Zeitschrift: Historischer Kalender, oder, Der hinkende Bot
Band: 157 (1884)

Artikel: Dynamomaschinen, elektrisches Licht und Kraftübertragung
Autor: [s.n.]
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-656618

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 14.08.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Dynamomaschinen, elektrisches Licht und Kraftübertragung.

Wenige unter den heidnischen Religionen imponiren wohl so sehr, wie der Sonnenkultus der Inkas. Es liegt so viel Natürlichwahres in der Verehrung unseres Tagesgestirns, daß die Erhebung desselben zur Gottheit durch unentwickelte Naturvölker wirklich sehr nahe liegt. Je weiter im Lauf der Zeiten des Menschen Kenntniß von der Natur fortschritt, desto mehr wurde erkannt, wie alles Leben auf der Erde ausschließlich von der Sonne bedingt ist. Nicht nur reift sie die Pflanzen, die uns und der Thierwelt zur Nahrung dienen, sondern sie treibt unsere Mühlen, heizt unsere Dampfmaschinen, beleuchtet unsere Zimmer bei Nacht, kurz, wo wir hinblicken, welche Thätigkeit hienieden wir in Betracht ziehen, immer werden wir auf die Sonne als den Urquell derselben zurückgeführt. Der reißende Bergbach, der majestätische Wasserfall, der ruhig dahinfließende Strom, sie sind nur möglich, wenn die Sonnenstrahlen das Meerwasser verdunsten, so daß es in Luftform bis auf die höchsten Bergesgipfel gelangen kann, auf welche es als Regen oder Schnee niederfällt, um die Gewässer zu speisen. Die Steinkohlen, mit welchen wir unsere Dampfmaschinen heizen und aus denen wir das Leuchtgas bereiten, sind aus Pflanzen entstanden, die vor vielen, vielen tausend Jahren auf der Erde grünten und blühten, vermöge der von der Sonne ausgestrahlten Wärme. Die ganze Erde ist aus der Sonne hervorgegangen, sie ist ein Kind derselben, und sie wird auch wohl dereinst, wenn ihre Zeit erfüllt ist, wieder in den Schooß der Sonne zurückkehren. Hatte nicht der Sonnenkultus etwas Erhebendes an sich?

Die Sonne regt uns aber noch in anderer Richtung zum Nachdenken an. Was erhalten wir eigentlich von ihr? Licht und Wärme. Und welche mannigfaltigen Veränderungen sind diese beiden Kräfte hervorzurufen im Stande! Das Licht bräunt unser Antlitz, bleicht unsere Leinwand, es erzeugt unter der Hand des Photographen Bildnisse aller Art, die Wärme verwandelt Flüssigkeiten in Gase, verrichtet die größten Kraftanstrengungen, führt auf den Eisenbahnen die schwersten Lasten durch die Länder hin, kurz, alle Lebens- und Bewegungserscheinungen in und um uns sind hervorgegangen aus Sonnenlicht und Sonnenwärme.

Diese Umwandlungen der einen Kräfte in andere, der Wärme in chemische Wahlverwandtschaft und Licht und umgekehrt, läßt uns zugleich die Einheit aller Naturkräfte ahnen. Worin diese Kräfte bestehen, können wir freilich nicht sagen, weil uns die Natur nur bis zu gewissen Grenzen hin zugänglich ist; das unendlich Große wie das unendlich Kleine bleibt unsern Sinnen verschlossen, und ebenso wenig, wie wir die Unendlichkeit des Weltraumes zu fassen vermögen, ebenso unzugänglich ist uns die sinnliche Wahrnehmung der letzten, kleinsten Theile, aus denen die Körper zusammengesetzt sind, und der Erscheinungen, die als Ursache der an ihnen auftretenden Kräfte angenommen werden müssen. Wo uns die Sinne im Stiche lassen, müssen wir in Vermuthungen eine Erklärung suchen, und derartige Vermuthungen scheinen desto eher das Richtige zu treffen, je vollkommener und ungezwungener sich alle Erscheinungen durch sie erklären lassen. Eine derartige Vermuthung oder Voraussetzung nun, die allgemeine Geltung gefunden hat, ist die, daß alle Naturkräfte ihre Ursache in Bewegungen der kleinsten Theilchen der Körper haben. Diese Bewegungen können schwingende oder drehende sein, und je nach ihrer Natur ist auch die Krafterscheinung eine andere. Man nimmt also an, daß Wärme, Licht, Elektrizität, Magnetismus, chemische Wahlverwandtschaft, Anziehungskraft ihre Ursache in verschiedenartigen Bewegungen der kleinsten Theile der Körper haben und daß eine Kraftform in die andere übergeht, wenn durch irgend eine Ursache die eine Bewegungsart in eine andere umgewandelt wird.

Bei keiner Naturkraft läßt sich diese Umwandlungsfähigkeit so schön nachweisen, wie bei der Elektrizität, und sie ist deshalb wohl auch die Hauptursache, warum sich die Anschauung von der Einheit sämmtlicher Naturkräfte so rasch Bahn gebrochen hat. Wenn zwei verschiedene Metalle in eine saure Flüssigkeit getaucht wer-

den, so wird das eine dieser Metalle von der Flüssigkeit angegriffen, sagen wir langsam aufgelöst, das andere nicht; der Vorgang ist ein chemischer, d. h. es entstehen in Folge derjenigen Wirbelbewegungen der kleinsten Theilchen, welche die chemische Wahlverwandtschaft bedingen, neue Körper mit neuen Eigenschaften, gleichzeitig aber nehmen die kleinsten Theilchen der beiden Metalle neue Bewegungsformen an, deren Kraftäußerung wir Elektrizität nennen; sie sind elektrisch geworden, die chemische Wahlverwandtschaft hat sich in Elektrizität umgewandelt. Freilich nehmen wir an den beiden Metallen nichts von ihrem elektrischen Zustande wahr, wir können überhaupt keine der Naturkräfte als solche wahrnehmen, sondern folgern ihr Vorhandensein nur aus ihren Wirkungen; dies ist auch der Fall mit der Elektrizität. Wenn wir die beiden Metalle durch einen Draht mit einander verbinden, so macht sich die vorhandene Elektrizität durch Erwärmung des Drahtes geltend, d. h. sie verwandelt sich sofort in eine neue Bewegungsform der kleinsten Theile, und wenn die chemische Thätigkeit zwischen Metall und Flüssigkeit sehr rasch vor sich geht, so werden die durch den elektrischen Zustand der Platten im Drahte hervorgerufenen Wärmebewegungen so heftig, daß sie sich in Lichtschwingungen umwandeln; der Draht fängt an zu glühen. Das Licht nun, welches der Draht ausstrahlt, kann, indem es auf gewisse leicht zersetzbare Stoffe, wie z. B. Jodsilber, fällt, wieder chemische Thätigkeit hervorrufen und wir erhalten einen geschlossenen Ring von Umwandlungen einer Naturkraft in die andere: chemische Wahlverwandschaft, Elektrizität, Wärme, Licht, chemische Wahlverwandtschaft. Ganz ähnliche Umwandlungen lassen sich in anderer Reihenfolge leicht beobachten oder künstlich hervorrufen.

Eine andere Kraft, diejenige, welche im Volksmund vor allen übrigen als Kraft gilt, haben wir noch nicht in den Bereich unserer Betrachtung gezogen. Wir meinen die Ursache, welche die Bewegung eines Körpers von einem Punkte zum andern oder um sich selbst veranlaßt. Wenn ein schwer belasteter Wagen an steiler Straße hinaufgeschafft werden soll, so sagt man gewöhnlich: dazu braucht's viel Kraft; wenn beim Schwingen der eine der Kämpfenden schließlich den andern auf den Rücken wirft, so bewundert man dessen Kraft. Diese Kraft nun wollen wir zum Unterschied von den andern vorerwähnten Kräften mechanische Kraft nennen. Sie ist die Ursache aller Bewegungen, die wir mit den Augen wahrnehmen können und die wir zum Unterschied von jenen unendlich kleinen Bewegungen der kleinsten Theilchen der Materie als Massenbewegungen bezeichnen. Während daher die unsern Sinnen unzugänglichen Molekularbewegungen als Ursachen des Lichtes, der Wärme, der chemischen Wahlverwandtschaft, der Elektrizität und des Magnetismus zu betrachten sind, ist die Massenbewegung eine Folge der mechanischen Kraft. Die Umwandelbarkeit der Naturkräfte beschränkt sich jedoch nicht nur auf erstere, sondern auch auf die mechanische Kraft, d. h. wir können Licht, Wärme, Elektrizität u. s. w. in mechanische Kraft und diese wiederum in Licht, Wärme, Elektrizität u. s. w. umwandeln. Die Sonne, von der wir bei unserer Betrachtung ausgegangen sind, thut dies alltäglich vor unsern Augen, denn obgleich sie uns nur Licht und Wärme sendet, so ist doch alles Leben und alle Bewegung auf der Erde nur auf sie zurückzuführen, ihr Licht und ihre Wärme setzen sich daher, sei es direkt oder indirekt, auch in mechanische Kraft um. Diejenige Quelle mechanischer Kraft, welche heutzutage so ausgedehnten Gebrauch findet, wie kaum eine andere, die Dampfkraft, ist ein weiteres Beispiel der (auf künstlichem Wege erfolgten) Umwandlung der von der Sonne empfangenen Wärme in mechanische Kraft.

