

Vorführung

Megavolts und Kiloamps – die Naturgeschichte eines Blitzes

Achtung: Die Experimente dieser Vorführung können empfindliche elektronische Geräte stören. Besucher mit Herzschrittmachern oder anderen elektronischen Implantaten begeben sich bitte hinter die rote Markierung bzw. halten vom Bühnenrand mindestens 6 Meter Abstand.



Einzelne Experimente werden sehr laut. Halten Sie sich daher beim Aufleuchten dieses Warnsignals die Ohren zu.



Der Van-de-Graaff Generator

Beim Van-de-Graaff Generator werden Ladungen von einer Hochspannungsquelle über einen Kamm auf ein umlaufendes Kunststoffband aufgesprüht. Dieses transportiert die Ladungen nach oben in das Innere der metallischen Hohlkugel. Dort fliesst die Ladung über einen Steg in die Metallkugel und - der gegenseitigen Abstossung gleichnamiger Ladung wegen - auf die Kugelaussenfläche, was eine kontinuierliche Ladungsübertragung ermöglicht. Durch die mechanische Arbeit - das „Herauftransportieren“ - wird die Spannungsdifferenz zur umgebenden Erde erhöht.

Dieser Prozess hört erst dann auf, wenn über die Luft (schlechter elektrischer Leiter) eine Entladung

(Ladungsausgleich mit der Umgebung) stattfindet. Nähert man sich der Kugel mit einem geerdeten Objekt, können die Ladungen über eine Funkenstrecke abfliessen. Die Funkenstrecke kann bei trockener Luft bis zu 50 cm gross werden, was auf eine Spannung von 500 000 Volt schliessen lässt. Nähert sich eine Metallnadel der Metallkugel, werden Ladungen in Richtung Nadel verschoben, weil sie leichter zu Spitzen fließen.

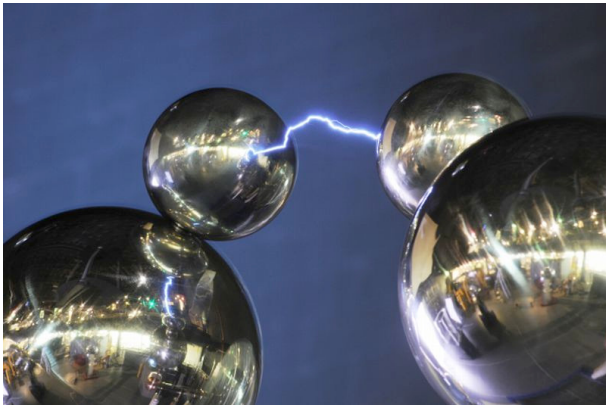
Wird die Ladung von der Metallkugel auf den Körper eines Menschen übertragen, verteilt sie sich über die gesamte Oberfläche, auch über die Oberfläche jedes einzelnen Haares. Aufgrund der gegenseitigen Abstossung der Ladungen kommt es so zu dem „haarsträubenden“ Erlebnis.

Was ist Plasma?

Wenn die Atome und Moleküle eines Gases zum Beispiel durch sehr hohe Spannungen ihre Elektronen verlieren und zu Ionen werden (*Ionisation*), entstehen mit den Ionen und Elektronen freie Ladungsträger, die es nun ermöglichen, dass ein Strom fließen kann. Diesen Zustand eines Gases nennt man *Plasma*.

Die Sterne bestehen aus Plasma und auf der Erde begegnen wir Plasma in Leuchtstoffröhren, Nordlichtern und Blitzen. Bevor sich die Spannung innerhalb einer Gewitterwolke oder zwischen Wolke und Boden entladen kann, schaffen fast unsichtbare Vorentladungen einen Blitzkanal aus ionisierter Luft. Erst wenn sich ein vollständiger Blitzkanal ausgebildet hat, erfolgt die Hauptentladung. Das leuchtende Plasma wird dann als Lichtblitz sichtbar.

Wenn in einem Blitzkanal aus Plasma starke Ströme fließen, entsteht auch ein starkes Magnetfeld, das die ionisierten Gasmoleküle an der Ausdehnung hindert. Durch diese magnetische Umhüllung und die hohen Temperaturen entsteht ein extrem hoher Druck. Bricht der Strom und damit das Magnetfeld zusammen, entspannt sich die Luft schlagartig mit einem Donnerschlag.



