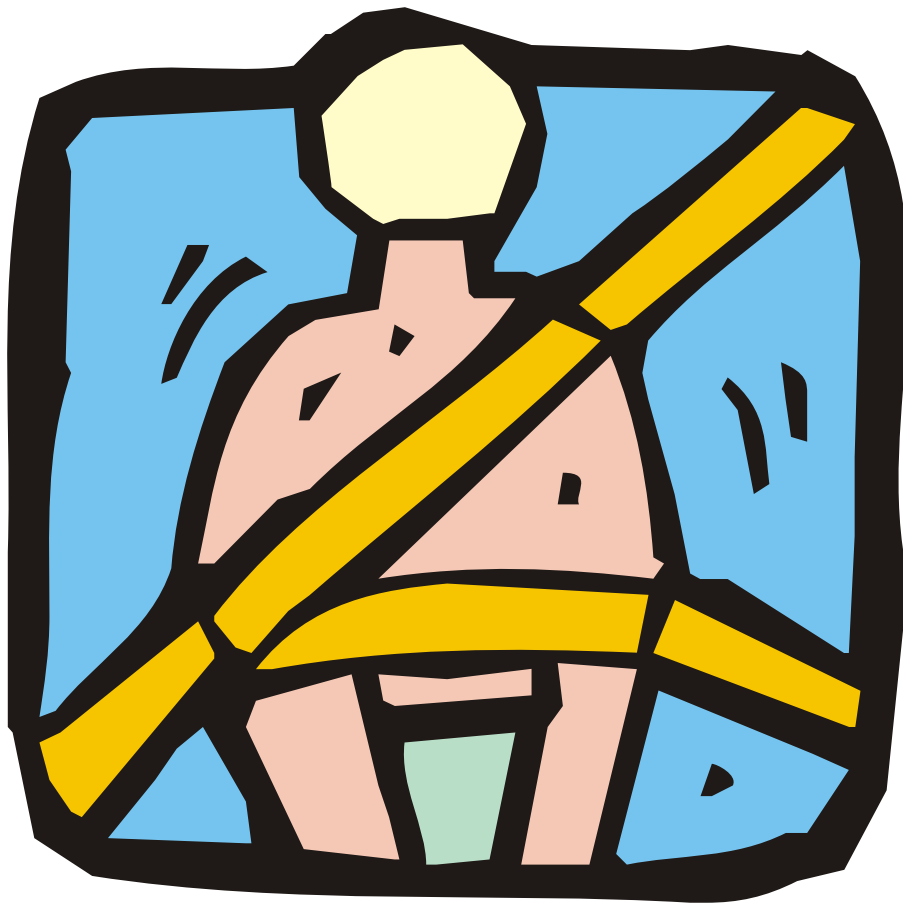


# SCHMELZSICHERUNGEN – SICHERUNGSAUTOMATEN



**Always FASTEN SEAT BELT !**

Für den Elektriker gilt:

**IMMER EINE SICHERUNG IN DEN  
STROMKREIS EINBAUEN !**

Idee und Ausarbeitung von Stefan Luff ([www.StefanLuff.de](http://www.StefanLuff.de))



Laute störende Musik im Zimmer des Bruders. Das muss nicht sein!  
Ein Gang zum Sicherungskasten schafft Abhilfe!



Diskutiere in deiner Gruppe, in welchen Situationen du schon einmal Bekanntschaft mit Sicherungen gemacht hast! Was könnte der Grund dafür gewesen sein?

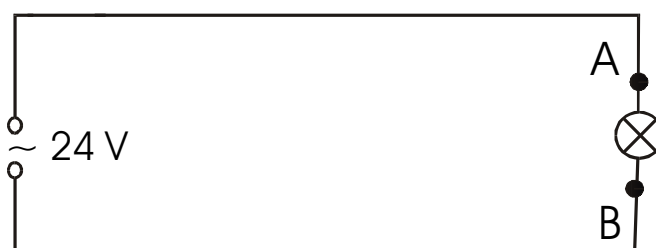
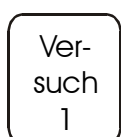
Nimm nun eine Sicherung aus deinem Arbeitszubehör zur Hand und betrachte sie.



