzeuge würde durch Quetschen des Innenleiters eine Signalverfälschung zur Folge haben.

## 7.2 Absetzzangen



Hierbei ist die abzulängende Aderisolierung wichtig, um berührungssicher zu installieren und um keine Ader einzuschneiden. Dieses hätte durch eine Querschnittverkleinerung eine höhere Wärmeentwicklung zur Folge.

## 7.3 Presszangen



Bei Aderendhülsen, Kabelschuhen, Flachsteckhülsen, ... ist eine hochwertige Quetschung notwendig, um eine gute Stromübertragung zu gewährleisten. Falsch gepresste Verbindungen führen zu hohen Erwärmungen durch schlechte Stromleitung. Eventuell führen sie bei zu starker Erwärmung zu Bränden.

**Folgende Werkzeuge sind ineffizient, gefährlich und garantieren keine qualitativ hochwertige Verbindung und haben heute bei einer Fachkraft nichts mehr zu suchen:**



Manuelle Absetzzange



Manuelle Presszange



Kabelmesser



Cuttermesser



## 7.4 Mess- und Prüfwerkzeuge

Die folgenden Messwerkzeuge benötigt man für eine fachgerechte Elektroinstallation. Sie dürfen aber nur in bestimmten Bereichen eingesetzt werden.

### 1-poliger Spannungsprüfer („Lügenstift“)



Er wird lediglich zur einfachen Fehlersuche benutzt.  
NICHT GEEIGNET, UM SPANNUNGSFREIHEIT FESTZUSTELLEN!!! (Zu ungenau!)

### 2-poliger Spannungsprüfer („Duspol“)



Die einzige praktikable Möglichkeit, um Spannungsfreiheit festzustellen.

### Multimeter



Mit dem Multimeter werden hauptsächlich Spannungen und Widerstände gemessen. Gegebenfalls noch Temperaturen, Dioden, ... Es wird nicht eingesetzt, um Ströme zu messen. Die einzige in der Praxis vorkommende Strommessung ist der Ionisationsstrom einer Therme (Mikro-Ampere-Bereich!!!).

NICHT GEEIGNET, UM SPANNUNGSFREIHEIT FESTZUSTELLEN !!!  
(Nicht selbst einstellend und keine 1-polige Phasenprüfung!)

## Stromzange



Um in elektrischen Anlagen Ströme zu messen, wird die Stromzange eingesetzt.

## Gerätetester



Mit dem Gerätetester werden ortsveränderliche elektrische Betriebsmittel (Geräte) geprüft.

## Installationstester



Mit dem Installationstester werden ortsfeste elektrische Betriebsmittel (Anlagen) geprüft.

## Berührungslose Spannungsmessung



Dieses Prüfgerät hat sich noch nicht komplett durchgesetzt. Es ist gerade in der Diskussion, ob man hiermit auch Spannungsfreiheit feststellen kann.

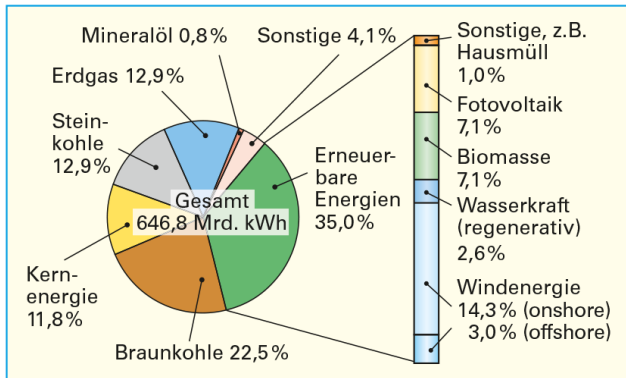
Die Nachteile eines Multimeters (nicht selbst einstellend und keine 1-polige Phasenprüfung) sind hier nicht vorhanden. Weiterhin kann man es gut in der Fehlersuche einsetzen, zum Beispiel bei Leitungsunterbechungen.

**Weiterhin werden häufig Beleuchtungsstärkemessgeräte, Drehfeldprüfer, Wärmebildkameras, Multikopter, ... eingesetzt.**

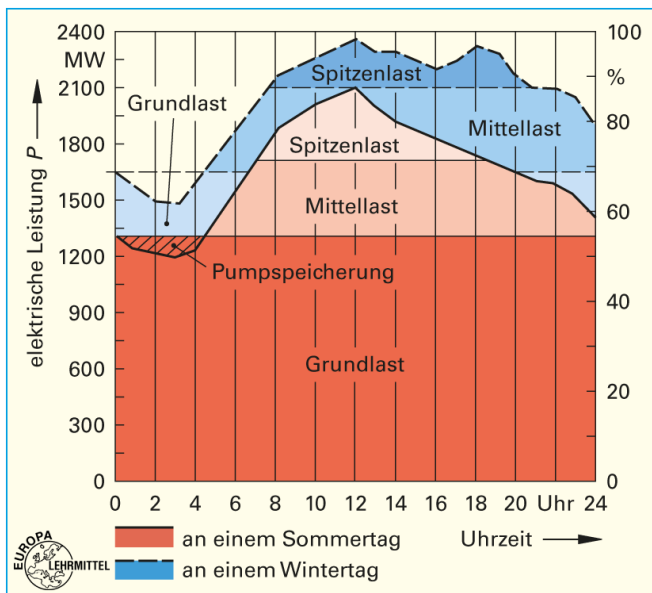
## 8 Ortsfeste elektrische Betriebsmittel (Anlagen)

### 8.1 Spannungserzeugung

In der folgenden Grafik sehen sie die verschiedenen Anlagenarten, um Spannung zu erzeugen. Im Sommer 2020, sicherlich begünstigt durch den pandemiebedingten niedrigen Energieverbrauch, war der Anteil an regenerativen Energien zeitweise über 50% des Gesamtenergiebedarfes.



Aus dem natürlichen Tagesablauf ergibt sich eine Kurve, die den täglichen Bedarf an elektrischer Leistung darstellt.



Der Erzeuger muss darauf achten, dass nicht zu viel Leistung zur Verfügung gestellt, um das Netz und die Umwelt nicht zu überlasten.

