

# Elektrostatik

www.experimentis.de

4 Demonstrationsexperimente

verwendete Materialien:

Polyestertuch, Kunststoffstäbe (einer frei drehbar gelagert), Glasstab  
(PT) (KS) (GS)

Beschreibe und erkläre die Exp. stichpunktartig.

1. 2 gleiche KS an jeweils einem Ende mit PT gerieben  $\Rightarrow$  Abstoßung
2. KS u. GS  $\Rightarrow$  Anziehung
3. wie 1. aber Anziehung zw. KS u. PT

Ergebnis:

- Es gibt zwei Arten elektrischer Ladungen, positiv & negativ.
- Gleichnamig geladene Körper stoßen sich ab, ungleichnamig geladene Körper ziehen sich an.
- Ladungen werden nicht erzeugt oder vernichtet, sondern es werden immer nur vorhandene Ladungen voneinander getrennt.

"Ladungserhaltungssatz"

genauer: mindestens zwei  
aber zur Beruhigung: bisher wurde  
keine dritte entdeckt

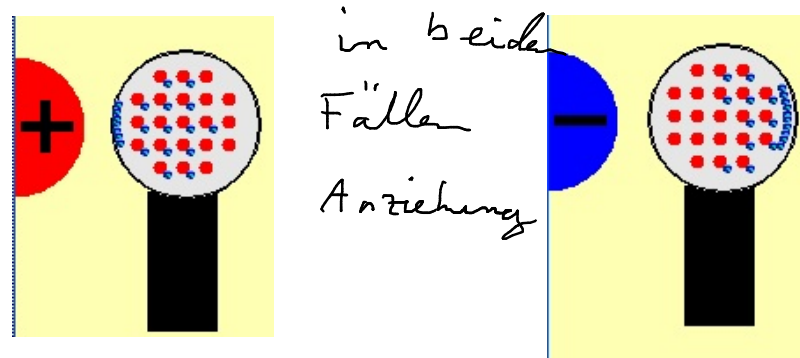
("gleichnamig", weil die Ladungen nicht  
gleichen Betrag haben müssen.)

## Influenz und Polarisation

Ein elektrischer Leiter besteht - wie jeder Gegenstand - aus Atomen, die im Normalzustand gleich viele positive ("Protonen") wie negative Ladungen ("Elektronen") enthalten.

In Metallen sind allerdings einige der Elektronen innerhalb des Gegenstandes frei beweglich.

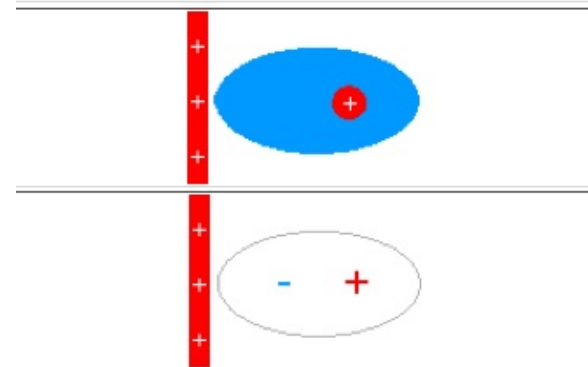
Bringt man in die Nähe eines Leiters eine elektrische Ladung, verschieben sich die frei beweglichen Ladungen. Diesen Vorgang bezeichnet man als Influenz.



Influenz ist die Trennung von Ladungen eines leitenden Körpers unter dem Einfluss der von äußeren Ladungen ausgeübten elektrischen Kraft.

Auch wenn sich in einem Isolator keine beweglichen Ladungen befinden, können sich die **Atome** im elektrischen Feld einer **äußeren Ladung verformen**. Diesen Vorgang bezeichnet man als **Polarisation**.

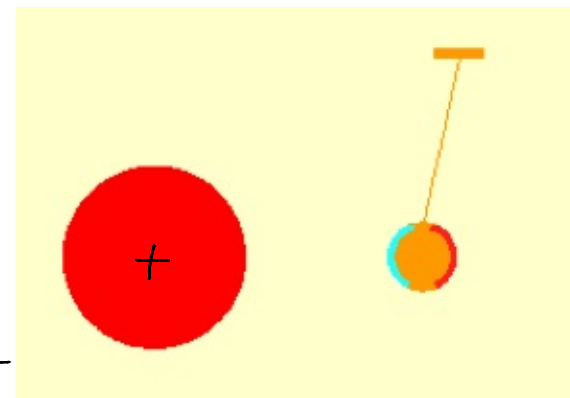
Isolator-Atom in der Umgebung einer positiven Ladung