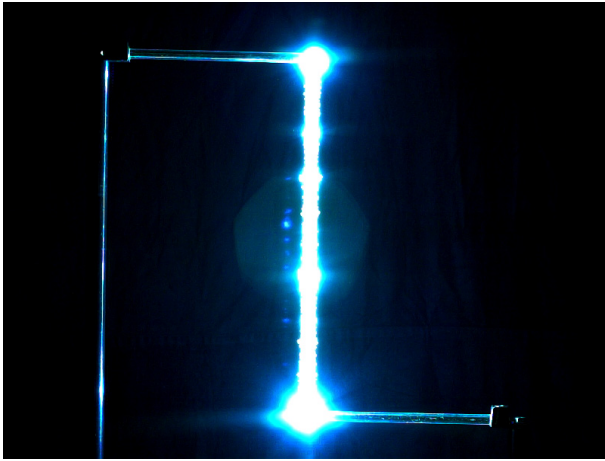
Wimshurst-Maschine (Influenzmaschine)

Jeder Körper trägt sowohl positive wie negative Ladungen. Sind beide Ladungen gleich gross und gleichmässig verteilt, ist der Körper elektrisch neutral. Geringfügige Abweichungen können aber zu Ladungsverschiebungen führen, denn gleichnamige Ladungen stoßen sich ab und ungleichnamige Ladungen ziehen sich an. Nähert sich zum Beispiel ein schwach positiv geladener Gegenstand einem anderen Körper, trennen sich dessen Ladungen räumlich – die negativen verschieben sich zum Gegenstand hin, während die positiven Ladungen auf der dem Gegenstand abgewandten Seite zurück bleiben. Diese Form der Ladungstrennung nennt man *Influenz*.

In der Wimshurst-Maschine drehen sich die zwei Glasscheiben mit aufgeklebten Metallfolien in entgegengesetzter Richtung. Bei dem Vorübergleiten der Metallstreifen werden kleine Ungleichgewichte der Ladungsverteilung durch Influenz verstärkt und der jeweilige Ladungsüberschuss durch Metallkämme abgeleitet und in sogenannten *Leidener Flaschen* gespeichert. Wie beim Van-de-Graaff Generator ist die mechanische Arbeit der Drehbewegung für die Spannungserhöhung verantwortlich,.

Die so getrennten Ladungen werden auf zwei Kugeln abgeleitet und bei ausreichenden Ladungsmengen (= Spannung) springt ein Funke zwischen den Metallkugeln über. Unter idealen Voraussetzungen könnte mit der vorgeführten Maschine eine Spannung von 700 000 Volt, oder Blitze von bis zu 70 cm Länge erzeugt werden. Früher wurden Wimshurst-Maschinen zum Betrieb von Röntgenröhren verwendet.

Mit etwas über zwei Metern Durchmesser handelt es sich hier um die grösste Wimshurst-Maschine der Welt.

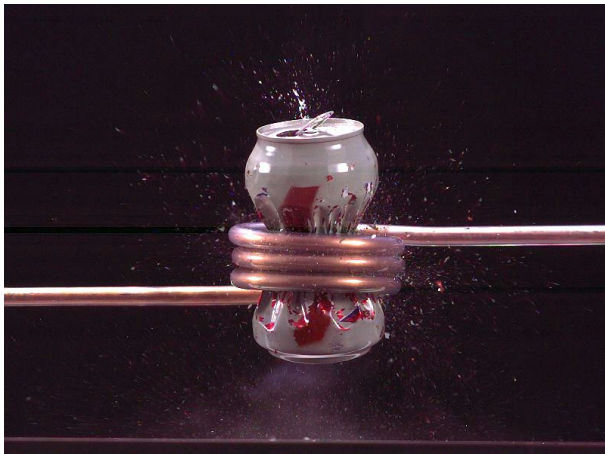


Drahtverdampfung



Wenn bei Ihnen zu Hause durch den dünnen Draht einer Glühbirne Strom fließt, erwärmt sich dieser aufgrund seines Widerstandes und beginnt zu glühen. Dieses Experiment zeigt, was bei einer 20-mal höheren Spannung und einem ca. 2'000-mal grösseren Strom mit einem Kupferdraht passiert.

Wird der geladene elektrische Speicher (*Kondensator*) sehr schnell über den Kupferdraht entladen, so wird dieser durch den elektrischen Strom schlagartig so stark erhitzt, dass er mit einem Knall in weniger als einer tausendstel Sekunde verdampft. Die Spannung (4'500 Volt) sagt etwas aus über die Energie jedes einzelnen Elektrons. Die Stromstärke (knapp 1'000 A) verrät, wie viele Elektronen, durch die Spannung angetrieben, den Draht durchfliessen. Der Knall entsteht wiederum bei der Erhitzung der Luft und ihrer dadurch hervorgerufenen explosionsartigen Ausdehnung. Das heisse Plasma sendet Licht aus.



