



UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Einführung in die Elektrizitätslehre

Kolbe, Bruno

Berlin, 1893

Anhang (Historische Bemerkungen und Ergänzungen).

[urn:nbn:de:hbz:466:1-82505](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:466:1-82505)

Anhang.

(Historische Bemerkungen und Ergänzungen.)

- s. 1. **1.** Der Name „*Elektricität*“ (Bernsteinkraft) ist von Gilbert (geb. 1540 in Colchester, † 1603 in London) aufgebracht worden. In seinem Werke: „*De Magnete, magnetibusque corporibus et de magno magnete tellure Physiologia nova*“ (London 1600) kommt folgende Stelle vor: „*Vim illam electricam nobis placet appellare, quae ab humore provenit*“. (Diese Kraft, welche aus dem Feuchten stammt, wollen wir die elektrische nennen.) — Da dieses Werk die ersten wissenschaftlichen Versuche über Elektricität enthält, so können wir bald (1900) die dreihundertjährige Feier der eigentlichen Entdeckung der Elektricität begehen!
- s. 6. **2.** Das erste Elektroskop (Franklin's) bestand aus zwei isoliert aufgehängten Leinfäden, die später durch zwei Hollundermarkkügelchen gespannt wurden (Canton). Saussure benutzte zwei Strohhalme und Bennet zwei Streifen Blattgold, die bei den neueren Apparaten meist durch Aluminium-Blättchen ersetzt werden. Bei allen diesen Elektroskopen befanden sich die beweglichen Teile am Ende des Leitungsstabes. Erst in neuester Zeit wurden die Blättchen an der Seite des Leitungsstabes angeklebt und dadurch der Ausschlagswinkel bedeutend vergrößert (Exner). Die von uns benutzten Papier-Elektroskope haben gewissermaassen ein Gelenk; desgleichen das mit nur einem einzigen Blättchen versehene Aluminium-Elektrometer (Poske's Zeitschr. für d. phys. u. chem. Unterr. 1888, S. 152 u. 1889, S. 153). Dadurch ist die Empfindlichkeit und Dauerhaftigkeit der Apparate erhöht.
- s. 7. **3.** Glimmer, auch Marienglas genannt, ist ein Silicium und Kali enthaltendes Mineral. (Der meist dunkle Magnesium-Glimmer kommt, weil er durch einen Gehalt an Eisenoxyd leitend ist, für uns nicht in Betracht). Der Kali-Glimmer lässt sich leicht in die dünnsten Blättchen spalten, die nach dem

Austrocknen an der Luft, oder über einer Flamme, vorzüglich isolierfähig sind.

4. Dieser anschauliche Apparat (Fig. 9) wird seit mehr als s. 9. 12 Jahren von Prof. Vanderfliet in Petersburg bei seinen Vorlesungen benutzt. Hier ist eine modifizierte und bequemere Form desselben beschrieben. Dieser Apparat verdient durchaus eine weitere Verbreitung.

5. Damit dieser anschauliche Versuch (Fig. 12) gut gelingt, s. 23. muss die Luft langsam einströmen, da sonst die Seifenblase leicht abfällt. Auch ist es ratsam, die Ebonitröhre an einem nicht zu kurzen (mindestens 20 cm langen) Arm eines Ständers fest einzuklemmen. Zur Seifenlösung ist Marseiller Seife sehr geeignet; auch kann man einige Tropfen Glycerin zusetzen (eher zu wenig, als zu viel). Die Stärke der nötigen Lösung muss man ausprobieren.

6. Die benutzte Lampe (L Fig. 15) ist ein Petroleum-Rund- s. 27. brenner mit einer 8 cm hohen Flamme von 18 Kerzen Leuchtkraft. Die Sammellinse (k) hat einen Durchmesser von 8 cm und eine Brennweite von 10,4 cm. — Die Doppellinse (p), die aus zwei plan-konvexen Linsen besteht, hat einen Durchmesser von 10 cm und eine Brennweite von 15,5 cm. Die Entfernung zwischen ihr und dem Projektionsschirme (s) beträgt bei verdunkeltem Zimmer 2,5 m, sonst 1 m (wobei der Schirm gegen die Fensterseite gestellt wird, damit kein direktes Licht vom Fenster auf die benutzte Schirmseite fällt).

