

steht der auf dem Magnet befestigte Eisenkern mit seiner Drahtspirale nahe gegenüber. Die Drahtenden sind an Klemmschrauben befestigt, welche zugleich die Verbindung herstellen mit den beiden Leitungsdrähten L zur anderen Station, wo ein ganz gleicher Apparat zur Aufnahme und Wiedergabe der Depesche dient.

Tritt durch die Schallöffnung ein Schall in den Apparat, etwa dadurch, daß in ihrer Nähe mit deutlicher Betonung gesprochen oder gesungen wird, oder von einem beliebigen musikalischen Instrument Töne ausgehen, so gerät die Eisenplatte P in Schwingungen, und weil sie sich dabei bald dem Eisenkern nähert, bald von ihm entfernt, so wird auch der Magnetismus dieses Kernes bald verstärkt, bald geschwächt, und werden demnach in der ihn umgebenden Induktionsrolle Induktionsströme erzeugt, welche durch die Leitungsdrähte auf den zeicheneempfangenden Apparat übertragen werden, hier umgekehrt vermittelt der Induktionsrolle den Magnetismus des Eisenkernes verändern, in der Eisenplatte schwingende Bewegungen veranlassen und endlich in einem der Schallöffnung genäherten Ohr einen gleichen Schall, wie auf der zeichengebenden Station, zur Geltung bringen. Besonders überraschend und nur durch Molekularbewegung zu erklären ist dabei, daß durch die außerordentlich kleinen Schwingungen, in welche ein Eisenblech durch Schallwellen in Bewegung versetzt wird, Induktionsströme von hinreichender Stärke erzeugt werden, so daß in dem weit entfernten Eisenblech des zweiten Telephons Schwingungen von gleicher Wirkung entstehen.

Der Fernsprecher kommt bei der Post unter Benutzung von Doppelleitungen zur Verbindung von Stationen bis zu Entfernungen von über 100 km zur Anwendung. Zwischen den Fernsprechnetzen der Städte Berlin-Dresden (230 km), sowie Berlin-Breslau (348,3 km) ist 1888 eine besondere Telegraphenlinie aus 3 mm starkem Bronzedraht hergestellt und dem Betriebe übergeben worden. Ein erster Anfang zur Lösung der Aufgabe, Töne zu telegraphieren, war bereits von Ph. Reis in Frankfurt a. M. (1861) gemacht worden, welcher konstante Batterieströme zur Übertragung von Molekularbewegung benutzte.

Der Erfindung des Telephons ist (1878) die des Mikrophons von Hughes gefolgt, vermittelt dessen durch Molekularbewegung Schwingungen von kleinster Amplitude telephonisch bemerkbar werden, welches also zur Wahrnehmung sehr leiser Geräusche dient, wie das Mikroskop zur Wahrnehmung sehr kleiner Objekte. Ebenso ermöglicht durch Übertragung von Molekularbewegung der Phonograph von Edison (1877) beliebige Töne, z. B. der menschlichen Stimme, derartig auf einem Stanniolstreifen zu fixieren, daß Gesprochenes oder Gesungenes, solange der Streifen auf der Walze ungeändert bleibt, in seiner ursprünglichen Klangfarbe und Höhe hörbar gemacht werden kann.

C. Wärme- und Lichtentwicklung durch galvanische Ströme, Erzeugung elektrischer Ströme durch Wärme.

§ 335. Erwärmung und Schmelzung von Metalldrähten.
Ein von einem elektrischen Strom durchflossener Metalldraht wird erwärmt und zwar um so stärker, je größer die Stromstärke, je dünner der Draht und je schlechter leitend das Metall ist, aus welchem er besteht. Nach einem von Joule aufgestellten Gesetz ist die während der Zeiteinheit entwickelte Wärmemenge dem Widerstand des Drahtes und dem Quadrat der Stromstärke direkt proportional (vgl. § 282).

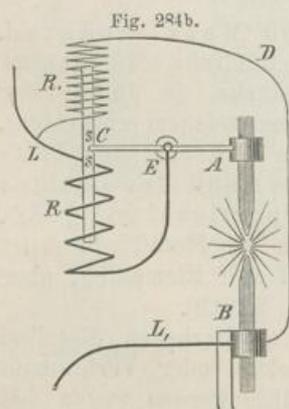
Bei Versuchen über das Glühen und Schmelzen von Metalldrähten ist es zweckmäßig, Ketten aus einer geringen Anzahl von Elementen, aber mit möglichst großer Plattenoberfläche anzuwenden (§ 318).

