

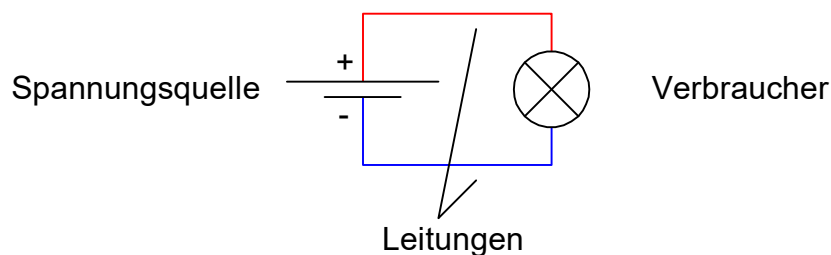
# 1. Spannung, Strom und Leistung

## 1.1 Der einfache elektrische Stromkreis

Die einfachste elektrische Schaltung besteht aus:

1. einer Spannungsquelle (z.B. eine Batterie)
2. zwei Leitungen (Drähte)
3. einem elektrischen Verbraucher (z.B. eine Glühlampe)

### Schaltung:



Eine elektrische Schaltung kann nur funktionieren, wenn der Stromkreis geschlossen ist. Das heißt der Plusanschluss der Spannungsquelle ist über eine Leitung mit dem Plusanschluss des Verbrauchers verbunden. Des Weiteren ist der Minusanschluss der Spannungsquelle mit dem Minusanschluss des Verbrauchers verbunden. Somit kann Strom fließen.

**Strom fließt nur in geschlossenen Stromkreisen.**

## 1.2 Spannungsquellen

### Definition:

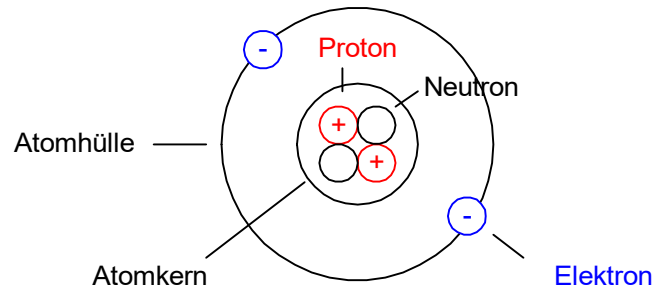
**Spannungsquellen sind Geräte die positive Ladungen von negativen Ladungen trennen können.**

Um dies vollständig verstehen zu können, muss zunächst kurz auf den Aufbau von Materie eingegangen werden. Jede Materie in unserem Universum ist aus Atomen aufgebaut. Ein Atom besteht wiederum aus:

1. Protonen, die positiv geladen sind
2. Elektronen, die negativ geladen sind
3. Neutronen, die elektrisch neutral sind

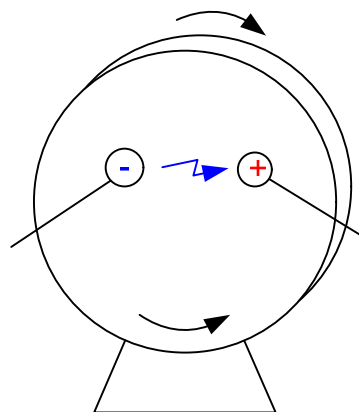
Positive geladene Protonen und negative geladene Elektronen ziehen sich gegenseitig an. Man spricht von der elektrostatischen Anziehungskraft.

### Aufbau eines Heliumatoms:



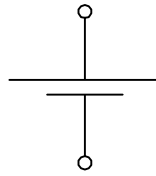
Die Elektronen in der Atomhülle drehen sich um den Atomkern in dem sich die Protonen und die Neutronen befinden. Atome sind in ihrer natürlichen Form nach außen elektrisch neutral, da die Zahl der Elektronen immer gleich der Zahl der Protonen ist.

Eine Spannungsquelle kann den Atomen Elektronen entreißen. Das Atom mit dem fehlenden Elektron ist nun insgesamt positiv geladen. Dieser Vorgang wird auch an der Influenzmaschine deutlich. Durch die gegensinnige Drehung der Scheiben werden Elektronen aus der Scheibe gerissen, welche sich auf einer der Kugeln ansammeln. Die verbleibenden positiv geladenen Atome sammeln sich auf der gegenüberliegenden Kugeln an, da positive und negative Ladungen sich bekanntlich anziehen.