7. Coulomb fand die Gesetze der elektrischen Abstossung s. 55. vermittelt seiner elektrischen Drehwage, die jetzt fast ganz ausser Gebrauch gekommen ist, da neuere Apparate weit bequemer und empfindlicher sind.

8. Geben wir der unteren Kondensatorplatte, welche mit s. 65. dem Elektrometer verbunden ist, eine positive Ladung = L, so wird, wenn wir die obere Platte aufsetzen und ableitend berühren, in dieser eine gewisse Menge — E gebunden, die einen ganz bestimmten Bruchteil (x) von der Ladung der unteren Platte ausmacht. Die Ladung der oberen Platte $L' = x \cdot L$. — Berühren wir nun auch die untere Platte ableitend, so wird auf dieser derselbe Bruchteil von der Ladung der oberen Platte (L') gebunden sein, also ist jetzt die Ladung der unteren Platte (nach dem Aufheben der oberen) $L_1 = x \cdot L' = x^2 L$. Die Menge

der freien Elektrizität wäre $e = L - x^2 L = L(1 - x^2)$. Das Verhältnis der ursprünglichen Ladung (L) zu der freien Elektrizität der unteren Platte [$L(1 - x^2)$] ist nun die gesuchte Verstärkungszahl (k) des Kondensators. Es ist also $k = L/L(1 - x^2) = 1/(1 - x^2)$.

Es gilt also zunächst x^2 zu finden. — Setzen wir die Doppelberührung (erst oben, dann unten) fort, so erhalten wir folgendes:

untere Platte	obere Platte
ursprüngliche Ladung = L	nach der 1. Berührung (oben) gebunden: $L' = x \cdot L$
nach der 1. Berührung (unten) gebunden: $L_1 = x \cdot L' = x^2 \cdot L$	nach der 2. Berührung (oben) gebunden: $L'' = x \cdot L_1 = x^3 \cdot L$
nach der 2. Berührung (unten) gebunden: $L_2 = x \cdot L'' = x^4 \cdot L$	

nach der n ten Berührung (unten)
gebunden: $L_n = x^{2n} L$.

Die Werte L und $L_n = x^{2n} \cdot L$ können wir direkt am Elektrometer messen und hieraus x^2 berechnen, worauf die Verstärkungszahl $k = 1/(1 - x^2)$ sich leicht ergibt.

Aus der Gleichung $x^{2n} L = L_n$ folgt nämlich $x^{2n} = L_n/L$, also

$$x^2 = \sqrt[n]{\frac{L_n}{L}} = \text{Num.} \left[\frac{1}{n} (\log L_n - \log L) \right].$$

Bei einer Messung an unserem Normalkondensator betrug die ursprüngliche Ladung $L = 4,50$ Aichungseinheiten. Nach 10 Doppelberührungen (oben und unten) zeigte das Elektrometer nach dem Abheben der oberen Platte $L_n = 4,28$, also ist

$$x^2 = \sqrt[10]{L_n/L} = \sqrt[10]{4,28/4,50} = 0,9951;$$

mithin ist $1 - x^2 = 0,0049$, also die gesuchte Verstärkungszahl des Kondensators $k = 1/0,0049 = 204$.

s. 66. 9. Diese Methode der Aichung des Elektrometers vermittelt zweier Kondensatoren ist eingehend beschrieben in der „Zeitschr. für d. phys. und chem. Unterr.“ (Berlin, Springer) IV. S. 293.