Dosenquetschen



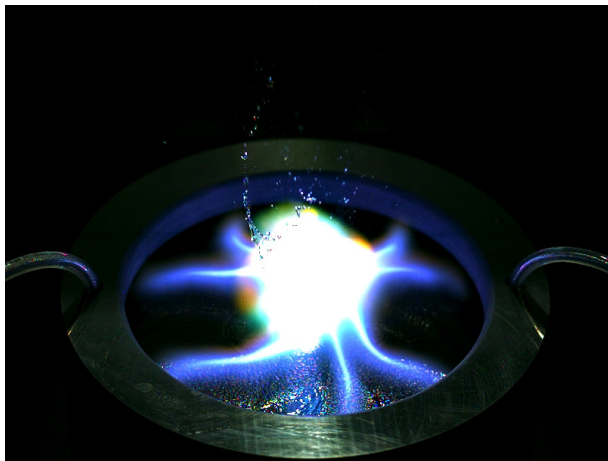
Durch eine Spule aus dickem Kupfer fließt ein starker Strom. Dieser erzeugt ein elektrisches und magnetisches Feld rund um die Spule.

Setzt man in die Spule eine Aluminium-Getränkedose, wird in der Dosenwand durch das elektromagnetische Feld der Spule ebenfalls ein Strom erzeugt (*induziert*). Dieser Strom baut wiederum ein Magnetfeld auf, das die entgegengesetzte Richtung zum Magnetfeld der Spule hat.

Im Wechselspiel der abstossenden Kräfte der Magnetfelder unterliegt der schwächere Partner – die Getränkedose wird schlagartig zerquetscht.

Im Wechselspiel der abstossenden Kräfte der Magnetfelder unterliegt der schwächere Partner – die Getränkedose wird schlagartig zerquetscht.

Plasmaball



Obwohl sie schon von vielen Menschen beschrieben wurden, sind Kugelblitze für die Wissenschaft noch immer ein ungeklärtes Phänomen, vom dem nicht einmal klar ist, ob es überhaupt existiert. Wir zeigen einen Erklärungsversuch, mit dem man einen Blitzeinschlag in feuchtem Boden simuliert. Am Boden des Wasserbehälters befindet sich eine Ringelektrode, eine zweite in einem Porzellangefäß direkt oberhalb der Wasseroberfläche. Bei der Entladung bildet sich für eine Viertelsekunde eine ballförmige Plasmawolke über dem Wasser – ein Kugelblitz?



Teslaspule



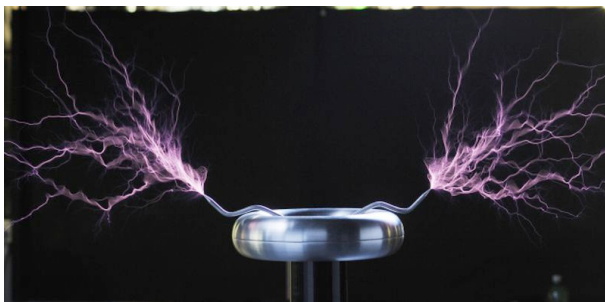
Mit der Teslaspule können sehr hohe Wechselspannungen erzeugt werden. Dabei wechselt die Polarität dieser Spannung bis zu 140'000mal in der Sekunde. Die hohen Spannungen ionisieren die Luft und erlauben sehr lange Funkenentladungen. Bei der Teslaspule im Technorama beträgt die Spannung gut 1,2 Millionen Volt und die „Blitz“-Länge beträgt bis zu drei Metern.

Der Lärm entsteht durch die Erhitzung des Plasmas und die dadurch verursachten Druckschwankungen in der Luft.

Die Betreuer im Kettenanzug und die Besucher im Drahtkäfig können dennoch völlig gefahrlos die Funkenentladungen mit ihren Kettenhandschuhen einfangen. Denn die Ladungen und elektrischen Felder dringen nicht in den Käfig hinein, sondern bleiben immer auf der Aussenseite. Solche Metallkäfige heissen nach dem Entdecker des Phänomens (Michael Faraday) Faradaysche Käfige.

Trägt der Betreuer eine Leuchtstoffröhre in einer Hand, beginnt diese wie von Geisterhand an zu leuchten, weil die hohe Spannung die Gasmoleküle in der Röhre ionisiert und ein Plasma erzeugt.

Singende Teslaspule



Diese kleine Teslaspule macht Musik. Die Funkenentladungen erhitzen die Luft, die sich schlagartig ausdehnt. Diese Luftdruckschwankung nehmen wir als Geräusch wahr. Ein Lautsprecher erzeugt solche Luftdruckschwankungen durch seine schwingende Membran. Schwingt die Membran zum Beispiel 500 Mal pro Sekunde, erzeugt sie einen Ton von

500 Hertz. Mit der singenden Teslaspule gelingt das ebenso, wenn man sie 500 Mal in der Sekunde an- und ausstellt. In der gleichen Frequenz werden einzelne Funkenentladungen erzeugt. Die Funken verhalten sich also wie die schwingende Lautsprechermembran und erzeugen Töne.

Übrigens: HiFi- Freaks schwören auf Plasmahochtöner, da das schwingende Plasma eine sehr kleine Trägheit hat und so die hochfrequente Tonwiedergabe sehr gut sei.