



UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Handbuch der Physik zur Selbstbelehrung für jedermann

Spiller, Philipp

Berlin, 1866

Sechster Abschnitt. Wechselwirkung der Molekularschwingungen.

[urn:nbn:de:hbz:466:1-73841](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:466:1-73841)

Sechster Abschnitt.

Wechselwirkung der Molekularschwingungen.

Wir kommen nun in ein erst in neuerer Zeit angebautes Gebiet der Physik, welches uns durch das Räthselhafte der Erscheinungen oft in das höchste Erstaunen versetzen muß. A. v. Humboldt sagt schon: „Je tiefer man eindringt in das Wesen der Naturkräfte, desto mehr erkennt man den Zusammenhang von Phänomenen, die, lange einzeln und oberflächlich betrachtet, jeder Anreihung zu widerstehen schienen.“ Die Physiker haben hier, angespornt durch den Reiz, welchen die Erforschung neuer Thatsachen darbietet und unterstützt durch die ausgezeichneten Leistungen der Mechaniker, mit dem unermüdblichsten Fleiße ein wahrhaft erdrückendes Material angehäuft; sie haben aber auch herrliche Resultate für das praktische Leben erzielt, welche in kulturhistorischer Beziehung einzig in der Geschichte der Menschheit dastehen werden, denn der Gedanke braucht kaum noch Zeit und Raum, um in großen Entfernungen zur That zu werden.

Der Dampf und die Elektrizität sind geeignet, die materielle Arbeit mehr der Natur zu überlassen und den Menschen seiner geistigen Ausbildung zuzuführen, sie sind bestimmt, die Schranken zwischen den Nationen niederzuwerfen und die Menschheit als Ganzes ihrem Ziele schneller zuzuführen.

Es sind eine Menge von Thatsachen aufgefunden worden, welche den inneren Zusammenhang scheinbar sehr verschiedener Erscheinungen, wie des Schalles, des Lichtes, der Wärme, der Elektrizität und des Magnetismus außer allem Zweifel setzen und wir können zu den meisten von ihnen noch den Chemismus fügen, welcher die Vermittelung von der Atombewegung zur Molekular- und von dieser zur Massenbewegung macht. Es muß uns reizen, nicht nur diesen Zusammenhang äußerlich kennen, sondern ihn auch seiner Natur nach erforschen zu lernen. Das Feld ist zwar ein sehr umfangreiches, wenn wir bedenken, daß jede der obigen Erscheinungen nicht nur sich selbst erzeugen kann, gewissermaßen als Resonanz oder Echo, sondern jede auch fast jede andere; wir wollen uns aber mit dem Hauptsächlichsten begnügen und besonders die praktische Seite im Auge behalten.

Wie wir im ersten Bande dieses Werkes mancherlei Umwandlungen der Bewegungsarten bei Massen kennen gelernt haben, welche bedingt waren durch die Form der Massentheile und die Zeit ihres Eingreifens ineinander; so werden wir jetzt eine durch die Gestalt der Atome und der Atomgruppen und durch die beschleunigende oder verzögernde Natur der betreffenden Stoffe hervorgebrachte Umänderung der Schwingungsarten kennen lernen. Denn wenn z. B. die Wärme fähig ist, Schall

oder Elektrizität hervorzubringen, oder wenn Licht, Wärme u. a. durch den Chemismus erzeugt werden; so geschieht dabei nur eine Umwandlung der Bewegungsart und nicht eine Stoffumwandlung oder Erzeugung eines neuen Stoffes, worauf nicht oft genug hingewiesen werden kann, um nicht falsche Vorstellungen aufkommen zu lassen oder noch gangbare anzunehmen. Senachdem die Molekel grade oder schiefe, zentrale oder exzentrische Stöße erhalten, werden sie theils fortschreitende, theils drehende, theils drehende und fortschreitende Schwingungsbewegungen annehmen müssen, deren Stärke sich nach Entfernung, Gestalt, Lage und materiellen Beschaffenheit der Atome richten werden.

Weil die hierher gehörigen Erscheinungen so mannigfäch ineinander eingreifen, wird es keine Schwierigkeiten haben, eine gewisse systematische Ordnung festzuhalten; wir wollen indeß uns möglichst an die Aufeinanderfolge der vorigen Abschnitte anzuschließen suchen, in denen wir bereits durchgeführt haben, daß jede von den genannten Erscheinungen an einem Körper durch Vermittelung eines Zwischenstoffes, und wenn es auch nur der Weltäther ist, an einem zweiten Körper dieselbe Erscheinung hervorbringen kann.

I. Schall erzeugt Wärme und Elektrizität und hat Einfluß auf Lichterscheinungen.

1. Es ist bekannt, daß die Fortpflanzung des Schalles durch die Luft in dieser abwechselnd aufeinanderfolgende hohlkugelförmige Verdichtungs- und Verdünnungswellen hervorbringt und daß die Verdichtung der Luft eine Erhöhung, die Verdünnung eine Erniedrigung der Temperatur erzeugt. Diese Veränderungen erfolgen aber so außerordentlich schnell aufeinander, daß sie auf das Thermometer gar keinen Einfluß haben können; sie sind aber von Einfluß auf die theoretische Bestimmung der Geschwindigkeit des Schalles in der Luft, welche ohne sie fast um $\frac{1}{5}$ kleiner gefunden wird, als die beobachtete. Wenn die Verdichtung bei der Fortpflanzung des Schalles nicht zugleich mit Wärmeentwicklung verbunden wäre, so würden die Dünste, wenn durch sie allein ein Schall fortgepflanzt wird, zum Theil kondensirt werden, was nicht der Fall ist. — Etwas anderes ist es, wenn der schallende Körper selbst, z. B. eine anhaltend tönende Glocke, einen höheren Temperaturgrad annimmt, weil hier bei den Schwingungen der Massentheile eine Reibung derselben aneinander stattfindet.

2. Interessant ist es und zugleich wichtig für unsere Auffassung von dem Wesen der Elektrizität, daß sich an den Knotenlinien der Klangfiguren Spuren von Elektrizität zeigen. Da die Knotenlinien nur dadurch entstehen, daß die entgegengesetzten Querschwingungen benachbarter Flächentheile nach diesen Linien hin immer kleiner werdende Elongationen machen, so müssen die genau in der Mitte der Linien liegenden Molekel um ihre Gleichgewichtspunkte schwingen, wobei die eine Hälfte

mehr jenseits, die andere gleichzeitig mehr diesseits ihrer Ruhelage sich befinden wird. Dieses waren elektrische Schwingungen.

Durch Tonschwingungen werden auch dann elektrische erzeugt, wenn eine tönende Saite aus zwei verschiedenen Metallen, wie Messing und Eisen besteht und die Verbindungsstelle nicht an einem Knotenpunkte liegt. Durch den verschiedenen Widerstand der beiden Metalle gegen die Tonschwingungen werden die Molekel der Saite zu den zusammengesetzten elektrischen Schwingungen angeregt.

3. Schallschwingungen bringen auch eine bemerkenswerthe Lichterscheinung hervor. Eine gewöhnliche Glasscheibe im Ruhezustande läßt durch sich einen einfachen Gegenstand auch einfach erkennen; wird sie aber durch Längenschwingungen zum Tönen gebracht, so ist sie doppelt brechend, d. h. sie zeigt z. B. einen einfachen Punkt doppelt. Der alle Körper durchdringende Weltäther nimmt nämlich theil an den Schwingungen der Molekel, wodurch lothrecht auf der Gesichtslinie oder vielmehr auf der Ebene der Glastafel stehende Verdichtungs- und Verdünnungswellen entstehen. Hat aber der das Licht fortpflanzende Weltäther in einem Körper eine verschiedene Dichtigkeit nach verschiedenen Richtungen, so zeigen sich wie beim Doppelspathe von einem Gegenstande zwei Bilder.

4. Schallschwingungen sind nicht ganz ohne Einfluß auf die Atombewegungen der Körper, denn sie sind in Stande, die in konzentrischen Lösungen enthaltenen Stoffe auszuscheiden und zum Krystallisiren zu bringen.

II. Licht bringt hervor Wärme, chemische Verbindungen, welche zum Theil mit Explosionen verknüpft sind, ferner Magnetismus und ist auch der Elektrizität nicht fremd.

1. Die Untersuchungen über die Zurückwerfung und namentlich über die Brechung des von der Sonne ausgehenden Lichtes haben den Beweis geliefert, daß sich das Licht von der strahlenden Wärme nur durch die verschiedene Anzahl von Schwingungen des Weltäthers unterscheidet: vor dem Roth in dem Farbenbilde des Glasprismas ist eine größere Wärme, als in diesem selbst und in den folgenden Farben mit wachsender Schwingungszahl; also ist die strahlende Wärme weiter nichts, als dunkles Licht, welches wegen seiner allzugeringen Schwingungszahl nicht mehr fähig ist, auf unser Auge einen wirksamen Eindruck zu machen. Es ist natürlich, daß die strahlende Wärme um so leichter durch einen Körper, wie eine Glasscheibe, zu dringen vermag, je mehr sie sich dem leuchtenden Zustande nähert, d. h. je energischer sie wegen Vergrößerung ihrer Schwingungszahl wirkt. Von unseren geheizten Defen wird also durch die Fensterscheiben nur wenig von der strahlenden Wärme dringen können; wären die Scheiben farbig, so würde noch weniger Wärme durchdringen, sie selbst aber würden mehr erwärmt werden.

Lassen Körper die Sonnenstrahlen leicht durch, d. h. werden die Aetherschwingungen durch die Körper wenig gehemmt, so werden diese auch wenig erwärmt. Der Grad der Hemmung hängt von der materiellen Beschaffenheit, Dicke, Farbe und Politur der Körper ab. Weingeist wird in einem weißen Glase selbst durch den stärksten Brennspiegel nicht entzündet und überhaupt weiße Körper schwer und in dem Brennpunkte eines Brennglases kann man wohl Gold schmelzen, nicht aber Wasser zum Kochen bringen.

Da das Steinsalz die Wärmestrahlen größtentheils durchläßt, so ist es sehr natürlich, daß das durch ein Steinsalzprisma erhaltene Sonnenbild eine vom Roth nach dem Violett abnehmende Wärme zeigt. Je größer nämlich die Schwingungszahl des Weltäthers wird, desto weniger zeigt er die Erscheinung der Wärme, gleichwie bei Tönen durch die Zunahme der Schwingungszahl des tönenden Körpers die Wahrnehmung des Tones mehr und mehr verschwindet. Dies zeigt zugleich und wird durch die Beobachtungen der Wärmestrahlen, welche von irdischen Wärmequellen ausgehen, bestätigt, daß das Brechungsvermögen mit Zunahme der Schwingungszahl, d. h. der Temperatur, wächst. Die energischere Kraft muß auch eine energischere Wirkung hervorbringen.

Es gibt nur wenige Körper, welche eine ziemlich scharfe Absonderung von Licht- und Wärmestrahlen hervorbringen. Nur Lichtstrahlen gehen durch Wasser, welches sich zwischen mit Kupferoxyd grün gefärbten Gläsern befindet; nur Wärmestrahlen gehen durch schwarzes Glas und schwarzen Glimmer.

Je mehr die Lichtschwingungen als solche in einem Körper vernichtet und die Wärmestrahlen in ihrem Fortgange gehemmt werden, desto eher und desto mehr wird der Körper erwärmt. Ist die Oberfläche eines Körpers rauh, so können die Aetherschwingungen besser in sein Inneres dringen, als wenn er eine glatte Oberfläche hat, welche die Schwingungen zurückwirft. — Da ferner die Lichtschwingungen um so mehr vernichtet werden, je dunkler ein Körper ist, so muß die Erwärmung eines Körpers mit der tieferen Farbe zunehmen. Man kann in einem Kasten aus starkem Holze, welcher innerhalb recht gut geschwärzt und durch eine weiße Glasscheibe geschlossen ist, eine größere Temperatur, als die des kochenden Wassers hervorbringen, wenn man die Sonnenstrahlen lothrecht auffallen läßt. — Setzt man endlich verschiedenartige Körper, z. B. verschiedene Metalle, Steine, Holzarten den Sonnenstrahlen im Freien auf gleiche Weise aus, so werden sie in sehr verschiedenem und oft sehr bedeutendem Grade erwärmt, wie u. a. das Eisen und schwarze Steine. Das Basalttrottoir in New-York wird zu Mittag im Hochsommer so heiß, daß die Wärme sehr bald durch dicke Stiefelsohlen dringt, wenn man kurze Zeit stehen bleibt.

Die Erklärung dieser Erscheinung hat wohl keine große Schwierigkeiten. Da nämlich der Weltäther alle Körper durchdringt, so wird er

gleichzeitig mit den auf sie äußerlich ankommenden Schwingungen ebenfalls in solche Bewegungen versetzt. Wenn er nun auch ein außerordentlich zarter Stoff ist (Vd. I. S. 18), so wird wegen der ungeheuer großen Schwingungszahl sein Bewegungsmoment nicht ganz unbedeutend und sehr wohl imstande sein, die von ihm umgebenen Molekel des irdischen Körpers durch die fortdauernde Einwirkung in schwingende Bewegung zu versetzen und so die Temperatur bis zu einer gewissen Höhe zu steigern, welche auch noch von der Beschaffenheit und Leitungsfähigkeit der umgebenden Körper abhängig ist. Wird also Licht durch dunkle Körper, wie man zu sagen pflegt, verschluckt und in dunkle Wärme verwandelt, so will dies nichts weiter sagen, als: die äußerst raschen Schwingungen des Aethers werden in langsamere der Molekel der irdischen Körper verwandelt.

Die Verbindung von Licht- und Wärmeschwingungen zeigt sich bei irdischen Körpern wesentlich in zwei Fällen, nämlich beim Glühen und bei den Flammen.

Wenn Körper bei einer höheren Temperatur sich nicht in Gase verwandeln und also nicht flüchtig werden, sondern feuerbeständig sind, wie die meisten Metalle, die Kohle u. a., so senden sie Licht- und Wärmestrahlen aus und glühen blos; wenn sie aber durch das Erhitzen sich in brennbare Gase verwandeln oder selbst dampfförmig werden, so verbrennen sie mit Flamme, d. h. es bilden sich leuchtende und wärmende flüchtige Stoffe über dem Körper innerhalb einer gewissen Gränze.

Wenn aus den Steinkohlen, dem Holze und anderen brennbaren Körpern durch die trockene Destillation (Vd. II. S. 242) die flüchtigen Bestandtheile entfernt worden sind, so können die rückständigen Kohlen (Kocks) nur noch glühen mit einer kleinen bläulichen Flamme und bedürfen dazu eines ziemlich lebhaften Luftzuges. Das Glühen ist ein Verbrennen ohne Flamme und bei niedrigerer Temperatur. Glühen Metalle, so bildet sich an ihrer Oberfläche eine Drydschicht, welche beim Hämmern funkensprühend leicht abspringt.

Wenn man ein spiralförmig gewundenes Platindrähtchen oder auch einen kleinen Zylinder aus feinem Platindrahtgewebe glühend gemacht hat, so dauert das Glühen fort, wenn aus einem darunter befindlichen Dochte einer kleinen Weingeistlampe die Dämpfe aufsteigen, an dem Drahte verbrennen und so grade nur das Glühen zu unterhalten vermögen. Dies ist das Glühlämpchen von Davy. Bei Aether bildet sich ein blaues und nicht zündendes Flämmchen, welches verschwindet, wenn die Platina roth glüht.

Eine merkwürdige Verbindung von Licht und Wärme gibt die Flamme, welche nach den verschiedenen Brennstoffen eine sehr verschiedene Beschaffenheit, Wärme, Farbe und Leuchtkraft hat. Der jedesmalige Zweck wird die Mittel bestimmen, deren man sich zu bedienen hat. Das lebhaftes Brennen hängt nicht blos von der Zuführung vielen

Sauerstoffes, also eines lebhaften Zuges von atmosphärischer Luft ab, sondern auch von der Temperatur dieser Luft; denn je wärmer sie bei der Berührung mit der Flamme ist, desto eher unterhält sie dieselbe, während ein Uebermaß von kalter Luft die Flamme entweder auslöschen oder einen Theil derselben so abkühlen würde, daß eine Menge feiner Kohlentheilchen als Rauch verflüchtigt werden würde, ohne zu verbrennen. Die Rauchbildung findet natürlich auch statt, wenn der Flamme der nöthige Sauerstoff nicht in hinreichendem Maße zugeführt wird.

Je dichter ein verbrennender Körper ist, desto heller ist die Flamme und wenn feste Körper, wie Kalk, Platin in ihr glühend werden, so ist die Lichtstärke bisweilen sehr bedeutend. Werden dem brennenden Körper verschiedene Stoffe beigemischt, so bekommt die Flamme verschiedene Farben. Wenn der Docht einer Weingeistlampe Chlorstrontium enthält, so ist die Flamme karminroth; enthält er Chlorkupfer, so ist sie smaragdgrün; wenn man zwei solche Döchte zusammenwindet, so ist die Flamme weiß. Ebenso können auch andere Ergänzungsfarben in der Flamme miteinander verbunden werden.

Die einfachste Flamme wird durch brennendes Wasserstoffgas gebildet. Strömt dasselbe aus einer kreisrunden Oeffnung, so brennt von dem ausströmenden Gaszylinder nur die äußere Hülle mit einer blaßblauen Flamme, während der innere Kern anfänglich unverbranntes Gas ist, was man erkennt, wenn man in die Flamme ein feines Drahtnetz horizontal hält; denn in der Mitte zeigt sich ein dunkler Kreis, in welchem auch leicht brennbare Körper nicht verbrennen und um ihn ist ein leuchtender Ring, wo sich das Wasserstoffgas mit dem Sauerstoffe verbindet. Weil diese Verbindung nach oben hin zunimmt, wird die Flamme zugespitzt, so daß alles Gas verbrennt.

Das aus den Steinkohlen erhaltene Gas wird theils zur Beleuchtung, theils zur Beheizung verwendet. Sein wichtigster Bestandtheil ist das ölbildende Gas, welches eine Verbindung von Kohlenstoff und Wasserstoff ist und so genannt wird, weil es in Verbindung mit Chlor eine ölarartige Flüssigkeit gibt. Auch die Flammen unserer Oellampen und Kerzen bestehen zunächst um das Docht aus diesem Gase, welches innerhalb der Flamme durch Zersetzung eine große Menge von feinertheiltem Kohlenstoffe abscheidet, durch dessen Glühen die Helligkeit der Flamme hervorgebracht wird.

Soll die Flamme des Leuchtgases zur Erleuchtung dienen, so darf die Oeffnung, aus welcher es zufolge eines gewissen Druckes ausströmt, weder zu groß, noch zu klein sein. Ist die Oeffnung zu groß, so kommt das Gas mit zu wenig atmosphärischer Luft in Berührung, ein Theil des Kohlenstoffes bleibt unverbrannt und setzt sich als Ruß ab, so daß die Flamme blackt, ohne hell zu leuchten. Ist die Oeffnung zu klein, so geht die Verbrennung allzurash vonstatten, so daß der sämmtliche Kohlenstoff verbrennt, ohne vorher zu glühen und dadurch zu leuchten.

Die Gestalt und die Lichtstärke der Flamme hängt wesentlich noch von der Form der Brennöffnung in dem Brenner und von der Geschwindigkeit des ausströmenden Gases ab. Brenner von Porzellan oder von Speckstein sind besser, als die von Metall, weil bei dem letzteren die Oeffnungen sich nach und nach ausbrennen und erweitern.

Der Einlochbrenner mit einer Oeffnung von $\frac{1}{15}$ Zoll gibt eine spindelförmige nicht sehr helle Flamme, welche unten bläulich und sehr dünn ist und auch oben spitz zulauft. Der Dreilochbrenner enthält drei nach oben hin divergirende nahe bei einander befindliche Oeffnungen. Bei dem Fischschwanzbrenner münden in einen Ausschnitt zwei gegeneinander geneigte feine Oeffnungen, aus welchen das Gas so austritt, daß die beiden Flammen in der Mitte zusammentreten und einen schmalen Fächer mit zwei Spitzen bilden. Der dunkle Kern in der Mitte ist hierbei unbedeutend und die leuchtende Hülle hat eine große Ausdehnung. Der Fledermausbrenner besteht aus einem runden hellen Knopfe mit einem Schlitze für das ausströmende Gas, dessen flache Flamme eine größere Ausdehnung und oben vier Spitzen mit drei Ausstufungen dazwischen hat. Bei dem Argandbrenner tritt das Gas in einen hohlen Ring, dessen Deckplatte $\frac{1}{8}$ Zoll weite und $\frac{1}{8}$ Zoll von einander entfernte Oeffnungen hat. Die einfachen Strahlen verbinden sich zu einer zusammenhängenden und dünnen zylinderförmigen Flamme von großer Leuchtkraft. Der Zug wird auch hier, wie bei den gewöhnlichen Oellampen durch einen Glaszylinder befördert.

Die Geschwindigkeit des ausströmenden Gases hängt von dem Drucke im Gasometer und von der Entfernung des Brenners von ihm ab, denn der mit der wachsenden Länge der Röhren wachsende Reibungswiderstand vermindert die Geschwindigkeit des darin fließenden Gases bei einem bestimmten Drucke des Gasometers. Bei dem meist vielseitigen und ungleichmäßigen Gasverbrauche muß man sich durch das Drehen der Hähne in der Nähe der Brenner zu helfen suchen, wobei ein mit Zischen verbundenes Ausströmen stets zu vermeiden ist.

Schon die alltägliche Erfahrung beweiset uns, daß bei dem Verbrennen des Leuchtgases, während es zur Beleuchtung dient, eine nicht unbedeutende Wärme entwickelt wird. 100 Kubikfuß Leuchtgas geben eine so große Wärme als 5,6 Pfund Holzkohle, 13 Pfd. trockenes Holz oder 5,6 Pfd. Steinkohle (6 Pfd. Roaks). Man kann mit 100 Kubikfuß Leuchtgas fast 200 Kilogramme Wasser von 0° auf 100° C. erwärmen, so daß es beinahe 20000 Wärmeeinheiten entwickelt. Wenn man das aus einem gewöhnlichen Brenner strömende angezündete Gas zum Erhitzen eines Gegenstandes benutzen wollte, so würde man einen Verlust erleiden, weil sich Ruß absetzt, welcher überdies unangenehm ist; es wird daher vortheilhafter, dem Gase die Leuchtkraft zu nehmen, indem man es unmittelbar vor der Entstehung der Flamme mit atmosphärischer Luft hinreichend versetzt, so daß es nur eine blaßblaue Flamme gibt,

ohne daß von seiner Wärmekraft etwas verloren geht. Zu diesem Zwecke sind besondere Brenner nothwendig. Der elsner'sche Brenner besteht aus einem zylindrischen oder prismatischen Kasten mit einigen Seitenöffnungen und mit einem feinen Drahtneze als Decke; in dem Inneren mündet ein Gasausströmungsrohr mit einer Menge unter dem Drahtneze ziemlich gleich vertheilter Oeffnungen. Das angezündete Gasgemisch brennt dann mit mattblauer Farbe über dem ganzen Neze gleich vertheilt und gibt eine bedeutende Hitze. — Bei dem bunfenschen Brenner ist an der Spitze des Gasausströmungsrohres ein hohler und an seinen vier Seiten durchbrochener Metallwürfel angebracht, um das Gas mit atmosphärischer Luft zu vermengen. Das Gemenge strömt nun in eine darüber befindliche und sich dicht anschließende zylindrische Röhre von Speckstein, welche sich nicht so sehr erhitzt, als Metall. Bei gehöriger Regulirung der zuströmenden Luft brennt oben die blaue Flamme ruhig, ohne in das Rohr zurückzuschlagen und gibt eine bedeutende Hitze, welche durch Anwendung mehrerer Brenner außerordentlich gesteigert werden kann.

Man hat noch Gebläselampen, bei denen ein Strom von Luft durch die Gasflamme geleitet werden kann, um zu löthen, Metalle zu schmelzen, Glas zu formen u. s. w.

Es ist natürlich, daß man nach diesen Grundsätzen in bewohnten Räumen förmliche Gasheizöfen anbringen kann, welche sich, wenn man das Gas durch Guttaperchaschläuche zuleitet, leicht von einem Orte nach einem anderen bringen lassen. Außerdem läßt sich das Gas zu vielen häuslichen Zwecken, z. B. zum Kaffeebrennen, Heißmachen von Bügeleisen, Brenneisen u. a. mit Vortheil verwenden.

Viel zusammengesetzter ist die Flamme, welche aus flüssigen und festen Brennstoffen entwickelt wird. Hier müssen diese Stoffe durch Wärme erst in den gasigen Zustand verwandelt werden, ehe aus diesen die Flamme entsteht. Hier ist die Gasbereitung und die Gasverbrennung an demselben Orte und findet unmittelbar hintereinander statt.

An einer Kerzenflamme lassen sich vier Theile unterscheiden: 1) der innere Keil, welcher die aus dem Dochte aufsteigenden Destillationsprodukte in Gasform, aber in jeder Höhe desselben in einer anderen Zusammensetzung enthält, weil sich bei dem Eintritte der äußeren Luft immer mehr Verbrennungsprodukte bilden. 2) Die leuchtende Hülle um den Keil, wo sich der Sauerstoff der Luft mit den brennbaren Stoffen desselben mehr und mehr verbindet, so daß der innere Keil abgespitzt, die leuchtende Hülle nach oben hin erweitert wird und dann auch spitz zulauft, um dort die schwerer brennbare Kohle verbrennen zu lassen. 3) Die untere blaue nicht weit hinauf reichende Hülle, in welcher die geringere Hitze eine Verbindung des Kohlenstoffes mit dem eintretenden Sauerstoffe noch nicht gestattet. 4) Eine matt leuchtende

Außenhülle, welche aus glühender Luft und den letzten Verbrennungsprodukten der Flamme besteht.

Wie die verschiedenen Theile der Flamme mittelst des Löthrobes bald zur Oxydation, bald zur Desoxydation oder Reduktion benutzt werden, ist der Hauptsache nach bereits Bd. I. S. 252 angeführt worden.

Soll ein Feuer gelöscht werden, so muß man ihm die Bedingungen des Weiterbrennens oder des Brennens überhaupt entziehen. Man wird also zunächst das Feuer auf den Herd seiner Entstehung zu beschränken suchen, indem man aus seiner Umgebung alle feuerfangenden Gegenstände entfernt, was zum Theil mit der Zerstörung von benachbarten Baulichkeiten verbunden ist. — Ferner muß man das Feuer selbst abkühlen. Das beste Mittel dazu ist das Wasser wegen seiner bedeutenden Wärmekapazität (Bd. II. S. 117). Wenn man aber das Wasser in kleinen Mengen und fein zertheilten Strahlen in eine bedeutende Gluth verspritzt, so ist dieses nicht bloß erfolglos, sondern sogar nachtheilig, weil es in seine beiden Bestandtheile, Sauerstoff und Wasserstoff, zerlegt wird, welche die Verbrennung befördern und die Gluth erhöhen, wie es ja jeder Schmied weiß, indem er mit einem Lappen oder Pinsel auf die glühenden Kohlen von Zeit zu Zeit etwas Wasser spritzt. Man muß also je nach der Stärke des Feuers einen hinreichend dicken Strahl anhaltend auf dieselbe Stelle der Brandstätte leiten. — Ein weiteres Mittel zur Dämpfung eines Feuers besteht darin, daß man ihm das Zufließen von Sauerstoff entzieht. Man kann die brennbaren Sachen selbst schon durch einen Ueberzug gegen das Feuerfangen schützen oder sie in einen Zustand versetzen, daß sie ohne Flamme verbrennen. Leinwand, Gaze, Musselin u. dergl. Stoffe, welche man zu Bekleidungen oder Zimmerdekorationen verwendet, zieht man durch eine nicht zu sehr gesättigte Alaunauflösung, oder durch Salzsoole und läßt sie dann trocknen; andere brennbare Körper, wie Holz, Pappdeckel, Papier, kann man mit Wasserglas überstreichen oder sie in eine Auflösung von Eisenvitriol, Borax u. a. bringen; Gebälk läßt sich mit einem Anstriche von Thon oder Gyps und Sand versehen. — Ist die Flamme nicht groß, so kann man ihr den Sauerstoff durch schnelles Bedecken mit Sachen entziehen. — Ist eine größere Flamme in einem Raume, welcher abgesperrt werden kann, so verschließt man alle Zugänge möglichst sorgfältig und überläßt das Feuer sich selbst, welches dann verlöscht, wenn aller Sauerstoff aufgezehrt wird. — Endlich besteht ein Mittel zum Löschen eines Feuers in einem abgeschlossenen Raume darin, daß man plötzlich Gase entwickelt, welche das Brennen unterdrücken. Dieses Mittel ist besonders bei solchen Flammen zu empfehlen, welche sich durch Wasser nicht löschen lassen, wie von Oel, Pech, Terpentin, den Harzen, Spiritus u. dergl. und besteht aus einem Gemenge von Schwefel, Salpeter und Kohle, wie es in den Bucherschen Feuerlöschboxen enthalten ist, welche sich leicht anzünden lassen und der Vorsicht wegen in solchen

Räumen aufgestellt werden können. Da die plötzlich sich entwickelnden Gase ohne Gefahr für die Gesundheit nicht geathmet werden können, so darf man den Raum, in welchem auf diese Weise das Feuer gelöscht worden ist, nicht betreten, ohne ihn vorher gehörig gelüftet zu haben.

2. Nachdem wir mit dem Lichte die Wärme in Verbindung gebracht haben, wollen wir nur noch Weniges über die chemischen Wirkungen der Aetherschwingungen zu dem ergänzen, was Bd. II. S. 204 darüber bereits gesagt worden ist. Das Licht gehört zu den Lebensbedingungen organischer Geschöpfe: Pflanzen und Menschen sind ohne Einwirkung des Lichtes blaß und farblos; die in Zimmern gezogenen Pflanzen strecken ihre Zweige stets nach dem Lichte aus und wenden ihre Blätter so, daß die Lichtstrahlen ihre obere Fläche möglichst lothrecht treffen. Die Pflanzen erhalten nur dann den ihnen angemessenen Antheil an Kohlenstoff, wenn das Licht, namentlich das unmittelbare Sonnenlicht, gehörig auf sie einwirken kann. — Das Licht verändert bei vielen Gegenständen die Farben (unächte Farben) oder entzieht ihnen die Färbung und macht sie weiß. Darauf beruht das Bleichen verschiedener Stoffe. Der im Wasser unlösliche Farbestoff der durch welches Wasser naß gemachten Zeuge verbindet sich unter dem Einflusse des Lichtes mit dem Sauerstoffe und wird dadurch löslich, so daß er durch das Waschen leicht entfernt werden kann.

Sind die Sonnenstrahlen durch Körper gegangen, in denen sie bereits eine chemische Wirkung hervorgebracht haben, so ist ihnen die Eigenschaft, ferner in gleicher Weise noch chemisch zu wirken, verloren gegangen. Wenn das Licht durch ein dünnes Blättchen von blaßgrünem Glase oder Glimmer gegangen ist, so schwärzt es Chlorsilber nicht mehr, wohl aber, wenn es durch violette oder blaues (auch weißes) Glas oder durch Steinsalz gegangen ist. Die raschesten Aetherschwingungen sind in jenem Falle gehemmt worden, in diesem nicht. — Das Licht scheidet aus den oxydirten Körpern den Sauerstoff wieder aus: läßt man Sonnenlicht durch Chlorwasser gehen, so entwickelt sich Sauerstoff. — Ebenso bewirkt das Licht Reduktionen, denn es schlägt z. B. Gold aus manchen Auflösungen nieder; Goldchlorid wird durch das Licht in metallisches Gold und Chlor zerlegt. — Haben Lichtstrahlen irgendeine chemische Wirkung vollbracht, so sind sie in ihrem weiteren Fortgange unfähig, dieselbe Wirkung noch einmal hervorzubringen: die in den Aetherschwingungen vorhanden gewesene lebendige Kraft ist als Licht vernichtet und in eine chemische Bewegung umgewandelt worden.

3. Licht kann zwar auch einen Schall hervorbringen, aber nicht unmittelbar, sondern indem es entweder eine chemische Verbindung erzeugt, welche von einem Schalle begleitet ist, wie die Detonation bei der plötzlichen Vereinigung von Chlorgas und Wasserstoffgas oder indem es Wärme entwickelt, welche, wie wir erkennen werden, unter Umständen

Töne hervorbringt. Die Aetherschwingungen bringen im ersten Falle Atombewegungen mit einer bedeutenden Raumerweiterung der betreffenden Stoffe, im zweiten Falle aber unmittelbar schwingende Molekularbewegungen hervor.

4. Daß das Licht auch Magnetismus hervorzubringen imstande sei, ist zwar angezweifelt, aber noch nicht widerlegt worden. Wird die eine Hälfte einer Stahlnadel dem blauen oder violetten Lichte des farbigen Sonnenbildes ausgesetzt, oder umhüllt man die eine Hälfte der Nadel mit blauem Papiere oder läßt man nur die eine Hälfte bescheinen, während die andere bedeckt ist, oder polirt man die eine Hälfte, während die andere rauh bleibt und setzt die Nadel auch dem Sonnenlichte aus; so wird sie in der Art magnetisch, daß die betreffende Hälfte die Nordpolarität bekommt und im letzten Falle sogar unter Wasser.

Der Lichtbogen des elektrischen Kohlenlichtes hat auf die Magnetenadel dieselbe Wirkung, wie die elektrische Bewegung im Schließungsdrahte selbst.

5. Wenn auch das Licht noch nicht in eine solche unmittelbare Beziehung zur Elektrizität gebracht worden ist, daß wir es als eine bedeutende Quelle derselben ansehen können, so ist die Vermittelung beider doch durch den Magnetismus gegeben, da durch letzteren Elektrizität erzeugt werden kann. Wenn man von zwei reinen Platinblechen in einer Säure das eine dem Lichte, namentlich dem blauen, aussetzt, so zeigt sich dieses Blech positiv elektrisch, wie es durch den später zu erwähnenden Multiplikator nachgewiesen werden kann.

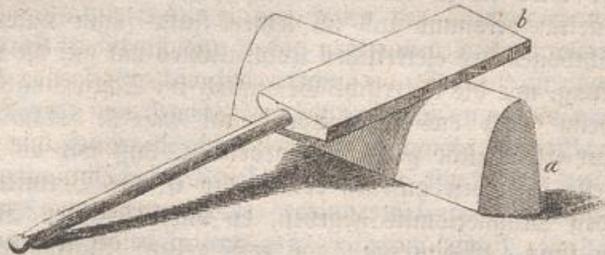
III. Die Wärme, welche in Schwingungsbewegungen der Molekel eines Körpers besteht, ist eine der wichtigsten Quellen für die übrigen Molekularbewegungen und erzeugt auch Aether- und Atombewegungen, indem sie Licht und chemische Thätigkeiten veranlaßt.