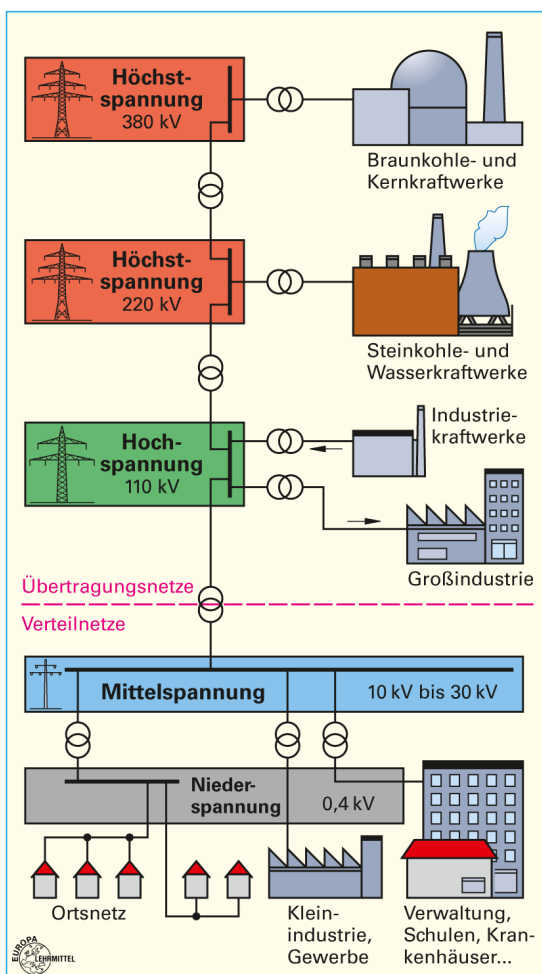
## 8.2 Energieübertragung

Die wichtige Größe für die Übertragung im Stromnetz ist die elektrische Leistung. Jedes Betriebsmittel benötigt eine bestimmte elektrische Leistung. Somit muss der Stromerzeuger eine bestimmte Leistung zur Verfügung stellen.

Die elektrische Leistung ist das Produkt aus Spannung und Strom:  $P = U \cdot I$ .

Würden die Verteilungsnetzbetreiber die Leistung mit einer Spannung von 230V bzw. 400V übertragen, würden wir riesige Kabelquerschnitte haben. Daher wird der Strom mit Transformatoren hochtransformiert in verschiedene vorhandene Spannungsebenen.

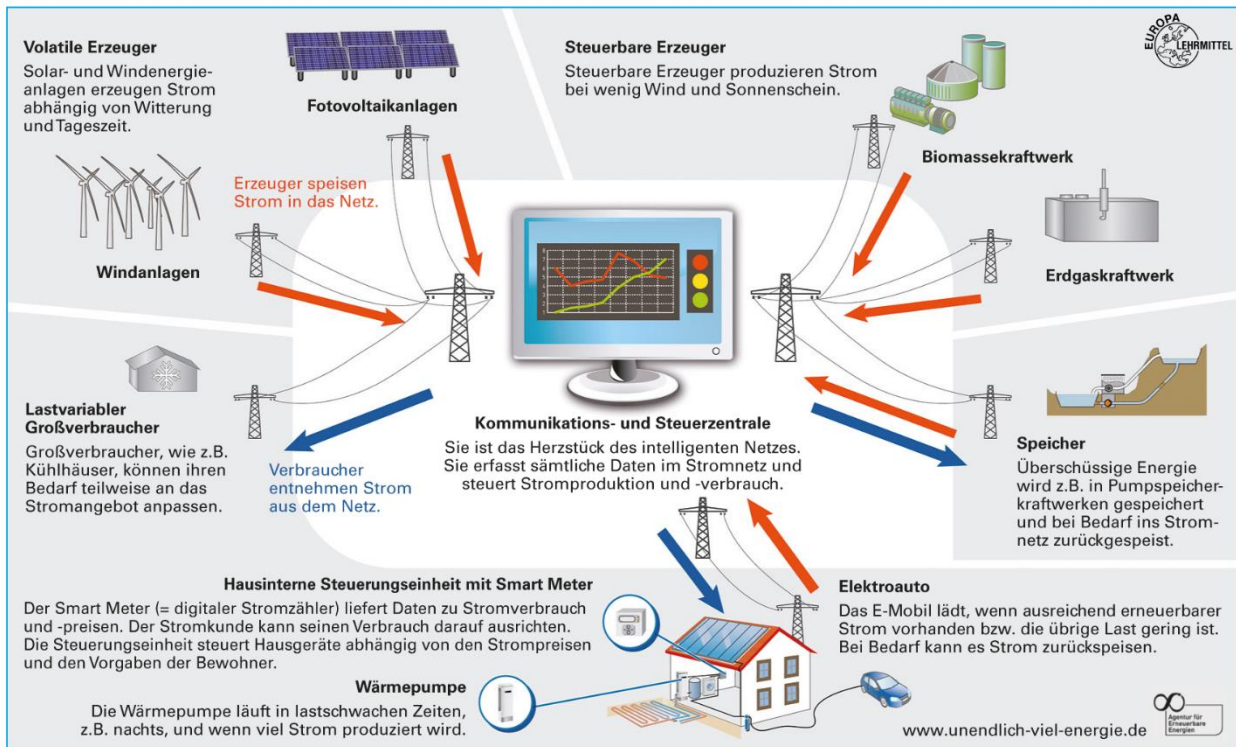
Die folgende Darstellung zeigt die verschiedenen Spannungsebenen im Stromnetz.



### 8.3 Smart Grid

Durch den heutigen Aufbau des Stromnetzes benötigen wir eine gute Steuerung des Netzes. Früher hatten wir zentral eine bestimmte Anzahl von Kraftwerken, die wir anhand der Tagesenergiebedarfskurve hoch- oder runtergefahren haben.

Heute haben wir durch die regenerativen Energiequellen auch viele dezentrale Einspeisungen, so dass die Steuerung des Stromnetzes heute nicht mehr so einfach ist.