Drähte aus leicht schmelzbaren oder leicht oxydierbaren Metallen werden durch starke Ströme leicht bis zum Schmelzen oder Verbrennen erhitzt. Selbst dünne und nicht zu lange Platindrähte werden wegen des geringen spezifischen Leitungsvermögens dieses Metalls (§ 319) leicht geschmolzen. Man benutzt die Erhitzung dünner Drähte durch den elektrischen Strom zur Zündung von Minen durch Patronen, welche dazu auf geeignete Weise vorgerichtet und mit den isolierten Leitungsdrähten einer

galvanischen Batterie in Verbindung gesetzt werden. Die Funken des Induktionsapparates (§ 334) sind neuerdings mit Vorteil zu demselben Zweck benutzt worden. Auch in flüssigen Leitern wird durch den Strom eine ihrem Widerstand proportionale Wärmemenge erzeugt.

§ 336. Unterbrechungsfunke; Davyscher Lichtbogen, elektrisches Kohlenlicht. Bei Unterbrechung des metallischen Schließungsbogens einer galvanischen Kette zeigt sich an der Trennungsstelle ein Funke, welcher besonders lebhaft ist, wenn in den Stromkreis Drahtspiralen eingeschaltet sind, in denen magnetisierbare Eisenkerne stecken (vergl. § 333). Um dagegen einen Schließungsfunken zu erhalten, bedarf es, wegen der geringen Spannung der freien Elektrizität an den Polen der offenen Kette, einer sehr kräftigen Batterie von mehreren Hundert Elementen. Hat man jedoch die Poldrähte einer Kette von etwa 20—30 Bunsenschen Elementen bis zur Berührung genähert, so darf man dieselben um eine gewisse geringe Strecke von einander entfernen, ohne die Stromleitung zu unterbrechen. Die durch die intensive Erhitzung an der Unterbrechungsstelle verflüchtigten Metallteilchen bilden dann einen die Stromleitung vermittelnden, glänzenden Lichtbogen zwischen den beiden Poldrähften, welcher der Davysche Lichtbogen genannt wird. Besonders glänzend erscheint derselbe, wenn bei einer Kette von 50—60 Elementen anstelle der metallischen Poldrähfte Kohlenspitzen angewendet werden, die dabei zum hellsten Weißglühen erhitzt werden und nebst dem sie verbindenden Lichtbogen ein Licht ausstrahlen, welches an Intensität dem Sonnenlicht vergleichbar ist.

Eine praktische Anwendung hat das elektrische Kohlenlicht vorzugsweise auf Leuchttürmen gefunden. Die Kohlenspitzen können im Brennpunkt eines parabolischen Reflektors aufgestellt werden, durch welchen die Lichtstrahlen nach der gewünschten Richtung zurückgeworfen werden. Da die Kohlenspitzen, besonders die positive, durch die Hitze des Lichtbogens und besonders durch eine eigentümliche, verflüchtigende Wirkung des Stromes selbst ziemlich schnell abgenutzt werden, so muß durch eine geeignete Vorrichtung dafür gesorgt werden, die Kohlenspitzen in unveränderlicher Entfernung zu erhalten, was durch einen selbstthätigen Regulator erreicht werden kann, der durch einen vom Strom erregten Elektromagnet in Thätigkeit gesetzt wird.



wurden. Vor allem ist hier die von v. Hefner-Alteneck in die Praxis eingeführte Differentiallampe zu nennen. In der schematischen Figur 284b ist die Stromverzweigung, sowie der Mechanismus, durch den die Kohlenspitzen in passender Entfernung von einander gehalten werden, dargestellt.

Zur Erzeugung des elektrischen Lichtes, welches seit einigen Jahren dem Gaslicht bei Beleuchtung von öffentlichen Straßen und Plätzen, Fabrikräumen, Kaufhallen u. s. w. Konkurrenz zu machen beginnt, werden magnetoelektrische Maschinen neuerer Konstruktion (§ 332) angewendet. Sollte die elektrische Beleuchtung mit der Gasbeleuchtung erfolgreich konkurrieren, so mußte vor allem die Aufgabe gelöst werden, mehrere elektrische Lampen an verschiedenen Stellen derselben Stromleitung einzuschalten und zwar in einer derartigen Unabhängigkeit von einander, daß nicht jede durch den Lichtbogen einer Lampe veranlaßte Stromschwankung auch im Licht der übrigen Lampen Störungen zur Folge hatte, oder daß nicht durch das Verlöschen einer Lampe das Weiterbrennen der übrigen gefährdet wurde. Dieses Problem wurde 1879 gelöst und zwar dadurch, daß durch eine Stromverzweigung (§ 319a) die Lampen gewissermaßen von einander isoliert und von der Hauptleitung möglichst unabhängig gemacht

Ca
stäbche
halten
Rolle
größer
L find
LRE
versetz
nächste
Sin
allein d
dadurch
vermitt
Teil de
diese e
Eisenst
entfern
die anz
Widers
sich da
Sel
geschme
trode in
getroffe
Gläser
sammen
Außer
herrühr
positiver
erleidet.
Länge.