10. Die Wirkung einer elektrischen Flasche hängt, ausser s. 70
 der Grösse der Belegungen, noch wesentlich von der Isolier-
 fähigkeit des Glases ab. Flaschen, die eine hohe elektrische
 Spannung aushalten, also starke Funken geben sollen, müssen
 dickwandig und ohne Blasen sein. Nach dem Bekleben der
 Flasche mit Staniol muss das Glas erst sehr sorgsam getrocknet
 und noch warm mit Schellackfirnis (am nicht belegten Teile)
 überzogen werden, sonst ist oft alle Mühe vergebens! Man
 prüft das Glas am einfachsten auf seine Isolierfähigkeit, indem
 man es erst gründlich reinigt und nach dem Trocknen mit
 amalgamiertem Leder reibt — je stärker es knistert beim
 Funkengeben, umso besser isoliert es auch.

11. Die Influenz-Elektriermaschine haben (1871) gleich- s. 88.
 zeitig und unabhängig von einander Töpler (damals in Riga)
 und Holtz (in Berlin) erfunden. Jetzt sind verschiedene Modi-
 fikationen derselben im Gebrauch. Bei einigen sind die Glas-
 scheiben durch Ebonitscheiben ersetzt und die Anzahl der
 Belegungen vermehrt, oder es sind Vorrichtungen angebracht,
 um die Maschine sich selbst (durch Reibung von Metallbürsten
 an isolierten Knöpfen der rotierenden Scheibe) erregen zu
 lassen. Wichtiger sind die Influenzmaschinen mit mehreren
 (bis 20) rotierenden Scheiben, wo gewissermaassen mehrere
 Maschinen derart hintereinander gespannt sind, dass die eine
 Maschine die Belegungen der folgenden elektrisiert. Die letzte
 Maschine mit freien Konduktoren giebt dann Funken von sehr
 grosser Schlagweite (sogenannte Maschinen für „Spannung“)
 oder man verkuppelt die Maschinen „nebeneinander“, d. h.
 man sammelt die Elektrizität der gleichnamigen Pole in ge-
 meinschaftlichen Konduktoren an. Auf diese Weise erhält man
 grössere Elektrizitätsmengen von demselben Zustandsgrade, wie
 eine einzelne Maschine ihn liefert. (Ähnlichen Kombinationen
 von elektrischen Apparaten werden wir bei den galvanischen
 Elementen begegnen.)

12. Da die elektrische Anziehungs- und Abstossungskraft s. 106.
 im umgekehrten Verhältnis zum Quadrat der Entfernung steht,
 so folgt, dass, wenn eine Kugel vom Halbmesser = r so stark
 elektrisiert wird, dass sie den Zustandsgrad = V annimmt, ein
 Punkt in doppelter Entfernung (vom Kugelmittelpunkt!),
 also im Abstände = $2r$, den Zustandsgrad $\cdot V/2^2 = V/4 \dots$, in

n-fachem Abstand den Zustandsgrad $V_n = V/n^2$ zeigen muss. Kennt man nun die Entfernung eines Punktes von einer elektrisierten (ringsum freien) Kugel, deren Halbmesser und Zustandsgrad bekannt ist, so können wir leicht den Zustandsgrad der elektrischen Niveauläche berechnen, welche durch den betreffenden Punkt geht. Da die Niveaulächen einen umso kleineren Zustandsgrad haben, je weiter sie von dem elektrisierten Körper abstehen, so wird ein länglicher isolierter Leiter, den wir mit dem einem Ende dem influierenden Körper nähern, gewissermaassen in verschiedene elektrische Niveaus tauchen. Von dem höheren Niveau fliesst dann soviel Elektrizität zu dem abgewandten Ende hin, als zur Ausgleichung des Niveauunterschiedes erforderlich ist. Von diesem Gesichtspunkte aus erscheinen die Influenzversuche (S. 106) in einem neuen Lichte, — doch würden wir bei näherem Eingehen darauf, die diesem Büchlein gesteckten Grenzen überschreiten, daher verweisen wir den sich dafür interessierenden Leser u. A. auf Müller-Pouillet's Lehrb. der Phys. und Meteorol. (herausgegeben von Pfaundler) 9. Aufl. 1890, III. Band, S. 141 — 144.

