

# Fehlerstromschutzschalter

## Schutz gegen elektrische Schläge

*FI-Schutzschalter, Fehlerstrom, Kurzschluß, Sicherungen*

### Inhalt

Überblick	1
Elektrischer Strom	1
Sicherungen	2
Widerstand und Stromwirkungen im Körper	3
Fehlerstromschutzschalter	4
Websites	5
Literatur	5

### ÜBERBLICK

Wir kennen die Situation aus Dutzenden von Fernsehkrimis. Ein Mensch sitzt in der Badewanne und entspannt sich. Ein Radio plärrt leise im Hintergrund, es steht beispielsweise auf einem Waschbecken, direkt neben der Wanne. Aber es ist zu leise. Unvorsichtig zieht der Badende das Radio am Kabel näher, um es lauter zu stellen. Dabei beginnt es gefährlich zu schwanken, kippt schließlich und fällt ins Wasser. Ein lauter Blitz, ein Schrei, alles wird dunkel. Wieder ist ein Zeitgenosse zu seinen Ahnen versammelt. Ist das so? Unter lautem Fluchen erhebt sich jemand plätschernd aus der Wanne, Schritte tasten sich zur Tür, die sich knarrend öffnet, um den nassen und zitternden Menschen zu entlassen. Möglich wird diese Rettung in letzter Sekunde nicht durch ein göttliches Wunder, sondern durch ein kleines elektronisches Gerät im Sicherungskasten, den Fehlerstromschutzschalter, kurz FI-Schalter genannt.

### ELEKTRISCHER STROM

Ohne elektrischen Strom wäre unsere moderne Welt gar nicht mehr denkbar. Ein flächendeckendes Netz von Versorgungsleitungen verbindet – zumindest in den Industrienationen – Kraftwerke und Verbraucher. Der als Hochspannung von einigen hunderttausend Volt in den Kraftwerken erzeugte elektrische Strom wird in lokalen Transformatorstationen auf die im Haushalt und der Industrie benötigten 400 bzw. 230 Volt herunter transformiert und stehen danach an jeder Steckdose zur Verfügung.

Diese elektrische Strom ist ein Wechselstrom, d.h. die Spannung wechselt innerhalb einer Sekunde fünfzigmal ihr Vorzeichen (in den USA sogar sechzigmal). Zeichnet man den zeitlichen Verlauf der Spannung auf, erhält man eine wellenförmige Sinuskurve. Ganze zwei Leitungen genügen, um diesen Strom zu transportieren (beim Drehstrom mit 400 Volt benötigt man vier Drähte), die Zuleitung und der Neutralleiter. Eine dritte Leitung, der Schutzleiter, dient zur Erdung der angeschlossenen Geräte. Durch sie wird der Neutralleiter leitend mit der Erde verbunden. Die Spannung von 230 Volt besteht daher immer zwischen Zuleitung und Neutralleiter. Diese Spannung „transportiert“ den Strom (gemessen in Ampere) durch die Leitungen.

## SICHERUNGEN

In jeder ordentlich installierten Verbraucheranlage, beispielsweise einer Wohnung, befindet sich ein Sicherungs- und Verteilerkasten, in dem der von außen ankommende Strom auf die einzelnen Stromkreise (meist identisch mit den unterschiedlichen Räumen) oder Verbraucher verteilt wird. In ihm befinden sich die Sicherungen, die eine Überlastung des Stromnetzes verhindern sollen. Eine unangenehme Eigenschaft elektrischen Stroms ist nämlich, dass die Ladungsträger, elektrisch negativ geladene Elektronen, die elektrischen Leitungen erhitzen. Während ein Strom fließt, bewegen sich die Ladungsträger durch das Kabel und prallen dabei ständig gegen dessen Atome, wodurch der Draht erhitzt wird. Je höher der Stromfluss, desto intensiver wird die Wärmeentwicklung, bis der Draht schmilzt. Auf diesem Prinzip basieren auch die meisten Elektroherde und Elektroheizungen.

Damit die Umgebung eines Kabels bei einem Kurzschluss nicht direkt mit dem Strom in Kontakt kommt sind die Leitungen mit Kunststoff ummantelt, der gleichzeitig als Wärmeisolierung dient. Sind jedoch zu viele Geräte gleichzeitig aktiv, d.h. fließt ein hoher Strom durch das Leitungsnetz, können sich die Isolierungen so sehr erhitzen, dass sie schließlich zu brennen anfangen.

Um dies zu verhindern, und auch um bei Kurzschlüssen eine Gefährdung der Menschen zu vermeiden, befinden sich im Verteilerkasten elektrische Sicherungen. Sie sind zwischen der Stromzuführung und dem Leitungsnetz montiert, d.h. der Strom muss immer durch eine Sicherung hindurchfließen bevor er den elektrischen Verbraucher erreicht – vorausgesetzt die Installation wurde korrekt durchgeführt!

Üblicherweise werden zwei Arten von Sicherungen eingesetzt. Schmelzsicherungen bestehen aus einem kurzen Stück Draht, das einen geringeren Querschnitt besitzt, als die im Haushalt verwendeten Drähte. Steigt der Strom erwärmt sich der Draht. Fließt zuviel Strom wird dieser Draht so heiß, das er durchschmilzt und so den weiteren Stromfluss unterbricht. Daher müssen Sicherungen an den Leitungsquerschnitt und den zu erwartenden Verbrauch angepasst sein, um eine Überlastung der verlegten Leitungen zu verhindern.

