



UNIVERSITÄTS-  
BIBLIOTHEK  
PADERBORN

# **Lehrbuch der Experimentalphysik**

**Lommel, Eugen von**

**Leipzig, 1908**

161. Coulombs Gesetz

---

[urn:nbn:de:hbz:466:1-83789](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:466:1-83789)

beim Gleichgewicht sowohl im Innern die Kraft gleich Null sein als auch auf der Oberfläche die Kraft des äußeren Feldes so angeordnet sein, daß keine Komponente dieser Kraft in die Oberfläche hineinfällt, d. h. sie muß auf der Oberfläche senkrecht stehen.

161. **Coulombs Gesetz.** Hat man eine elektrische Ladung auf einem sehr kleinen, leitenden Körper, etwa einem kleinen Kügelchen, so zeigt das Feld um diesen Leiter herum die gleiche Anordnung der Kraft, wie das magnetische Feld eines Magnetpols. Die Kraftlinien verlaufen radial, die Niveaulächen sind Kugeln, welche den Ort des kleinen geladenen Körpers konzentrisch umschließen, und die Abnahme der Kraft mit der Entfernung von dem geladenen Körper folgt dem gleichen Gesetz, wie bei dem Magnetpol. Coulomb hat diese Tatsache auch für das elektrische Feld nachgewiesen, indem er die Kraft maß, die eine kleine geladene Kugel in dem Feld einer zweiten geladenen Kugel erfährt. Er bediente sich dazu der von ihm konstruierten Drehwage (54). An einem feinen Silberdraht (Glas- oder Quarzfaden) hängt ein wagenrechtes Schellackstäbchen (Fig. 144), das an einem Ende eine kleine vergoldete Kugel aus Holundermark trägt. Das Stäbchen schwebt inmitten eines zylindrischen Glasgehäuses, auf dessen Deckel sich ein vertikales Glasrohr erhebt, in dem der Draht herabhängt; die Stellung des Stäbchens kann an einer am Umfang des Gehäuses angebrachten Gradeinteilung abgelesen werden. Das Glasrohr trägt oben eine Messingfassung, den Torsionskreis, deren Umfang in Grade eingeteilt ist; auf sie paßt eine am Rande mit einer Marke versehene drehbare Messingplatte, an welcher der Draht befestigt ist. Durch ein Loch des gläsernen Deckels kann mittels Schellackgriffs eine zweite gleiche Kugel (die Standkugel) dicht neben die erste Kugel gebracht werden. Hat man die Standkugel elektrisch gemacht, so wird auch die bewegliche Kugel bei Berührung mit ihr gleichnamig elektrisch, und wird nun von ihr abgestoßen; das Stäbchen dreht sich und drillt den an seinem oberen Ende befestigten Draht, bis die Kraft, mit welcher der Draht vermöge seiner Torsionselastizität (vgl. 54) der Drillung widerstrebt, der abstoßenden Kraft das Gleichgewicht hält. Um die bewegliche Kugel der Standkugel näher zu bringen, muß man durch Drehung der oberen Metallplatte den Draht noch stärker drillen, um einen Winkel, welcher am Torsionskreis abgelesen wird. Bei jeder Entfernung der Kugeln wird die abstoßende elektrische Kraft durch

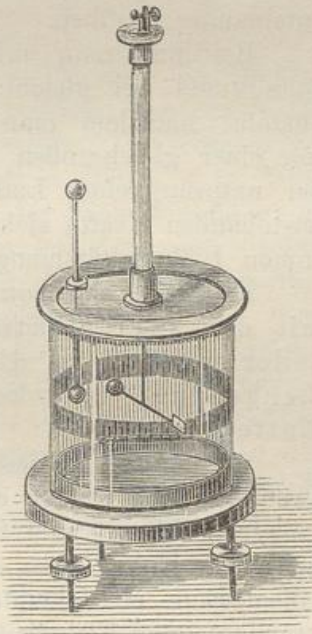


Fig. 144.  
Drehwage.

die elastische Kraft der Drillung, die ihr das Gleichgewicht hält, gemessen; letztere aber ist, wie man weiß, proportional dem Winkel, um welchen der Draht gedreht ist, also proportional der Summe aus dem Winkel, welchen das Stäbchen mit seiner Gleichgewichtslage bildet, und dem Winkel, um welchen der Torsionskreis gedreht wurde. War die anfängliche Entfernung von der Gleichgewichtslage 1, und hat man sie sodann auf  $\frac{1}{2}$  und  $\frac{1}{4}$  gebracht, so ergibt sich, daß die zugehörigen Drillungen und demnach auch die abstoßenden Kräfte sich verhalten wie 1:4:16, d. i. umgekehrt wie die Quadrate der Entfernungen. Dasselbe Gesetz findet man für die Anziehung, welche die Kugeln bei ungleichnamigen Ladungen aufeinander ausüben.

Bestimmt man auf dieselbe Weise die Kräfte, mit denen die Standkugel bei gleichbleibender Entfernung die bewegliche Kugel abstößt, nachdem man die Ladung der ersteren durch Berührung mit einer gleichgroßen unelektrischen Kugel auf  $\frac{1}{2}$ , dann auf  $\frac{1}{4}$  der ursprünglichen Ladung vermindert hat, so zeigt sich, daß die abstoßenden Kräfte sich verhalten wie  $1:\frac{1}{2}:\frac{1}{4}$ ; also wie die wirklichen Elektrizitätsmengen.

