

## Basiswissen für junge Elektroniker

### **Was ist Elektrizität?**

Habt ihr euch schon mal gefragt, warum Papa manchmal einen elektrischen Schlag spürt, wenn er aus dem Auto steigt? Bei trockener Luft hat das jeder schon mal erlebt. Dann schimpft er vor sich hin und ist darüber verärgert, dass so etwas heute noch möglich ist, wo man doch viel Geld für den teuren Wagen bezahlt hat.

Alles Naturerscheinungen! Die Physik, genauer gesagt die Lehre von der Elektrizität, weiß darauf eine Antwort. Wir machen uns mal auf den Weg der Erkenntnisse.

### **Die elektrische Ladung**

Bestimmte Stoffe, die man auch Isolatoren nennt, haben eine elektrische Eigenschaft, die schon die alten Völker kannten. Bernstein, ein erhärtetes Baumharz, zieht kleine Teilchen an, wenn man daran reibt. Die Griechen nannten Bernstein „elektron“. Das Wort steht heute für die kleinste elektrische Ladungsmenge, die sog. Elementarladung. Das Atom des Wasserstoffs hat ein Elektron. Das Proton als Atomkern hat eine positive Elementarladung, das Elektron die negative.

Bernstein findet man z.B. an der Ostsee. Aber es gibt inzwischen eine Menge Kunststoffe, mit denen man viel einfacher die sog. „Reibungselektrizität“ erzeugen kann. Im Baumarkt gibt es Elektrorohre. Die sind aus PVC gefertigt. Man verlegt in ihnen elektrische Leitungen, um sie vor mechanischer Beschädigung zu schützen. Ich habe euch die 2,5m langen Rohre in handliche Stücke gesägt. Reibt man an ihnen mit einem Wolltuch, dann laden sie sich elektrisch auf.

Es werden beim Reiben viele Elektronen von der Wolle abgelöst. Sie sammeln sich auf dem Rohr. Weil es nicht elektrisch leitet, können die Elektronen nicht zur Erde abfließen. Das Rohr ist an seinem vorderen Ende negativ geladen. Negativ deshalb, weil sich mehr Elektronen auf seiner Oberfläche gesammelt haben, als vorher da waren. Als ich das Tuch in der Hand hielt, wurden einige Elektronen aus der Erde über meinen Körper zum Tuch nachgesaugt. Die Erde hat sie deshalb verloren. Sie möchte sie aber wieder haben. Halte ich das Rohr an einen geerdeten Gegenstand, z.B. die Heizung, dann fließen die Elektronen vom Rohr zur Erde zurück. Das Rohr ist dann wieder entladen und verhält sich zur Erde elektrisch neutral.

### **Reibungselektrizität**

Die Elektronen wurden also durch Reibung vom Tuch einfach weggewischt und blieben auf dem Rohr. Man spricht von einer Trennung der Elektronen und nennt den Vorgang eine Ladungstrennung. Nun, die Elektronen kommen von den Atomen, aus denen die Stoffe bestehen. Es gibt Stoffe, die ihre Elektronen so leicht abgegeben wie die Wolle. Die Menge der Elektronen, die sich auf dem Rohr angesammelt haben, bestimmt die Stärke der Ladung. Sind dort sehr viele Elektronen im Überschuss vorhanden, dann spricht man von einer negativen Ladung. Fehlen aber dem Tuch einige Elektronen, so ist es positiv geladen. Ihr seht also, dass elektrische Ladungen immer eine relative Angelegenheit sind. Hat ein Gegenstand mehr freie Elektronen als ein anderer, dann ist er in Bezug zu diesem elektrisch negativ geladen und umgekehrt positiv, wenn er weniger Elektronen besitzt.

Wir haben jetzt verstanden, dass die Elektronen sich bewegen können. Sie wandern von einem Gegenstand zum anderen. Immer wenn eine Ladung sich verändert, hat das was mit dem Bewegen von Elektronen zu tun. Und nun versteht ihr sicherlich auch, dass man das Fließen oder Wandern der Elektronen Elektronenfluss nennt oder mit anderen Worten schlicht vom elektrischen Strom spricht. Beim Ladungsaustausch fließt ein elektrischer Strom.

