

Elektrische Spannung einfach erklärt

Hast du dich schon jemals gefragt, was die Angabe 1.5 V auf einer AA-Batterie bedeutet? Oder, was es bedeutet, dass die Steckdose 230 V liefert? Oder, was es bedeutet, dass ein USB-Anschluss 5 V braucht, um zu funktionieren? Das sind alles Fragen, die mit der elektrischen Spannung zu tun haben. Lass uns versuchen zu verstehen, was diese Angaben physikalisch bedeuten.

Mit diesem Grundlagenwissen wird es dir später einfacher fallen

- einfache elektrische Schaltkreise zu analysieren,
- mit elektrischen Größen zu rechnen,
- oder einfach ein Gespür für Spannungsangaben auf deinen Alltagsgeräten zu bekommen.

1.1 Elektrisch positive und negative Ladungen

Teilchen können negative oder positive elektrische Ladung tragen. Bezeichnen wir diese Ladung mit dem Buchstaben q . Ladung wird in der Einheit Coulomb gemessen und mit C abgekürzt:

$$[q] = \text{C} \quad (1)$$

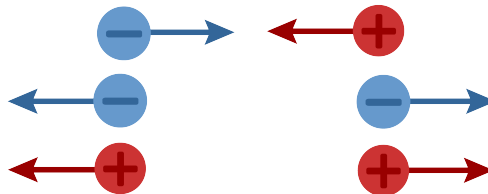


Figure 1: Ladungen gleichen Vorzeichens stoßen sich ab. Ladungen unterschiedlichen Vorzeichens ziehen sich an.

Teilchen, wie die Protonen, aus denen unser Universum aufgebaut ist, tragen eine sehr kleine positive Ladung von $q = 10^{-19}$

,C. Das sind 18 Nullen mit einer 1 hinter dem Komma:

$$[q] = 0.000\,000\,000\,000\,000\,000\,000\,1\,\text{C} \quad (2)$$

Das ist eine recht winzige Ladungsmenge für unsere Alltagsverhältnisse. Erst, wenn wir ganz ganz viele Teilchen nehmen, werden sie in der Summe eine merkbare Menge an Ladung tragen.

Lass uns also ganz viele Ladungen nehmen.

Damit verschiedene Teilchen nicht durcheinandergeraten, packen wir den positiven Teilchenhaufen in eine Schachtel. Und die negativen Teilchen in eine andere Schachtel. Die einzelnen Ladungen bilden in der Summe eine Gesamtladung Q :

$$Q = q + q + q + \dots \quad (3)$$

In der positiv geladenen Schachtel ist die Gesamtladung Q positiv, weil positiv geladene Teilchen eine Ladung mit einem positiven Vorzeichen tragen. Und in der negativ geladenen Schachtel ist Q negativ, weil negativ geladene Teilchen eine Ladung mit einem negativen Vorzeichen tragen.

Unsere Schachteln stellen nun zwei riesige Ladungen dar, die sich gegenseitig anziehen und sich aufeinander zubewegen. Schließlich ziehen sich entgegengesetzte Ladungen an. Wir sagen: Sie üben eine *elektrische Kraft* aufeinander aus. Je mehr Ladungen in den Schachteln, das heißt je größer Q , desto größer ist die anziehende elektrische Kraft.

1.2 Ladungstrennung erzeugt Spannung

Machen wir ein Gedankenexperiment. Wir befestigen die beiden Schachteln so, dass sie sich nicht aufeinander zubewegen können. Auf diese Weise bleiben die entgegengesetzte Ladungen getrennt voneinander.

Die Ansammlung negativer Ladungen in der der einen Schachtel wird **Minuspole** genannt und die Ansammlung positiver Ladungen in der anderen Schachtel wird **Pluspol** genannt.

Beide Pole ziehen sich an, sie wollen sich aufeinander zubewegen. Das können sie aber nicht tun, weil wir sie jeweils an zwei *verschiedenen* Orten befestigt haben. Durch die Trennung des Plus- und Minuspols entsteht eine **elektrische Spannung** zwischen den Polen. Wir bezeichnen die Spannung mit dem Formelzeichen U .

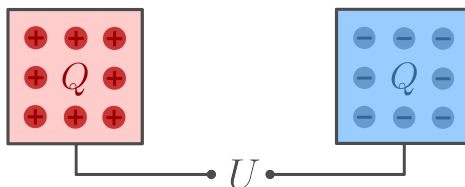


Figure 2: Zwischen zwei entgegengesetzt geladenen Schachteln entsteht eine elektrische Spannung U .

- Die elektrische Spannung U ist kleiner, wenn *wenig* positive und negative Ladungen getrennt sind. In diesem Fall ist die Gesamtladung Q in den Schachteln klein.
- Die elektrische Spannung U ist groß, wenn *viele* positive und negative Ladungen getrennt sind. In diesem Fall ist die Gesamtladung Q in den Schachteln groß.