Befinden sich ausreichend Ladungen auf den Kugeln, so wird die Anziehungskraft so stark, dass die Elektronen unter Bildung eines kräftigen Funkens durch die Luft zurück zu den positiven Ladungen fliegen.

### Schaltzeichen einer Spannungsquelle:



Der längere Strich kennzeichnet den Pluspol der Spannungsquelle. Die Kreise kennzeichnen Anschlusspunkte.

### 1.3 Spannung und Strom

Durch die Trennung von positiven und negativen Ladungen entsteht zwischen den Anschlussklemmen der Spannungsquelle eine Spannung.

Die **elektrische Spannung** ist ein Maß für Stärke mit der die getrennten Ladungen versuchen wieder zusammen zu kommen. Je mehr Ladungen getrennt wurden, umso höher wird die Spannung. In Formeln benutzt man den Buchstaben  $U$  für die Spannung. Die Spannung wird in der Einheit Volt (Abkürzung: V) gemessen.

#### Beispiel:

$U = 10V$  bedeutet: Die Spannung beträgt 10 Volt.

Verbindet man nun den Pluspol und den Minuspol einer Spannungsquelle direkt oder über einen Verbraucher miteinander, so können die getrennten Ladungen wieder zueinander fließen. Man bezeichnet den Fluss von Ladungen als **elektrischen Strom**. Je mehr Ladungen pro Zeit fließen, umso größer ist der Strom. In Formeln benutzt man den Buchstaben  $I$  für den Strom. Er wird in der Einheit Ampère (Abkürzung: A) gemessen.

#### Beispiel:

$I = 2A$  bedeutet: Der Strom beträgt 2 Ampère.

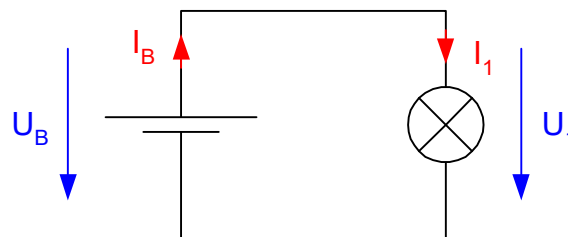
Man kann den elektrischen Stromkreis mit einem Wasserleitungssystem vergleichen. Die Spannung [V] in einem Stromkreis entspricht dem Druck [bar] in einem Wasserleitungssystem. Der Strom [A] im Stromkreis entspricht dem Durchfluss [l/min].

**Genauso wie der Wasserdruck den Wasserstrom durch die Rohrleitungen treibt, so ist es die elektrische Spannung die den Ladungsstrom durch den elektrischen Stromkreis treibt.**

**Allgemein gilt:**

1. Je größer die Spannung ist, umso größer ist auch der Strom.
2. Damit ein Strom fließen kann, braucht man eine Spannung.
3. Es kann eine Spannung geben, ohne dass ein Strom fließt.

Die verschiedenen Spannungen und Ströme werden mit Hilfe von Spannungs- und Strompfeilen in die Schaltung eingetragen. Die Spannungspfeile werden immer neben die Bauteile vom Plusanschluss zum Minusanschluss gezeichnet. Die Strompfeile werden immer auf die Leitungen in Flussrichtung gezeichnet.

**Beispiel:**

**An einem Verbraucher zeigt der Spannungspfeil immer in die gleiche Richtung wie der Strompfeil. An einer Spannungsquelle sind die beiden Pfeile entgegengesetzt.**

**1.4 Elektrische Leistung**

**Je höher die Spannung und der Strom an einem Verbraucher sind, umso mehr kann er leisten.**

Es gilt:

$$P = U \cdot I$$

P ist die vom Verbraucher aufgenommene elektrische Leistung in Watt (Abkürzung: W)

U ist die Spannung am Verbraucher in Volt

I ist der Strom durch den Verbraucher in Ampère

Verdoppelt sich nur die Spannung, so verdoppelt sich auch die Leistung.

Verdoppelt sich nur der Strom, so verdoppelt sich auch die Leistung.

Verdoppelt sich die Spannung und der Strom, so vervierfacht sich die Leistung.