Setzen wir uns noch über einen andern Begriff, auf den wir bei unseren späteren Betrachtungen öfter zurückkommen werden, in's Klare, nämlich über den Begriff Arbeit. Man sagt gewöhnlich: das ist ein guter Arbeiter, er verrichtet viel Arbeit; diese Maschine verrichtet so viel Arbeit, wie zehn Menschen; den Tunnel durch den Gotthard zu bohren erforderte eine kolossale Arbeit; ein so großes Gut zu bewirthschaften erfordert viel Arbeit u. s. w. Das ist alles ganz richtig und der Begriff Arbeit kommt

in seiner wahren Bedeutung zur Anwendung, denn wo immer eine mechanische Kraft eine Massenbewegung irgend welcher Art hervorruft, da verrichtet sie Arbeit, und je größer die Kraft ist, desto mehr Arbeit ist sie zu leisten im Stande. In der Volksauffassung hört Arbeit hier auf und oft werden Kraft und Arbeit mit einander verwechselt; wir möchten daher auch hierüber noch die Begriffe klar stellen, ehe wir die Umwandlung der Naturkräfte weiter verfolgen.

Die mechanische Kraft verrichtet, wie wir gesehen haben, Arbeit, wenn sie irgend einen Körper in Bewegung setzt; die Kraft kann aber vorhanden sein und doch wird nichts bewegt. Wir haben einen baumstarken Knecht, aber er ist faul, er verrichtet keine Arbeit; das Pferd, so lange es im Stalle steht, verrichtet auch keine; wenn in einer Stampfmühle der schwere Schläger aufgezogen ist und sich oben eingehakt hat, bereit, bei der ersten Auslösung niederzustürzen, so verrichtet er auch keine Arbeit, so lange er in der oberen Stellung zurückgehalten wird; wenn vor Abfahrt eines Bahnzuges die Lokomotive demselben rauchend voransteht, so verrichtet sie ebenfalls keine Arbeit, so lange nicht durch Oeffnung eines Hahns der Zug in Bewegung gesetzt wird. In allen diesen Fällen ist die Kraft zwar vorhanden, jedoch unthätig, in Folge dessen keine Arbeitsleistung; die Kraft ist gleichsam gebunden, und erst wenn die sie zur Unthätigkeit nöthigenden Bande gelöst sind, wenn die Kraft frei wird, kann sie Arbeit leisten; durch diese wird jedoch die Kraft vernichtet, d. h. in eine andere Form umgesetzt.

Die mechanische Kraft ist's aber nicht allein, die Arbeit leisten kann, sondern jede andere Naturkraft ist gleiches zu thun im Stande. Es geht dies übrigens schon aus früher Gesagtem hervor, denn wenn z. B. Wärme in mechanische Kraft umgesetzt werden kann, so ist Wärme indirekt auch fähig, Arbeit zu leisten. — Wenn der süße Traubensaft in den Fässern sich durch den Gährungsprozeß in Wein verwandelt, so haben wir eine Arbeitsleistung vor uns, hervorgerufen durch chemische Kraft; es gibt daher eine Menge von Arbeitsleistungen, die nicht auf Massenbewegung hinauslaufen und die dennoch diesen Namen ganz ebensogut verdienen wie das, was im Volksmund allein als Arbeit gilt. Der Begriff der Arbeit muß also abgeändert, erweitert werden, um dieser neueren Auffassung gerecht zu werden, und wir können sagen: bei jeder Verwandlung einer Naturkraft in eine andere entsteht Arbeit, und umgekehrt: durch jede geleistete Arbeit wird irgend eine Naturkraft in eine andere Kraftform übergeführt. Man ist daher im Stande, vermittelst irgend einer zur Verfügung stehenden Kraftform irgend eine gewünschte Arbeit zu verrichten.

Die Erkenntniß der Allgemeingültigkeit dieses Prinzips hat schon jetzt zu sehr schönen Errungenschaften geführt und wird jedenfalls später noch viel glänzendere zu Tage fördern. Betrachten wir uns z. B. einmal das elektrische Licht näher. Manche der Leser mögen wohl das Schützenfest in Lugano besucht haben und sind überrascht gewesen über die erstaunliche Helle, welche Abends in der Festhütte herrschte. Zwölf große Glaskugeln hingen von der Decke herunter und jede strahlte ein Licht von blendender Weiße aus, das mindestens dem von 30 Gasflammen an Stärke gleichkam, so daß das Gesammtlicht demjenigen von 360 Gasflammen entsprach, aber kein Gas, kein Oel, kein Petroleum brannte in den Lampen, es war elektrisches Licht. An jede Lampe führten Kupferdrähte, und wenn wir diesen folgten, gelangten wir endlich zur Festhütte hinaus und in einen hinter derselben gelegenen Schuppen, in dem sich sämmtliche Drähte vereinigten und aus dem uns schon von Weitem das tosende Geräusch arbeitender Maschinen entgegenschallte. Treten wir in den Schuppen ein, um zu sehen, wie das elektrische Licht gemacht wird. Das Erste, was uns auffällt, ist eine große Dampfmaschine, die sich in lebhafter Thätigkeit befindet. Das Schwungrad dreht sich mit sausender Geschwindigkeit, ein Treibriemen läuft auf eine kleinere Welle und versetzt diese in noch raschere Umdrehungen. In Verbindung mit dieser Welle steht eine kleine Maschine von seltsamer Form, in der sich ein Cylinder mit größter Geschwindigkeit dreht. In dieser kleinen Maschine wird die Elektrizität erzeugt, welche die ganze Festhütte beleuchtet. Aber wie manche Kraftumwandlung ist nöthig, bis wir das elektrische Licht

haben! Dort in der Ecke liegt ein Haufen Steinkohlen, ein Geschenk der Sonne an die Erde. Sie enthalten sehr viel chemische Kraft, die, indem sie entfesselt wird, Wärme erzeugt und das Wasser im Kessel in Dampf verwandelt. Diese im Wasserdampf vorhandene Wärme verwandelt sich vermöge der Einrichtung der Dampfmaschine in mechanische Kraft, die den Riemen treibt und die Welle in rotirende Bewegung versetzt. Diese Massenbewegung verwandelt sich in der kleinen, absonderlich gebauten Maschine in Elektrizität, die durch die Kupferdrähte bis zu den Lampen geleitet wird und dort, Arbeit leistend, sich in Wärme umwandelt, die wiederum, in eine neue Kraftform übergehend, zu Licht wird; so ist das elektrische Licht schließlich aus dem Sonnenlicht hervorgegangen, indem folgende Reihe von Kraftformen durchlaufen wurde: Sonnenlicht, chemische Wahlverwandtschaft, Wärme, mechanische Kraft, Elektrizität, Wärme, elektrisches Licht.

Der ganze Vorgang ist so interessant und, wenigstens für den Laien, so räthselhaft, daß wir auf die Nachsicht des Lesers zählen dürfen, wenn wir etwas näher auf die Herstellung des elektrischen Lichts eintreten und dabei etwas weit ausholen, um keinen Theil des ganzen Prozesses unbeachtet zu lassen.