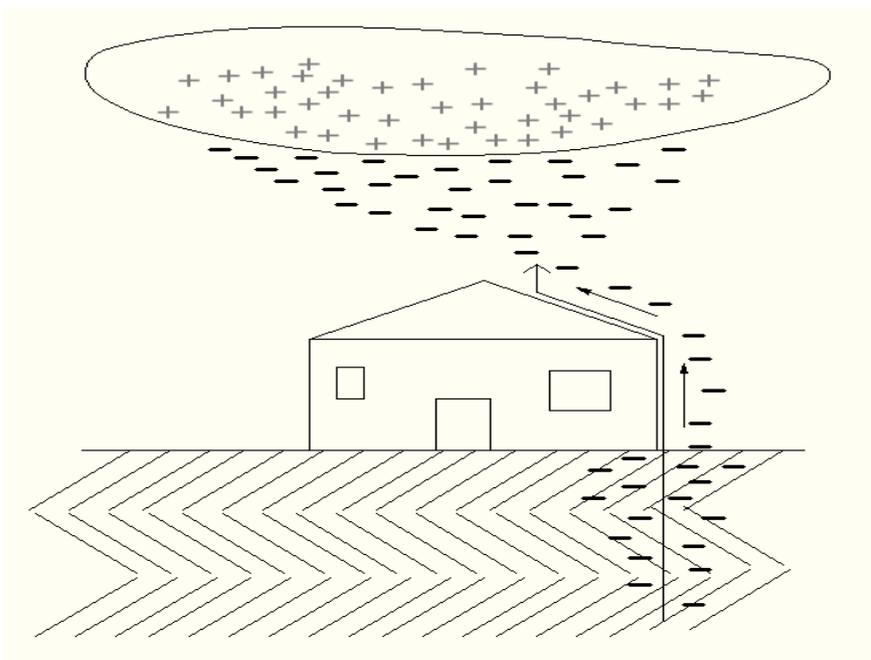
## Elektrisches Verhalten

Sitzen auf einem Gegenstand, z.B. auf einer metallischen Kugel, sehr viele Elektronen, so möchten sie dort weg. Sie können sich nicht leiden und stoßen sich gegenseitig ab, soweit das möglich ist. Sie möchten weg von der Kugel. Am liebsten dort hin, wo noch Platz ist, nämlich an einen Ort, wo zu wenige Elektronen sind, der also positiv geladen ist.

## Der Blitzableiter



Die Erde ist eine riesige elektrisch leitende Kugel. Auf ihr ist so unendlich viel Platz für die Elektronen, dass sie immer dann sofort zu ihr fließen, wenn sich eine Gelegenheit bietet. Wir machen es daher den Ladungen leicht, sich im Augenblick ihrer Entstehung über einen Blitzableiter mit der Erde auszugleichen. Ganz ohne Blitz finden die Elektronen den Weg zur Erde. Dabei hilft es, wenn der Blitzableiter eine Spitze hat, die in den Himmel zeigt. Aus ihr können die Elektronen sehr leicht entweichen und so eine positiv geladenen Wolke über dem Haus neutralisieren.



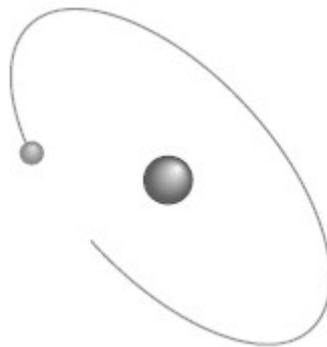
Die Erde liefert diese Elektronen massenweise, ohne dass wir das merken. Der gewünschte Erfolg

ist, dass die Wolke über uns elektrisch neutral wird und keinen Blitz auslösen kann. Unser Haus wird so laufend vor einem Einschlag geschützt. Hat die Wolke eine negative Ladung, also zu viele Elektronen, dann fließen diese genauso unbemerkt in den Blitzableiter hin zur Erde ab, noch bevor es zu einem Blitzschlag kommt.

Dass der Blitz einschlägt, passiert aber dennoch viel zu oft. Wenn z.B. die leitende Verbindung zur Erde bei einem alten, verrotteten Blitzableiter nicht mehr besteht. Oder wenn kein Blitzschutz vorhanden ist. Die Ladungen in den Wolken können nicht mehr ausgeglichen werden und es kommt zu einem so großen Druck der Elektronen, dass sich die Wolke nur über einen Blitz befreien kann. Es fließt augenblicklich die gesamte Ladung zur Erde ab. Dabei wirken extrem große elektrische Ströme. Sie können einen Baum explodieren lassen, wobei durch die Stromerwärmung der Saft im Inneren und der Rinde verdampft. Es entstehen hohe Dampfdrücke im Baum, die ihn zum Zerreißen bringen. Sogar alte Holzbalken und auch Betondecken platzen im Haus, wenn der Blitz durch sie hindurch fährt. Es ist also zu unserem Schutz sehr wichtig, den elektrischen Zustand des Blitzableiters - die einwandfreie Verbindung zur Erde – ständig zu überwachen und in Funktion zu halten.

Ihr habt sicherlich jetzt erkannt, dass ein Blitzableiter den Blitz verhindern soll. Wenn er dennoch einschlägt, dann soll er die großen Ströme ohne Widerstand zur Erde ableiten, damit auf seinem Weg dorthin kein Brand entsteht. Daher der eigentlich verwirrende Name B...ableiter. Den Blitzstrom auf kürzestem Weg in die Erde zu führen, ist eine sekundäre Eigenschaft. Die geladenen Wolken über dem Haus zu neutralisieren, die primäre Funktion. Man spricht heute auch treffender von einer Blitzschutzanlage.

### **Können wir Elektronen sehen?**



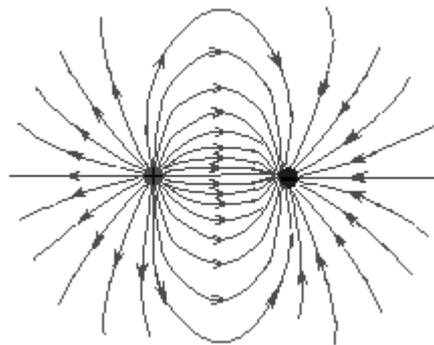
Nein! Sie sind so winzig, dass wir uns von ihnen kaum eine Vorstellung machen können. Wäre die Erde das Zentrum eines Atoms, also der Atomkern. Und hätte sie die Größe von einem Heißluftballon, dann wäre das sie umkreisende Elektron so groß wie eine Erbse, die in einem Abstand, fast so weit wie der Mond, den Ballon umkreist. Dieses Modell wird meist am Atom des Wasserstoffs so erklärt. Es hat nur ein Elektron, während andere Atome sehr viel mehr haben. Diejenigen, die ganz außen um den Kern kreisen, sind am leichtesten abzulösen. In Flüssigkeiten und Gasen werden die Atome oder Moleküle durch Ladungstrennung zu Ionen. Die elektrischen Ladungen werden also von Atomen transportiert. Das geht sehr viel langsamer als ein Elektronenaustausch über einen metallischen Leiter. Ein elektrischer Leiter ist ein Stoff, der die Bewegung der Elektronen kaum behindert. In metallischen Leitern bewegen sich die Elektronen fast mit Lichtgeschwindigkeit, also in einer Sekunde beinahe siebenmal um Äquator.

