

Elektro

1	Überblick	278
1.1	Grundlagen und Begriffe	278
1.1.1	Spannung	278
1.1.2	Strom	278
1.1.3	Leistung	278
1.1.4	Arbeit	279
1.1.5	Widerstand	279
1.1.6	Spannungsarten	279
1.1.7	Das EVU	279
1.1.8	Phasenverschiebung und Blindleistung	279
1.1.9	Drehstrom, Dreiphasenwechselstrom	280
1.1.10	Die TAEV	281
1.2	Gefahren elektrischer Energie und Schutzmaßnahmen	281
1.2.1	Brandgefahr und Leitungsschutz	281
1.2.2	Körperschluss und FI-Schalter	282
1.2.3	Blitz und Blitzschutzanlage	283
1.2.4	Elektrobiologische Gefahren und Gegenmaßnahmen	283
1.3	Energieeinsparung	284
1.3.1	Vermeidungen, Substitutionen	284
1.3.2	Geräteeffizienz	285
1.3.3	Standby	286
1.3.4	Intelligente Bussysteme	286
1.3.5	Lastmanagement	287
1.3.6	Kraft-Wärme-Kopplung	287
1.4	Stromerzeugung, Energiebereitstellung	287
1.4.1	Konventionelle Energiebereitstellung	287
1.4.2	Alternative Energiebereitstellung	288
1.4.2.1	Blockheizkraftwerke	288
1.4.2.1.1	BHKW-Typen	288
1.4.2.1.2	Betriebsarten	288
1.4.2.1.3	Vor- und Nachteile von BHKWs	288
1.4.2.2	Windkraft	289
1.4.2.2.1	Arten von Windenergiekonvertern	289
1.4.2.2.2	Betriebsarten	290
1.4.2.2.3	Vor- und Nachteile von Windenergiekonvertern	291
1.4.2.3	Photovoltaik	291
1.4.2.3.1	Zelltypen	291
1.4.2.3.2	Betriebsarten	292
1.4.2.3.3	Architektonische Integration von Photovoltaik	292
1.4.2.3.4	Vor- und Nachteile von Photovoltaik	293
1.4.2.4	Brennstoffzellen	293
1.4.2.4.1	Brennstoffzellentypen	293
1.4.2.4.2	Vor- und Nachteile von Brennstoffzellen	293
1.5	Primäre Elektroinstallation	294
1.5.1	Verteilung, Überlandleitungen	294
1.5.2	Anschluss von Großverbrauchern	294
1.5.3	Anschluss von kleinen Objekten	295
1.5.4	Fundamenterder und Potentialausgleich	295
1.5.5	Zähleranlage	296
1.6	Sekundäre Elektroinstallation	296
1.6.1	Stromkreisverteiler	296
1.6.2	Leitungsführung	297
1.6.2.1	Wohnungsinstallation	297
1.6.2.2	Büroinstallation	298
1.6.2.3	Industrieinstallation	299