Mit
Linien
hängen,
dieser S
wirksam
Übe
dünnen

§
worden
oder a
nungsre
kann,
der sog
lich ist.
wenn m
z. B. K
Kette
Lötstell
kalt bl
welcher
Wirkun
vermag.
dem Ten
Übrigen
Metalle
an der
vom An

CA ist ein um E drehbarer Hebel, an dessen Enden bezüglich das Eisenstäbchen ss und der obere Kohlenhalter A angebracht sind. Der untere Kohlenhalter B ist anderweitig befestigt. Das Eisenstäbchen ist unterhalb durch eine Rolle R dickeren Drahtes, oberhalb durch eine Rolle R_1 dünneren Drahtes, die zu größerem Leitungswiderstand aus mehr Umwindungen besteht, umschlossen. Bei L findet eine Teilung des elektrischen Stromes in die beiden Zweige LR_1D und LRE statt, welche sich, wenn die Kohlenspitzen durch den Lichtbogen in Leitung versetzt sind, beim Austreten aus der Lampe bei L_1 zu weiterer Leitung nach der nächsten Lampe hin vereinigen.

Sind die Kohlenspitzen zunächst von einander getrennt, so geht der Strom allein durch die dünnere Rolle R_1 , und diese zieht den Eisenstab in sich hinauf; dadurch aber wird das andere Ende A des Hebels gesenkt, bis die Kohlenstäbe vermittelt einer Ausschaltung zur Berührung kommen. Jetzt geht der größere Teil des Stromes vermittelt der dickeren Rolle R durch die Kohlenstäbe, und diese entzünden sich an der Berührungsstelle, gleichzeitig aber wird durch R der Eisenstab nach unten gezogen und dadurch die Kohlenstäbe wieder von einander entfernt, infolgedessen der Widerstand des Lichtbogens vermehrt und mit diesem die anziehende Wirkung des andern Stromzweiges in R_1 , bis bei einem bestimmten Widerstande des Lichtbogens die von R und R_1 auf ss ausgeübten Anziehungen sich das Gleichgewicht halten.

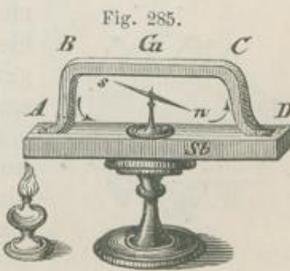
Selbst die feuerbeständigsten Stoffe können im Davyschen Lichtbogen (1821) geschmolzen und verflüchtigt werden, indem man dieselben mit der positiven Elektrode in Berührung bringt. Die Metalle schmelzen wie Wachs, und wenn Vorsorge getroffen wird, daß das flüssige Metall nicht abfließt, kann der durch dunkle Gläser gegen das blendende Licht geschützte Arbeiter die härtesten Metalle zusammenschmelzen. (Das Benardossche Löt- und Schweißverfahren, 1887.) Außer der Erhitzung, die von dem großen Leitungswiderstand des Lichtbogens herrührt (§ 335), findet in demselben eine Überführung materieller Teilchen vom positiven zum negativen Pol statt, weshalb ersterer stets eine schnellere Abnutzung erleidet. In verdünnter Luft erreicht der Lichtbogen eine viel beträchtlichere Länge, als in der freien Atmosphäre.

Mittels des Prismas untersucht, zeigt das Licht des Davyschen Bogens helle Linien, welche von der Beschaffenheit der Metalle oder sonstigen Substanzen abhängen, zwischen denen die Entladung stattfindet, und von den glühenden Dämpfen dieser Substanzen herrühren. Besonders reich ist das elektrische Licht an chemisch wirksamen (ultravioletten) Strahlen (§ 152).

Über die Lichterscheinungen bei Entladung des Induktionsstromes in verdünnten Gasen und Dämpfen siehe oben § 334.

