



UNIVERSITÄTS-  
BIBLIOTHEK  
PADERBORN

## **Lehrbuch der Experimentalphysik**

**Lommel, Eugen von**

**Leipzig, 1908**

193. Luftelektrizität

---

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

geben, dem negativen Glimmlicht, welche von der positiven Lichtgarbe durch einen dunklen Zwischenraum getrennt ist.

**192. Elektrischer Geruch.** In der Nähe einer tätigen Elektrisier- oder Influenzmaschine nimmt man häufig einen auffallenden, dem des Phosphors ähnlichen Geruch wahr. Durch die aus Spitzen ausströmende Elektrizität wird nämlich der gewöhnliche geruchlose Sauerstoff ( $O_2$ ) der Luft in eine eigentlich riechende Abänderung umgewandelt, welche Ozon oder aktiver Sauerstoff ( $O_3$ ) genannt wird. Der letztere Name soll andeuten, daß sich der so abgeänderte Sauerstoff vor dem gewöhnlichen durch stärkere chemische Wirkung auszeichnet. Man kann die Gegenwart des Ozons nachweisen durch Papierstreifen, welche mit Stärkekleister und Jodkaliumlösung befeuchtet sind. Das durch den aktiven Sauerstoff aus dem Jodkalium verdrängte Jod färbt den Kleister blau.

**193. Luftelektrizität.** Eine elektrische Entladung größter Art ist der Blitz, ein großer elektrischer Funke, der zwischen zwei Wolken oder zwischen einer Gewitterwolke und der Erde überspringt. Franklin war der erste, welcher die elektrische Natur des Blitzes (1752) nachwies. Er ließ einen mit Spitzen versehenen Papierdrachen unter einer Gewitterwolke steigen, und vermochte, nachdem die Schnur vom Regen durchnäßt und dadurch leitend geworden war, aus einem unten darangehängten Schlüsselbund Funken zu ziehen, welche sich von denjenigen einer Elektrisiermaschine in nichts unterschieden. Die Dauer eines Blitzes ist bei neueren photographischen Aufnahmen von Blitzen sehr verschieden gefunden worden. Es kommen Blitze vor, deren Dauer nicht mehr als  $\frac{1}{100\,000}$  Sekunde beträgt, aber auch solche von der Dauer ganzer Sekunden. Ihrem Aussehen nach unterscheidet man drei Arten von Blitzen. Die Linienblitze erscheinen als sehr schmale Lichtlinien, welche in geschlängelter jedoch niemals scharfwinklig geknickter Bahn, wie man auf Bildern häufig dargestellt sieht, von Wolke zu Wolke oder aus den Wolken zur Erde fahren; sie teilen sich oft gabelförmig in mehrere Äste und gleichen auch hierin den Funken, welche man aus dem Konduktor einer Elektrisiermaschine zieht. Die Flächenblitze verbreiten ihr viel weniger helles und meist rötlich gefärbtes Licht über größere Flächen der Gewitterwolken; sie sind wahrscheinlich nur der Widerschein von Linienblitzen, die durch eine Wolke verdeckt sind. Weit seltener und von noch unaufgeklärter Entstehungsweise sind die Kugelblitze, welche gleich Feuerkugeln von den Wolken auf die Erde stürzen und sich dabei so langsam bewegen, daß man ihrem Laufe mit dem Auge folgen und ihre Geschwindigkeit schätzen kann.

Wie der Funke einer Elektrisiermaschine von einem Knall, so ist der Blitz vom Donner begleitet. Da das Licht fast augenblicklich, der Schall aber vergleichsweise langsam sich fortpflanzt, so wird der Donner immer erst einige Zeit nach dem Erscheinen des Blitzes gehört. Aus der Zeit zwischen der Wahrnehmung des Blitzes und des Donners kann man leicht, da der Schall 340 m in der Sekunde durchläuft, die Entfernung des Blitzes von dem Standpunkte des Beobachters berechnen. Obgleich der Schall an allen Punkten der Blitzbahn gleichzeitig entsteht und wie der Funke selbst nur äußerst kurze Zeit dauert, so vernehmen wir doch infolge der langsamen Fortpflanzung des Schalles den Donner als ein manchmal 45 Sekunden lang fortgesetztes Rollen. Die Blitze erreichen nämlich häufig eine Länge von 10—15 km. Nehmen wir an, daß die Entfernung ihrer verschiedenen Punkte von unserem Standpunkte nur um 1000 m voneinander verschieden sind, so wird der am entferntesten Punkte der Blitzbahn entstandene Schall erst drei Sekunden später zu uns gelangen, als derjenige, welcher an dem uns nächsten Punkte entstand. Während dieses Zeitraumes ist die Schallempfindung keine gleichmäßige; gewöhnlich beginnt der Donner mit leisem Rollen, dann folgt heftiges Krachen und Knallen, bis er endlich dumpf grollend