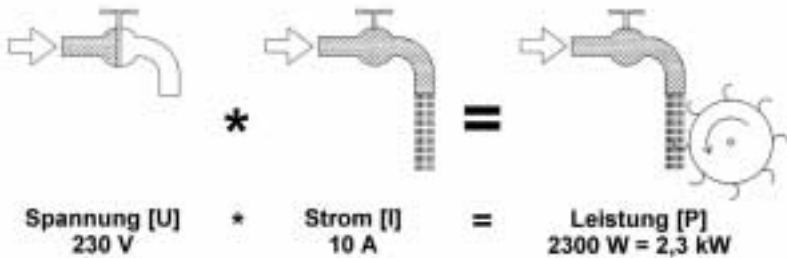
2	Planung	300	3	Ausgeführte Beispiele	334
2.1	Basisplanung: Elektrotechnik	300	3.1	Projekt: Bank Austria	334
2.1.1	Abklärung des Planungszieles	300	3.1.1	Die Photovoltaik-Anlage	334
2.1.2	Erdung und Potenzialausgleich	300	3.1.2	Die Windkraftanlage	335
2.1.3	Blitzschutz	302	3.1.3	Das Energiemanagementsystem	336
2.1.4	Aufnahme der Anschlussleistungen	303	3.1.4	Die elektrobiologische Installation	336
2.1.5	Ermittlung des Anschlusswerts	305	3.1.5	Die Beleuchtung	337
2.1.6	EVU-Anschlussantrag/Lastmanagement	308	3.1.6	Die Schwachstromanlagen	337
2.1.7	Platzvorhaltungen und Hauptleitungstrassen	309	3.2	Projekt: Bürohaus Mörtl	338
2.1.8	Bilden der Stromkreisauflistung	309	3.2.1	Technische Beschreibung	338
2.1.9	Stromausfallsschutz	310	3.2.1.1	Installation	339
2.1.10	Ausschreibung, Vergabe	311	3.2.1.2	Stromkreise und Verteiler	339
2.1.11	Ausführungsphase	311	3.2.1.3	Sicherheit und Blitzschutz	339
2.2	Spezialplanung: Alternativenergie, Eigenversorgung	314	3.2.1.4	Kommunikationsanlagen	340
2.2.1	Leistungsbedarfsanalyse und Versorgungsstrategie	314	3.2.1.5	Rampenheizung	340
2.2.2	Photovoltaik	316	3.2.1.6	Energiemanagement	340
2.2.2.1	Architektonische Integration/Standortanalyse	316	3.2.2	Die Blitzschutzanlage	340
2.2.2.2	Berechnung der PV-Anlagenfläche	316	3.2.2.1	Die Erdung	340
2.2.2.3	Auslegung der Photovoltaikanlage	318	3.2.2.2	Die Ableitung	341
2.2.2.4	Hinweise für die Ausführung	320	3.2.2.3	Die Fangvorrichtung	341
2.2.2.4.1	Allgemeines	320	4	Symbole und Plandarstellung	342
2.2.2.4.2	Montage der PV-Paneele	320	5	Normenverzeichnis	344
2.2.2.5	Kostenanalyse	320	6	Quellenverzeichnis	346
2.2.2.6	Genehmigungen, Meldungen, Behördenwege	321	7	Adressenverzeichnis	348
2.2.2.7	Spezielle Anwendungsbereiche	321			
2.2.3	Windenergie	321			
2.3	Spezialplanung: Elektrobiologie	322			
2.3.1	Grundsätzliches zu H- und E-Feld	322			
2.3.2	Vermeidung und Verminderung von E- und H-Feldern	323			
2.3.3	Allgemeine Richtlinien	323			
2.3.4	Einfamilienhausneubau	324			
2.3.4.1	Installationswände	324			
2.3.4.2	I-Wände und Abschirmung	325			
2.3.4.3	Netzfreeschalter	326			
2.3.5	Mehrfamilienhaus	327			
2.3.6	Altbausanierung	327			
2.3.7	Grenzwerte für E- und H-Felder	327			
2.4	Planungsbeispiel Bürohaus	328			
2.4.1	Abklärung des Planungsziels	329			
2.4.2	Aufnahme der Anschlussleistungen	329			
2.4.3	Ermittlung des Anschlusswerts	330			
2.4.4	Anschlussantrag beim zuständigen EVU	330			
2.4.5	Platzvorhaltungen und Hauptleitungstrassen	330			
2.4.6	Bilden der Stromkreisauflistung	331			
2.4.7	Anschlussplatzierung in den Grundrissen	333			

1

Überblick

1.1 Grundlagen und Begriffe

Abb. 1: Leistung, das Produkt aus Strom und Spannung



Leistung $P = 1 \text{ Watt [W]}$

Die grundlegenden Begriffe der Elektrizität lassen sich zum Zwecke des elementaren Verständnisses mit den Verhältnissen in einer Wasserleitung modellhaft vergleichen.

1.1.1 Spannung

Die treibende Kraft in der Wasserleitung ist der Druck; dieser ist mit der elektrischen Spannung, welche mit dem Formelzeichen U dargestellt und in der Einheit Volt gemessen wird, vergleichbar.

Spannung $U = 1 \text{ Volt [V]}$

Ähnlich wie der Wasserdruck die notwendigen Dichtungsmaßnahmen bedingt, wird durch die Höhe der Spannung die erforderliche elektrische Isolation des Leiters bestimmt.

Beispiele für Spannungen:

Gewitterblitz	1000000 V
Überlandverbundleitungen	380000 V
Bundesbahn-Fahrleitung	6000 V
Drehstromsteckdose	400 V
Haushaltssteckdose	230 V
Autobatterie	12 V
Mignon-Batterie	1,5 V
Antennen	0,0001 V
Gehirn	0,000001 V

1.1.2 Strom

Strom $I = 1 \text{ Ampere [A]}$

Der Strom (I) entspricht der durch die Leitung fließenden Wassermenge und wird in Ampere gemessen.

