



UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Lehrbuch der Experimentalphysik

Lommel, Eugen von

Leipzig, 1908

184. Einfluß des Isolators. Dielektrizitätskonstante

[urn:nbn:de:hbz:466:1-83789](#)

Quantität“ (nebeneinander). Um hohe Spannung und damit große Schlagweite zu erzielen, ist es vorteilhaft, die Batterie auf Quantität gekoppelt zu laden und sie dann auf Spannung oder in Kaskade umzuschalten.

Die Lanesche Maßflasche ist mit der Flasche, deren Ladung gemessen werden soll, „in Kaskade“ verbunden.

184. Einfluß des Isolators. Dielektrizitätskonstante. Bringt man zwischen zwei durch eine Luftsicht getrennte Metallplatten (180), deren eine bis zur Spannung des Konduktors der Elektrisiermaschine geladen, die andere zur Erde abgeleitet ist, eine Platte aus Glas oder Hartkautschuk, so sinkt das Pendel an jener Platte; durch die Gegenwart der dielektrischen Platte ist also die Spannung der Kollektorplatte vermindert und die Kapazität des Ansammlungsapparats erhöht worden. Es kann also jetzt von neuem Elektrizität auf den Apparat übergeführt und seine Ladung vergrößert werden. Dieser Versuch zeigt, daß die Kapazität eines Leiters nicht bloß von seiner Größe und Gestalt und seiner Lage zu anderen Leitern, sondern außerdem auch noch von der Art des ihn umgebenden Isolators abhängt. Für das elektrostatische Feld spielt die Natur des Leiters keine Rolle, wohl aber die Natur des Isolators. Von diesem Gesichtspunkte aus hat Faraday die Nichtleiter als Stoffe, durch die hindurch die elektrischen Kräfte wirken, Dielektrika genannt (173). Ihren Einfluß auf die elektrostatischen Vorgänge charakterisiert man durch ihr spezifisches Influenzvermögen oder ihre Dielektrizitätskonstante (spezifische induktive Kapazität nach Faraday) und versteht darunter das Verhältnis der Ladung eines Kondensators, wenn die betreffende Substanz die Belegungen trennt, zu derjenigen Ladung, welche der Kondensator bis zu dem gleichen Potential geladen annimmt, falls das Zwischenmittel eine gleichdicke Luftsicht ist; oder die Dielektrizitätskonstante eines isolierenden Körpers ist die Zahl, mit welcher man die Kapazität eines Luftkondensators multiplizieren muß, um diejenige desselben Kondensators zu erhalten, wenn in ihm die Luftsicht durch das betreffende Dielektrikum ersetzt ist. Hiermit ist die Dielektrizitätskonstante der Luft = 1 angenommen; für einige andere Dielektrika ergeben sich alsdann folgende Werte: Terpentinöl 2,2; Schwefelkohlenstoff 2,6; Paraffin 2,0—2,3; Hartkautschuk (Ebonit) 2,5—2,9; Schwefel 3,8 bis 4,2; Glas 5—7; Glimmer 5,7—6,6. Da auch die verschiedenen Gase ein verschiedenes Influenzvermögen besitzen, so hat man eigentlich dasjenige des luftleeren Raumes = 1 zu setzen; die Dielektrizitätskonstanten einiger Gase sind alsdann bei normalem Druck: Wasserstoff 1,0003; Luft 1,0006; Kohlendioxyd 1,0009, und zeigen nur geringe Abweichungen von der Einheit, welche praktisch nicht in Betracht kommen.

Bezeichnet man mit k die Dielektrizitätskonstante der Zwischenschicht eines Kondensators, so ist beim Potential V seine Ladung $E = k \frac{S}{4\pi d} V$ und seine Kapazität $k S / 4\pi d$. Die Verwendung von

Glas als Isolationsmittel bei Kondensatoren (Leidener Flasche, Franklinsche Tafel) hat also nicht bloß den Vorteil, daß das Glas ein besseres Isolationsmittel ist als Luft, d. h. viel höhere Potentialdifferenzen verträgt, ohne durchgeschlagen zu werden; es hat den weiteren Vorteil, vermöge seiner dielektrischen Eigenschaft die Kapazität dem Luftkondensator gegenüber noch beträchtlich zu steigern.

Wenn wir zwei kleine Kugeln im Abstande r mit den Elektrizitätsmengen e_1 und e_2 laden, so wirken sie nach dem Coulombschen Gesetz aufeinander mit der Kraft $\frac{e_1 e_2}{r^2}$ (162). Dabei ist Luft als isolierendes Mittel vorausgesetzt. Denken wir uns die Kugeln mit ihren Ladungen an isolierenden Handhaben in ein anderes Dielektrikum, z. B. flüssiges Paraffin eingesenkt, so würde die Kraft, die sie nun aufeinander ausüben, nur der k te Teil der Kraft in Luft sein, wenn k die Dielektrizitätskonstante des Isolators ist. Werden also die Elektrizitätsmengen wie oben (162) durch die Kraft definiert, die sie in Luft aufeinander ausüben, so lautet das Coulombsche Gesetz für ein beliebiges Dielektrikum

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

Wird eine Kugel vom Radius R mit der Elektrizitätsmenge E geladen, so hat ihr Feld in Luft die Stärke $\frac{E}{R^2}$, in einem Isolator von der Dielektrizitätskonstante k , die Feldstärke $\frac{E}{k R^2}$; der gesamte, von der Kugel ausgehende Kraftfluß ist also in Luft $4\pi E$, in dem anderen Isolator $\frac{4\pi E}{k}$. Ebenso ist die Kraft an der Oberfläche eines Leiters, auf dem die elektrische Dichte δ ist, in Luft $4\pi \delta$, in dem Isolator $\frac{4\pi \delta}{k}$. Da die Kraft im letzteren Falle kleiner ist als in Luft, so ist auch die Arbeit, die erforderlich ist, um die Elektrizitätsmenge 1 auf den Leiter zu bringen, also das Potential, in demselben Verhältnis verkleinert.