verstummt. Von allen Strecken der geschlängelten Blitzbahn, welche auf uns oder von uns weg gerichtet sind, gelangt der Schall nämlich nur nach und nach und von jedem Punkte besonders zu uns; er erreicht uns aber mit einem Schlage von allen Punkten derjenigen Strecken, welche quer verlaufen, ohne ihre Entfernung von uns zu ändern. Ein Blitz, dessen sämtliche Punkte gleichweit von unserem Ohr entfernt wären, der z. B. einen um unser Ohr beschriebenen Kreis durchliefe, würde nur als ein einziger augenblicklicher Knall vernommen werden; jede plötzliche Biegung der Blitzbahn aber hat eine ebenso plötzliche Änderung in der Stärke des wahrgenommenen Schalles und eine zeitliche Verschiebung seiner Wahrnehmung zur Folge. Zu dieser Ursache des Donnerrollens kommt noch eine zweite hinzu, nämlich der Widerhall an Berghalden und Felswänden sowie an den Wolken selbst.

Wie in der Luft, so bringt der Blitz auch in anderen Körpern, durch die er hindurchgeht, die gleichen Wirkungen in entsprechend verstärktem Maße hervor, die wir bei den Entladungen kennengelernt haben, Metallstücke werden erhitzt, unter Umständen bis zum Schmelzen oder Verflüchtigen. Schlechte Leiter werden durchbohrt und zertrümmert. Auf den Gipfeln der Berge findet man die Kanten der Felszacken häufig oberflächlich geschmolzen und verglast. Schlägt der Blitz in einen sandigen Boden, so bildet er verästelte, innen verglaste Röhren von geschmolzenen und zusammengesinterten Sandkörnern, welche man Blitzröhren oder Fulguriten nennt. Sie erreichen eine Länge von 4—10 m und sind einige Millimeter bis 5 cm weit, und zwar nach untenhin enger und spitz zulaufend. Brennbare Körper werden durch den Blitz entflammt, Flüssigkeiten verdampft. Bäume, vermöge des unter ihrer Rinde vorhandenen Saftes ziemlich gute Leiter, werden häufig vom Blitz getroffen, besonders solche, welche tiefgehende Pfahlwurzeln in die feuchten Schichten des Bodens aussenden, wie Pappel, Eiche, Kiefer. Der Blitz durchbricht die Rinde, schält sie in Streifen ab, spaltet und zerschmettert den Holzkörper in dünne Splitter. An diesen Zerstörungen hat ohne Zweifel der Wasserdampf, der sich aus dem Saft des Baumes plötzlich entwickelt, nicht geringen Anteil. Menschen und Tiere werden betäubt oder sogar getötet, wenn sie vom Blitze getroffen werden.

Der Blitz wählt im allgemeinen diejenige Bahn, auf der die Elektrizität am besten fortgeleitet wird; er bevorzugt daher die Metalle. Doch ist die gute Leitungsfähigkeit nicht allein bestimmend für den Weg des Blitzes. Hat eine metallische Leitungsbahn Ecken oder auch nur scharfe Krümmungen, so kann es vorkommen, daß der Blitz an solchen Stellen, statt dem Metall zu folgen, von ihm abspringt.