1. Zunächst erzeugt sie Schall, zu welchem die geringste Anzahl von Molekularschwingungen eines Körpers gehört. Hierher gehören die bereits im Alterthume berühmten Klänge der aus Quarzit bestehenden Memmonsäule, welche sie vernehmen ließ, wenn die Sonne auf sie schien; ferner die Klänge des musikalischen Glockenberges auf der Halbinsel Sinai am Rothen Meere, wobei der ganze steile Hügel mit seinem glänzenden Quarzsandsteine zu beben scheint und der Sand unter den Füßen erzittert. Aehnlich verhält es sich mit dem Gebel Rakus in Arabia Peträa und der Reg-Rawan bei Kabul. — Der trockene lose Orkolithsand auf der Insel Figg an der Westküste Schottlands in der Bai von Laig tönt zwar auch bei Sonnenschein, aber, wie es scheint, nur beim Gehen und um so besser, je feuchter die tiefere Schicht ist; aber ich erlaube mir nicht darüber zu entscheiden, ob die Erscheinung hierher gehört oder zu den durch bloße Reibung hervorgebrachten Tönen, wie sie Bd. II. S. 135 angeführt worden sind. Dagegen sind die von Alexander v. Humboldt am Ufer des Orinoko an den Granitfelsen beobachteten Töne zu diesem Gebiete zu rechnen. Ebenso vernimmt man

Töne, wenn man eine kleine Menge geschmolzenen Silbers auf einen kalten Ambos gießt.

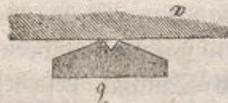
Setzt man einen leeren, durch eine Spiritusflamme erhitzten Löffelkopf von Porzellan mit seinem schmalen hervorstehenden Bodenrande auf die kalt gelassene Untertasse, so entsteht ein heftiges Vibriren oder es erfolgen lauter schnell aufeinander folgende Stöße in gleichen Zeittheilen. Wären die Stöße noch schneller, so würden sie einen Ton geben, wie es bei dem tartinischen Tone (Vd. II. S. 155) der Fall war.

In der That läßt sich diese überraschende Erscheinung durch ein ganz einfaches Instrument, das Termophon oder Trevelhan-Instrument, hervorrufen.



(Fig. 401.)

In Fig. 401 ist a ein oben abgerundeter länglicher Bleikörper, welcher auch auf zwei Messingfüßen ruhen könnte; b ist ein an einem Stiele von Holz befestigter prismatischer Messingkörper, von welchem der eine siebenseitige Figur darstellende Querschnitt in Fig. 402 ab-



(Fig. 402.)

bildet ist. Die Abmessungen beider Theile sind nicht bestimmt begränzte. Der Bleikörper kann 3 bis 4 Zoll lang sein, einen Durchmesser von 1 Zoll haben und auf Füßen von 3" 6" Höhe, 2" 9" Breite und 0,5" Dicke ruhen; der Messingkörper, welcher auch durch Kupfer ersetzt werden kann und Wackler heißt, ist etwa 5 bis 6 Zoll lang, hat als Querschnitt zunächst ein Fünfeck mit einer Basis von 11,4", die daran stoßenden zwei Seiten sind je 1" und die beiden letzten je 7" lang; letztere sind aber am Scheitel des von ihnen gebildeten Winkels durch einen 2" breiten und 1" tiefen Einschnitt getrennt.

Für den Gebrauch schabt man die Oxydschicht am Rücken des Bleikörpers ab, damit das blanke Metall zum Vorschein komme, erhitzt den Wackler so stark über einer Spiritusflamme, daß er zischt, wenn man ihn mit dem feuchten Finger berührt und legt dann diesen auf jenen so, daß er mit den beiden einander ganz nahe liegenden Kanten balancirt oder daß der Stiel den Tisch oder besser noch den Resonanzboden, auf welchem das Instrument steht, eben nur lose berührt. Kurze

Zeit, nachdem man aufgelegt hat, hört man einen klaren und durchdringenden Ton, wobei der Wackler und selbst der Stiel durch und durch erbebt. Will der Ton nicht sogleich erscheinen, so darf man mit dem Finger nur etwas stark und wiederholt an den Tisch schlagen, um eine kleine Erschütterung hervorzubringen.

Berührt man während des Tönens den Stiel, so wird der Ton etwas abgeändert, wie wenn man eine tönende Saite etwas verkürzt; drückt man den Wackler mit der Spitze einer Nadel auf die Unterlage, so springt der Ton so ziemlich in die Oktave über, wie wenn man eine Saite halbiert.

Der Ton tritt nicht so kräftig auf bei zwei gleichartigen Körpern, z. B. bei heißem Kupfer auf zwei die Wärme leicht abgebenden Kupferspitzen, doch noch ziemlich gut bei Steinsalz auf Steinsalz, niemals aber wenn die beiden verschiedenartigen oder gleichartigen Körper einerlei Temperatur haben. Ebenso verhindern dazwischen liegende Körper, wie Staub, Del, Amalgam, Oxyd und die Vermehrung der Berührungspunkte, wodurch die Adhäsion vergrößert wird, die Entstehung des Tones gänzlich. Die Stärke und Geschwindigkeit der Schwingungen oder die Tonhöhe hängt mit dem Unterschiede der Wärmeleitung, weniger mit dem ursprünglichen Unterschiede der Temperatur beider Körper zusammen. Wenn auch zum Entstehen des Tones eine gewisse Temperaturdifferenz gehört, so verkleinert sich dieselbe doch während des Forttönens bei fortschreitender Ausgleichung der Temperaturen der einander berührenden Körper; der Ton verschwindet aber, wenn letztere eine gewisse Gränze erreicht hat.

Wenn man zur Erklärung dieser auffallenden Tonercheinung annimmt, daß der Wackler auf seinen beiden Berührungskanten abwechselnd gehoben werde und herabfalle, indem die Unterlage an den berührten Stellen durch abwechselnde Erwärmung und Abkühlung höher oder tiefer werde; so ist dieses nach meiner Ueberzeugung falsch, weil zu den entstandenen Tönen meist gegen 600 Schwingungen in einer Sekunde gehören und in dieser Zeit nicht so viele wirksame Erwärmungen und Abkühlungen aufeinander folgen können, überdies aber die auf das unelastische Blei ausgeübten Stöße einen so klaren Ton gar nicht geben können. Jeder aufmerksame Beobachter muß auch ohne Mikroskop schon durch die Berührung mit dem Finger erkennen, daß zunächst der Wackler durch und durch in tönenden Schwingungen begriffen ist, welche sich allerdings den anderen mit ihm in Verbindung stehenden Körpern so mittheilen, daß ihre Berührung imstande ist, den Ton zu hemmen oder etwas abzuändern.

Der Ton ist eine Koinzidenzerscheinung der von den beiden Körpern einander entgegenkommenden Wärmeschwingungen, wie sie der tartinische Ton war für zusammentreffende Tonschwingungen. Wenn die Töne einander nahe lagen, so erfolgten langsame Kombinationsstöße; je mehr sich die

Töne entfernten, desto schneller folgten die Stöße aufeinander, bis sie endlich einen Ton gaben. Es ist wohl klar, daß bei den Wärmeschwingungen der Molekel der Unterschied der Schwingungszahlen oder die Temperaturdifferenz sehr groß sein muß, damit die Wärmekombinationsstöße sich zu Tonschwingungen zusammensetzen. Wenn der Ton, nachdem er bei einer gewissen größeren Temperaturdifferenz eingeleitet worden ist, in derselben Höhe noch fortbauert, obwohl der Wärmeunterschied ein geringerer geworden ist; so ist zu berücksichtigen, daß jeder Körper von einer bestimmten Ausdehnung und Massenbeschaffenheit als Ganzes auch nur einen bestimmten Ton gibt, zu dessen Anregung es nur einer gewissen lebendigen Kraft bedarf, welche aber nach geschעהer Einleitung wegen des ununterbrochen wirksamen Beharrungsvermögens im tönenden Körper verkleinert werden darf, ohne in dem Erfolge eine Aenderung hervorzubringen.

Die Erscheinung am Termophon dient noch zum Beweise davon, daß die Wärme nicht in Bewegungen der die Molekel umgebenden Aethersphären besteht, wie man geglaubt hat, sondern in Schwingungen der Körpermolekel selbst mit ihren Schwerpunkten (vergl. Bd. II. S. 15), weil der Ton auch nur durch vollständige Schwingungen der ganzen Molekel gebildet werden kann.

2. Wie durch fortgesetzte und energische Reibung zweier Körper aneinander die Wärme bis zur Entwicklung des Lichtes gesteigert werden kann, ist selbst allen wilden Völkern bekannt, ohne daß sie daran denken, daß die Vermehrung der Schwingungszahl der Molekel der irdischen Körper den in ihnen enthaltenen Weltäther zu noch viel rascheren stehenden Schwingungen anregt, welche sich uns als Licht erkennbar machen, indem sie den außerhalb der Körper befindlichen Aether zu fortschreitenden Schwingungen veranlassen, gleichwie die tönenden Schwingungen einer Pfeife oder des Trüvelhan-Instrumentes durch die fortschreitenden der umgebenden Luft zu unserm Ohre gelangen. Wie also die von der Sonne angeregten Aetherschwingungen in den Körpern Wärmeschwingungen hervorbrachten, so erzeugen diese auch Aetherschwingungen.

Die Steigerung der Wärme bis zum Glühen und Brennen kommt sehr häufig vor, z. B. beim Feuer schlagen mit Stahl und Stein, beim Schleifen auf einem trockenen gedrehten Steine, beim Fahren ohne Schmiermittel für die Räderaxen, wenn Schiffe vom Stapel gelassen werden, wenn Mühlen leer gehen, beim Reiben der Streichzündhölzer und in anderen Fällen.

Die Wärme eines Körpers ist von wesentlichem Einflusse auf sein Lichtbrechungsvermögen: erwärmt man z. B. Wasser, so bricht es das Licht schwächer, verwandelt man es in Dämpfe, so ist das Lichtbrechungsvermögen noch geringer. Der Grund davon liegt darin, daß die Dichtigkeit des Aethers in den Körpern sich nach den allgemeinen Gesetzen der

Massenanziehung richtet, so daß also bei der Kammerweiterung eines Körpers die Dichtigkeit des Aethers in ihm abnimmt.

Daß die Temperatur eines Körpers auch auf die Farbe sowohl des durchgelassenen, als auch des zurückgeworfenen Lichtes von Einfluß ist, oder daß die Veränderung der Anzahl der Wärmeschwingungen auch die Schwingungszahl des Lichtes ändert, beweisen viele Fälle. Das strohgelbe salpetrigsaure Gas wird in einer zugeschmolzenen Glasröhre beim Erhitzen zuerst blutroth, und zuletzt undurchsichtig und schwarz. Ebenso ändern Zinnober, Mennige, rothes Quecksilberoxyd beim Erhitzen ihre Farbe und nehmen sie nach dem Erkalten wieder an. — Hierher gehört auch das sogen. Anlassen des glasharten Stahles über glühenden Kohlen: bei 200° Wärme wird er blaßgelb, bei steigender Hitze orange, dunkelorange, violett, lebhaft blau, bei 450° grünlich blau, dann dunkelroth, hellkirschroth.

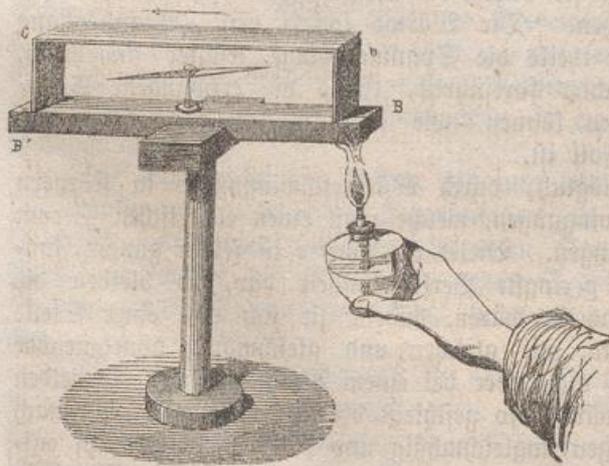
3. Die Wärme ist ferner eine Quelle für die Elektrizität. Einzelne Fossilien, wie Borazit, Quarz, Schwerspath, brasilianischer Topas, Titanit und besonders Turmalin werden durch Erwärmung polarelektrisch, d. h. an dem einen Ende zeigen sie freie positive, an dem anderen freie negative Elektrizität mit einer Indifferenzstelle dazwischen; also verhalten sie sich wie ein Magnet oder eine trockene Säule und ihre Molekel befinden sich in einer Spannungslage. Beim Erkalten geht die Polarität in die entgegengesetzte über. Die polaren Enden solcher Krystalle sind unsymmetrisch. — Wärme begünstigt die Entwicklung der statischen oder Spannungselektrizität. Die Elektrirmaschine z. B. zeigt sich in der Nähe eines geheizten Ofens wirksamer, als in einem kalten Zimmer; Maschinenpapier wird an einem warmen Ofen beim Bestreichen sehr leicht und stark elektrisch. Elektrische Nichtleiter werden zu Leitern, wenn sie durch die Wärme aus dem festen in den flüssigen Zustand übergehen. Die Wärme lockert den Zusammenhang der Molekel, so daß sie theils die Spannungslage leichter annehmen, theils Schwingungen leichter fortführen, theils die erzwungene Spannungslage wieder aufgeben können, wie es z. B. mit dem Ozon bei seiner Erwärmung der Fall ist.

Es ist aber auch möglich, durch Wärmeschwingungen in Körpern lebendige elektrische Schwingungen, welche man einen elektrischen Strom genannt hat, hervorzubringen. Bietet ein Körper in seiner ganzen Ausdehnung auch nicht die geringste Verschiedenheit dar, so bleiben die Wärmeschwingungen, was sie waren, indem sie sich von einer Stelle größerer Kraft überallhin mit gleicher und gleichmäßig abnehmender Kraft verbreiten. Wenn man aber bei einem Aluminiumstabe die beiden Enden ungleichmäßig erwärmt, so geschieht die Wärmeausgleichung nach entgegengesetzten Richtungen ungleichmäßig und durch diesen Kampf entstehen andauernde elektrische Schwingungen. — Wenn man aus Metallen, besonders aus Wismut und Antimon Drähte zieht mit dicken und dün-

nen, harten und weichen Stellen, so entstehen bei der Erwärmung oder Abkühlung einer Uebergangsstelle ebenfalls die zusammengesetzten elektrischen Schwingungen, weil die Wärmeschwingungen an den harten und dicken Stellen verzögert, an den weichen und dünnen beschleunigt werden. — Ist ein Metall zwischen zwei in jeder Beziehung gleichartigen Metallen so eingeschaltet, daß es von ihnen die Schwingungen aufnimmt, so bleibt jede neue Erscheinung aus, weil die in ihm von beiden Metallen einander entgegenkommenden Schwingungen einander aufheben oder interferiren.

Sind zwei Streifen verschiedener Metalle aneinander gelöthet und erwärmt man die Löthstelle, so pflanzen sich von da an die Wärmeschwingungen in jedem der beiden Metalle gemäß seiner Leitungsfähigkeit langsamer oder schneller nach dem anderen Ende fort, wobei weder die Weite noch die Anzahl der Schwingungen in beiden dieselbe sein wird, bis endlich das Gleichgewicht hergestellt ist, d. h. bis die Bewegungsgrößen der Atomeinheiten dieselben sind. Wenn aber die beiden Enden dieser Metalle durch einen guten Leiter verbunden werden, so kommen in ihm die von jenen ausgehenden Wärmeschwingungen mit ungleichen Bewegungsmomenten einander entgegen und es entsteht ein Kampf nicht bloß zwischen ihnen, sondern auch mit dem Beharrungszustande der Molekel des Leiters, wodurch diese in andauernde elektrische Schwingungen gerathen.

Diese Schwingungen pflegt man einen thermoelektrischen Strom und den durch die Wärme hervorgebrachten elektrischen Zustand die Thermoelektrizität zu nennen. Die beiden aneinander gelötheten Metalle bilden eine thermoelektrische offene Kette; werden die beiden anderen Enden durch einen Leiter verbunden oder auch aneinander



(Fig. 403.)

gelöthet und dabei die Metalle in einiger Entfernung von einander erhalten, so ist die Kette geschlossen.

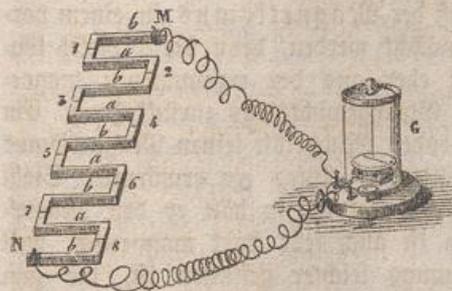
Fig. 403 stellt eine einfache geschlossene thermoelektrische Kette dar. BB' ist ein Prisma von Wismut, auf seine beiden Enden ist eine zweimal gebogene Kupferplatte CC' gelöthet, so daß ein freier Zwischenraum bleibt, in welchem man eine kleine Magnet-

nadel stellen kann. Diesen Rahmen stellt man der Bequemlichkeit wegen auf ein kleines Gestell. Wird nun die eine Lötstelle B durch eine Spiritusflamme erhitzt, so geht die positiv elektrische Bewegung von da durch das Kupfer in der Richtung des Pfeiles nach der kalten Lötstelle und zurück durch das Wismut. Es ist also hierbei das Kupfer als positiv und das Wismut als negativ elektrisch anzusehen.

Dieselbe Erscheinung tritt ein, wenn man auf einen Stab von Wismut oder von Kupfer einen Streifen von Antimon in gleicher Weise lötet und die eine Lötstelle erwärmt: die positive Bewegung geht in beiden Fällen von der Lötstelle nach dem Antimon, welches das positive Metall ist, während Wismut und Kupfer negativ sind.

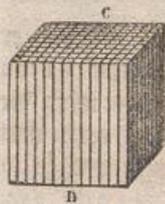
Die Stärke der elektrischen Bewegung hängt von dem Unterschiede der Temperatur der beiden Lötstellen ab; wird also bedeutender, wenn man während der Erwärmung der einen die andere abkühlt, indem man z. B. Eis darauf legt. Wären die beiden Lötstellen gleich warm, so würden die von jedem Metalle über die beiden Stellen nach dem anderen Metalle gelangenden Schwingungen einander aufheben, da sie in allen Schwingungsphasen gleiche und entgegengesetzte Bewegungsmomente haben.

Man kann, um bedeutendere Wirkungen zu erhalten, einfache thermoelektrische Ketten zu einer thermoelektrischen Säule verbinden. Fig. 404 stellt ein solches System dar. Es sind die mit b bezeichneten Wismutstücke so mit den Antimonstücken a zusammengelötet, daß sie regelmäßig miteinander abwechseln und die ungraden Lötstellen auf der einen, die graden auf der anderen Seite liegen. Von



(Fig. 404.)

den äußersten Enden M und N des Ganzen gehen zwei Leitungsdrähte zu einem Galvanometer G, dessen Magnetnadel sowohl das Vorhandensein als auch die Richtung der elektrischen Bewegung anzeigt, wenn entweder alle graden oder alle ungraden Lötstellen gleichzeitig erwärmt werden, indem man sie z. B. in heißes Del taucht. Erwärmt man bei dieser Zusammenstellung die ungraden Lötstellen, so geht nach dem Obigen die positive Bewegung in der Säule selbst von M nach N und im Leitungsdrahte von N nach M.



(Fig. 405.)

Noch bequemer wird die Vorrichtung, wenn man, wie Fig. 405 andeutet, die an ihren Enden zusammengelöteten und ein ununterbrochenes Ganze bildenden Metallstäbchen zu einem prismatischen Bündel mit parallelen Reihen ordnet, wobei die ungraden Lötstellen an der einen Seite D, die graden an der anderen C

liegen und dafür sorgt, daß die Stäbchen, welche etwa 32 Millimeter lang, 2,5 Millim. dick und 1 Millim. breit sind, durch Firniß oder Seide gut voneinander isolirt sind. Die ganze Säule wird in eine auf der Innenseite mit Schellackfirniß überzogene kupferne Hülse gesteckt, aus welcher nur eine leitende Verbindung mit dem ersten Antimon und letzten Wismut hervorragt. Die Löthstellen sind, um sie für Wärmestrahlen sehr empfindlich zu machen, mit Lampenruß geschwärzt und gegen Seitenstrahlen durch aufzusetzende und innerhalb geschwärzte Metallkapseln geschützt. Dieser Apparat ist außerordentlich empfindlich. Man kann z. B. durch die Wärme der in ziemlicher Entfernung vorgehaltenen Hand die weit entfernte Magnetnadel zu einer bedeutenden Abweichung bringen.

Nimmt man 16 bis 20 Paare von Antimon-Wismutstäben von 1 Zentimeter Seite, so lassen sich alle Wirkungen, wie wir sie bei der galvanischen Elektrizität kennen gelernt haben, z. B. die Funken bei der Berührung oder Trennung der Poldrähte, leicht erkennen. Die Erwärmung kann man durch die Strahlen einer glühenden Metallplatte vornehmen.

4. Weil bei der Zunahme der Wärme in einem Körper seine Massentheilchen gelockert werden, muß der Magnetismus in einem vorhandenen Magneten durch sie geschwächt werden, denn die Molekel können bei der verminderten Kohäsion eher aus der erzwungenen magnetischen Lage wieder in ihre frühere Gleichgewichtslage zurückkehren. Ein Stahlmagnet verliert schon im siedenden Mandelöle seinen Magnetismus fast ganz und beim Weißglühen völlig. — Wird ein erwärmter Stahl so lange magnetisirt, bis er wieder erkaltet ist, so hält er den Magnetismus nicht nur sehr fest, sondern ist auch sehr stark magnetisch, weil den Molekeln während der Erwärmung leichter gestattet ist, die zum Magnetismus nöthige Viertelschwingung zu machen und darin sich festzusetzen, bis die Abkühlung die Rückkehr verhindert. — Wenn man ein rothglühendes Stäbchen von englischem Gußstahl mit einem kräftigen Magneten aus dem Feuer holt und es am Magneten schnell ablöscht, so erhält man einen sehr kräftigen Magneten. — Ist ein Stahlstab bei einer bestimmten Temperatur zu einem Magneten gemacht worden, so schwächt auch Abkühlung den Magnetismus, weil dadurch die Molekel einander näher kommen, wodurch die Weite der Schwingung, welche die Stärke des Magnetismus bedingt, vermindert wird.

Bei jedem Körper ist eine bestimmte Temperatur, bei welcher er für den höchsten Grad von Magnetismus empfänglich ist; von da an schwächt ihn sowohl Kälte, als auch Wärme; denn durch jene wird die Weite der den Magnetismus bedingenden Viertelschwingung verkleinert und durch diese die Rückkehr aus der erzwungenen Schwingungslage in die ursprüngliche Gleichgewichtslage erleichtert.

Wenn die Wärme in einem Leitungsdrahte andauernde elektrische

Schwingungen hervorbringt, so liegt in der Natur dieser Bewegung und in der von dem Wesen des Magnetismus erlangten Vorstellung, daß der Leitungsdraht während dieser elektrischen Bewegung seiner Molekel zugleich magnetisch sein muß, welchem Metalle er auch angehören mag; denn es finden Nebenschwingungen um eine Lage der Molekel statt, welche nur als das erste vollendete Viertel einer Hauptschwingung um die ursprüngliche Ruhelage anzusehen ist. Diese feste Hauptschwingungslage ist der Magnetismus und weil er durch Wärme hervorgebracht ist, Thermomagnetismus.

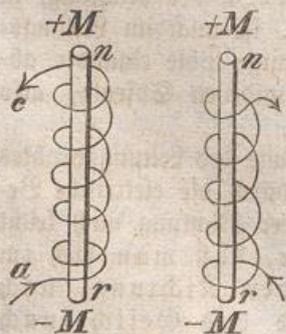
Wie lange durch den Leitungsdraht die elektrische Bewegung geht, so lange zeigt er die Eigenschaften eines Magneten, d. h. er zieht z. B. Eisenfeilspähne an und wirkt auf eine Magnetenadel; er zeigt aber nicht eine verschiedene Polarität in der Richtung nach seinen beiden Enden, sondern, weil alle Molekel nach einerlei Richtung in derselben lebendigen Schwingung begriffen sind, ringsum an allen Stellen der Längenausdehnung gleichmäßig und zwar so, daß der positive Magnetismus in einer links gewundenen Spirale (vergl. Bd. II. S. 374), der negative in einer rechts gewundenen um den Leitungsdraht erscheint. Die Eisenfeile bilden während der elektrischen Bewegung an dem Leitungsdrahte seiner ganzen Länge nach Ringe, deren Breite von der Stärke der Elektrizität oder von der Größe des Ausschlages bei den Schwingungen abhängt. Dieses sind elektromagnetische Figuren.

Hält man eine kleine Deklinationsnadel über verschiedene Stellen des Leitungsdrahtes in gleicher Entfernung von ihm, so wird bei einer bestimmten Richtung und Stärke der elektrischen Bewegung stets derselbe Pol um gleichviel abgelenkt. Wenn man den Leitungsdraht in horizontaler Lage in den magnetischen Meridian bringt und die positive Bewegung von Süden nach Norden geht, so wird der Nordpol der darüber gehaltenen Nadel nach Osten abgelenkt; hält man die Nadel an die Ostseite des Drahtes, so geht der Nordpol nach unten; hält man sie unter den Draht, so geht der Nordpol nach Westen; hält man sie an die Westseite, so geht der Nordpol nach oben. In der Richtung, in welcher der Nordpol der Nadel abgestoßen wird, ist auch im Leitungsdrahte die Nordpolarität wirksam, weil gleichnamige Pole einander abstoßen und dies ist der Fall in einer links gewundenen Spirale, also bei der Südpolarität in einer rechts gewundenen.

Man hat eine sehr einfache und für jede Lage des Leitungsdrahtes geeignete Regel aufgestellt, nach welcher sich die durch die elektrische Bewegung bewirkte Ablenkung der Magnetenadel ihrer Richtung nach leicht angeben läßt. Stellt man sich nämlich vor, daß man sich im Leitungsdrahte befinde, den Kopf in der Richtung, nach welcher die positive Bewegung geht und das Gesicht nach der Magnetenadel gerichtet, so wird ihr Nordpol stets nach links (dahin, wohin man den linken Arm ausstreckt) abgelenkt.

Aus dieser einfachen Regel läßt sich bei jeder beliebigen Lage eines Leitungsdrahtes je nach der Richtung, in welcher der Nordpol einer Magnetnadel abgestoßen wird, die Richtung der positiv elektrischen Bewegung beurtheilen; denn positive Elektrizität und positiver Magnetismus stoßen einander ab. Vergl. Fig. 395.

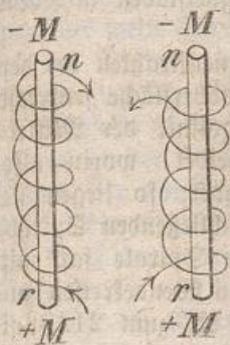
Wenn die thermoelektrische Bewegung in einem Leitungsdrahte magnetische Eigenschaften zeigt, so muß sie weiches Eisen auch zu einem Magneten machen. Führt man den Leitungsdraht z. B. von Süden nach Norden parallel über einem Stabe von weichem Eisen fort und ginge die positive elektrische Bewegung in derselben Richtung, so würde nach der obigen Regel in dem Stabe westlich der positive und östlich der negative Magnetismus entstehen; ginge der Leitungsdraht an der Ostseite des Stabes hin, so würde in diesem der positive Magnetismus nach oben, der negative nach unten gerichtet sein u. s. w. Der Eisenstab würde zu einem Quermagneten (Transversalmagneten). Will man den Eisenstab zu einem Längsmagneten mit den beiden Polaritäten in den beiden Hälften desselben machen, so muß man den Leitungsdraht rechtwinklich über den Stab führen. Geschiehe dieses so, daß die positive Bewegung von Westen nach Osten gerichtet wäre, so würde das nach Norden gerichtete Ende des Stabes positiven, das nach Süden gewendete negativen Magnetismus erhalten. Bei einer einmaligen Kreuzung können nur wenige Molekel des Leitungsdrahtes auf das Eisen wirken und nur einen schwachen Magnetismus in ihm hervorbringen; wenn man aber den Leitungsdraht mit vielen Stellen auf viele Stellen des Drahtes in gleicher Weise wirken läßt, so kann eine verhältnißmäßig sehr bedeutende Gesamtwirkung erzielt werden. Geht der Draht beispielsweise oben von West nach Ost, auf der Ostseite von oben nach unten, unten von Ost nach West, auf der Westseite von unten nach oben; so wird stets das nach Norden gerichtete Ende des Stabes den magnetischen Nordpol, das nach Süden gewendete den magnetischen Südpol erhalten.



(Fig. 406.)

Dieser Zweck wird in einem möglichst vollkommenen Grade erreicht, wenn man, wie es Fig. 406 angibt, den Leitungsdraht ac einer geschlossenen Kette in einer rechtsgewundenen Spirale um den Eisenstab rn so führt, daß die einander und dem Stabe nahen Windungen gut isolirt sind. Geht die positive Bewegung in dem Drahte von a nach c , so bekommt das Ende r negativen, das Ende n positiven Magnetismus.

Leitet man den Draht aber, wie es Fig. 407 zeigt, in einer links gewundenen Spirale, so zeigen nach der obigen Regel die Drahtenden



(Fig. 407.)

entgegengesetzten Magnetismus: n negativen und r positiven.

Ist in den Leitungsdraht ein Stromunterbrecher eingeschaltet, so verliert der Stab rn , wenn er aus vollkommen weichem Eisen besteht, bei jeder Unterbrechung des Stromes den Magnetismus sofort und nimmt ihn bei der Schließung der Kette aufsneue an, was man durch genäherte Eisenfeile leicht erkennen kann.

Nimmt man statt des Stabes aus weichem Eisen ein Stahlstäbchen, so wird es bei der Schließung der Kette auch zu einem Magneten, aber behält den Magnetismus nach dem Öffnen derselben. Steckt man zwei gleichgroße Stahlnadeln in ein Glasröhrchen, um welches die Spirale gewunden ist, und schließt man die Kette auch nur einen Augenblick, so hat man zwei gleichstarke Magnetnadeln erhalten, welche man zu einer astatischen Doppelnadel verwenden kann.

Der Erdmagnetismus und sein wechselnder Einfluß auf die Magnetnadel sind Thatsachen, welche durch die Beobachtungen unwiderleglich feststehen. Wenn die Magnetnadel in den verschiedenen Tages- und Jahreszeiten und im Laufe der Jahrhunderte bestimmte Schwankungen zeigt, so können sie nur eine Folge von Veränderungen in der Stärke und Lage der magnetischen Pole der Erde sein. Hält man unter eine im magnetischen Meridiane befindliche Deklinationsnadel einen Magnetstab parallel und mit seinen Polen entgegengesetzt denen der Nadel, so bleibt diese in Ruhe. Wendet man den Südpol des Stabes etwas nach Westen oder nach Osten, so folgt ihm der Nordpol der Nadel auch dahin. — Wenn man dem Nordpole der Nadel zu beiden Seiten zwei gleichstarke Südpole in gleicher Entfernung oder bei ungleicher Stärke derselben in einer solchen ungleichen Entfernung entgegenhält, daß ihre Kräfte gleichstark auf die Nadel wirken, so wird sie in Ruhe bleiben; wenn aber von den beiden Polen der eine, z. B. der östlich gelegene, geschwächt oder etwas entfernt wird, so wendet die Nadel sich mehr dem westlichen zu und umgekehrt.

Aus diesen begründeten Erfolgen glaubte man früher die beobachteten Schwankungen der Magnetnadel und der sie bewegenden Kraft auf einen oder gar auf zwei im Inneren der hohlen Erde befindliche große Magnete zurückführen zu müssen. Wäre dieses der Fall, so müßten die Bewegungen der Nadel in der Nachthälfte ebenso stark sein, als in der Taghälfte, was nicht stattfindet. Seit man aber weiß, daß Wärmeunterschiede elektrische Bewegungen und daß diese Magnetismus erzeugen, darf man mit vollem Rechte die ganze Erde als einen thermo-elektrischen Magneten ansehen. Die erdmagnetische Kraft kann der

vereinigten Wirkung von etwa acht einpfündigen Magnetstäben in jedem Kubikmeter der Erde gleichgesetzt werden.

Verfolgen wir die Stellen, in welchen die Sonnenstrahlen bei der täglichen und jährlichen Bewegung der Erde die Erdoberfläche senkrecht treffen oder die Stellen, in welchen die Verbindungslinie der Mittelpunkte beider Weltkörper in die Erdoberfläche einschneidet, worin also stets die größte Erwärmung durch die Sonne stattfindet; so liegen sie alle in einer die Erde innerhalb der heißen Zone umschließenden Spirallinie. Während der Tag- und Nachtgleiche fällt die Spirale fast mit dem Aequator und während der Solstizien fast mit den Wendekreisen zusammen; in unserem Sommer gehen vom 21. März bis zum 21. Juni ihre immer enger werdenden Windungen vom Aequator nach dem nördlichen Wendekreise und von da bis zum 21. September wieder zum Aequator zurück, indem sie wieder weiter werden; in unserem Winter liegen die Spiralwindungen in der südlichen Halbkugel. Da die Erdkruste aus mannigfach wechselnden Stoffen besteht und in diesen durch eine einseitige Erwärmung eine elektrische Erregung entsteht, wenn Wärmeunterschiede stattfinden; so würde schon bei einem festen Stande der Sonne die Elektrizität nicht ausbleiben. Wird doch ein Eisenstab schon magnetisch, wenn er nur in seiner Mitte erwärmt oder an den beiden Enden abgekühlt wird. Da nun aber die Stelle der größten Erwärmung mit dem scheinbaren jährlichen Laufe der Sonne in auf- und absteigenden Spiralen ohne alle Unterbrechung von Osten nach Westen geht, so muß auch die positiv-elektrische Bewegung dieselbe Bahn um die Erde beschreiben und macht daher die zur Linken liegende Hälfte derselben, d. i. die südliche zu einem positiven, die zur Rechten liegende zu einem negativen Magnetpole, worauf auch die Magnetnadel unfehlbar hinweist.

Hierzu treten, um die scheinbar sehr verwickelten Erscheinungen aufzuklären, noch einige wichtige Erfahrungen, namentlich die, daß die Wärme den vorhandenen Magnetismus schwächt und daß das Wasser und das Festland eine sehr verschiedene Leitungsfähigkeit für die Elektrizität haben.

Die Stärke der elektrischen Erregung zwischen zwei Orten hängt von dem örtlichen Wärmeunterschiede, der Leitungsfähigkeit der betreffenden Stellen der Erdoberfläche und von der Wärmekapazität der Körper ab. Das Wasser hat eine 5mal größere Kapazität, als das Land. Während der Nacht sind die Schwankungen der Wärme geringer, als am Tage; über dem Meere nicht so groß, als über dem Festlande; im Winter kleiner, als im Sommer; in den kalten Zonen viel unbedeutender, als in den gemäßigten und in diesen auch größer, als in der heißen. Je geringer die Differenzen der Temperaturen von den in der Richtung von Osten nach Westen liegenden Orten ist, desto unbedeutender sind die Schwankungen der Magnetnadel. Wird in unserer Halbkugel der

Thermomagnetismus an der Ostseite der Nadel durch eine bedeutende und über weite Strecken gleichmäßige Erwärmung abgeschwächt, so wendet sich der Nordpol der Nadel mehr nach Westen und daher ist auch die tägliche westliche Abweichung mittags gegen 2 Uhr am größten; wird die Westseite mehr abgeschwächt, so geht der Nordpol wieder nach Osten, wie es in der Nacht geschieht. — In unserem Sommer ist der Magnetismus der nördlichen, in unserem Winter der von der südlichen Halbkugel mehr abgeschwächt. — Weil hohe und ausgedehnte Gebirgszüge auf die Temperaturverhältnisse von bedeutendem Einflusse sind, so müssen dieselben sich auch bei den Schwankungen der Magnetnadel geltend machen.