## Isolatoren und Leiter

Bei den Versuchen mit der statischen Elektrizität haben wir es überwiegend mit Isolatoren zu tun. Das sind Stoffe, die es den Elektronen sehr schwer machen, sich in und auf ihnen zu verteilen. Die werden hier in ihrer Bewegung stark behindert oder kommen überhaupt nicht voran. Es gibt Stoffe, die isolieren so gut, dass kein Elektron entweichen kann. Wir kommen später darauf zu sprechen, wenn wir uns mit den sog. Elektreten beschäftigen. PVC, Plexiglas, PE und viele andere Kunststoffe sind gute Isolatoren. Sie leiten den elektrischen Strom sehr schlecht, fast gar nicht. Ebenso Luft und auch der luftleere Raum, das Vakuum.

Fast alle Metalle, wie Silber, Kupfer und Aluminium sind dagegen gute elektrische Leiter. Aber auch Salzwasser, Säuren und Laugen lassen den Strom fast ungehindert fließen. Bei feuchter Luft (>60%) werden die meisten elektrostatischen Ladungen schnell abgebaut. Daher gelingen unsere Versuche an bestimmten Tagen besser als an anderen, wenn die Luftfeuchtigkeit einen hohen Wert hat. Bei Regenwetter z.B. wird es schwierig sein, mit dem PVC-Rohr genügend starke Ladungen zu erzeugen.

## Das elektrische Feld

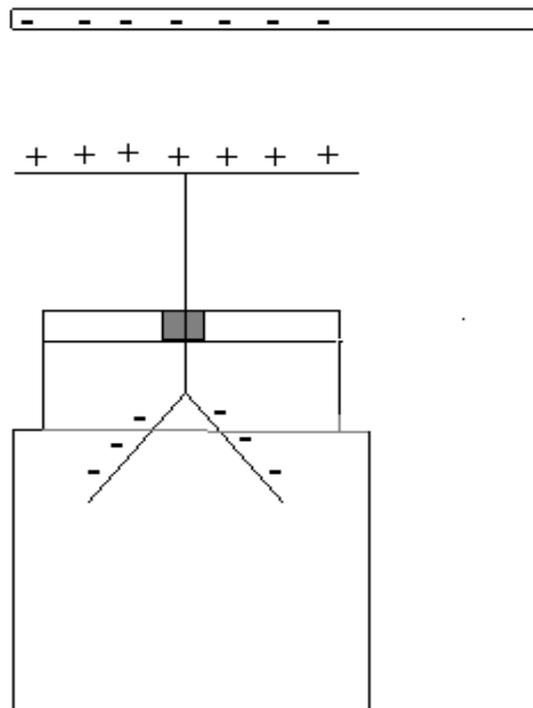


Von elektrischen Ladungen gehen unsichtbare Kräfte aus. Im näheren Einflussbereich von Ladungen können sie sich bemerkbar machen. So werden leichte Papierschnitzel oder Styroporpartikel von einer Ladung angezogen. Man kann das Kraftfeld sichtbar machen. Von einer Kugel gehen sie strahlenförmig in jede Richtung aus. Zwischen zwei elektrisch geladenen Metallplatten (Kondensator) sind sie direkt aufeinander ausgerichtet und man kann sie sich als parallel verlaufende Kraftlinien vorstellen. Innerhalb solcher elektrischen Felder verschieben sich in den Stoffen die Ladungen. Ist ein Gegenstand isoliert von der Erde aufgestellt und geladen, dann trennen sich die Elektronen, wenn sie können. Z.B. bewegen sich die Elektronen in einer metallischen Platte bei negativer Ladung nach den äußeren Flächen hin. Sie streben innerhalb sehr leicht auseinander (Leiter), weil sie sich ja gegenseitig verdrängen. So sammeln sie sich auf den

Oberflächen und stehen sich feindlich gegenüber. Da sie die Platte nicht verlassen können, bleibt der Zustand zwangsweise erhalten.

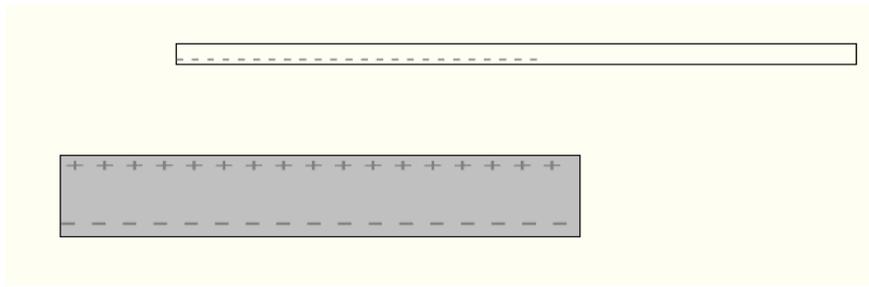
Sitzt man in einer metallische Kugel, so kann man im Inneren keine Ladungen aufspüren. Alle Elektronen befinden sich auf der Oberfläche der Kugel. Würde man der Kugel weitere Ladungen zuführen, wäre das innen auch nicht durch eine noch so empfindliche Spannungsmessung nachweisbar. Die Kugel oder alle elektrisch leitenden, geschlossenen Hüllen, wie z.B. ein Auto, schützen so vor elektrischen Schlägen. Im Inneren ist man vor einem Blitz absolut sicher. Er könnte oben einschlagen und unten wieder heraustreten, ohne dass man davon etwas spürt. Man nennt so ein Gebilde nach seinem Erfinder auch Faradayscher Käfig.

