

Der Weg des Stroms vom EVU zum Verbraucher und zurück

			
<p>Vom EVU</p>	<p>durch Hochspannungskabel</p>	<p>zum Sicherungsschrank.</p>	<p>Die Phase geht zum Schalter und</p>
			
<p>dann von dort zum Verbraucher.</p>	<p>Der Nullleiter führt über den Sicherungskasten</p>	<p>in die Erde</p>	<p>und zum EVU zurück</p>

Die Kabel

<p>Phase</p>	<p>führt den Strom vom Energieversorgungsunternehmen (EVU) zum Verbraucher</p>	<p>schwarz, braun, rot</p>
<p>Nullleiter</p>	<p>führt den Strom vom Verbraucher zur Erde und dann zum EVU</p>	<p>blau</p>
<p>Erde</p>	<p>ist mit dem Gehäuse des Verbrauchers verbunden und führt den Strom ggf. vom Gehäuse zur Erde</p>	<p>grün/gelb</p>

Kurzschluss

<p>Kurzschluss</p> <p>Der Strom fließt durch die Lampe.</p> <p>Der Strom fließt über den Metallgegenstand, die Lampe erlischt.</p> <p>Draht glüht</p> <p>Metallgegenstand</p>	
<p>Beschreibe mit eigenen Worten einen Kurzschluss</p>	

Stromnetz im Haus

<p>Stromnetz im Haus</p>	<p>Erdungsleitung -> Hauptsicherungskasten -> Hausanschlusskabel -> Herdanschluss -> Schalter -> Sicherungsautomaten -> Steckdosen -> Verteilerdosen -> Zähler -></p>
<p>ordne zu</p>	

Gefahren der Elektrizität

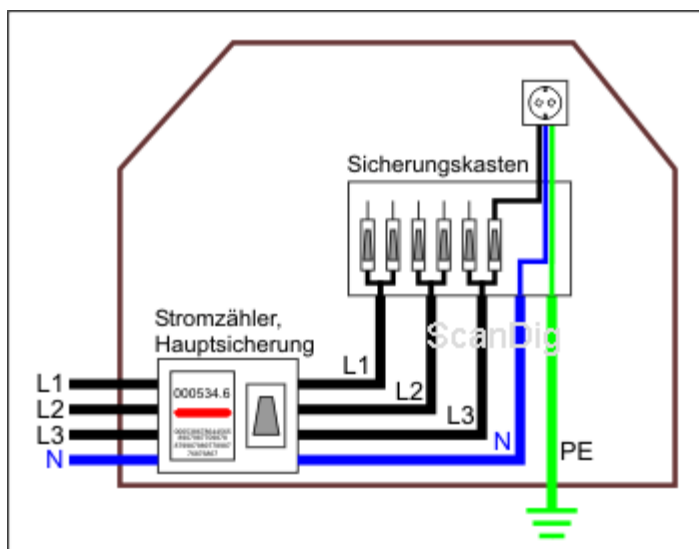
<p>Gefahren der Elektrizität</p> <p>Erdschluss durch Wasserleitung</p> <p>VDE</p>	
<p>Diskutiere die Gefahr</p>	

Vom Elektrizitätswerk zur Wohnung

Strom wird bekanntlich in großen Elektrizitätswerken zentral erzeugt und von dort aus in die einzelnen Haushalte und Firmen verteilt. Transportiert wird der Strom über Hochspannungsleitungen, die Spannungen zwischen 220 Kilo-Volt und 800 kV haben. In Deutschland wird vorwiegend das 220/380 kV-Netz verwendet. Der Strom wird also in den Kraftwerken auf eine Hochspannung transformiert um kurz vor der Einspeisung in die Häuser und Wohnungen wieder herunter transformiert zu werden.

Warum leiten die E-Werke den Strom nicht gleich in der richtigen Spannung von den Kraftwerken in die Haushalte? Der Grund liegt in den Leitungsverlusten: legt der Strom eine Strecke von 100 km zurück, gehen 2-5% der elektrischen Energie verloren, bleiben also quasi auf der Strecke. Diese Leitungstransportverluste lassen sich minimieren, indem der Strom auf eine hohe Spannung transformiert wird. In Umspannwerken und kleinen Transformator-Stationen wird der Hochspannungsstrom schließlich wieder herunter transformiert, bis er als die uns bekannten 230 V Wechselspannung in unsere Häuser gelangt.