Es ergibt sich sonach das Coulombsche Gesetz: die Kraft, mit der zwei elektrisch geladene, kleine Körper aufeinander wirken, ist direkt proportional ihren Elektrizitätsmengen und umgekehrt proportional dem Quadrate ihrer Entfernung.

Coulomb hat dieses Gesetz noch durch ein anderes Verfahren bestätigt. Gegenüber einer größeren isolierten und mit Elektrizität geladenen Metallkugel hängt in gleicher Höhe mit ihrem Mittelpunkt an einem Kokonfaden ein horizontales Schellackstäbchen, an dessen einem Ende ein leitendes Kügelchen sich befindet, das mit der entgegengesetzten Elektrizität geladen wird. Das Stäbchen stellt sich in die Richtung der Kraft ein; diese ist aber an allen Stellen nach dem Mittelpunkt der Kugel gerichtet. Das Feld ist also so, als ob es von einer im Mittelpunkt der Kugel befindlichen Elektrizitätsmenge herührte. Bringt man das Stäbchen ein wenig aus seiner Gleichgewichtslage, so schwingt es um sie herum nach denselben Gesetzen wie ein gewöhnliches Pendel, und zwar um so langsamer, je weiter man es von der Kugel entfernt. Coulomb zählte nun mittels eines Chronometers die in gleicher Zeit erfolgenden Schwingungen und maß die jedesmalige Entfernung des Stäbchens von dem Mittelpunkt der Kugel. Nach dem Gesetze der Pendelbewegung verhalten sich aber die Kräfte wie die Quadrate der Schwingungszahlen (40); es konnte somit das Verhältnis der in verschiedenen Entfernungen wirksamen Kräfte bestimmt werden; es ergab sich gleich dem umgekehrten Verhältnis der Quadrate der Entfernungen.

Sowohl bei der Drehwage als bei den Schwingungsbeobachtungen wirkt störend der Umstand, daß während der Versuche Verluste an Elektrizität stattfinden. Coulomb vermochte jedoch, gleichfalls mittels

der Drehwaage, diese Verluste zu bestimmen und in Rechnung zu bringen, und dadurch sein wichtiges Grundgesetz der elektrischen Kraftwirkung gegen jeden Einwurf sicherzustellen.

162. **Einheit der Elektrizitätsmenge.** Bezeichnet man mit  $e_1$  und  $e_2$  die Elektrizitätsmengen der beiden Körper, mit  $r$  ihre Entfernung, so läßt sich das Coulombsche Gesetz darstellen durch die Gleichung:

$$F = C \frac{e_1 e_2}{r^2},$$

wobei  $F$  die mechanische Kraft bedeutet, die die beiden geladenen Körper aufeinander ausüben. Sind beide Elektrizitätsmengen gleichnamig, so ist  $F$  positiv und bedeutet eine abstoßende Kraft, welche die Entfernung der Körper zu vergrößern strebt; sind die Elektrizitäten entgegengesetzt, so ist  $F$  negativ und bedeutet eine anziehende Kraft, welche die Entfernung zu verkleinern strebt. Die Konstante  $C$  der Formel ist ein Zahlenfaktor, der, wenn  $F$  in Dynen,  $r$  in Zentimetern gemessen werden, ausschließlich von der Einheit abhängt, in der man die Elektrizitätsmengen mißt. Wie bei der magnetischen Polstärke kann man auch hier die Einheit für die Elektrizitätsmenge so wählen, daß die Konstante des Coulombschen Gesetzes  $= 1$  wird. Dadurch ist ein bestimmtes Maßsystem für die elektrischen Größen festgesetzt, das man das elektrostatische Maßsystem zu nennen pflegt. In diesem System ist die Einheit der Elektrizitätsmenge diejenige, welche auf die ihr gleiche Menge in der Entfernung 1 (1 cm) die Kraft 1 (1 Dyne) ausübt; das Coulombsche Gesetz gewinnt daher folgenden einfachen Ausdruck:

$$F = \frac{e_1 e_2}{r^2}.$$

Bringt man eine kleine geladene Kugel in ein elektrisches Feld, so wirkt auf sie eine mechanische Kraft, die im allgemeinen von Punkt zu Punkt des Feldes nach Richtung und Größe veränderlich ist. Die Größe dieser Kraft ist bedingt durch die Ladung  $e$  der Kugel und durch die Stärke  $\mathcal{E}$  des elektrischen Feldes an dem Ort der Kugel:

$$F = e \cdot \mathcal{E}.$$

Die Stärke des elektrischen Feldes, oder die elektrische Kraft ist also das Verhältnis der mechanischen Kraft, die auf die Kugel wirkt, zur Ladung der Kugel, oder ist die mechanische Kraft auf einen kleinen Körper, der mit der Elektrizitätsmenge 1 geladen ist.

Wie im magnetischen Felde (138), kann man sich auch im elektrischen Felde über einem Element einer Niveaufläche eine Röhre gebildet denken, deren Mantel von Kraftlinien gebildet wird, eine Kraftröhre. Dann gilt auch im elektrischen Felde das Gesetz, daß das Produkt aus Querschnitt und Feldstärke, der Kraftfluß, in der ganzen Erstreckung der Röhre konstant ist. Wir können uns auch hier das ganze Feld in Kraftröhren zerlegt denken, für die der Kraft-