Je mehr Strom in einem Leiter fließt und je kleiner der Leiterquerschnitt ist, um so mehr Reibung entsteht, die eine Erwärmung bewirkt.

Da außer in Heizgeräten oder Glühlampen eine Erwärmung üblicherweise nicht erwünscht ist bzw. sogar eine Brandgefahr darstellt, wird aufgrund der Höhe des fließenden Stromes der dafür erforderliche Leitungsquerschnitt $A = [1 \text{ mm}^2]$ gewählt.

1.1.3 Leistung

Die elektrische Leistung ist das Produkt aus Strom und Spannung ($P = U \times I$) und stellt das potentielle bzw. auf einen Betrachtungsmoment bezogene Leistungsvermögen eines elektrischen Betriebsmittels (Motor, Beleuchtung, Wärmequelle etc.) dar. Abb. 1

Beispiele für elektrische Leistungen:

Radio	0,04 kW
Glühlampe	0,10 kW
Kühlschrank	0,12 kW
Staubsauger	1,30 kW
Boiler	4,00 kW
Elektroherd	7,50 kW
Sauna	10,00 kW

Wie auch beim Automobil wird die Leistung immer in der SI-Einheit (Internationales Einheitensystem) Watt [W] angegeben. Das PS (Pferdestärke $1 \text{ PS} = 736 \text{ W} = 0,736 \text{ kW}$) ist keine gültige Einheit mehr, kann aber, aufgrund seiner Bekanntheit, als Zusatzangabe angeführt werden.

VW Käfer	Leistung:	26 kW (35 PS)
VW Lupo 3L	Leistung:	45 kW (61 PS)
Ferrari Testarossa	Leistung:	298 kW (405 PS)

Die beim *Elektrizitätsversorgungsunternehmen (EVU)* für ein haustechnisches Elektroinstallationsprojekt zu beantragende Anschlussleistung ergibt sich aus der Summe der einzelnen Anschlusswerte der Elektroverbraucher unter Einbindung eines Gleichzeitigkeitsfaktors, welcher berücksichtigt, dass nie alle Verbraucher zur selben Zeit in Betrieb sind.

Der *Anschlusswert*, ohne Gleichzeitigkeitsfaktor, für eine durchschnittliche Wohnung ohne E-Heizung beträgt heute ca. 45,5 kW, welche sich folgendermaßen aufschlüsseln lassen:

Nahrungszubereitung:	22,0 kW
Geschirrspülen:	3,5 kW
Wäschepflege:	12,0 kW
Körperpflege:	2,0 kW
Gemeinschaftsbereiche:	3,0 kW
Individualbereiche:	3,0 kW
	<u>45,5 kW</u>

1.1.4 Arbeit

Die Arbeit ist die tatsächlich in der Zeit verrichtete Leistung ($W = P \times t$). Abb. 2

Wenn eine Glühbirne mit einer Leistung von 100 W (0,1 kW) 5 Stunden lang eingeschaltet ist, so leistet sie eine Arbeit von 0,5 kWh (Kilowattstunden).

Diese verrichtete Arbeit von 0,5 kWh wird vom Stromzähler gemessen, angezeigt und muss dem Energielieferanten bezahlt werden.

Beispiele für elektrische Arbeit:

3 Stunden Farbfernsehen	0,8 kWh
30 Minuten Staubsaugen	0,5 kWh
10 Stunden 100 W-Lampe	1,0 kWh
1x Kochwäsche mit Vorwäsche	2,0 kWh
1x Vollbad	5,0 kWh
1 Monat 120 l Kühlschrank	20,0 kWh

1.1.5 Widerstand

Wird in unserer Wasserleitung der Hahn (Widerstand R) teilweise geschlossen, so stellt er dem Wasserdruck (Spannung U) einen Widerstand (R) entgegen und die fließende Wassermenge (Strom I) verringert sich entsprechend diesem Widerstand, welcher in Ohm gemessen wird. Im elektrischen Stromkreis steigt der Stromfluss, wenn der Widerstand sinkt. Ist der Widerstand Null (direkte Verbindung zweier unter Spannung stehender Drähte), so spricht man von einem Kurzschluss, wobei der Strom theoretisch ins Unendliche steigen würde, was aber durch die vorgeschalteten Sicherungen verhindert wird.