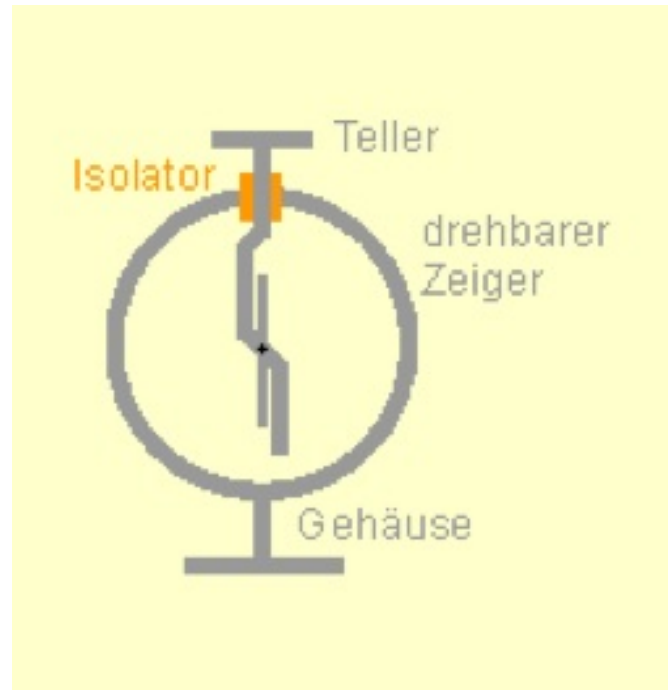
Mit Hilfe der Polarisation lässt sich erklären, warum auch Isolatoren im Feld einer äußeren Ladung eine resultierende Kraft erfahren.

Wie?

Die neg. Ldg. ist näher an der äußeren als die pos. Ldg.  $\Rightarrow$  mehr Anziehung als Abstoßung



Ein Elektroskop dient dem Nachweis von Ladungsüberschüssen.



HA:

Beschreibe und erkläre das Experiment.

(KS in die Nähe, Finger berührt Teller, Finger weg, KS weg => Ausschlag des Elektroskops)

# Experimente mit dem Bandgenerator

# Die Stromkette

Es gibt zwei Sorten elektrischer Ladungen: Man nennt sie positiv (+) und negativ (-). Gleichnamige Ladungen stoßen sich ab, ungleichnamige ziehen sich an. („Gleichnamig“, weil nicht gleiche Mengen gemeint sind.)

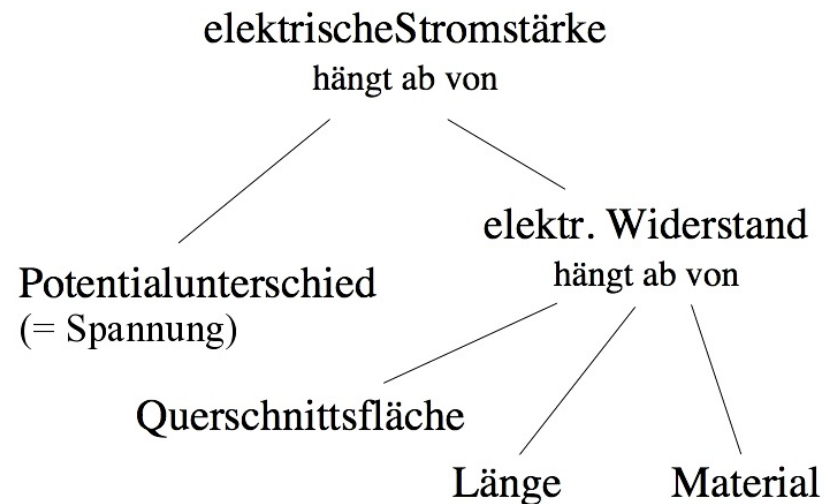
Voneinander getrennte Ladungen haben den **Drang** wieder zusammenzukommen (Streben nach Neutralität).