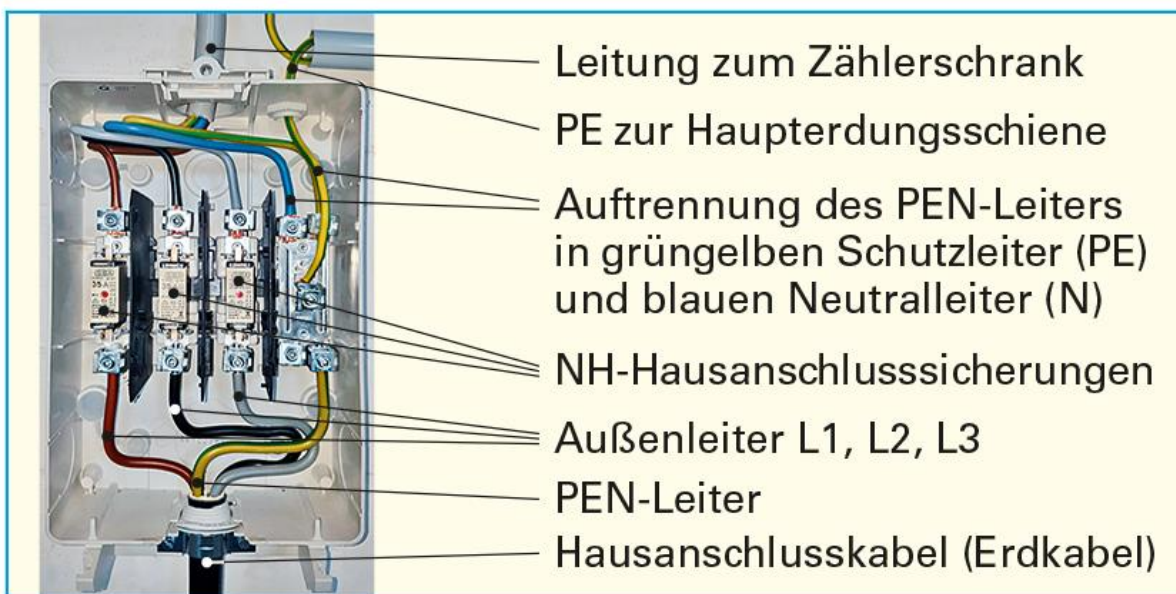
## 8.4 Verbraucheranlage

### Hausanschlusskasten

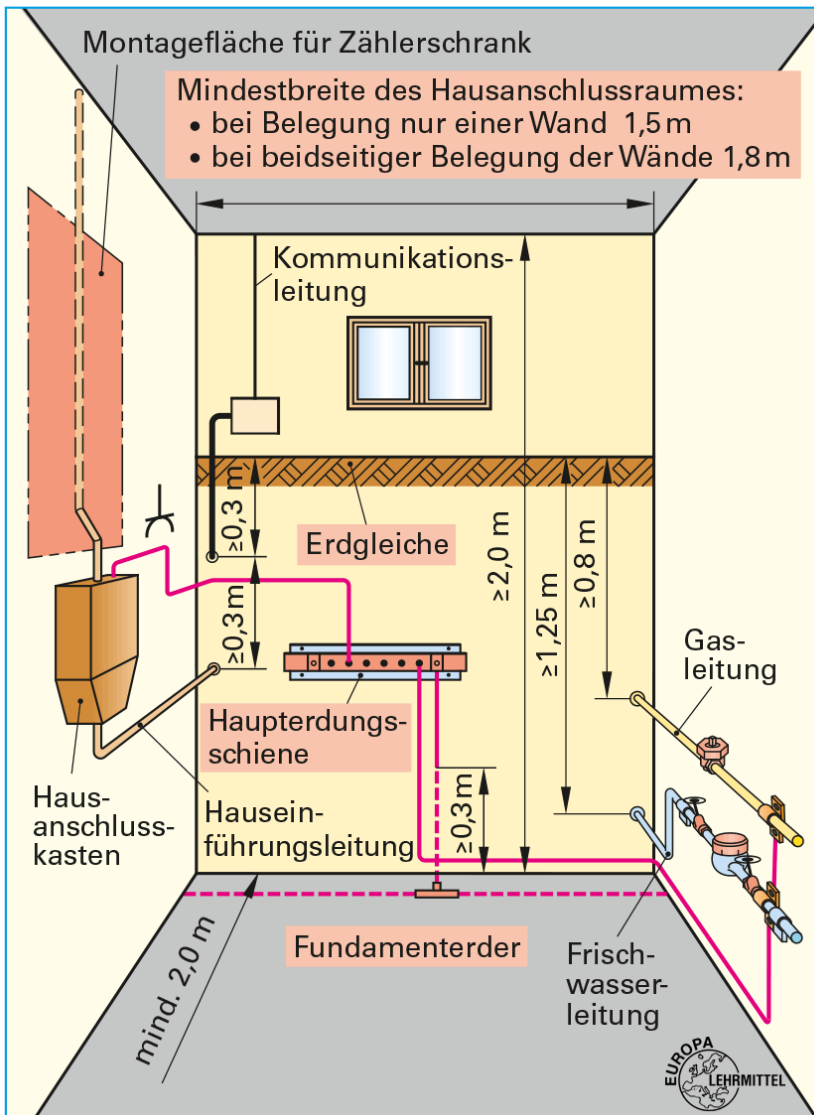
In der Verbraucheranlage benötigen wir 230V beziehungsweise 400V. Diese werden durch den letzten Trafo im Übertragungsnetz hergestellt. Ab da befinden wir uns im Niederspannungsnetz. Das Niederspannungsnetz ist der Bereich zwischen 0V und 1000V.

Für diesen Bereich gilt auch ihre Ausbildung. Hierunter fallen ganz kleine Spannungen, wie zum Beispiel in der Antennen- oder Netzwerktechnik. Diese Spannungen können aber auch größer als die normale Netzspannung sein, zum Beispiel 600V in einigen Industriebereichen oder bei der Straßenbahn.

Der Strom kommt im Hausanschlusskasten im Gebäude an.



Der Hausanschlusskasten befindet sich im Hausanschlussraum.



Vom Hausanschlusskasten fließt der Strom einerseits weiter zum Zählerschrank. Andererseits haben wir eine Abzweigung zum Haupt- oder Schutzpotenzialausgleich.