Auf dem Gedanken, dem Blitz eine metallische Bahn zum unschädlichen Übergang in den Erdboden zu bieten, beruht der Blitzableiter (Franklin 1753). Er besteht aus der Auffangevorrichtung, einer oder mehreren aufrechten, zugespitzten Metallstangen, die auf den höchsten Punkten des zu schützenden Gebäudes angebracht sind, aus den Gebäudeleitungen, die von den Auffange- stangen aus auf den zulässig kürzesten Wegen unter möglichster Vermeidung scharfer Krümmungen über das Dach und längs der Mauern zu Boden führen, und aus den Erdleitungen, die dem Blitz eine weitere Leitung in die Erde hinein bis zu gut leitenden feuchten Schichten darbieten sollen. Die Gebäudeleitung besteht entweder aus Stabeisen oder aus Seilen von Kupferdraht oder verzinktem Eisendraht und darf nicht zu dünn sein; sie muß für Eisen bei unverzweigter Leitung nicht unter 100, für Kupfer nicht unter 50 qmm Querschnitt haben. Mit ihr müssen alle größeren Metallteile des Gebäudes, Dachrinnen, Wasser- und Gasleitungen usw. metallisch verbunden werden. Besonders wesentlich aber ist eine gute Verbindung der Leitung mit dem Boden. Trockener Boden leitet die Elektrizität schlecht. Womöglich sollte man das Ende der Leitung in das Grundwasser, oder in einen Teich oder Bach einsenken. Kann man aber größere Wassermassen nicht erreichen, so muß man wenigstens bis zu einer stets feuchten Erdschicht vordringen und dort die verzweigte Leitung in Kanäle betten, welche mit Holzkohle, die ein guter Leiter ist und zugleich vor Oxydation schützt, ausgefüllt sind, oder in Metallplatten mit großer Oberfläche endigen lassen.

Neben der Ableitung des einschlagenden Blitzes können die Blitzableiter einen weiteren Nutzen dadurch gewähren, daß sie die Entstehung einer Blitzentladung überhaupt verhindern, indem sie die zwischen Wolken und Erdboden bestehende Spannung durch Spitzenausstrahlung (175) zum allmählichen Ausgleich bringen. Derartige Entladungen werden zuweilen als Lichtbüschel nicht bloß an Blitzableitern, sondern auch an den Spitzen von Türmen, Windfahnen, Mastbäumen, ja sogar an den Haaren und Kleidungsstücken der Menschen sichtbar; man nennt sie St.-Elmsfeuer.

Man kann auch (Melsens, 1865) das zu schützende Gebäude unter Weglassung der Auffangestangen mit einem Netze von zahlreichen Drähten, die zur Erde abgeleitet sind, umgeben und es dadurch gleichsam in eine weitmaschige Drahthülle einschließen, welche ihren Innenraum vor der Wirkung äußerer elektrischer Kräfte beschirmt (s. Schirmwirkung 173). Das Netz der Telegraphen- und Telephondrähte über den Häusern einer Stadt bildet einen riesigen Blitzableiter, dessen gute Erdleitung bei der Benutzung immerwährend von selbst geprüft wird.

Das Vorzeichen der Ladung der Wolken ist bald positiv, bald negativ, und kann während eines Gewitters mehrfach wechseln. Aber nicht bloß unter der influenzierenden Einwirkung einer elektrisch geladenen Wolke auf die Erde, sondern auch bei vollkommen wolkenlosem Himmel besteht in der Atmosphäre ein elektrisches Feld. Verbindet man die Blättchen eines empfindlichen Elektroskopes mit einer Spitz oder einer Flamme, so genügt auf freiem, ebenem Terrain eine geringe Erhebung der Spitz oder Flamme, um die Blättchen zum Ausschlag zu bringen. Die Ladung, die das Elektroskop dabei annimmt, ist in der Regel positiv. Da sie dadurch zustande kommt, daß negative Elektrizität aus der erhöhten Spitz ausströmt, so besteht also in der freien Atmosphäre ein Feld von solcher Richtung, daß positive Elektrizität in ihm nach der Erde zu bewegt wird. Statt dessen kann man auch sagen, daß der Erdkörper sich auf einem relativ niedrigen Potential befindet, das mit der Erhebung in der Atmosphäre wächst (163). Den Betrag dieser Zunahme für eine Erhebung um 1 m bezeichnet man als das atmosphärische Potentialgefälle (F. Exner, 1886). Diese im Gegensatz zur Gewitterelektrizität als normale Luftelektrizität bezeichnete Erscheinung zeigt bei klarem Himmel eine regelmäßige tägliche Periode, welche an vielen Orten in einem zweimaligen Ansteigen und Wiederabfallen besteht. Die Wirkung wächst nach Tagesanbruch anfangs rasch, dann sehr langsam bis zu einem vormittäglichen Maximum einige Stunden nach Sonnenaufgang; sie nimmt dann ab und wird am schwächsten einige Stunden vor Sonnenuntergang; nachher steigt sie wieder rasch und erreicht einige Stunden nach Sonnenuntergang zum zweiten Male einen höchsten Wert; während der Nacht nimmt sie wieder ab bis zu einem zweiten Minimum vor Tagesanbruch, worauf sie wieder zu steigen beginnt; etwa um 11 Uhr vormittags findet der Mittelwert des ganzen Tages statt. Im Winter ist die Wirkung beträchtlich stärker als im Sommer.