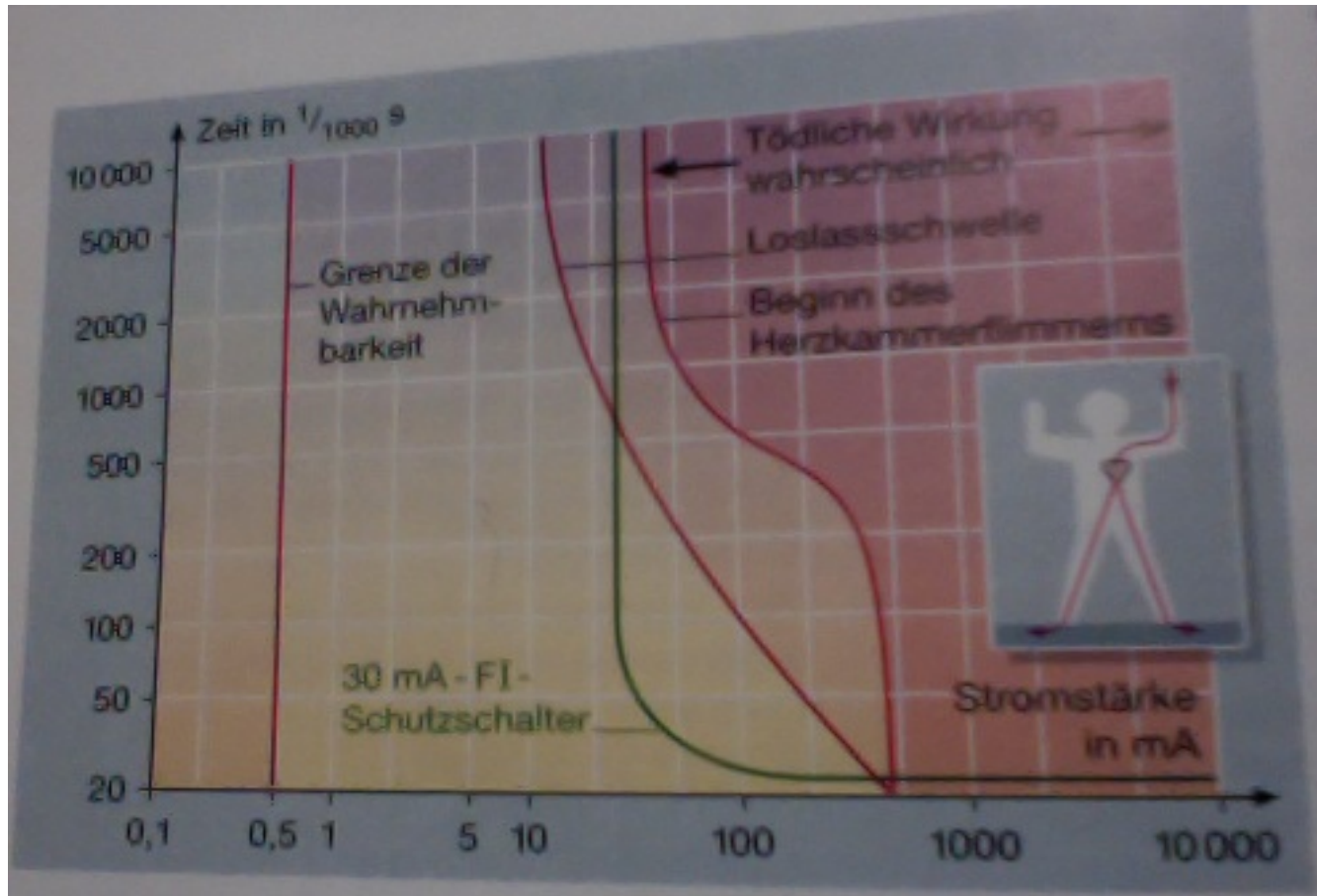
Diesen Drang nennt man **elektrische Spannung** (Formelzeichen  $U$ , Maßeinheit  $V = \text{Volt}$ ).

Wenn der **Widerstand** zwischen den Ladungen nicht unendlich groß ist, bewirkt die Spannung einen Stromfluss. (Formelzeichen  $R$ , Maßeinheit  $\Omega = \text{Ohm}$ )

Wieviel Ladung pro Zeit fließt, gibt die **elektrische Stromstärke** an (Formelzeichen  $I$ , Maßeinheit  $A = \text{Ampere}$ ).

$$\begin{array}{l} \triangle \\ \frac{U}{R \cdot I} \\ \Rightarrow R = \frac{U}{I} \\ \Leftrightarrow I = \frac{U}{R} \\ \Leftrightarrow U = R \cdot I \end{array}$$





$$I_{\text{Wahrn.}} \approx 0,5 \text{ mA}$$

$$I_{\text{Loslass}} \approx 10 \text{ mA}$$

$$I_{\text{☠}} \approx 50 \text{ mA}$$

$$I_{\text{FI}} = 30 \text{ mA}$$

$$I_{\text{Exp}} < 10 \text{ mA}$$

## Ladung und Stromstärke

Die Einheit, in der Ladung gemessen wird, wurde nach dem französischen Physiker Charles Auguste de Coulomb (1736-1806) benannt:

Die Einheit der elektrischen Ladung ist 1 Coulomb;  $[Q] = 1 \text{ C (Coulomb)}$

Der elektrische Strom ergibt sich aus der Bewegung elektrischer Ladungen.