**Aufgaben zur elektrischen Leistung:**

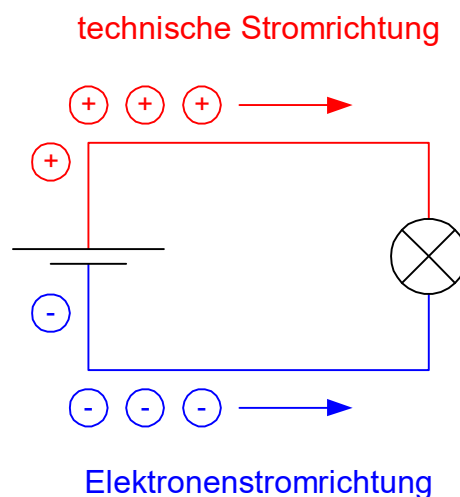
1. Eine 230V-Glühlampe nimmt einen Strom von 0,5A auf. Berechne die aufgenommene Leistung.
2. Ein elektrischer Heizlüfter am 230V-Stromnetz nimmt in der ersten Heizstufe eine elektrische Leistung von 1000W auf. Berechne den aufgenommenen Strom.
3. Für die Verkabelung von Steckdosen werden üblicherweise Leitung mit einem Querschnitt von 2,5 mm<sup>2</sup> verwendet. Solche Leitungen dürfen dauerhaft maximal mit einem Strom von 16A belastet werden.  
Berechne die maximale elektrische Leistung die über eine Steckdose abgegeben werden kann, ohne dass die Leitungen überhitzen oder die Sicherung auslöst.
4. Die Steckdosen in einem Zimmer sind parallelgeschaltet. Die Zuleitung aus dem Sicherungskasten führt zu der ersten Steckdose des Zimmers und von dort geht ein Kabel von einer Steckdose zur nächsten. An einer Steckdose ist ein Heizlüfter (2kW) in Betrieb. An anderen Steckdosen im Zimmer sind ein Fernseher (100W) und ein Deckenfluter (0,5kW) angeschlossen und eingeschaltet.  
Darf in dem gleichen Zimmer noch ein Staubsauger mit 800 W in Betrieb genommen werden, ohne dass eine der Leitungen überlastet wird? Begründe deine Antwort.
5. In dem VRW (Vorausrüstwagen) der Schifflinger Protection Civile befindet sich ein Stromerzeuger mit einer maximalen Leistung von 4,1kW. An dem Stromerzeuger befinden sich 4 Steckdosen die jeweils mit einer Sicherung von 10A abgesichert sind.  
Bei einem Einsatz nehmen die Zivilschützer folgende Geräte in der angegebenen Reihenfolge in Betrieb. Wo ergeben sich deiner Meinung nach bei längerem Betrieb Probleme?
  - a) Lichtmast mit 2 Scheinwerfer à 1000W
  - b) Hydraulisches Aggregat (1000W) zum Betrieb der Schere und des Spreitzers
  - c) Eine Kabeltrommel an der ein Trennschleifer (1800W) und ein zusätzlicher Scheinwerfer (1000W) angeschlossen sind.

6. Der Generator im Gas-Dampf-Turbinenkraftwerk gegenüber der Schule kann maximal eine elektrische Leistung von 400MW produzieren. Die Spannung am Ausgang des Generators beträgt 24kV.
- a) Berechne den Strom der aus dem Generator fließt, wenn die maximale Leistung produziert wird.
  - b) Direkt hinter den Generator wird die Spannung mit einem Transformator auf 220kV erhöht. Die abgegebene Leistung wird dadurch nicht verändert. Berechne den Strom auf der Hochspannungsleitung.

## 1.5 Leitungen

Leitungen werden benötigt, um die Ladungen zwischen der Spannungsquelle und dem Verbraucher zu transportieren. Nicht jeder Werkstoff eignet sich zum Ladungstransport. Bei verschiedenen Werkstoffen wie Gummi, Glas, Keramik oder Lacke sind die Elektronen so fest an die Atomkerne gebunden, dass sie nicht für einen Ladungstransport zur Verfügung stehen. Bei solchen Werkstoffen spricht man auch von **Nichtleitern** oder **Isolatoren**.

Metalle dagegen binden ihre Elektronen nur sehr schwach an den Kern, weshalb sie sich sehr leicht am Ladungstransport beteiligen können. Man spricht von einem **elektrischen Leiter**. Aus diesen Erklärungen ergibt sich, dass in einer elektrischen Schaltung nur die Elektronen vom Minuspol zu dem Pluspol der Spannungsquelle fließen können. Man spricht von der Elektronenstromrichtung.