Ein Hausanschluss besteht typischerweise aus 4 Leitungen, den drei Phasen L1, L2 und L3 sowie dem Nullleiter N (auch Neutralleiter genannt). Die drei Leiter L1, L2 und L3 kann man quasi als Strom-



quellen bezeichnen, während der Nullleiter eine Art Abfluss darstellt. Im Prinzip würden zwei Leiter reichen, eine Phase L1 und ein Neutralleiter N. Was es mit den drei Phasen auf sich hat (Stichwort Starkstrom) ist nicht Gegenstand dieser Seite. Ich beschränke die weiteren Erläuterungen auf eine Phase und den Nullleiter.

Im Keller oder vor dem Haus befindet sich der Elektroanschluss. Ein Stromzähler zählt den Strom, der von den drei Phasen L1, L2, L3 kommt, durch die Verbraucher im Haus durchfließt und über den Nullleiter zurückfließt. Eine Hauptsicherung schützt die gesamte Elektroinstallation des Hauses.

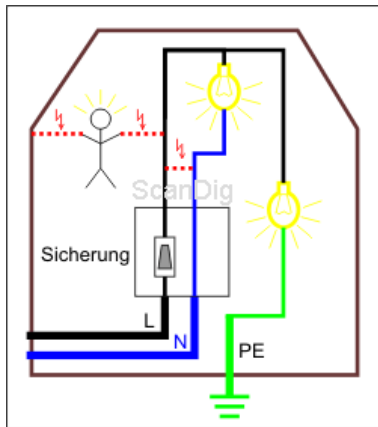
Was bedeutet schützen? Strom erzeugt bekanntlich Wärme (siehe Glühbirne); je stärker der Strom ist, der durch ein Kabel fließt, desto mehr Wärme wird erzeugt. Wird der Strom extrem stark, beginnen Leiter zu glühen (siehe Glühbirne), entstehen Lichtbögen (siehe Schweißer) oder schmoren Kabel durch. Der Hauptsicherungsautomat im Keller eines Gebäudes schützt die gesamte Elektro-Installation vor zu hohen Strömen und somit vor Kabelbränden etc.

Nachdem der Strom den Hauptzähler und die Hauptsicherung durchlaufen hat, gelangen die drei Stromphasen in den Sicherungskasten, wo die drei "Zuleitungen" L1, L2, L3 gleichmäßig auf die einzelnen Räume und Verbraucher aufgeteilt werden. Einzelne Sicherungsautomaten sichern die einzelnen Stromkreise in einem Haus gegen höhere Stromstärken als typischerweise 16 Ampere ab.

Im Folgenden spreche ich nur noch von einer Phase L1 und dem Nullleiter N. Über die Phase L1 kommt also der Strom (bildlich gesprochen) und über den Neutralleiter fließt er zurück. Wer jedoch schon einmal in eine Steckdose geblickt hat oder eine Lampe angeschlossen hat, weiß, dass es außer der schwarzen Phase L1 und dem blauen Nullleiter N noch ein drittes gelbes oder grünes Kabel gibt. Es handelt sich hierbei um den Schutzleiter, auch Erdleiter oder Erdung genannt. Es handelt sich hierbei um eine Art zusätzlichen Rückleiter, also quasi einen Abfluss des Stromes in die Erde. Ob dieser "Abfluss" direkt in die Erde geht oder über einen Leiter durchs Stromnetz zurückfließt spielt für seine Verwendung keine Rolle. Wozu dieser Leiter genau dient erläutern die folgenden Kapitel.

Wann brennt eine Lampe?