Die Spannung entsteht nur dann, wenn positive und negative Ladungen getrennt sind. In unserem Fall sind es zwei voneinander getrennte geladene Schachteln. Das musst du verinnerlichen:

Die elektrische Spannung bezieht sich *immer auf zwei verschiedene Punkte*.

Behalte also immer die Frage im Hinterkopf: Spannung *zwischen welchen zwei Punkten*? Zwischen den Punkten, an denen sich die beiden Schachteln befinden.

Wenn du also etwas von der Spannung liest oder hörst, denke immer daran, dass es irgendwo positive und negative Ladungen voneinander getrennt werden und es prinzipiell die Möglichkeit besteht, sie aufeinander loszulassen, um einen elektrischen Strom zu erzeugen. Wir kommen aber gleich noch zum Strom.

1.3 Spannung ist Energie pro Ladung

Bis jetzt hast du nur gelernt, dass Ladungstrennung die Ursache der elektrischen Spannung ist. Lass uns jetzt versuchen zu verstehen, was Spannung physikalisch konkret bedeutet. Damit kannst du dann etwas mit solchen Angaben wie 5 V anfangen.

Dazu nehmen wir ein kleines positiv geladenes Teilchen mit der Ladung q . Nennen wir dieses Teilchen eine *Testladung*. Damit können wir testen, wie groß diese Ladungstrennung und damit wie groß die Spannung zwischen den Polen ist.

Platzieren wir die Testladung direkt am Pluspol. Dann wird die Testladung vom Minuspol angezogen. Sie erfährt also eine elektrische Kraft. Diese Kraft bewirkt, dass die Testladung beschleunigt wird. Kurz bevor es auf die negative Schachtel drauf prallt, erreicht die Testladung irgendeine bestimmte Geschwindigkeit. Sie hat ja die ganze Zeit beschleunigt.

Wenn eine Testladung aber eine Geschwindigkeit hat, dann hat sie auch **Bewegungsenergie**. *Die Testladung hat also Bewegungsenergie gewonnen, indem sie vom Pluspol zum Minuspol gewandert ist.* Die Testladung hatte am Anfang keine Bewegungsenergie, hat aber durch die Beschleunigung zum negativen Pol, Bewegungsenergie erhalten!

Nennen wir diese gewonnene Energie W . Die Energie wird in *Joule* gemessen und die Einheit

mit J abgekürzt:

$$[W] = J \quad (4)$$

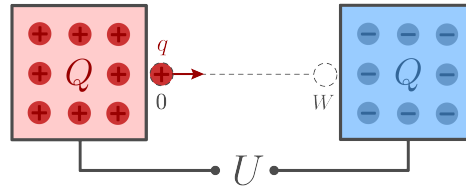


Figure 3: Eine kleine Testladung bekommt Bewegungsenergie, wenn sie vom Pluspol zum Minuspol wandert.

Halten wir eine wichtige Erkenntnis fest:

Die Ladungstrennung hat zur Folge, dass *geladene Teilchen Bewegungsenergie gewinnen*, wenn sie die Strecke zwischen dem Pluspol und Minuspol durchlaufen.

Wenn wir jetzt diese gewonnene Bewegungsenergie W durch die Ladung q des Testteilchens teilen, bekommen wir eine Größe, die gewonnene Energie pro Ladung angibt: $\frac{W}{q}$. Und diese Größe $\frac{W}{q}$ entspricht der elektrischen Spannung U :

$$U = \frac{W}{q} \quad (5)$$

Übersetzt in Worte sagt diese Formel aus:

Elektrische Spannung U ist ein Maß dafür, wie viel Bewegungsenergie W ein geladenes Teilchen gewinnen würde, wenn es vom Plus- zum Minuspol gewandert ist.

Beispiel

Ein Testteilchen mit $q = 1 \text{ C}$ fliegt vom Pluspol zum Minuspol und gewinnt dabei, sagen wir mal, $W = 10 \text{ J}$ an Energie. Die Spannung ist also 10 Volt pro Coulomb:

$$U = \frac{10 \text{ J}}{1 \text{ C}} = 10 \frac{\text{J}}{\text{C}} = 10 \text{ V} \quad (6)$$

Dabei bezeichnen wir die Einheit Joule pro Coulomb $\frac{\text{J}}{\text{C}}$ als **Volt** V und kürzen sie mit dem Buchstaben V ab. In diesem Fall sagen wir: Zwischen dem Plus- und Minuspol liegt eine Spannung von 10 V an.