Was Elektrizität ist, haben wir schon weiter oben beantwortet, soweit sich überhaupt eine Antwort auf diese Frage geben läßt. Man vermuthet, es seien Wirbelbewegungen der kleinsten Theilchen, aus denen ein Körper zusammengesetzt ist. In der Regel merken wir's den Körpern nicht an, daß sie elektrisch sind, da in ihrer äußeren Erscheinung gar keine Aenderung wahrzunehmen ist und da sie auf keinen unserer Sinne anders einwirken, als ein unelektrischer Körper. Nur dann, wenn ein Körper in hohem Grade elektrisch ist, verursacht dessen Berührung einen empfindlichen Schmerz auf der Haut, ein Funke sprüht aus dem elektrischen Körper hervor und man wird noch andere Erscheinungen gewahr, die deutlich darauf hinweisen, daß sich der Körper nicht im gewöhnlichen Zustande befindet. Geringere Mengen Elektrizität lassen sich leicht durch Aufwendung von etwas mechanischer Kraft erzeugen. Man nimmt z. B. eine recht trockene Siegellackstange und einen ebenso trockenen Wolltuchlappen, die beide, um auch die letzten Spuren von Feuchtigkeit zu verdrängen, etwas angewärmt werden, und reibt die Siegellackstange kräftig mit dem Tuchlappen, wodurch erstere elektrisch wird. Sie ist nun im Stande, aus einer Entfernung von 2—4 Centimeter leichte Körperchen aller Art, Sägemehl, Papierschnitzel u. s. w. an sich zu reißen, und wenn man ihr im dunkeln Zimmer einen Finger nähert, so sieht man einen schwach leuchtenden Funken aus ihr hervorbrechen und nach dem Finger springen, wobei ein leises Knistern vernehmbar wird. Ganz gleiche Erscheinungen lassen sich hervorrufen, wenn man einen Glascylinder mit einem seidenen Tuche reibt. Die Elektrizität aber, welche auf dem Glascylinder erzeugt wird, ist der auf der Siegellackstange erzeugten in allen Beziehungen entgegengesetzt. Was die eine anzieht, stößt die andere von sich, was die eine liebt, haßt die andere und umgekehrt, und wenn beide Elektrizitäten zusammenkommen, so entsteht keine Elektrizitätsvermehrung, sondern sie vernichten sich gegenseitig und es bleibt von ihnen nichts mehr übrig. Beide Elektrizitäten verhalten sich wie die Schulden und das Vermögen eines Mannes; sind sie gleich groß, so bleibt nichts, wenn man sie vereinigt. Deshalb hat man auch die beiden Elektrizitäten positive und negative Elektrizität genannt. Man kann sich die beiden Formen der Elektrizität etwa dadurch erklären, daß man annimmt, die Wirbelbewegungen der kleinsten Theilchen positiv elektrischer Körper gehen rechts herum, bei negativ elektrischen Körpern dagegen in entgegengesetzter Richtung.

Ein Hauptmerkmal der zwei Elektrizitäten besteht darin, daß sie sich immer und überall zu vereinigen suchen und daß sie alle Hindernisse überwinden, um zu dieser Vereinigung und gegenseitigen Vernichtung zu gelangen. Der Blitz ist das großartigste Beispiel dieser alle Schranken durchbrechenden Sehnsucht nach Vereinigung. Wenn die Erde positiv, die Gewitterwolke negativ elektrisch ist, so tritt bei immer stärker werdender elektrischer Erregung ein Moment ein, wo trotz der großen Entfernung nichts mehr die Ver-

einigung aufhalten kann, und Alles, was ihr in den Weg treten will, zerstört, vernichtet wird. Felsen werden zerspalten, Bäume zerrissen, Metalle geschmolzen und verflüchtigt, Häuser in Brand gesetzt, Menschen und Thiere getödtet.

Die beiden Elektrizitäten charakterisiren sich noch durch andere ganz merkwürdige Eigenschaften, z. B. die der über alle Begriffe raschen Verbreitung. Wenn irgendwo in einer metallenen Kugel der elektrische Zustand an einem Punkte auftritt, so ist er auch schon über die ganze Kugel ausgebreitet und wäre dieselbe so groß wie die Erde. Wenn ein viele hundert Kilometer langer Draht an einem Ende elektrisch gemacht wird, so ist er's im gleichen Moment auch schon am andern Ende; wir kennen keine Bewegung, welche schneller wäre als die der Elektrizität. Aber nicht durch alle Körper kann sie sich so leicht bewegen, am besten durch Metalle, ziemlich gut durch Wasser und alle Körper, die Wasser enthalten, wie feuchte Erde, Pflanzen- und Thierkörper; schwer und beinahe gar nicht durch Glas, Horn, Porzellan, Oel, Weingeist, Petroleum, Seide, Harze und die Luft.

Die einen Körper nennt man deshalb Leiter, die andern Nichtleiter der Elektrizität. Eine Vorwärtsbewegung der Elektrizität, sei es in Leitern oder Nichtleitern, findet nur dann statt, wenn sich durch diese Bewegung die beiden entgegengesetzten Elektrizitäten finden, vereinigen und vernichten können; ist dies nicht der Fall, so bleibt alles in Ruhe. Wo immer aber Elektrizität sich in Bewegung setzt, da verrichtet sie Arbeit, und die Größe dieser Arbeit hängt ab von der in Bewegung befindlichen Elektrizitätsmenge und dem Widerstand, den der Körper der Fortbewegung entgegen setzt.

Wir haben schon gesehen, daß durch chemische Thätigkeit und durch Massenbewegung Elektrizität erzeugt werden kann. Auf die letztere Erzeugungsart müssen wir noch einmal zurückkommen, weil sie in neuester Zeit eine außerordentliche Bedeutung erlangt hat. Wenn man in der Nähe eines Drahtes, der in sich selbst geschlossen ist, d. h. dessen beide Enden sich berühren, einen Magnet hin und her bewegt, so entstehen im Draht elektrische Ströme, die so lange andauern, als der Magnet bewegt wird; es entstehen nämlich im Draht an zwei von einander entfernten Stellen entgegengesetzte Elektrizitäten, die sich sofort vereinigen, also durch den Draht zu einander strömen; während dies geschieht, hat jedoch der Magnet das elektrische Gleichgewicht im Drahte schon wieder gestört und es findet eine neue Ausgleichung der beiden Elektrizitäten statt, und man kann ganz wohl behaupten, daß die Störung des elektrischen Gleichgewichts durch den sie bewegenden Magnet und der Ausgleich der beiden entgegengesetzten Elektrizitäten ohne irgend welche Unterbrechung vor sich geht, man hat daher für die Elektrizitätsbewegung im Draht ein Bild aus der übrigen Natur entlehnt, indem man den Vorgang mit dem Fließen des Wassers in einem Kanal oder in einer Röhre vergleicht. Deshalb redet man von elektrischem Strom, strömender Elektrizität und dergleichen mehr, obgleich dadurch das eigentliche Wesen des Vorgangs nicht richtig wiedergegeben ist, denn wenn auch nach der landläufigen Redeweise Elektrizität im Drahte fließt, so bewegt sich doch in Wirklichkeit kein Gegenstand, so fein er auch gedacht werden möge, von einem Ort nach einem andern, sondern die eigenthümlichen Wirbelbewegungen der kleinsten Theilchen des Drahtes stecken gleichsam die nächsten Theilchen, welche sich noch in Ruhe befinden, an, so daß sie die Wirbelbewegung auch mitmachen; diese stecken wieder andere neben ihnen liegende Theilchen an und so pflanzt sich die Ansteckung mit unglaublicher Geschwindigkeit durch den ganzen Draht fort. Stellen wir uns einmal vor, um die Erscheinung unserem Vorstellungskreis näher zu bringen, der Draht sei ganz aus kleinen Zahnrädchen gebildet, von denen immer eines in das nächste eingreife; dreht man nun am einen Ende des Drahtes ein Rädchen, so drehen sich im gleichen Moment alle im ganzen Draht, das letzte wie das erste. Die Rädchen stellen hier die kleinsten Theilchen des Körpers vor, die Drehung derselben die Wirbelbewegung dieser kleinsten Theilchen, und die ganze direkt nicht wahrnehmbare Erscheinung heißt Elektrizität.

Statt den Magnet am Draht vorbei zu

bewegen, kann auch der Draht in Bewegung, der Magnet in Ruhe sein, die Wirkung bleibt dieselbe.

Der elektrische Strom im Drahte wird stärker, wenn statt einer einzigen Stelle des Drahtes eine größere Anzahl solcher gleichzeitig am Magnet vorbei geht. Bildet man z. B. aus einem Draht einen Ring mit vielen Windungen, wie Fig. 1 dies zeigt, und stößt den Magnet SN in der Richtung des horizontalen Pfeiles durch diesen Ring, so wird die Wirkung gegenüber derjenigen, die in einem einfachen Ring entstünde, um soviel Mal stärker, als Windungen vorhanden sind; in einem aus hundert Windungen bestehenden Ring wäre die Wirkung also verhundertfacht. So lange die beiden mit + und — bezeichneten Enden des Rings nicht mit einander verbunden sind, entsteht kein elektrischer Strom im Ring, weil sich die beiden getrennten Elektrizitäten durch die Luft zwischen den Enden des Ringes nicht vereinigen können, denn so groß auch ihre Sehnsucht nach Vereinigung ist, so sind sie doch unter gewöhnlichen Umständen nicht kräftig genug, um die ungeheure Arbeit der Ueberspringung der Kluft vollbringen zu können; sie häufen sich daher an den Enden des Drahtes als positive und negative Elektrizität an, und ihr Verlangen, sich zu vereinigen, wird als Spannung bezeichnet. Sobald die Drahtenden sich berühren, entsteht der durch den aufrechten Pfeil angedeutete elektrische Strom.