Wird eine Spannung an einen Verbraucher angelegt, so bestimmt also der elektrische Widerstand des Verbrauchers die Höhe des fließenden Stromes. Diese lineare Beziehung wird durch das Ohmsche Gesetz beschrieben:

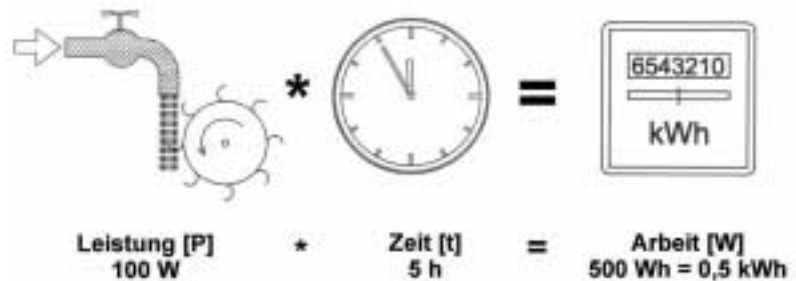
$$U = R \times I$$

Widerstand $R = 1 \text{ Ohm } [\Omega]$

1.1.6 Spannungsarten

Gleichspannung (DC): Der Betrag der Spannung sowie die Polarität bleibt über die Zeit konstant. Diese Spannungsform wird von Batterien, Akkumulatoren und Solarzellen geliefert.

Wechselspannung (AC): Betrag und Polarität der Spannung ändern sich in periodischen Zyklen,



die üblicherweise einer Sinusfunktion folgen. Die Anzahl der Schwingungen pro Sekunde wird als Frequenz bezeichnet. In Europa beträgt die übliche Netzfrequenz 50 Hertz.

In der haustechnischen Energieanwendung wird hauptsächlich mit Wechselspannung gearbeitet, da sie in Transformatoren sehr einfach umgespannt – auf höhere oder niedrigere Spannung gebracht – werden kann. Weiters kann mittels Wechselstrommotoren die elektrische Energie sehr effektiv und kostengünstig in mechanische Arbeit – Rotation – umgewandelt werden.

Umgangssprachlich – technisch jedoch nicht ganz korrekt – werden folgende Begriffe verwendet:

Wechselspannung: Einphasige Wechselspannung 1 x 230 Volt, 50 Herz

Drehstrom: Dreiphasige Wechselspannung 3 x 400 Volt, 50 Hertz

1.1.7 Das EVU

Das EVU ist das jeweils zuständige Elektrizitäts-Versorgungs-Unternehmen, welches nach § 6 des Energiewirtschaftsgesetzes verpflichtet ist, in seinem Versorgungsgebiet jedermann zu den verlautbarten Bedingungen (TAEV + Allgemeine Bedingungen) an seine Verteilungsanlagen anzuschließen und mit elektrischer Energie zu versorgen. Zur Verfügung gestellt wird Drehstrom mit einer Spannung von 3 x 400 Volt bei einem sinusförmigen Schwingungsverlauf und einer Netzfrequenz von 50 Hz.

1.1.8 Phasenverschiebung und Blindleistung

Bei rein ohmschen Verbrauchern laufen Strom und Spannung in Phase, was bedeutet, dass

▲ **Abb. 2: Arbeit, das Produkt aus Leistung und Zeit**

Arbeit
 $W = 1 \text{ [Ws]} \text{ (Wattsekunde)}$
 $1 \text{ Ws} = 1 \text{ J (Joule)}$
 $3600 \text{ Ws} =$
 $1 \text{ Wh (Wattstunde)}$
 $1000 \text{ Wh} = 1 \text{ kWh}$

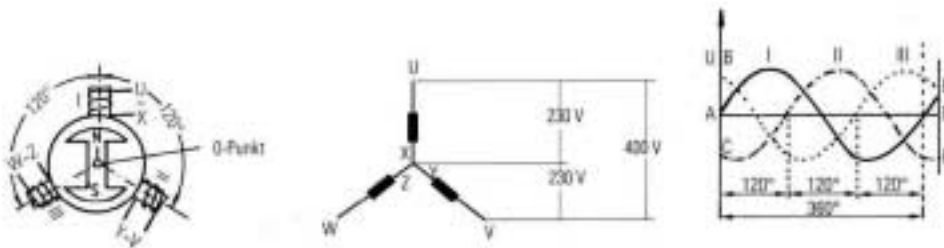
Frequenz
 $F = 1 \text{ Herz [Hz]}$

beide Größen zum jeweils selben Zeitpunkt ihre Scheitelwerte (Höchst- und Tiefstwert) und ihre Nulldurchgänge besitzen.