Aufgrund eines Fehlers in der Vergangenheit wird aber heute immer noch so getan, als wenn nur die positiven Ladungen vom Pluspol zum Minuspol fließen würden. Man spricht von der technischen Stromrichtung. Obwohl dies eigentlich falsch ist wird auch heute noch ausschließlich mit der technischen Stromrichtung gearbeitet.

**Der Strom fließt immer vom Plusanschluss zum Minusanschluss der Spannungsquelle durch die Schaltung.**

## 1.6 Verbraucher

Eine Spannungsquelle erzeugt nicht nur eine Spannung, sie erzeugt auch elektrische Energie die im Verbraucher in eine andere Energieform umgewandelt wird.

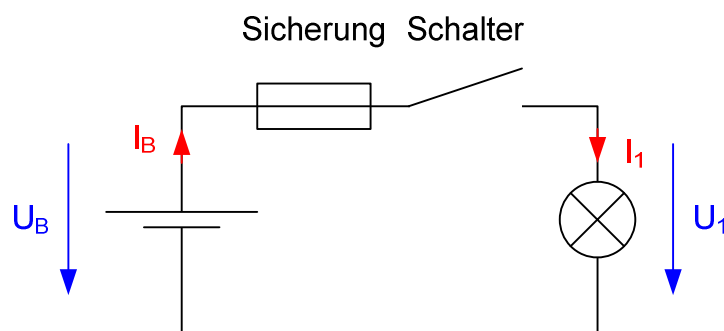
- Eine Glühlampe wandelt elektrische Energie in Wärme- und Lichtenergie um.
- Ein Heizlüfter wandelt elektrische Energie in Wärmeenergie um.
- Ein Motor wandelt elektrische Energie in Bewegungsenergie um.

### Merke:

**Elektrische Verbraucher wandeln elektrische Energie in eine andere Energieform um.**

## 1.7 Der einfache elektrische Stromkreis mit Schalter und Sicherung

### Schaltung:



Über den Schalter kann der Stromkreis im normalen Betrieb durch manuelle Betätigung unterbrochen werden.

Die Sicherung unterbricht den Stromkreis automatisch sobald durch eine Überlastung der Strom zu groß wird. Dies verhindert dass die Leitungen überhitzen.

**Eine Sicherung dient also nicht zum Schutz des Verbrauchers oder des Menschen, sondern zum Schutz der Leitung die sich hinter ihr befindet.**



### 1.7.1 Schalter

Ein Schalter ist eine mechanische Vorrichtung die den Stromkreis unterbricht. Er muss so gebaut sein, dass er im geschlossenen Zustand den Nennstrom (Stromstärke für die er gebaut wurde) fließen lässt ohne sich dabei unzulässig zu erwärmen.

Im geöffneten Zustand muss er den Stromkreis so weit öffnen, dass es bei Nennspannung nicht zu einem Funkenüberschlag kommen kann.

### 1.7.2 Sicherungen

Im einfachsten Fall besteht eine Sicherung aus einem dünnen Draht, der in einem Glaskolben steckt. Der Draht muss dünner als die Leitungen des Stromkreises sein. Fließt ein unzulässig hoher Strom wird der dünne Draht als Erstes durchschmelzen und den Stromkreis unterbrechen. Dadurch wird verhindert, dass sich die Leitungen überhitzen und durchschmelzen können. Man nennt diesen Typ Sicherung daher auch Schmelzsicherung.

**Je dünner ein Draht ist, umso wärmer wird er, wenn man Strom hindurchfließen lässt.**

**Achtung:** Schmelzsicherungen sind träge, d.h. sie brennen nicht sofort bei der kleinsten Überschreitung des Grenzwerts durch. Bei kleinen Überschreitungen kann es mehrere Stunden dauern bis sich die Sicherung so weit aufgeheizt hat, dass sie durchbrennt.