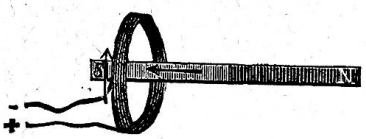

Fig. 1.

In der Vermehrung der Drahtwindungen haben wir also ein Mittel, die Spannung an den Enden des Drahtrings zu erhöhen. Es ist freilich damit noch nicht gesagt, daß der elektrische Strom in gleichem Maße zunehme, weil dessen Stärke noch von andern Umständen abhängt, die später zur Sprache kommen sollen.

Die Größe der Spannung wird jedoch ferner noch bedingt durch die Stärke des Magnets, die Nähe, in welcher Magnet und Draht an einander vorbeigehen, und die Geschwindigkeit der Bewegung. Der Mechaniker hat es daher in der Hand, eine Maschine zur Erzeugung von Elektrizität auf diesem Wege zu konstruiren, in der die Spannung der beiden Elektrizitäten beinahe auf jede beliebige Höhe gesteigert werden kann, und er hat beim Bau solcher Maschinen nur zu berücksichtigen: 1) die Zahl der Drahtwindungen; 2) die größtmögliche Annäherung der Windungen an die Magnetpole; 3) größtmögliche Stärke des Magnets oder der Magnete, und 4) größtmögliche Geschwindigkeit der Bewegung. Es ist auch wirklich gelungen, auf diesem Wege ganz erstaunliche Mengen von Elektrizität zu erzeugen, kolossale Spannungen hervorzurufen und Ströme von solcher Stärke durch die Drähte zu leiten, daß gegenüber ihnen alles bis dahin Gekannte verblaßt.

Die Fig. 2 stellt ein Bruchstück einer solchen Maschine vor. Unten nehmen wir einen Theil

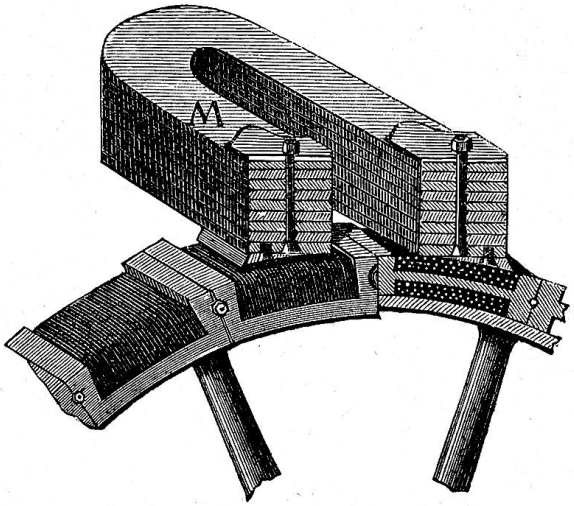

Fig. 2.

eines Rades wahr, von dem zwei Speichen sichtbar sind. Den Umfang bildet eine größere Anzahl von Drahtspulen, von denen drei sichtbar sind, diejenige rechts im Durchschnitt, um die einzelnen Drähte sichtbar werden zu lassen. Unmittelbar über dem Rade ist ein starker Magnet M so befestigt, daß alle Drahtspulen hart an den Polen desselben vorbeistreichen müssen, wenn das Rad gedreht wird. Statt des einen Magnets der Zeichnung sind in Wirklichkeit rings um das Rad herum so viele Magnete angebracht, als überhaupt Platz haben, und die Wirkung wird natür-

lich hiedurch im Verhältniß zur Anzahl derselben gesteigert. Man nennt dergleichen Maschinen, die, beiläufig bemerkt, auf die mannigfaltigste Weise konstruirt werden können, magnetoelektrische Maschinen, weil die Elektrizität durch Magnete hervorgerufen wird. Natürlich ist zur Bewegung des die Spulen tragenden Rades mechanische Kraft nöthig, deren Größe mit der Menge der erzeugten Elektrizität wächst. Für ganz kleine Maschinen reicht die Kraft eines Menschen aus, größere erfordern die Kraft eines Wasserrades oder einer Dampfmaschine, und in diesem Fall drückt man die Größe der erforderlichen Kraft in Pferdestärken aus, d. h in Krafteinheiten, die ungefähr der mittleren Leistungsfähigkeit eines Pferdes gleichkommen.

Durch Umwandlung mechanischer Kraft in Elektrizität läßt sich letztere billiger herstellen als auf irgend einem andern Wege; namentlich ist der Unterschied außerordentlich groß gegenüber den Kosten, welche die Herstellung vermittelst elektrischer Batterien verursacht. Erst seit diese billige Darstellung gefunden ist, kann man daran denken, Elektrizität im Großen zu erzeugen, wie man Dampf für die Dampfmaschinen, Leuchtgas für die Stadtlaternen erzeugt, um die so erhaltene Elektrizität in andere Kraftformen umzuwandeln und die dadurch gewonnene Arbeit direkt oder indirekt zu verwerthen.

In den magnetoelektrischen Maschinen spielen die Magnete eine eigenthümliche Rolle. Ohne ihre Anwesenheit entsteht trotz der Bewegung der Drahtringe keine Elektrizität, der in ihnen wohnende Magnetismus ist also nebst der Bewegung zur Hervorrufung der Elektrizität nothwendig. Nun herrscht aber die Meinung, der Magnetismus selbst sei nur eine bestimmte Form der Elektrizität, d. h. in einem Magnet seien außerordentlich kleine elektrische Kreisströme vorhanden, die alle die gleiche Lage und Richtung haben, und alle Erscheinungen, die den Magnet von gewöhnlichem Eisen oder Stahl unterscheiden, beruhen nur auf diesen elektrischen Kreisströmen. Die Vermuthung wird durch eine größere Anzahl von Erscheinungen unterstützt, erstens dadurch, daß man gewöhnliches Eisen vorübergehend in einen Magnet umwandeln kann, wenn man elektrische Ströme um dasselbe herum führt und zweitens, weil in einem Drahtring auch dann elektrische Ströme entstehen, wenn er statt an einem Magnet an einem andern Drahtring vorbeibewegt wird, in welch' letzterem ein elektrischer Strom zirkulirt. Man sieht hieraus, daß nicht nur elektrische Ströme Magnete erzeugen, sondern dieselben auch ersetzen können, daß also zwischen Magnetismus und Elektrizität eine innige Verwandtschaft bestehen muß.

Ein Eisenstab, der dadurch zum Magnet wird, daß er mit Drahtwindungen bewickelt ist, in denen ein elektrischer Strom fließt, heißt Elektromagnet. Der Magnetismus hält nur so lange an, als der Strom im Drahte zirkulirt, und mit dem Aufhören dieses letztern verschwindet er desto rascher, je weicher das Eisen ist. Der Elektromagnetismus unterscheidet sich vom Magnetismus ferner noch dadurch, daß er viel stärker ist als letzterer und durch Vermehrung der Drahtbewicklung und Verstärkung des elektrischen Stromes beliebig gesteigert werden kann. Diese Verhältnisse legten den Gedanken nahe, in den magnetoelektrischen Maschinen statt Magneten Elektromagnete zu verwenden, da ja die Menge der erzeugten Elektrizität unter sonst gleichen Umständen von der Stärke der Magnete abhängt. So wurden die magnetelektrischen Maschinen durch dynamoelektrische, die keine Magnete, sondern nur Elektromagnete haben, verdrängt, und die Erzeugung von Elektrizität im Großen machte hiemit abermals einen ganz bedeutenden Fortschritt, indem es nun möglich wurde, durch äußerst kräftige Elektromagnete ein Maximum von Elektrizität zu erzeugen. „Dynamoelektrisch" will sagen, die Elektrizität sei einzig durch mechanische Kraft hervorgerufen. Ganz richtig ist die Bezeichnung insofern nicht, als der Magnetismus als Elektromagnetismus immer noch die frühere Rolle spielt, die Bezeichnung ist aber nun allgemein angenommen.

