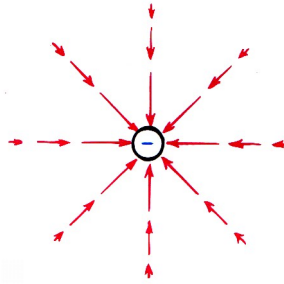


Elektrisches Feld¹

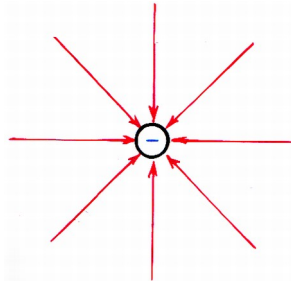
Jeder geladene Körper übt Kräfte auf andere geladene Körper aus. Z.B. eine geladene Kugel auf kleine positive Probeladungen² in der Umgebung:



Man kann auch sagen: Um den geladenen Körper ist ein „elektrisches Feld“, das Kraft auf andere geladene Körper ausübt.

Kraftwirkung pro Probeladung Q_2 : $E = \frac{F}{Q_2}$ (E wie elektrisches Feld)³

Vereinfachte Zeichnung mit „Feldlinien“:



Statt der Länge des Pfeils:

dicht → höhere, weniger dicht → geringere Kraftwirkung⁴

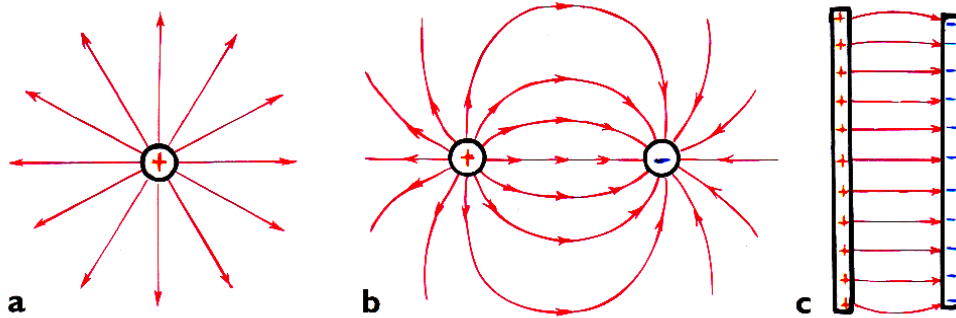
¹ Eine gute Einführung sind die älteren Videos [youtube.com/watch?v=DHi-QElh9EM](https://www.youtube.com/watch?v=DHi-QElh9EM) und [youtube.com/watch?v=7DT_STOKBfU](https://www.youtube.com/watch?v=7DT_STOKBfU) (beim zweiten nur bis 7:43). Wenn du im Unterricht nicht da bist, schau dir das jedenfalls an.

² Wir verwenden hier eine Analogie mit der Gravitation, weil diese ganz gleich geht. Nimm an, der Körper in der Mitte ist die Erde. Kleine Probeladungen entsprechend dann kleinen Massen, die von der Erde angezogen werden. Unter „klein“ versteht man Massen, die selbst eine unbedeutende Anziehung auf andere Massen haben, also Menschen, weiter oben Satelliten, eine Mondrakete, nicht jedoch z.B. den Mond oder andere Planeten – die sind zu groß und haben selbst eine starke Anziehung. Denk bei der Elektrostatik z.B. an die Kugel des Bandgenerators in der Mitte und schwach geladene Alukügelchen, die wir in die Nähe halten.

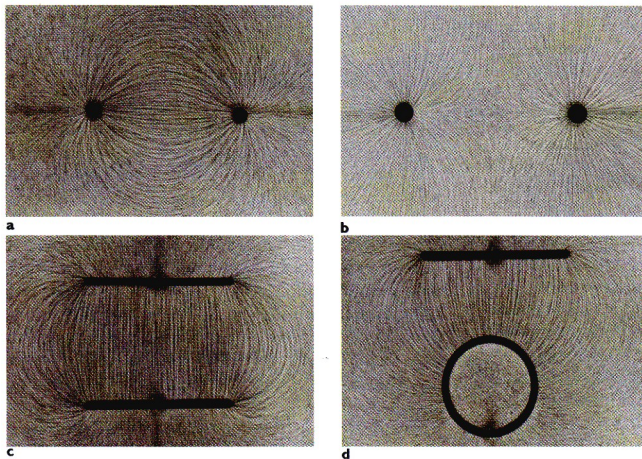
³ Das ist nicht so kompliziert wie es aussieht: Denken wir wieder an die Erdanziehung. Der Einfachheit halber auf der Erde selbst, sodass diese gleich der Gewichtskraft ist. Wenn man die Gewichtskraft / Masse berechnet, so kommt heraus, dass es 9,81 N/kg sind. Wir wissen ja, dass 1 kg auf der Erde mit 9,81 N angezogen wird (2 kg mit 19,62 N usw.). Jetzt wieder zur Elektrostatik: Uns interessiert, wie stark ein geladener Körper auf andere (kleine) Ladungen wirkt. Man kann auch sagen, mit wie vielen N er ihn anzieht – selbstverständlich pro Coulomb, mit der der andere geladen ist. (Die Erde zieht Körper mit mehr kg Masse ja auch stärker an als solche mit weniger.) Warum hier Q_2 ? Für die Ladung, die das Feld hervorruft, verwenden wir Q_1 , also wird die Probeladung Q_2 .