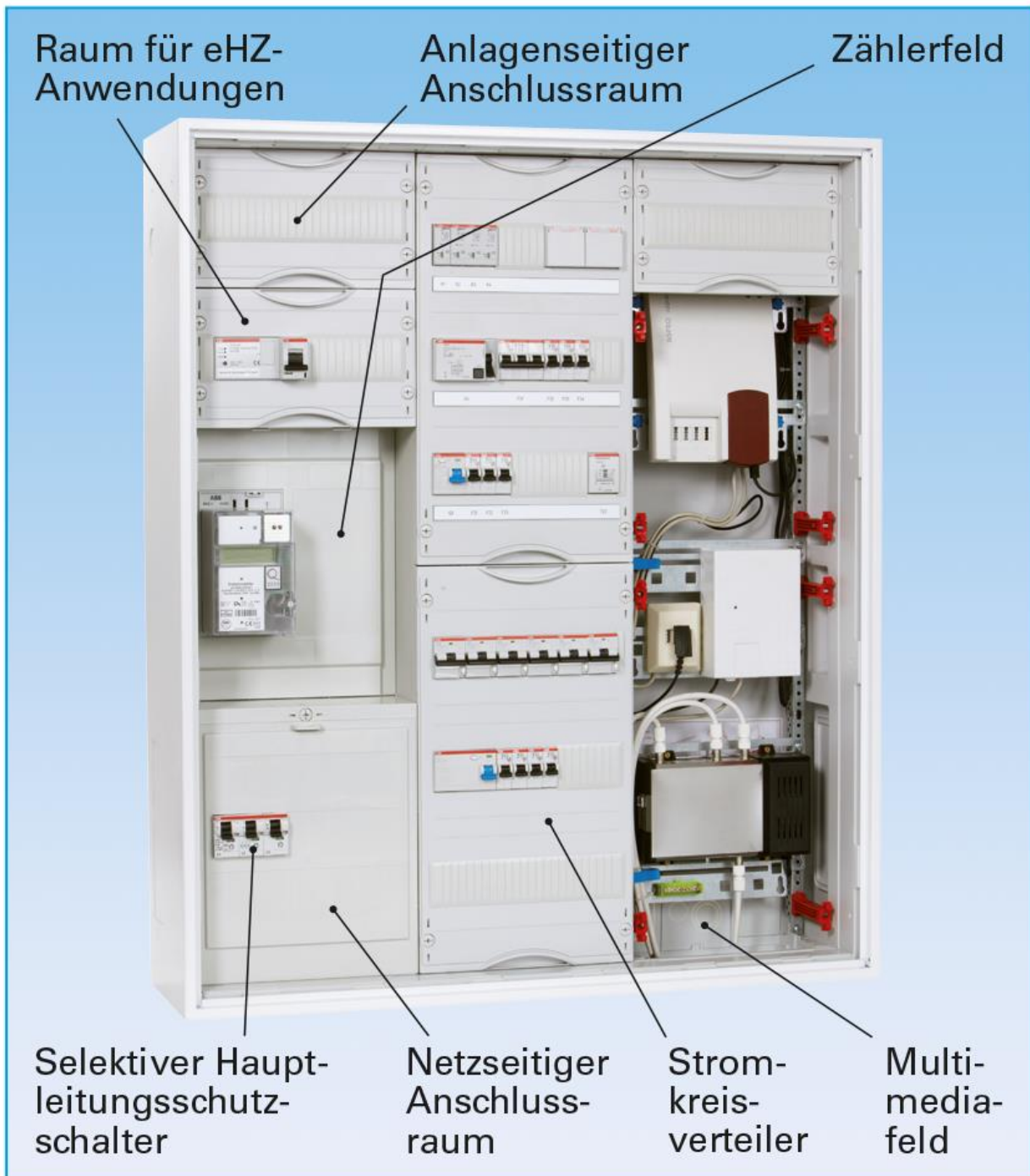
Im Hausanschlusskasten wird also der Potenzialausgleich vom Schutzleiter getrennt. Beide Funktionsbereiche haben aber eine niederohmige Verbindung im Hausanschlusskasten.

Der Schutzleiter (PE) dient dem RCD, um den Fehlerstrom abzuleiten.

Der Schutzpotenzialausgleich (PB) dient dem Schutz vor Stromschlag an Metallsystemen.

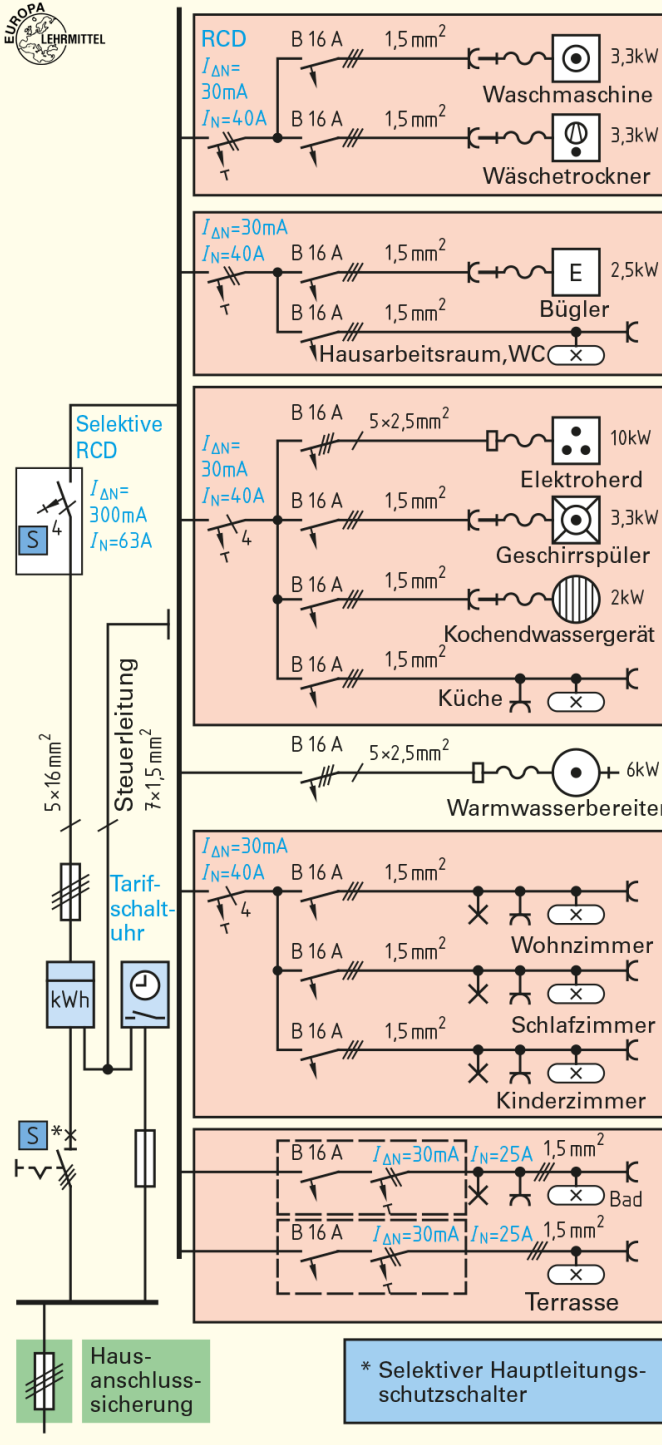
### 8.4.1 Zählerschrank

Im Zählerschrank wird die entnommene elektrische Leistung gezählt und weiter verteilt bis in die einzelnen Stromkreise. Alle Bereiche, in denen ungezählter Strom fließt, sind verplombt.



Zählerschrank

**i** Stromkreise sind nach DIN VDE 0100-530 einzeln oder in Gruppen auf mehrere Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCD) zu verteilen und zu schützen.