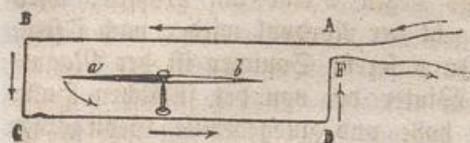
Da die Kontinente der alten und neuen Welt durch zwei in ihren Hauptrichtungen von Norden nach Süden sich erstreckende Meere getrennt sind, und diese in der elektrischen Bewegung eine bedeutende Störung und Unterbrechung hervorbringen; so folgt daraus, daß wir die durch die thermoelektrischen Spiralströme erzeugten Magnetpole auch nur in den Kontinenten zu suchen haben. Daß sie mit den astronomischen Polen nicht zusammenfallen, liegt nicht nur in der schiefen Lage der Erdaxe gegen ihre Bahn um die Sonne, sondern auch an dem fast gänzlichen Mangel der Thermoelektrizität in den kalten Zonen. — Weil die nördliche Halbkugel eine etwas höhere Temperatur hat, als die südliche, so ist die mittlere Neigung am Erdäquator eine südliche.

Unter allen Umständen ist die Stellung der frei und ruhig schwebenden Magnetnadel das Resultat aller auf sie wirkenden thermoelektrischen Bewegungen der Erdrinde unter ihr und um sie, und sie kommt nicht eher zur Ruhe, als bis die Molekel in ihr gleiche Bewegungsrichtung mit denen der Erdoberfläche haben. Die Nadel steht also senkrecht auf der thermoelektrischen Spirallinie des Beobachtungsortes.

Wenn nun auch die täglichen und jährlichen Schwankungen der Magnetnadel und der Wechsel in der Kraft des Erdmagnetismus für diese Perioden ihre befriedigende Erklärung gefunden haben; so kann man doch für den im Laufe der Jahrhunderte stattfindenden Wechsel zwischen der östlichen und westlichen Deklination aus den bisherigen Beobachtungen noch keinen genügenden Grund angeben. Alles, was wir etwa sagen können, beschränkt sich auf die Bemerkung, daß die Stärke des Erdmagnetismus in der östlichen und westlichen Halbkugel im Laufe der Jahrhunderte einer Veränderung unterworfen ist, deren Grund wahrscheinlich in langsam vor sich gehenden Umwandlungen in größeren Tiefen der Erdkruste zu suchen ist. Seit 1580 beträgt die Schwankung der Magnetnadel gegen 30° .

Die Ablenkung der Magnetnadel ist der stumme, aber äußerst zuverlässige Zeuge von dem Vorhandensein der Elektrizität, aus welcher Quelle dieselbe auch kommen mag, und hat auf diese Weise zu den wunderbarsten und folgenreichsten Entdeckungen geführt. Um nun auch

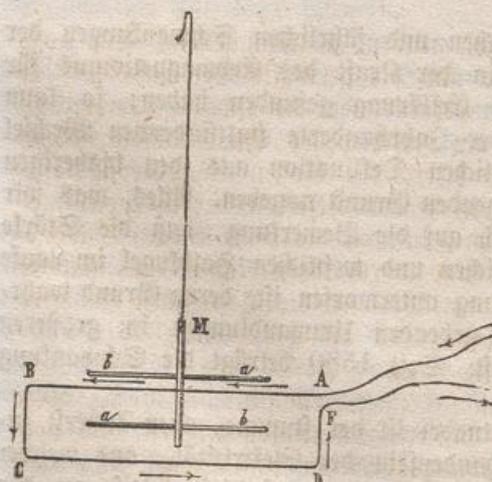
die geringsten Spuren von Elektrizität zu entdecken, z. B. im thierischen Organismus, sind noch besondere Vorrichtungen erforderlich, welche wir jetzt besprechen wollen.



(Fig. 408.)

Steht eine Deflexionsnadel ab (Fig. 408) ruhig, also im magnetischen Meridiane, und leitet man über sie von Süden nach Norden die positivelektrische Bewegung, also in der Richtung von A nach B, so wird bekanntlich der Nordpol a der Nadel nach Westen, also in der Richtung des bei a gezeichneten krummen Pfeiles abgestoßen; geht die positive Elektrizität von B nach C abwärts am Nordpole der Nadel vorüber, so wird der Nordpol a nach der bekannten Regel wieder nach Westen gelenkt; führt man den Leitungsdraht von C nach D, oder von Norden nach Süden, unter der Nadel fort, so muß diese mit ihrem Nordpole wieder dieselbe Richtung einschlagen; wird endlich der Draht an der Südseite der Nadel von D nach F oder von unten nach oben vorüber geführt, so muß ihr Südpol nach Osten und zugleich der Nordpol nach Westen gestoßen werden. Geht also in dem ununterbrochenen Leitungsdrahte ABCDF die positiv elektrische Bewegung in der Richtung der daran gezeichneten Pfeile, so unterstützen die abstoßenden Kräfte aller Theile desselben einander so, daß auch bei einer geringeren Kraft jedes einzelnen der Gesammtersfolg auf die Magnetnadel ein ziemlich bedeutender wird.

Dieser Erfolg erfährt nun eine neue Steigerung, wenn die Nadel wiederholt in derselben Weise von dem elektrisch erregten Leitungsdrahte umschlungen wird, wobei die einzelnen Drahtwindungen von einander gut isolirt sein müssen. Das Instrument wird Multiplikator genannt und ist von Schweigger zuerst angegeben worden.



(Fig. 409.)

Die erstaunlichsten Wirkungen aber erhält man, wenn man eine astatische und recht empfindliche Doppelnadel, wie sie Fig. 409 zeigt, anwendet. Von den beiden in paralleler Lage fest mit einander verbundenen Nadeln ist nur die untere innerhalb der wiederholten Windungen

des Leitungsdrahtes, während die obere frei darüber schwebt. Der obere Theil der Windungen muß natürlich für das Verbindungsstäbchen eine kleine Oeffnung haben. Da die Nadeln ihre ungleichnamigen Pole nach entgegengesetzten Richtungen haben, so dreht sie die Elektrizität des Leitungsdrahtes in gleichem Sinne. Sind nämlich a und a die beiden Nordpole, b und b die beiden Südpole der Nadeln, welche wir uns in der Ebene des Papierees liegend denken wollen und geht die positiv-elektrische Bewegung in dem Leitungsdrahte ABCDF wie vorhin in der Richtung der daran gezeichneten Pfeile; so wird durch das obere Drahtstück AB der Nordpol a der oberen Nadel hinter die Ebene des Papierees und der Nordpol a der unteren Nadel vor diese Ebene abgelenkt, so daß also diese beiden Bewegungen einander unterstützen. Das untere Drahtstück CD bewirkt in der unteren Nadel dieselbe Drehung, in der oberen zwar eine entgegengesetzte, aber wegen der größeren Entfernung von ihr eine viel schwächere, so daß die Gesamtwirkung die vorige bleibt, welche noch durch die senkrechten Drahtstücke BC und DF unterstützt wird.

Wenn die astatiche Nadel selbst eine äußerst geringe oder gar keine Richtkraft besitzt (in der Minute 1 bis 2 Schwingungen macht, nachdem sie aus der Ruhelage gebracht worden ist) und recht viele Windungen, zu physiologischen Untersuchungen mindestens 7 bis 8 Tausend, eines feinen Drahtes von absolut reinem Kupfer angewendet werden, so ist dieser von Nobili angegebene Galvanometer, oder auch Thermomultiplikator ein Instrument, dessen Leistungen bei Entdeckung des Vorhandenseins und der Richtung von elektrischen Thätigkeiten aus Unglaubliche gränzen. Zu thermoelektrischen Versuchen genügt ein Multiplikator mit 30 bis 100 Windungen, deren Draht etwa $\frac{1}{2}$ Millimeter dick ist.

Es läßt sich durch dieses Instrument u. a. nachweisen, daß auch zwei gleichartige Körper, wenn sie nur die geringste Verschiedenheit in der Härte, Farbe, Politur oder Temperatur oder bei einerlei Temperatur eine verschiedene Wärmekapazität, ein verschiedenes Strahlungsvermögen besitzen, bei der Berührung oder selbst der bloßen Annäherung einander elektrisch erregen, was sich in einem dieselben verbindenden metallischen Schließungsbogen zeigt, weil in ihm die verschiedenen Schwingungen beider einander begegnen und durch ihren Kampf miteinander und mit dem Beharrungszustande der Molekel die elektrischen Schwingungen hervorbringen. Die Elektrizität ist also wohl die verbreitetste aller Naturerscheinungen.

5. Endlich ist die Wärme nicht ohne Wirkung bei den chemischen Erscheinungen. Schon auf die Molekularanziehung zeigt sie sich von Einfluß, denn sie erhöht den Sättigungsgrad von Auflösungen und vermindert die Haarröhrchenanziehung; noch mehr aber zeigt sie sich auf die Atome der Stoffe wirksam, denn sie ist imstande, zusammengesetzte

Körper zu zerlegen, namentlich, wenn sie eine geringe chemische Verwandtschaft zu einander haben, oder wenn ihre Bestandtheile verschiedene Grade der Schmelzbarkeit oder der Verdunstungsfähigkeit besitzen. Viele Körper werden zerlegt, ehe sie schmelzen. Andererseits veranlaßt oder beschleunigt sie chemische Verbindungen, indem sie die Stoffe lockert und die Kohäsion vermindert. Leitet man Wasserdämpfe durch ein stark glühendes Platinröhrchen, so werden sie in Knallgas zerlegt. — Wie durch Lichtschwingungen so schnelle und heftige Verbindungen bewirkt werden können, daß Explosionen entstehen, so auch durch die Wärmeschwingungen. Wasserstoffsperoxyd z. B. enthält nämlich ein Aequivalent Sauerstoff im ozonisirten Zustande, d. h. in der negativelektrischen Spannungslage, in welcher es sehr leicht chemische Verbindungen eingeht (vergl. Bd. II. S. 284, 289) und dadurch Zerlegungen hervorbringt; eine Temperaturerhöhung ist schon zu einer solchen mit Explosion verbundenen Zerlegung hinreichend. Wie bei der Abgleichung elektrischer Gegensätze ohne Stoffumwandlung Licht entsteht, so auch durch die von der Wärme veranlaßte heftige und schnelle chemische Verbindung, wie sich eine solche auch in den Flammen zeigt.

IV. Nun wollen wir die Umsetzung der Elektrizität in die übrigen, in diesen Kreis gehörigen Erscheinungen untersuchen.

1. Die Erzeugung von Licht durch die Elektrizität ist bereits als ein durchaus charakteristisches Kennzeichen für diese bei der Abgleichung ihres Gegensatzes erkannt worden, so daß wir nur noch wenige Worte darüber anzuführen brauchen. Wenn das Licht im luftleeren Raume sich zeigt, so ist der Weltäther allein in Schwingungen begriffen; geht die elektrische Entladung durch irdische Körper, so bringen deren Molekel den in diesen Körpern enthaltenen Aether in leuchtende Schwingungen. Zu jeder Funkenentladung gehört ein gewisser Grad von elektrischer Spannung, zu deren Erlangung bei der dynamischen Elektrizität eine gewisse Zeit erforderlich ist, um auf eine Entladung wieder eine hinreichende Ladung folgen zu lassen. Diese Entladungen heißen deshalb auch diskontinuirliche, während in einem unterbrochen von Pol zu Pol gehenden Leitungsdrahte jeder auch noch so unbedeutenden Ladung eine sofortige Entladung nichts im Wege steht, und somit eine Lichterscheinung in dem Leiter selbst nur bei einer bedeutenderen elektrischen Spannung eintritt.

2. Ebenso gehört die Entwicklung von Wärme zu den in der Natur der statischen Elektrizität bei ihrer Abgleichung und der dynamischen überhaupt liegenden Eigenschaften. Werden nämlich die elektrischen Schwingungen der Molekel um ihre Schwerpunkte recht lebhaft, so gerathen sie bei den unaufhörlich auf sie ausgeübten Stößen selbst mit ihren Schwerpunkten in die schwingende Bewegung und wir haben dann die Bedingungen zu der Erscheinung der Wärme. Je mehr aber die

Molekel eines Leitungsdrahtes als Ganzes schwingen, oder je mehr in ihm die Wärme auftritt, desto weniger ist er für die Leitung der elektrischen Schwingungen geeignet, theils weil der Zusammenhang der Theilchen so gelockert ist, daß eine Mittheilung der Schwingungen des einen zu dem anderen erschwert ist, theils weil die energischen Wärmeschwingungen die schwächeren elektrischen nicht aufkommen lassen.

Leitet ein Körper die Elektrizität gut, so läßt er auch die Wärme in sich durch Reiben leicht entwickeln und leitet sie auch gut, weil die Massentheilchen für die Annahme beider Schwingungsarten leicht empfänglich sind; soll aber ein Nichtleiter der Elektrizität durch Reiben erwärmt werden, so geschieht dies um so leichter, je mehr er elektrisch ist und je weniger die Elektrizität während des Reibens aus ihm verschwindet, weil die elektrischen Schwingungen die Entstehung der Wärme begünstigt. Es entwickelt sich sogar beim Laden einer Verstärkungsflasche in den Belegungen eine so bedeutende Wärme, daß der Staniol an den Stellen, die man während der Zeit mit der Hand ansaßt, abgeht; denn es findet dabei stets eine gewisse mit Schwingungen verbundene Abgleichung statt.

In gleicher Weise begünstigen die Wärmeschwingungen die Entstehung der Reibungselektrizität. Deshalb ist es rathsam, die Elektrifizirmaschine an den warmen Ofen zu bringen, wo überhaupt die Luft trockener ist, also besser isolirt und auch die vielleicht angelautenen Instrumente trocken macht. — Feines Maschinenpapier wird durch Reiben, während es an einer warmen Ofenfachel liegt, leicht und stark elektrisch.

Die Verwandtschaft zwischen Elektrizität und Wärme geht so weit, daß sie sich förmlich ineinander verwandeln lassen und zwar sogar abwechselnd wiederholt und ohne in der Bewegungsgröße eine Aenderung hervorzubringen. Wenn man mehre gleichlange und gleichdicke Drahtstücke abwechselnd aus Platin und Silber aneinander löthet und leitet durch einen solchen Draht die Elektrizität einer hinreichend starken Kette von gleichbleibender Kraft, so werden alle Platinstücke gleichmäßig erwärmt oder glühend, die Silberstücke aber nicht, wobei es gleichgiltig ist, welches Metall mit dem positiven Pole in Verbindung steht. Hier wird also abwechselnd Elektrizität aus Wärme, indem ja alle folgenden Platinstücke durch die elektrischen Schwingungen der Silberstücke dieselbe Temperatur erlangen. Der Leitungswiderstand verwandelt Elektrizität in Wärme und der Grad der Erwärmung steht mit der Leitungsfähigkeit im umgekehrten, mit dem Widerstande in gradem Verhältnisse. — Platin leistet einen größeren Widerstand, als Kupfer, daher zeigen sich auch bei jenem lauter kleine leuchtende dicht auf einander folgende Stellen, bei diesem nicht, und jenes wird eher erwärmt, als dieses.

Wurde bei einer geschlossenen thermoelektrischen einfachen Kette die eine Lötstelle erwärmt, oder die andere abgekühlt, oder beides gleichzeitig gethan, so entstand in allen Fällen eine elektrische Bewegung von

derselben Richtung. Wenn man im Gegentheile durch die Thermofette eine elektrische Bewegung von dieser Richtung aus irgend einer Quelle führt, so wird die im vorigen Falle äußerlich erwärmte Lötstelle jetzt durch die Elektrizität warm und die im vorigen Falle äußerlich abgekühlte wird jetzt bei Durchleitung der Elektrizität kalt. Diese elektrothermische Differenz in den beiden Lötstellen kann so bedeutend werden, daß in einer kleinen Vertiefung auf der kalten etwas Wasser von 0° sogar sich in Eis verwandelt wird, was eine höchst auffallende und interessante Erscheinung ist. Der Grund davon liegt darin, daß die elektrischen Schwingungen bei dem Uebergange in das schlechter leitende Metall durch seinen Widerstand in der ihm vorangehenden Lötstelle zurückgehalten und so bei der fortwährend fortgesetzten Einwirkung beschleunigt werden, was eine höhere Temperatur gibt, während bei dem Uebergange der Schwingungen in das gut leitende Metall, welches sie schnell fortführt, an der vorangehenden Lötstelle eine Verzögerung in der Bewegung entsteht, was Kälte gibt.

Zu dieser Kälteerzeugung mittelst der elektrischen Bewegung steht in einem auffallenden Gegensatze die enorme Hitze, welche bei Anwendung von etwa 60 bis 70 groveschen oder bunsenschen Elementen imstande ist, Quarz und Kalk zu schmelzen und aus Kohle mikroskopische Diamanten zu erzeugen. Hierbei werden die elektrischen Schwingungen nur in dem Körper aufgehalten, welcher die Temperaturerhöhung erfährt. Man bedarf, um Platina glühend zu machen, eines nur sehr kleinen Apparates.

Wenn man einen silbernen Nähring platt drückt, mittelst Siegellack ein Zinkplättchen in den Zwischenraum befestigt und die beiden Metalle äußerlich durch ein sehr feines Platinstreifchen verbindet, so geräth dieses ins Glühen, wenn man diesen Fingerhutapparat bis über die Hälfte schnell in verdünnte Säure taucht.

Wir können dieses Gebiet verlassen, da wir bereits früher die mit der Elektrizität verbundenen Wärmeschwingungen wohl ziemlich ausreichend besprochen haben.

3. Wir kommen zur Entwicklung des Magnetismus durch die Elektrizität oder zu dem Elektromagnetismus; welcher für das praktische Leben so ungemein wichtig geworden ist. Es ist zwar für die Erreichung des Resultates, d. h. hier für die Entwicklung des Magnetismus völlig einerlei, durch welche Mittel die Elektrizität, welche ihn erzeugen soll, hervorgebracht worden ist, ob durch Reibung, oder durch Molekularbewegung oder durch Wärmeunterschiede; aber wenn es darauf ankommt, den Magnetismus in möglichster Stärke und mit unfehlbarer Sicherheit zu erlangen, so ist die zweite Quelle die beste.

Führt man um eine Stahlnadel, welche isolirt in einer Glasröhre enthalten ist, einen Leitungsdraht in einer rechts gewundenen Spirale (s. Fig. 406), bringt man den Anfang a desselben mit der positiven,

das Ende c mit der negativen Belegung einer geladenen Verstärkungsflasche oder Batterie in Verbindung; so wird durch die Entladung die Stahlnadel rn zu einem Magneten, dessen Südpol am Anfange r, Nordpol am Ende n der Spirale sich befindet. Bei einer links gewundenen Spirale würden die Pole entgegengesetzt werden (s. Fig. 407).

Diese Magnetisirung geschieht grade wie durch die Thermoelktrizität. Zugleich finden zwei frühere Behauptungen eine Bestätigung, nämlich

daß die positive Elektrizität sich wie positiver Magnetismus, die negative wie negativer sich verhält,

und

daß gleichgerichtete Bewegungen, elektrische wie auch magnetische, sowohl jede für sich, als auch gegenseitig das Bestreben der Anziehung und daß entgegengesetzt gerichtete Abstoßung äußern.

In einem bereits vorhandenen Stahlmagneten äußert sich der positive Magnetismus in einer linksgewundenen Spirale um den Magneten; es ist also auch natürlich, daß die positive Elektrizität links von ihrer Richtung in einem Stahlstabe den positiven Magnetismus hervorrufen muß; denn es findet nicht nur bei vorhandenen gleichgerichteten Bewegungen (ungleichnamigen Elektrizitäten, ungleichnamigen Magnetpolen) eine Anziehung statt, sondern es wird auch durch eine bereits vorhandene Bewegung eine gleichgerichtete hervorgerufen oder eingeleitet (induzirt).

Würde der Entladungsschlag unmittelbar durch die Nadel geführt, so würde sie zwar auch magnetisch, aber schwächer. Einfache Gewitterschläge sind freilich imstande, Eisenstangen von nicht zu weichem Eisen ziemlich stark magnetisch zu machen, besonders wenn sie ziemlich lothrecht stehen, weil in diesem Falle der Erdmagnetismus auch noch von Einfluß ist. Durch einen in der Nähe einer Magnetenadel einschlagenden Blitz wird ihr Magnetismus bisweilen umgekehrt.

Bei der statischen Elektrizität wirkt nur die während der Entladung im Leitungsdrahte stattfindende einmalige Schwingung der Molekel magnetisirend auf den Stahl. Die Molekel haben nämlich, um aus ihrer Spannungslage, in welcher sie ein Viertel einer Schwingung vollendet haben, in die ursprüngliche unelektrische Gleichgewichtslage zurückzukehren, noch die letzten drei Viertel der Schwingung zu vollenden. Da nun davon die ersten zwei Viertel dem letzten ein Viertel entgegengesetzt gerichtet sind, so bleibt in dem Stahle, dessen Molekel an dieser Schwingung theilnehmen, noch ein Viertel Schwingung in einer festen Lage als Magnetismus zurück. — Ein gleich starker Entladungsschlag bei Umtauschung der von den beiden Belegungen ausgehenden Drähte hebt den entstandenen Magnetismus wieder auf.

Die Magnetisirung eines Stahl- oder Eisenstabes durch dynamische Elektrizität muß viel energischer geschehen, weil durch die lebendigen

Schwingungen der Molekel des Leitungsdrahtes die Molekel von jenen in die neue Spannungslage gewissermaßen hineingerüttelt und festgesetzt werden, was beim Stahle selbst nach einer äußerst kurzen elektrischen Einwirkung auf die Dauer, beim Eisen nur für diese Zeit geschieht. Wird nämlich die elektrische Bewegung im Leitungsdrahte unterbrochen, so hört auch in dem ganz weichen Eisen der Magnetismus auf.

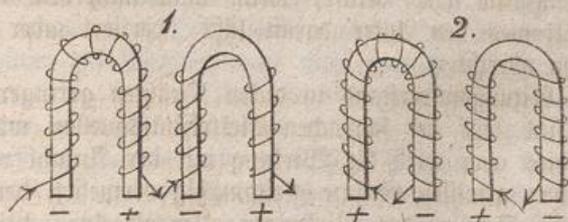
Auch hier zeigt sich, daß eine Drehung des in einer elektromagnetischen Spirale befindlichen Stabes oder Drahtes von Eisen um seine Axe den Magnetismus verstärkt, welchen er annimmt, wosfern die Drehung im rechten Sinne geschieht. — Ist der Eisenstab vor seiner Magnetisirung gedreht, so kann er um einen bestimmten Winkel zurückgedreht werden, wenn er magnetisirt wird. — Wenn die Zurückdrehung des Drahtes bis zu einer bestimmten Gränze geschehen ist, so bewirkt ein entgegengesetzter elektrischer Strom eine Zurückdrehung, ein dem früheren gleichgerichteter aber eine Aufdrehung. — Die Drehung des Stabes nach der Magnetisirung erregt in einem um ihn gewundenen geschlossenen Leitungsdrahte einen elektrischen Strom, welcher den früheren magnetisirenden entgegengesetzt ist, die Aufdrehung einen gleichgerichteten.

Diese Thatsachen sind ein deutlicher Beweis von der wiederholt aufgestellten Behauptung, daß der Magnetismus in einer einseitig festgehaltenen, also erzwungenen Schwingungslage besteht und daß auch die dynamische Elektrizität in Schwingungen der Molekel um eine solche Lage stattfindet.

Wenn man um einen Stahlstab den Leitungsdraht in kurzen Zwischenräumen abwechselnd in einer rechts und links gewundenen Spirale leitet, so wechseln, dieser Umkehrung entsprechend, in dem Stabe der magnetische Nord- und Südpol miteinander ab. Man sagt: der Stab hat magnetische Folgepunkte oder er ist diskontinuirlich magnetisirt. Wechselt man die Spiralrichtung nur einmal und zwar genau in der Mitte einer zu magnetisirenden Nadel, so bekommt man eine astatische Nadel mit gleichnamigen Polen an den beiden Enden und mit ungleichnamigen in der Mitte.

Wenn nun schon die Magnetisirung des Stahles durch die dynamische Elektrizität sehr erwünscht ist, weil sie augenblicklich bei Schließung der Kette stattfindet und weil sie nicht nur sehr kräftig, sondern auch sehr gleichmäßig geschieht, so daß man auf diese Weise viel besser, als durch das Streichen starke Magnete und auch astatische Nadeln von großer Empfindlichkeit herstellen kann, so ist doch das so ungemein energische, mit dem Eintreten und Aufhören der elektrischen Bewegung im Schließungsdrahte so innig verknüpfte Erscheinen und Verschwinden des Magnetismus im weichen Eisen in praktischer Beziehung unendlich folgenreicher. Wir wollen demnach darüber das Wichtigste anführen.

Es ist für die Gesamtwirkung eines Magneten auf weiches Eisen zwar gleichgiltig, welche Gestalt derselbe hat; aber es ist theils bequem, theils zur Unterstützung der Trennung beider Polaritäten angemessen, beide Pole gleichzeitig auf dasselbe Eisenstück, den Anker, wirken zu lassen und deshalb die Hufeisenform zu wählen.



(Fig. 410.)

Wenn die in Fig. 406 und 407 grade gezeichneten Eisenstäbe mit ihren Spiralen in der Mitte gekrümmt werden, so bekommen wir die in Fig. 410 dargestellten hufeisenförmigen Elektromagneten. Im ersten Falle ist die Spirale eine rechts, im zweiten Falle eine links gewundene, und wenn in ihr die positivelektrische Bewegung in der Richtung der Pfeile geht, so geben die unten beigefügten Zeichen den im Eisen entstandenen Magnetismus an.

Die Kraft des Elektromagneten kann bezogen werden entweder auf das Gewicht, welches der an beide Pole gelegte Anker höchstens zu tragen vermag, oder auf die Stärke der Anziehung, welche der Elektromagnet durch einen dicht auf seine Polflächen gelegten ganz dünnen Körper zu äußern imstande ist. Die Anziehungskraft ist von der Tragkraft ein nur geringer Theil.

Höchst auffallend ist der Unterschied der Tragkraft eines Poles und beider Pole eines hufeisenförmigen Stahlmagneten und Elektromagneten. Wenn ein Stahlmagnet in Hufeisenform 10 Pfund trägt, so hält ein Pol mehr als 2 Pfd.; wenn aber ein solcher Elektromagnet 140 Pfund trägt, hält ein Pol nur 1—2 Pfd.

Die Tragkraft ist abhängig 1) von der Stärke der elektrischen Erregung, 2) von der Dicke und Gestalt des angewendeten Eisenernes, 3) von der Leitungsfähigkeit und Dicke des Spiraldrahtes.

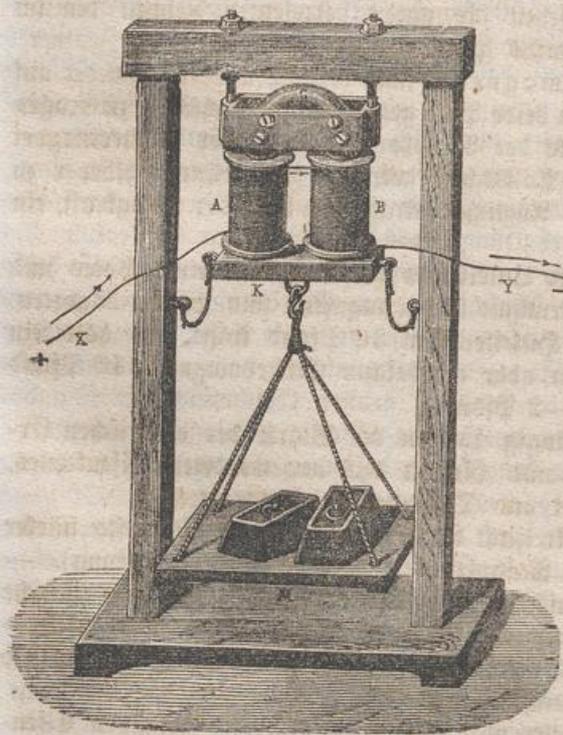
Je größer bei der Elektrizität die Hauptschwingung ist, desto stärker wird der durch sie erregte Magnetismus sein (Intensitätswirkung). — Viele Elemente (eine Kettensäule) sind also wirksamer, als eine einfache Kette mit ebensogroßer Fläche der Elektromotoren. Für jeden Elektromagneten gibt es aber eine bestimmte Gränze, über welche hinaus die Verstärkung des Stromes nichts mehr nützt.

Ist die Elektrizitätsquelle nicht eine beschränkte, so erlangen Eisenkörper von bedeutenderer Dicke und von größerer Oberfläche bei be-

stimmter Masse einen stärkeren Grad von Magnetismus, als im entgegengesetzten Falle. — Die Entfernung und Länge der Schenkel des Eisenkernes ist unter übrigens gleichen Umständen von keinem Einflusse auf die Tragkraft und Anziehungskraft des Elektromagneten. Bemerkenswerth aber ist der Einfluß des Ankers; denn der Elektromagnet behält etwa die Hälfte seiner Kraft, wenn man nach dem Aufhören des elektrischen Stromes den Anker daran läßt, verliert aber diesen Rest, wenn man ihn abreißt.

Da der Leitungswiderstand in dicken Drähten geringer ist, als in dünnen, so sind jene bei schwachen Elektrizitätsquellen wirksamer, als diese. Ueberdies aber wird die Wirkung mit der Anzahl von Windungen bis zu einer gewissen Gränze gleichmäßig vermehrt, denn die ganze Wirkung ist die Summe der Wirkungen aller einzelnen Windungen. — Man kann also mit einer schwachen Kette einen starken Elektromagneten erhalten, wenn der Spiraldraht dick ist und viele Windungen hat. Die Weite der Windungen ist unter übrigens gleichen Umständen, namentlich auch bei einer bestimmten Länge des Drahtes ohne Einfluß, wenn das Eisen nur hinreichend aus der Spirale hervorragt.

Starke Ketten und wenig Draht zu nehmen ist wohlfeiler, als schwache Ketten und vielen Draht.



(Fig. 411.)

Der stärkste Magnetismus wird überhaupt erhalten, wenn der ganze Widerstand des die Spirale bildenden Leitungsdrahtes gleich ist dem ganzen Widerstande der Säule.

Je näher endlich die Windungen des Spiraldrahtes bei einer bestimmten Länge desselben und unter übrigens gleichen Umständen den Polenden des Elektromagneten sind; desto mehr nimmt seine anziehende Kraft zu und desto eher tritt überhaupt die möglichst größte Stärke des Magnetismus oder der Sättigungsgrad ein. Man kann die Drahtspiralen auf zwei hölzerne Holzzylinder winden und diese über die Polenden

des Eisenternes stecken. — Fig. 411 zeigt einen Elektromagneten für Tragversuche im Großen. Bei C ragt der hufeisenförmige Eisentern hervor, welcher durch einen kupfernen Träger oder auch auf eine andere Weise an ein starkes Holzgestell befestigt ist. A und B sind die beiden aufgesteckten Drahtrollen, welche eine linksgewundene, oben zusammenhängende Spirale enthalten; K ist der Anker aus weichem Eisen, welcher an zwei kurzen vom Holzgestelle ausgehenden Ketten hängt, damit er beim Aufhören des Magnetismus nicht ganz herabfällt; an dem Anker hängt ein Brett M, um auf ihm die nöthige Belastung anzubringen.

Wird nun durch die Enden X und Y der Spirale die Kette so geschlossen, daß bei X die positivelektrische Bewegung in eine links gewundene Spirale tritt, so wird das aus der Rolle A hervortretende Ende des Eisens der magnetische Nordpol (+ M), das aus B der Südpol (— M).

Es ist erstaunlich, welche ungemein große Tragfähigkeit die Elektromagnete erlangen können. Elektromagnete von 15 bis 16 Pfd. Gewicht hat man zu einer Tragkraft von mehr als 2500 Pfunden gebracht. — Eisenlohr fertigte aus einer schadhaft gewordenen Lokomotivaxe einen Elektromagneten, bei welchem 500 Meter Kupferdraht von 0,45 Zentimeter Durchmesser in sechs Lagen mit je 70 Windungen die Spiralen bildeten. Bei Anwendung von nur 20 groveschen Elementen vermochte nur einer der Pole mehr als 500 Pfunde zu tragen und mit Anwendung eines Ankers würde sich die Tragkraft auf mehr als 100 Zentner steigern.

Man hat theils von der Kraft des Elektromagnetismus, theils von der ausgezeichneten Eigenschaft, ihn nach Belieben plötzlich hervorzurufen und wieder zu vernichten, die vielseitigsten und folgenreichsten Anwendungen gemacht. Der Elektromagnetismus dient zur Herstellung sehr kräftiger Magnete, zur Unterhaltung eines gleichmäßigen Kohlenlichtes, zur Erhöhung der Stärke der Induktionsströme, zur Unterbrechung der Induktorkette, als Kraft für Maschinen, zur Einrichtung von Klingelzügen, Glockensignalen und Weckern überhaupt, zur Anfertigung gleichmäßig zeigender Uhren in beliebigen Entfernungen von einander, zur Bestimmung sehr kleiner Zeittheile und großer Geschwindigkeiten und endlich zur Telegraphie. Wir wollen das Wichtigste davon auführen.

a) Es ist eine sinnreiche Einrichtung erfunden worden, um mittelst eines Elektromagneten ein gleichmäßiges Kohlenlicht (s. S. 348) zu erzielen. Da nämlich von der Kohle am positiven Poldrahte stets Kohlentheilchen übergeführt und verflüchtigt werden, und sich daselbst ein Grübchen bildet, so entfernen sich die Kohlenspitzen voneinander, die Stärke der elektrischen Bewegung wird durch den wachsenden Widerstand der Luft vermindert und es tritt ein Augenblick ein, in welchem das Licht plötzlich verlöscht, was die praktische Anwendbarkeit desselben sehr beeinträchtigt. Um aber den obigen Zweck zu erreichen, bringt man die eine Kohlenspitze über der anderen an, verbindet den negativen Poldraht

der Batterie mit der oberen festgehaltenen Kohle, welche aber etwas auf und ab geschraubt werden kann, den positiven mit der unteren, nachdem er die Windungen eines Elektromagneten gebildet hat. Die untere Kohle steht mit dem Anker in fester Verbindung, wird durch eine Feder (oder ein Gewicht) bis an die obere gezogen, wenn die Elektrizität nicht wirksam ist, während der Anker sie nach unten zieht, falls er selbst durch den Elektromagneten angezogen wird. Wird die Kette geschlossen, so entfernt man die obere Spitze so weit, daß das Licht in der nöthigen Stärke erscheint und schraubt sie dann fest. Nun kann die Entfernung der Kohlenspitzen sich nicht mehr ändern, denn wenn auch durch theilweise Verzehrung der unteren ihr Abstand einen Augenblick größer würde, so zöge wegen der dadurch hervorgebrachten Schwächung der elektrischen Bewegung und des durch sie erzeugten Magnetismus die Feder (oder das Gewicht) die untere Kohle an dem nicht mehr so stark angezogenen Anker sofort empor und stellte die normale Entfernung wieder her. So regelt das elektrische Licht sich selbst, welches mit Anwendung passender Reverberen (Bd. II. S. 53) außerordentliche Erfolge erzielen läßt.