- s. 108. **13.** Damit die elektrischen Kraftlinien schön hervortreten, muss das schwefelsaure Chinin erst kurz vor dem Versuche zu dem (gut verkorkt aufzubewahrenden) Terpentinöl zugesetzt werden. Die Mischung ist schon am folgenden Tage weniger wirksam. In flachen Glasgefässen mit plan-parallelen Wänden kann die Erscheinung auch vermittelt einer Projektionslampe objektiv sichtbar gemacht werden. Ein zweckentsprechendes Glassgefäss kann man sich leicht herstellen, indem man zwischen zwei Glasplatten (6×10 cm) einen dünnen Gummischlauch U-förmig legt und beide Platten durch 2 Gummiringe an den Enden zusammenpresst. Ein solches Gefäss hat den Vorzug, dass man es leicht auseinandernehmen und reinigen kann. — (Dieses Experiment ist kürzlich in einer englischen Fachzeitschrift beschrieben worden, auf die Verf. durch einen Kollegen aufmerksam gemacht wurde.)
- s. 112. **14.** Die ägyptischen Tempel in Edfu und Dendera zeigen Inschriften, welche von Dümichen und Brugsch entziffert worden sind. Sie besagen, dass die hohen, mit Kupferplatten beschlagenen und mit einer vergoldeten Spitze versehenen Maste gebaut worden seien, „um das aus der Höhe kommende

Unwetter zu brechen“. (J. Dümichen: „Baugeschichte des Dendera-Tempels“, Strassburg 1877.)

Benjamin Franklin teilte 1747 (1748?) der Royal Society in London seine Idee mit, wie man vermittelt eines Papierdrachens „Blitze aus den Wolken ziehen“ könne, wurde aber fast allgemein verlacht. Er führte das Experiment selbst 1752 aus, nachdem bereits Andere auf seinen Vorschlag hin, den Versuch gemacht hatten. Prof. Richmann in St. Petersburg wiederholte am 6. August 1753 den Versuch und wurde dabei vom Blitzschlage getötet. Durch die Zeitung erfuhr Prokop Divisch davon und beschrieb in einer Zuschrift an die Berliner Akademie einen Apparat, der es gestatte, den Blitz unschädlich in die Erde zu leiten. Darauf baute er 1754 seinen Blitzableiter, während der erste Blitzableiter nach Franklin's Angaben 1760 in Philadelphia errichtet wurde. Somit hat — wenn man von den alten Ägyptern absieht — Divisch den ersten Blitzableiter aufgestellt.

15. Nehmen wir die Pendelfäden genügend lang und die Ausschlagswinkel so klein, dass wir (B, Fig. 72, S. 126) den Abstand der beiden Scheiben $pq = d$ ohne merklichen Fehler als Kathete eines rechtwinkligen Dreiecks (qop) betrachten dürfen, so ergibt sich nach einem einfachen geometrischen Gesetz $k:g = d:l$, also $k = d \cdot g/l$, wo k die Linie bedeutet, welche (in Fig. 72) die am Pendel p wirksame Schwerkraftskomponente darstellt. Hat das Pendel (p) die Masse $= m$, so ist der in vertikaler Richtung abwärts gerichtete Zug durch die Schwerkraft (g) $= m \cdot g$ und der der Schwerkraftskomponente (k) $= m \cdot k = m \cdot d \cdot g/l$. Dieser Komponente hält nun die elektrische Abstossungskraft zwischen beiden mit gleichen Elektrizitätsmengen ($e' = e'' = e$) geladenen Scheiben p und q das Gleichgewicht. Nun ist, wie wir (S. 55) sahen, die elektrische Abstossungskraft zwischen zwei gleichnamig-elektrischen Körpern (im Abstände d) $a = e' \cdot e''/d^2 = e^2/d^2$. Also ist $m \cdot d \cdot g/l = e^2/d^2$. Nun soll $d = 1$ (Centimeter) und $e = 1$ (elektrostatische Einheit der Elektrizitätsmenge) sein und obige Formel wird einfach $m \cdot g/l = 1$, oder $m = l/g$. Dann wird, wenn das Pendel durch die elektrische Abstossungskraft um 1 cm seitlich abgelenkt wird, die Abstossungskraft gerade $= 1$ Dyn sein. Für das Pendel, dessen Masse $m = 1$ (Gramm),

