



## **Lehrbuch der Experimentalphysik**

**Lommel, Eugen von**

**Leipzig, 1908**

234. Stromwärme. Joulesches Gesetz

---

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

Metallplatte mit den Drahtenden eines Galvanometers, so gibt dieses einen Ausschlag, wenn in den berührten Punkten verschiedene Spannung herrscht. Man kann aber leicht, indem man das eine Drahtende verschiebt, eine Reihe von Punkten finden, für die das Galvanometer in Ruhe bleibt. In diesen Punkten ist die Spannung die nämliche, wie in dem vom ersten Drahtende berührten Punkte; sie bilden in ihrer Gesamtheit eine durch letzteren Punkt gehende Linie gleicher Spannung oder gleichen Potentials. Ebenso findet man in körperlichen Leitern Flächen gleicher Spannung, äquipotentielle Flächen oder Niveaumassen. Von einer Niveaumasse stationären Potentials zur nächst niedrigen geht die elektrische Strömung in Linien (Stromlinien), welche auf jeder dieser Flächen senkrecht stehen, entsprechend den Kraftlinien beim elektrostatischen Potential, und es gilt für jeden von solchen Stromlinien begrenzten „Stromfaden“ das Ohmsche Gesetz.

Auf einer rechteckigen Metallplatte z. B., an deren gegenüberstehende Seiten  $a b$  und  $c d$  (Fig. 191) die Poldrähte einer galvanischen Batterie angelötet sind, verlaufen die Linien gleicher Spannung parallel zu diesen Seiten, die Stromlinien parallel zum anderen Seitenpaar. Legt man die Zuleitungsdrähte

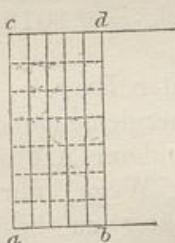


Fig. 191.  
Stromlinien.

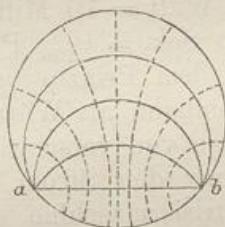


Fig. 192.  
Stromlinien.

der Batterie an zwei Punkten  $a$  und  $b$  (Fig. 192) des Umfanges einer Kreisscheibe, so sind die äquipotentiellen Linien Kreise, deren Mittelpunkte auf der Verbindungslinie  $a b$  des Ein- und Ausströmungspunktes zu diesen harmonisch liegen, und die zu ihnen senkrechten Stromlinien sind Kreise, welche durch diese Punkte  $a$  und  $b$  hindurchgehen.

**234. Stromwärme. Joulesches Gesetz.** Bald nach Erfindung der Voltaschen Säule bemerkte man, daß die vom Strome durchflossenen Leiter sich erwärmen, und daß bei hinreichender Stromstärke Drähte sogar zum Glühen und Schmelzen gebracht werden.

Indem Joule (1841) spiralförmig gewundene durchströmte Drähte in ein Kalorimeter tauchen ließ, das zur Vermeidung von Nebenschlüssen mit einer nichtleitenden Flüssigkeit (z. B. Alkohol, Benzin, Terpentinöl usw.) von bekannter spezifischer Wärme gefüllt war, fand er das nach ihm benannte Gesetz: Die in einem Leiter in der Zeiteinheit entwickelte Wärmemenge ist proportional dem Widerstande des Leiters und proportional dem Quadrate der Stromstärke.

Man hätte das Joulesche Gesetz auch ohne Versuche durch folgende auf das Prinzip der Erhaltung der Energie gestützte Überlegung finden können. Wenn die in der Zeiteinheit den Draht durchfließende Elektrizitätsmenge, d. i. die Stromstärke  $J$ , von dem höheren Potential am einen Ende des Drahtes bis zu dem niedrigeren am anderen Ende herabsinkt, so leistet sie Arbeit, welche gleich ist dem Produkt aus dieser Elektrizitätsmenge und dem Potential-

unterschied an den Drahtenden. Nach dem Ohmschen Gesetze aber ist dieser Potentialunterschied  $E$  oder Spannungsverlust gleich dem Produkte aus Stromstärke  $J$  und Widerstand  $R$  des Drahtstückes, also  $= JR$ . Die von dem Strom in dem Drahtstück geleistete Arbeit ist demnach  $JJR$  oder  $J^2R$ . Diese Arbeit wird in dem Drahte in die ihr äquivalente Wärmemenge  $W$  umgewandelt. Man hat daher, wenn man als Einheit der Wärmemenge die der Arbeitseinheit (Erg) äquivalente Wärmemenge wählt, das Joulesche Gesetz:  $W = J^2R$  oder, weil  $JR = E$  ist, auch  $W = JE$ . Die in 1 Sekunde in einem Leiterstück entwickelte Wärme oder die ihr entsprechende Arbeit pro Sekunde, oder der „Effekt“ des Stromes, wird demnach gemessen durch das Produkt aus der Potentialdifferenz ( $E$ ) des Stückes in Volt mit der Stromstärke in Ampère, und erscheint dann ausgedrückt in einer Einheit, die man 1 „Voltampère“ oder auch 1 „Watt“ nennt. 1 Watt = 10 Millionen Erg pro Sek. = 0,1019 Meterkilogramm pro Sek. =  $1/736$  Pferdekraft (vgl. 17).