Welche Beschriftung kommt dir bekannt vor? Was sagt sie wohl aus?

Stellen wir uns nun die Frage, warum wir die Sicherungen überhaupt brauchen. Wie du bereits festgestellt hast, schalten Sicherungen den Stromkreis ab, wenn die Stromstärke im Stromkreis größer ist, als die Stromstärke, die auf der Sicherung angegeben ist. Zu was soll das gut sein? Würde die Sicherung nicht abschalten, so müssten wir uns nicht über einen unterbrochenen Fernsehabend ärgern. Oder?

Hätten wir keine Sicherungen, so wäre der Ärger noch viel größer!



Baue den Versuch auf! Verwende dabei die dünnen Drähte. Verbinde dann mit einem dicken Draht die Punkte A und B. Was stellst du fest?

Wie wir gesehen haben können die Leitungen ohne Sicherung beschädigt werden, und wir müssten diese austauschen. Das wäre viel mehr Aufwand, als alle paar Wochen oder Monate eine Sicherung zu wechseln. Warum kann nun der Strom die Leitungen beschädigen? Wird die Leitung vom Strom auseinander gerissen, oder wie geht das? Sicherlich hast du schon mal einen porösen Leiter gesehen (wenn nicht, es liegt einer bei deinem Arbeitszubehör!). Dieser wurde des öfteren zu stark erwärmt, dadurch haben sich die Weichmacher aus dem PVC in die Luft

verflüchtigt und das PVC wurde deswegen brüchig. Wie kommt es zu der Erwärmung eines Leiters? Wie dir bereits aus der neunten Klasse bekannt ist, brauchen wir immer eine bestimmte Wärmemenge, um einen Gegenstand (hier unseren Leiter) erwärmen zu können.



Woher kommt diese Wärmemenge, und von welchen Größen hängt sie ab? Wie verändert sich die Wärmemenge, wenn man die Zeit und die Stromstärke ändert?

Du hast nun festgestellt, dass die Wärmemenge von der Zeit und der Stromstärke abhängt. Nehmen wir nun an, die Stromstärke sei konstant.



Was bedeutet das für die Wärmemenge, wenn wir diese konstante Stromstärke längere Zeit durch den Leiter fließen lassen?

Da die Wärmemenge mit zunehmender Zeit immer größer wird, müsste doch der Leiter immer mehr erwärmt werden. Oder? Wäre dies so, hätte zum Beispiel eine Sicherung mit 16 A keinen Wert, da bei einer konstanten Stromstärke von 15 A diese nicht auslöst, und die abgegebene Wärmemenge bei langen Betriebszeiten sehr groß werden würde. Es käme somit zu einer Beschädigung der Leitung. Dies kann doch nicht sein, sonst wäre die komplette Elektroinstallation Pfusch! Wir müssen irgend etwas nicht berücksichtigt haben!



Was haben wir nicht berücksichtigt? Denke wieder zurück an die 9. Klasse unter dem Stichwort Temperatúrausgleich!

Kann nun der Leiter nicht mehr „genug Wärme“ an die Umgebung abgeben, so erwärmt er sich immer mehr.



Drücke „nicht mehr „genug Wärme““ genauer aus, indem du die vom Leiter an die Umgebung abgegebene Wärme mit der durch den Stromfluss vom Leiter aufgenommenen Wärme vergleichst!

Ziehen wir nun aus unseren Überlegungen die notwendigen Schlüsse! Wir haben nun herausgefunden, dass die Leitungen nicht beschädigt werden, wenn die Wärme, die vom Leiter aufgrund des Stromflusses aufgenommen wird, auch wieder abgegeben wird. Bei einer 16 A Sicherung müssen also Leitungen verwendet werden, die die durch einen Stromfluss bis zu 16 A erzeugte Wärme wieder an die Umgebung abgeben können. Wird ein Stromkreis, der mit 16 A abgesichert ist, überlastet oder ein Kurzschluss „fabriziert“, so fließen Stromstärken, die über

16 A liegen. Die Sicherung muss nun verhindern, dass es bei einer Überlastung bzw. einem Kurzschluss zu einer Beschädigung der Leitung kommt.