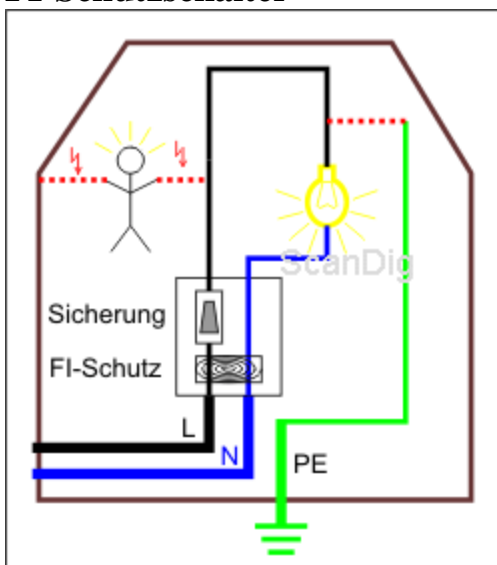
Auf der schwarzen Phase L liegt Spannung an, die quasi nur darauf wartet, dass sie sich irgendwie entladen kann. Berührt man als Mensch diesen Leiter, so findet der Strom einen Weg durch den Körper hindurch in die Erde; der Stromkreis schließt sich, der Mensch bekommt einen Stromschlag (siehe rote gestrichelte Linie im Bild).



Aber eigentlich war ja nicht der Mensch dazu gedacht, den Stromfluss von der Phase L abzuleiten, sondern der blaue Nullleiter. Schließt man die Phase L mit dem Nullleiter L zusammen (kleine rote Linie im Bild), so fließt Strom. Der Strom findet jedoch keinen Widerstand bis auf die vernachlässigbaren Kabel und wird somit sehr groß. Man spricht dann von einem klassischen Kurzschluss. Er würde sogar so groß, dass die Leitungen durchschmoren oder gar zum Brennen anfangen, wäre da nicht der Sicherungsautomat im Sicherungskasten, der die Stromstärke begrenzt bzw. den Stromfluss ab einer bestimmten Stromstärke (z.B. 16 A) abschaltet.

Anders sieht die Sache aus, wenn man zwischen schwarzen und blauen Leiter einen Verbraucher, zum Beispiel eine Glühlampe, hängt. Der Strom stößt auf Widerstand und fließt kontinuierlich; die Lampe leuchtet (siehe Lampe im Dachgeschoss unseres kleinen Hauses). Aber nicht nur die Lampe im Dachgeschoss leuchtet in unserem Haus sondern auch die untere Lampe. Bei dieser Lampe fließt der Strom von der schwarzen Phase L durch die Lampe hindurch über den grünen Erdleiter zurück. **Auf diese Art sollte man selbstverständlich niemals einen Verbraucher anschließen.**

FI-Schutzschalter



Oben haben wir gesehen, dass im Normalfall Strom vom schwarzen Leiter aus durch die Lampe hindurch über den blauen Leiter zurückfließt. Ein Abfließen des Stromes über den grünen Schutzleiter ist zwar auch möglich aber unerwünscht. Ein Abfließen des Stromes durch eine Person, die aus Versehen mit dem schwarzen Leiter in Berührung kommt, ist nicht nur unerwünscht sondern lebensgefährlich.

Um einen unerwünschten Stromabfluss über einen Erdleiter oder eine menschliche Person zu vermeiden wird ein Fehlerstrom-Schutzschalter in den Sicherungskasten eingebaut. Der FI-Schutzschalter sitzt vor dem bislang bekannten Sicherungsautomaten. Im Minimalfall sichert der FI-Schutzschalter Bad und WC ab, aber im Idealfall laufen sämtliche Stromleitungen eines Hauses durch den FI-Schalter, so dass eine umfassende Sicherheit aufgebaut wird.

Wie funktioniert ein Fehlerstrom-Schutzschalter?

Man kann sich so einen FI-Schutzschalter als einfaches Element bestehend aus zwei Stromzählern vorstellen: Ein Zähler misst, wie viel Strom durch den schwarzen Leiter ins Haus rein fließt, und ein zweiter Zähler misst, wie viel Strom durch den blauen Leiter wieder zurück fließt. Im Normalfall messen die beiden Zähler die gleichen Mengen. Berührt jedoch eine Person die schwarze Phase, so fließt Strom über den Körper zur Erde ab. Der FI-Schutzschalter misst sofort eine Differenz zwischen Zufluss und Abfluss (es fließt also irgendwo ein "Fehlerstrom" ab) und schaltet den Stromkreislauf ab, wenn die Differenz zu groß ist (30mA – 500mA). Selbiges passiert, wenn über den grünen Erdleiter Strom am blauen Leiter vorbei zurück in die Erde fließt.