Die elektrische Stromstärke  $I$  ist ein Maß für die pro Zeiteinheit geflossene Ladung:

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} \quad \left( = \frac{Q_{\text{Ende}} - Q_{\text{Anfang}}}{t_{\text{Ende}} - t_{\text{Anfang}}} \right)$$

Die Einheit der elektrischen Stromstärke wurde nach dem französischen Physiker André Marie Ampère (1775-1836) benannt:

$$[I] = 1 \text{ A (Ampere)}$$

Ein Elektron hat die Ladung  $e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ .

Als man noch nicht wusste, dass für den Ladungstransport in Leitern fast immer die Elektronen zuständig sind (vgl. "freie Beweglichkeit in Metallen"), hat man als Richtung des elektr. Stroms die Bewegungsrichtung positiver Ladungen festgelegt:  
Technische Stromrichtung: von + nach -



## Die elektrische Feldstärke

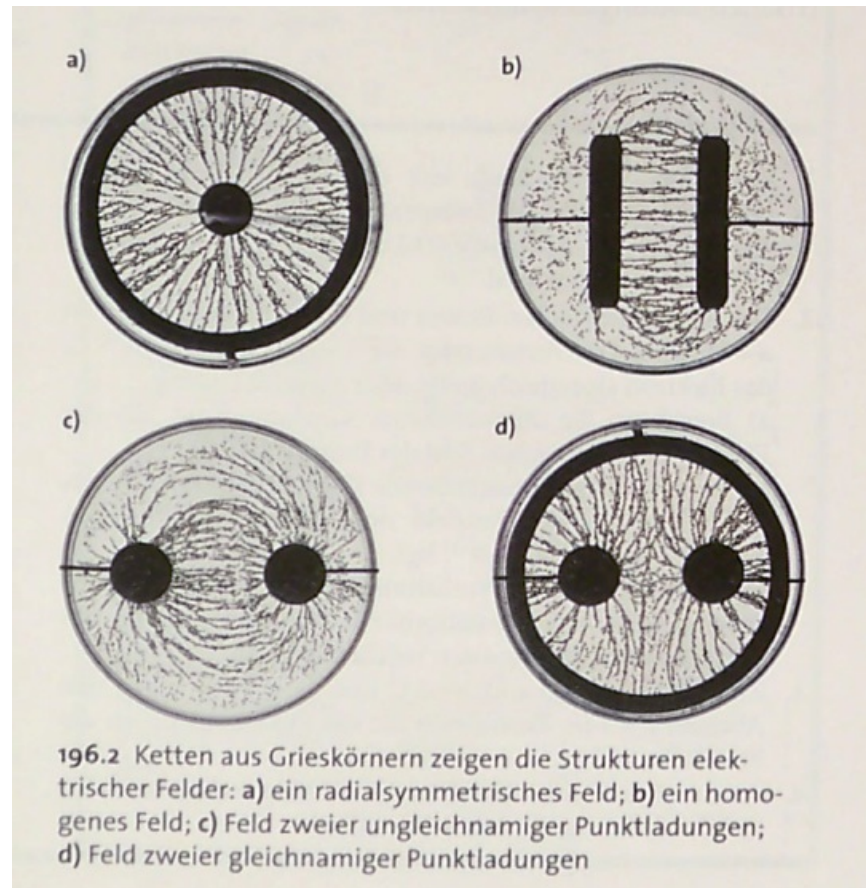
Will man das elektrische Feld in der Umgebung eines geladenen Körpers untersuchen, so misst man die Kraft auf eine kleine **Probeladung  $q$** , die selbst das zu messende Feld möglichst wenig verändert.

Man findet verschieden Feldformen:

Die **Feldlinien** geben die **Richtung** der **Kraft** auf eine pos. Probeladung an.

Die **Feldliniendichte** ist ein **Maß** für die **Stärke der Kraft**.

Feldlinien entspringen auf pos. und enden auf neg. Ladungen.