§ 337. Thermoelektrische Ströme. Oben (§ 308) ist gezeigt worden, daß eine geschlossene Kette aus zwei oder mehreren Metallen oder anderen Elektrizitätsleitern, die das Gesetz der elektrischen Spannungsreihe befolgen, im allgemeinen keinen galvanischen Strom erzeugen kann, sondern daß zum Zustandekommen eines solchen die Mitwirkung der sogenannten Leiter zweiter Klasse erforderlich ist. Seebeck entdeckte jedoch (1821), daß wenn man in einer solchen aus zwei Metallen, z. B. Kupfer und Antimon, zusammengelöteten Kette $ABCD$ (Fig. 285) die eine von beiden Lötstellen, z. B. A , erwärmt, während die andere kalt bleibt, in der Kette ein Strom entsteht, welcher eine Magnetnadel abzulenken und andere Wirkungen elektrischer Ströme hervorzubringen vermag. Die Stärke des Stromes wächst mit dem Temperaturunterschied der beiden Lötstellen.

Übrigens ist Stärke und Richtung des Stromes von der Natur der beiden Metalle abhängig. Im oben angeführten Beispiel würde der positive Strom an der warmen Lötstelle vom Kupfer zum Antimon, an der kalten also vom Antimon zum Kupfer gehen. Diese in einem metallischen Schließungs-



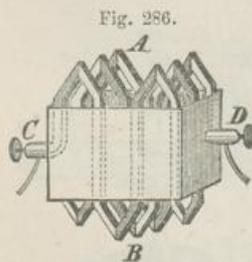
kreis durch ungleiche Erwärmung der Berührungsstellen der Metalle erzeugten Ströme werden thermoelektrische Ströme genannt. Ihre Entstehung erklärt sich durch die Annahme, daß die durch Berührung zweier Metalle erzeugte, elektromotorische Kraft (§ 307) von der Temperatur abhängig ist, so daß die an einer von beiden Berührungsstellen wirksame, elektromotorische Kraft die andere überwiegt. Hinsichtlich ihres thermoelektrischen Verhaltens lassen sich die Metalle in eine Reihe ordnen, so daß bei Verbindung irgend zweier Metalle der positive Strom an der wärmeren Lötstelle immer von dem in der Reihe voranstehenden zu dem folgenden Metall übergeht, und der Strom für gleiche Temperaturunterschiede um so stärker ist, je weiter beide Metalle in der Reihe von einander entfernt sind. Die Reihe ist folgende:

+			
Wismut	Quecksilber	Zinn	Cadmium
Nickel	Platin	Blei	Eisen
Kobalt	Gold	Zink	Antimon.
Palladium	Kupfer	Silber	—

Übrigens sind der Härtingsgrad der Metalle, ihre krystallinische Beschaffenheit, sowie kleine Beimengungen fremder Metalle von großem Einfluß auf ihr thermoelektrisches Verhalten. So können z. B. weicher, ausgeglühter und hartgezogener Kupferdraht zu einer thermoelektrischen Kette vereinigt werden. Eine Legierung von 2 Teilen Antimon mit 1 Teil Zinn zeigt noch negatives Verhalten als das reine Antimon. Markus wendet als positives Metall eine Legierung von 10 T. Kupfer, 6 T. Zink, 6 T. Kobalt, als negatives 12 T. Antimon, 5 T. Zink und 1 T. Wismut an. Bunsen und Becquerel haben gezeigt, daß gewisse in der Natur vorkommende Schwefelmetalle, namentlich Kupferkies, in thermoelektrischer Hinsicht viel positiver sind als Wismut.

Die Noëschen thermoelektrischen Elemente (1871) bestehen aus an einander gelöteten, 7 mm dicken und 27 mm langen Stäbchen von verschiedenen Metalllegierungen. Erwärmt werden dieselben an dem einen Ende durch Wärmeleitung vermittelt eines Kupferstäbchens, dagegen an dem andern Ende abgekühlt durch Kupferblech, welches der atmosphärischen Luft eine große Oberfläche darbietet. Zwanzig solcher Elemente geben, hinter einander geschaltet, etwa die elektromotorische Kraft eines Bunsenschen Elements (§ 311), zugleich aber auch einen inneren Widerstand von ungefähr drei solchen Elementen.