## 1.8 Gefahren des elektrischen Stroms

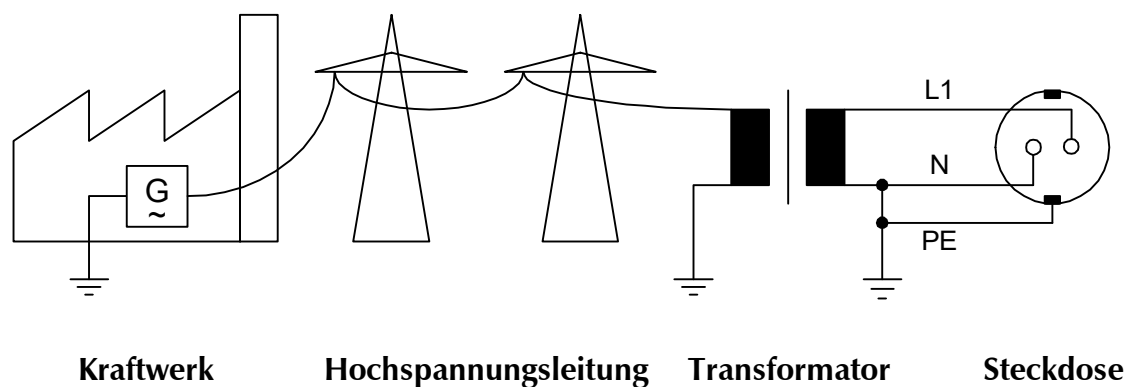
### 1.8.3 Erste Gefahr: Körperströme

Die besondere Gefahr des elektrischen Stroms liegt in seiner Wirkung auf das menschliche Herz. Berührt man mit einer Hand den Pluspol einer Spannungsquelle und mit der anderen Hand den Minuspol so fließt ein Strom über das Herz durch den menschlichen Körper (Körperstrom). Überschreitet dieser Strom 50mA (50 tausendstel Ampère), so kann dies Herzkammerflimmern auslösen. Dabei schlägt das Herz so schnell, dass es kein Blut mehr pumpt, was zum Tod führt.

Im 230V-Stromnetz kann es aber schon zu einem Körperstrom kommen, wenn man nur einen Anschluss anfasst. Um dies zu verstehen muss kurz die Erzeugung und Übertragung von elektrischem Strom erklärt werden.

Elektrischer Strom wird in Kraftwerken von Generatoren erzeugt. Er wird dann über Hochspannungsleitungen möglichst nahe an die Endverbraucher geführt. Dort wird die Spannung mit Hilfe von Transformatoren auf 230V reduziert. Auf der Ausgangsseite des Transformators wird der Nullleiter (N) und der Schutzleiter (PE) mit der Erde ( $\perp$ ) verbunden.

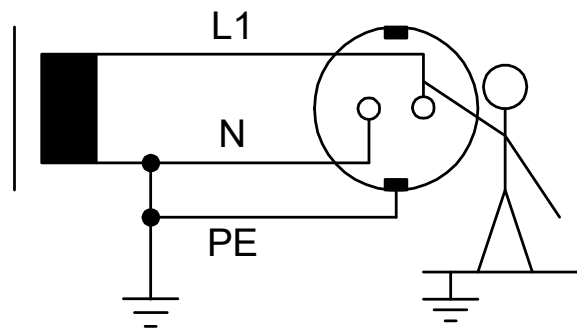
### Vereinfachte Darstellung einer elektrischen Energieübertragung:



Berührt man nun mit einer Hand einen Außenleiter (L1, auch Phase genannt) des 230V-Stromnetzes, so fließt ein Körperstrom über die Erde zurück zum Transformator auch ohne, dass man mit der zweiten Hand den Nullleiter oder den Schutzleiter berührt.

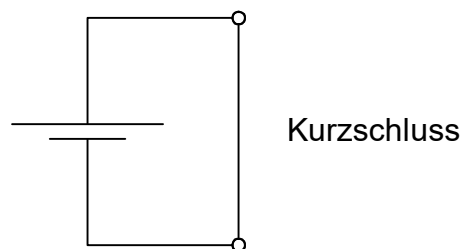
### **Aufgabe:**

Zeichne den geschlossenen Verlauf des Körperstroms ein.