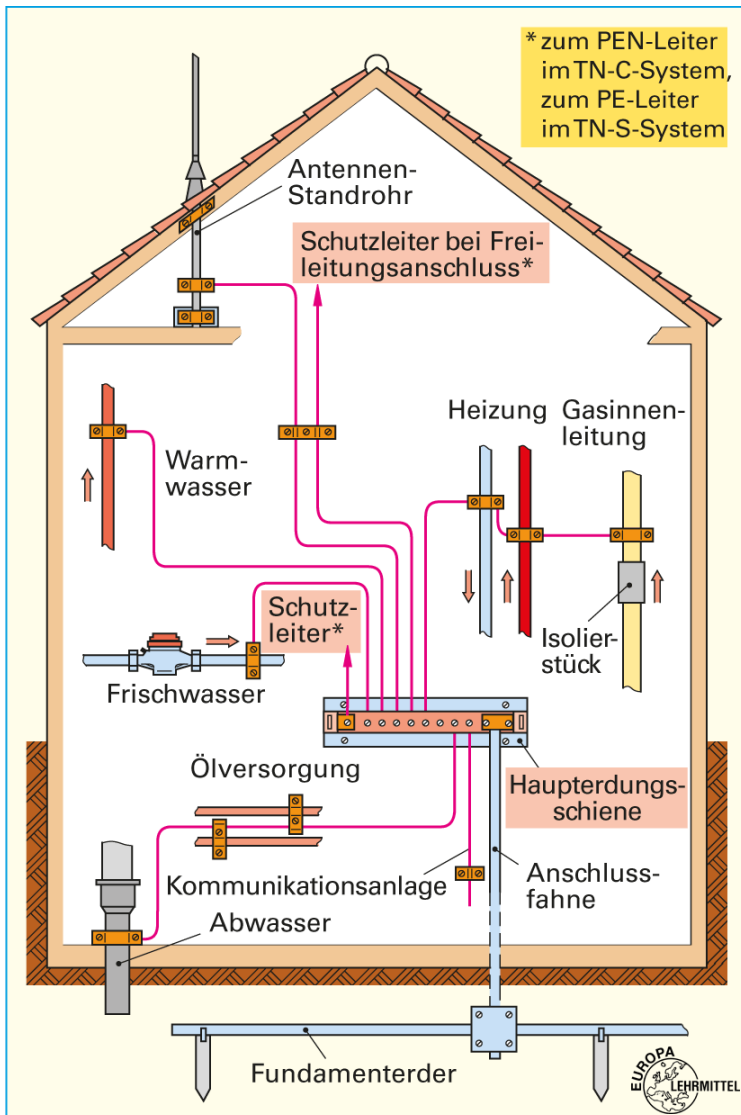


Technische Darstellung der Stromverteilung im Verbrauchernetz, wobei das Verbrauchernetz an der Messeinrichtung, also dem Zähler beginnt.

### 8.4.2 Haupt- oder Schutzpotenzialausgleich

Vom letzten Trafo werden im modernen Netz, dem TN-S-System ab Hausanschlusskasten, einfach alle Metallsysteme im Gebäude, sowie der PEN in der Zuleitung vom letzten Trafo so häufig geerdet, dass eine niederohmige Verbindung besteht.

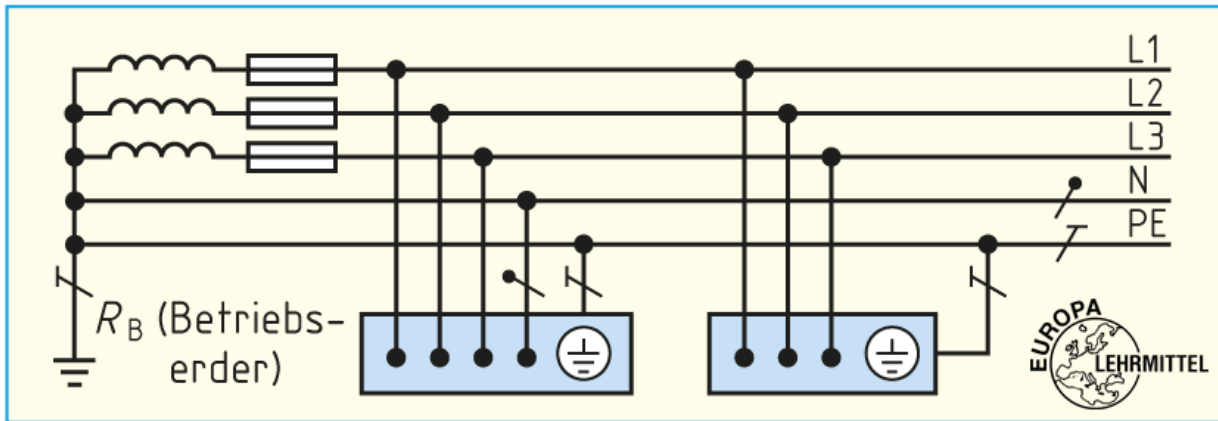
Gelangt also eine Fehlerspannung auf ein Metallsystem, kann aber niemand einen Stromschlag erleiden, da alle Metallsysteme und die Erde auf einem Potenzial liegen, also miteinander verbunden sind.



Der Fundamenterde dient dazu, den elektrischen Widerstand vom Gebäude zum Erdreich klein zu halten. Der Erdungs- oder Erdausbreitungswiderstand sollte nicht größer sein als 10 Ohm.

### 8.4.3 TN-S System (früher: Netzform TN-S)

Das TN-S-System, früher als Netzform bezeichnet, stellt den modernen Netzaufbau dar. Aufgrund der Kürze des Lehrganges und der zukünftigen Tätigkeiten wird auf die Darstellung der anderen Netzsysteme verzichtet.



Die besonderen Merkmale eines TN-S-Systems sind die getrennt verlegten N- und PE- und PB-Leiter spätestens ab dem Hausanschlusskasten (HAK).

Bei der alten „Nullung“ waren der N- und der PE-Leiter nicht getrennt oder nicht komplett getrennt verlegt, so dass z. B. eine Nachrüstung einer RCD in alten Anlagen nicht möglich ist.

Weiterhin befindet sich die gesamte Neutraleiterbelastung bei einer gemeinsamen Verlegung im Falle einer Störung des Neutraleiters unter Umständen an Gehäuse von Verbrauchern, die mit dem PE verbunden sind.

## **8.5 Schutzmaßnahmen**

Wir stellen hier nur die üblichen Schutzmaßnahmen dar. Es gibt durchaus für bestimmte Bereiche, z. B. Explosionsgefährdete Bereiche, weitere Schutzmaßnahmen und Abweichungen von den hier dargestellten Maßnahmen.

### **8.5.1 Basis-Schutzmaßnahmen für den normalen Betrieb**

Für den normalen Betrieb einer elektrischen Anlage ohne Fehlerfall werden zum Beispiel Kabel und Leitungen isoliert. Betriebsmittel haben ein Gehäuse, ....

Diese Maßnahmen werden zum Beispiel bei der Prüfung der Schutzmaßnahmen bei einer Besichtigung geprüft.

Für den Fehlerfall unterscheiden wir einen Anlagenschutz und den Personenschutz. Die Anlage wird hauptsächlich durch zu große Ströme überlastet. Daher besteht der Anlagenschutz meistens aus Maßnahmen, die den Strom begrenzen. Schmelzsicherungen, MCBs, AFDDs und SPDs gehören zu den heute üblichen Anlagenschutzmaßnahmen.