Wie kann eine 16 A Sicherung verhindern, dass, wenn durch sie ein größerer Strom als 16 A fließt, die Leitungen einen Schaden nehmen?

Die Eigenschaft einer Sicherung den Strom in einer bestimmten Zeit abzuschalten ist von entscheidender Bedeutung. Dadurch wird verhindert, dass zuviel Wärme an den Leiter abgegeben wird. Man könnte meinen, umso schneller eine Sicherung einen Strom über 16 A abschaltet, umso besser für die Leitungen. Das stimmt auch. Aber wir haben dann unsere Rechnung ohne die Geräte gemacht, die zum Anlaufen kurzzeitig einen größeren Strom brauchen. Dabei kann der Strom je nach Gerät die 16 A **kurzzeitig** deutlich überschreiten. Was dann? Eine größere Sicherung einbauen? Das würde höhere Kosten bedeuten, da wir dann auch teurere Leitungen verwenden müssen. Weitaus günstiger ist es eine „intelligente“ Sicherung zu bauen, die bei kurzzeitigem Überschreiten der 16 A Grenze nicht, jedoch bei längerem Überschreiten der 16 A Grenze dennoch auslöst. Dabei muss jedoch die Abschaltzeit der Sicherung so gewählt sein, dass die Leitungen keinen Schaden nehmen.

Um eine Vorstellung für die Höhe der Stromstärke bei Überbelastung und Kurzschluss zu erhalten wollen wir diese grob abschätzen.

Zuerst schauen wir uns den Fall der Überbelastung an. Was ist das überhaupt, und wie kommt diese zustande? Nehmen wir an, du gibst eine Party, und in der Küche geht es drunter und drüber. Und nehmen wir an, daß der Stromkreis in der Küche mit einer 16 A Sicherung abgesichert ist. Du betreibst an diesem Stromkreis eine Friteuse, einen Kühlschrank, die Kaffeemaschine, den Eierkocher und den Toaster. Dann fließt aufgrund der angeschlossenen Geräte durch die Sicherung ein Strom, der knapp unter 16 A liegt. Wenn wir diese Stromstärke berechnen müssten, so müssten wir wissen, dass die Geräte alle zueinander parallel geschaltet sind. Wir müssten also die Stromstärken, die durch die einzelnen Geräte fließen aufsummieren. Einer deiner Gäste gibt sich mit deiner „schwarzen Brühe“ nicht zufrieden, und verlangt Pfefferminztee. Um diesen aufbrühen zu können, benutzt du zum Sieden des Wassers euren Wasserkocher mit einer Leistung von 2000 W. Dieser ist wie alle anderen Küchengeräte parallel zu diesen geschaltet. Es erhöht sich nun die Stromstärke von 16 A auf einen größeren Wert. Diesen wollen wir nun berechnen. An der Parallelschaltung liegt eine Spannung von 230 V an. Dies zeigt Abbildung 1:

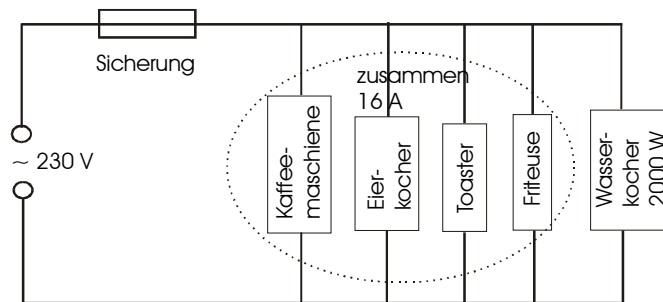


Abb. 1: Parallelschaltung in der Küche



Welche Stromstärke fließt nun durch die Sicherung? Löst diese aus?

Da ein Strom von ungefähr 25 A fließt schaltet die 16 A Sicherung nach ca. einer Minute ab. Entscheidet sich dein Gast nach einer halben Minute, doch deinen Kaffee zu trinken, und schaltest du daraufhin deinen Wasserkocher sofort aus, so würde die Sicherung nicht auslösen.



Warum löst die Sicherung nicht aus?

Es fließt nun eine Stromstärke die grösser als 16 A ist, und die Sicherung löst nicht aus.



Diskutiert in eurer Gruppe, ob dadurch Schäden an den Leitungen entstehen können!

