

Lösung Physik-Quiz 4

Frage: Wie entstehen die Leuchterscheinungen in der Glaskugel und warum gibt es weniger und intensivere blaue Strahlen, wenn man die Kugel mit dem Finger berührt?

Antwort: Es handelt sich um eine so genannte Plasmakugel. Im Fuß der Kugel ist ein Transformator eingebaut, der eine **sehr hohe Wechselspannung mit hoher Frequenz** (10 bis 50 kHz) erzeugt, die an der inneren Kugel anliegt. Diese ist mit Metallwolle gefüllt oder mit Metall beschichtet. Die Feldstärke nimmt dann mit zunehmendem Radius mit $1/r$ ab. So liegt zwischen der inneren



Kugel und der Erde eine Spannung von 5 bis 20 kV, zwischen äußerer Kugel und Erde aber nur noch eine Spannung von 500 bis 2000 V.

Die Kugeln sind meistens mit **Edelgasen** gefüllt, z.B. Neon und Xenon. Außerdem herrscht Unterdruck (1 bis 100 hPa). Radioaktive Umgebungsstrahlung und kosmische Strahlung erzeugen einige Gasionen, die im elektrischen Feld mit der Frequenz des Wechselfeldes in radialer Richtung beschleunigt werden. Auf ihrem Weg stoßen sie mit großer Energie auf weitere Gasatome, die wiederum ionisiert werden. Es entsteht ein leitender Blitzkanal, in dem Ladung fließt. In diesem Entladungsschlauch entsteht ein **Plasma**. Unter Plasma versteht man ein ionisiertes Gas, das sich aus freien Elektronen, Ionen und Neutralteilchen zusammensetzt. Es ist elektrisch leitend.

Dieses Plasma können wir sehen. Das Leuchten des Plasmas entsteht im Wesentlichen durch spontane Emission, d.h. durch Elektronenstoß angeregte neutrale Teilchen (bzw. angeregte Ionen) geben ihre Energie durch die Aussendung von Licht wieder ab. Für das **blaue Leuchten** in der Entladung ist das **Gas Xenon** verantwortlich. Im **roten Spektralbereich** dominiert das Leuchten von **Neon**. Da zum Leuchten von Neon mehr Energie nötig ist, leuchtet das Neon nur an den Oberflächen der beiden Glaskugeln, bei denen sich eine energiereiche Randschicht bildet. Das Xenon leuchtet dagegen auch zwischen den Kugeln.

Bei einer ungestörten Entladung bilden sich willkürlich „Streamer“ aus, blaue radiale Strahlen, die in roten Blüten enden und unregelmäßig in der symmetrischen Kugel hin- und hertanzen. Die Bewegung wird vor allem durch Konvektion im Gas bestimmt. Berührt man das Glas mit einem **Finger**, erdet man an dieser Stelle die äußere Glaskugel. Somit ist an dieser Stelle die **Potentialdifferenz zwischen innerer und äußerer Kugel größer**, so dass an dieser Stelle ein gezielter, kräftiger Streamer mit einem intensiveren Blau mit größeren roten Blüten entsteht. Dafür gibt es insgesamt weniger Streamer. Aufgrund der hohen Frequenz (10 bis 50 kHz) sind die hohen Spannungen (500 bis 2000 V) für den Menschen ungefährlich; man kann nichts spüren. Bei Frequenzen von über 100 kHz können sogar Ströme bis über 10 A ohne Schädigung durch den menschlichen Körper durchfließen, was in der Medizin zur Erwärmung von Organen genutzt wird (bei den üblichen 50 Hz können 0,1 A tödlich sein).

Insgesamt ist ein Streamer ein normaler **Blitz** oder Lichtbogen, wie er immer entsteht, wenn ein elektrisches Feld zwischen zwei Polen so stark ist, dass das dazwischen liegende Gas ionisiert werden kann, wie z.B. beim Gewitterblitz in der Atmosphäre, bei kleinen Blitzen an Straßenbahnoberleitungen oder bei Blitzen von Finger zu Türgriff nach elektrostatischer Aufladung. Während es sich dabei aber um zeitlich kurze Blitze in Luft mit Gleichstrom handelt, ist in der Plasmakugel ein dauerhafter Blitz in verdünntem Edelgas mit Wechselstrom vorhanden.

Literatur: FANTZ, U.; LOTTER, A.: *Blitze zum Anfassen* – In: Physik in unserer Zeit 33, Nr. 1, 2002, S. 16 - 19