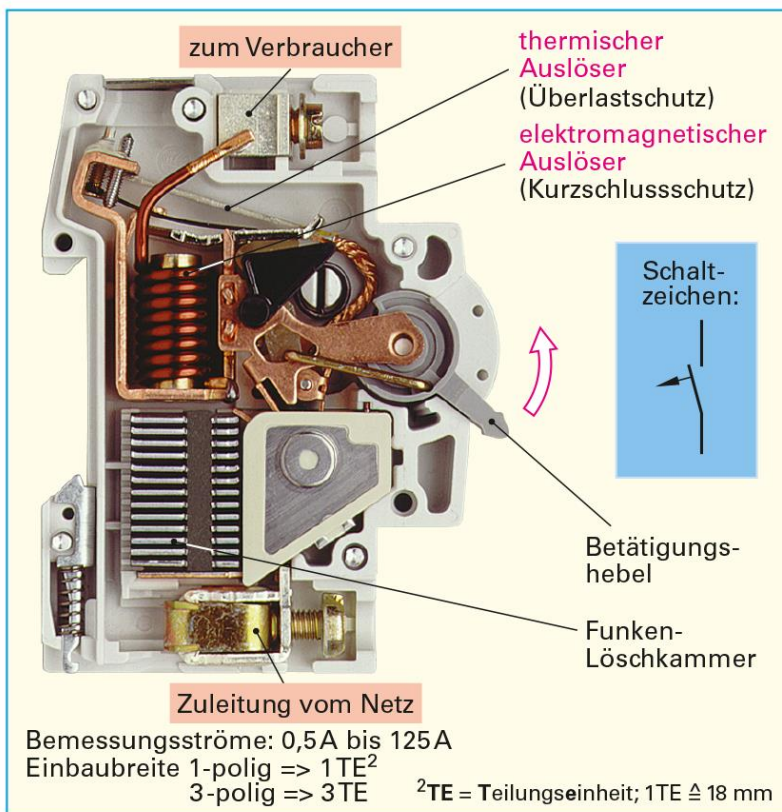
Beim Personenschutz muss schon bei kleineren Strömen die Anlage oder Teile der Anlage ausgeschaltet werden. Eine Person ist meistens gefährdet, wenn Ströme nicht da lang fließen, wo sie im normalen Betrieb lang fließen, also Fehlerströme vorliegen. Diese Fehlerspannungen können z. B. an metallenen Gebäudeteilen oder Betriebsmittelgehäuse anliegen und führen bei Berührung zu gefährlichen Fehlerströmen. Der Personenschutz besteht hauptsächlich aus den verschiedenen RCDs.

### 8.5.2 Leitungsschutzschalter MCB (Anlagenschutz)

Der MCB schützt die elektrische Anlage vor zu großen Strömen, die eine zu große Erwärmung zur Folge hätten. Er hat einen thermischen Schutz (Bimetall) für kleine Überströme und einen magnetischen Auslöser (Spule) für große Überströme.

Die Charakteristik B wird für Licht- und Steckdosenstromkreise und die Charakteristik C wird für Motorenstromkreise eingesetzt.

Es gibt sie 1- und 3-polig.

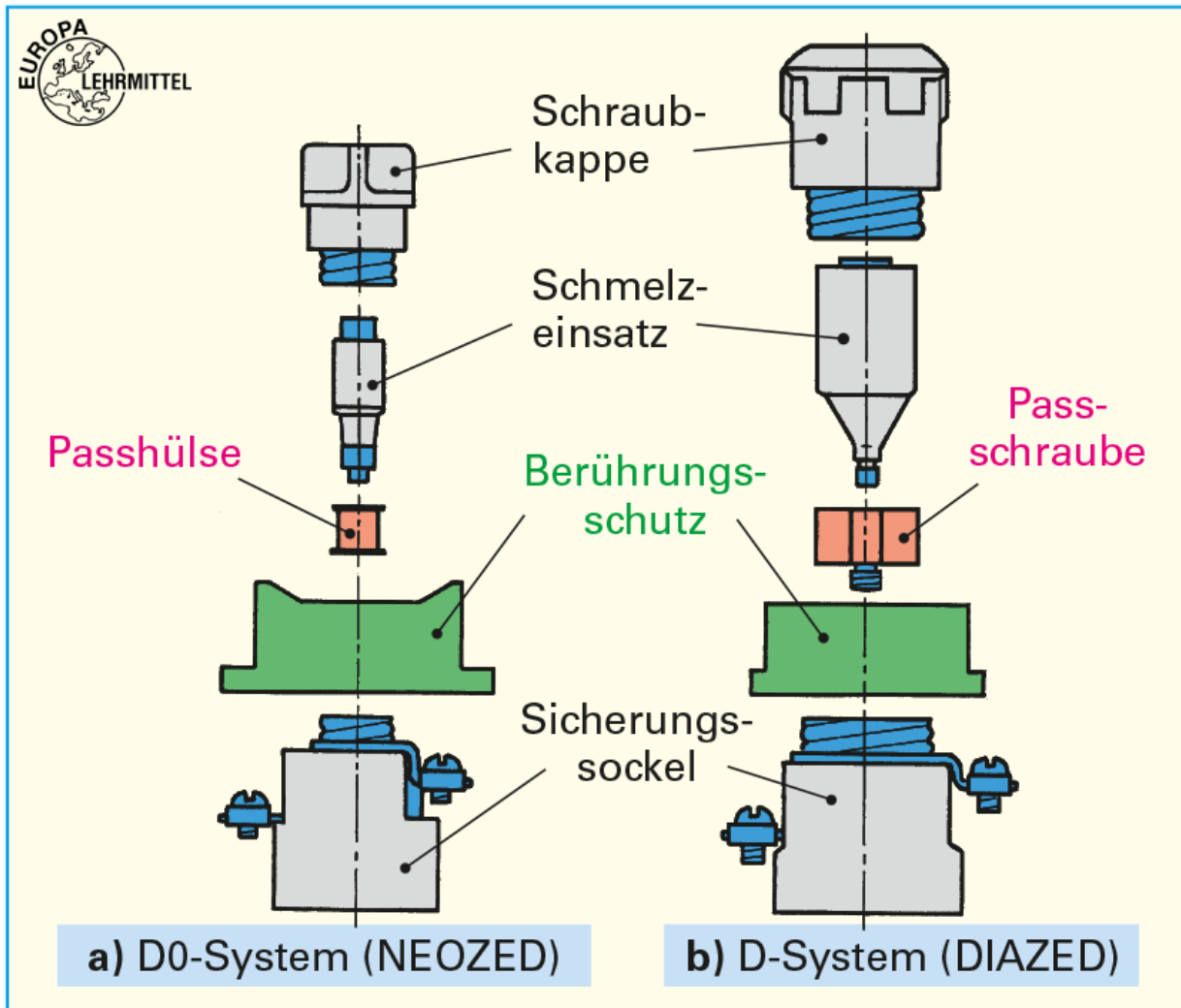


MCB seitlich aufgeschnitten

Ein Gerät muss im Fehlerfall immer allpolig abgeschaltet werden, damit von ihm keine Gefahr ausgeht. Daher müssen z. B. Durchflauerhitzer und E-Herde mit einem dreipoligen Automaten geschützt werden.