Betrachten wir nun den Fall des Kurzschlusses mit Hilfe der Abb. 2:

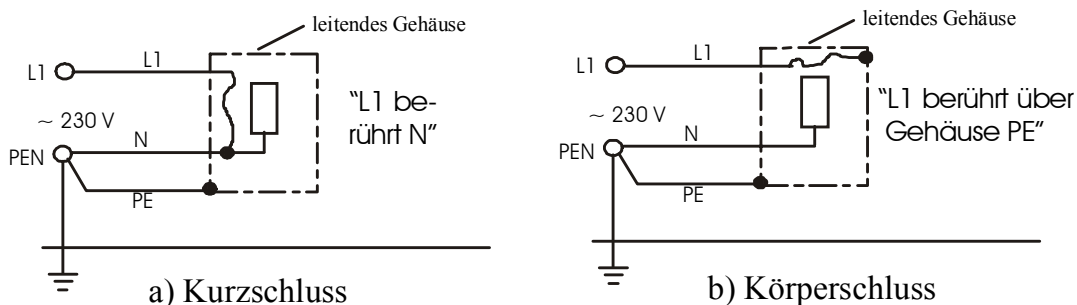


Abb. 2: a) Kurzschluss und b) Körperschluss

Berührt der Leiter L1 den Leiter N, so liegt ein Kurzschluss vor.



Welche Stromstärke fließt bei Kurzschluss, wenn man annimmt, dass der Widerstand der Leitungen L1 und N zusammen  $0,2 \Omega$  beträgt?

Berührt der Leiter L1 das Gehäuse, so liegt ein Körperschluss vor. (Das Gehäuse eines Gerätes wird in der Fachsprache auch Körper genannt.) Der Widerstand des Gehäuses ist sehr klein, so dass wir wieder ungefähr  $0,2\ \Omega$  für den Gesamtwiderstand von L1, PE und dem Gehäuse annehmen können. Es fließen somit Stromstärken, die genau so groß sind wie im Kurzschlussfall.



Muss die Sicherung im Falle eines Kurz- oder Körperschlusses schneller abschalten als im Falle der Überbelastung? Begründe!

Im Kurz- oder Körperschlussfall schaltet eine Sicherung in der Zeit von 100 ms ab.

Fassen wir noch einmal zusammen:

Die Stromstärke im Überlastungsfall liegt ungefähr zwischen 16 A und 25 A. Bei Kurz- oder Körperschluss beträgt sie einige hundert Ampere.

Da bei manchen Geräten beim Einschalten kurzzeitig die Stromstärke über 16 A betragen kann, aber danach wieder deutlich unter 16 A liegt, baut man Sicherungen, die bei kleinen kurzzeitigen, einige Sekunden dauernden Stromerhöhungen gegenüber den 16 A nicht sofort den Stromkreis abschalten. Fließt diese kleine Stromerhöhung jedoch über eine Zeit von einigen Minuten, so schaltet die Sicherung den Stromkreis ab. Somit ist bei kleinen Stromerhöhungen sichergestellt, dass die Leitungen keinen Schaden nehmen.

Liegt ein Kurz- oder Körperschluss vor, so fließen Stromstärken von einigen hundert Ampere, die die Leitungen in kurzer Zeit zerstören. Eine Abschaltung des Stromkreises muss so schnell als möglich erfolgen. Die Abschaltung erfolgt im Bereich von 100 ms.

Wie du bereits festgestellt hast, gibt es Schmelzsicherungen und Sicherungsautomaten.

Abb. 3 zeigt den Aufbau einer Schmelzsicherung:

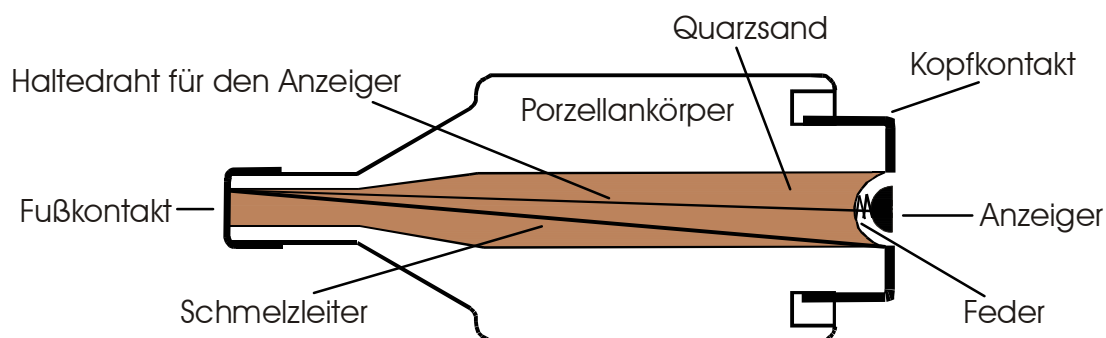
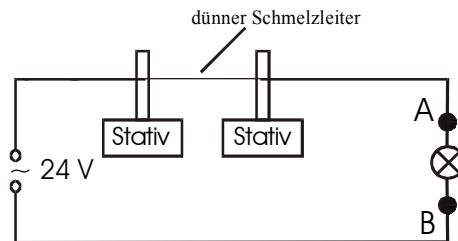


Abb. 3: Schmelzsicherung und deren Einbau

Die Schmelzsicherung besteht aus einem Fuß- und Kopfkontakt, die durch den Schmelzleiter und den Haltedraht miteinander verbunden sind. Sie wird so in den Stromkreis eingebaut, dass durch sie der Strom fließen muss (Abb. 3).

Ver-  
such  
2

Modell zur Schmelzsicherung:



Baue den Versuch auf, und verwende als Schmelzleiter einen dünnen Draht.

Betriebe die Lampe ohne Kurzschluss, dann mit Kurzschluss.

Was stellst du fest?



Begründe deine Feststellung!

Wenn der Schmelzleiter und der Haltedraht einer Sicherung durchgeschmolzen sind, kann die Feder den Anzeiger wegdrücken. Der Anzeiger ist dann deutlich im Glasfenster sichtbar. Die Sicherung ist kaputt und muss gegen eine Neue ausgetauscht werden. Oft kommt es dann vor, dass man keine passende Sicherung zur Hand hat. Dies verleitet einen zum Flicken einer Sicherung, welches strafbar ist! Flickt man eine Sicherung mit Hilfe eines Drahtes, so verändert man ihre Abschalt Eigenschaften. Sie löst damit nicht mehr rechtzeitig oder eventuell gar nicht mehr aus. Die Folgen sind Beschädigung der Leitungen und sogar Brände! Niemals Sicherungen flicken!

Das verbotene Flicken von Schmelzsicherungen durch einige Schlaumeier ist einer der Gründe, warum man Schmelzsicherungen in der Elektroinstallation nur noch sehr selten verwendet. Zudem könnte man beim Wechseln einer Schmelzsicherung aufgrund fehlender Vorsicht spannungsführende Teile des Sicherungssockels berühren (Abb. 3).

Üblicherweise verwendet man heutzutage sogenannte Sicherungsautomaten. Sie lassen sich beliebig oft Ein- und Ausschalten. Abb. 4 zeigt den Aufbau eines Sicherungsautomaten im eingeschalteten Zustand:

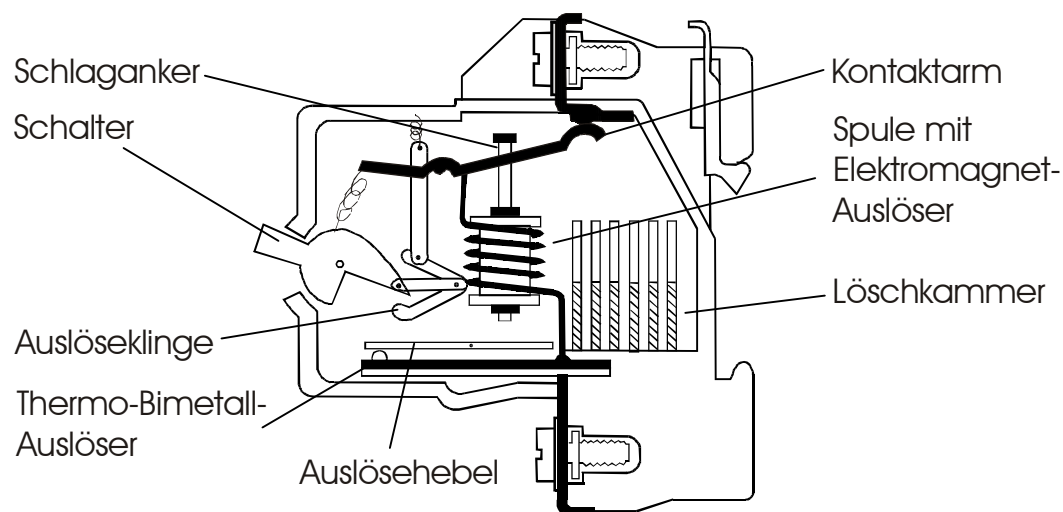


Abb.4: Sicherungsautomat auf „Ein“

Der Strom fließt über die dick eingezeichnete schwarze Linie durch den Sicherungsautomaten. Das Ausschalten erfolgt entweder über den Schalter, den Thermo-Bimetall-Auslöser oder den Elektromagnet-Auslöser. Um den Sicherungsautomaten zum Auslösen zu bringen, müssen wir mit Hilfe des Auslösehebels die Auslöseklinke betätigen. Dies kann zum einen durch den Thermo-Bimetall-Auslöser geschehen, oder zum anderen durch den Schlaganker des Elektromagnet-Auslösers.

Abb. 5 zeigt einen Sicherungsautomaten im ausgelösten Zustand.

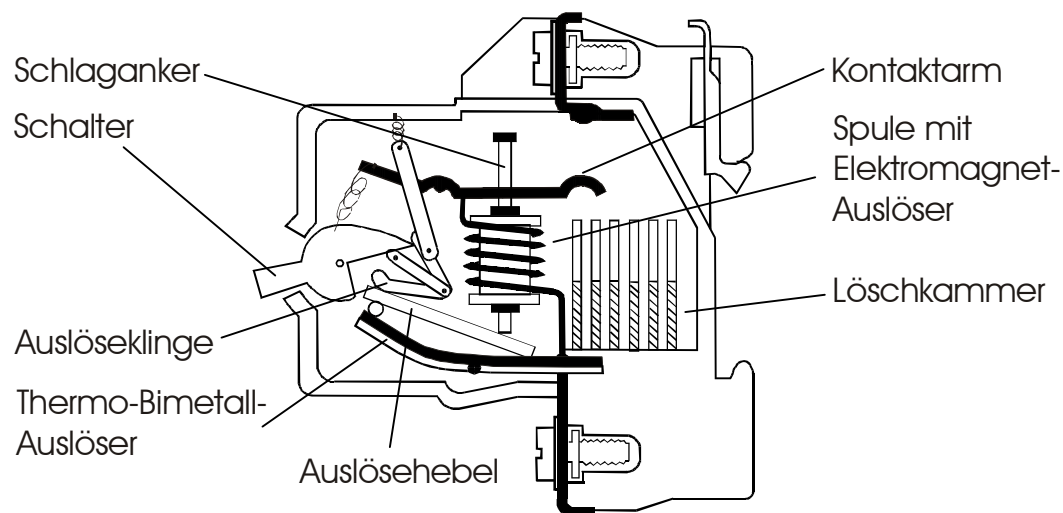


Abb.5: Sicherungsautomat auf „Aus“



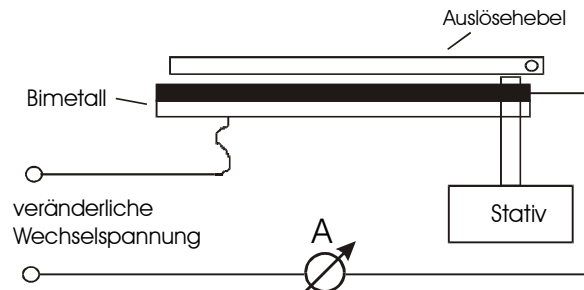
Überprüfe die oben beschriebenen Auslösungsarten!