Die anziehenden oder abstoßenden Kräfte zwischen zwei geladenen Körpern sind also in einem Dielektrikum, dessen Dielektrizitätskonstante k ist, k mal kleiner als in Luft, vorausgesetzt, daß die Ladungen in beiden Fällen genau gleich sind. Da die Potentiale in dem Dielektrikum k mal kleiner sind als in Luft, so muß man jedem Körper die k fache Elektrizitätsmenge zuführen, um die Potentiale auf den Wert zu bringen, den sie in Luft hatten; dadurch wachsen die mechanischen Kräfte, die ja den Produkten der beiden Ladungen proportional sind, um das k^2 fache gegen den Wert, den sie bei den ursprünglichen Ladungen in dem Dielektrikum hatten, oder sie sind k mal größer als die Kräfte in Luft. Werden also die beiden Körper auf gleichem Potential gehalten, so sind die Kräfte zwischen ihnen in dem Dielektrikum k mal größer als in Luft.

Führt man dagegen den Influenzversuch mit dem Faradayschen Gefäß (173) einmal so wie oben beschrieben aus, und dann, nachdem man das Faradaysche Gefäß mit einem flüssigen Isolator gefüllt hat, so ist der Ausschlag des Elektroskops in beiden Fällen der gleiche, wenn die eingeführte Ladung die gleiche war. Der Satz, daß auf den Endquerschnitten einer Kraftröhre stets gleiche entgegengesetzte Elektrizitätsmengen sitzen, gilt also, gleichviel in welchem Dielektrikum die Kraftröhre verläuft, während die mechanische Kraftwirkung oder die Feldstärke um so kleiner ist, je größer k ist. Man unterscheidet daher in einem Dielektrikum zwischen dem Influenz- oder Induktionsfluß, der ein Maß der vorhandenen Ladungen ist, und dem Kraftfluß, der

von diesen Ladungen ausgeht. Das Verhältnis beider ist = $k/4\pi$, ist also durch die Dielektrizitätskonstante des Isolators gegeben.

185. Dielektrische Polarisation. Die Tatsache, daß die Natur des Isolators die elektrischen Kräfte in der beschriebenen Weise beeinflußt, ist die wichtigste Stütze der von Faraday entwickelten Anschauung, daß die Kräfte, die geladene Leiter aufeinander ausüben, durch den zwischen ihnen liegenden Isolator vermittelt würden. Aber wir haben schon oben (170) die Überlegung angestellt, daß der materielle Isolator nicht der eigentliche Träger dieser Kräfte sein kann, da sie auch durch den leeren Raum hindurch wirken. Der materielle Isolator bewirkt also nur eine Abänderung der durch den Äther vermittelten Wirkung. Dabei haben wir uns den Äther als ein jeden Raum erfüllendes, alle Materie durchdringendes Medium zu denken. Das Zustandekommen des Einflusses des Isolators auf die elektrische Kraft kann man sich dann durch die Vorstellung erklären, daß die in den Äther eingebetteten Moleküle des Isolators geradeso, wie wir es von den Leitern im neutralen Zustande vorausgesetzt haben, positive und negative Elektrizität in gleicher Menge enthalten, nur mit dem Unterschied, daß im Leiter diese Ladungen frei beweglich, im Isolator dagegen an das Molekül gebunden sind. Unter dem influenzierenden Einfluß des elektrischen Feldes werden dann innerhalb des Moleküls Verschiebungen der Ladungen eintreten, so daß sich, wie auf einem isolierten Leiter, entgegengesetzte Ladungen an gegenüberliegenden Punkten des Moleküls ansammeln werden. Diesen Zustand des influenzierten Nichtleiters nennt man dielektrische Polarisation. Die Polarität der Moleküle verschwindet wieder, sobald das Feld aufhört zu wirken. Da durch diese Influenzladungen der Moleküle ein Teil des Kraftflusses der das Feld erzeugenden Ladungen aufgenommen wird, so erklärt sich dadurch die Verminderung, die die elektrische Kraft der Ladungen innerhalb des Isolators erfährt.

Die Folge dieser Polarisation der kleinsten Teilchen ist ein Spannungszustand des Nichtleiters von der Art, wie wir ihn als Spannungszustand des magnetischen und elektrischen Feldes bereits beschrieben haben (136, 170). Diejenigen Teilchen nämlich, die in Richtung einer elektrischen Kraftlinie hintereinander liegen, wenden nach dem Gesagten entgegengesetzte Ladungen einander zu und ziehen sich infolgedessen an, während senkrecht zu den Kraftlinien gleichartige Ladungen nebeneinander liegen und daher Abstoßung eintritt. Es wird also in den Kraftlinien eine Zugspannung, wie in einem gedehnten Faden, und senkrecht zu ihnen eine Druckwirkung bestehen. Daß wirklich derartige Spannungen in einem Isolator, wenn er elektrisiert wird, auftreten, das beweisen einerseits Gestalts- und Volumänderungen, die Isolatoren beim Elektrisieren erfahren (Elektrostriktion), und andererseits der Umstand, daß durchsichtige Isolatoren, auch Flüssigkeiten, sich in starken elektrischen Feldern zwischen den Platten eines Kondensators gegen das Licht wie