In einem guten Isolator sind große elektrische Spannungen nötig, um die Trennung auszulösen. Danach aber braucht man keine äußere elektrische Kraft, um die Ladungen getrennt zu halten. Sie können sich nach der Trennung nicht mehr vereinen, weil der Isolator die Elektronen nicht leitet. Wieder möchte ich hier das Elektret nennen, zu dem wir später kommen werden.



### Die Influenz

Die Verschiebung der Ladungen, bzw. den Einfluss von Ladungen auf elektrisch neutrale Körper, die dadurch eine Ladungstrennung aufbauen, nennt man Influenz. Die Influenz erzeugt die Ladungstrennung. Man sieht das hier am Elektroskop. Die positive Ladung wird vom PVC-Rohr, das negativ geladen ist, angezogen. Am unteren Ende, an den Aluminiumblättchen, verbleibt eine negative Ladung, die diese Streifen zum Spreizen bringt. Da sie die gleiche Ladung haben, stoßen sie sich ab. Innerhalb des leitenden Gebildes werden die Ladungen getrennt. Wäre der innere Teil des Elektroskopes eine flache Metallplatte, dann würde ebenfalls die Ladungstrennung auftreten. Oben wäre eine positive Ladung und auf der unteren Seite sammeln sich die Elektronen zu einer negativen Ladung. Die Ladungstrennung erfolgt auch in Isolatoren.



Mit Hilfe der Influenz kann man interessante Effekte auslösen, um Ladungen zu erzeugen. Man denke an die sog. Influenzmaschinen, mit denen wir uns hier nicht befassen wollen, weil sie konstruktiv zu aufwendig sind. Aber mit dem Elektrophor und anderen Geräten werden wir uns beschäftigen

### **Elektrostatische Aufladungen**

Zurück zum Anfang, als Papa den elektrischen Schlag am Auto erhielt. Könnt ihr euch jetzt vorstellen, wie der zustande kommt? Ich helfe euch:

Da sitzt der Fahrer noch auf seinem Sitz. Der Sitz ist elektrisch leitend mit dem Blech des Autos verbunden. Verlässt nun Papa den Sitz, dann reibt seine Hose am Kunststoff des Sitzbezugs. Es werden Elektronen getrennt. Der Sitz hat z.B. sehr viele von Papas Hose aufgenommen. Die Hose und damit auch Papa sind positiv geladen, weil Elektronen fehlen. Der Sitz und das Auto sind negativ geladen in Bezug auf die Hose. Papa hat gut isolierende Schuhe an. Er ist also mit der Erde nicht leitend verbunden. Ebenso hat unser Auto keinen Gummischwanz, der über den Asphalt streift. Manchmal kann man solche Teile an den Autos sehen. Sie nützen aber nichts, denn die Ladungen, die sich ausgleichen wollen, sind getrennt auf Papa und dem Auto. Fasst nun Papa wieder die Tür an, um sie zu schließen, dann fließen die Elektronen vom Auto zum Papa. Und das spürt er durch einen kurzen, aber heftigen Strom, der aus seiner Hand fließt.

Hätte sich Papa während des Aussteigens mit der linken Hand während der ganzen Prozedur am metallischen Rahmen der Tür festgehalten, dann wären die getrennten Ladungen kontinuierlich wieder zum Auto zurück geflossen, ohne dass er das bemerkt hätte. Es wäre nach dem Ausstieg keine Ladungstrennung mehr vorhanden gewesen und er hätte auch keinen elektrischen Schlag erhalten.

So einfach ist das, wenn man Bescheid weiß!

Wenn allerdings Papa nasse Schuhe getragen hätte und am Auto ein elektrisch leitender Gummischwanz den nassen Asphalt berührte, wäre ein Ladungsausgleich außen herum zustande gekommen, den Papa gar nicht wahrgenommen hätte. Leider sind aber die meisten modernen Schuhe gute Isolatoren. Es hilft also nur das Wissen um die Vorgänge und das richtige Verhalten, um die lästigen elektrischen Schläge zu vermeiden. Ihr habt das jetzt bestimmt verstanden und könnt anderen gute Tipps geben.

Eins noch: Habt ihr bemerkt, dass ich die Stromrichtung vom Papa zum Auto beschrieben habe? Da sollte es zukünftig keine Verständnisschwierigkeiten geben, denn eigentlich wisst ihr ja, dass eine negative Ladung aus dem Elektronenüberschuss kommt. Und wenn nun die Elektronen vom Auto zum Papa zurück fließen, dann sollte man doch meinen, dass das auch die Richtung des

elektrischen Stroms ist. Nee, man hatte sich vor langer Zeit darauf geeinigt, den Stromfluss genau umgekehrt festzulegen. Eine willkürliche Definition, an die wir uns leider halten müssen!

***Der elektrische Strom fließt von Plus nach Minus!***

## **Womit können wir experimentieren?**

Mit geringem Aufwand und fast ohne Kosten kann sich jeder mit der Elektrizität vertraut machen. Wir werden uns die notwendigen Hilfsmittel selbst anfertigen. Das ist nicht schwer!