Wir gehen nun der Frage auf den Grund, welcher Auslöser für die Abschaltung im Falle einer Überbelastung, und welcher für die Abschaltung im Falle eines Kurz- oder Körperschlusses in Frage kommt. Dazu machen wir zwei Versuche:

Ver-  
such  
3

Thermo-Bimetall-Auslöser:



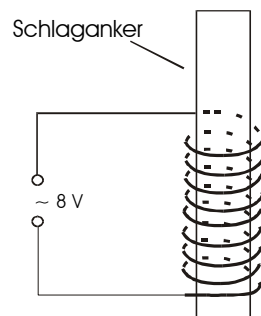
Regle die Spannung mit Hilfe des Netzgerätes so, dass ein Strom von ungefähr 9 A durch den Bimetallstreifen fließt! Beachte: Ab einer Stromstärke von 12 A geht das Netzgerät kaputt!



Stelle fest was passiert! Warum biegt sich der Bimetallstreifen? Wie lange dauert es ungefähr, bis eine deutliche Biegung bemerkbar ist?

Ver-  
such  
4

Elektromagnet-Auslöser:



Lasse durch die Spule Strom fließen!



Stelle fest was passiert! Wie lange dauert es, bis der Schlaganker betätigt wird? Vergleiche mit der Zeit, die der Bimetallstreifen benötigt, um sich zu verbiegen!



Welcher Auslöser löst bei Überlast aus, welcher bei Kurzschluss? Begründe!

Sicherungen sind nicht nur dazu da, die Leitungen vor Überlast zu schützen. Sie bewahren auch vor tödlichen Unfällen.

Warum kann es überhaupt zu tödlichen Unfällen kommen, und von welchen Größen hängt ein tödlicher Unfall ab? Tödliche Unfälle können durch einen Fehler in der Elektroinstallation, z. B. einen Körperschluss, oder durch unsachgemäßen Umgang mit der Elektroinstallation, z. B. mit einer Stricknadel in die Steckdose „stochern“, auftreten.



An einer Steckdose liegt eine Spannung von 230 V an. Der Körperwiderstand beträgt ungefähr  $1000\ \Omega$ .

Wie groß ist dann die Stromstärke durch den menschlichen Körper?

Die von dir berechnete Stromstärke kann tödlich sein, wenn sie nicht schnell genug abgeschaltet wird. Wann eine bestimmte Stromstärke in welcher Zeit tödliche Folgen hat, ist in Abb. 6 dargestellt:

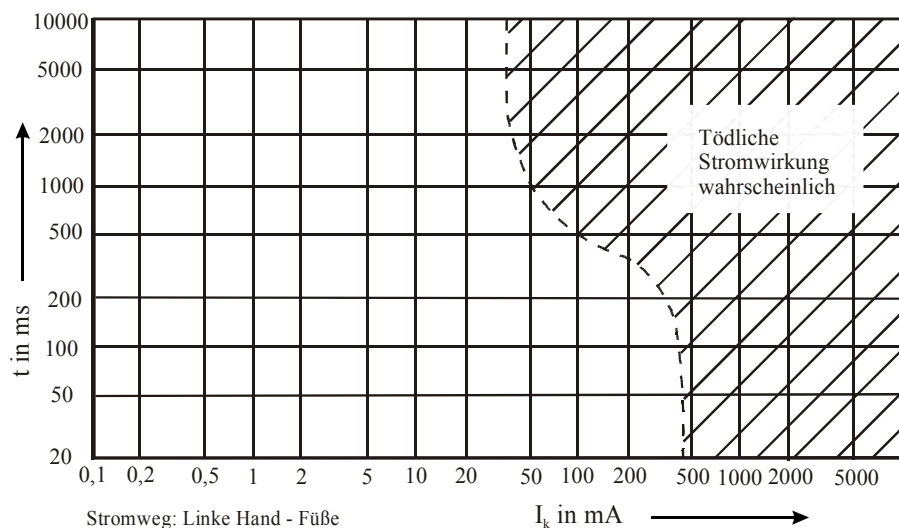
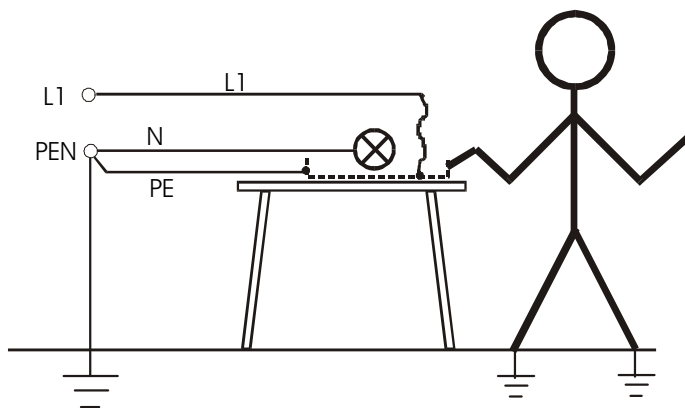