### **1.8.4 Zweite Gefahr: Kurzschlüsse**

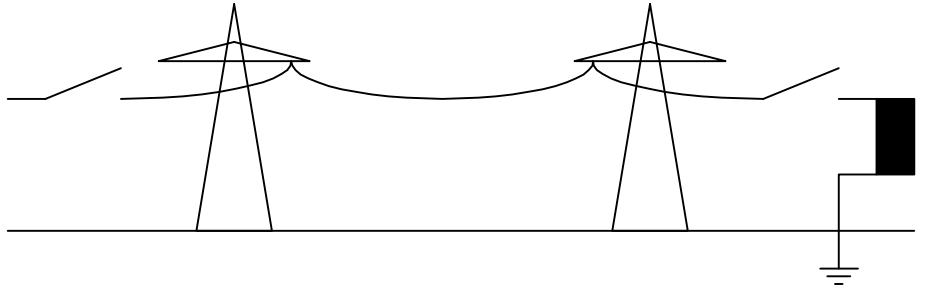
Unter einem Kurzschluss versteht man eine gewollte oder ungewollte direkte elektrische Verbindung zwischen den Anschlussklemmen einer Spannungsquelle.



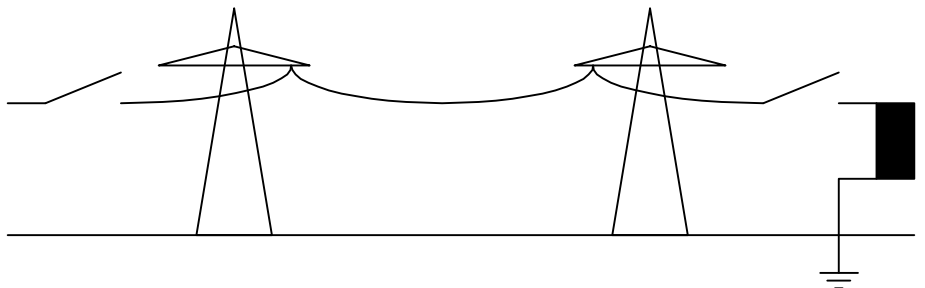
Da der Verbraucher fehlt, entsteht beim Kurzschluss ein sehr großer Strom. Dieser Strom erhitzt die Leitungen und kann diese schmelzen lassen. Auf Starkstromleitungen ( $I > 40\text{A}$ ) kann es beim Kurzschluss sogar zu explosionsartigen Lichtbögen kommen noch bevor die Sicherung durchbrennt. Solche Lichtbögen können zu schwersten lebensbedrohlichen Verbrennungen führen.

### 1.8.5 Besondere Gefahren an Hochspannungsleitungen

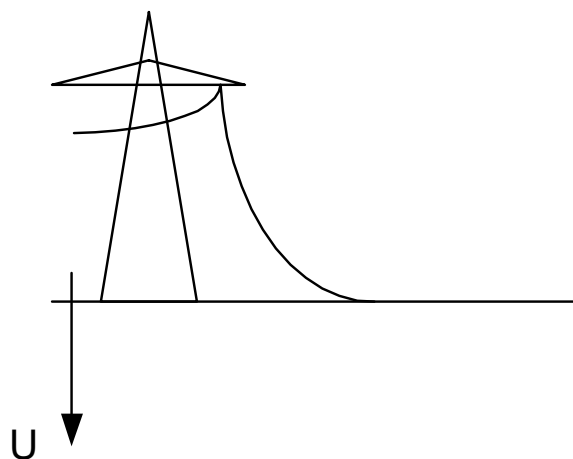
Hochspannungsleitungen können Ladungen speichern, auch wenn sie nicht mehr mit dem Kraftwerk verbunden sind.



**Abgeschaltete Hochspannungsleitungen können also erst dann sicher berührt werden, wenn sie geerdet, d.h. mit Erde verbunden, sind.**



Fällt eine Hochspannungsleitung auf die Erde, kommt es nicht zwangsläufig zu einem Kurzschluss. Wenn der Boden zu trocken ist, kann es passieren, dass der Abschaltstrom der Hochspannungssicherung nicht überschritten wird. Es fließt dann ein hoher Strom in den Boden und dieser erzeugt dort einen sogenannten *Spannungstrichter*, d.h. am Kontaktpunkt der Hochspannungsleitung mit der Erde befindet sich eine hohe Spannung die mit zunehmendem Abstand vom Kontaktpunkt abnimmt.



Betrifft man das Feld eines Spannungstrichters stellt man mit beiden Beinen eine Verbindung zwischen zwei Punkten unterschiedlicher Spannung her. Man spricht auch von der Schrittspannung.

Die Schrittspannung kann wiederum zu einem lebensgefährlichen Körperstrom führen.