### **Ladungen erzeugen**

Wir sägen uns aus einem Elektrorohr(Baumarkt) ein Stück ab, das etwa 50 cm lang ist und ca. 20 mm dick. Die Enden glätten wir mit einem Messer oder Sandpapier. Dann brauchen wir noch ein kleines Stück Wolltuch oder ein Tuch aus Kunstseide. Mit einer Hand halten wir das Rohr am Ende fest, mit der anderen Hand reiben wir einige Male am vorderen Teil des Rohres. Dann beenden wir den Vorgang abrupt und führen das Tuch weit weg vom Rohr. Jetzt sollte sich zeigen, dass es elektrisch geladen ist und kleine Papierschnipsel anzieht. Auf dem Rohr sind viele Elektronen. Es ist negativ geladen. Klebt ein Papierstückchen am Rohr, dann fließen einige Elektronen darauf über. Wenn dann der elektrische Druck - wir nennen es die elektrische Spannung – genauso groß auf dem Papier ist wie auf dem Rohr, fällt es ab. Denn negative Ladungen stoßen sich ab, wie auch positive Ladungen untereinander. Nur gegensätzliche Ladungen ziehen sich an.

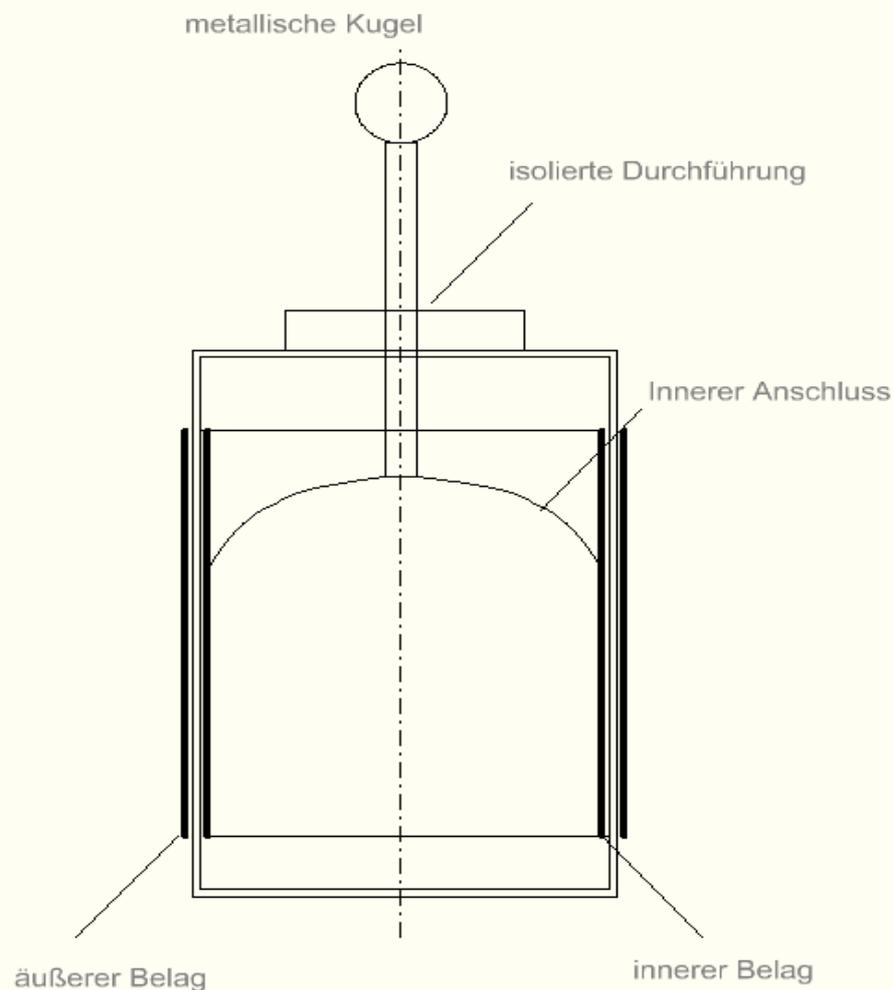
Wir haben nun die erste Erscheinung der Elektrizität erlebt, so wie das schon vor langer Zeit die großen Physiker des 17., 18. und 19. Jahrhunderts studierten.

### **Ladungen sammeln**

Gelernt haben wir, dass sich gleichartige Ladungen abstoßen, ungleichartige anziehen. Offenbar fließt etwas vom Rohr auf das Papier. Die Physiker vermuteten, dass die Elektrizität eine besondere Flüssigkeit sein könnte. Um diese Flüssigkeit zu sammeln, hatte man eines Tages die Idee, sie in einer Flasche aufzufangen. Die sog. „Leidener Flasche“ wurde erfunden.

Sie besteht aus einem zylindrischem Glas, das innen und außen mit metallischen Belägen versehen ist. Das Glas isoliert die beiden Beläge. Der innere Belag ist mit einer Kugel oben elektrisch leitend verbunden. In diese Kugel schickt man nun portionsweise elektrische Ladungen, die sich auf dem inneren Belag ansammeln. Der äußere Belag ist meistens mit der Erde leitend verbunden.

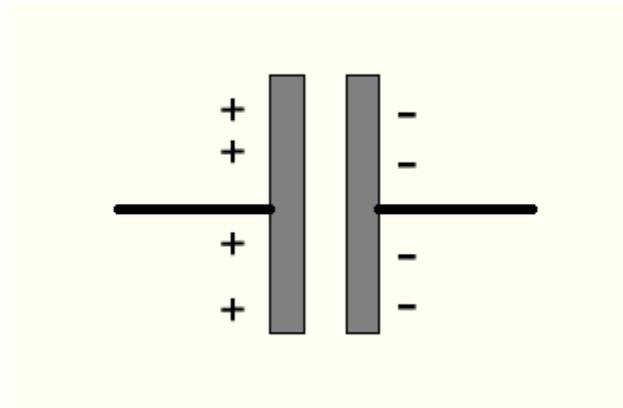
# Die Leidener Flasche



Tatsächlich verhielt sich diese Flasche wie ein Behälter, in dem man Elektrizität ansammeln konnte. Wenn man genügend aufgefüllt hatte, sprang manchmal ein Funke vom inneren zum äußeren Belag über. Das geschah mit einem lauten Knall, ähnlich wie bei einem Blitz. Je mehr man der Flasche Ladungen zuführte, desto höher wurde die elektrische Spannung zwischen den Belägen. Man konnte viel elektrische Ladung anhäufen und die Entladungen ließen auf große elektrische Ströme schließen. Allerdings war der Spaß nur kurz, weil sich meistens alles auf einmal entlud.