Wenn auch kapazitive (Kondensatoren) oder induktive (Spulen) Widerstände bzw. Verbraucher an eine Wechselspannung angeschlossen werden, so kommt es zu einer Phasenverschiebung, die Strom und Spannungsverläufe verschieben sich gegeneinander. Angegeben wird die Phasenverschiebung durch den $\cos \varphi$,

1.1.9 Drehstrom, Dreiphasenwechselstrom

In den Kraftwerken stehen zur Energieerzeugung Generatoren, welche drei, räumlich um je 120° verschobene Magnetspulen besitzen. Es werden daher bei einer Umdrehung drei Spannungen in die Spulen induziert, die zeitlich verschoben ihren jeweiligen Scheitelpunkt bzw. Nulldurchgang erreichen. Abb. 3



Grundsätzlich wird jedes Haus vom öffentlichen Netz mit einem derartigen Vierleiter-Dreiphasenwechselstrom versorgt, wobei der vierte Leiter der Neutralleiter ist, der den Stromrückfluß bewerkstelligt und somit den Stromkreis schließt. Im Hausverteiler werden dann den Motoren und Geräten

Abb. 3:
Drehstromgenerator,
Schaltbild,
Spannungsverlauf über
die Zeit

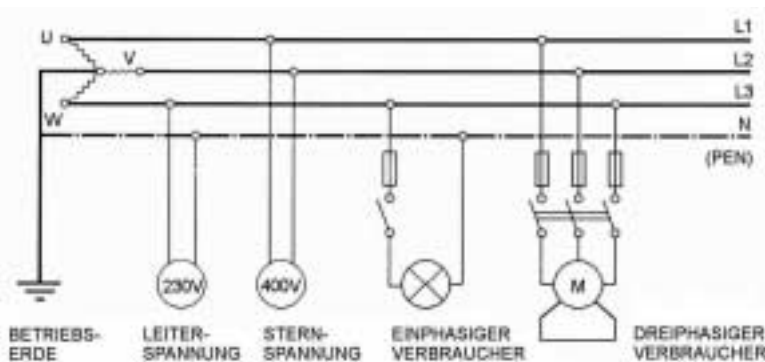
wobei φ der Winkel zwischen Strom und Spannung im Zeigerdiagramm ist. Da bei kapazitiven Verbrauchern der Strom mit $\varphi = 90^\circ$ voreilt, bei induktiven Verbrauchern aber um $\varphi = 90^\circ$ nach-eilt, kann durch geeignete Kombination die Phasenverschiebung wieder kompensiert werden $\varphi = 0^\circ$ oder $\cos \varphi = 1$. $\cos \varphi$ /Blindleistung

Durch diese Phasenverschiebung entsteht eine Blindleistung, welche zwar effektiv nicht verbraucht wird, aber sehr wohl die Leitungen und Betriebsmittel des EVUs belastet. Wenn ein Stromkunde eine bestimmte tolerierte Phasenverschiebung überschreitet, so muss die „verbrauchte“ Blindleistung dem EVU bezahlt werden.

größerer Leistung (ca. ab 2200 W) alle drei Phasen mit einer Spannung von 400 V oder den kleineren Verbrauchern nur eine einzelne Phase mit 230 V zugeführt. Abb. 4

In Schaltplänen werden die Leitungen, an welchen die Spannung anliegt, mit L bzw. L1, L2, L3 oder mit U, V, W, der Rückleiter (Neutralleiter) mit N, der Schutzleiter mit PE oder der Schutzneutralleiter mit PEN bezeichnet.

Abb. 4:
Anschlussmöglichkeiten
im Dreiphasennetz



Drehstromverbraucher:	Einphasenverbraucher:
Küchenherd, Backrohr	Beleuchtung
Geschirrspülmaschine	kleinere Waschmaschine
Großwaschmaschinen	Tischventilator
Aufzugs- und Fördermotoren	Computer
Baumaschinen	Unterhaltungselektronik
Klimaanlage	Staubsauger
Drehstromsteckdosen (400 V)	Steckdosenverbraucher (230 V)

Weiters wird die Spannung aufgrund Ihrer Höhe in folgende Gruppen unterteilt:

Höchstspannung:	$U > 150 \text{ kV}$
Hochspannung:	$U = 55\text{--}150 \text{ kV}$
Mittelspannung:	$U = 1\text{--}55 \text{ kV}$ (Großgebäude m. Trafo)
Niederspannung:	$U < 1000 \text{ V}$ (Haushalt, Büro, Gewerbe)
Kleinspannung:	$U < 42 \text{ V}$ (Elektronik, Telefon, ...)

kV (KiloVolt)
1 kV = 1000 V

1.1.10 Die TAEV

Die TAEV sind die Technischen Anschlussbedingungen mit Erläuterung der einschlägigen Vorschriften für elektrische Starkstromanlagen mit Betriebsspannungen unter 1000 Volt. Dieses Regelwerk wird in Form einer ständig zu aktualisierenden Ringmappe mit Einlageblättern in bundeseinheitlicher Fassung vom Verband der Elektrizitätswerke Österreich, Brahmplatz 3, 1040 Wien herausgegeben.

Die Einhaltung der TAEV einschließlich der in den einzelnen Bundesländern geltenden Rechtsnormen – den Allgemeinen Bedingungen des jeweiligen EVUs – sind für den Anschluss an das öffentliche Stromversorgungsnetz verpflichtend und müssen daher beachtet werden.

1.2 Gefahren elektrischer Energie und Schutzmaßnahmen

Elektrizität selbst ist unsichtbar und nur an ihren Wirkungen zu erkennen. Folgende grundlegende Wirkungen können von Elektrizität ausgehen:

Wärmewirkung – Elektrizität kann durch Elektronenbewegungen Wärme erzeugen. Die üblichste Form der elektrischen Wärmewirkung wird durch Reibung in elektrischen Widerständen hervorgerufen. Dieses Prinzip wird bei Elektroöfen, Haarföhns oder Elektroherden angewandt.

Lichtwirkung – Starke Erwärmung eines Drahtes bringt ihn zum Glühen, was seinerseits ein Ausstrahlen von sichtbarem Licht bewirkt und in allen Arten von Glühbirnen zur Anwendung kommt. In glühfadenlosen Leuchtmitteln wie beispielsweise Leuchtstoffröhren wird meist durch die Ionisation von Gas und durch die Mithilfe von lumineszenten Leuchtschichten sichtbares Licht erzeugt.

Magnetische Wirkung – Jeder stromdurchflossene Leiter erzeugt ein magnetisches Feld, welches mechanische Kräfte ausüben oder Spannungen in anderen Leitern induzieren kann.

Elektromotoren, Transformatoren und Lautsprecher nutzen die magnetische Wirkung der elektrischen Energie.

Elektrostatische Wirkung – Elektrizität kann elektrostatische Felder aufbauen und Ladungen trennen; diese Wirkung wird beispielsweise in Kondensatoren oder Pulverbeschichtungsanlagen genutzt.

Chemische Wirkung – Elektrizität kann chemische Vorgänge bewirken bzw. durch diese hervorgerufen werden. Anwendungsbeispiele dieser Wirkung sind Batterien, Akkumulatoren oder Galvanisierungsanlagen.

Elektrobiologische Wirkung – Elektrizität, im besonderen ihre magnetische und elektrostatische Wirkung, kann Einflüsse auf den Körper, das Wohlbefinden und die Gesundheit von Menschen und Tieren haben.

1.2.1 Brandgefahr und Leitungsschutz

Da – wie bereits erwähnt – elektrische Energie Wärme erzeugen kann, birgt sie auch eine nicht zu unterschätzende Brandgefahr in sich.

Die Erwärmung kann, wie an Glühbirnen oder Heizgeräten ersichtlich ist, bis zum Glühen der Leiter führen und muss deswegen außerhalb dieser speziellen dafür vorgesehenen Geräte unbedingt verhindert werden. Je höher der fließende Strom ist, desto mehr Fläche an leitendem Material muss dem Strom zur Verfügung gestellt werden. Um den maximal für eine Leitung zulässigen Strom nicht zu überschreiten, werden Sicherungen eingebaut.

Kurzschluss

Weiters muss, um einen brandgefährlichen Kurzschluss (Schließen eines Stromkreises ohne Widerstand) zu verhindern, jeder spannungsführende Teil einer elektrischen Anlage ausreichend gegeneinander und gegen Erde isoliert sein.

Schmelzsicherung

Bei der Schmelzsicherung fließt der Leitungsstrom durch einen kurzen dünnen Draht in einem mit Quarzsand gefüllten Gehäuse aus Porzellan. Fließt mehr als der Nennstrom der