Man findet Schmelzsicherungen meist nur noch in älteren Häusern oder als Hauptsicherungen an Stromzählern. Ersetzt wurden sie Ende der 1970er-Jahre durch einen neuen Sicherungstyp, der einen Bimetallstreifen enthält. Erwärmt sich dieses aus zwei unterschiedlichen Metallen bestehende Drahtstück, verbiegt er sich und trennt so das Leitungsnetz von der Zuleitung ab. Da der Streifen an einem Schalter befestigt ist, kann man die Sicherung wieder „einschalten“, ohne sie auswechseln zu müssen.

Sicherungen haben allerdings einen Nachteil: Bei manchen Fehlern schalten sie nicht schnell genug ab.

## WIDERSTAND UND STROMWIRKUNGEN IM KÖRPER

So kann beispielsweise durch einen Bruch der Ummantelung das Gehäuse eines Gerätes unter Strom stehen, ohne das die Sicherung auslöst. Fasst man dieses Gerät an (oder kommt man in direkten Kontakt mit einem stromführenden Draht), bildet der Mensch einen lebenden Schalter, der das Stromnetz unter Umgehung des Nulleiters mit dem Boden und damit mit der Erde verbindet. Ein Strom fließt durch den Körper.

Elektrotechnisch gesehen bildet der menschliche Körper einen Widerstand für den Stromfluss. Als Widerstand bezeichnet man die (Un)fähigkeit eines Objekts elektrischen Strom zu leiten, er wird mit der Einheit Ohm gemessen. Gute Stromleiter haben sehr kleine Widerstände, Isolatoren haben

dagegen hohe Widerstände. Der theoretische Widerstand eines handelsüblichen Elektrokabels mit der Querschnittsfläche  $1.5 \text{ mm}^2$  und 100 m Länge beträgt beispielsweise etwa 1 Ohm.

Beim menschlichen Körper hängt der Widerstand von vielen Parametern ab, etwa der Hautbeschaffenheit, der Hautfeuchtigkeit, und dem Stromweg im Körper. Dicke, schwielige und trockene Haut hat einen höheren Widerstand (bis zu einigen Millionen Ohm) als dünne und feuchte Haut (einige hundert Ohm). Fließt der Strom gar durch das Innere des Körpers, hängt der Widerstand von der Organbeschaffenheit und dem Salzgehalt ab. Blut, Nervenbahnen und Muskeln leiten elektrischen Strom besser als Knochen oder Fettgewebe. Von Hand zu Hand kann man einen mittleren Widerstand des Körpers von etwa 1200 Ohm annehmen. Wie bei einem Stromkabel erhitzt sich der Körper aufgrund des fließenden Stroms, was zu gefährlichen Verbrennungen führen kann.

Ein durch den Körper fließender Strom hat aber noch andere, weit gefährlichere Auswirkungen. Organe und Muskeln werden von den vergleichsweise geringen Strömen des Nervensystems gesteuert. Ein von außen stammender Stromfluss löst daher sofort entsprechende Reaktionen aus. Bereits bei Strömen von etwa 6 Milliampere (mA) verkrampfen sich die Muskeln und der Betroffene kann einen stromführenden Draht gar nicht mehr loslassen, selbst wenn er dies wollte. Bei 25 mA können Herzrhythmusstörungen mit anschließendem Herzversagen einsetzen (s. Tabelle).

Stromstärke [mA]	Stromwirkung im Körper
1	Wahrnehmbarkeitsschwelle; Der Strom wird gespürt
6 bis 20	Krampfschwelle; Ab dieser Stärke kann ein Leiter wegen Muskelkrämpfen nicht mehr losgelassen werden
Ab etwa 25	Herzrhythmusstörungen; Herzstillstand ist möglich
Ab etwa 50	Bewusstlosigkeit und Herzstillstand
80 bis 100	Herzkammerflimmern und Kreislaufversagen
Ab etwa 100	Zusätzlich organische Schäden durch Verbrennungen

## FEHLERSTROMSCHUTZSCHALTER

Übliche Haushaltssicherungen reagieren bei Strömen von 10 bis 16 Ampere, weit jenseits der Stromstärken, bei denen organische Schäden im Menschen auftreten. Sie schalten zudem vergleichsweise langsam ab. Je nach der fließenden Stromstärke reagieren sie in einigen Zehntelsekunden, zu langsam um einen Menschen vor einem gefährlichen Stromschlag zu bewahren.

Aus diesem Grund führte man in den siebziger Jahren die Fehlerstromschalter, kurz FI-Schalter, ein. Bei ihnen handelt es sich um eine komplexe Form der Sicherung, die ständig Stärke und Richtung des Stromflusses misst. Ihre Vorteile liegen darin, dass sie bei Auftreten eines Fehlers im Stromfluss praktisch sofort abschalten. Die schnellsten auf dem Markt befindlichen FI-Schalter haben Reaktionszeiten von 10 Millisekunden (also 10 Tausendstel Sekunden).

Je nach der geplanten Anwendung werden FI-Schalter angeboten, die bei unterschiedlichen Stromstärken auslösen. Üblich sind Stromstärken zwischen 10 mA und 1 A, wobei im Haushalt zumeist FI-Schalter von 30 mA eingesetzt werden.

Ein FI-Schalter besteht im wesentlichen aus einem ringförmigen Stück Metall (meist Eisen), durch den die elektrischen Leitungen hindurchführen. Im Prinzip bilden sie einen Transformator dar, der allein der Strommessung dient.

...