ist $l/g = 1$, also $l = g = 981$ cm erforderlich. Ist dagegen, wie in unserem Falle, die Fadenlänge auf $l = 981/4$ Centimeter beschränkt, so wird, da $m = l/g$ sein muss, $m = (981 : 4)/981 = 1/4$, also $m = 0,25$ Gramm zu wählen sein.

s. 131. 16. Bei dem Vergleich zwischen der Elektrizität und der Schwere sind wir stellenweise der Darstellung gefolgt, die Balfour Stewart und Haldane Gee in ihrer „Prakt. Physik“, deutsch von Karl Noack (Berlin, Springer, 1889, I. Teil, S. 37 bis 39) geben. Der die Elektrizität behandelnde Teil dieses Werkes bietet eine Fülle hübscher Aufgaben und Versuche, die sich übrigens ebensogut mit den von uns benutzten Apparaten ausführen lassen. Die Darstellung ist für den Anfänger etwas zu knapp, sonst ist das Studium dieses Buches sehr zu empfehlen.

s. 134. 17. Das elektrische Potential wird gewöhnlich so definiert: „Das elektrische Potential eines Körpers ist die Arbeit, welche man aufwenden muss, um die (positive) Elektrizitätsmenge = 1 aus unendlicher Entfernung (also vom absoluten elektrischen Niveau = 0) an den Körper heranzubringen.“ Da wir aber bei der wirklichen Ausführung der Versuche stets das elektrische Niveau der Erde = 0 annehmen, so haben wir den Begriff des elektrischen Potentials entsprechend einfacher formuliert. Ein Fehler wurde dadurch nicht begangen, da wir es immer nur mit Potential-Differenzen zu thun haben, die Wahl des Null-Niveaus also gleichgültig ist.

s. 136. 18. (Zu der Bemerkung über das Elektrometer). Das Elektrometer sollte sich zu dem Elektroskope ebenso verhalten, wie das Thermometer zum Thermoskop, d. h. die Angaben der einzelnen Apparate müssen nicht nur unter sich vergleichbar sein, sondern auch in einer gesetzmässigen Beziehung zu den gemessenen Grössen stehen. Beim Thermometer geben die beiden „festen Punkte“ (Gefrierpunkt und Siedepunkt) einen wertvollen Anhalt, dagegen müssen Elektrometer entweder (durch Zuführung gleicher Elektrizitätsmengen) geeicht werden, oder sie müssen so konstruiert sein, dass die Ausschläge in einer gesetzmässigen Beziehung zur Ladung stehen, also eine Berechnung derselben gestatten. Beides ist bei unserem Elektrometer (mit einer für unsere Zwecke genügenden Genauigkeit) der Fall.

Ist der Ausschlag bei 1 Ladung (in Graden) $= \alpha_1^0$, so ist der Ausschlag bei der n-fachen Ladung α_n^0 , und zwar findet folgende Beziehung statt: $\text{tang. } \alpha_n^0 = n (\text{tang. } \alpha_1^0 + a) - b$; wo a und b Konstanten des Apparates sind, die bei guten Elektrometern dieser Art so kleine Zahlenwerte haben, dass man für Schulversuche setzen kann: $\text{tang. } \alpha_n^0 = n \cdot \text{tang. } \alpha_1^0$. Unser Elektrometer ist gewissermaassen ein Tangenten-Elektrometer.

Die Mechaniker verkaufen oft fälschlicher Weise unter dem Namen „Elektrometer“ mit 2 Blättchen versehene Elektroskope, die mit einer einfachen Gradskala versehen sind. Diese verdienen den Namen Elektrometer nicht.