Zur Erklärung des normalen elektrischen Verhaltens der Atmosphäre kann man die Annahme machen, daß die Erde eine negative elektrische Ladung besitzt (Peltier, Lamont, Exner). Da aber unter normalen Umständen das Potentialgefälle mit wachsender Erhebung in höhere Luftsichten sehr stark abnimmt, so genügt obige Annahme nicht; sondern die Luft muß außerdem noch positive elektrische Ladung enthalten. Über den Ursprung dieser Ladungen und über die Entstehung der Gewitter sind vielfache Hypothesen aufgestellt worden, zwischen denen noch keine endgültige Entscheidung getroffen ist.

Die atmosphärische Luft ist übrigens kein vollkommener Isolator. Ein in freier Luft aufgestellter, auf das beste isolierter, geladener Leiter verliert allmählich seine Ladung an die Luft. Man bezeichnet diese Eigenschaft der Luft, die Ladung eines Körpers fortzuführen, als ihr Zerstreuungsvermögen. Auch diese Eigenschaft ist, ebenso wie das Potentialgefälle, im hohen Maße von dem meteorologischen Zustande der Atmosphäre abhängig. Das Zerstreuungsvermögen ist in nebliger Luft sehr gering; es ist am größten, wenn die Luft ausnahmsweise rein und durchsichtig ist. Im Tieflande ist die Zer-

streuung für positive und negative Ladung nahezu gleich; auf Bergspitzen dagegen ist sie für negative Elektrizität beträchtlich größer als für positive.

194. **Pyroelektrizität.** Ein säulenförmiger Turmalinkristall wird an einem Ende positiv, am anderen Ende negativ elektrisch, wenn man ihn erwärmt; dagegen wird jenes Ende negativ, dieses positiv elektrisch, wenn er sich abkühlt (Canton, 1759, Bergmann, 1767). Jenes Ende heißt der analoge, dieses der antiloge Pol und ihre Verbindungslinie die elektrische Achse. Bei unveränderter Temperatur ist der Kristall unelektrisch.

Kristalle, welche, wie Turmalin, Borazit u. a., bei Temperaturveränderungen zwei entgegengesetzt elektrische Pole annehmen, heißen terminalpolarisch. Andere, wie Topas, Prehnit usw., erhalten beim Erwärmen zwei gleichnamige analoge oder antiloge Pole, weil, wie man annimmt, die zugehörigen entgegengesetzten Pole im Innern liegen; man nennt sie deswegen zentralpolarisch (Hankel, seit 1839).

Die Elektrizitätsverteilung auf der Oberfläche pyroelektrischer Kristalle lässt sich durch Aufstreuen des elektroskopischen Pulvers aus Mennige und Schwefel sichtbar machen (Kundt, 1883).

195. **Piezoelektrizität.** Piezoelektrische Kristalle laden sich, wenn man auf sie in der Richtung der elektrischen Achse einen Druck ausübt, in demselben Sinne, wie bei Abkühlung, bei Verminderung des Drucks oder bei Zug, wie beim Erwärmen. Die hierbei entwickelten Elektrizitätsmengen sind der Druckänderung proportional (J. u. P. Curie, 1881).

Auch nichtkristallinische Körper werden durch Druck elektrisch. Die beiden Hälften eines durchschnittenen Korkes werden entgegengesetzt elektrisch, wenn man die Schnittflächen aneinanderpreßt.