Die Fig. 3 stellt eine dynamoelektrische Maschine einfachster Form dar. Oben sind die beiden Elektromagnete A, deren Nordpole in der Mitte zusammentreffen, unten die beiden Elektromagnete B, mit Südpolen in ihrer Mitte. Zwischen beiden ist in halber Höhe eine hori-

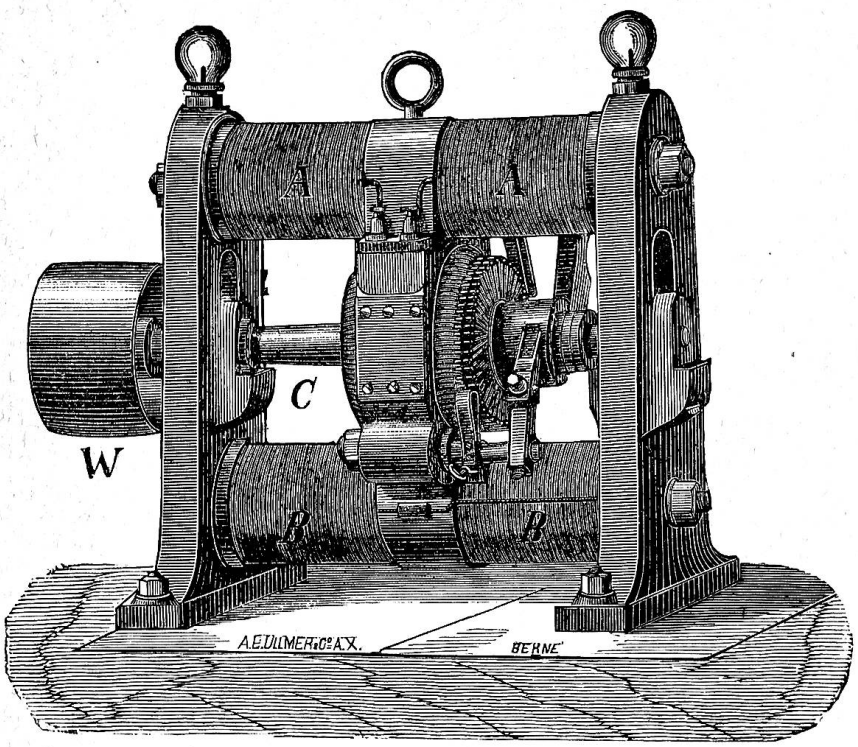

Fig. 3.

zontale Achse C mit der Welle W außerhalb des Gestells, über die ein Treibriemen gelegt werden kann, durch den die Achse in rotirende Bewegung versetzt wird. Unmittelbar zwischen den Polen der Elektromagnete rotirt eine große Drahtspule, die in der Figur nur zum Theil sichtbar ist. ist. Wir zeichnen daher in Fig. 4 die ringförmige Drahtspule besonders heraus, um deren Beschaffenheit besser kennen zu lernen. A ist ein Ring von Eisen, der rings herum mit Draht voll bewickelt ist. Dieser Draht hat keinen Anfang und kein Ende, indem die Enden vereinigt sind, aber an vielen Stellen sind Zweigdrähtchen angelöthet, die alle gegen den Mittelpunkt des Ringes hinlaufen und dort mit Messingstäbchen in Verbindung stehen, die, rings um die Achse herum gelagert, einen Cylinder bilden, der das Aussehen eines Zahntriebes hat. Auf diesen Messingstäbchen schleifen die beiden Metallbürsten B, die so gestellt sind, daß sie immer zwei einander entgegengesetzte Metallstreifen berühren, gleichgültig, welche Stellung der Ring habe. Man nennt denjenigen Theil der Achse C, auf welchem die Metallstreifen angeordnet sind, den Stromsammler, weil von hier aus die Elektrizität aufgenommen wird, die im Ring durch Drehung entsteht. Wenn die beiden Bürsten B durch einen Draht w mit einander verbunden werden, so zirkulirt die in der dynamoelektrischen Maschine erzeugte Elektrizität fortwährend in diesem Draht, d. h. positive und negative Elektrizität vereinigen sich fortwährend in demselben, und indem sie sich vereinigen und vernichten, leisten sie Arbeit, die der Mensch nach seinem Belieben verwendet. Bei der durch Fig. 3 und 4 veranschaulichten Maschine haben wir allerdings gesehen, wie der elektrische Strom vom zentralen Ring abgenommen und weiter geleitet wird, dagegen wissen wir noch nicht, wie die Elektromagnete ihren Strom erhalten, und werden dies daher durch die Figuren 5, 6 und 7 zur Anschauung bringen. In Fig. 5 ist A der Elektromagnet, zwischen dessen Polen N und S sich die ringförmige Drahtspule R dreht. In b und b_1 sind die beiden Bürsten, welche den erzeugten Strom sammeln und ihn durch den Draht w

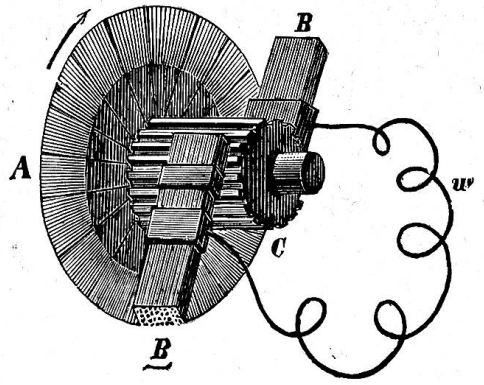

Fig. 4.

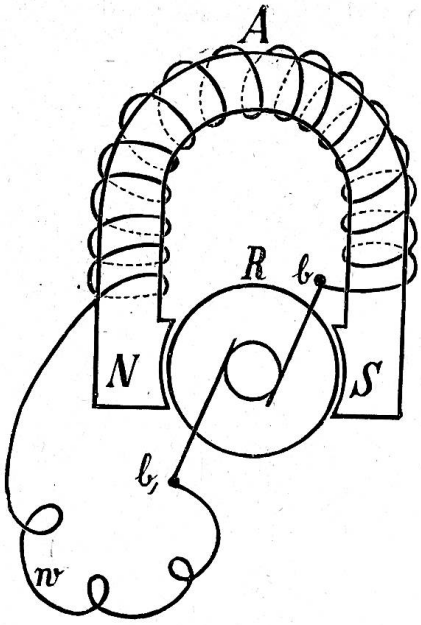

Fig. 5.

leiten. — Der Strom geht aber nicht nur hier durch, sondern ebenfalls durch die Drahtwindungen des Elektromagnets und erzeugt so die nöthige magnetische Kraft. — Man könnte nun allerdings einwerfen, daß, so lange N und S nicht magnetisch sind, in w kein Strom entstehe, und so lange w nicht von einem Strom durchflossen werde, N und S nicht magnetisch werden können. Wäre das Eisen, aus dem der Kern des Elektromagnets angefertigt ist, wirklich ganz unmagnetisch, so würde obige Schlußfolgerung allerdings zutreffen. Da jedoch im Eisen immer Spuren von Magnetismus vorhanden sind, so entsteht bei der Drehung des Drahtrings gleich von Anfang an ein äußerst schwacher Strom, der den Elektromagnet kräftigt. Dieser ruft sofort einen stärkern Strom hervor, der wieder den Magnetismus steigert, und so geht's in rascher Steigerung fort, so daß nach wenigen Sekunden vom Beginn der Drehungen an schon das Maximum von Elektromagnetismus und Stromstärke erreicht ist.

In Fig. 6 ist eine zweite Art, dem Elektromagnet Strom zuzuführen, abgebildet. An den Enden der Bürsten b und b₁ theilt sich nämlich der Strom in zwei Wege, ein Weg führt durch die Umwindungen des Elektromagnets, ein zweiter durch den Draht w, in welchem die Elektrizität diejenige Arbeit verrichtet, die der Mensch verwerthen will. Eine dritte Art der Stromgebung an den Elektromagnet ist in Fig. 7 abgebildet. Es ist nämlich in D eine kleine dynamoelektrische

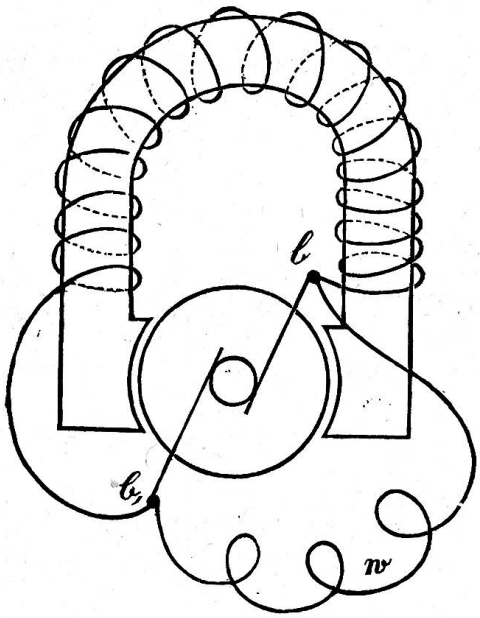

Fig. 6.