§ 338. Thermoelektrische Säule. Die Stärke der thermoelektrischen Ströme kann erhöht werden, indem man mehrere Elemente zu einer thermoelektrischen Säule vereinigt. Besonders wichtig ist die



Form, welche Nobili und Melloni (1830) der thermoelektrischen Säule behufs ihrer Untersuchung über die Gesetze der Wärmestrahlung (§§ 235—238) gegeben haben, und welche in Verbindung mit einem empfindlichen Galvanometer (§ 317) den Thermomultiplikator bildet. Eine Reihe von Wismut- und Antimonstäbchen ist, wie in Fig. 286 angedeutet, zickzackförmig zusammengelötet, so daß die Lötstellen abwechselnd auf der einen und auf der anderen Seite der Säule liegen. Eine größere Zahl solcher Elemente ist in Form eines Würfels verbunden, indem die Zwischenräume zwischen den einzelnen Stäbchen zum Schutz und zur Isolierung mit Harzmasse ausgegossen sind, und das Ganze ist in eine Messingfassung eingeschlossen. Die Enden der Kette stehen mit den Klemmschrauben C, D in Verbindung, und von ihnen führen die Leitungsdrähte nach dem

Galvan
B der
so en
ablen
flächen

P
stellen
erregt
Verbin
eintritt
vom A
Richtu
erstere
brauc

S
man c

Kette
mit e

das W
eine G

Strom
stoff,

stoffga
Zerset

die dt
Elekt

Strom
zwar c

trodre
zwar d

der ele
Anion

schiede
teil od

des W
das Ka

M
Plating

aus ein
sonst

scheide
Elektro

in der
von ein

man di
in das

dieselb
füllen
bläsche

daß di
Joch

Galvanometer. Wird nun eine der beiden gegenüberstehenden Flächen *A*, *B* der Thermosäule durch Wärmestrahlen stärker erwärmt, als die andere, so entsteht ein thermoelektrischer Strom, welcher die Galvanometernadel ablenkt. Zur besseren Aufnahme der Wärmestrahlen sind die Säulenflächen *A* und *B* mit Kienruß geschwärzt (vergl. § 235).

Peltier hat (1834) entdeckt, daß wie durch ungleiche Erwärmung der Lötstellen zwischen zwei Metallen, z. B. Wismut und Antimon, ein elektrischer Strom erregt wird, so umgekehrt, wenn der Strom einer galvanischen Kette durch die Verbindungsstelle beider Metalle geleitet wird, eine entsprechende Wärmewirkung eintritt. Es findet nämlich beim Übergang des positiven Stromes in der Richtung vom Antimon zum Wismut eine Erwärmung, dagegen beim Übergang in der Richtung vom Wismut zum Antimon eine Abkühlung der Lötstelle statt. Im ersteren Fall wird also Wärme erzeugt, im letzteren dagegen wird Wärme verbraucht (§ 344).

D. Chemische Wirkungen des galvanischen Stromes.

§ 339. Elektrolyse, Wasserzersetzung, Voltameter. Leitet man den Strom einer aus mehreren Elementen gebildeten, galvanischen Kette durch Wasser, welches man, um es besser leitend zu machen (§ 320), mit etwas Schwefelsäure versetzt hat, so beobachtet man an den in das Wasser tauchenden metallischen Leitungsdrähten oder Elektroden eine Gasentwicklung. Das Wasser wird nämlich durch den galvanischen Strom in seine chemischen Elementarbestandteile, Wasserstoff und Sauerstoff, zerlegt und zwar scheidet sich Wasserstoffgas am negativen, Sauerstoffgas am positiven Poldraht aus. Man nennt den Vorgang der chemischen Zersetzung einer Flüssigkeit durch den galvanischen Strom Elektrolyse, die durch die Wirkung des Stromes sich zersetzenden Körper heißen Elektrolyten. Die in der Regel metallischen Leiter, durch welche der Strom in die Flüssigkeit geleitet wird, werden Elektroden genannt, und zwar die positive Anode und die negative Kathode. Die an den Elektroden ausgeschiedenen Bestandteile heißen Ionen (richtiger Ionten) und zwar der am positiven Pol abgeschiedene der elektronegative Bestandteil oder das Anion, der am negativen Pol abgeschiedene der elektropositive Bestandteil oder das Kation. Bei der Zersetzung des Wassers ist also das Anion Sauerstoff, das Kation Wasserstoff.

Man wählt als Elektroden am besten Platinplatten, wenigstens muß die Anode aus einem edlen Metall bestehen, da sich sonst der Sauerstoff nicht gasförmig abscheidet, sondern sich mit dem Metall der Elektrode zu Oxyd verbindet, welches sich in der Säure auflöst. Will man beide Gase von einander getrennt auffangen, so leitet man die Elektroden am besten von unten in das mit verdünnter Säure gefüllte Gefäß *A* (Fig. 287) und stülpt über dieselben die oben zugeschmolzenen und vorher ebenfalls mit Säure gefüllten Glasröhrchen *H*, *O*. Die von den Elektroden aufsteigenden Gasbläschen sammeln sich dann in diesen Glasröhren an, und man beobachtet, daß die abgeschiedenen Volumina beider Gase in demselben Verhältnis