Bei dieser Gelegenheit mag noch das äußerst kräftige Magnesiumlicht erwähnt werden. Ein Draht von Magnesium, $\frac{1}{2}$ Zoll lang, 1 Linie stark, entwickelt ein Licht, welches chemisch nur 36 mal schwächer wirkt, als Sonnenlicht, und 4 Loth dieses Drahtes reichen aus, 10 Stunden lang das Licht von mehr als 70 Wachskerzen zu ersetzen. Mit etwa 10 Gran Magnesiumdraht (für etwa 10 Sgr.) kann man in einigen Minuten ein photographisches negatives oder positives Bild herstellen.

b) Durch Elektromagnete werden diejenigen rechtzeitigen Unterbrechungen der Induktorkette (s. S. 341) hervorgebracht, welche geeignet sind, die Stärke der Induktionselektrizität zu erhöhen, wodurch oft namhafte Erfolge erreicht werden.

c) Ferner hat man sich bemüht, die im Elektromagnetismus wirksame Kraft zum Betriebe von Maschinen zu verwenden. Die außerordentlich große Bequemlichkeit in der Anwendung desselben und die völlige Gefahrlosigkeit mußten bei den vielen Unglücksfällen, welche durch Explosionen bei Dampfmaschinen vorkommen, zu Versuchen anspornen.

Wenn nun auch trotz aller ausgelegten hohen Preise ein bedeutendes Resultat nicht erreicht worden ist und, wie eigentlich aus der richtig aufgefaßten Theorie der Elektrizität erwartet werden mußte, auch nicht erlangt werden konnte, weil hier die Molekel nur um ihre Schwerpunkte schwingen, und nicht, wie bei der Wärme, mit ihren Schwerpunkten; so ist es doch immerhin von Interesse, die hierher gehörigen Leistungen einigermaßen kennen zu lernen. Ueberdies ist freilich auch für kleinere Leistungen der Elektromagnetismus wegen des Verbrauches von Zink und Schwefelsäure zu kostbar. Der Verbrauch an Zink allein in einer Zink-Platin-Batterie beträgt auf 24 Stunden für eine Pferdekraft

ungefähr einen halben Zentner im Werthe von 4 bis 5 Thalern, während eine gut gebaute Dampfmaschine zu dieser Leistung für etwa 4 bis 5 Sgr. Kohlen verbraucht.

Die elektromagnetische Kraft kann zu einer zweifachen Bewegung verwendet werden: zu einer hin- und hergehenden oder zu einer drehenden. Jene läßt sich wie bei den Dampfmaschinen auch in eine drehende verwandeln.

In dem ersten Falle hat man zwei starke, festgehaltene, hohle Kupferdrahtspiralen A und B und zwei dazu gehörige und leicht hineingehende Eisenkerne a und b, welche in jene abwechselnd gezogen werden, wenn man die Elektrizität abwechselnd durch sie leitet. Man kann nun die Verbindung der Eisenkerne auf doppelte Weise bewerkstelligen:

1) Die beiden Eisenzylinder liegen mit ihren Axen in grader horizontaler Richtung und sind durch eine Messingstange mit einander verbunden, welche sie in einer solchen Entfernung hält, daß, wenn b außerhalb der Spirale B liegt, sich a in A befindet und umgekehrt. Die Fortsetzung der gemeinschaftlichen Axe wird durch einen festen Rahmen getragen und bewirkt außerhalb desselben mittelst einer Gelenkstange (Kneuelstange) die Drehung der Kurbel eines Schwungrades. Ein mit der Axe des Schwungrades verbundenes Excentric bewirkt abwechselnd die rechtzeitige Ueberführung der Elektrizität aus der einen Spirale in die andere.

2) Die festen Drahtspiralen und die beweglichen Eisenkerne können auch lothrecht stehen; die letzteren sind dann durch Stangen an den beiden Enden eines Balanciers drehbar befestigt, so daß sie abwechselnd sich ab- und aufwärts, also in die Spiralen und aus ihnen sich bewegen können, jenachdem die betreffende Spirale elektrisch ist oder nicht. An dem einen Ende des Balanciers ist eine Fortsetzung mit Gelenken, welche wieder ein Schwungrad in Bewegung setzt. Das Schwungrad gleicht in beiden Fällen die Unregelmäßigkeit der Bewegung aus; denn der Eisenkern will seine Bewegung beschleunigen, bis seine Mitte in der von der Spirale liegt.

Im zweiten Falle veranlaßt ein Elektromagnet selbst und unmittelbar die drehende Bewegung. Es müssen zu diesem Zwecke mindestens zwei Elektromagnete vorhanden sein, von welchen der eine A befestigt ist, seine Polfüße N und S nach oben gerichtet hat und eine bleibende Polarität besitzt, der andere B aber über ihm seine ebensoweit voneinander entfernten Polfüße n und s nach unten kehrt, um eine durch seinen Schwerpunkt gehende lothrecht befestigte Axe drehbar ist und eine bei jeder halben Drehung wechselnde Polarität bekommt. Sind beide Eisenkerne magnetisch geworden, sind N und n die Nordpole, S und s die Südpole, so stellt sich der obere B so über den unteren A, daß n über S und s über N steht. Wenn nun in dem Augenblicke, in welchem der obere Magnet bei seiner Drehung diesen Punkt erreicht, die Pola-

rität in ihm umgekehrt wird, so geht er nicht nur wegen des Beharrungsvermögens über diesen Punkt hinaus, sondern wird noch durch den unteren Magneten fortgestoßen, weil jetzt gleichnamige Pole einander nahe sind. Wenn der obere Magnet B eine Vierteldrehung gemacht hat, so führt ihn nicht nur das Beharrungsvermögen darüber fort, sondern es wirken auch von der anderen Seite die ungleichnamigen Pole des A auf seine Pole anziehend. Hat B eine halbe Drehung gemacht und wird die Polarität wieder umgekehrt, so tritt der erste Fall ein und so kann eine fortdauernde Drehung erreicht werden, welche sich durch die mitgedrehte Ase weiter benutzen läßt. A könnte hierbei zwar ein Stahlmagnet sein, aber man nimmt auch einen Elektromagneten wegen der kräftigeren Wirkung. Statt eines Paares können auch zwei oder mehre Paare von Magneten verwendet werden, welche so zu stellen sind, daß ihre Pole abwechselnd und in gleichen Abständen aufeinander folgen.

Die Umkehrung der Polarität in dem oberen Magneten geschieht während seiner Drehung von selbst. Die durch ihn gehende Ase trägt über ihm eine Holzscheibe, in deren Umfang zwei metallische Halbringe eingelassen sind, welche durch zwei schmale Holzstreifen von einander isolirt gehalten werden. Von einem Ständer aus gehen in gleicher Höhe mit der Holzscheibe zwei Metallfedern, welche in diametral gegenüberliegenden Stellen an dem Umfange bei der Drehung hinschleifen. Der obere Eisenkern B ist für sich mit einer Drahtspirale umwunden, deren beide Enden an die beiden Halbringe gelötet sind.

Berühren beide Metallfedern die beiden Halbringe, so werden die beiden Eisenkerne dadurch zu Magneten, daß der eine Poldraht der elektrischen Batterie nach dem Anfange der Spirale des A geht, ihr Ende steht mit der ersten Feder in leitender Verbindung, von da geht die Elektrizität durch den von ihr berührten Halbring in die Spirale des B, von da in den zweiten Halbring, in die zweite Feder und dann nach dem anderen Poldrahte der Batterie. Sowie die Federn die schmalen Holzstreifen berühren, ist nur A ein Magnet, sowie aber jede Feder den anderen Halbring berührt, ist für B die Polarität umgekehrt.

Die Kraft eines solchen Apparates ist dadurch etwas beeinträchtigt, daß das Eisen so schnell den Magnetismus nicht verliert und den entgegengesetzten annimmt, als es hier bei der Drehung des Elektromagneten nothwendig wäre. Deshalb hat man die Einrichtung getroffen, daß sich ein Elektromagnet mit bleibender Polarität in einer elektrischen Spirale bewegt, in welcher die Stromrichtung umgekehrt wird. Hat der Elektromagnet einer solchen Maschine eine Länge von 1 Centimeter, so erreicht man mit 5 bunsenschen Bechern eine Leistung von $5\frac{1}{2}$ Fußpfunden oder etwa $\frac{1}{100}$ Pferdekraft, wenn 510 Fußpfunde 1 Pferdekraft geben.

Schon im Jahre 1838 ließ Jacobi in St. Petersburg ein Boot von 26 Fuß Länge und $8\frac{1}{2}$ Fuß Breite bauen, dessen Schaufelräder durch einen Elektromagneten in Bewegung gesetzt wurden, wozu man 320 daniell'sche Elemente brauchte. Das mit 12 Personen besetzte Schiff legte $\frac{1}{2}$ deutsche Meile in der Stunde zurück. Im folgenden Jahre wurde ein anderes Boot von 28 Fuß Länge, $7\frac{1}{2}$ F. Breite und $2\frac{3}{4}$ F. Tiefgang für 14 Personen gebaut und durch 64 grovesche Elemente fast eine Pferdekraft erzielt, so daß es zu einer Geschwindigkeit von $\frac{1}{2}$ deutsche Meile für die Stunde gebracht wurde.

d) Es liegt ferner ziemlich nahe, den Elektromagnetismus zur Einrichtung von Mitteln anzuwenden, welche geeignet sind, die Aufmerksamkeit hervorzurufen, wie es durch Klingelzüge, Glockensignale und Wecker geschieht.

Bei Klingelzügen wird es nur nothwendig sein, den Anker des Elektromagneten um das eine seiner beiden Enden drehbar zu machen und an das andere Ende den Draht zum Klöppel einer Glocke zu befestigen. Sowie man durch einen mit einem Finger leicht zu bewegenden Drücker die Kette, welche irgendwo aufgestellt ist, schließt, wird der Anker angezogen und die Glocke erhält einen Schlag; öffnet man die Kette, so wird der Anker durch eine Feder zurückgezogen. Man hat es somit in seiner Gewalt, durch eine beliebige Anzahl von Glockenschlägen, welche in gleichen oder ungleichen Zwischenzeiten auf einander folgen können, nach vorgängiger Verabredung verschiedene Zwecke zu erreichen. Auch läßt sich durch kleine drehbare Stellscheiben leicht erfahren, ob das gegebene Signal verstanden worden ist.

Die Glockensignale für Eisenbahnwärter werden durch Auslösung eines Gewichtes hervorgebracht, welches bei seinem langsamen Fallen mittelst eines einfachen Räderwerkes die Klöppel für die Glocken in Bewegung setzt.

Endlich ist klar, daß auch das Werk eines Weckers, wie es bei den Wand- und Tischuhren vorkommt, durch einen Elektromagneten ausgelöst und dadurch in Bewegung gesetzt werden kann, um die Aufmerksamkeit für irgendeine vorzunehmende Handlung rege zu machen.

e) Wichtig sind ferner die elektromagnetischen Uhren. Sie dienen entweder zur Herstellung vollkommen übereinstimmender Zeitmesser, welche an sehr verschiedenen und auch weit voneinander entfernten Orten angebracht sein können, oder zur Bestimmung sehr kleiner Zeitabschnitte zwischen zwei bestimmten Zeitpunkten und somit auch zur Messung großer Geschwindigkeiten.

In New-York befindet sich auf dem Steuerhause eine lothrechte Metallspindel mit einer großen schwarzen hohlen Kugel an ihrem oberen Ende. Gegen 12 Uhr mittags steht gewöhnlich eine große Menge von Menschen mit Uhren in der Hand, welche auf die Kugel sehen; denn in dem Augenblicke, in welchem die Sonne auf der Sternwarte zu Phila-

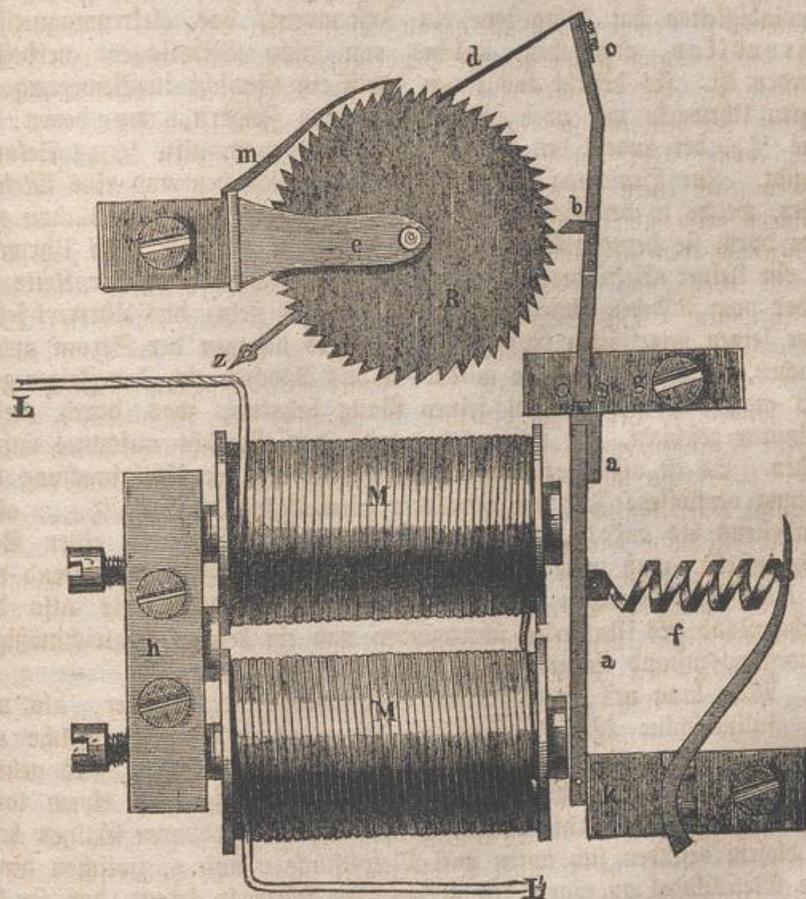
delphia in den Meridian tritt, fällt die Kugel an der Spindel eine Strecke herab. Die Auslösung geschieht durch die von Philadelphia aus durch Schließung einer galvanischen Kette bewirkte Anziehung des Ankers eines Elektromagneten in New York.

Nach dieser Einrichtung kann man wenigstens einmal täglich seine Uhr hinreichend richtig stellen und hat so, wenn dieselbe sonst regelmäßig und gut geht, stets eine ziemlich richtige Zeit. Freilich hat man selten so gute Uhren, daß sie bloß eine Abweichung von einer Sekunde im täglichen Gang ergeben.

Viel angemessener ist es, eine genau gehende Regulatoruhr auf elektromagnetischem Wege mit bloßen Zeigerwerken, welche in den verschiedensten Theilen einer Stadt angebracht sein können, so in Verbindung zu bringen, daß alle genau dieselbe Zeit angeben. Die Normaluhr ist eine ganz genau gehende Pendeluhr, welche bei dem einen Pendelschlage für eine Sekunde eine mit ihr in Verbindung stehende Batterie öffnet, bei dem nächsten sie schließt und so abwechselnd fort. Geht nun von dieser Uhr ein Leitungsdraht zu den verschiedenen Zeigerwerken, deren jedes einen Elektromagneten besitzt, so wird die Bewegung seines Ankers beim abwechselnden Öffnen und Schließen der Kette jedesmal einen von den 60 Zähnen der Sekundenräder mit ihren Zeigern in gleichzeitige Bewegung versetzen und so vorrücken wie bei einem Buchstaben-telegraphen. Die Sekundenbewegung läßt sich nun wie bei jeder gewöhnlichen Uhr durch Räder auf einen Minuten- und Stundenzeiger übertragen. — Wären statt der Zeigerwerke ungenau gehende Uhren vorhanden, so ließen sich dieselben in gewissen Zeitabschnitten, z. B. alle halbe Stunden, mit der Normaluhr in Uebereinstimmung bringen.

Uebrigens läßt sich statt der Gewichte oder Federn auch die Elektrizität einer konstanten Kette als Triebkraft für ein Uhrwerk benutzen. Ueber ein Jahr wirksam zeigt sich eine Zink-Coaks Kette, bei welcher das Zink mit Alaun oder Weinstein in Berührung ist. Man hängt zu diesem Zwecke in einen großen Topf einen Sack mit Zink und Alaun oder Weinstein, legt zwischen den Sack und Topf einen langen Bleidraht in verschiedenen Krümmungen, füllt die Zwischenräume mit kleinen Coaksstücken aus und gießt den Topf voll Wasser. Mehre Monate gleichmäßig wirksam ist eine Zink-Kupfer-Kette, bei welcher das Kupfer in einer Mischung aus 5 Raumtheilen englischer Schwefelsäure in 100 Raumtheilen Wasser und das Zink in einem Thonzylinder steht, welcher in dem Wasser ein mit Weinstein gefülltes Säckchen enthält. Man hat auch eine Zink- neben einer Kupferplatte in den Erdboden versenkt und will dadurch eine ziemlich lange sich gleichbleibende Elektrizität erhalten haben. — Die Poldrähte einer solchen Kette gehen nun nach dem oberen Ende der Pendelstange einer Uhr, von da an ihr herab und bilden unten statt des Pendelkörpers eine horizontal liegende Spirale von mehren Tausend Windungen, in welcher durch einen Stromwender die Strom-

richtung umgekehrt wird, sowie die Spirale bei ihrer Bewegung den tiefsten Punkt erreicht. Die Bewegung wird unterhalten durch zwei feststehende Stahlmagnete, welche abwechselnd in die Spirale eintauchen und einander gleichnamige Pole zuwenden. Da die Spirale an ihren Enden entgegengesetzte Polarität hat, so wird das eine Ende von dem nächsten Magnetpole abgestoßen und das andere gleichzeitig von dem anderen angezogen. Ist die Spirale über den tiefsten Punkt gelangt, so wird wegen der Veränderung ihrer Polarität zwar die Rolle der beiden Magneten umgetauscht, dadurch aber der zweite Theil der Schwingung in gleicher Weise hervorgebracht, wie der erste, und so werden die Schwingungen auch weiter unterhalten.



(Fig. 412.)

Fig. 412 ist geeignet, eine Vorstellung des wesentlichen Vorganges hierbei zu vermitteln. Der Leitungsdraht LL' steht mit der Normal-

uhr in Verbindung, durch deren Pendelschläge die Kette abwechselnd geschlossen und geöffnet wird; er geht hier um zwei Eisenkerne so, daß er deren aus der Spirale hervorragende Enden in gleichem Sinne magnetisch macht, wenn die Kette geschlossen ist. Geschieht dieses, so wird der durch die Feder *f* bis an *k* weggezogene Anker *aa* angezogen und die gegliederte Fortsetzung desselben zieht den Stift *d* von dem mit 60 Zähnen versehenen Rade über einen Zahn zurück. Wird die Kette geöffnet, so zieht die Feder *f* den Anker zurück und der Stift *d* stößt diesen Zahn fort, wodurch das Rad und zugleich der an seiner Axe befestigte Zeiger *z* fortgerückt wird. Der Haken *m* dient zur Hemmung und gestattet die Bewegung des Rades nur in dem rechten Sinne.

Zur Bestimmung sehr kleiner Zeitabschnitte, sowie sehr großer Geschwindigkeiten hat Wheatstone ein Instrument, das elektromagnetische Chronoskop, angegeben, welches von Hipp (Reutlingen) verbessert worden ist. Es besteht aus einem durch ein Gewicht in Bewegung gesetztem Uhrwerke mit zwei Zifferblättern und Zeigern, von denen der eine $\frac{1}{10}$, der andere den hundertsten Theil davon, also $\frac{1}{1000}$ Sekunde angibt. Zur Hemmung dient ein gezahntes Rädchen und eine Metallfeder, welche in der Sekunde 1000 Schwingungen macht, was man aus dem durch sie hervorgebrachten Tone beurtheilt. Hinter dem Uhrwerke ist ein kleiner Elektromagnet, dessen Anker bei Schließung der Kette die Feder vom Rädchen abzieht, so daß der Zeiger steht, das Uhrwerk selbst aber seinen ungestörten Gang behält. Wird dagegen der Strom unterbrochen, so greift die Feder wieder in das Rädchen ein, der Zeiger geht und auch das Uhrwerk hat seinen Gang behalten, was durch mehrere Minuten geschieht, ehe man nöthig hat, das Gewicht aufsneue aufzuziehen. Es ist also klar, daß man die während der Unterbrechung der Leitung verflossene Zeit mit ziemlicher Genauigkeit bis auf $\frac{1}{1000}$, aber mindestens bis auf $\frac{1}{500}$ Sekunde ablesen kann. Ehe man einen Versuch anstellt, muß man so lange warten, bis die Feder anhaltend den zu 1000 Schwingungen gehörigen Ton vernehmen läßt, bis also der Ruhezustand des Uhrwerkes überwunden und ein beharrlich gleichmäßiger Bewegungszustand eingetreten ist.

Man kann mit einem solchen Chronoskope viel genauer, als mit der Fallmaschine (Bd. I. S. 338) die Zeit bestimmen, welche ein Körper braucht, um durch eine bestimmte Höhe zu fallen. Es gehört dazu noch eine ganz einfache Fallvorrichtung, welche aus einem lothrechten Maßstabe besteht, welcher oben einen verschiebbaren Galgen hat; an diesem befinden sich unten zwei Metallstücke *c* und *e*, zwischen denen eine Metallkugel an einem fest geklemmten Faden so hängt, daß sie die Metallstücke berührt. Unten befindet sich eine kleine hölzerne Brücke, durch welche, wenn die Kugel auf sie fällt, zwei Metallplättchen *u* und *v* miteinander in Berührung kommen. Von den Poldrähten *a* und *b* einer Zinkplatinette geht der eine *a* zuerst nach dem Elektromagneten

des Chromoskops, dann vertheilt er sich in zwei Aeste m und n, von denen der eine m nach dem Metallstücke c, der andere nach dem Metallplättchen u geht; der andere Poldraht b verzweigt sich ebenfalls und zwar geht der eine Zweig r nach e und der andere s nach v. Wie lange die Kugel oben festgehalten wird, geht die elektrische Verbindung durch a, m, c, die Kugel, e, r und b, die Kette ist geschlossen und die Zeiger des Chromoskopes stehen; läßt man durch einen Federdruck die Kugel fallen, so ist die Leitung unterbrochen und die Zeiger bewegen sich; sowie die Kugel auf die Brücke fällt, ist die Leitung wieder hergestellt, denn sie geht von a durch n, u, v, s und b und die Zeiger bleiben stehen. Auf diese Weise ist die Zeit für eine bestimmte Fallhöhe sehr genau bestimmt.

Es lassen sich durch das Chromoskop auch große Geschwindigkeiten, z. B. die Geschwindigkeit einer abgeschossenen Kugel bestimmen; denn weiß man die Zeit, welche vergeht von dem Augenblicke, in welchem die Kugel das Rohr verläßt, bis zu dem, in welchem sie ein Ziel von bekannter Entfernung trifft, so läßt sich nach Bd. I. S. 43 die Geschwindigkeit leicht berechnen. Man bringt an die Mündung des Rohres, aus welchem geschossen wird, einen Holzring an, über welchem diametral ein feiner Metallfaden gespannt ist; am Ziele wird eine ähnliche, aber stärkere Brücke aufgestellt mit zwei Metallplättchen, welche zur Berührung kommen, wenn die Kugel das Ziel trifft. Sowohl die Enden des feinen Drahtes x, als auch die Metallplättchen stehen wie vorhin mit den Zweigen der Poldrähte a und b in leitender Verbindung. Vor dem Abschließen ist die ununterbrochene Leitung vorhanden; sowie die Kugel den Lauf verläßt, zerreißt sie den Faden und die Leitung ist unterbrochen; wenn sie das Ziel trifft, stellt sie die Leitung wieder her. Es sind also die vorigen Bedingungen für die Bestimmung der Zeit gegeben, während welcher die Kugel die bestimmte Bahn durchläuft. — Diese Bahn kann auch der bloße Lauf der Feuerwaffe sein.

f) Die bei weitem folgenreichste Anwendung der Elektrizität und namentlich des Elektromagnetismus enthält die Telegraphie. Nicht nur oberhalb, sondern auch unterhalb des Erdbodens und in den Tiefen der Meere durchfliegt gegenwärtig der menschliche Gedanke mit Blitzeschnelle den Metalldraht und wird in naher Zukunft den ganzen Erdball umkreisen.

Die Befriedigung des Bedürfnisses, durch verabredete Zeichen auf große Entfernungen sich zu verständigen, schreibt sich schon aus dem fernen Alterthume, aber der Erfolg der dazu angewendeten Mittel war theils unvollkommen, theils von Hindernissen abhängig, deren Beseitigung nicht in dem menschlichen Willen lag. Am einfachsten sind die Feuer-signale, welche aber fast nur in der Nacht brauchbar sind, nur nach Verabredung einen einzelnen Gedanken ausdrücken, z. B. das Zeichen zum Angriffe für eine Schlacht geben und nicht auf sehr große Entfernungen

reichen. Weit vollkommener waren die sog. optischen Telegraphen, bei denen man durch die Stellung dreier Balken, eines Hauptbalkens und zweier Seitenflügel, welche in ihrer Mitte an den Enden des ersten auch um eine Aze beweglichen Balkens angebracht waren, über 200 verschiedene Zeichen angeben konnte; denn der Hauptbalken läßt 4 Stellungen zu, welche mit den $7 \cdot 9 = 63$ Stellungen der Flügel unter sieben verschiedenen von 45 zu 45 Graden wachsenden Winkeln verbunden werden können. Zur Beobachtung dienten Fernröhre, um die auf hohen Punkten angebrachten Signale möglichst weit zu sehen. Nebel und nächtliches Dunkel unterbrechen aber die Mittheilungen. In der Nacht hat man auch mit Laternen signalisirt.

Anderer Mittel, sich auf große Entfernungen Anderen verständlich zu machen, z. B. durch Röhren, hat man nicht zur Telegraphie gerechnet und auch im Großen nicht in Anwendung gebracht, obwohl Versuche gezeigt haben, daß die menschliche Stimme durch eine Röhrenleitung von 400 Toisen Länge ungeschwächt fortgepflanzt wird.

Aber noch ehe die neuere Physik die Grundlage für das jetzige Telegraphiren auffand, kam man in Frankreich schon im 17ten Jahrhundert auf den Gedanken, den Magnetismus zur Verständigung auf die Entfernung zu verwenden. Ich habe die erste Spur auf diese Weise zu telegraphiren in einem Büchelchen, welches in vierter Auflage zu Paris im Jahre 1672 unter dem Titel: „Récréation mathématique“ erschienen ist, aufgefunden. Der ungenannte Verfasser sagt in wortgetreuer Uebersetzung:

„Wer möchte glauben, wenn er es nicht mit eigenen Augen sähe, daß eine Stahladel, welche einmal einen Magneten berührt hat, hernach nicht einmal, nicht bloß ein Jahr, sondern ganze Jahrhunderte und in alle Ewigkeit ihre beiden Enden wendet, das eine gegen Süden, das andere gegen Norden, wenn man sie auch bewegt und fortgedreht hat, so viel man will. Wer hat jemals geglaubt, daß ein roher, schwarzer, schlecht geformter Stein, indem er einen eisernen Ring berührt, diesen hängen läßt in der Luft, dieser einen zweiten, der zweite einen dritten u. s. w. 10, 12 oder mehre gemäß der Stärke des Magneten, indem sie eine Kette machen ohne Band und Lötung, ohne ein anderes Zwischenmittel, als die eine, in ihrer Grundursache sehr verborgene, in ihren Erfolgen sehr klare Kraft, welche von dem ersten zum zweiten, dritten u. s. w. unmerklich wandert und fließt. Ist das nicht ein Wunder zu sehen, daß eine einmal geriebene Nadel andere Nadeln richtet, ebenso einen Nagel, eine Messerspitze oder einen anderen Gegenstand von Eisen? Ist es nicht ein Vergnügen, Feilspähne, Nadeln, Nägel auf einem Tische oder einem Blatt Papier sich drehen und bewegen zu sehen, Schlag auf Schlag, wie man unterhalb den Magneten dreht und bewegt? Wer möchte nicht erfreut verweilen, wenn er die Bewegung des Eisens sieht, wenn er eine Hand von Eisen auf einem Brette schreibe

sieht und eine Unzahl ähnlicher Erfindungen, ohne den Magneten wahrzunehmen, welcher diese Bewegungen unter einem solchen Brette verursacht hat?

„Was gibt es auf der Welt, was mehr geeignet wäre, ein tiefes Erstaunen in unsere Seele zu werfen, als wenn man eine große Eisenmasse in der Luft aufgehängt sieht in der Mitte eines Gebäudes, ohne daß irgend ein Gegenstand von der Welt sie berührt, außer die Luft? Und nichtsdestoweniger haben es uns die Geschichtsforscher aufbewahrt, daß durch den Einfluß eines in der Wölbung angebrachten Magneten oder in den Scheidewänden von der Moschee der Türken in Mekka der Sarg des berühmten Mahomet in der Luft hängen bleibt. Die Erfindung ist nicht einmal neu, weil Plinius in seiner Naturgeschichte Buch 34, Kap. 14, beschreibt, daß der Baumeister Dinokrates es unternommen hatte, den Tempel der Arsinoe in Alexandrien mit einem Magnetsteine zu wölben, um daselbst durch eine ähnliche Täuschung die Grabstätte dieser Göttin in der Luft aufgehängt erscheinen zu lassen.

„Ich würde die Gränzen meines Unternehmens überschreiten, wenn ich alle die Erfahrungen anführen wollte, welche mit diesem Steine gemacht worden sind und ich würde mich dem Gelächter der Welt aussetzen, wenn ich mich rühmen wollte, hierbei einen anderen Grund anführen zu können, als die natürliche Sympathie. Woher kommt es, daß der ganze Magnet nicht geeignet ist, die Nadeln zu bestreichen, sondern allein in den zwei Polen oder Theilen, die man erkennt, wenn man den Stein an einem Faden in ruhiger Luft aufhängt oder wenn man ihn mittelst Korkholzes oder eines kleinen Brettes von leichtem Holze wohl auf Wasser legt; denn die Theile, welche nach Norden und Süden gewendet sind, zeigen an, mit welcher Seite man die Nadel streichen muß; woher kommt es, daß die Nadeln abweichen und nicht den wahren Norden zeigen, wenn man sich von den Kanarischen Inseln entfernt, dergestalt, daß sie in dieser Gegend sich davon ungefähr in einem Zwischenraume von acht Graden abwenden.

„Wenn die Nadeln mit einem doppelten Zapfen gemacht und zwischen zwei Fäden angebracht sind, so zeigen sie die Höhe des Poles (?), indem sie ebensoviele Grade ausweichen, als der Pol über dem Horizonte ist.

„Warum machen Feuer und Wasser, daß der Magnet seine Kraft verliert? Das sage, wer es vermag; ich bekenne darin meine Unwissenheit.

„Manche haben sagen wollen, daß durch einen Magneten oder durch einen anderen ähnlichen Stein abwesende Personen mit einander sprechen können, z. B. indem Klaudius in Paris und Johann in Rom ist, wenn der Eine wie der Andere eine an einem Steine gestrichene Nadel hätte, deren Eigenschaft eine solche wäre, daß nach dem Maße wie eine zu Paris sich bewegte, die andere ganz ebenso in Rom sich

drehte. Es könnte sich leicht gestalten, daß Klaudius und Johann ein Jeder ein Alphabet hätten, und daß sie übereingekommen wären, von fern mit einander alle Tage um 6 Uhr abends zu sprechen, nachdem die Nadel $3\frac{1}{2}$ Umläufe gemacht, zum Zeichen, daß es Klaudius ist und nicht ein Anderer, welcher zu Johann sprechen will. Wenn dann Klaudius ihm sagen will: Le Roi est à Paris, müßte er seine Nadel bewegen und stehen lassen auf L, dann auf E, dann auf R, O, I und so fort auf den anderen (welche alle auf dem Umfange einer Kreisscheibe gezeichnet sind). Da nun aber in derselben Zeit die Nadel von Johann über denselben Buchstaben (seiner Scheibe) und überall stimmte, so könnte er leicht schreiben und aufmerken auf das, was der Andere ihm anzeigen will.

„Die Erfindung ist schön, aber ich halte nicht dafür, daß sich auf der Welt ein Magnet findet, welcher eine solche Eigenschaft besitzt; überdies ist es nicht rathsam — andererseits würde es sehr häufige und versteckte Verräthereien geben.“

Daß der Verfasser den Neigungswinkel der Magnetnadel gleich der Polhöhe setzt, ist nicht allgemein richtig und darf bei dem Mangel an angemessenen Instrumenten vor fast 200 Jahren wohl entschuldigt werden. Darin hat er allerdings recht, wenn er das Band zwischen den beiden so sehr weit entfernter Magneten in dem Magnetisensteine, durch welchen man jene erhalten hat, nicht erkennt. Davon hatte man keine Ahnung, daß ein Kupferdraht, welcher sich gegen einen Magneten scheinbar ganz theilnahmlos zeigt, das Bindemittel zwischen zwei auch noch so entfernten Magnetnadeln in der Art sein werde, daß, wenn die Stellung der einen willkürlich geändert wird, die andere unwillkürlich dieser Aenderung folgen muß. Doch darüber können wir das Genauere erst im Folgenden (bei der Magnetoelektrizität) anführen, indem wir jetzt die elektromagnetische Telegraphie esprechen.

Schon Franklin wendete im Jahre 1749 die Reibungselektrizität zur Wirkung auf die Entfernung an, indem er vor den Thoren Philadelphias an den beiden Ufern des Flusses Schuylkill mittelst der Entladung einer Verstärkungsflasche den Weingeist in zwei Schalen gleichzeitig anzündete und dabei auch den Beweis führte, daß nur ein Leitungsdraht über dem Flusse oder der Erde nothwendig sei, indem die andere Leitung durch das Wasser des Flusses und die feuchte Erde ersetzt wird. — Mehr geeignet, auf große Entfernungen durch die Reibungselektrizität sich einem Anderen verständlich zu machen, ist der im Jahre 1774 von Laſage gemachte Versuch. Er leitete nach jedem Buchstaben eines aufgestellten Alphabetes einen isolirten Leitungsdraht mit einem Pendelelektroskope am Ende; die Anfänge wurden je nach dem Bedürfnisse nacheinander mit dem Konduktor einer in Thätigkeit gesetzten Elektrirmaschine verbunden; das Auseinandergehen der Pendel zeigte den gemeinten Buchstaben an. — Im Jahre 1811 benutzte Sömmering

die Zerlegung des Wassers zur Bezeichnung der Buchstaben, indem er 24 Doppeldrähte nach dem Bedürfnisse mit einer galvanischen Kette in Verbindung setzte.