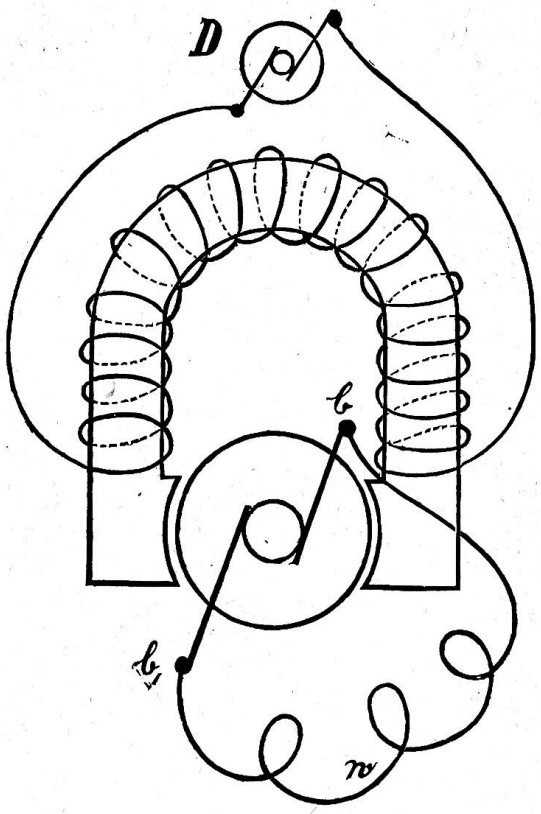

Fig. 7.

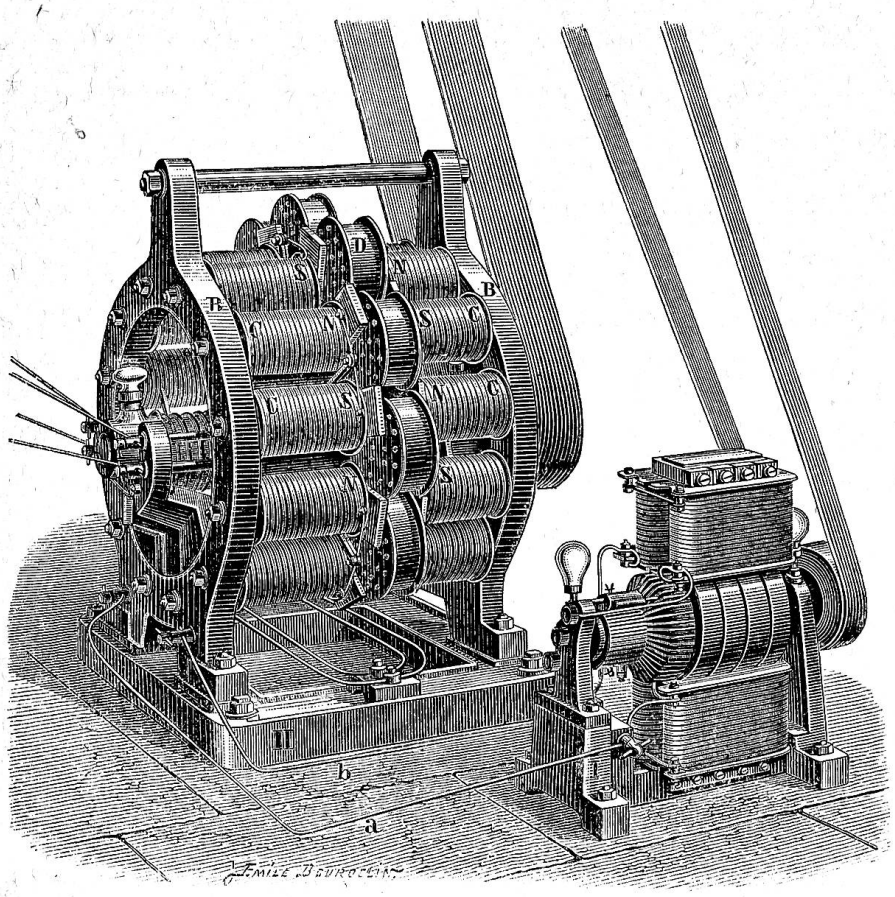

Fig. 8.

stehenden Elektromagnete der großen Maschine einen kräftigen elektrischen Strom zu führen. Die Zuleitung erfolgt durch die beiden Drähte a und b.

Wir sagten schon, daß durch die dynamoelektrischen Maschinen die Herstellung der Elektrizität im Großen so billig geworden ist, daß man nun daran denken darf, sich in der Industrie und zur Deckung von Bedürfnissen des täglichen Lebens der Elektrizität zu bedienen. Wir müssen hier noch einmal hervorheben, daß jede Arbeit, welche wir selbst verrichten oder durch von uns gebaute Maschinen und Einrichtungen verrichten lassen, nur in der Umwandlung einer Kraftform in eine andere besteht. Da nun die Elektrizität ganz besonders befähigt ist, in andere Kraftformen überzugehen, so liefert sie also eine vorzügliche Arbeitskraft, mit der wir Mühlen treiben, Wagen und Schiffe vorwärts bringen, Wärme erzeugen, chemische Produkte zubereiten und noch manche andere Dinge verrichten können.

Maschine aufgestellt, deren einzige Aufgabe darin besteht, den Elektromagnet der großen Maschine mit Elektrizität zu versehen. Der im Drahte w zirkulirende Strom ist daher dieser Aufgabe gänzlich enthoben und wird dadurch für die angestrebte Arbeitsleistung nutzbringender. Da diese letztere Einrichtung im Ganzen sehr gute Resultate zu Tage fördert, so finden wir es am Platze, in Fig. 8 noch eine derartige Doppelmaschine vorzuführen. Links steht die große eigentliche dynamoelektrische Maschine, welche auf jeder Seite zwölf feste Elektromagnete hat, zwischen denen sich eine Scheibe mit beweglichen Elektromagneten dreht. Rechts ist eine kleine dynamoelektrische Maschine, welche durch einen besondern Riemen in Bewegung gesetzt wird und die keine andere Aufgabe hat, als die, durch die 24 fest-

Fassen wir zwei dieser Arbeitsleistungen der Elektrizität näher in's Auge, nämlich die Lichterzeugung und die Uebertragung mechanischer Kraft von einem Punkt auf einen andern.

Um die Erzeugung des elektrischen Lichtes richtig zu verstehen, müssen wir uns zunächst Rechenschaft von der Art der Arbeit geben, welche durch die dynamo-elektrische Maschine verrichtet wird. Wir wählen dazu die Fig. 5 als die einfachste schematische Form der Maschine. Wenn sich der Spulenring R dreht, so scheiden sich die beiden Elektrizitäten und es tritt an der Bürste b positive, an der Bürste

b_1 negative Elektrizität auf. Die so angesammelten Elektrizitäten haben, wie wir früher gesehen haben, das Streben, sich zu vereinigen, und thun dies durch den Draht, welcher von b ausgehend um den Elektromagnet gewunden ist und über w zu b_1 gelangt, und diese fortwährende Vereinigung der beiden getrennten Elektrizitäten im Drahte stellt den elektrischen Strom dar. Der Vorgang findet jedoch nicht ohne Hinderniß statt; denn so vorzüglich der Draht auch leiten mag, ein Hinderniß setzt er dem Stromdurchgang immer entgegen und dieses Hinderniß wird um so größer, je dünner und je länger der Draht ist. Die Arbeitsleistung der Elektrizität besteht nun in der Besiegung dieses Leitungshindernisses. Ist die Spannung an den Punkten b und b_1 groß, so kann viel Arbeit verrichtet werden, d. h. ein mäßig starker Strom durch ein großes Hinderniß oder ein außerordentlich starker durch ein kleines Hinderniß getrieben werden.

Wir haben weiter oben gesehen, daß man die Spannung vermehren kann, wenn man die Drahtwindungen vermehrt, man könnte daher glauben, daß mit doppelt so viel Windungen eine doppelte Arbeitsleistung disponibel würde. Dem ist jedoch nicht so; denn der Draht, durch den die Elektrizität strömen muß, liegt zum Theil auch in der Maschine, das Hinderniß, welches der Strom zu überwinden hat, vertheilt sich also zum Theil auf den Draht in der Maschine, zum Theil auf denjenigen außer ihr. Alle Arbeit, welche durch Ueberwindung der Hindernisse in der Maschine geleistet wird, ist verloren und nur diejenige, welche im Draht außerhalb der Maschine auftritt, ist benutzbar. Wenn der Strom in der Maschine ebenso viel Hinderniß antrifft, wie außerhalb derselben, so geht die Hälfte der von der Elektrizität geleisteten Arbeit verloren. Man sieht hieraus, daß es nicht genügt, einfach die Windungen des sich drehenden Ringes zu vermehren, um erhöhte Leistungen zu erzielen, sondern daß die Windungszahl und der Widerstand in der Maschine für jeden einzelnen Fall berechnet werden müssen.