Um ein von der Probeladung unabhängiges Maß für die Stärke eines elektrischen Feldes zu erhalten, definiert man als elektr. Feldstärke den Quotienten aus Kraft  $F$  und Probeladung  $q$ :

$$\vec{E} = \frac{F}{q} \quad [E] = 1 \frac{N}{C} \quad \left( \frac{\text{Newton}}{\text{Coulomb}} \right)$$

Hat man einmal die Feldstärke bestimmt, lässt sich für beliebige Probeladungen die auf sie wirkenden Kraft berechnen:  $\vec{F} = q \cdot \vec{E}$

HA: S. 185/3-7

Tera	$10^{12}$	T
Giga	$10^9$	G
Mega	$10^6$	M
kilo	$10^3$	k
milli	$10^{-3}$	m
mikro	$10^{-6}$	$\mu$
nano	$10^{-9}$	n
pico	$10^{-12}$	p z.B. $1 \mu\text{m} = 10^{-6} \text{ m}$

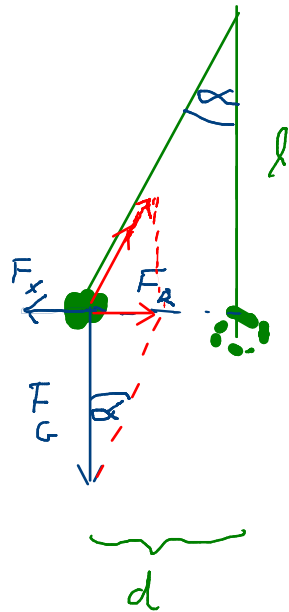
S. 185 / 12 :

Eine Pendelkugel sei mit der Ladung  $Q = 52 \text{ nC}$  geladen und habe die Masse  $m = 0,40 \text{ g}$ . Sie hänge an einem Faden der Länge  $l = 1,80 \text{ m}$  in einem horizontal gerichteten homogenen elektrischen Feld. Durch die Kraft des Feldes wird sie um  $d = 15 \text{ mm}$  ausgelenkt. Wie groß ist die Feldstärke  $E$  des homogenen Feldes?

Lösung:

$$F = mg \sin \alpha = mg d/l;$$

$$E = F/Q = mgd/lQ = 630 \text{ N/C.}$$



$$F_x = F_R \quad (\alpha = 0,5^\circ)$$

$$\text{ges.: } F_R$$

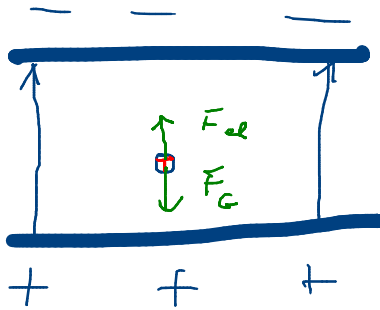
$$\sin \alpha = \frac{d}{l} = \frac{15 \cdot 10^{-3} \text{ m}}{1,8 \text{ m}}$$

$$\tan \alpha = \frac{F_R}{F_G}$$

$$\sin \alpha \approx \tan \alpha \quad (\text{kleines } \alpha)$$

$$\Rightarrow F_R = F_G \cdot \frac{d}{l} = m \cdot g \frac{d}{l} = F_x$$

$$\Rightarrow E = \frac{F_x}{q} = \frac{m g d}{l q} = \underline{\underline{628 \frac{\text{N}}{\text{C}}}}$$



$$F_{el} = F_G$$

6 Die Feldlinien eines Plattenkondensators verlaufen vertikal von unten nach oben. Ein in den Plattenraum eingebrachtes positiv geladenes Öltröpfchen, dessen Masse  $m = 4,7 \cdot 10^{-10} \text{ kg}$  ist, schwebt gerade. Messungen ergeben eine Feldstärke  $E = 7,2 \text{ GN/C}$ . Berechnen Sie die Ladung des Öltröpfchens.

7 Ein elektrisches Feld der Stärke  $180 \text{ N/C}$  sei senkrecht zur Erdoberfläche nach unten gerichtet. Vergleichen Sie die nach oben gerichtete elektrostatische Kraft auf ein Elektron ( $q = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ ,  $m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$ ) mit der nach unten gerichteten Gravitationskraft.

Wie stark müsste eine  $3 \text{ g}$  schwere Münze geladen sein, damit die durch dieses Feld bewirkte elektrostatische Kraft die Gravitationskraft ( $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ ) ausgleicht?



Okt ->