Nach dem Prinzip von der Erhaltung der Energie muß dieser in der Strombahn als Wärme auftretenden Energiemenge eine gleichgroße Menge von verschwindender Energie anderer Art entsprechen. Erzeugen wir den Strom auf mechanischem Wege, durch Drehen einer Elektrisiermaschine oder einer der später zu besprechenden Dynamomaschinen, so ist die aufgewandte mechanische Arbeit die Quelle der Stromenergie. Erzeugen wir den Strom auf chemischem Wege mittels galvanischer Elemente, so ist der Energieumsatz der in der Kette vor sich gehenden chemischen Prozesse die Quelle der elektrischen Energie. Löst man Zink in Schwefelsäure auf, so bemerkt man dabei eine beträchtliche Wärmeentwicklung. Löst sich dagegen das Zink als Träger eines elektrischen Stromes in einem galvanischen Elemente auf, so entsteht aus der verschwindenden chemischen Energie zunächst elektrische Energie, die sich dann erst im Schließungskreis in Wärme verwandelt.

Im Daniellschen Element ist die elektrische Energie, die das Element mit einem bestimmten chemischen Umsatz zu liefern vermag, gerade so groß wie die Energie, die als Wärme von dem gleichen chemischen Umsatz direkt geliefert werden kann. Doch ist diese Gleichheit keine notwendige. Bei der Mehrzahl der galvanischen Elemente ist vielmehr die elektrische Energie kleiner als die Wärme, die dem chemischen Prozeß im Elemente entspricht. Während der Stromlieferung wird daher nur ein Teil der verschwindenden chemischen Energie in elektrische Energie verwandelt; der Rest tritt auch hier als Wärme auf und hat zur Folge, daß sich das Element bei der Stromlieferung erwärmt. Es kommt aber auch der umgekehrte Fall vor, daß ein Element mehr elektrische Energie zu liefern vermag, als der „Wärmetönung“ seines chemischen Umsatzes entspricht. Dieser Überschuß wird auf Kosten des Wärmeinhaltes der das Element zusammensetzenden Stoffe geliefert. Daher tritt in diesem Falle bei Stromdurchgang Abkühlung im Elemente ein.

Aus dem Jouleschen Gesetze erklärt es sich, daß Metalldrähte durch den Strom um so höher erwärmt werden, je dünner sie sind und je geringer das Leitungsvermögen des Metalls ist. Läßt man z. B. den Strom durch eine Kette aus gleichdicken abwechselnden Silber- und Platindrähten gehen, so erhitzen sich die Platindrähte stärker als die weit besser leitenden Silberdrähte, und können zum Glühen kommen, während diese dunkel bleiben (Children, 1815).

Man benutzt das Erglühen von Drähten zum Sprengen von Minen mittels Patronen, in welchen ein dünner Platindräht angebracht ist, dem durch isolierte dicke Kupferdrähte der Strom einer Batterie zugeführt wird. In der Heilkunde bedient man sich galvanisch glühender Platindrähte, um Geschwüre u. dgl., um welche der Draht wie eine Schlinge gelegt wird, wegzuätzen (Galvanokaustik).

Auch hat man Instrumente zum Messen der Stromstärke gebaut, bei denen die durch die Stromwärme erzeugte Verlängerung eines Drahtes die Drehung eines Zeigers veranlaßt, der die Stromstärke auf einer Skala direkt abzulesen gestattet. Solche Instrumente nennt man *Hitzdrahtinstrumente*.

Andererseits muß man bei Versuchen oder elektrischen Anlagen die Kupferdrähte, die man zur Stromleitung benutzt, so dick wählen, daß die in ihnen stattfindende Erwärmung ein gewisses ungefährliches Maß nicht überschreitet. Für mittlere Stromstärken rechnet man für je 3 Ampère 1 qmm Querschnitt, so daß also ein Leitungsdraht, durch den 30 Ampère fließen sollen, einen Querschnitt von 10 qmm haben müßte. Um aber solche Leitungen, oder um Apparate vor zu hohen Stromstärken und den dadurch hervorgerufenen zerstörenden Wirkungen zu schützen, macht man abermals von der Stromwärme Gebrauch, indem man in den Stromkreis sogenannte „Sicherungen“ einschaltet. Das sind kurze Enden von Draht oder Blech aus Blei oder leicht schmelzbaren Metallkompositionen, die, sobald der Strom im Leitungskreise eine gewisse, durch den Querschnitt der Sicherung bestimmte Stärke erreicht, durchschmelzen und den Strom auf diese Weise unterbrechen.

**235. Glühlampen.** Die ausgedehnteste Anwendung macht man von der Stromwärme in der elektrischen Beleuchtung. Doch kann man hierfür nicht die gebräuchlichen Metalle verwenden, weil sie bei höheren Glühtemperaturen schmelzen, sondern muß sich der unschmelzbaren Kohle bedienen. Edison war der erste (1879), der aus Bambusfasern dünne Kohlefäden herstellte, die durch den elektrischen Strom zu heller Weißglut erhitzt werden konnten. Da sie aber an der Luft verbrennen würden, so müssen sie in eine luftleer gemachte Glashülle eingeschlossen werden. Fig. 193 zeigt eine derartige Glühlampe. Der dünne Kohlefaden, der heutzutage aus reiner Zellulose hergestellt wird, ist mit seinen Enden an zwei Platindrähte angesetzt, die in die Glashülle eingeschmolzen sind und von denen der eine außerhalb mit dem messingenen Schraubengewinde *a*, der andere mit der von jenem isolierten Metallplatte *b*