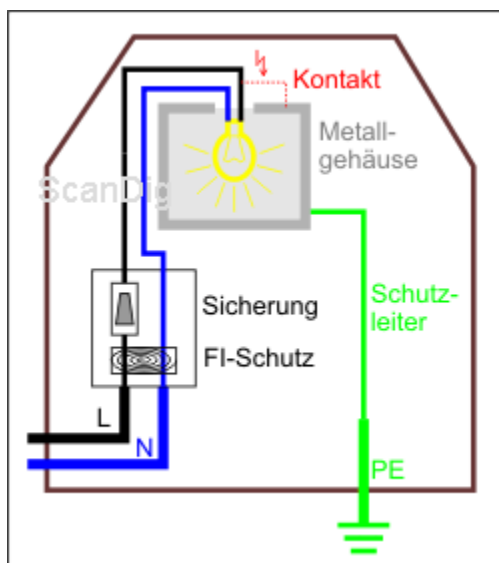
Kann man also bei vorhandenem FI-Schutzschalter bedenkenlos in die Steckdose langen oder die Phase an einem freien Stromkabel berühren? Nein! Einen Stromschlag bekommt man dennoch, denn es fließt erst einmal Strom bis der FI-Schalter den Stromkreis unterbricht. Dieser Strom ist im Normalfall, falls der FI-Schutzschalter für Stromdifferenzen von 10-30 mA ausgelegt ist, zwar nicht tödlich, aber alleine der Schlag und der Schreck können zu Verletzungen führen (siehe nächstes Kapitel).

Die Funktion des gelben/grünen Schutzleiters

In den vorigen Kapiteln haben wir gelernt, dass für einen geschlossenen Stromkreis der schwarze Leiter (Phase L) und der blaue (Neutralleiter) ausreichen. Wir haben den Fehlerstrom-Schutzschalter kennen gelernt, der bei Auftreten von Fehlströmen den Stromkreis abschaltet, so dass tödliche Personenschäden beim Berühren der Phase vermieden werden. Es bleibt jedoch noch der dritte, gelb/grüne Leiter, dessen (sinnvolle) Funktion wir bisher noch nicht entdecken konnten.

Wir haben oben gesehen, dass eine Lampe leuchtet, wenn der Stromkreis mit dem schwarzen und dem blauen Leiter geschlossen wird. Nehmen wir jetzt einmal an, dass die Lampe ein Metallgehäuse hat; Metall leitet bekanntlich Strom. Natürlich ist das Metall-Gehäuse vom eigentlichen Stromkreis isoliert, so dass man es bedenkenlos anfassen kann, um zum Beispiel eine Glühbirne auszutauschen. Was passiert aber, wenn die Isolierung einen Schaden hat, also die schwarze Phase L auf irgendeine Weise mit dem Gehäuse der Lampe in Berührung kommt? Das Metallgehäuse steht dann unter Spannung, es fließt jedoch kein Strom, da der Strom ja nirgends abfließen kann; die Lampe funktioniert ganz normal, da nur die Glühbirne Strom durchleitet, also der Strom wieder abfließen kann.

Berührt man nun das Metallgehäuse der Lampe, so ist dies gleichbedeutend mit dem Berühren des unter Spannung stehenden schwarzen Leiters L. Der Stromkreis wird von der Phase L über das Metallgehäuse über den Menschen zur Erde hin geschlossen, es fließt Strom und man bekommt einen Schlag. Natürlich registriert der Fehlerstrom-Schutzschalter sofort diesen Fehlerstrom, der ja nicht mehr über den blauen Nullleiter zurückfließt, und schaltet den Stromkreis ab. Man bekommt also einen leichten Strom-Schlag, der jedoch keine tödliche Auswirkung hat, **falls der FI-Schutzschalter richtig dimensioniert ist und funktioniert.**



Viel schlimmer als die Wirkung eines kurzen Stromflusses durch den Körper kann jedoch der Schreck und der kurze Schock sein. Steht man zum Beispiel auf einer fünfstufigen Leiter, um an die Lampe heranzukommen, reicht der harmlose Stromschlag völlig aus, um einen so zu erschrecken, dass man von der Leiter fällt. Die Folgen eines Aufpralles mit dem Kopf an eine Tischkante oder auf den Boden können weitaus fataler sein als diejenigen des kurzen Stromschlages.