Die starken elektrischen Ladungen können für den Menschen sehr gefährlich sein. Man kann durchaus an einer großen Flasche einen tödlichen Schlag erhalten. Dabei sind an der Kugel oft Spannungen von vielen tausend Volt.

## Der Kondensator



Später erkannte man, dass es sich bei der Leidener Flasche eigentlich um einen Kondensator handelt. Die Beläge bilden das Plattenpaar ab, wenn man die Konstruktion genauer betrachtet. Ein Kondensator ist ganz allgemein ein Speicher elektrischer Ladung. Zwischen zwei elektrisch gut leitenden Platten befindet sich ein isolierender Stoff, meistens eine Kunststofffolie. Im einfachsten Fall ist der Isolator die Luft. Bei der Leidener Flasche isoliert das Glas. Zwei unterschiedliche Ladungen stehen sich gegenüber. Ein Ausgleich kann nur über einen Funken oder eine elektrisch leitende Verbindung(Draht) der beiden Anschlüsse erfolgen. Je größer die Beläge sind und je geringer ihr Abstand ist, umso mehr Ladungen kann der Kondensator speichern. Man spricht hier von der Kapazität des Kondensators. Die Einheit dieser Eigenschaft heißt Kapazität und wird in Farad [F] angegeben.

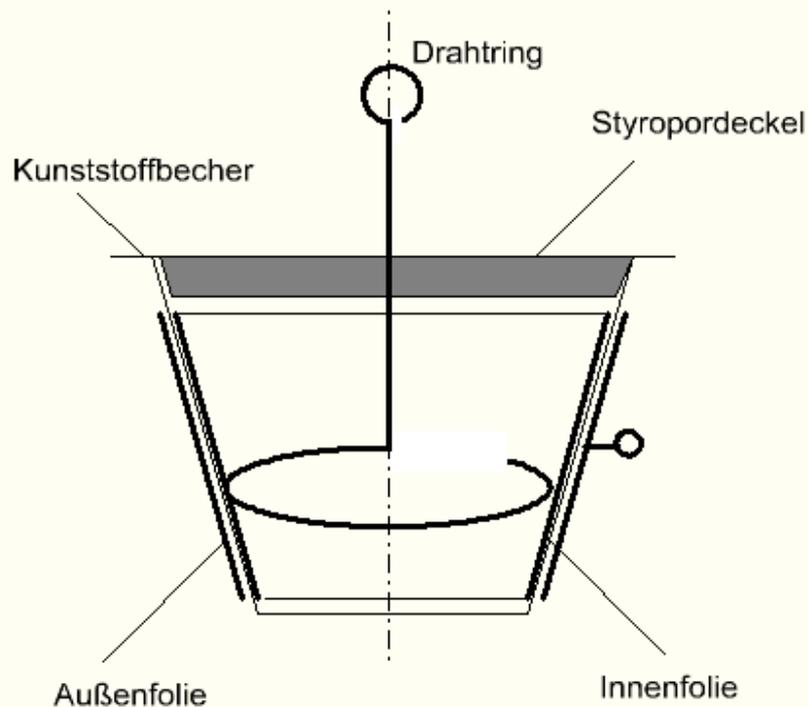
## Unsere Leidener Flasche

Wir wollen uns selbst eine Leidener Flasche basteln und mit dieser Versuche anstellen. Damit wir uns nicht gefährden, bauen wir uns eine kleine Flasche, die nicht viel Ladung speichern kann. Genauer gesagt wird unsere Flasche nur eine Kapazität von ca. 300pF haben. Selbst bei Spannungen von einigen Zehntausend Volt, ist die Berührung dieses Kondensators kein gesundheitliches Risiko. Es kann aber schon etwas schmerzen, wenn man damit leichtfertig umgeht!

Wir brauchen dazu einen kleinen Joghurtbecher. Geeignet sind solche, die so etwa 5 cm hoch sind. Die aufgeklebte Umhüllung aus Papier entfernen wir sorgfältig im warmen Wasser. Es sollten keine Reste des Klebers mehr anhaften. Dann besorgen wir uns von Mama ein größeres Stück Aluminiumfolie. Eine Schere, etwas Papierkleber und einen Bleistift brauchen wir noch.

Da wir die Beläge innen und außen ankleben wollen, müssen wir aus der Alufolie zunächst zwei sog. Abwicklungen des Kegelstumpfes schneiden. Weil das keine einfache Angelegenheit ist, wird euch diese Abwicklung in einer Vorlage bereitgestellt. Druckt sie 1:1 aus, übertragt das Papiermuster auf die Folie und schneidet sie sorgfältig ohne Zacken und Fransen aus. Dann klebt ihr zuerst die innere Folie, danach den äußeren Belag. Es sollten möglichst keine Luftblasen zu sehen sein. Wenn die beiden Folien gut am Kunststoff anliegen, hat die Flasche eine hohe Kapazität. Den äußeren Belag umwickeln wir einmal mit einem blanken Draht und rödeln einen kleinen Anschluss.