Wenn, wie in Fig. 5, die beiden Punkte einfach durch einen Draht mit einander verbunden sind, so besteht die Arbeitsleistung der strömenden Elektrizität darin, daß sich die Elektrizität in Wärme verwandelt, der Draht erwärmt sich auf seiner ganzen Länge, in der Maschine und außerhalb derselben, und wenn der Draht überall der Elektrizitätsströmung das gleiche Hinderniß entgegenstellt, so ist auch die Erwärmung eine gleichmäßige über die ganze Drahtlänge. Wenn man jedoch im Stande wäre, alle Hindernisse auf einen einzigen Punkt zu konzentriren, z. B. in Fig. 5 auf den Punkt w, so würde alle Arbeit in diesem Punkte geleistet. Möglich ist das freilich nicht, aber man kann sich der Sache ziemlich nähern, indem man als Draht in und außer der Maschine z. B. einen 2^{mm} dicken Kupferdraht wählt und bei w einen kurzen, sehr feinen Platindraht einfügt. Nehmen wir an, dieser Platindraht setze dem Durchgang des Stromes 99 Mal so viel Widerstand entgegen, als alle übrigen Drahtleitungen, so wird nur ein Hundertstel der ganzen Arbeitsleistung verloren gehen und $^{99}/_{100}$ der Gesammtsumme der erzeugten Wärme konzentriren sich auf diesen Platindraht und versetzen ihn in's Glühen.

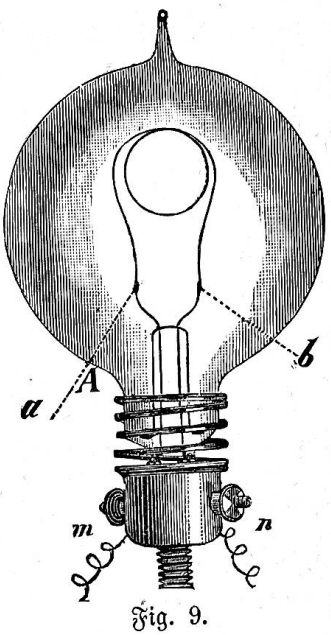

Fig. 9.

Auf diesem Vorgang beruht die eine Art der elektrischen Beleuchtung, nämlich das Glühlicht. Statt Platindraht nimmt man eine dünne Kohlenfaser und damit diese in der großen Hitze nicht verbrenne, wird sie in eine luftleere Glaskugel eingeschlossen. Die Fig. 9 zeigt ein solches Glühlämpchen in etwa $^3/_4$ der natürlichen Größe. Bei a und b sind an zwei Platindrähte, die in die luftleere und hermetisch geschlossene Glaskugel eingeschmolzen sind, die Enden einer

in einen Ring gebogenen Kohlenfaser befestigt. Die beiden Platindrähte stehen mit den Klemmen m und n in Verbindung und indem man diese da in den Draht w der Fig. 5 einschaltet, wo wir vorher den Platindraht hatten, konzentrirt sich die Arbeitsleistung auf die Kohlenfaser und diese erhitzt sich so sehr, daß sie leuchtet und zwar mit einer Lichtstärke von 8 bis 16 Kerzen. Das auf solche Weise erhaltene Licht ist sehr mild, außerordentlich ruhig, verbreitet beinahe keine Wärme, verschlechtert die Luft nicht und macht die Decken nicht rußig; es besitzt daher vor dem Gaslicht große Vortheile, namentlich, wenn viele Lichter in ein und demselben Arbeitsraume zur Anwendung kommen sollen.

Eine einzige dynamo-elektrische Maschine kann je nach ihren Dimensionen eine größere oder geringere Anzahl von Glühlichtern speisen. Zum Betriebe von 8–10 Glühlichtern ist eine Pferdekraft erforderlich und je nachdem die nöthige mechanische Kraft theuer oder billig zu stehen kommt, wird auch das elektrische Licht im Preise verschieden sein.

Es gibt indessen noch eine zweite Methode, Elektrizität in Licht umzuwandeln, wenn man nämlich die Spannung so weit erhöht, daß die beiden Elektrizitäten, indem sie sich zu vereinigen streben, im Stande sind, einen kleinen Luftraum zwischen zwei Leitern zu durchschlagen. Die Sache wird in folgender Weise ausgeführt: Denken wir uns in einer der drei Figuren 5, 6 oder 7 den Draht beim Punkte w durchschnitten und an die so entstandenen Drahtenden zwei Kohlenstücke angesetzt, welche die Form und Größe von Bleistiften haben. Wenn man die beiden Kohlen mit ihren Spitzen an einander hält, so geht der elektrische Strom durch und die Kohlenspitzen fangen an zu glühen, weil in ihnen das Hinderniß für den Durchgang der Elektrizität am größten, also auch hier die meiste Arbeitsleistung konzentrirt ist. Wenn man nun die beiden Kohlenstifte ganz vorsichtig ein wenig aus einander zieht, so sieht man im Momente, wo sie aufhören, sich zu berühren, einen Lichtfunken von außerordentlichem, ungewöhnlichem Glanz, der an Helligkeit und Schönheit alles andere Licht, welches der Mensch künstlich herzustellen im Stande ist, hinter sich zurückläßt und der nur mit dem Lichte der Sonne selbst verglichen werden kann. Dieses elektrische Licht ist dadurch entstanden, daß die beiden Elektrizitäten, die an den Kohlenspitzen angesammelt sind, den Luftraum zwischen letztern durchschlagen. Die Luft erhitzt sich dabei in solchem Grade, daß sie glühend wird, und die Kohlenspitzen brennen langsam ab, während gleichzeitig ein Bogen glühender Kohlentheilchen von einer Spitze auf die andere übergeht und den Uebergang der Elektrizität erleichtert. Je größer die Spannung der beiden Elektrizitäten ist, desto weiter dürfen die Kohlenspitzen aus einander stehen, desto länger und intensiver wird der helle Lichtbogen in der Luft; so schwankt je nach der Stärke und dem Bau der dynamo-elektrischen Maschine, die den Strom liefert, der freie Raum zwischen den Kohlenspitzen von $1/2$ bis 5^{mm} und die Lichtstärke von hundert bis auf mehrere tausend Kerzen. Dieses elektrische Licht unterscheidet sich daher vom Glühlicht in mehreren Beziehungen ganz wesentlich; es entsteht durch eine Unterbrechung im Drahtkreis, die durch einen Lichtbogen überbrückt wird, und man nennt es deßhalb zum Unterschied von ersterem Bogenlicht. Ferner ist dasselbe immer sehr stark, kann daher in kleinen Räumen nicht wohl angewendet werden, eignet sich jedoch für große Hallen, Bahnhöfe, Konzertsäle, Kirchen und in's Freie besser als die Glühlichter; ein einziges Bogenlicht kann auf einem öffentlichen Platze 20 Gaslaternen ersetzen. Gleich wie es möglich ist, mit einer einzigen Maschine eine große Anzahl Glühlichter zu erzeugen, so kann dieselbe auch mehrere Bogenlichter gleichzeitig betreiben und zwar je nach dem Bau der Maschine bis auf vierzig. Die in Fig. 8 abgebildete Doppelmaschine z. B. ist im Stande, 12 Bogenlampen, jede von einer Lichtstärke gleich 30 Gasflammen, zu speisen.

Beim Bogenlicht tritt eine große Schwierigkeit auf, mit der das Glühlicht nicht zu kämpfen hat, die Kohlenstäbe werden nämlich allmälig verbrannt, der Raum zwischen ihren Spitzen erweitert sich und wird bald so groß, daß die Spannung der Elektrizitäten nicht mehr ausreicht, den Zwischenraum zu durchschlagen, und

das Licht erlischt. Es muß daher eine Vorrichtung angebracht werden, durch welche die beiden Stäbe sich in dem Maße zusammenschieben, als sie sich durch Verbrennung abnutzen. Dadurch werden alle Bogenlichtlampen mehr oder weniger komplizirt und theuer und, was noch schlimmer ist, in keinem der unzähligen Systeme ist der Mechanismus so vollkommen, daß die Entfernung zwischen den Kohlenspitzen immer die gleiche bleibt, sondern es stellen sich bei allen kleinere oder größere Schwankungen ein, die auch Veränderungen in der Lichtstärke zur Folge haben; daher zucken alle Bogenlichter, was zwar wenig zu bedeuten hat, wo eine größere Anzahl einen Raum erhellt, was jedoch bei nur einem Bogenlicht unerträglich werden kann.