Alle diese unvollkommenen Versuche wurden seit der im Jahre 1820 von Dersted gemachten Entdeckung der magnetisirenden Wirkung der dynamischen Elektrizität durch die nun rasch aufeinander folgenden Resultate überflügelt. Wir übergehen aber den weiteren Gang der geschichtlichen Entwicklung und führen das Wesentlichste zur Sache selbst an.

Der nächste Punkt betrifft die telegraphische Leitung zwischen den beiden Stationen, welche miteinander in Verbindung treten sollen. Schon Franklin und später Steinhilf haben den praktischen Beweis geführt, daß eine doppelte Drahtleitung, nämlich hin und zurück, nicht nothwendig sei, sodann daß eine solche Leitung genüge, daß die andere ersetzt werde, wenn man in den feuchten Erdboden eine Kupferplatte auf jeder Station eingrube und den kurzen Poldraht der ersten Station mit der hier eingegrabenen Platte, das Ende des anderen und langen mit der Platte auf der zweiten Station verbände, nachdem hier der betreffende Apparat eingeschaltet worden. Durch diese Einrichtung wird nicht nur an Leitungsdraht fast die Hälfte erspart, sondern das Telegraphiren geschieht sogar noch sicherer oder man bedarf zur Erreichung eines bestimmten Erfolges eines weniger kräftigen elektrischen Apparates, indem der Leitungswiderstand fast um die Hälfte vermindert wird. Der Erdboden wirkt hier nicht als ein begränzter Leiter, welcher etwa der Elektrizität den Rückweg gestattet, sondern er hebt die entgegengesetzte Spannung der Platten an den beiden Poldrähten ununterbrochen auf, so daß die Kette fortwährend in Thätigkeit und die Elektrizität in Bewegung bleibt, was nicht der Fall ist, wenn der Leitungsdraht einer Kette in der Luft unterbrochen ist, denn in ihr erfährt die elektrische einen bestimmten Grad erreichende Spannung der beiden einzelnen Poldrähte nur eine sehr geringe allmähliche Abgleichung und in der Kette selbst kann daher nur eine unbedeutende Thätigkeit eintreten, um diesen Verlust zu ersetzen. Da also in dem Erdboden eine Zurückführung der elektrischen Bewegung zwischen zwei Stationen nicht stattfindet, so kann auch davon nicht die Rede sein, daß bei einer größeren Anzahl von telegraphischen Verbindungen zwischen zwei Orten eine Störung des Verkehrs stattfindet.

Zu den Luftleitungen benutzt man starken Eisendraht, welchen 12 bis 15 Fuß hohe Holzstangen mit Porzellanträgern zur besseren Isolirung stützen. Das Holz sucht man, so weit es in den Erdboden kommt, durch Verkohlung seiner Oberfläche oder durch Tränkung mit Del oder Firniß gegen Fäulniß zu schützen. Auf die Luftleitungen sind die elektrischen Zustände der Atmosphäre nicht ohne Einfluß: bei Gewittern und namentlich bei jedem Blitze versagen die nach verschiedenen

Richtungen und bei Nordlichtern die von Norden nach Süden gehenden Drähte oft ganz ihren Dienst, weil sie durch Vertheilung so stark einseitig elektrisch werden, daß die von der galvanischen Kette ausgehende Bewegung den Durchgang sich nicht erzwingen kann.

Die Erdleitungen sind diesen Einflüssen weniger ausgesetzt, besonders wenn sie ziemlich tief liegen. Zur Isolirung umgibt man die Drähte zuerst mit Baumwolle und mit einem 1 bis 2 Linien dicken Ueberzuge von Guttapercha. Zum Schutze gegen äußere Verletzungen führt man sie in eisernen oder bleiernen Röhren fort oder umgibt sie mit Eisendraht. Die Menge der nebeneinander liegenden Drähte darf nicht sehr groß sein.



(Fig. 413.)

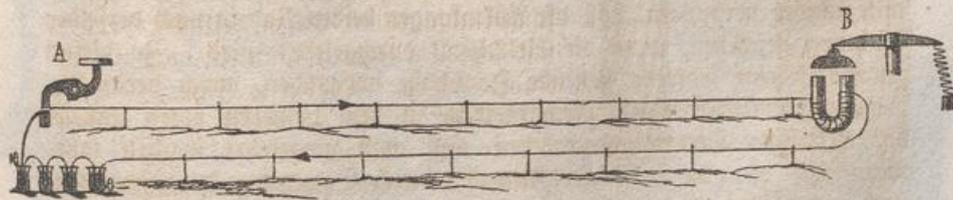
Zu den submarinen oder den Wasserleitungen verwendet man einfachen Kupferdraht von 1 bis 2 Millimeter Durchmesser oder, um sicherer zu gehen, Kupferdrahtseile aus 3 bis 7 einzelnen ganz dünnen Drähten, umgibt dieselben mit einer 3 bis 4 Millimeter dicken Schicht von Guttapercha und schützt das Ganze noch durch starke spiralförmig umwundene Eisendrähte. So erhält man, wie Fig. 413 zeigt, Kabel, welche ungeachtet ihrer großen Steife in kurzen Stücken sich bei größerer Länge doch auf Walzen winden lassen, um sie dann ins Meer abrollen zu lassen, wo sie sich auf den unebenen Meeresgrund legen, wenn das Schiff, aus welchem die Legung geschieht, nicht zu schnell fährt. Bei einem schnell abfallenden, tiefen, felsigen Grunde und schnellen Fahren kann ein auch starkes Kabel reißen. Die erste Figur stellt in natürlicher Größe ein Stück des zwischen Dover und Calais und die zweite ein Stück von einem zwischen England und Irland liegenden Kabels dar. Ersteres wiegt 181220, letzteres 71307 Kilogramme. Das Telegraphiren durch Wasserleitungen geschieht langsamer, weil die Elektrizität des Kupferdrahtes in der Eisenhülle und dem zunächst liegenden Wasser eine Vertheilung hervorruft, bei welcher die durch das Guttapercha isolirten Gegensätze einander zu binden suchen, wodurch eine theilweise Hemmung der elektrischen Bewegung im Kupferdrahte eintritt. Es ist aber auch nicht unwahrscheinlich, daß der bei großen Meerestiefen sehr bedeutende Wasserdruck auf das Kabel die Fortpflanzung der elektrischen Bewegung erschwert.

Das nächste Erforderniß zum Telegraphiren ist ein den Verhältnissen angemessener Elektrizitätserreger. Wesentliche Bedingung dafür ist eine gleichmäßig starke Entwicklung auf eine möglichst lange Zeit, ohne daß man nöthig hat, an dem Apparate eine Aenderung oder Reinigung vorzunehmen. Die bunsenschen Ketten haben zwar den Vorzug einer kräftigen Wirkung, belästigen aber durch die aus der Salpetersäure sich entwickelnden salpetrigen Dämpfe.

In Frankreich wendet man daniellsche Ketten mit einiger Abänderung an, indem man in die Thonzelle mit dem Kupferbleche eine angemessene Menge von Kupfervitriolkrystallen und in das Gefäß mit dem Zinkzylinder blos Wasser thut. Nach kurzer Zeit beginnt durch Diffusion die Zersetzung und mit ihr die elektrische Thätigkeit.

In England sind Sandbatterien in der Form von Trogapparaten gebräuchlich. In jede Zelle des Holztroges kommt eine Platte von amalgamirtem Zink und eine von Kupfer, welche mit Sand umgeben sind, den man mit einer schwachen Auflösung von Salmiak oder sehr verdünnter Schwefelsäure fortwährend feucht erhält. Man hat zwar eine ziemlich große Anzahl von Elementen nothwendig, um einen hinreichend starken Erfolg zu erzielen, braucht aber die Zinkplatten etwa nur alle 6 bis 8 Monate aufsneue zu amalgamiren und den Sand auszuwaschen.

Für lange Linien mit einem großen Widerstande ist eine Abänderung der bunsenschen Kette mit einem äußeren Zink- und einem inneren Kohlenzylinder sehr geeignet. Man nimmt schwefelsaures Quecksilberoxydul, reibt es mit Wasser zu einem dünnen Brei, läßt diesen solange stehen, bis sich eine teigige Masse abgelagert hat; mit dieser umgibt man in der Thonzelle den Kohlenzylinder, die Flüssigkeit aber gießt man in das äußere Gefäß und ergänzt das Fehlende mit reinem Wasser.



(Fig. 414.)

Das Grundprinzip beim Telegraphiren mittelst des Elektromagnetismus besteht darin, daß sich auf der einen Station A (Fig. 414) ein Elektromotor und eine Vorrichtung zur Unterbrechung der Leitung, auf der anderen B ein Elektromagnet befindet, dessen Anker von den Polfüßen durch eine elastische Spiralfeder bis zu einer gewissen Entfernung abgezogen wird. Die leitende Verbindung zwischen A und B geht von

dem einen Pole der Kette in A nach B, bildet dort die Spirale um den Eisenkern und geht von da nach A zurück zu dem einen Ende eines durch einen Drücker beweglichen Hebels des Hammers; von dem anderen Pole der Kette geht nur ein kurzes Drahtstück nach dem unter dem Hammer befindlichen Ambos. Berühren Hammer und Ambos einander, so ist der Kreislauf geschlossen, der Eisenkern in B wird zu einem Magneten und dieser zieht den Anker daselbst an; entfernt sich der Hammer vom Ambos, so ist die Leitung unterbrochen und die Feder in B kann den Anker vom unmagnetischen Eisen abziehen. Auch in A ist eine Feder, welche aber den Hammer an den Ambos drückt, so daß ein Druck mit dem Finger auf das Ende des Hammers eine Trennung hervorbringt.

Die zeichengebenden Apparate selbst sind ziemlich verschiedenartig. Wir können unter den elektromagnetischen vier Methoden unterscheiden, sich verständlich zu machen, nämlich: a) durch Nadeltelegraphen, b) Zeiger- oder Buchstabentelegraphen, c) Druck- oder Schreibtelegraphen, d) Kopiertelegraphen, wozu auch der sogen. Pantelegraph von Caselli gehört.

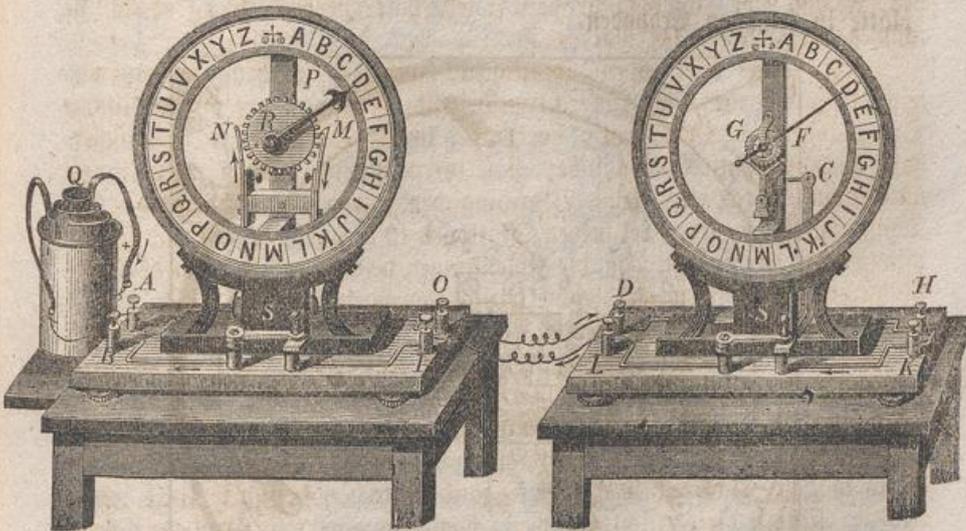
a) Die Nadeltelegraphen (Wheatstone und Cooke) sind die einfachsten und bedürfen auch nur einer sehr schwachen Elektrizität, haben aber den großen Nachtheil, daß die empfangenen Zeichen nur durch das Auge aufgenommen und nicht auf eine bleibende Weise festgehalten werden, so daß eine Nachricht gradezu wiederholt werden muß, wenn sie nicht gehörig verstanden worden ist.

Auf jeder der beiden Stationen, auf der zeichengebenden und zeichenempfangenden, sind senkrecht aufgestellte Galvanometer mit astatischen Doppelnadeln, deren Aze also horizontal liegt. Die vordere und außerhalb eines Gehäuses befindliche, hat ihren Nordpol oben, die innere unten, was durch eine kleine Belastung der letzteren erreicht wird. Die Drahtwindungen gehen bei beiden Stationen in gleichem Sinne und sind so miteinander verbunden, daß die Ablenkungen beider Nadeln nach derselben Richtung geschehen, wenn die Elektrizität durchgeleitet wird. Zu diesem Zwecke ist eine senkrecht stehende Handhabe vorhanden, durch deren Bewegung vermittelt eines Mechanismus in dem Inneren eines Kastens der elektrische Strom unterbrochen und auch umgekehrt werden kann. Man hat es nun in seiner Gewalt, durch Bewegung der Handhabe nach rechts oder nach links, den sichtbaren Nordpol der beiden Galvanometer in ganz entsprechender Weise nach rechts oder nach links abzu lenken. Damit dieses nicht allzumeit, höchstens etwa 25 Grade geschehe, sind zwei Eisenbeinstifte angebracht, an welche die Nadel anschlägt. Wären zwei verschieden gestimmte Glöckchen angebracht, so würde man aus der Tonhöhe entnehmen können, an welches Glöckchen die Nadel geschlagen hat.

Schon mit einer Nadel kann man durch 1, 2, 3 bis 4 maliges Anschlagen des Nordpales der Nadel entweder nur nach links oder nur

nach rechts, oder theils nach rechts, theils nach links alle Buchstaben des Alphabets und nach einem gegebenen Zeichen auch die Ziffern angeben; hat man zwei Nadeln, jede in einer besonderen Spirale und zu einer besonderen Drahtleitung zwischen den Stationen gehörig, so kann man schneller telegraphiren, weil eine Nadel höchstens nur drei Schläge zu machen braucht. Zu jeder Nadel gehört natürlich eine besondere Handhabe, welche man abwechselnd einzeln oder gleichzeitig in Bewegung setzt. Man kann auf allen Zwischenstationen entweder gleichzeitig dieselben Zeichen empfangen oder auch die Galvanometer derselben ausschalten, ohne die Hauptleitung zu unterbrechen. Man kann so höchstens 20 Worte in der Minute telegraphiren.

b) Eine andere Vorrichtung zum Telegraphiren sind die Zeiger- oder der Buchstabentelegraphen von Wheatstone. Sie haben den Vorzug vor den Nadeltelegraphen, daß sie das Auswendiglernen der Zeichen ersparen und somit weniger leicht eine Irrung zulassen, indem sie ohne weiteres die beabsichtigten Buchstaben unmittelbar anzeigen und daß sie selbst ohne alle Vorübung von Jedem leicht gehandhabt werden können; aber auch sie halten die hintereinander gegebenen Zeichen nicht fest, so daß dieselben sofort aufgezeichnet oder im Gedächtnisse festgehalten werden müssen.

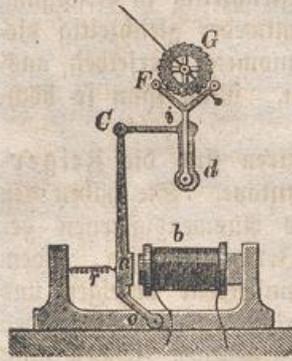


(Fig. 415.)

(Fig. 416.)

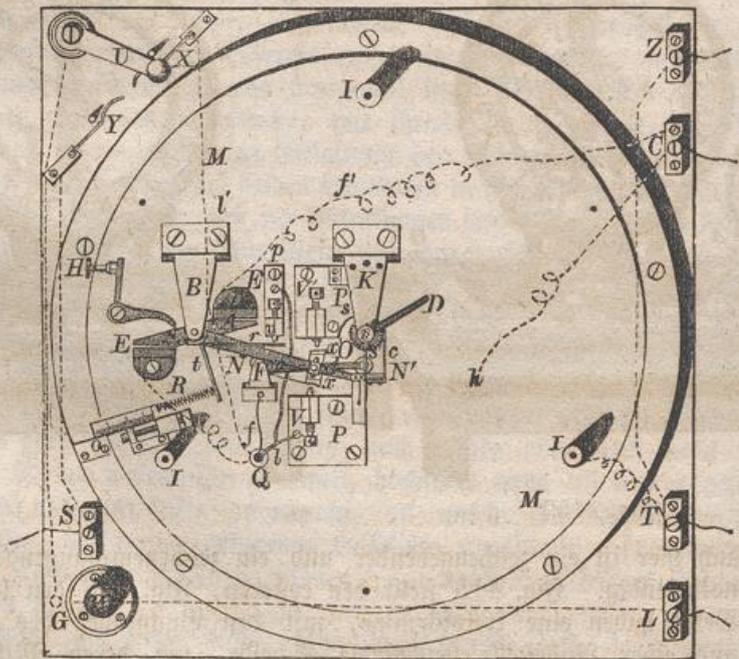
Auch hier ist ein zeichengebender und ein zeichenempfangender Apparat nothwendig. Fig. 415 stellt den ersteren, Fig. 416 den letzteren dar. Beide haben eine kreisförmige, mit den Buchstaben des Alphabets und einer Ruhestelle bezeichnete Scheibe, um deren Mitte ein Zeiger drehbar ist. Die Einrichtung muß nun so getroffen werden,

daß der Zeiger der zweiten Station, wenn man auf der ersten den Zeiger mit der Hand auf einen bestimmten Buchstaben stellt, mittelst der Einwirkung eines Elektromagneten auf denselben Buchstaben rückt und so lange darauf stehen bleibt, als er hier stehen gelassen wird. Diese Zeit muß eine möglichst kurze sein, um so schnell als möglich zu telegraphiren.



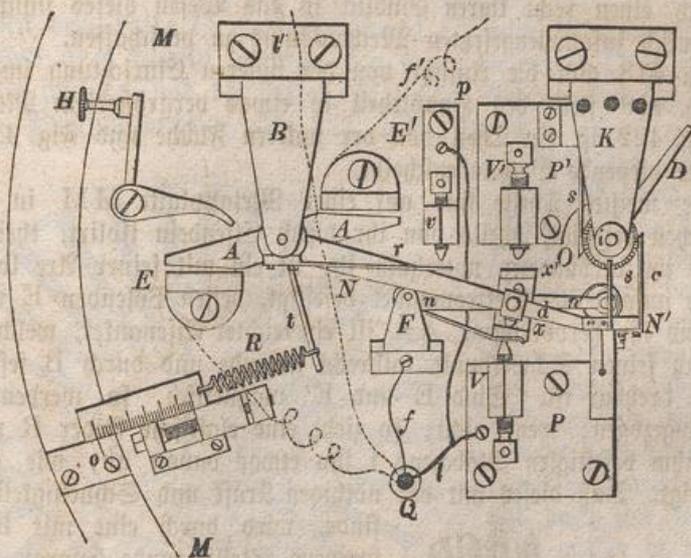
(Fig. 417.)

Die elektrische Bewegung geht in der zeichengebenden Station von einer durch das bunsensche Element Q vertretenen Batterie aus, tritt von dem Poldrahte A durch die Messingfeder N in das gezahnte Metallrad R, von da durch die Feder M nach der Klemmschraube O, von hier aus durch den Leitungsdraht OD nach der zeichenempfangenden Station, wo er zunächst den in Fig. 417 besonders abgebildeten Elektromagneten b erzeugt, dann nach H, K, S zur Klemmschraube L und von hier aus, wenn nicht eine Erdleitung stattfindet, durch einen zweiten Leitungsdraht zurück nach der ersten Station zur Klemmschraube J und zu dem zweiten Poldrahte B geht. Bei der Erdleitung gehen die Drähte von L und von B aus zu einer Kupferplatte in feuchtem Erdboden.



(Fig. 418.)

Die Buchstaben folgen auf beiden Scheiben in derselben Ordnung und zwischen Anfang und Ende ist ein Haltepunkt. In der Mitte hat jede Scheibe ein Rad mit einem Zahne mehr als Buchstaben sind, das auf der Ausgangsstation trägt in seiner Mitte noch einen daran befestigten Zeiger S mit einem kleinen Griffe, während der Zeiger des zweiten Rades ohne Griff ist. Die Feder N bleibt während der Drehung des Rades R mittelst seines Zeigers fortwährend in leitender Berührung mit ihm, die Feder M aber trägt an ihrem oberen Ende einen Zahn, welcher sie beim Uebergange über einen Zahn des Rades aus der leitenden Verbindung mit ihm bringt, aber sie wieder herstellt, wenn der Zahn in eine Vertiefung zu liegen kommt. Wird also der Zeiger P mit der Hand einmal herumgedreht, so wird die elektrische Verbindung zwischen beiden Stationen ebenso oft unterbrochen, als hergestellt.



(Fig. 419.)

Auf der Empfangsstation steht der auf der Rückseite des Apparates angebrachte, hier (Fig. 417) in entgegengesetzter Lage dargestellte Elektromagnet b mit einem Hebelsysteme in Verbindung, welches beim Schließen und Öffnen der Verbindung das gleichzeitige Fortrücken des Rades G mit seinem Zeiger F besorgt. Dem hier links gezeichneten Ende des Eisenternes steht ein um o drehbarer Anker a gegenüber, welcher durch eine Feder r etwas nach links weggezogen wird, wenn die Leitung unterbrochen, aber nach rechts geht, wenn sie hergestellt ist. Wird a angezogen, so geht die Stange Ci nach rechts und dreht den Hebel d auch nach rechts; wird a losgezogen, so geht der Hebel d nach links. Da

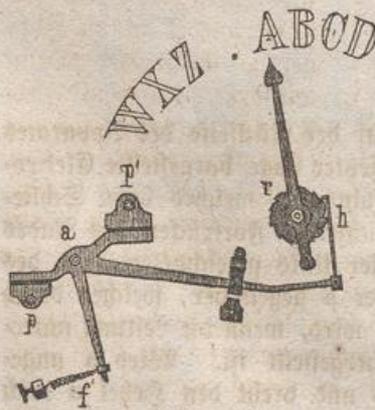
nun dieser Hebel eine Gabel mit zwei Armen trägt, deren Enden abwechselnd in die Zähne des Rades G eingreifen, wie der Anker bei einer Pendeluhr; so wird dieses von Zahn zu Zahn sprungweise genau in derselben Weise gedreht, wie es mit dem des Zeichengebers geschieht.

Bei manchen Telegraphen wird auf der Empfangsstation der Zeiger durch ein Uhrwerk bewegt und durch den Anker des Elektromagneten auf einem bestimmten Buchstaben festgehalten.

Es ist ersichtlich, daß man zwei Apparate der Art haben muß, wenn man rückwärts telegraphiren will. Deshalb war es ein glücklicher Gedanke von Siemens und Halske einen Apparat zu konstruiren, welcher zum Geben und Empfangen von Zeichen gleichzeitig dient. Derselbe ist in Preußen eingeführt und wir wollen nun das Wesentlichste davon anführen, obwohl es etwas schwierig ist, durch eine bloße Zeichnung sich einen recht klaren Einblick in das Wesen dieses sinnreichen, aber ziemlich zusammengesetzten Mechanismus zu verschaffen.

Fig. 418 gibt die Ansicht von der inneren Einrichtung im Ganzen, Fig. 419 stellt den Haupttheil in etwas vergrößertem Maßstabe dar, Fig. 422 ist ein Theil von der unteren Fläche und Fig. 421 die als Decke dienende Buchstabenscheibe.

Die meisten Theile sind auf einer Metallplatte MM in einem Holzkästchen befestigt, theils von ihr durch Elfenbein isolirt, theils leitend mit ihr verbunden; unterhalb ihr ist ein mit seiner Axe lothrecht gegen sie aufgestellter Elektromagnet befestigt, dessen Polenden E und E' etwas aus ihr hervorragen. AA ist ein leichter Eisenanker, welcher um eine durch seinen Schwerpunkt lothrecht gehende und durch B festgehaltene Axe drehbar ist. Sind E und E' magnetisch, so werden seine Enden angezogen; wenn nicht, so zieht eine elastische Feder R mittelst des an ihm befestigten Stäbchens t ihn etwas davon ab, wie es die Figur zeigt. Daß dieses mit der nöthigen Kraft und Schnelligkeit statt-

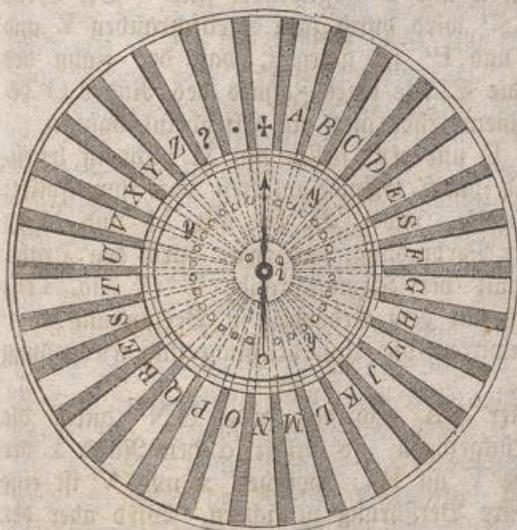


(Fig. 420.)

finde, wird durch eine mit R verbundene Stellschraube besorgt. — In der Mitte des Ankers ist noch ein Hebel NN' befestigt, welcher an seinem freien Ende ein Metallstäbchen c mit einem Haken trägt; letzterer greift seitwärts in die Zähne eines Rades O und zieht bei jedem Öffnen der Kette je einen Zahn fort, so daß das Rad im Sinne der Zeiger einer Uhr gedreht wird; denn wird der Anker von den Polen angezogen, so schiebt sich der Haken, während das Rad O still steht, über

einen zurückliegenden Zahn fort, wird der Anker aber von der Feder zurückgezogen, so zieht der Haken einen Zahn vorwärts. Fig. 420 zeigt diesen Theil des Mechanismus abgefordert ganz deutlich: p und p' sind die Elektromagneten, welche den Anker gerade angezogen haben. Dem Stäbchen c entspricht an der gegenüberliegenden Seite des Rades ein anderes s, auch mit einem Zahne an seinem Ende. Beide wechseln während der hin- und hergehenden Bewegung des Ankers so ab, daß s, während c über den zurückliegenden Zahn hinschiebt, bei der Anziehung des Ankers einen Zahn des Rades festhält, ihn aber losläßt, wenn c den seinen vorwärts zieht, also wenn die Feder R den Anker abzieht. Zwischen den beiden Stäbchen c und s ist noch ein drittes s', welches in grader Richtung auf die Ase des Rades O hingeht, am Ende mit einem aufwärts gerichteten Haken versehen ist und wie eine Arretirung dafür sorgt, daß die Bewegung immer nur um einen Zahn erfolgen kann.

Mit dem Rade O gleichzeitig dreht sich seine lothrechte Ase i, an dieser sind zwei Nadeln befestigt, von denen die innere D in Fig. 418 und 419 sichtbar, und die äußere, in gleicher Richtung mit ihr liegende, auf der Buchstabenscheibe, Fig. 421, erkennbar ist.



(Fig. 421.)

durch yyy angedeutet ist. Wenn man, während das Rad O mit seinen beiden Zeigern sich dreht, irgend eine Taste herabdrückt, so verhindert der an ihr befindliche Stift die weitere Bewegung des unteren Zeigers D und somit des oberen und des ganzen Apparates; so wie man aber die Taste losläßt, kann die Drehung wieder fortgesetzt werden.

Wäre nun an jeder von zwei Stationen ein solcher Apparat, ginge

Diese als Decke dienende und durch die drei Stifte JJJ an MM befestigte Scheibe besteht aus so vielen mit den Buchstaben und Zeichen versehenen Abtheilungen, als das Rad O Zähne hat (hier aus 30), welche sich wie die Tasten eines Klaviers herabdrücken lassen und durch eine Feder von selbst wieder in die Höhe gehen, wenn der Druck aufhört. Unterhalb der Tasten befinden sich in einer Kreisperipherie liegende senkrecht angebrachte Metallstifte, deren Lage

durch beide die Elektrizität und brächte sie an den beiden Elektromagneten fortwährend und gleichzeitig die Unterbrechung und die Herstellung der Leitung hervor; so würden die Zeiger während ihrer Bewegung in beiden gleichzeitig auf denselben Buchstaben sich befinden, wenn sie beim Beginne der Bewegungen auf dieselben gestellt worden wären, und wenn man auf der einen Station den Zeiger durch eine Taste mit einem bestimmten Buchstaben anhielte, so würde der Zeiger auf der anderen Station während der Zeit des Anhaltens auf demselben Buchstaben stehen bleiben, so daß auf diese Weise ein kurzer Halt auf den einzelnen Buchstaben eines Wortes nach der Reihenfolge genügt, um sich verständlich zu machen. Es ist dazu ein Stromwender, ein Stromunterbrecher und eine ziemlich zusammengesetzte Leitung erforderlich.

Der Hebel NN' veranlaßt durch seine Bewegungen unter Mitwirkung der Feder R die Stromunterbrechungen. Das Metallstück F hält einen bei n drehbaren Metallstreifen nn' , dessen freies Ende auf einer Achatplatte hinschleift; gegen die Mitte dieses Streifens ist eine dünne Metallbrücke xx' befestigt, deren beide Enden x und x' rechtwinklig aufwärts gebogen sind. Der Hebel NN' trägt über dieser Brücke ein kleines Metallstück d mit isolirenden Elfenbeinknöpfchen an den beiden Seiten, welche dem x und x' zugewendet sind. Die Weite der Bewegung des Hebels NN' wird durch zwei Stellschrauben V und V' auf den Metallstücken P und P' so geregelt, daß der Zahn des Stäbchens c sich gerade um die Stärke eines Zahnes des Rades O bewegen kann. V' trägt an seinem Ende auch ein Elfenbeinknöpfchen.

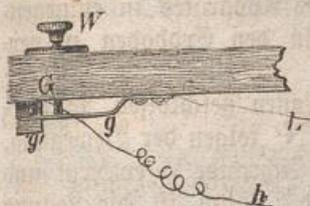
Die Metallstücke P , P' , F und nn' stehen mit M nicht in leitender Verbindung, sondern sind durch Elfenbeinplatten von ihm isolirt; dagegen stehen alle übrigen Theile, wie z. B. B , mit M und dieses mit dem Erdboden in leitender Verbindung, und zwar durch den Draht, welcher den Metallknopf J mit der Klemmschraube T (s. Fig. 418) verbindet. NN' ist also stets mit dem Erdboden in Verbindung, nn' ist stets isolirt und beide bewirken die Unterbrechung und Herstellung der Leitung.

Werden nämlich der Anker AA und der Hebel NN' durch die Feder R in die Ruhelage zurückgezogen, so drückt d den Rand x der Brücke gegen die Stellschraube V an P . Zwischen x und V ist eine kleine Feder angebracht, um ihre Berührung zu sichern. Wird aber der Anker durch die Pole E und E' angezogen, so bewegt sich d nach x' und drückt die Brücke an V' , so daß x von P isolirt ist.

Die elektrischen Ketten auf beiden Stationen müssen so aufgestellt sein, daß beide miteinander eine Säule bilden und die Leitungen so verbunden sein, daß die Apparate von der Elektrizität in entgegengesetzter Richtung durchgangen werden.

Der positive Poldraht der Säule geht zur Klemmschraube C , von da durch den Draht f' zu dem Polende E' des Elektromagneten; das

andere, zu dem Polende E gehörige Ende der Spirale ist unter der Platte und tritt durch eine mit Elfenbein ausgelegte Oeffnung Q herauf, um sich mittelst seiner Verlängerung f mit T zu verbinden. Dadurch ist C mit dem Streifen nn' in beständige Verbindung versetzt. Von nn' aus geht noch ein Draht l, welcher sich verzweigt: ein Theil geht nach P, der andere durch die Oeffnung Q unter die Scheibe MM und unter ihr fort bis zur Feder X.



(Fig. 422.)

Von der Klemmschraube C, welche den positiven Poldraht aufnimmt, geht noch ein Draht h bis zu der unterhalb der Platte MM links unten in Fig. 418 befindlichen Feder g' (Fig. 422); in die andere Feder g tritt von der Klemmschraube L aus die Leitung der anderen Station, geht von da nach dem von ihr geklemmten Metallknopfe G und dieser steht in steter Verbindung mit dem Stromwender U, welcher sich entweder an die Feder Y oder an X legen läßt. Die Feder Y steht in leitender Verbindung mit der Schraube S und dadurch mit dem Wecker der Station, zu welchem W der Drücker ist.

Der negative Poldraht geht nach der Klemmschraube Z und von da nach der Schraube T und dem Erdboden. Da nun von dem Metallknopfe J auf der Scheibe MM eine Verbindung nach T geht, so ist auch M mit dem Erdboden verbunden.

Die elektrischen Ketten auf beiden Stationen müssen so aufgestellt sein, daß beide miteinander eine Säule (Bd. II., S. 333) bilden und die Leitungen so verbunden sein, daß die Apparate von der Elektrizität in entgegengesetzter Richtung durchgegangen werden. Es muß daher auf der einen Station C mit dem positiven, Z mit dem negativen Pole der Säule in leitender Verbindung stehen, während auf der anderen Station die Verbindung umgekehrt ist.

Ehe man telegraphirt, sind auf beiden Stationen die Stromwender U an die Federn Y gelegt und dadurch ist eine Verbindung mit den Weckern hergestellt. Will man telegraphiren, so drückt man auf den Knopf W. Dadurch wird die Feder g von G entfernt, kommt mit dem darunter befindlichen g' in Berührung und der von C ausgehende Poldraht führt die positive Elektrizität durch die Federn g und g' und die Klemmschraube L in die Linienleitung nach der anderen Station, wo sie bei L ankommt, von da durch die Feder g und den noch mit ihr in Berührung stehenden Metallknopf G nach der Feder Y und dem Stromwender geht und die Weckervorrichtung auslöst. Auf der zweiten Station wird das so empfangene Signal auf dieselbe Weise erwidert. — Ist dieses geschehen, so hat sich die Feder g wegen ihrer Elastizität wieder an den Kopf G gedrückt und wird nun auf beiden Stationen der Stromwender von der Feder Y auf die Feder X gelegt, so ist die

Verbindung der beiden Säulen auf den Stationen geschlossen und das Telegraphiren kann beginnen.

Die Verbindung geht nun von C aus durch den Draht f' zu den Spiralen des Elektromagneten, dann durch f zu F und dem Streifen nn' zu der Schraube V und das Metallstück P, zum Drahte ll' , gelangt zur Feder X und zum Stromwender U, von da aus nach G, g zu dem Knopfe L, durchgeht den Liniendraht nach der anderen Station, wo die Elektrizität die entsprechenden Theile des Apparates in entgegengesetzter Richtung durchläuft, um sich dann in den Erdboden zu verlieren.