## Unsere Leidener Flasche



Für die Zuführung zum inneren Belag brauchen wir einen zweiten Blankdraht. Den stecken wir durch den Deckel, den wir aus Styropor schneiden. Im Inneren muss er erst zu einer Spirale aufgezogen werden, damit durch leichten Federdruck eine sichere elektrische Verbindung zur Alufolie hergestellt ist. Zuletzt biegen wir das obere Ende zu einem Ring von ca. 8...10 mm im Durchmesser.

Die Abwicklung findet ihr als Bauvorlage 1 im Anhang zu diesem Manuskript.

### **Experiment 1:** Wir laden und entladen die Leidener Flasche

Jetzt haben wir ein Gerät, mit dem wir viel Elektrizität, also elektrische Ladungen sammeln können. Dazu reiben wir das PVC-Rohr und halten es unmittelbar danach an den oberen Anschluss der Leidener Flasche. Der äußere Belag sollte dabei geerdet sein. Ist keine Erde in der Nähe, dann berühren wir ihn während des Ladens. Die Elektronen finden einen Weg zur Erde über unseren Körper. Da die portionsweise eingebrachten Ladungen gering sind, spüren wir den Stromfluss nicht.

Nach etwa 20 Ladungen sollten wir eine Drahtverbindung vom äußeren zum inneren Belag herstellen. Wir klemmen also das eine Ende der Prüfleitung mit der Krokodilklemme an den äußeren Anschluss. Dann nähern wir vorsichtig die andere Krokodilklemme dem oberen, inneren Anschluss. Noch bevor es zur Berührung kommt, wird ein Funke überspringen. Keine Angst! Unsere Hand ist ja durch die Verbindung mit dem Draht nicht am Stromfluss beteiligt. Wir erhalten keinen elektrischen Schlag. Aber hört mal richtig hin! Da wird es hörbar knacken, wenn die Flasche sich entlädt.

## **Unser Elektroskop**

Jetzt haben wir einen Eindruck von der Mächtigkeit großer elektrischer Ladungen erhalten. Wie aber können wir die Menge der eingebrachten Ladungen erkennen? Die Lautstärke und Länge des Funkens sind grobe Merkmale. Allerdings ist nach der Prüfung die Ladung futsch. Wir hätten zuvor die Ladungsvorgänge mitzählen müssen, um eine Abschätzung zu machen. Aber das ist alles viel zu ungenau! Eleganter geht es mit einem Messgerät, das wir jetzt bauen werden. Es heißt Elektroskop.

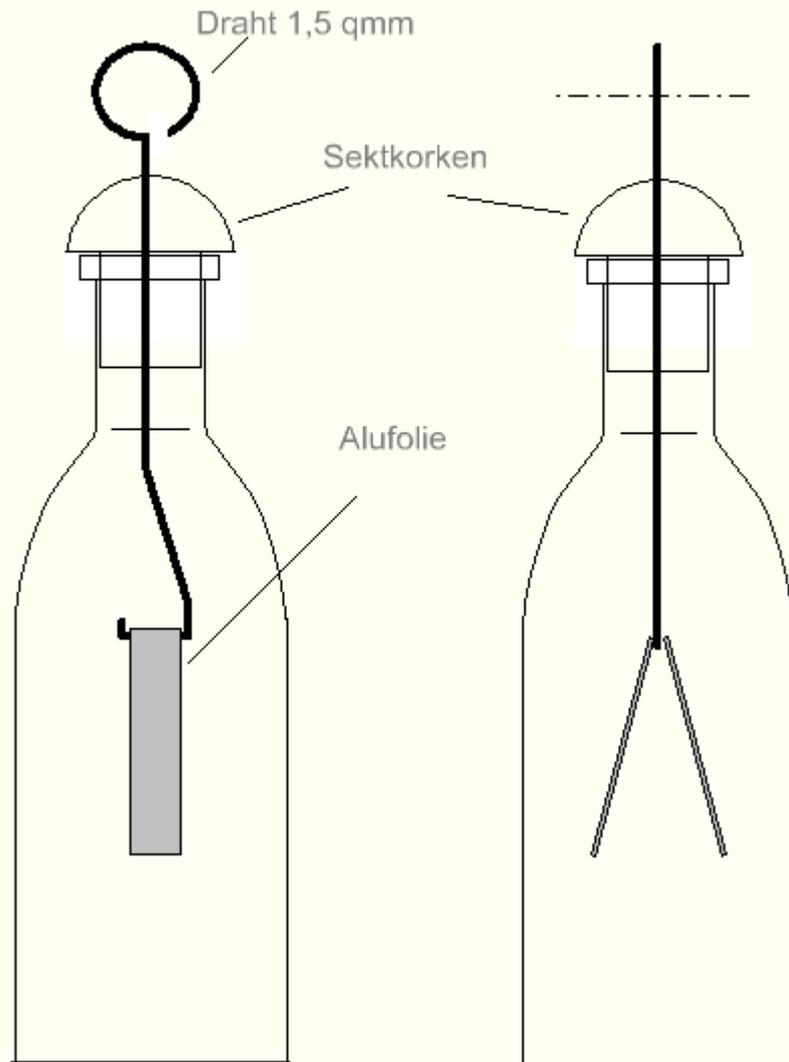
Dazu brauchen wir eine kleine Sekt- oder Prosecco-Flasche aus Klarglas. Wenn die schon einen Korken aus Plastik hat, umso besser. Ansonsten müssen wir uns einen passenden dieser Art besorgen. Von Mama stibitzen wir uns wieder ein kleines Stück Aluminiumfolie. Wir schneiden daraus zwei schmale Streifen, etwa 5 \* 50 mm. Die glätten wir mit der Kante eines Holzbrettchens oder starker Pappe. Zur Not tut es auch ein Bleistift. Die Streifen sollen sich nicht aufrollen. Nach dem Glätten müssen wir sie daher von Hand gerade ziehen. Sie müssen absolut plan sein. An den oberen Enden falten wir sie etwa 3mm um, sodass ein „Haken“ entsteht. Damit hängen wir sie später auf den Draht.