### 8.5.3 Schmelzsicherungen NEOZED und DIAZED (Anlagenschutz)

Schmelzsicherungen sind die Vorgänger der MCBs und dürfen heute in Neuanlagen nicht mehr zur Absicherung von Licht- und Steckdosenstromkreisen benutzt werden. Sie werden nur noch als Vorsicherungen eingesetzt.

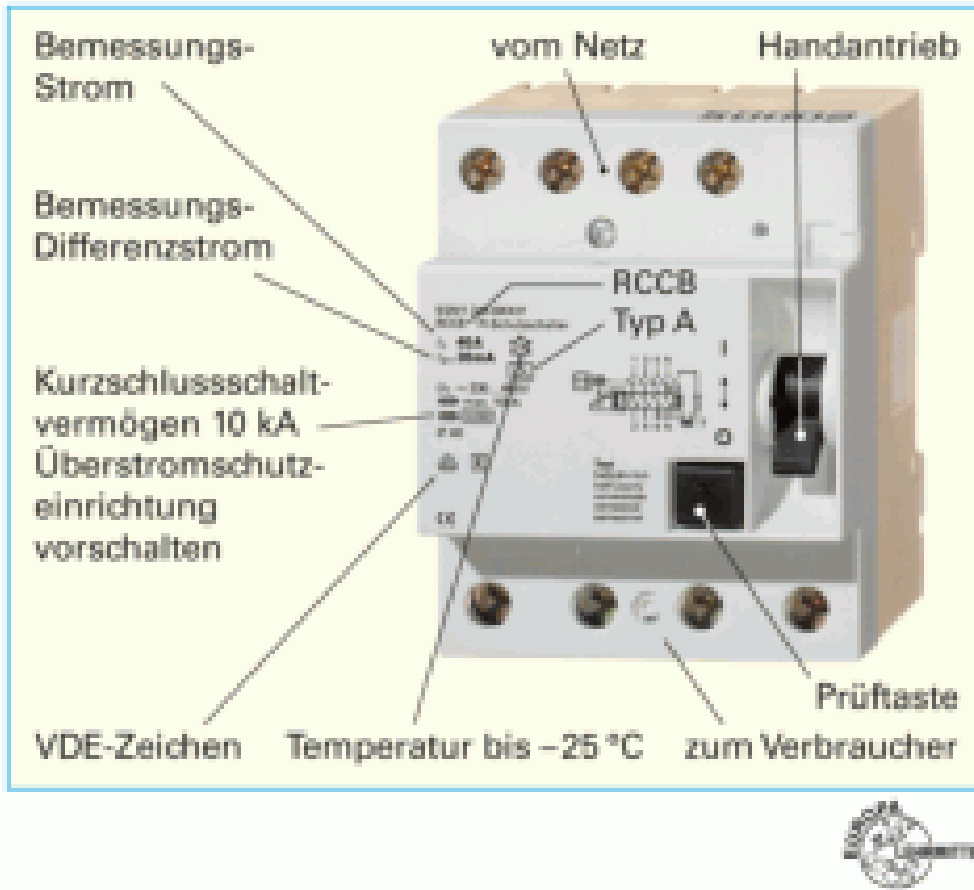


Es muss sichergestellt sein, dass Laien keine zu großen Sicherungen einschrauben können. Daher gibt es die Passschrauben und -hülsen. Auf sie darf nie verzichtet werden!

Der Glühfaden schmort durch und unterbricht den Stromkreis bei zu hoher Belastung.

### 8.5.4 Fehlerstromschutzeinrichtungen RCD (Personenschutz)

RCDs lösen bei Strömen aus, die fehlerhafte Wege nehmen, z. B. über ein Gehäuse fließen, wenn man es anfasst.



Der Strom, der durch die Phasen in die Anlage fließt, fließt entgegengesetzt über den Neutralleiter wieder zurück. Alle Leitungen laufen durch eine Spule. Da die hinfließenden Ströme ohne Fehlerfall genau gleich der zurückfließenden Ströme sein muss, wird in der Spule im RCD keine Spannung induziert. Fließt ein Fehlerstrom über die Erdung, Gehäuse, .... weg, heben sie sich nicht mehr auf, und ab einem Strom von 30mA löst die RCD aus.

Es gibt sie 2- und 4-polig und in verschiedenen Leistungsstufen. Sie müssen gegebenenfalls vorgeschaltet werden.

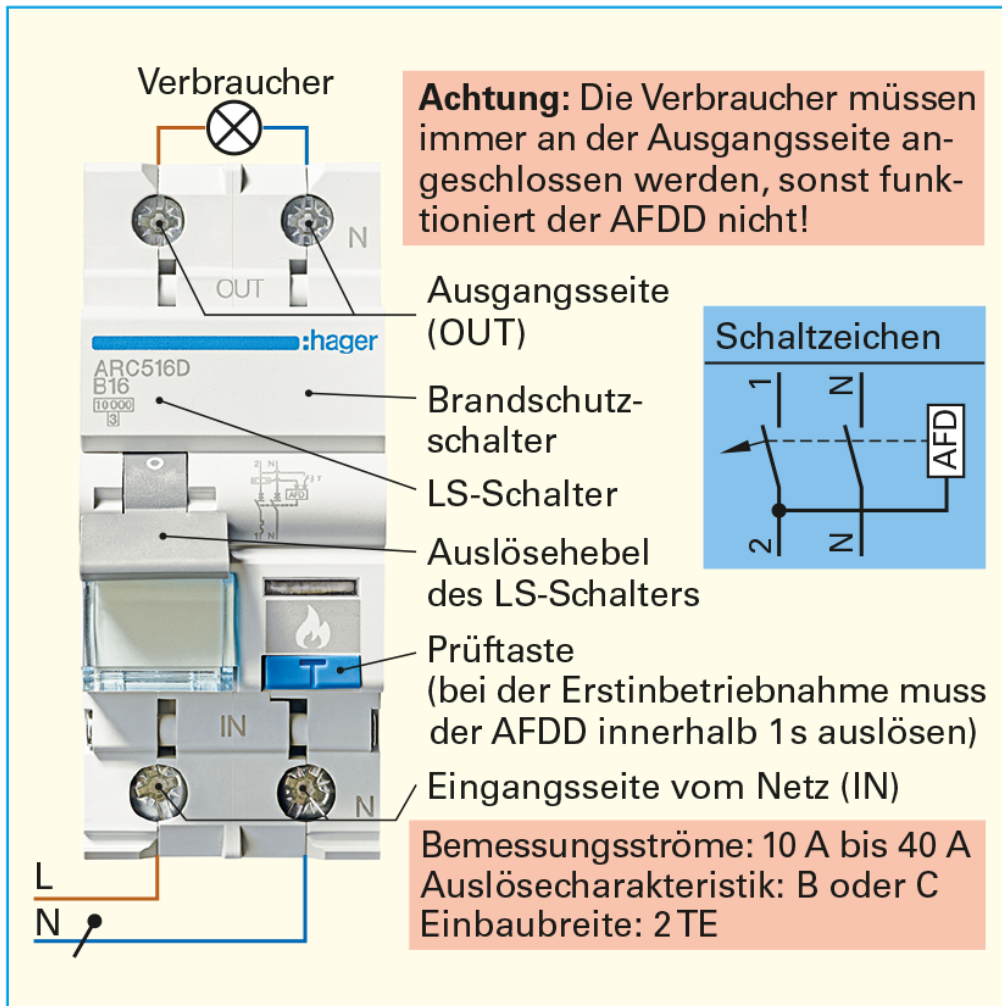
### 8.5.5 Überspannungsschutz SPD (Anlagenschutz)