Abb. 6: Tödliche Stromwirkung

Betrachten wir nun wieder den Fall eines Körperschlusses.

Die Schutzleitergruppe hat folgenden Versuch durchgeführt:



Es liegt ein Körperschluss vor (der Leiter L1 berührt das Gehäuse). Dabei kommt es zu einem Stromfluß über den Leiter L1 und durch den PE-Leiter und den menschlichen Körper.



Überlege dir in welchen der drei Leiter L1, N oder PE die Sicherung eingebaut werden muss!

Beachte dabei, dass die Sicherung auch bei einem Kurzschluss ausschalten muss!



Informiere dich bei der Schutzleitergruppe, wie groß die Stromstärke durch den Leiter L1 und durch den menschlichen Körper ist. Notiere die Ergebnisse!

Die verwendete Sicherung schaltet bei einer Stromstärke von 1150 A den Strom in 100 ms ab.



Stelle mit Hilfe der Abb. 6 fest, ob die Wirkung des Stromes tödlich ist!

Falls kein Schutzleiter vorhanden ist, fließt durch den Leiter L1 und durch den menschlichen Körper eine andere Stromstärke.



Informiere dich wieder bei der Schutzleitergruppe, wie groß die Stromstärke durch den Leiter L1 und durch den menschlichen Körper ist. Notiere die Ergebnisse!



Löst bei dieser Stromstärke die Sicherung aus?

Ist eine tödliche Stromwirkung wahrscheinlich (Abb. 6!)?

Wie Du siehst, schützt nicht in jedem Falle eine Sicherung vor einer tödlichen Stromwirkung. Dies ist vor allem dann der Fall, wenn kein Schutzleiter vorhanden, oder dieser bei Renovierungsarbeiten durch Unachtsamkeit durchtrennt worden ist.

Der Griff mit der Stecknadel in die Steckdose hat also einen tödlichen Ausgang. Es sei denn es ist ein FI-Schutzschalter installiert. Dieser ist im allgemeinen aber nicht zwingend vorgeschrieben. Besonders in Altbauten ist meistens keiner installiert. Bei Neubauten und Sanierungen ist er nur für das Badezimmer vorgeschrieben. Im Umgang mit Elektrogeräten solltest du deshalb immer Vorsicht, Sorgfalt und Umsicht walten lassen, denn in Ausnahmefällen kann es trotz eines installierten FI-Schutzschalters dennoch zu tödlichen Stromunfällen kommen.

Von eurer Arbeit sollen auch eure Mitschüler erfahren. Und dies aus erster Hand. Dazu sollt ihr in eurer Gruppe ein Plakat ausarbeiten, das ein oder zwei von eurer Gruppe dann den

Mitschülern präsentieren. Beachtet dabei, dass auf diesem Plakat auch groß genug geschrieben wird, damit es für eure Mitschüler auch noch von der hinteren Reihe aus gut lesbar ist.



Mache deinen Mitschülern klar, warum man Sicherungen benötigt, und stelle die Funktionsweise einer Schmelzsicherung und eines Sicherungsautomaten vor. Gehe dabei auf den Schmelzleiter, bzw. auf den Thermo-Bimetall-Auslöser und den Elektromagnet-Auslöser ein. Denke dabei auch an die verschiedenen Auslösezeiten eines Sicherungsautomaten. Führe dazu Versuch 3 und 4 vor. Gehe zum Schluss darauf ein, ob eine Sicherung vor tödlichen Stromwirkungen schützen kann.

Idee und Ausarbeitung von Stefan Luff ([www.StefanLuff.de](http://www.StefanLuff.de))