⁴ Wir können nicht an jeder Stelle kleine Vektoren einzeichnen, sonst sieht man nichts mehr. Die Idee der Feldlinien ist eine Alternative. Freilich ist eine Kraft auch dort, wo keine Feldlinie ist. Ihre Stärke und Richtung ist aber durch die anderen Feldlinien sichtbar. Je dichter die Feldlinien dort sind, desto mehr Kraft wirkt dort. Die Pfeilspitzen werden manchmal auch weggelassen.

weitere Feldlinienbilder:⁵



Sichtbarmachung im Ölbad mit Grießkörnern:⁶



Bsp.: E-Feldstärke einer punktförmigen Ladung von $Q_1 = 0,000001 \text{ C}$:

$$E = \frac{F}{Q_2} = k \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2 Q_2} = k \frac{Q_1}{r^2} = 9 \cdot 10^9 \frac{10^{-6}}{r^2} = \frac{9000}{r^2} \quad 7$$

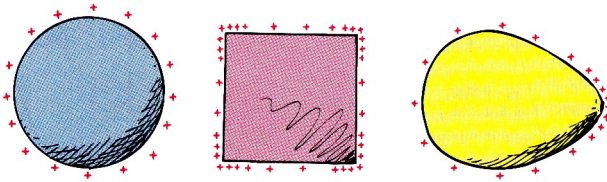
Auf eine Probeladung Q_2 von $0,0000001 \text{ C}$ wirkt in 5 cm Abstand eine Kraft von:

$$F = E \cdot Q_2 = \frac{9000}{r^2} Q_2 = \frac{9000}{0,05^2} 10^{-7} = \underline{0,36 \text{ N}} \quad 8$$

⁵ a) Ein positiver Körper allein stößt positive Probeladungen ab, sonst ist das Feldlinienbild gleich wie oben.
b) Zwei entgegengesetzt geladene Körper haben ein Feldlinienbild, das sich als vektorielle Addition von den zwei vorhergehenden zusammensetzt. Solltest du die Vektorrechnung noch nicht kennen, ist das kein Problem.
c) Bei zwei entgegengesetzt geladenen Platten ist klar, dass eine Probeladung überall – außer an den Rändern – die gleiche Kraft erfährt, deswegen ist dazwischen ein gleichmäßiges („homogenes“) Feld.
⁶ Nur in der Abb. b sind die Teile gleichnamig aufgeladen, sonst ungleichnamig (also + und –). Die (Weizen-)Grießkörner werden durch Influenz zu Dipolen. Diese können sich im zähen Ölbad zwar ausrichten, aber sonst kaum bewegen.
⁷ Man verwendet hier das Coulombsche Gesetz, wie wir es gelernt haben, und lassen den Abstand r der Probeladung vorerst noch offen.
Das Ergebnis bedeutet: Pro Coulomb Probeladung Q_2 wirken 9000 N , wenn man vereinfacht $r = 1 \text{ m}$ einsetzt. Weil die Probeladung selten 1 C ist und auch der Abstand selten 1 m beträgt, werden wir im Anschluss gleich realistischere Zahlen einsetzen.
⁸ Wie formen die Formel $E = F/Q_2$ auf F um.

Abschirmung des el. Felds:

An der Oberfläche eines el. Leiters verteilen sich die Ladungsträger so lange, bis keine Kraft mehr auf sie wirkt. → E-Feld im Inneren = 0 (sonst würde sich noch etwas verschieben)⁹



s.a. (d) oben¹⁰

Versuch: Handy in Metallbox / Lift¹¹

Anwendung: Abschirmung von Leitungen / elektronischen Bauteilen.¹²
Faradayscher Käfig (Auto¹³)

⁹ Ist ja klar: Die Elektronen (oder Elektronenlücken) sind frei beweglich, jedes elektrische Feld würde bewirken, dass eine Kraft auf sie wirkt, und sie sich bewegen. Erst wenn durch diese Bewegung das elektrische Feld im Inneren des Leiters 0 ist, wirkt keine Kraft mehr, und sie stehen still. Eine gute Erklärung mit einem Gegenfeld, das sich aufbaut, findest du auf youtube.com/watch?v=HOaVJzo4Uvk. Evtl. ein Versuch dazu: youtube.com/watch?v=IgFBlaFwkrM ab 2:34.

¹⁰ Im Ölbad. Dort sieht man, dass in dem Ring bei Bild (d) kein Feld herrscht. Die Grießkörner richten sich nicht aus.

¹¹ Wenn man ein Handy in Alufolie einwickelt, wird das elektrische Feld so gut abgeschirmt, dass es keinen Empfang mehr hat. In einem metallischen Lift sind meist noch ausreichend Spalte, die einen schlechten Empfang ermöglichen. Ein weiteres Experiment ist ein Becher auf einem Elektroskop. (Zum Nachsehen: siehe 10:42-18:08 im Video youtube.com/watch?v=IPvATz3L-mc). Man kann es auch umgekehrt machen: Im Inneren eines solchen Bechers kann man keine Ladungen abschöpfen.

¹² Wenn man eine Leitung von elektrischen Störeinflüssen abschirmen will, gibt man um die Leitung eine weitere Metallschicht, die das elektrische Feld abschirmt. Siehe die Abb. auf de.wikipedia.org/wiki/Koaxialkabel. Für Hifi-Kabel ist das zu empfehlen, aber auch in der Computertechnik.

¹³ Tatsächlich ist man im Auto bei Blitzeinschlägen relativ sicher. Siehe z.B.: youtube.com/watch?v=4bkxXsmiaCs. Schau dir auch vom Video youtube.com/watch?v=0ENYe9GK6NM den Teil 0:42 - 1:24 an.