Ist so der Leitungskreis auf beiden Stationen geschlossen, so werden die Anker AA angezogen und die Hebel NN' folgen der Bewegung, d schlägt an x' , wodurch die Brücke von der Schraube V entfernt und gegen die isolirende Schraube V' gedrückt wird. Nun ist die Leitung unterbrochen, der Anker wird von den Polenden des Elektromagneten nicht mehr angezogen und folgt mit dem Hebel NN' der ihn abziehenden Feder. Dadurch wird d wieder gegen x gedrückt, die Brücke mit der Schraube V in Berührung gebracht, dadurch die Leitung geschlossen und der Anker wieder angezogen.

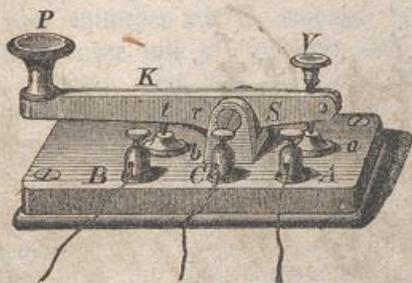
So geht das Spiel des Hebels NN', mit ihm die Drehung des Rades O und der Zeiger ununterbrochen fort, bis der Bewegung ein äußeres Hinderniß durch das Anhalten eines Zeigers sich entgegensetzt. Die Schrauben sind für diesen Fall so gestellt, daß sie mit den Enden der Brücke xx' nicht in Berührung kommen und der Strom unterbrochen bleibt.

Haben die Zeiger auf beiden Stationen aus irgend einem Grunde eine verschiedene Stellung bekommen, so bringt man sie vor dem Telegraphiren ohne Benutzung der Elektrizität und der Tasten dadurch auf das vor dem A befindliche Zeichen, daß man wiederholt auf H drückt und so das Ende des damit in Verbindung stehenden Winkelhebels auf den Anker AA stößt, wodurch die Zeiger bei jedem Stoße um einen Buchstaben weiterrücken.

Da nun auch bei diesem Telegraphen die Sicherheit der Benachrichtigung von der schnellen und richtigen Auffassung und Aufzeichnung der durch den kurzen Stillstand der Zeiger bezeichneten Buchstaben abhängt, und überdies eine spätere Kontrolle nicht statthaben kann, so sann man auf ein Mittel, durch bleibende sichtbare Zeichen sich verständlich zu machen und dazu dient zunächst der Schreib- oder Druck-Telegraph von Morse.

Es gehört dazu ein Schlüssel (Fig. 423), von welchem aus die Liniensleitung zur zweiten Station geht, mit einer zu ihm gehörigen Liniens-batterie, welche hier nicht gezeichnet ist; ein Druckapparat, welcher die von einer anderen Station gegebenen Zeichen auf einem Papierstreifen fixirt und ein Relais mit einer zweiten Batterie, der Lokal-

batterie. Fig. 424 enthält auf der linken Seite den Druckapparat und von C aus rechts das Relais, aber ohne die Batterie. Jede Station einer Telegraphenlinie enthält alle Apparate; sollen aber Zwischenstationen eine Nachricht nicht erhalten, so müssen sie ihr Relais ausschalten, so daß die Leitung nur zwischen den beiden miteinander in Verbindung tretenden Stationen vorhanden ist. Für die weitere Betrachtung müssen wir uns denken, daß auf der einen Station der Schlüssel, auf der anderen der übrige Theil des Apparates in Thätigkeit ist.

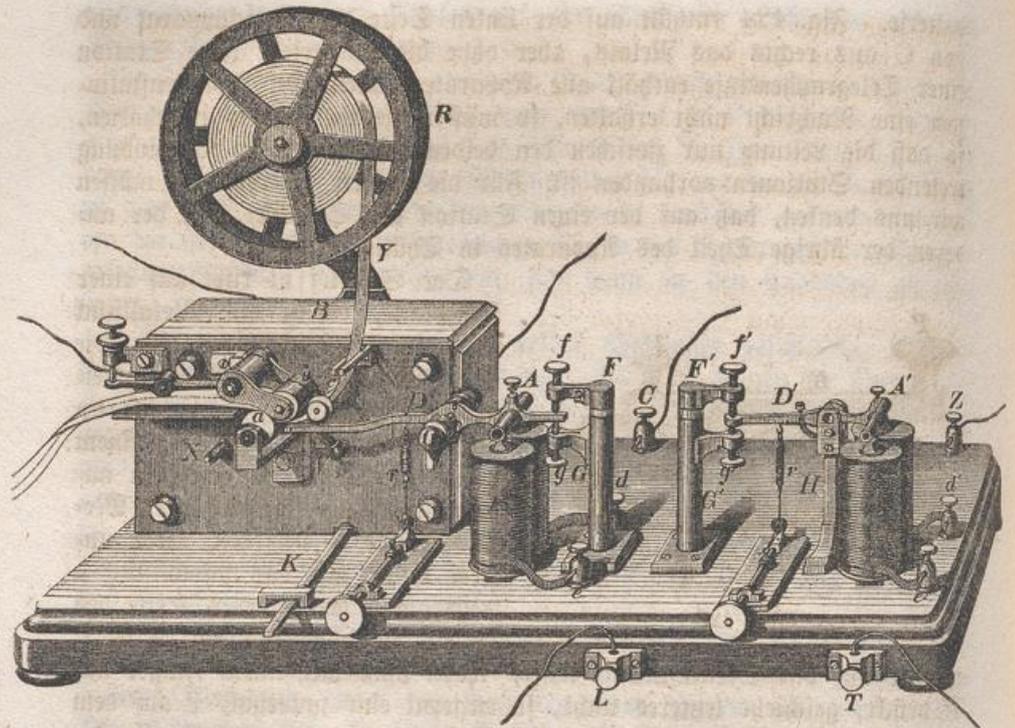


(Fig. 423.)

Der Schlüssel ruht auf einer Holzplatte, S ist ein Metallstück mit einem Zapfenlager für die horizontale Ase des metallenen zweiarmigen Hebels K, dieser ist an dem einen Ende oben mit einem hölzernen Drücker P, an dem anderen mit einer durchgehenden Metallschraube V versehen, deren unteres Ende auf das Metallstück a trifft; auf der anderen Seite des Hebels ist unterhalb ein Stift t, welcher auf das Metallstück b trifft, wenn man mit einem Finger auf P drückt; geschieht letzteres nicht, so entfernt eine unterhalb r auf dem Holze befestigte Feder diesen Arm des Hebels nach oben, drückt also die Schraube V an a. Von den drei Klemmschrauben A, C, B ist A in metallischer Verbindung mit a, C mit S und B mit b. Von der Lokalbatterie geht der positive Poldraht nach B, der negative nach dem Erdboden; von C aus geht die Linienleitung nach der anderen Station und A ist mit dem Druckapparate der betreffenden Station verbunden, wie wir es in ähnlicher Weise auf der anderen Station bei dem Druckapparate derselben erkennen werden.

Dieser Schlüssel dient zur Herstellung und Unterbrechung der Linienleitung. Wird auf P nicht gedrückt, so ist die Leitung zwischen K und der Lokalbatterie (zwischen t und b) unterbrochen, wogegen die in dem Liniendrahte ankommende Elektrizität von C nach S, K, V, a, A und von da in den nach dem Druckapparate dieser Station führenden Leitungsdraht geht. — Wird aber P herabgedrückt, so entfernt sich V von a und t kommt mit b in Berührung, so daß die von der Lokalbatterie ausgehende Elektrizität den Weg nach B, b, t, K, S, C und in dem Liniendrahte nach der anderen Station nimmt, um dort den Druckapparat in Bewegung zu setzen.

Der Druckapparat mit dem Relais (Fig. 424) ist etwas zusammengesetzter. Es sind hier zwei Elektromagnete vorhanden, der eine rechts gezeichnete E' gehört zum Relais, der andere E zum Druckapparate; der erstere empfängt seinen Magnetismus durch die von der



(Fig. 424.)

Linienleitung der anderen Station ausgehende Elektrizität, welche dort bei A ans-, hier bei L eintritt, nach der metallisch damit verbundenen Klemmschraube e' geht, dann die Spirale E' bildet, bei d' austritt, nach T und von da aus in den Erdboden sich wendet; die andere Spirale E erhält ihren Magnetismus durch die Lokalbatterie, deren Poldrähte bei C und Z in den Apparat treten. Die weitere Leitung wird sich bald ergeben.

Auf der Mittellinie zwischen den beiden Spiralen E' steht ein metallischer Ständer H, welcher an einer horizontalen Ase den Metallhebel D' trägt; dieser hat an dem Ende über den Spiralen einen Eisenanker A', das andere Ende bewegt sich zwischen den Enden zweier Metallschrauben f' und g'. Die letztere ist mittelst eines Metallstückes an den hohlen Ständer G' befestigt, erstere aber an ein Metallstück F', welches von G' durch Elfenbein isolirt ist. Eine durch eine Schraube mehr oder weniger anzuspännende Feder r zieht die linke Seite des Hebels D' herab, so daß sein Ende mit der Schraube g' in Berührung tritt, während der Anker sich von den Polfüßen des Elektromagneten entfernt, falls sie unmagnetisch sind; ist aber in diesen Magnetismus erregt worden, so kommt das linke Ende des Hebels mit der Schraube f' in Berührung; sie ist aber so gestellt, daß der Anker den Polen nur ganz

nahe und nicht zur Berührung kommen kann, weil in dem letzteren Falle zum Abreißen desselben zu viele Kraft erforderlich sein würde.

Die Klemmschraube C, welche den positiven Poldraht der Lokalbatterie aufnimmt, steht mit der Schraube d in metallischer Verbindung, und an dieser ist das eine Ende der Spirale des Elektromagneten E, das andere Ende derselben geht nach der Schraube e und diese ist in Verbindung mit dem Ständertheile F. — Die Klemmschraube Z, welche den negativen Poldraht der Lokalbatterie aufnimmt, steht in metallischer Verbindung mit dem Ständer H, also auch mit D' und je nach dessen Lage entweder mit f', wodurch der Kreislauf der Lokalbatterie geschlossen wird, oder mit g', wodurch eine Isolirung eingetreten ist.

Nun läßt sich der Erfolg der Bewegung des Schlüssels auf der einen Station in Beziehung auf das Relais und den Elektromagneten des Druckapparates auf der anderen Station leicht beurtheilen. Drückt man dort auf P, so gelangt die Elektrizität durch die Linienleitung nach L u. s. w. in die Spiralen von E' und endlich von T aus in den Erdboden; dadurch wird A' herabgezogen, das Ende von D' geht hinauf an f', der Kreislauf der Lokalbatterie ist geschlossen und die Spirale E erzeugt einen Elektromagneten, welcher den über ihm befindlichen Anker A anzieht. Hört der Druck auf P auf, so ist die Linienbatterie der ersten Station von der zweiten isolirt und alle Theile gehen wieder in ihre Ruhelage zurück, indem auch die Lokalbatterie der zweiten Station aufhört, auf E zu wirken.

Der eigentliche Druckapparat hat folgende Einrichtung. In einem Kasten B befindet sich ein Uhrwerk, welches eine aus der Seitenfläche hervorragende Rolle a recht gleichmäßig um eine horizontale Ase in einer Richtung dreht, die der von den Zeigern einer Uhr entgegengesetzt ist. Ueber dieser ist eine zweite leicht drehbare Rolle so nahe, daß ein zwischen gebrachter Papierstreifen Y von etwa 1 Zoll Breite mit fortgezogen wird. Das Papier ist auf einer über dem Kasten befindlichen, leicht drehbaren Rolle R aufgewickelt, geht dann herab zwischen die parallelen Zinken einer Gabel und noch um eine kleine Rolle b, um ihm eine sichere Lage zu geben, damit es sich in einen schwachen Einschnitt der Rolle b von der Breite des Streifens lege. An dem Gehäuse ist noch eine horizontale Drehungsaxe O für einen Hebel D befestigt, welcher auf seinem links liegenden Ende eine mit einer Spitze versehene schief gestellte Schraube V, an seinem anderen Arme einen rechtwinklig daran befestigten Eisenanker über den Polflächen des Elektromagneten trägt. Das noch hervorragende Ende dieses Armes spielt zwischen zwei Stellschrauben f und g so, daß f dem Anker sich nicht zu weit vom Elektromagneten zu entfernen und g ihm nicht zur vollkommenen Berührung zu kommen gestattet. Ist die Drahtspirale E elektrisch, so wird der Anker A angezogen und die Spitze an dem anderen Ende des Hebels macht in den Papierstreifen einen punktartigen Eindruck, wenn die

Anziehung nur einen Augenblick währet, und einen Strich, wenn sie einige Zeit andauert, während das Papier durch die Rollen fortgezogen wird. Ist die Spirale E nicht elektrisch, so zieht die Feder r an der anderen Seite des Hebels den Anker von den Polen weg und der Papierstreifen gleitet unberührt von der Spitze zwischen den Rollen durch. Bei K ist ein Hebelarm, durch dessen Verschiebung nach rechts oder nach links das Uhrwerk ausgelöst oder zum Stillstande gebracht wird.

Aus dem ganzen Zusammenhange ergibt sich also, daß ein momentaner Druck auf den Griff P des Schlüssels in der ersten Station einen Punkt auf dem Papierstreifen der zweiten, ein anhaltendes Niederdrücken desselben aber einen Strich erscheinen läßt. Die Striche dürfen, um schnell zu telegraphiren, nicht zu lang gemacht werden und daher sind bestimmte Vorschriften über die Dauer des Druckes für einen Strich.

Es läßt sich nun leicht für alle Buchstaben des Alphabetes und auch für die Ziffern und Interpunktionszeichen eine bezeichnende Zusammenstellung entwerfen. Die jetzt allgemein übliche ist folgende:

a . —	k — . —	t —
b — ...	l . — ..	u .. —
c — . —	m — —	v ... —
d — ..	n — .	w . — —
e .	o . — ...	x .. — ...
f .. — .	p	y — —
g — — .	q — — . —	z . — — ..
h	r . — .	
i ..	s	

Der geübte Telegraphist hat auf der Empfangsstation nicht nothwendig, die empfangene Depesche erst von dem Papierstreifen abzulesen, sondern er hört schon aus der Art der Hammerschläge seines Apparates die Aufeinanderfolge der bezeichneten Buchstaben heraus, selbst wenn in einer Minute bis 100 Buchstaben telegraphirt werden.

Jede Zwischenstation muß zwei vollständige Apparate haben, denn der eine muß in Verbindung mit der Linienleitung nach der einen Seite stehen, der andere aber in Verbindung nach der anderen Seite.

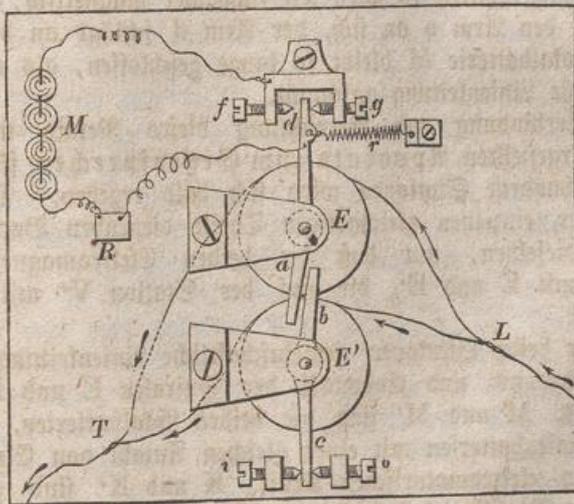
Sind an den Apparaten oder in deren Nähe stets Beamte, so ist die Auslösung eines Weckers zur Erregung der Aufmerksamkeit nicht nothwendig, sondern ein schnelles Klappern mit dem Hammer hinreichend.

Unbeschadet der Hauptsache kann die Bauart im Einzelnen manche Verschiedenheiten darbieten. Auch kann man statt der Eindrücke auf das Papier blaue Zeichen herstellen, wenn man das Papier mit einer wässrigen Lösung von gelbem Blutlaugensalze getränkt hat und es noch etwas feucht verwendet. Der schreibende Stift von Eisen ist mit dem posi-

tiven, das Papier durch die Rolle, auf welcher es sich bewegt, mit dem negativen Pole der Säule verbunden. Das Verfahren ist etwas umständlich, weil das Papier stets in ziemlich frischem Zustande verwendet werden muß.

Höchst interessant ist die Beantwortung der Frage, ob es möglich ist, durch einen einzelnen Leitungsdraht gleichzeitig nach entgegengesetzten Richtungen zu telegraphiren. Wenn wir andere Schwingungserscheinungen betrachten, so mußte dies von vornherein als möglich erscheinen. Erregen wir Kreiswellen an zwei verschiedenen Orten, so durchdringen die des einen Systems die des anderen und pflanzen sich jedes für sich weiter fort. Ebenso bleiben einander entgegenkommende Schallwellen jenseits der Orte, wo sie zusammentreffen und Interferenzen bilden, noch wahrnehmbar. Es ist klar, daß das Massentheilchen eines Körpers, welches, durch zwei Kräfte angeregt, sich in einem bestimmten Augenblicke in zwei einander entgegengesetzten Schwingungsphasen befinden soll, keiner von diesen Kräften allein folgen kann, sondern, daß es der Resultirenden aus ihnen nachgibt. Sind in diesem Falle die Schwingungskräfte gleich, so ist das Resultat Null oder das Massentheilchen bleibt in seiner ursprünglichen Gleichgewichtslage und wir haben an der betreffenden Stelle gar keine Erscheinung; sind sie ungleich, so bleibt noch ein Erfolg, aber eine Schwächung ist unvermeidlich. Dies haben die Erfahrungen beim Telegraphiren auch bestätigt.

Wir wollen nun den von Siemens ausgeführten sehr sinnreichen Apparat zum Gegensprechen und das dazu angewendete Relais anführen.



(Fig. 425.)

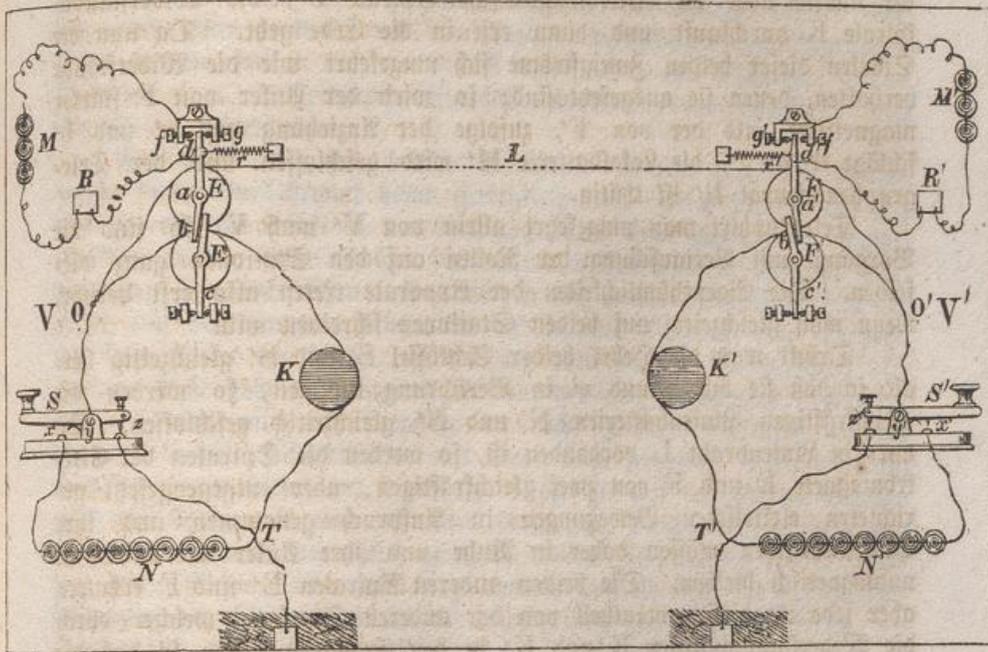
Fig. 425 stellt das Relais zum Gegensprechen im Grundrisse dar. E und E' sind zwei von einander unabhängige Elektromagnete,

deren zylindrische lothrecht gestellte Spiralen befestigt, deren Eisenkerne aber um ihre Axen drehbar sind. Die Windungen beider Drähte gehen in derselben Richtung und daher haben die beiden oberen Enden der Eisenkerne, sowie die horizontal daran befestigten und mit ihnen drehbaren Anker *ad* und *br* von weichem Eisen einerlei Polarität. Die Anfänge beider Spiralen sind mit der Linienleitung *L*, die Enden mit der Erdleitung *T* verbunden. Die Arme *a* und *b* der beiden Anker sind im Ruhezustande 2 bis 3 Millimeter von einander entfernt, die Drehung von *bc* wird durch die Stellschrauben *i* und *o* und die von *ad* durch die Schrauben *f* und *g* innerhalb gewisser Gränzen gehalten; die Spitze von *g* isolirt und die zu stellende Feder *r* zieht den Arm *d* des Ankers an sie; die Schraube *f* hat aber eine leitende Spitze. *M* bedeutet eine Lokalbatterie, von welcher der eine Poldraht nach *f*, der andere durch einen eingeschalteten Telegraphenapparat *R* nach dem Ankerarme *d* geht.

Berührt *d* die Schraube *f*, so ist die Säule *M* geschlossen, lehnt sich *d* aber an *g*, so ist sie offen. Kommt die Elektrizität aus der Linienleitung *L* an, so theilt sie sich in die beiden Spiralen und macht die beiden Anker gleichnamig magnetisch, dann aber vereinigen sich die Elektrizitäten, um in der Erdleitung *T* zu verschwinden. Wenn die beiden Zweigströme gleiche elektrische Kraft besitzen, so sind die beiden Ankerarme *a* und *b* gleichstark magnetisch, stoßen einander ab und bleiben so lange unbeweglich stehen, als die Leitung der Elektrizität stattfindet; ist aber in den Zweigstrom der Spirale *E* noch irgend ein Widerstand eingeschaltet, so wird *ad* schwächer magnetisch, als *bc*, der Arm *b* zieht den Arm *a* an sich, der Arm *d* schlägt an die Schraube *f* und die Lokalbatterie *M* bleibt so lange geschlossen, als noch Elektrizität durch die Linienleitung ankommt.

Die Verbindung und Verrichtung dieses Relais mit dem in Fig. 426 dargestellten Apparate zum Gegensprechen für zwei miteinander verbundene Stationen wird sich bald ergeben. Die zur Bezeichnung der einzelnen gleichartigen Theile dienenden Buchstaben sind für beide dieselben, nur daß die beiden Elektromagnete auf der Station *V* mit *E* und *E'*, die auf der Station *V'* mit *F* und *F'* benannt sind.

Die für beide Stationen gemeinschaftliche Linienleitung *L* verbindet den Ausgangs- und Endpunkt der Spiralen *E* und *F* von den beiden Relais, *M* und *M'* sind die beiden Lokalbatterien, *N* und *N'* die beiden Linienbatterien mit einer gleichen Anzahl von Elementen und einer gleichen elektromotorischen Kraft; *K* und *K'* sind gleiche, aus Spiralen von Neusilber bestehende und so große Widerstände, daß jeder gleich dem in der ganzen Telegraphenleitung ist; sie sind eingeschaltet in die Ausgangsenden der Spiralen *F'* und *E'* und stehen andererseits bei *T* und *T'* mit der Erdleitung in Verbindung. *S* und *S'* sind Schlüssel



(Fig. 426.)

des morse'schen Telegraphen, R und R' sind wieder die Telegraphenapparate. Die Schlüssel berühren im Ruhezustande die Knöpfe z und z', die Leitung wird hier aber unterbrochen und bei x und x' hergestellt, wenn man die Drücker herabdrückt; x und x' stehen mit den positiven Poldrähten der Linienbatterie, z und z', so wie die negativen Pole dieser Batterie aber bei T und T' mit der Erdleitung in leitender Verbindung; die Enden der Spiralen von den Relais gehen bei O und O' gemeinschaftlich nach der Ase des morse'schen Schlüssels.

Wir können nun annehmen, daß eine Station allein sprechen will, daß beide abwechselnd oder beide gleichzeitig sprechen wollen. Will man von V nach V' telegraphiren und drückt man den Hebel des Schlüssels S auf x herab, so ist die Linienbatterie N geschlossen, denn die Elektrizität kommt von dem positiven Pole nach x, y, O, spaltet sich hier: der eine Theil geht durch die Spirale E', den Widerstand K und durch T in den Erdboden, der andere Theil geht in die Spirale E und von da durch die Linienleitung in die andere Station. Das Relais V und der Telegraphenapparat R bleiben aber in Ruhe, weil die Leitungswiderstände beider, die Spiralen durchlaufenden Stromzweige einander genau gleich sind, also auch gleich stark magnetisiren. Der Stromtheil, welcher in die Linienleitung geht, kommt bei dem Elektromagneten F an, spaltet sich in O', von wo ein Theil ohne große Hindernisse durch den ruhenden Schlüssel bei y' und z' und dann nach dem Erdboden geht;

der andere aber die elektromagnetische Spirale F' , die Widerstandsspirale K durchläuft und dann erst in die Erde geht. Da nun die Stärken dieser beiden Zweigströme sich umgekehrt wie die Widerstände verhalten, denen sie ausgesetzt sind; so wird der Anker von F stärker magnetisirt, als der von F' , zufolge der Anziehung von a' und b' schlägt d' an f' , die Lokalbatterie M' wird geschlossen und der Telegraphenapparat R' ist thätig.

Telegraphirt man umgekehrt allein von V' nach V , so sind die Vorgänge mit Vertauschung der Rollen auf den Stationen ganz dieselben. Die Eigenthümlichkeiten der Apparate treten also erst hervor, wenn man gleichzeitig auf beiden Stationen schreiben will.

Drückt man die Hebel beider Schlüssel S und S' gleichzeitig herab, so daß sie mit x und x' in Berührung kommen, so werden die gleichkräftigen Linienbatterien N und N' gleichzeitig geschlossen. Da nur ein Liniendraht L vorhanden ist, so werden die Spiralen der Elektromagnete E und F von zwei gleichkräftigen, aber entgegengesetzt gerichteten elektrischen Bewegungen in Anspruch genommen und ihre Massentheilen müssen daher in Ruhe und ihre Anker ad und $a'd'$ unmagnetisch bleiben. Die beiden anderen Spiralen E' und F' erhalten aber jede ihren Stromtheil von der anderen Station, welcher durch die Widerstandsspiralen K und K' in den Erdboden geht, so daß die Anker be und $b'e'$ allein magnetisch werden, die anderen Anker ad und $a'd'$ anziehen, die Lokalbatterie schließen und die Telegraphenapparate in Thätigkeit setzen.

Wenn also eine einzelne Station spricht, arbeitet der Apparat auf der anderen Station unter dem Einflusse der Linienbatterie der sprechenden Station; sprechen beide Stationen gleichzeitig oder drückt man den Schlüssel auf beiden gleichzeitig herab, so empfängt man die Nachricht unter der Wirkung der eigenen Lokalbatterie.

Wenn auch das wissenschaftlich in Aussicht gestellte Gegensprechen hier auf eine vortreffliche Weise zur Ausführung gebracht worden ist, so macht man doch davon fast gar nicht Gebrauch, weil das Bedürfniß noch nicht ein eben sehr drängendes ist.

Da bei dem morse'schen Telegraphen die Zuverlässigkeit einer empfangenen Nachricht von der Gewandtheit, Sicherheit und Tüchtigkeit des Zeichengebers abhängt, so hat man schon längst auf Mittel gesonnen, eine Originaldepesche genau so, wie sie aufgegeben worden ist, an der Empfangsstation von dem Apparate selbst geschrieben zu erhalten, ohne daß eine Irrung oder Fälschung eintreten kann. Es scheint dem Unkundigen absolut unmöglich zu sein, daß der Hunderte von Meilen lange Telegraphendraht imstande sein sollte, als Schreibfeder oder Zeichenstift zu dienen, um nicht nur Schriftzüge, sondern auch allerlei Zeichnungen treu wiederzugeben, und doch sind nicht nur glückliche Versuche gemacht, sondern auch im Großen, namentlich seit dem 15. Februar 1865

zwischen Paris und Lyon ist die Ausführung im Großen bewirkt worden und zwar mittelst des von Caselli angegebenen Pantelegraphen. Man nannte früher die den Zweck erstrebenden von Eschopp, Bains, Bakewell u. a. ausgeführten Einrichtungen Kopirtelegraphen. Ihr Prinzip ist folgendes.

Auf jeder von den beiden Stationen ist eine metallene Walze, welche durch ein Uhrwerk beide gleichzeitig und gleich schnell um ihre Ase gedreht und dabei in der Richtung ihrer Axen gleichmäßig fortgeschoben werden; beide Walzen sind mit dem Erdboden in leitender Verbindung; die Oberflächen beider werden von einem Metallstifte fast berührt, auf der Ausgangsstation ist der negative Poldraht einer Batterie mit dem Stifte der Walze, der positive aber mit der Linienleitung verbunden; diese geht nach dem Stifte auf der Empfangsstation. Auf der ersten Station wird die Depesche in nicht zu kleiner Schrift auf ein leitendes Papier (Metallfolie) mit einer nicht leitenden Dinte (Firnis) geschrieben und dieses um die Walze festgelegt; auf der zweiten Station wird die Walze mit einem Papiere überzogen, welches mit Stärke und Jodkalium (Jodkaliumkleister) getränkt worden und etwas feucht gehalten wird. Beide Stifte sind so zu stellen, daß sie über die beiden Umhüllungen der Walzen mit leichter Berührung gerade dahin gleiten. — Drehen sich nun die beiden Walzen, so beschreiben die Stifte auf ihren Oberflächen enge Spiralen. Der elektrische Kreislauf ist geschlossen, wenn der erste Stift leitende Stellen berührt; er ist geöffnet, wenn er auf die Schriftzüge trifft. Im ersten Falle bringt der andere Stift mittelst der positiven Elektrizität eine Zersetzung des Jodkaliums hervor, indem sich das Jod mit der Stärke verbindet, und färbt die berührte Stelle des Papiers blau, im zweiten Falle läßt der Stift die berührte Stelle weiß. Daraus ergibt sich, daß die Schrift der ersten Station hier weiß in Blau erscheint. Man kann auf diese Weise wohl mehr als 100 Worte in einer Minute telegraphiren.

Bei dem Pantelegraphen von Caselli besorgen auf den beiden Stationen zwei Pendel, deren Gang durch zwei übereinstimmende und eine Differenz von $\frac{1}{100}$ Sekunden ausgleichende Reguliruhren vollkommen gleichmäßig erhalten wird, mittelst Hebeln die Bewegung zweier Eisenstifte, welche auf jeder Station über zwei befestigte zylinderrörmig gekrümmte Metallplatten mit dem Depeschenpapiere recht nahe liegende Linien beschreiben. Die Stifte werden, während sie die einzelnen Linien bei jedem Pendelgange beschreiben, mit dem sie tragenden Schlitten auf einer Schraube fortgeschoben, deren Ase mit der Zylinderaxe parallel ist. Das Pendel selbst besteht aus einem etwa 2 Meter langen Stahlstabe, an dessen unterem Ende eine Eisenplatte ist, welche zwischen zwei durch eine Lokalbatterie und einen Stromwender abwechselnd erzeugten Elektromagneten hin und her schwingt. Am Aufgabsorte wird die Depesche oder die Zeichnung mit isolirender Dinte auf Staniol geschrieben

oder gezeichnet und auf die Zylinderfläche befestigt, an der Empfangsstation ist ein mit einer Lösung von Kaliumzinnur getränktes Papier aufgelegt. Die Verbindung der Linienbatterie ist nun so, daß, wenn auf der Aufgabestation der Stift das Metall berührt, die Elektrizität in die Erde geht; wenn aber der Stift auf die Schrift trifft, die Linienleitung hergestellt ist und der Stift auf der zweiten Station auf seinem Papiere ein berlinerblaues Zeichen herstellt. Auf diese Weise werden die Schriftzüge des Originals aufstreueste in einer feinen blauen Schraffur wiedergegeben. Da bei jedem Apparate zwei Zylinderflächen sind, und auf jeder ein Papier bis zu 120 Quadratcentimetern angebracht werden kann, worauf 250 Wörter platzfinden; so lassen sich in 20 Minuten auf diese Weise 500 Wörter telegraphiren. — Es ist klar, daß man auch Zeichnungen treu kopiren kann, wenn nur die Linien nicht allzu nahe aneinander sind, da die Linien des Originals in der Kopie fast nur aus lauter nahe aneinander liegenden Punkten zusammengesetzt sind.

Nachdem wir die magnetisirenden Wirkungen der Elektrizität betrachtet haben, bleibt uns nur übrig, noch Einiges über ihre chemischen Wirkungen und über die Erzeugung von Schall durch sie anzuführen.

4) Die Natur der galvanischen Elektrizität brachte es mit sich, daß wir chemische Zersetzen und Verbindungen sowohl innerhalb einer Kette, als auch außerhalb derselben bei einem Stoffe, welchen die elektrische Bewegung zu durchdringen genöthigt wird, erwähnen mußten, so daß der Chemismus uns bereits als Ursache und Wirkung der Elektrizität erschienen ist; wir können uns daher hier ganz kurz fassen.

Chemische Wirkungen zeigen sich nicht blos bei der dynamischen, sondern auch bei der statischen Elektrizität, wenn man nur dafür sorgt, daß möglichst rasche Entladungen und Ladungen wiederholt aufeinander folgen.

Unter Umständen ist schon der kleinste einfache elektrische Funke mit seiner bedeutenden Schwingungszahl hinreichend, eine chemische Verbindung hervorzubringen, wie wenn er im Knallgase (1 Maß Sauerstoff mit 2 Maß Wasserstoff) entwickelt wird. Dagegen wird die Zerlegung des Wassers nur durch eine andauernde Entwicklung von Elektrizität möglich. Wenn zwei sehr feine, in gläserne Haarröhrchen geschmolzene Platindrähte im Wasser mit ihren kaum sichtbaren Enden einander nahe gegenüber stehen und man verbindet den einen mit dem positiven Konduktor, den anderen mit dem negativen Reibzeuge; so zeigt sich an jenem Sauerstoff, an diesem Wasserstoff. — Einen bemerkenswerthen Fall bietet die Ausscheidung der Metalle in absolut reinem Zustande aus Auflösungen eines Neutralsalzes, z. B. Kupfervitriole dar. Man legt auf zwei etwas von einander abstehende Streifen von Zinnfolie zwei etwas überragende Platindrähte so, daß sie einander noch nicht berühren und

füllt den Zwischenraum mit einem dicken Striche einer solchen Auflösung an; so zeigt sich am negativen Drahte das Kupfer.

Durch galvanische Elektrizität lassen sich Zerlegungen und Metallreduktionen viel schneller hervorbringen, weil hier die Ladungen und Entladungen in außerordentlich kleinen Zwischenzeiten aufeinander folgen und so eine bedeutende Kraft entwickeln. Es ist berechnet worden, daß die Kraft, welche 1 Millegramm Wasser zu zersetzen vermag, gleich ist der Kraft, womit die Erde 2956 Zentner anzieht.