Man sieht also, dass bei einer fehlerhaften Isolierung eines Metallgehäuses der FI-Schutzschalter nur vor den direkten Auswirkungen einer Berührung mit der Phase L schützt, die indirekten Auswirkungen können jedoch viel schlimmer sein als die direkten. Und an dieser Stelle kommt nun der gelbe bzw. grüne Erdleiter ins Spiel; er wird auch Schutzleiter genannt.

Bei der Montage einer Lampe mit Metallgehäuse wird der gelb-grüne Schutzleiter direkt mit dem Gehäuse der Leuchte verbunden, der schwarze und der blaue Leiter werden wie gewohnt an die Lampe angeschlossen. Was passiert nun, wenn die Isolierung des Metallgehäuses bricht oder die schwarze Phase L mit dem Metall auf irgendeine Art in Verbindung kommt? Der Strom kann von der Phase L über das Metallgehäuse und den grünen Schutzleiter fließen; es entsteht also ein geschlossener Stromkreis. Ein geschlossener Stromkreis zwischen der Phase L und dem Erdungsleiter PE ist jedoch ein "Fehlstrom", d.h. der FI-Schutzschalter merkt, dass vom schwarzen Leiter L Strom in das Leitungsnetz der Wohnung fließt, dass jedoch im blauen Leiter nichts zurückkommt; er unterbricht also den Stromkreis. Eine Person kann also gar nicht erst von einem leitenden Metallgehäuse einen Schlag bekommen, da zuvor der Strom über den Schutzleiter abfließt und somit den FI-Schutzschalter auslöst.

Damit wird auch der Begriff "Schutzleiter" für den gelben Leiter klar. Alle elektrischen Geräte, die kein voll abgeschirmtes Metall-Gehäuse haben, müssen dieses mit dem Schutzleiter verbinden. Bleibt noch die Frage, inwieweit der Schutzleiter seine schützende Funktion ausübt, wenn kein FI-Schutzschalter vorhanden ist. Durch das bei fehlerhafter Isolierung unter Spannung stehende Metall-

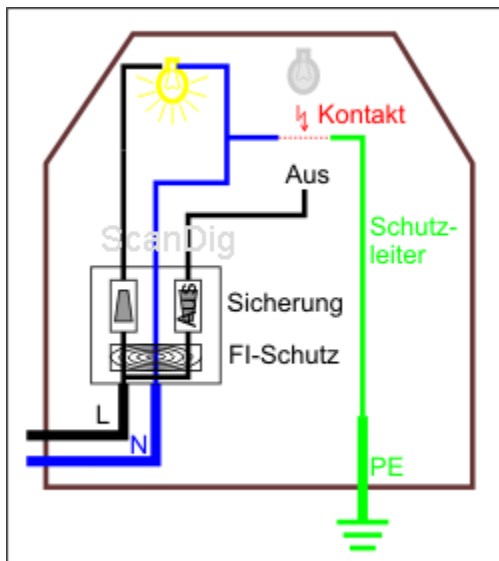
gehäuse fließt der Strom über den Schutzleiter wieder ab. Da der Schutzleiter dem Strom quasi keinen Widerstand bietet, fließt ein sehr hoher Strom und der Schutzleiter droht sich zu entzünden. Beim Fluss eines hohen Stromes springt jedoch die normale Sicherung heraus, so dass der Stromfluss rechtzeitig unterbunden wird. Schaltet man eine solche Sicherung wieder ein, springt diese sofort wieder heraus, da innerhalb von Bruchteilen einer Sekunde wieder der starke Fehlstrom zum Fließen kommt. Spätestens dann sollten bei einem die Alarmglocken läuten und man sollte von einem Elektriker überprüfen lassen, wo ein Defekt im Stromnetz vorliegt.

Berührt man nun als Mensch ein solches Metallgehäuse, das unter Spannung steht, bildet man dem Strom quasi eine Alternativ-Route, um vom Metall-Gehäuse in die Erde zu fließen. Fachmännisch bedeutet dies, dass man zum Schutzleiter eine Parallelschaltung bildet; es droht also Lebensgefahr. Natürlich sucht sich der Strom den bequemen Weg des geringsten Widerstandes, also durch den Schutzleiter, aber wenn die Sicherung nicht rechtzeitig abschaltet, kann die Parallelschaltung für den Menschen tödlich sein.