1.4 Strom und Spannungsquelle

Wenn wir die beiden Pole leitfähig verbinden, können die positiven Ladungen zum Minuspol wandern. Wir nehmen dabei an, dass die negativen Ladungen in der negativen Schachtel fest verankert sind und sich nicht bewegen können. Sonst würden sie auch entlang der Verbindung zum Pluspol wandern. Das wäre zwar okay, würde aber unser Gedankenexperiment unnötig kompliziert machen. Deshalb betrachten wir nur den Strom positiver Ladungen.

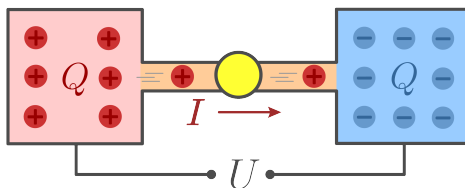


Figure 4: Beide Pole sind leitend miteinander verbunden. Die Spannung und Strom fallen mit der Zeit ab, wenn Ladungen nicht nachgeliefert werden.

Der elektrische Strom I ist die Ladungsmenge pro Sekunde, die durch diese Verbindung wandert. Die Ladungen werden schließlich zum Minuspol angezogen. Es ist klar, dass die Ladungen nur dann durch diese Verbindung wandern, wenn es überhaupt eine Ladungstrennung gibt! Ohne Ladungstrennung gibt es hier weder eine Spannung noch einen Strom.

Wir können diesen Strom ausnutzen, um beispielsweise ein Lämpchen zum Leuchten zu bringen. Die positiven Ladungen werden durch die Verbindung zum Minuspol wandern. Das bedeutet aber, dass die Anzahl an positiven Ladungen in der positiven Schachtel abnehmen wird. Die Ladungstrennung sinkt. Der Strom sinkt. Das Lämpchen leuchtet immer schwächer. Da weniger Ladungen getrennt sind, nimmt die Spannung natürlich auch ab und zwar solange, bis es keine Ladungen in der positiven Schachtel mehr gibt. Dann ist die Spannung Null. Der Strom hört auf zu fließen. Das Lämpchen hört auf zu leuchten.

Die Ladungen sind nicht mehr getrennt voneinander, sondern befinden sich alle in einer Schachtel. Dort haben sich die entgegengesetzten Ladungen gegenseitig neutralisiert. Das heißt: Die Gesamtladung Q ist in dieser Schachtel jetzt Null: $Q = 0$.

Was ist aber, wenn wir wollen, dass das Lämpchen unaufhörlich leuchtet? Wie können wir es erreichen? Dazu müssen wir die *Anzahl getrennter Ladungen aufrechterhalten*, damit der Strom und die Spannung nicht kleiner werden. Ständig müssen wir Ladungen in die beiden Schachteln nachliefern. Nur so geht das Lämpchen nicht aus und bleibt die ganze Zeit gleich hell.

Wenn wir Ladungen, auf welche Weise auch immer, in die Schachteln nachliefern, dann haben

wir dadurch eine sogenannte **Spannungsquelle** geschaffen, mit der wir dann einen nicht abfallenden Strom erzeugen können, der wiederum das Lämpchen unaufhörlich leuchten lässt.

Beispiel

Eine Spannungsquelle gibt es sogar in deinem Zimmer. Eine Steckdose. Die beiden Löcher der Steckdose bilden vereinfacht gesagt die beiden Pole, in denen Ladungen bereitstehen. Wenn du die Löcher (also die beiden Pole) mit einem Stecker verbindest, dann hast du ununterbrochen 230 V zur Verfügung. Für diese stetige 230 V sorgt irgendwo ein Kraftwerk.

1.5 Ist Strom oder Spannung gefährlich?

Spannung an sich ist nicht gefährlich, egal ob 10 V oder 10 000 V. SOLANGE die Ladungen getrennt sind, passiert nichts Besonderes! Die positiven Ladungen ruhen in der einen Schachtel vor sich hin. Und die negativen Ladungen in der anderen Schachtel. Obwohl die Spannung zwischen den Polen 10 000 V sein kann.

Erst, wenn wir die beiden Pole *leitfähig verbinden*, fließt ein elektrischer Strom und der kann wiederum gefährlich werden. Der Strom wird umso gefährlicher,

- je größer die Spannung U ist
- und je besser die Verbindung die Ladungen durchlässt.

Natürlich sollte die Verbindung zwischen den Polen nicht dein Körper sein! Auch, wenn dein Körper nicht so eine gute Verbindung darstellt, wie beispielsweise ein Kupferkabel, kann eine ausreichend große Spannung die Ladungen auch durch deinen Körper 'durchdrücken'. Die Folgen sind zum Beispiel: Verbrennungen an den Stellen, wo der Strom durchgegangen ist.

So das wars! In der nächsten Lektion schauen wir uns das **Ohmsches Gesetz** an, mit dem wir genau beschreiben können, wie Strom und Spannung miteinander zusammenhängen. In diesem Sinne: Tschüss und bis zum nächsten Mal!