Der Draht sollte ein Kupferdraht( 1,5 qmm ) aus einem Elektrokabel sein. Zuerst biegen wir den Haken, auf den die Alustreifen gehängt werden sollen. Dann durchbohren wir den Plastikkorken und stecken den Draht hindurch, sodass er oben heraus guckt. Dann erst biegen wir einen kleinen Ring.

Jetzt kommt die schwierigste Arbeit. Die Alustreifen werden sorgfältig auf den Draht gehängt. Ganz vorsichtig führen wir das Gebilde durch den Flaschenhals ein und drücken den Plastikkorken fest. So, unser Elektroskop sollte fertig sein.

Die folgenden Skizzen zeigen die wesentlichen Einzelheiten.

## Unser Elektroskop



Falls die Streifen nicht am Haken halten, kann man sie auch daran ankleben. Dabei aber bitte nur ganz wenig Kleber einsetzen. Je freier die Streifen hängen, desto empfindlicher ist das Elektroskop.

Man kann auch ein Marmeladenglas verwenden. Dann ist es aber ratsam, in den Schraubdeckel aus Blech zusätzlich den hoch isolierenden Plastikkorken einzusetzen. Er verhindert, dass die Ladung zu schnell über die Glaswand abfließt.

Durch das Glas bzw. Flasche sind die Streifen vor einem Luftzug geschützt. Wenn man oben eine Ladung zuführt, dann spreizen sich die Streifen. Je nach der Stärke der Ladung stoßen sie sich ab. Ein großer Winkel zeigt an, dass die Ladung eine hohe elektrische Spannung hat.

Unser Elektroskop ist also eigentlich ein Spannungsmesser.

Wenn wir eine andere Spannung messen wollen, dann müssen wir das Elektroskop zuvor entladen. Am einfachsten geht das mit einem Draht, der mit der Erde verbunden ist. Wir werden aber auch feststellen, dass man den oberen Anschluss nur berühren muss, um das Zusammenfallen der Streifen zu bewirken. Mit unserem Körper entladen wir also das Elektroskop ohne Umstände.

Die folgenden Bilder zeigen mein Elektroskop, das ich mit einem Marmeladenglas gebaut habe. Im dritten Foto ist auch die Leidener Flasche zu sehen.



Keine Ladung!



Anzeige einer Ladung. Die Streifen sind gespreizt.



Links die Leidener Flasche.

## Experiment 2:

Mit einer Leitung (Prüfleitung mit den Krokodilklemmen) verbinden wir das Elektroskop mit unserer Leidener Flasche. Jetzt laden wir die Flasche mit wenigen Portionen Elektrizität von unserem PVC-Rohr. Mit jeder Ladung werden die Streifen weiter auseinander gehen. Wenn die Spannung zu groß wird, stoßen sie am Glas an und geben ihre Ladung darauf ab. Wir können also nicht beliebig hohe Spannungen messen.

Jetzt entladen wir die Leidener Flasche. Sofort fallen die Streifen zusammen. Aber beobachtet mal genauer! Da wird man sehen, dass nach der Entladung über einen Funken sich die Streifen langsam wieder spreizen. Warum? Die Leidener Flasche baut eine Restladung auf. Die kommt aus dem Kunststoff des Joghurtbechers unserer „Leidener Flasche“. Es dauert etwas, bis sich Elektronen daraus lösen und in die Beläge fließen. Der Kunststoff ist ja ein Isolator. Während die Flasche geladen war, fand eine Ladungstrennung und Ladungsverdrängung innerhalb der dünnen Plastikwand statt. Die fließt nun langsam zurück.

Unser Elektroskop zeigt uns die Restladung an. Was lernen wir daraus?

**Jeder Kondensator entwickelt nachträglich eine Restladung. Niemals darf man die Anschlüsse eines elektrischen Kondensators, der einmal auf eine hohe Spannung aufgeladen war, nach einer Entladung wieder anfassen. Man könnte einen tödlichen elektrischen Schlag bekommen.**

In unserem Experiment sind die Teile aber ungefährlich. Unsere Leidener Flasche ist ein sehr kleiner Kondensator, der keine großen Ladungen speichern kann. Besitzt man aber sog. Hochspannungskondensatoren, dann sollte man zum eigenen Schutz nach dem Ausbau und während der Lagerung in der Bastelkiste vorsorglich eine dauerhafte elektrische Verbindung der Anschlüsse herstellen. Gefährliche Restladungen können dann nicht entstehen.

### **Experiment 3:**

Wir wollen mal das Elektroskop auf eine andere Weise entladen.

Wenn es zuvor mit unserem PVC-Rohr negativ geladen wurde, so muss doch eine positive Ladung das Gegenteil, nämlich die Entladung bewirken! Um das nachzuprüfen, laden wir zunächst. Die Streifen spreizen sich mit einem deutlich erkennbaren Winkel. Dann führen wir das Wolltuch ans Elektroskop. Und siehe da, die Streifen fallen zusammen. Ist das nicht Beweis genug, um die Theorie zu bestätigen?

Die Physik ist eine experimentelle Wissenschaft. Vorhergesagte Erscheinungen müssen sich durch das Experiment bestätigen. Soeben haben wir uns also streng wissenschaftlich verhalten. Man kann uns jetzt nicht mehr so leicht etwas vormachen, wenn es um statische Elektrizität geht!