Zur Niederschlagung von Metallen aus ihren Lösungen sind aber nicht einmal besondere galvanische Apparate erforderlich: hält man ein blankes Stück Kupfer in eine Silberlösung, so wird das sämmtliche Silber ausgeschieden, indem sich Kupfer auflöst. Kupfer aber kann durch Silber aus einer Lösung nicht ausgeschieden werden. Blei wird durch Eisen, nicht aber durch Kupfer gefällt; Kupfer aber durch Blei und Eisen. Es ist in technischer Beziehung wichtig, die verschiedenen Metalle und ihre Leistungen in dieser Beziehung näher kennen zu lernen und deshalb hat man die Metalle in eine Reihenfolge gebracht, welche man die elektrochemische Spannungsreihe nennt, in welcher jedes folgende Metall durch ein vorhergehendes aus seiner Lösung gefällt wird; sie ist für die gangbarsten Metalle: Zink, Zinn, Eisen, Blei, Kupfer, Silber, Gold, Platin.

5) Abgesehen davon, daß die Luft, durch welche die Abgleichung elektrischer Gegensätze geschieht, ausgedehnt wird und dadurch einen Schlag oder Knall veranlaßt, bringen die, wie wir erkannt haben (S. 205), äußerst raschen elektrischen Schwingungen unmittelbar auch die verhältnißmäßig sehr langsamen Schallschwingungen in den verschiedenen, selbst sehr wenig elastischen Körpern, wie z. B. dem Blei, hervor. Schon die Reibungselektrizität bringt in den Flaschen einer Nebenbatterie einen leisen Ton hervor, wenn die Ladung durch einen Funkenmesser geschieht. Weil hierbei das Glas in Längenschwingungen geräth, ist es angemessen, das Ohr in der Richtung der Glasflächen zu halten.

Bei der galvanischen Elektrizität hört man in den Leitungsdrähten ein leises Summen, welches von der Fortpflanzung der Atombewegung in den Zersezungszellen herrührt. — Wenn man eine magnetoelektrische Induktionsrolle mit einer dünnen aufgeschlitzten Metallröhre umgibt, deren Ränder bis zur losen Berührung zusammengebogen sind und man leitet durch die Spirale fortwährend unterbrochene Elektrizität, so lassen sich, je nach den Abmessungen und dem Stoffe der Röhre, Töne von verschiedener Höhe wahrnehmen, deren Stärke mit zu- und abnehmender Stromstärke auch zu- und abnimmt. Ist die Röhre von Eisen, so wird sie dem Eisenkerne entgegengesetzt magnetisch und kann sogar neben der Rolle stehen, nur daß dann der Ton schwächer ist. — Bringt man in eine etwa 12 Zoll lange Rolle von starkem Kupferdrahte isolirt eine

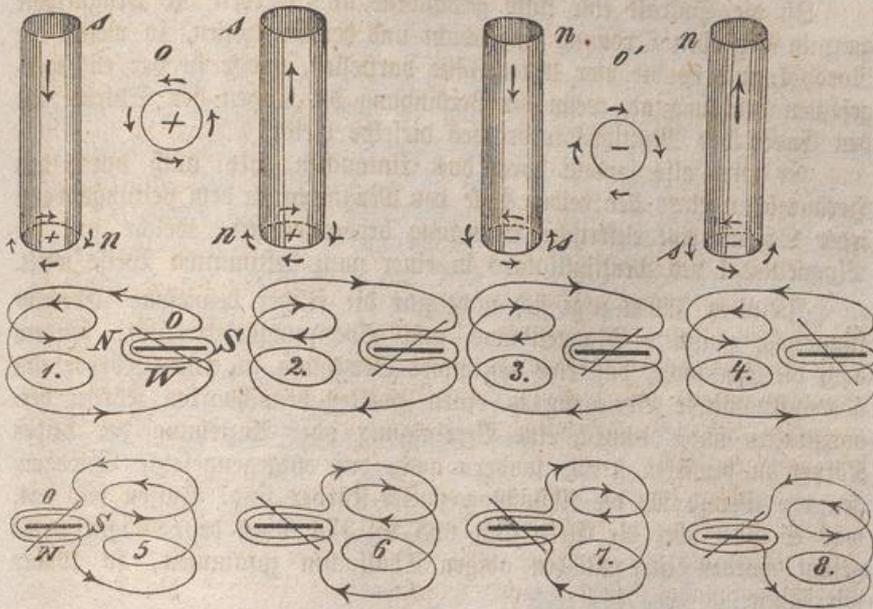
4 Fuß lange und 1 Zoll dicke eiserne Stange mit freien Enden, so gibt sie im Augenblicke des Schließens und Oeffnens einer starken Batterie einen Ton, dessen Höhe sich von dem durch mechanisches Anstreichen erzeugten und zu seinen Längenschwingungen gehörigen tiefsten Tone nicht unterscheidet. Die Metalle tönen sogar, wenn die Elektrizität unmittelbar durch sie selbst geleitet wird oder wenn sie der plötzlichen Wirkung eines sehr starken Elektromagneten ausgesetzt werden. Durch Resonanz oder das Stethoskop werden diese leisen Töne vernehmlich.

Diese Thatsachen sind ein direkter Beweis davon, daß die Elektrizität eine Schwingungserscheinung der Molekel des elektrischen Körpers ist. Beim Laden und Entladen, so wie beim Schließen und Oeffnen einer Kette machen die Theilchen, welche während des sogen. elektrischen Stromes jenseits und diesseits ihrer Gleichgewichtslage schwingen, Bewegungen auf die entgegengesetzten Seiten dieser Lage, was eben Schallschwingungen sind.

V. Wir kommen nun zu der Betrachtung des Magnetismus in Beziehung auf die anderen Molekularerscheinungen. Es scheint im ersten Augenblicke, als ob derselbe, weil er in einer zur Ruhe gebrachten Viertelschwingung besteht, nicht imstande sein könnte, die lebendigen Schwingungen, wie sie den anderen Erscheinungen angehören, hervorzubringen. In der That muß man eine äußerliche mechanische Kraft anwenden, um entweder den magnetischen Körper selbst oder denjenigen, welcher in seiner Nähe unter seinem Einflusse steht, in Bewegung zu versetzen und dadurch erst die anderen Erscheinungen zu erhalten.

1) Der Magnetismus erzeugt zunächst Elektrizität, welche Magneto-elektrizität heißt. Um die hierher gehörigen Erscheinungen zu untersuchen, unwickelt man hölzerne Hohlzylinder in links oder rechts gewundenen und isolirten Kupferdrahtspiralen (Induktionsrollen), schaltet in deren Enden einen entferntstehenden Multiplikator ein, dessen Windungen man in den magnetischen Meridian stellt, damit die Magnetnadel in ihrer Ruhelage genau zwischen den Windungen steht. Dazu gehören noch Magnete, gleichgiltig ob Stahl- oder Elektromagnete. Wir wollen nun theils die magnetischen Nordpole, theils die Südpole von stabförmigen Magneten und theils links, theils rechts gewundene Spiralen verwenden.

In Fig. 427 seien *ns* vier Magnetstäbe, *n* ihr Nordpol, *s* der Südpol; zunächst darunter befinden sich vier links gewundene und weiter unten vier rechts gewundene Spiralen; in jede von den Spiralen ist auf dieselbe Weise ein Multiplikator eingeschaltet, bei welchem die vier Hauptweltgegenden durch *O*, *N*, *S*, *W* angedeutet sind; die starken Striche darin bedeuten die Magnetnadel in ihrer Ruhelage, die schwachen ihre Ablenkung durch die hervorzubringende Magneto-elektrizität. Die an den Magnetstäben unten gezeichneten Pfeile geben die Richtung der positiv magnetischen Schwingungsbewegung der Molekel in jedem Quer-



(Fig. 427.)

schnitte an: sie gehen beim positiven Magnetismus (im ersten und zweiten Falle) in einer links gewundenen, beim negativen (im dritten und vierten Falle) in einer rechts gewundenen Spirale. Wenn man die Magnetstäbe umkehrt, so daß die untere Endfläche von obenher angesehen wird, so zeigt sie sich in den beiden Fällen, wie es die dazwischen gezeichneten Kreise angeben, so daß man sagen kann: der positive Magnetismus zeigt sich in einer Richtung, welche der Bewegung der Zeiger einer von vorn angesehenen Uhr entgegengesetzt ist; der negative aber in derselben Richtung mit den Zeigern, jener also von oben nach links, dieser von oben nach rechts*).

Taucht man nun (Fall 1) den Nordpol des Magnetstabes in die links gewundene Spirale, so weicht der Nordpol der Magnetnadel des Multiplikators sofort nach Osten ab; die Nadel kommt aber nach einigen Schwankungen zur Ruhe, wenn der Magnetstab in Ruhe bleibt. Zieht man den Magnetstab aus der Spirale zurück (2), so weicht der Nordpol der Nadel nach Westen ab. Taucht man den Südpol ein (3), so geht der Nordpol nach Westen; zieht man den Südpol heraus (4), so weicht der Nordpol nach Osten ab.

*) In dieser doppelten Auffassungsweise sind die sich sonst verwirrenden Darstellungen in den verschiedenen Schriften festzuhalten. S. 374 oben ist aus Versehen nicht angegeben, daß die zweite Darstellung gemeint ist. Vergl. Fig. 395.

Ist die Spirale eine links gewundene und werden die Magnetpole ganz in derselben Ordnung eingetaucht und herausgezogen, so weicht der Nordpol, wie es die vier letzten Fälle darstellen, grade in der entgegengesetzten Richtung ab, wenn die Verbindung der Enden der Spirale mit den Enden des Multiplikatorrahmes dieselbe bleibt.

Es wird also sowohl durch das Eintauchen, als auch durch das Herausziehen eines der beiden Pole des Magneten in dem Leitungsdrahte jeder Spirale eine elektrische Bewegung hervorgerufen, welche auf die Magnetnadel des Multiplikators in einer ganz bestimmten Weise wirkt.

In allen Fällen zeigt sich nicht nur die früher bewiesene Uebereinstimmung zwischen Magnetismus und Spannungselektrizität, sondern auch die Thatsache, daß eine bestimmte Bewegung in einem Körper eine übereinstimmende Bewegung in einen zweiten benachbarten Körper hervorzurufen und demnach eine Vereinigung oder Anziehung der beiden Körper zu bewirken strebt, sondern auch, daß entgegengesetzte Bewegungen der Grund für die Abstoßung zweier Körper sind. Fassen wir das, was S. 345 über die Elektrizität und S. 374 über den Magnetismus gesagt worden ist, mit den obigen Thatsachen zusammen, so können wir sagen:

gleichnamige Elektrizitäten und Magnetismen setzen einander in entgegengesetzter, ungleichnamige aber in derselben Richtung in Bewegung.

In jedem Falle wird durch Abstoßung des Magnetismus die entgegengesetzte Elektrizität frei: beim Hineintauchen des Magneten entsteht im Drahte ein indirekter oder entgegengesetzter, beim Herausziehen ein direkter oder mit dem angewendeten Magnetpole gleichgerichteter Strom. Der jedesmal frei werdende abgestoßene Strom bringt die Bewegung der Magnetnadel hervor, der vom Magneten angezogene ist nach außen unwirksam oder verschwindet.

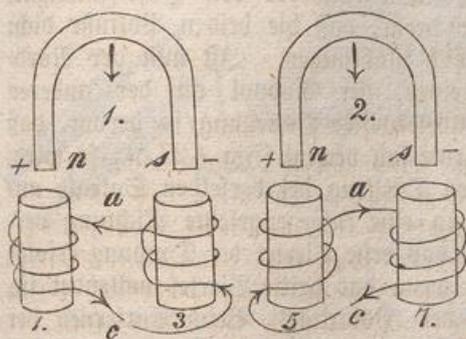
Um aber beide Ströme hervorzubringen, ist es nicht nothwendig, die Magnetpole in die Spirale selbst einzutauchen, sondern es reicht aus, wenn dieselben ihr blos genähert werden. Es ist aber klar, daß in jenem Falle die Wirkung eine kräftigere sein muß, als in diesem.

Um nun Magnetismus in den Spiralen zu erregen, gibt man ihnen auch einen Kern aus weichem Eisen oder aus einem Bündel von isolirten Eisendrähten, wodurch die Oberfläche des Eisens sehr vermehrt wird, und macht dieses Eisen durch Vertheilung mittelst eines genäherten Magneten auch magnetisch; entfernt man den Magneten, so wird das Eisen wieder unmagnetisch. Es wird dadurch also derselbe Zweck auf eine bequemere Weise erreicht, als wenn man den Magneten selbst abwechselnd in die Spirale tauchte und ihn wieder herauszöge. Auch bleibt hierbei die Richtung der elektrischen Bewegung in der Spirale

dieselbe, denn es erregt z. B. der genäherte Nordpol des Magneten in dem entfernteren Ende des Eisernes auch einen Nordpol.

Das Hineinstecken (oder Nähern) des Nordpols (Fall 1) bringt in der Spirale dieselbe Bewegung hervor, wie das Herausziehen (oder Nähern) des Südpols (Fall 4) und das Herausziehen des Nordpols (2) dieselbe, wie das Hineinstecken des Südpols (3). Man kann also die Wirkung sehr verstärken, wenn man beides gleichzeitig verrichtet.

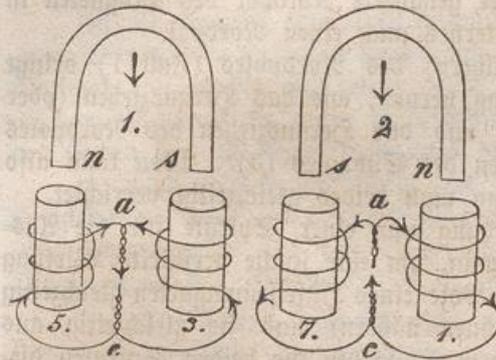
Da dieses aber bei Anwendung nur einer Spirale für die Ausführung unbequem ist, so kann man, um eine solche verstärkte Wirkung zu erhalten, die ungleichnamigen Pole eines Hufeisenmagneten gleichzeitig in zwei Spiralen tauchen (sie ihnen nähern) und sie gleichzeitig aus ihnen ziehen (sie von ihnen entfernen). Haben die beiden Spiralen dieselbe Richtung in ihren Windungen, so ist die elektrische Bewegung in ihnen entgegengesetzt (Fall 1 und 3, sowie 2 und 4); bei entgegengesetzter Richtung der Spiralwindungen geht die elektrische Bewegung nach einerlei Richtung (Fall 1 und 7, sowie 2 und 8, 3 und 5, 4 und 6), wenn man auf das Heraustreten der Bewegung an den gleichliegenden Enden der Spiralen Rücksicht nimmt.



(Fig. 428.)

Es läßt sich demnach, wie es Fig. 428 zeigt, leicht eine Verbindung der beiden Endenpaare zweier Induktionsspiralen denken, durch welche die in ihnen mittelst der gleichzeitigen Annäherung oder Entfernung der ungleichnamigen Pole eines Hufeisenmagneten hervorgerufene Elektrizität einerlei Richtung in dem vereinten Drahte erhält. Die erste Zeichnung zeigt den Zustand der elektrischen Bewegung in zwei links gewundenen, die zweite den in zwei rechts gewundenen Spiralen; in beiden Fällen bei der Annäherung der darüber gezeichneten Magnete. Würden dieselben Spiralen beibehalten und läßt man die Magnete sich von ihnen entfernen, so würde die Bewegung in den Spiralen eine entgegengesetzte sein.

Es läßt sich aber auch, wie Fig. 429 zeigt, die Verbindung einer rechts und einer links gewundenen Spirale so vornehmen, daß die elektrischen Bewegungen in beiden zu einem Ganzen verbunden erscheinen. In dem vorigen Falle oder bei Spiralen von einerlei Windungsrichtung gingen die gleichartigen Bewegungen in beiden Spiralen nach entgegengesetzter Richtung in Betreff ihrer Längensaxen; in diesem Falle aber oder bei entgegengesetzter Windungsrichtung, geht die gleichartige Elektrizität in beiden Spiralen nach einerlei Richtung, wie es die Pfeile an



(Fig. 429.)

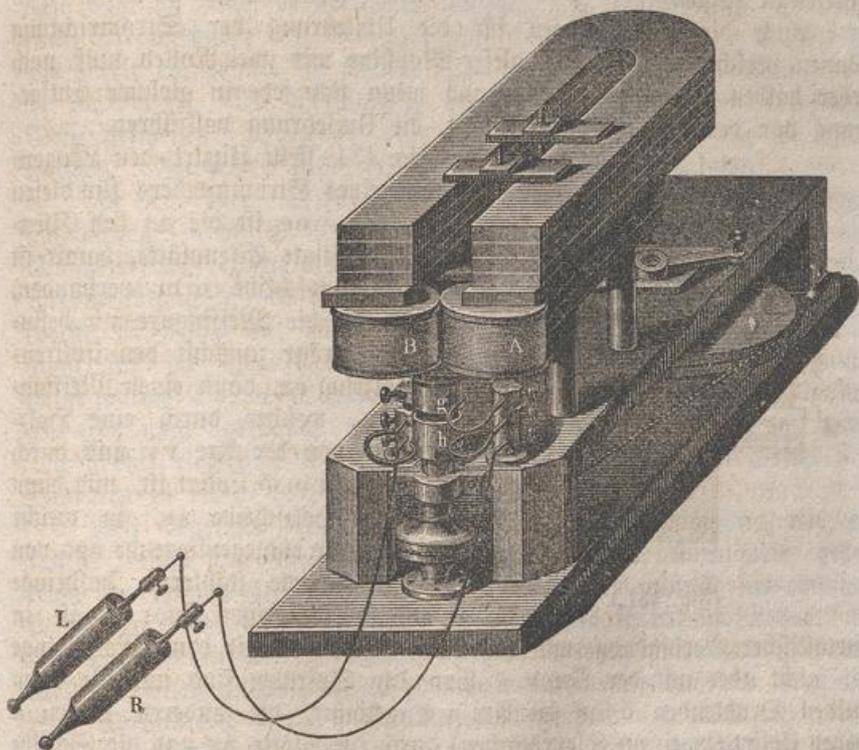
Magneten der ersten sich herausstellt. In der ersten Stellung des Magneten geht die positive Bewegung von *a* nach *c*, in der zweiten aber von *c* nach *a*.

Bei Anwendung von Hufeisenmagneten und von Eisenkernen in den Spiralen läßt sich in diesen sehr leicht eine Stromumkehrung hervorbringen, nämlich dadurch, daß man entweder den Hufeisenmagnet oder die Spiralen um eine Ase so dreht, daß die beiden Polfüße dicht an den Eisenkernen der Spiralen sich hinbewegen. Ist nun der Nordpol des Magneten grade an der einen, der Südpol an der anderen Spirale und bringt jener die positivelektrische Bewegung so hervor, daß sie in einer rechts gewundenen Spirale sich bewegt (Fig. 427,5); so wird, wenn der Südpol nach einer halben Drehung bei derselben Spirale angekommen ist, die positive Bewegung eine entgegengesetzte Richtung verfolgen (Fig. 427,7). Grade wenn das erste Viertel der Drehung erfolgt ist, geschieht eine Umkehrung, und wenn das dritte Viertel vollendet ist, geschieht eine zweite Umkehrung der Polarität. Beim Entfernen der Polflächen des Magneten von den Spiralen nimmt in diesen die Stärke der elektrischen Bewegung ab, bei der Annäherung aber zu, so daß nach einer vollendeten ganzen Drehung zwei geringste und zwei höchste Werthe eingetreten sind, letztere aber im entgegengesetzten Sinne.

Man kann nun statt eines Paares von Induktionsrollen zwei oder mehre Paare mit zugehörigen Magneten anwenden und die Enden der Spiralen von allen Rollenpaaren so miteinander verbinden, daß die positive elektrische Bewegung entweder vom Anfange der ersten Rolle bis zum Ende der letzten den ununterbrochenen Draht in demselben Sinne durchläuft, oder daß die gleich gerichteten Bewegungen der einzelnen Rollenpaare zusammenfallen. Wenn nun die Drehungen durch geeignete Vorrichtungen sehr schnell gemacht werden, so kann man mit dergleichen magnetoelektrischen Rotationsmaschinen entweder ununterbrochen abwechselnde elektrische Bewegungen nach entgegengesetzten Richtungen erhalten oder man kann durch Einschaltung eines Stromwenders, welcher

den paarweise verbundenen Drahtenden zeigen. Beide Zeichnungen geben die Zustände bei dem Eintauchen (beim Nähern) der Magnetpole in die Spiralen; beim Herausziehen (Entfernen) ist die Bewegung der Elektrizität in den Spiralen grade entgegengesetzt. Die zweite Zeichnung gibt natürlich auch den Zustand an, wie er nach einer halben Drehung des

bei jeder halben Drehung in Thätigkeit tritt, einen Strom bekommen, der nur nach einer Richtung geht.

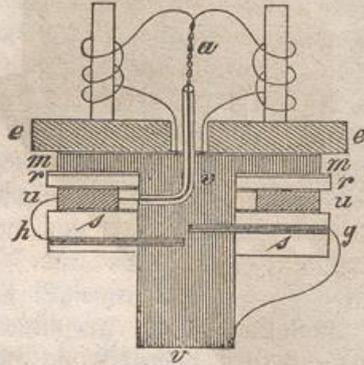


(Fig. 430.)

Fig. 430 stellt eine einfache Maschine dieser Art dar. A und B sind die beiden Drahtrollen mit entgegengesetzten Windungen, über ihnen befinden sich die beiden Polenden eines aus 5 Lamellen bestehenden Magneten, der seine Kraft vorzüglich in der untersten etwas hervorragenden Lamelle äußert und auf einem Schlitten den Rollen mehr oder weniger genähert werden kann. Die Eisenkerne der beiden Rollen sind auf der von den Magneten abgewendeten, also hier auf der unteren Seite durch einen Anker aus weichem Eisen verbunden. Dieser trägt in seiner Mitte die messingene Drehungsaxe für die beiden Rollen, welche durch eine Schwungmaschine (Bd. I., S. 512) in Bewegung gesetzt wird. Die Axe trägt noch den Stromwender gh und an diesem schleifen sich bei der Drehung vier an zwei Seitenständern stellbar befestigte Metallfedern. An den Ständern sind noch mittelst Klemmschrauben zwei Leitungsdrähte angebracht, an denen sich hier zwei zylindrische Halter L und R von Metall mit kleinen Kugeln an dem einem Ende befinden.

Die Magnete könnten auch in lothrechtlicher Lage über oder unter den Rollen angebracht sein oder die Rollen, sowie die Magnete können horizontal liegen.

Auch die Einrichtungen für die Umkehrung der Stromrichtung können verschieden sein. Bei dieser Maschine mit zwei Rollen muß nach jeder halben Drehung derselben und wenn sich jede in gleicher Entfernung von den Magnetpolen befindet, die Umkehrung vollführen.



(Fig. 431.)

Fig. 431 stellt skizzirt den Längenschnitt eines Stromwenders für diesen Zweck dar. *ee* ist die an den Eisernen befestigte Eisenplatte, damit ist eine Messingscheibe *mm* verbunden, woran sich die Messingaxe *vv* befindet; diese trägt zunächst den isolirenden Holzring *rr*, dann einen Messingring *uu*, welcher durch eine Holzfüterung von der Axe *vv* und durch *rr* auch von *mm* isolirt ist, und dann noch eine Holzscheibe *ss*, in welche zwei einander entgegengesetzte und von einander isolirte stählerne Halbbringe *g* und *h* eingelassen sind; *g* ist in metallischer Verbindung mit der Axe *vv* und *h* mit dem Metallringe *u*, nicht aber mit der Axe *v*. Von den Spiralen sind nur die einen beiden Drahtenden *c* an die Axe *vv* gelöthet, die anderen beiden *a* gehen isolirt (in einem Glasröhrchen) durch die Platte *ee* und die Scheibe *mm* in der ausgehöhlten Axe fort bis zum Metallringe *uu*. Also die von *c* ausgehenden Drahtenden stehen mit dem Halbringe *g* und die von *a* ausgehenden mit dem Halbringe *h* in leitender Verbindung, so daß *g* und *h* abwechselnd die entgegengesetzten Pole des Apparates werden, wenn man die Spiralen an der Axe *vv* dreht.

Will man diesen abwechselnd entgegengesetzten Strömen nach außen hin eine gleiche Richtung ertheilen, so muß man auf jeden der Halbbringe *g* und *h* eine isolirte Metallfeder schleifen lassen. Wird gedreht, so gleitet nach jeder halben Umdrehung eine jede der Federn von dem einen Halbringe auf den anderen und da auch mit jeder halben Drehung die Polarität der beiden Ringe sich umkehrt, so bleibt die Polarität der Federn dieselbe, wenn nur die Umkehrung in dem richtigen Augenblicke geschieht, nämlich bei einer Entfernung der Spiralen von den Magnetpolen um 90° . Steht nun mit den beiden Federn ein Leitungsdraht in Verbindung, so ist die Stromrichtung in ihm eine stets gleichgerichtete.

Man hat auch Maschinen gebaut mit zwei Hufeisenmagneten und vier Spiralen oder mit drei Magneten und sechs Spiralen, wobei nicht

nur die Polenden aller Magnete, sondern auch die einen Enden aller Spiralen so in Kreisperipherien liegen müssen, daß bei der Drehung diese dicht an jenen vorübergehen müssen. In jenem Falle hat man einen Stromwender mit 8 Stahlringen, von denen jeder ein Viertel der Peripherie einnimmt; in diesem Fall 12 bogenförmige Stahlringe von $\frac{1}{2}$ Peripherie. Die Verbindung der Drahtenden kann auf verschiedene Weise geschehen: paarweise oder der Draht aller Spiralen zu einem einzigen. Im letzten Falle erhält man die größte Spannung.

Zu den sogen. Quantitätserscheinungen mit großer Hauptschwingung (vergl. S. 339, 349), durch welche vorzüglich Wärme und Magnetismus erzeugt wird, sind kurze dicke Spiraldrähte mit gleicher Stromrichtung in den Spiralen; zu den Intensitätserscheinungen (vergl. S. 339) mit einer großen Schwingungszahl der Nebenschwingung für die chemischen und physiologischen Wirkungen sind dagegen lange dünne Drähte in vielen Windungen erforderlich. Diese Wirkungen sind noch vorzüglich von der Schnelligkeit der Drehung abhängig. Die größte elektrische Spannung ist vorhanden, wenn der Draht aller Spiralen zu einem einzigen verbunden ist.

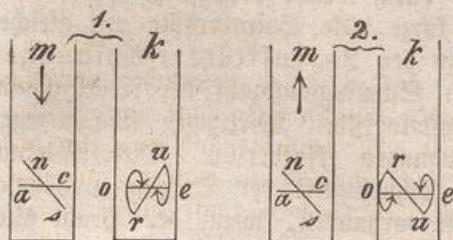
Mit kräftigen magnetoelektrischen Rotationsmaschinen, wie mit denen, welche drei starke Hufeisenmagnete enthalten, kann man bedeutende Wirkungen hervorbringen: wird der Leitungsdraht unterbrochen, so ist der entstandene Funken mit einem starken Knalle verbunden; von den Stahlfedern des Stromunterbrechers sprühen 8 bis 10 Zoll weit glühende Eisentheilchen, welche Weingeist sofort anzünden; ein eingeschalteter Platindraht von 12 Millimeter Länge und $\frac{1}{4}$ Millimeter Dicke wird sofort weißglühend, Lindenkohle gibt ein Licht, welches ein großes Zimmer vollständig erleuchtet; in zwei Minuten erhält man einen Kubikzoll Knallgas; die Erschütterungen des Körpers sind selbst beim langsamen Drehen fast unerträglich und würden beim schnellen höchst gefährlich werden.

Die Stahlmagnete können auch durch Elektromagnete ersetzt werden, welche man durch einfache galvanische Ketten in Thätigkeit versetzt. Auch die Magnetoelektrizität kann man zur Induktion verwenden und so eine große Menge von Erscheinungen zwischen Magnetismus und Elektrizität aus verschiedenen Quellen hervorbringen, welche aber alle wesentlich auf denselben Grundlagen beruhen, wie wir sie bei der Volta-Induktion (S. 341) angeführt haben.

Die Theorie der magnetoelektrischen Induktion würde nach meiner Ansicht nun folgende sein.

Wie wir bereits wissen, liegt in allen Körpern das Bestreben einander zu gleichgerichteten Bewegungen anzuregen, so wie das Bestreben der Anziehung bei bereits vorhandenen gleichgerichteten Bewegungen. Wenn eine um ihren Mittelpunkt leicht drehbare kreisförmige Kupferscheibe durch eine Glasscheibe völlig abgeschlossen ist von einem kräftigen

Stabmagneten, welcher auch um seinen lothrecht darüber liegenden Mittelpunkt drehbar ist, und man bringt das Eine von beiden in schnelle Drehung, so setzt sich auch das Andere in derselben Richtung in Bewegung. Es wird durch den Magneten im Kupfer eine elektrische Spannung mit derselben Schwingungsrichtung angeregt, wodurch eine Anziehung eingeleitet ist, welche macht, daß das Eine dem Anderen bei seiner Bewegung folgt, selbst wenn wie hier durch Glas und Luft eine Trennung vorhanden ist. Der eigentliche Vorgang für den vorliegenden Fall ist nun folgender.



(Fig. 432.)

In Fig. 432 ist *m* ein Magnetstab, *k* ein nebenan befindlicher Theil eines in sich geschlossenen Kupferdrahtes, *ac* ist die natürliche Gleichgewichtslage eines Stahlmolekels, *ns* seine feste magnetische Schwingungslage, *oe* die Lage eines Molekels im Kupferdrahte. Wird der Magnet in der Richtung des im ersten Falle auf ihm gezeichneten Pfeiles

am Kupferdrahte hinbewegt, so führt das magnetische Molekel *ns* das Molekel *oe* des Kupferdrahtes mit sich fort in die Lage *ru*, wobei *s* auf *o* bewegend wirkt. Sowie aber der Magnet dann ruht, so geht *ru* sofort mit drei Viertel Schwingung in seine ursprüngliche Gleichgewichtslage *oe* zurück, nicht aber noch darüber hinaus, weil es die rückwärtsliegenden Molekel verhindern. Es ist ähnlich wie bei einem Knalle in der Luft, wobei jedes Lufttheilchen auch nur kaum etwas mehr als drei Viertel einer Schwingung macht, gleichgiltig ob die erste Verdichtung im Mittelpunkte (Verschwinden einer Dampfblase im Wasser) oder um den Mittelpunkt (Abbrennen von Pulver) stattfindet. Die von *r* und *u* ausgehenden Bogen mit den Pfeilen geben diese drei Viertel der Schwingung an. Das Kupfer ist wegen der Anordnung seiner Molekel nicht imstande, die durch den Magneten hervorgebrachte Schwingungslage *ru* festzuhalten oder es fehlt ihm die dazu nothwendige Koerzitivkraft.

Weil nun bei diesen drei Vierteln der Schwingung die ersten zwei Viertel eine andere Richtung haben, als das letzte Viertel, so ist das Resultat eine einseitige Schwingung mit entgegengesetzter Richtung von der, welche durch die Spannungslage des Magneten angezeigt wird. Weil also im Kupfer eine wirkliche lebendige Schwingung erregt wird, sagt man: der Magnetismus induzirt im Kupfer bei der Annäherung einen elektrischen Strom von entgegengesetzter Richtung.

Bleibt der Magnet in Ruhe, so behalten auch alle Molekel des

Kupferdrahtes ihre Ruhelage und es fehlt jede Erscheinung in diesem. Wenn man den Magneten aber, wie es der zweite Fall der Figur durch den Pfeil auf dem Magneten andeutet, von dem Kupferdrahte entfernt oder in der entgegengesetzten Richtung bewegt; so wird das Molekel *oe* des Kupferdrahtes in die Lage *ru* geführt und muß dann auch wieder drei Viertel einer Schwingung machen, ehe es in seine alte Lage bleibend zurückkehrt. Auch hier ist die Schwingung eine elektrische, aber der vorigen elektrischen entgegengesetzt, wie es ein Blick auf die Figur zeigt, also sagt man mit Recht: der Magnetismus induzirt im Kupfer bei dem Entfernen von ihm einen elektrischen Strom von gleicher Richtung mit der seiner eigenen Schwingung.

Daß die Stärke des induzirten oder erregten elektrischen Stromes von der Kraft des Magneten, von der Entfernung, Lage und Beschaffenheit des Kupferdrahtes abhängt, ist wohl selbstverständlich. Um aber die Molekularbewegung im Kupferdrahte möglich zu machen, muß derselbe ein in sich geschlossenes Ganzes bilden, weil sonst die Fortpflanzung der ganzen Bewegung unmöglich ist.

Diese Betrachtungen sind also in der That wesentlich übereinstimmend mit denen der Volta- oder elektroelektrischen Induktion, so daß in den mannigfaltigsten Erscheinungen dieselben Grundursachen vorwalten, welche höchst einfacher Natur sind.

Schließlich wollen wir in dem Kreise der hierher gehörigen Betrachtungen noch anführen, daß das jetzt allerdings ausführbar ist, was jenem Franzosen, welcher die erste Idee zum Telegraphiren mittelst zweier sehr entfernter Magnete (in Rom und in Paris, vergl. S. 426) angab, unmöglich schien. Das Band zwischen den an beiden Orten aufzustellenden Magnetnadeln ist freilich nicht ein bestimmter Magnet-eisenstein, mit welchem beide Nadeln zu streichen wären, sondern ein Kupferdraht. Die Magnetnadeln oder kräftige Magnetstäbe müßten an beiden Orten zwischen die Drahtwindungen zweier gleichgewundenen Multiplikatoren aufgestellt und die Drahtenden beider so miteinander verbunden werden, daß ein Draht ohne Ende entstände. Würde nun willkürlich z. B. der Nordpol der einen Nadel nach Westen oder nach Osten bewegt, so würde der Nordpol der anderen sich unwillkürlich nach derselben Richtung bewegen; denn durch die Bewegung der ersten Nadel wird im Leitungsdrahte ein elektrischer Strom induzirt, welcher die zweite Nadel zu derselben Ablenkung zwingt. Durch einfaches und wiederholtes Bewegen einer oder mehrer Nadeln nach den beiden Richtungen ließen sich allerdings eine hinreichende Menge von Zeichen darstellen, aber einerseits würde der Leitungswiderstand bald zu groß werden, andererseits aber das Telegraphiren zu langsam vorstatten gehen.

Wenn wir die über das Wesen des Magnetismus und der Elektrizität bisher angestellten und, wie ich glaube, durch die Thatfachen

hinreichend bewiesenen Ansichten kurz zusammenfassen wollen; so können wir die Behauptung aufstellen:

der sogenannte elektrische Strom ist in Bewegung begriffener Magnetismus, und Magnetismus ist in der Spannungslage zur Ruhe gebrachte Elektrizität.