Die SPDs schützen bei Überspannungen im Netz, die sehr hohe Ströme verursachen können. Die SPD ist bei normalen Spannungen sehr hochohmig und somit praktisch außer Betrieb. Steigt die Spannung über 250V AC an, wird die SPD niederohmig und die hohen Ströme fließen über die SPD und Erde ab.



### 8.5.6 Brandschutzschalter AFDD (Anlagenschutz)

Der AFDD schützt bei losen Klemmstellen und fehlerhaften Isolierungen. Diese beiden Fehler führen häufig zu Gebäudebränden.



Der AFDD sendet mit einer eigenen Intelligenz ein Prüfsignal über einen Leiter und kann das rücklaufende Signal auswerten und Fehler detektieren.

### 8.5.7 Motorschutzschalter MSS (Betriebsmittelschutz)

Der MSS verhält sich wie ein einstellbarer Leitungsschutzschalter.



Der MSS schützt **einen** Motor vor Überlastung. Er wird auf den Nennstrom des Motors eingestellt.

## 8.6 Prüfen der Schutzmaßnahmen

Die Schutzmaßnahmen müssen grundsätzlich nach der Inbetriebnahme, nach einer Arbeit an einer elektrischen Anlage oder in bestimmten Zeitabständen an gewerblich genutzten Anlagen durchgeführt werden.

Die Messungen sind mit einem zugelassenen Installationstester durchzuführen.

Nach Arbeiten an elektrischen Anlagen muss nicht die gesamte Anlage gemessen werden, sondern nur der Stromkreis, an dem gearbeitet wurde. Dieser beginnt am Überstromschutz.

Es wird im betriebsbereiten Zustand geprüft. Das heißt, dass nur die Verteilung geöffnet wird. Alle anderen Betriebsmittel bleiben so wie sie sind. Ausnahmen gibt es hier in bestimmten Anlagen mit einer erhöhten Gefährdung!

Die Prüfung erfolgt immer in drei Schritten:

1. Besichtigung
2. Messung
3. Funktionskontrolle.

Das Ergebnis aller drei Prüfschritte ist zu dokumentieren.

### 8.6.1 Durchzuführende Messungen

-Schutzleiterwiderstand  $R_{PE}$  als Nachweis der Niederohmigkeit des Schutzleiters  
Richtwert:  $< 1\Omega$

-Potenzialausgleichleitungen

-Isolationswiderstand  $R_{ISO}$  als Nachweis der vorhandenen Isolierungen  
Grenzwert:  $>1M\Omega$

-Schleifenimpedanz  $Z_S$  als Nachweis der Funktion des Überstromschutzes (MCB, DO, D)  
Grenzwert: 5-facher Nennstrom bei B-MCB, 10-facher Nennstrom bei C-MCB.

-RCD-Prüfung Fehlerstrom, Auslösezeit und Berührungsspannung  
Grenzwerte: IF  $<30mA$ , Auslösezeit  $<40ms$ , Berührungsspannung  $<50V$

-Drehfeldprüfung  
Es muss ein Rechtsdrehfeld vorhanden sein.

-Spannungsfall  
Je nach Messort ist ein Spannungsfall von 3 bis 5% nicht zu überschreiten.

Weiterhin müssen alle weiteren zusätzlichen Schutzmaßnahmen ebenfalls geprüft werden.

### 8.6.2 Prüffristen

Ortsfeste elektrische Betriebsmittel in gewerblichen Anlagen müssen alle vier Jahre geprüft werden  
(nach DGUV-Regeln)

Für private Anlagen gibt es nur die Empfehlung, dass man alle 10 Jahre eine Prüfung durchführen sollte.

## 9 Ortsveränderliche elektrische Betriebsmittel (Elektrische Geräte)

Ortsveränderliche elektrische Betriebsmittel (Geräte) sind so konstruiert, dass sie zu einer Schutzklasse gehören.

Die Inbetriebnahmeprüfung führt der Hersteller durch. Nach Reparaturen ist die DIN EN 50678 (VDE 0701) durchzuführen. Für Wiederholungsprüfungen gilt die DIN EN 50699 (VDE 0702).

### 9.1 Durchzuführende Prüfungen

Alle Messungen sind mit einem zugelassenen Geräteprüfer durchzuführen.

Die durchzuführenden Messungen richten sich dann nach der Schutzklasse:

Schutzklasse I:	-Schutzleiterwiderstand, Grenzwert zwischen 0,3 und 1Ω (jeweils kleiner als) -Isolationswiderstand, Grenzwert >1MΩ -Schutzleiterstrom, Grenzwert <3,5mA
Schutzklasse II:	-Isolationswiderstand, Grenzwert >2MΩ -Berührungsspannung, Grenzwert <0,5mA
Schutzklasse III:	-Isolationswiderstand -Anliegende Spannung.

Sind weitere Schutzmaßnahmen vorhanden, sind diese ebenfalls zu prüfen (z. B. die Temperaturabschaltung beim Wasserkocher)!

### 9.2 Prüffristen

Bürogeräte:	2 Jahre
Werkzeuge:	6 Monate, anpassbar zwischen 3 und 12 Monate je nach Fehler

Weiterhin wird die Prüfung auch im betriebsbereiten Zustand durchgeführt. Es ist auch wichtig, dass in der Reihenfolge Besichtigung, Messung und dann Funktionskontrolle geprüft wird.

Die Messungen müssen ebenfalls dokumentiert werden.

Es gibt mehrere Abweichungen von den Messungen, Grenzwerten und von den Prüffristen. Aufgrund der Kürze des Lehrgangs können hier nicht alle Varianten dargestellt werden.

Da häufig die EFKFFT im Unternehmen Geräteprüfungen durchführt, muss es im Unternehmen eine Unterweisung geben, um die verschiedenen Messgeräte kennenzulernen und um Messsicherheit zu erlangen!