In der Fig. 10 ist eine der besseren Bogenlichtlampen in ihren Umrissen dargestellt. A ist ein senkrechter weicher Eisenstab, welcher sich in zwei Drahtspulen B und C auf und nieder bewegen kann; B besteht aus dünnem Draht in vielen Windungen, C aus wenigen Windungen dicken Drahtes, der an den oberen Kohlenstift o führt. Dieser Kohlenstift hängt an einem zweiarmigen Hebel Ao, der sich um den Punkt i dreht; wenn sich daher der weiche Eisenkern abwärts bewegt, so geht der Kohlenstift o in die Höhe und entfernt sich vom untern Kohlenstift p, und umgekehrt. Man denke sich nun in einer der Figuren 5, 6 oder 7 den Draht bei w durchschnitten und die beiden Enden an a und b der Fig. 10 gesetzt, so werden sich die beiden entgegengesetzten Elektrizitäten in der Lampe zu vereinigen suchen und es bleibt uns nur übrig, nachzusehen, welche Wege sie dabei einschlagen können. Den Fall gesetzt, die positive Elektrizität trete bei a ein, so kommt dieselbe in der Nähe von A zu einem doppelten Wege, sie kann nämlich einerseits durch die Spule B und den Draht m nach b zur negativen Elektrizität gelangen, andererseits ist ihr ein zweiter Weg über C und durch die beiden Kohlen o und p nach b offen. Die entgegengesetzten Elektrizitäten vereinigen sich unbedingt auf beiden Wegen, jedoch in reichlicherem Maße auf dem Wege, der ihnen geringere Hindernisse darbietet, und das ist der Weg über C, o und p, so lange die beiden Kohlenstäbe sich berühren; in C zirkulirt in Folge dessen ein sehr starker, in B ein ganz schwacher Strom. Der starke Strom in C zieht den weichen Eisenstab A herunter; in Folge dessen entfernen sich die Kohlenstäbe von einander und das elektrische Bogenlicht erscheint, zugleich aber ist das Hinderniß für den Durchgang des elektrischen Stromes zwischen o und p größer geworden und es fließt ein größerer Theil Elektrizität durch B. Brennen nun die Kohlen ab, so wird die Entfernung zwischen o und p immer größer und der durch B kreisende Strom wird immer stärker, bis der Eisenkern A nach oben gezogen wird, wodurch die Kohlen o und p einander wieder genähert werden, was auf's Neue ein Wachsen des Stromes in C zur Folge hat. Es gibt daher nur eine einzige, ganz bestimmte Entfernung zwischen den beiden Kohlen, bei welcher sich die in C und B zirkulirenden Ströme so das Gleichgewicht halten, daß der Eisenkern A weder auf- noch abwärts gezogen wird und wenn je eine kleine Veränderung in dieser Entfernung eintritt, so wird sie sofort durch die Ströme selbst wieder korrigirt. Die ganze Einrichtung der Bogenlampe kommt in eine große Glaskugel, aus der sich oben ein senkrechtes Rohr erhebt, in welchem der Stab A, die Spulen B und C und der Hebel Ao untergebracht sind. Die Fig. 11 zeigt eine solche Bogenlampe von 200 bis 1000 Kerzen Lichtstärke in ihrer äußern Form.

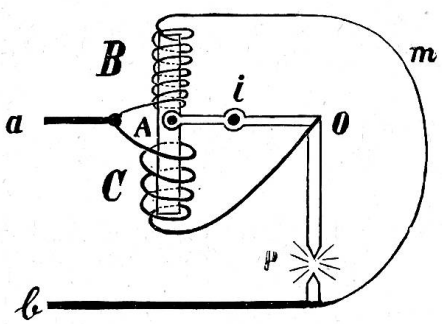

Fig. 10.

Langsam aber sicher wird sich das elektrische Licht auch bei uns Bahn brechen. Wenn es auch zur Stunde noch theurer als Gas ist, so bietet es doch so viele Vortheile gegenüber letzterm, daß man sich in manchen Fällen über den Kostenpunkt hinwegsetzen und dennoch das elektrische Licht einführen wird. Wenn es aber einmal dazu

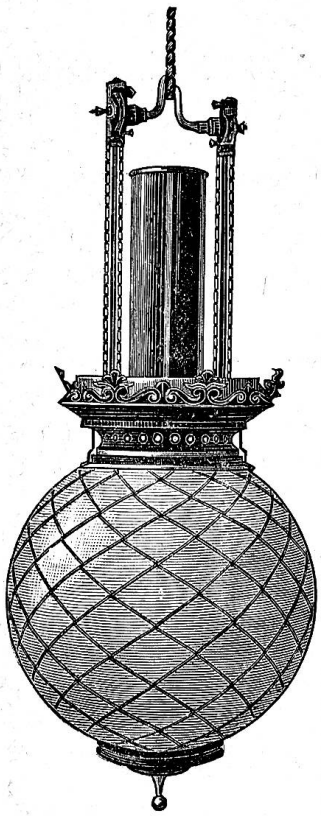

Fig. 11.

kommt, die für die elektrische Beleuchtung nothwendigen Elektrizitätsmengen in gleicher Weise im Großen zu beschaffen, wie das Leuchtgas gegenwärtig für die Gasbeleuchtung fabrizirt wird, und wenn Wasserkraft zu deren Erzeugung verwendet werden kann, so wird die Elektrizität so billig zu stehen kommen, daß das schönste elektrische Licht weniger kostet als die trübe und rußende Gasflamme.

Noch größer wird jedoch in der Zukunft die Bedeutung der Elektrizität als Transportmittel mechanischer Kraft werden. Wir haben die schönsten Wasserfälle, Stromschnellen und überhaupt Flüsse und Bäche in solcher Menge, wie wenig andere Länder. Alle diese Wasserkräfte bergen einen außerordentlichen Reichthum in sich, wenn wires nur verstehen, den Schatz zu heben, das heißt, die Wasserkräfte am richtigen Punkte zu verwerthen. In ausgiebiger Weise und auf große Distanzen ist das einzig durch die Elektrizität möglich. Wir verwandeln nämlich die mechanische Kraft, welche im fließenden und fallenden Wasser liegt, in Elektrizität, leiten diese durch Drähte in Fabriken, Städte, kurz an Orte, wo mechanische Kraft nöthig ist, und verwandeln sie hier wieder in Massenbewegung. Am einsamen Wasserfall wird eine Turbine gebaut, die eine große dynamo-elektrische Maschine treibt, und die Elektrizität wird 50 oder 100 Kilometer weit in eine entfernte Stadt geleitet und zur öffentlichen und privaten Beleuchtung verwendet oder man läßt in einer großen Fabrik den von weither kommenden elektrischen Strom durch eine zweite dynamo-elektrische Maschine laufen, deren Welle es in rotirende Bewegung versetzt; denn das ist eine weitere Eigenthümlichkeit der dynamo-elektrischen Maschinen, daß sie umkehrbar sind, d. h. eine Maschine, in welcher mechanische Kraft zur Drehung der Welle verbraucht wird, erzeugt Elektrizität und umgekehrt: eine Maschine, in der Elektrizität verbraucht wird, weil man einen Strom durch sie sendet, erzeugt mechanische Kraft, indem sich ihre Welle dreht. So wird eine Zeit kommen, wo aller Steinkohlenreichthum Englands überboten wird vom Reichthum an lebendiger Kraft, welche in den fließenden Wassern der Schweiz liegt und die sich mit Hülfe der Elektrizität an jeden beliebigen Punkt schaffen läßt. Ein Theil der Kraft wird allerdings unterwegs verloren gehen, weil jeder Leiter der Vorwärtsbewegung der Elektrizität Hindernisse in den Weg legt und weil die Ueberwindung des Hindernisses eine Arbeitsleistung ist, welche für die Ausbeutung verloren geht. Wenn aber auch schließlich in der Fabrik nur 50 oder selbst nur 30 % der mechanischen Kraft wieder zum Vorschein kommen, welche im niederstürzenden Wasser lagen, so genügt das vollkommen, da der Kraftvorrath beinahe unerschöpflich ist, so daß schon 1/10 desselben für alle nur denkbaren Bedürfnisse vollauf ausreichend wäre. Wir gehen einer Zeit entgegen, in welcher alle unsere mechanischen Kräfte, Dampfmaschinen, Gasmotoren u. s. w. durch die Kraft unserer Bergwasser ersetzt sein werden, die vermittelst Elektrizität überall hin geleitet wird, und alle diese riesigen Fortschritte verdanken wir einzig und allein der Erkenntniß von der Einheit der Kräfte, der Umwandlungsfähigkeit einer beliebigen Kraftform in irgend eine andere und dem Umstande, daß namentlich die Elektrizität äußerst geeignet ist, eine Vermittlerrolle zwischen den verschiedenen Kraftformen zu spielen. Es wird das zwanzigste Jahrhundert das Jahrhundert der Elektrizität sein, wie das neunzehnte dasjenige des Dampfes ist.