Fehlerstrom-Schutzschalter reagiert obwohl Sicherung aus

Ich habe erstmals mein Vertrauen in den Fehlerstrom-Schutzschalter verloren, als ich in einem Zimmer eine Lampe anschloss und der FI-Schutzschalter auslöste obwohl ich die entsprechende Sicherung ausgeschaltet habe. Das Vertrauen gewann ich jedoch schnell wieder, als ich verstand, weshalb der FI-Schutzschalter auslöste.

Nehmen wir an, in unserem Haus brennt in einem Zimmer (links oben) eine Lampe; es fließt Strom vom schwarzen Leiter L durch die Lampe und über zurück über den blauen Nullleiter. Den grünen Schutzleiter habe ich bei der linken Lampe der Übersicht halber weggelassen. Nehmen wir nun an, ich möchte im rechten Teil unseres Hauses eine Lampe anschließen. Selbstverständlich schalte ich die entsprechende Sicherung aus, so dass keine Spannung an der entsprechenden Leitung anliegt. Die Lampe im linken Zimmer brennt weiter, da sie über einen separaten Sicherungsautomaten abgesichert ist.



Am Deckenauslass meiner zweiten Lampe finde ich die drei üblichen Kabel, die schwarze Phase L, den blauen Neutralleiter N und den grünen Schutzleiter PE. Ich prüfe mit einem Phasenprüfer, dass am schwarzen Leiter tatsächlich keine Spannung anliegt. Also kann ich bedenkenlos die Lampe montieren und anschließen. Beim Anschließen der Drähte an die Lampenfassung oder beim Durchstecken der drei Drähte durch ein Loch im Metallgehäuse kommt es jedoch immer wieder vor, dass sich die Leiter berühren. Sollte nichts ausmachen, meint man zunächst, da ja die Sicherung draußen ist. Denkste!

Die abgeschaltete Sicherung bewirkt nur, dass auf dem schwarzen Leiter keine Spannung anliegt. Der schwarze Leiter mündet quasi im Leeren, der Sicherungsautomat unter-

bricht die Leitung zum übrigen Stromnetz. Der Nullleiter ist jedoch nach wie vor mit dem Gesamt-Nullleiter verbunden, ebenso führt der Schutzleiter ohne Unterbrechung ins Fundament des Hauses hinunter.

Kommt nun beim Anschließen der Lampe der schwarze Leiter mit dem blauen oder gelben in Kontakt, kann nichts passieren; es kann kein Strom fließen, da der schwarze Leiter ja durch den Sicherungsautomaten im Nirwana endet. Was passiert aber, wenn man den blauen Neutralleiter mit dem grünen Schutzleiter verbindet?

Obwohl die brennende Lampe 1 und die anzuschließende Lampe 2 durch zwei separate Sicherungsautomaten getrennt sind, benutzen sie denselben Nullleiter als Strom-Rückfluss. Brennt also die Lampe 1, so fließt Strom durch den blauen Nullleiter zurück. Bringt man nun beim Anschließen der Lampe 2 aus Versehen deren Nullleiter mit deren Schutzleiter in Kontakt, so kann Strom vom blauen Nulleiter über den grünen Schutzleiter in die Erde abfließen. Dies ist natürlich gleichbedeutend mit einem Fehlerstrom; der FI-Schutzschalter im Sicherungskasten stellt eine Differenz fest und schaltet ab.

Man sieht also, obwohl die Sicherung für die anzuschließende Lampe ausgeschaltet ist, kann man dennoch einen (geringen) Stromfluss erzeugen, indem man den Neutralleiter mit dem Schutzleiter verbindet. Aufgrund dieses Fehlerstromes unterbricht der Fehlerstrom-Schutzschalter die Stromversorgung.

Kann man nun einen Stromschlag bekommen, wenn man als Mensch den blauen Nullleiter berührt obwohl die Sicherung ausgeschaltet ist, da durch diesen ja von der brennenden Lampe Strom fließt? Nein. Auf dem Nullleiter liegt ja keine Spannung an und der rück fließende Strom nimmt bekanntlich den Weg des geringsten Widerstandes, also lieber den Weg durch den metallischen Leiter als durch den menschlichen Körper.