Ich meine, daß alle, auch noch so verwickelt erscheinenden Thatsachen sich auf diesen einfachen Gesichtspunkt zurückführen lassen. Wir wollen nur noch ein Beispiel aus den Geheimnissen der Natur davon anführen, nämlich wie der Erdmagnetismus einen elektrischen Strom erregt. Bringt man eine etwa 5 bis 6 Fuß lange Stange aus recht weichem Eisen in die Richtung der magnetischen Neigung (Inklination), so nehmen die Molekel des Eisens sofort die magnetische Schwingungslage an und verharren darin so lange, als der Stab, welcher jetzt magnetisch ist, festgehalten wird. Hörte der Magnetismus plötzlich auf, so würde jedes Molekel drei Viertel Schwingungen machen müssen, um in seine alte Gleichgewichtslage zurückzukehren. Bei rascher Umkehrung der Stange in der Ebene des magnetischen Meridians ist ihm aber nur gestattet davon die ersten zwei Viertel zu machen und es wird dabei durch den neuen Einfluß des Erdmagnetismus genöthigt, noch etwas darüber hinaus zu gehen, ehe es sich in der neuen Lage festsetzen kann und daher macht jedes Molekel eine einzelne Nebenschwingung um die neue magnetische Lage, also außerhalb der unmagnetischen Gleichgewichtslage, d. h. es zeigt einen momentanen elektrischen Strom. Durch eine sehr rasche Drehung der Eisenstange in der Ebene des magnetischen Meridians wird daher ein anhaltender Strom in ihr erregt, welcher in einer um sie gewundenen isolirten Kupferdrahtspirale einen neuen Strom erregt, durch welchen man alle Erscheinungen der Elektrizität erhalten kann, namentlich auch den elektrischen Funken, so daß

2) der Magnetismus auch eine Quelle des Lichtes ist, wenn er es auch in diesem Falle nicht unmittelbar hervorbringt. Aber er wirkt auch unmittelbar auf das Licht ein, was in Betreff der Natur aller hierher gehörigen Erscheinungen sehr wichtig ist.

Wir wissen aus den Polarisationserscheinungen der strahlenden Wärme und des Lichtes, daß der Welläther gezwungen werden kann, nur in einer einzigen Ebene zu schwingen. Es läßt sich praktisch nachweisen,

daß diese Lichtschwingungen durch den Magnetismus in derselben Richtung gedreht werden, in welcher beim Magneten die Schwingungen stattfinden, daß also der Welläther an allen Bewegungen der irdischen Körper, und wenn sie auch nur Atombewegungen sind, theilnimmt und daß er der Grund ist

für die wunderbare Wirkung auf die Entfernung, auch wenn ein irdischer Körper dieselbe nicht vermittelt.

Um die Drehung der Polarisationsebene des Lichtes wahrzunehmen, kann man einen hohlen Zylinder von weichem Eisen (Eisenblech) auf elektromagnetischem Wege magnetisch machen, das Licht durch verschiedene Flüssigkeiten (Alkohol, Wasser, Zuckerslösungen, Oele, Aether, Salzlösungen u. s. w.) gehen lassen, welche in Glasröhren mit genau parallelen Verschlussplatten enthalten sind und in den Eisenzylinder gesteckt werden. Sowie die Stromrichtung geändert wird, verändert sich auch die Drehungsebene des Lichtes.

Diese Versuche können dadurch abgeändert werden, daß man an die beiden Pole eines kräftigen Hufeisenmagneten, namentlich eines Elektromagneten, zwei durchbohrte eiserne Halbanker in einiger Entfernung von einander so legt, daß die beiden Oeffnungen in einer graden Richtung liegen und man durch einen zwischen die Halbanker gebrachten Körper sehen kann.

Wenn ein Lichtstrahl der magnetischen Kraft zu gehorchen scheint, so gehorcht er in Wirklichkeit der Atombewegung des von ihm durchdrungenen Körpers und diese Bewegung selbst steht unter der Botmäßigkeit des Magnetismus. Wenn also der Weltäther der magnetischen Nichtkraft schon folgt, obwohl er noch an einem irdischen Körper gefesselt ist, so muß er im leeren Raume ihr noch mehr unterworfen sein und in der That läßt sich das zwischen den zwei elektrischen Polen im leeren Raume (elektrischen Eie) vorhandene geschichtete Licht durch einen Magneten in seiner Nähe ablenken, ohne daß es sonst eine Veränderung erleidet. — Wenn eine Lichtflamme zwischen den stumpf zugerundeten Polfüßen eines kräftigen Magneten seitwärts geblasen wird, so möchte hierbei der elektrische Zustand der Flamme nicht ohne Einfluß sein; jedenfalls aber zeigt auch diese Erscheinung die Theilnahme des Weltäthers an der Bewegung der irdischen Körper und die Hervorrufung letzterer durch ersteren.

Die Polarlichter. Der Einfluß des Magnetismus auf das Licht, namentlich auf das elektrische, führt uns zu einer ebenso prachtvollen, als ihrem Wesen nach räthselhaften Naturerscheinung, nämlich der des Nordlichtes oder eigentlich der Polarlichter, denn sie gehören beiden Polargegenden der Erde an. Es gibt eine so ungemein große Anzahl von Beschreibungen der Erscheinung und in diesen selbst so verschiedenartige Angaben, daß es nicht leicht ist, sich ein umfassendes Bild davon zu machen. Zu bedauern ist, daß in den wenigsten Fällen auf andere meteorologische Instrumente, als auf die Magnetnadel, eine Rücksicht genommen worden ist. Daher ist es auch gekommen, daß man zur Erklärung entweder die verschiedenartigsten Hypothesen angenommen oder sich offen gestanden hat; die Erscheinung ist räthselhaft. Da ich in der glücklichen Lage gewesen bin, sowohl in Europa, als

auch in Nordamerika einige, wie mir scheint, entscheidende Beobachtungen zu machen und dabei zum Theil die meteorologischen Instrumente zu fragen; so will ich nach der Betrachtung der Erscheinung schließlich die schon vor etwa 10 Jahren von mir aufgestellte Theorie angeben.

Das Phänomen zeigt sich nicht stets in seiner vollen Pracht, sondern entweder nur als heller Nordschein am nördlichen Horizonte, oder als weißer Lichtnebel in größerer Höhe, oder als feuerrothe Wolke in nicht großer Entfernung über der Erdoberfläche und bildet dann den Uebergang zu den gewöhnlichen Gewittern, mit denen in Verbindung es zuweilen auftritt.

Der Nordschein ist mit dem früher (S. 307) erwähnten Horizontlichte zu vergleichen, nur daß er eine größere Beständigkeit besitzt und mehr nach Norden seinen Sitz hat. Er zeigt ein weißliches Licht mit wechselnder Stärke und währet oft bis tief in die Nacht hinein. Manche Beobachter meinen, beim Anblicke eines Nordscheinens ein starkes Wetterleuchten bei heiterem Himmel wahrgenommen zu haben; aber das eigentliche Wetterleuchten rührt stets von einem Gewitter her, welches so weit entfernt ist, daß man den Donner nicht mehr hören kann, während der Nordschein in der That bei heiterem Himmel sichtbar ist und in ähnlicher Weise den Uebergang von den Horizontlichtern zu den Nordlichtern bildet, wie die leuchtenden Wolken ihn von diesen zu den Gewittern herstellen. Es entstehen Temperaturunterschiede an der Erdoberfläche und daher elektrische Erscheinungen nicht nur beim Sonnenauf- und Untergange im Osten und Westen, sondern auch nach dem Untergange der Sonne im Norden. Der Unterschied ist nur, daß in jenem Falle, in welchem die Horizontlichte erscheinen, vollkommene Windstille herrschen kann, daß aber in diesem Falle, nämlich bei den Nordscheinens, eine, wenn auch sanfte Luftströmung vorhanden ist, welche durch die größere Erwärmung südlicher gelegenen Gegenden bedingt und durch die Axendrehung der Erde befördert wird. Dem Nordscheinens mit seinem phosphoreszirenden und pausenweise erscheinenden Glimmlichte fehlt oft ein Wolkenstreifen, weil die Dünste der kalten Luft in der warmen aufgelöst werden und man kann bei einem vorhandenen wahrnehmen, wie er der fortschreitenden Luft folgt. In einem Falle habe ich ihn im Norden bei bedecktem Himmel durch Wolkenspalten und in einem anderen Falle im Nordwesten über dem durch die Ostsee begränzten Horizonte beobachtet.

Die Polarlichter sind entweder Nordlichter oder Südlichter, je nachdem sie sich am nördlichen oder südlichen Himmel zeigen; diese sind matter und seltener, als jene.

Bei den Nordlichtern zeigt sich in den meisten Fällen und bisweilen schon vor dem Beginne der Erscheinung bei unbewölktem Himmel im Norden eine dunkle, ziemlich bestimmt begränzte und oben abgerundete Stelle in Gestalt eines Kreisabschnittes, durch welche die Sterne

erkannt werden; darunter bildet sich ein Lichtbogen aus, bisweilen aber auch zwei oder drei, durch deren Zwischenräume man die dunkle, einer Schichtwolke ähnliche Stelle erkennt. Aus dem Lichtbogen, bisweilen aus der dunklen Stelle, steigen Lichtstreifen empor, welche ziemlich scharf begrenzt sind, abwechselnd entstehen und vergehen, ihren Ort bald langsam, bald schnell verändern und Strahlen bis zu bedeutender Höhe ausstrahlen, so daß die ganze Lichterscheinung in einer fortwährenden Bewegung ist. Am 2. September 1859 war zu Boston morgens 1 Uhr ein so helles Nordlicht, daß man gewöhnliche Druckschrift dabei lesen konnte; in den meisten Fällen ist aber die Lichtstärke geringer und so, daß man dahinter noch die Sterne erster und zweiter Größe erkennen kann. Die Helligkeit ist bei den am meisten nach Norden erscheinenden nicht die größte. Die Strahlen sind kleine miteinander parallel laufende, meist scharf begrenzte und in der Richtung der Neigungsnadel nach der Erde gekehrte Lichtpinsel. Die schnell ausfahrenden Lichtblitze scheinen der Erde näher kommende und daher sich größer zeigende Strahlen zu sein, welche selten bis nach der Erdoberfläche schießen und ebenso plötzlich verschwinden, als sie erscheinen. Bei völlig ausgebildeten Nordlichtern, welche bisweilen den ganzen Himmel mit reinem flockigen, zitternden Lichte erfüllen, vereinigen sich die nach oben zusammenlaufenden Strahlen im Scheitelpunkte zu der sogen. Krone und bilden gewissermaßen die Laterne eines Kuppelgewölbes. Bei ihrer Entstehung sind die Farben des Nordlichtes am lebhaftesten: im Bogen zeigt sich ein blendendes Weiß, dann ist in den unruhigen Theilen ein Uebergang zu Gelb und vorzüglich zu Roth, welches sich in der verschiedensten Tiefe zeigt, oft als Purpurroth, auch Violett und Grün fehlen nicht; die Lichter sind theils stehend und verlöschen ohne Farbenveränderung an ihrem Standpunkte, theils wogend und herumziehend, indem sie sich wie nach dem Winde biegen und wellenförmig krümmen.

Bisweilen erscheinen wolkenähnliche erhellte Flocken mit wechselnder Stellung; nicht selten ziehen mehre Lichtnebel, oft in feuerrother und bleibender Färbung, wie ein leuchtender Rauch übereinander hin, theils über dichterem Gewölk, theils unter zarten Wolken. Die leuchtenden Strahlen sind von den feuerrothen abgeforderten Wolken zu unterscheiden, die bisweilen, vom Winde bewegt, am Himmel herumziehen, manchmal aber auch stehen bleiben und am Entstehungsorte verlöschen.

Was nun die örtliche Verbreitung der Nordlichter anlangt, so können wir im Allgemeinen bemerken, daß sie vorzüglich da erscheinen, wo es an Gewittern fehlt oder wo dieselben sich ohne Blitz und Donner entladen, jedoch beginnen sie im Mittel schon bei 45° Breite sich zu zeigen, werden mit zunehmender Breite oder Polhöhe häufiger und sind in der Nähe der Polarkreise fast jede Nacht, in welcher es dunkel genug ist, wahrzunehmen. In Asien und Europa sind sie bis zu 50° Breite ziemlich selten, in Amerika aber reichen sie bis zu 40° Grad

und sind in der Breite von New-York ziemlich häufig. Zu Society-Hill in $34^{\circ} 35'$ nördlicher Breite hat man ein Polarlicht noch südlich davon, zu Culloden in $32^{\circ} 45'$ nördlicher Breite dasselbe bloß nördlich gesehen. Es war auch in England sichtbar. In den Tropen erscheinen gar keine; ihr Hauptsitz ist in den Magnetpolen der Erde und hier steht die Krone im Zenith des Beobachters. Im hohen Norden scheint das Licht den ganzen Himmel einzunehmen und verbreitet sich nach allen Richtungen; einem davon weit entfernten Beobachter erscheint es aber nur am nördlichen Horizonte. Am 9. Januar 1831 war ein Nordlicht von Madrid bis tief nach Sibirien sichtbar und nahm fast den ganzen Himmel ein. Auch auf dem atlantischen Ozeane sind Nordlichter beobachtet worden. In Port Bowen bei $73^{\circ} 13'$ n. Br. erscheint das Nordlicht schon südlich. Im Allgemeinen bilden die Magnetpole der Erde die nördliche Gränze der Nordlichter.

Obwohl es schwierig, ja nicht möglich ist, die absolute Höhe der Nordlichter über der Erdoberfläche zu bestimmen, so kann man doch behaupten, daß sie unter niederen Breiten eine größere Höhe besitzen, als unter höheren; doch dürfte ihre mittlere Entfernung kaum mehr als 15 Meilen betragen. Die Erscheinung ist eine zur Erde gehörige (terrestrische), nicht eine dem Weltraume außerhalb des Wirkungskreises der Erde zukommende (kosmische).

Eine bestimmte periodische Wiederkehr der Polarlichter ist wohl nicht vorhanden. In manchen Jahren ist ihre Anzahl selbst in geringeren Breiten sehr bedeutend. So hat man z. B. im Jahre 1734 zu Berlin 53 Nordlichter gesehen. Die Anzahl der eigentlichen Südlichter, nicht derjenigen, welche in der nördlichen Halbkugel einem Beobachter südlich erscheinen, ist jedenfalls bedeutend geringer, als die der eigentlichen Nordlichter und überdies sind sie niemals so herrlich ausgebildet.

In Beziehung auf die Weltgegenden, in denen die Polarlichter erscheinen, ist zu bemerken, daß die Mehrzahl das dunkle Segment mit dem Lichtbogen und die ganze Mittellinie der Erscheinung, namentlich die Krone, im magnetischen Meridian haben und in dieser Richtung auch die aufsteigenden Strahlen zeigen, daß aber auch manche und namentlich die weniger ausgebildeten sich an diese Richtung gar nicht kehren, ja sogar eine ostwestliche befolgen.

In dieser Beziehung ist das unter $58^{\circ} 30'$ n. Br. und $44^{\circ} 30'$ w. L. am 24. September 1824 vom Kapitain Parry beobachtete Licht bemerkenswerth. Es erschien zuerst abends 8 Uhr als schwefelgelbes Licht im Osten ungefähr 3° über dem Horizonte; nach einer Stunde bildete es einen durch das Zenith nach Westen gehenden Bogen. Bald darauf schienen die Strahlen nicht mehr vom östlichen, sondern vom westlichen Punkte etwa 1° über dem Horizonte auszugehen, über das Zenith nach dem ersten Punkte im Osten wie ein leuchtender Rauch mit großer Schnelligkeit sich zu bewegen. Das Licht war im Ganzen gelb,

doch auch orange und grünlich gefärbt und so stark wie das des Vollmondes. Der Himmel unterhalb der lichten Stelle glich einer dichten Wolke.

Eines der schönsten in mittlerer Breite wahrgenommenen Nordlichter war das vom 7. Januar 1831. Nach einer zu Kolberg angestellten Beobachtung zeigten sich nach $5\frac{1}{2}$ Uhr genau am nordöstlichen und nordwestlichen Horizonte zwei röthliche Wolkenstreifen, welche einander entgegengogen und kurz vor 6 Uhr einen vollständigen, scheinbar aus dunklen Wolkenmassen bestehenden Kreisabschnitt bildeten, während der einschließende Bogen aber ganz weiß war, nach beiden Seiten hin röthlich, fast rosenroth, dann purpurfarbig und ganz unten durch Violett ins Schwarzblaue übergang. Die Lebhaftigkeit der Farben war anfänglich am stärksten und wechselte dann. Aus der Mitte dieses Abschnittes stiegen bisweilen parallele und etwas mattere Lichtstreifen nach dem Zenith, wo sie röthlich waren. Gegen 6 Uhr 30 Minuten erhoben sich fast genau im Westen und Osten zwei blendend weiße niedrige Lichtstreifen, welche doppelt so breit waren, als der Saum des Kreisbogens. Nachdem die Lebhaftigkeit ihres Lichtes wiederholt gewechselt hatte, erhob sich kurz vor 7 Uhr der westliche Streifen mit vollem Glanze nach dem Zenith und darüber hinweg nach dem östlichen Streifen, welcher ihm entgegentam und sich in etwa 30 Sekunden mit demselben zu einem zweiten bedeutend breiten und glänzend strahlenden Kreisbogen verband. Nach 2 Minuten verschwand der Bogen und der Himmel dunkelte nach und nach bald so, daß $7\frac{1}{4}$ Uhr nichts mehr zu sehen war. — An anderen Orten, wie in Berlin, Gotha, Marburg, Elberfeld, Utrecht, zeigte sich dieses Nordlicht zwar etwas anders und von anderer Dauer, aber überall mit dem dunklen Abschnitte im Norden, dem ihn begränzenden Lichtbogen und zu beiden Seiten in gleicher Entfernung vom magnetischen Norden sich erhebenden Lichtsäulen. — In Upsala erblickte man zwar im Norden einen schwachen Lichtschein, aber die größte Pracht der Erscheinung zeigte sich am südlichen Himmel. — In Kila sah man um $6\frac{1}{2}$ Uhr am nördlichen Himmel eine Wolkette, von welcher eine Menge Strahlen ausgingen; am südlichen stand zugleich ein dunkler Wolkengrund mit einem leuchtenden Nimbus. Etwas südlich vom Zenith ging durch die Mitte des Himmels vom westlichen zum östlichen Horizonte ein schöner rother Lichtbogen, welcher unten doppelt so breit, als der Regenbogen, oben schmaler war und eine etwas hellere feuergelbliche Krone wie eine matte Sonne zeigte.

Interessant ist auch die Beobachtung von dem Direktor Douai in Hoboken bei New-York, welcher im Herbst 1860 auf der Hochebene bei Kingston N. Y. ein Nordlicht und ein Südlicht zugleich bemerkte, die einander entgegenwuchsen und im Zenith einander begegneten. Jenes war roth, dieses bläulich weiß gefärbt, welches die Farben beziehungsweise der negativen und positiven Elektrizität sind. — Wenn die Licht-

bogen im Norden und im Süden zugleich erscheinen, so treten sie im Mittagstreife einander näher, bei uns aber mit einer etwas westlichen Abweichung.

In Betreff der Zeit ihres Erscheinens ist zu bemerken, daß sie im Sommer selten und in schwülen Nächten nie sich zeigen, wohl aber in kalten Wintern. Das dunkle Segment entsteht bisweilen schon vor Sonnenuntergang, die Lichterscheinung selbst kann aber erst nach Sonnenuntergang wahrgenommen werden und entsteht auch wahrscheinlich erst um diese Zeit; um Mitternacht ist das Phänomen in der Regel schon erloschen. Häufig wiederholen sich die Nordlichter an mehreren Abenden hintereinander.

Als eine wichtige, die Polarlichter begleitende Erscheinung ist zunächst die unruhige und zitternde Bewegung der Magnethadel anzusehen, welche sich selbst bis auf solche Orte erstreckt, an welchen man das Nordlicht gar nicht zu sehen bekommt und welche dem Eintreten des Polarlichtes vorausgeht. — Wenn die Magnethadel erregt wird, so ist es natürlich, daß auch beim Telegraphiren Störungen eintreten können. Wird es doch bisweilen bei heftigen Gewittern schwierig oder unmöglich auf gewisse und kürzere Strecken hin zu telegraphiren; bei Nordlichtern aber zeigt sich der merkwürdige Umstand, daß man zwar nicht in nordsüdlicher, wohl aber in ostwestlicher Richtung zu telegraphiren vermag. Bei dem schon oben erwähnten, am 2. September 1859 zu Boston beobachteten Nordlichte versagten selbst noch am folgenden Vormittage die von Norden nach Süden gehenden Telegraphendrähte ihren Dienst, während man nach anderen Richtungen telegraphiren konnte. — Eine andere bei starken Nordlichtern von vielen Beobachtern wahrgenommene Erscheinung ist ein eigenthümliches aus kurzen harten Schlägen bestehendes, aber ziemlich unbedeutendes Geräusch, welches sich am besten mit dem beim Reinigen des Getreides durch eine Schwinde entstehenden vergleichen läßt. — Die schönsten Nordlichter bilden sich bei trockener Luft, also großer Psychrometerdifferenz (Vd. II. S. 238) und heiterer Atmosphäre und vermehren selbst noch die Durchsichtigkeit derselben, so daß die natürliche Folge eine größere Ausstrahlung der Erdwärme oder eine größere Kälte ist. Schnee und Regen sind seltene Folgen, welche von Windrichtungen abhängen. — Das Barometer fiel bei den von mir beobachteten Polarlichtern regelmäßig. Das Licht ist polarisirtes elektrisches, was der Erscheinung vorzüglich den Charakter gibt.

Da in diesem Jahrhunderte in Posen ein schöneres Nordlicht noch nicht gesehen worden, als das, welches ich am 12. Oktober 1859 beobachtet habe, so will ich es hier kurz beschreiben. Der ganze Himmel war wolkenfrei und auch im Norden der Horizont ganz klar. Die Erscheinung begann zwischen 6 und 7 Uhr abends in einer Höhe von etwa 40 Graden und verbreitete sich mehr und mehr nach oben, bis sie end-

sich den Scheitelpunkt erreichte. Dabei hatte sie eine ostwestliche Ausdehnung von etwa 60 Graden und zog sich in ihrem Verlaufe immer mehr nach Westen, indem sie an der Ostseite erlosch und gegen 7 Uhr war nur noch im Westen ein weißlicher Lichtschein mit wechselnder Stärke sichtbar. Die nach dem Scheitelpunkte hin zusammenlaufenden Strahlen waren, indem sie die Richtung größter, auf dem Horizonte senkrechter Kreise von Norden nach Süden verfolgten, feuerroth und verzogen sich bisweilen ins Weiß oder ließen den dunklen Himmelsgrund durchscheinen. Gegen 9 Uhr erschienen auf einige Zeit, von Westnordwest aufsteigend, wieder zwei breite, äußerst lebhaft feuerroth gefärbte Streifen.

Das Barometer stand bei ganz schwachem Ostnordostwinde $27'' 11,23'''$ (etwas über das Monatsmittel $27'' 10,76'''$), es fiel aber bald und in 24 Stunden um mehr als 3 Linien und stand am 21sten abends 10 Uhr sogar auf $27'' 0,65'''$, zum Zeichen der von oben eingebrachten leichteren Südströmung. Die Lufttemperatur war während des Nordlichtes $7,8^{\circ}$ R., der Drukdruck $2,21'''$ und die Procente der Feuchtigkeit 56, die Luft also ziemlich trocken.

Bei einem anderen von mir beobachteten Nordlichte war der Westwind vom Tage vorher nach dem doveschen Drehungsgesetze über Nord nach Nordnordost gegangen und ungeachtet abends 10 Uhr ein reiner Nordwind herrschte, wobei die Temperatur am trockenen Thermometer bis auf 3,4, am feuchten auf 1,7 zurückgegangen war, fiel das Barometer, zum Zeichen, daß über der unteren Nordströmung ein warmer Luftstrom, der im Norden sank, stattfinden mußte. Im Nordwest bildete sich auch gegen das Ende der Erscheinung aus dem klaren Himmel eine Wolkenwand, welche dieses bestätigte. Weil vorher der Himmel ganz klar war, fehlte diesem Nordlichte die Farbenpracht und es durchzuckte nur in weißen, aber mächtigen Strahlen meist nach dem Zenith hin den Himmel bis auf eine Höhe von 50° , bisweilen auch seitwärts Streifen ausfendend.

Bei allen von mir in den Jahren 1858 und 1859 in Posen und 1860 in Amerika beobachteten besser ausgebildeten Nordlichtern war die Luft heiter und trocken (eine große Psychrometerdifferenz) und das Barometer fiel, ungeachtet an der Erdoberfläche eine nördliche und kältere Luftströmung herrschte, welches ein deutlicher Beweis davon ist, daß oberhalb ein warmer und leichter Strom eindrang. Wenn sich dabei an dem sonst klaren Himmel durch die langsam vor sich gehende Vermischung der beiden Luftschichten von verschiedener Temperatur ein Wolkenstreifen bildete, so hatte er eine ostwestliche Richtung und rückte nach Norden fort.

Was nun die theoretische Auffassung der Polarlichter anlangt, so hat schon Alexander von Humboldt sie zwar magnetische Gewitter, d. h. auf den Erdmagnetismus wirkende elektrische Erscheinungen ge-

naunt, ist aber auf die nähere Begründung und Entwicklung dieser Behauptung nicht eingegangen. Um meine Ansicht kurz zusammenzufassen, möchte ich sagen:

die Polarlichter sind ein elektrisches Glimmlicht in höheren Schichten der Atmosphäre, welches das Resultat der Abgleitung der Thermoelektrizität an der Erdoberfläche mit der Elektrizität ist, welche in größerer Höhe durch eine doppelte, weit ausgedehnte und sanfte Strömung zweier ziemlich trockenen Luftschichten von verschiedener Temperatur entsteht.

Wenn wir den Ort der Polarlichter, die Zeit ihres Erscheinens, die Richtung der dabei stattfindenden Luftströmungen, den Feuchtigkeitszustand, den Druck der Atmosphäre, die Schwankungen der Magnetnadel, sowie die ähnliche Erscheinung der Nordseeleuchte, Streifenlichter, Lichtnebel, und endlich ihren Zusammenhang mit den Gewittern berücksichtigen, so dürfte obige Behauptung wohl als unzweifelhaft erkannt werden.

Die Region der Nordlichter wird in Beziehung auf die geographische Breite im Laufe des Jahres durch den Stand der Sonne gegen die Erde bedingt und für einen bestimmten Ort bei zunehmender Wärme mehr nach den Polen verlegt, bei zunehmender Kälte aber dem Aequator genähert, so daß wir im Winter öfterer Polarlichter sehen, als im Sommer. In Beziehung auf die südliche Gränze der Nordpolarlichter unterscheidet sich die alte Welt deshalb von Amerika, weil dort die Zerrissenheit und die mehr nördliche Lage der Ländermassen eine so durchgreifende und weit reichende Luftströmung in Meridianrichtung nicht gestattet, so daß also die Polarlichter dort nicht so weit nach Süden herabreichen, als hier. Es ist daher natürlich, daß wir in mittlerer Breite gut ausgebildete Polarlichter selten in der wärmeren Jahreszeit und nur dann wahrnehmen, wenn sehr lange nördliche und südliche Luftströmungen stattgefunden haben, wie es in Posen z. B. während des Maies 1858 und der Monate August und September 1859 der Fall war.

Die in diesen beiden Jahren so häufig und sorgfältig von mir beobachteten Nordseeleuchte und Nordlichter zeigten eine auffällige Abhängigkeit von der Windrichtung, denn jene hatten ihren Hauptsitz jedesmal nur in der Richtung, aus welcher der Wind kam, nie an einer anderen Seite des Horizontes. Die Gegend erstreckte sich vom Norden bis zum Osten, und in einigen Fällen sogar etwas darüber hinaus, indem der Nordwind wegen der Umdrehung der Erde mehr und mehr zu einem östlichen wird, je weiter und je schneller er nach Süden geht. Im August und September 1859 waren die Luftströme vorherrschend südliche, aber wegen der Erdrotation im August im Mittel westsüdwestliche, im September etwas über Südwest hinaus. Die Anzahl der Nord-

lichter war eine selten so große, als in diesen beiden Monaten und noch im Oktober.

Daß die Südpolarlichter, welche man an der Südspitze Amerikas noch am meisten erblickt, weder so häufig, noch so schön ausgebildet sind, hat seinen Grund darin, daß wegen des Mangels an größeren Ländermassen bedeutendere Temperaturunterschiede und über einander in weiten Ausdehnungen herrschende Strömungen in der Atmosphäre nicht vorkommen können; außerdem aber ist die Luft wegen des Meeres allzufeucht, um die Elektrizität zu isoliren und in höheren Luftschichten zur Geltung zu bringen.

Weil die Magnetpole der Erde in der äußersten Gränze der thermo-elektrischen Erregung liegen und der Erdmagnetismus am kräftigsten in ihnen hervortritt, gehen die Polarlichter nur wenig über sie hinaus und sind in ihrer Umgebung am häufigsten und schönsten.

Die durch den Wärmeunterschied zwischen der Aequatorialzone und den beiden Polarzonen hervorgebrachte und bereits früher (S. 229) erwähnte Doppelströmung in der Atmosphäre kann, wenn die Erwärmung in jener sehr groß gewesen ist, eine sehr bedeutende Ausdehnung erlangen und bewirken, daß die warme Luft, welche zu einer namhaften Höhe emporgestiegen ist, in einer weit horizontal ausgedehnten Strecke über kalter Luft nach den Polen strömt, ohne sich durch noch höheres Steigen sehr abzukühlen. Das bei nördlichen Winden fallende Barometer ist ein Beweis dafür. Die natürliche Folge ist, daß durch die Reibung der beiden Luftschichten von verschiedener Temperatur eine elektrische Spannung und im Norden oder überhaupt an der Stelle, wo die warme Luft herabsinkt, um den Abgang der abgeflossenen kalten zu ersetzen, eine Aufhellung der an sich schon ziemlich trockenen Atmosphäre stattfindet, so daß der dunkle Himmel und die Sterne an ihm erscheinen. Da es an Wolken mit hervorragenden Theilen fehlt und die Elektrizität in höheren dünneren Schichten der Atmosphäre vorhanden ist, so entstehen nicht einzelne Blitze, sondern nur das meist positive elektrische rothe Glimmlicht. Weil nun die Thermo-elektrizität der Erdoberfläche an jedem Orte dem Thermomagnetismus eine bestimmte Richtung gibt und weil der Magnetismus auf das elektrische Licht bewegend einwirkt, erscheint dieses Glimmlicht bei hinreichend ausgebildeten Polarlichtern in Strahlen, welche sich nach dem magnetischen Meridiane richten. Daß diese Strahlen bisweilen in einer wogenden und wellenförmigen Bewegung sich zeigen, beruht theils auf der durch die elektrische Bewegung bewirkten Abgleichung, theils auf der Strömung der Luft, in welcher sie stattfinden und durch welche sie bisweilen ganz auf die Seite geschoben werden können, wohin der Wind geht, wie ich es selbst genau gesehen habe. Bei Stürmen wird sich nie ein Nordlicht bilden können, weil die unruhig wogende Luft die Entstehung der Elektrizität zwar nicht hindert, wohl aber eine so ruhige schichtenweise Abgleichung,

wie sie das Nordlicht offenbar zeigt. Der Farbenwechsel wird vorzüglich durch die Refraktion innerhalb der zarten unter ihm befindlichen Dünste hervorgebracht. Die bogenförmige Gestalt hat keinen anderen Grund, als den, nach welchem wir den Himmel selbst hohlfugelförmig erblicken, obwohl er diese Form nicht besitzt. Die nach dem Scheitelpunkte als dem scheinbar höchsten Punkte des scheinbaren Himmelsgewölbes sich zeigende Konvergenz der Strahlen ist die Folge der Perspektive und hat nichts Auffallenderes, als wenn die durch Wolkenlücken dringenden Sonnenstrahlen nach unten auseinander und von einem oberhalb nicht sehr entfernten Punkte auszugehen scheinen, obwohl der gemeinschaftliche Ausgangspunkt in der Sonne liegt.

Die Magnetnadel muß durch die Polarlichter eine Ablenkung erleiden, denn ihre bestimmte Stellung wird bewirkt durch die Stärke des Erdmagnetismus und diese durch die Stärke der thermoelektrischen Erregung. Sie steht stets senkrecht auf dem thermoelektrischen Spiralströme der Erde. Wenn nun die Thermoelektrizität der Erdoberfläche abgeschwächt wird durch die Abgleichung mit der durch Reibung in höheren Schichten der Atmosphäre entstandenen statischen Elektrizität, so muß die Magnetnadel sich mit einem bestimmten Pole westlich oder östlich wenden, jenachdem die Abschwächung der ungleichnamigen Elektrizität (vergl. S. 383, 404) beziehungsweise östlich oder westlich stattfindet. Daß aber bei gut ausgebildeten Nordlichtern das Telegraphiren gerade von Norden nach Süden erschwert oder sogar unmöglich gemacht wird, hat seinen Grund darin, daß in dieser Richtung die Erdoberfläche und somit auch der Telegraphendraht zufolge der Induktion in einer so kräftigen ruhenden Spannungslage erhalten wird, daß die zum Telegraphiren nothwendigen lebendigen elektrischen Nebenschwingungen durch die elektrische Batterie nicht können erzwungen werden. Auch bei heftigen Gewittern wird das Telegraphiren gestört, aber nicht blos in nord-südlicher, sondern nach allen Richtungen, weil diese Erscheinungen an eine bestimmte Weltgegend nicht gebunden sind. Diese Thatsache ist übrigens auch Zeugniß für die elektrische Natur der Nordlichter.

Da die elektrische Abgleichung bei Polarlichtern sich nicht durch Blitze vollführt, sondern in einer unzähligen Menge von kleinen Funken, so kann man bei ihrer meistens bedeutenden Höhe von dem jedenfalls stattfindenden Knistern nichts hören, sondern in feltneren Fällen nur dann, wenn sie der Erdoberfläche nahe genug sind.

Nordlichtähnliche Erscheinungen bei Gewittern, namentlich schnell dahin fliegende weiße Streifenlichter und feuerroth anhaltend leuchtende Wolken habe ich wiederholt in Amerika und auch in Europa beobachtet. Der letzte am Westhimmel vergehende weiße Streifen des schönen Nordlichtes vom 12. Juli 1858 hatte vollständig das Aussehen, wie die im März und Juli in größerer Höhe über dem Horizonte wiederholt beobachteten Streifenlichter. Wenn bei diesen Lichterscheinungen die herr-

schende Windrichtung nicht senkrecht auf den Streifen war, so zeigten sie sich nur von kurzer Dauer und verdankten ihre Entstehung nur vorübergehenden örtlichen Luftströmungen, wie sich z. B. den 10. Juli 1858 bei und nach einem warmen Gewitterregen drei kurze Streifen im Norden zeigten, die bei Ostwind von Osten nach Westen gingen und schon nach 5 Minuten verschwammen. Ebenso bildeten sich am 12ten bei Nordwest zwei breite lebhafte und wechselnde Lichtstreifen im Nordnordost. Dagegen hielt sich am 24. März 1859 in etwa 45° Höhe ein breiter von Nord nach Süd gerichteter Streifen bei Ostnordost mit seinem wechselnden Lichte länger, obwohl er bisweilen ganz verschwand. Nach einem gewitterschwülen Tage erkannte ich gegen 11 Uhr abends, daß ein leichter phosphoreszirender Nebel unter schwarzem Gewölk als ein wogender Lichtschein nach Nordnordost wiederholt und viel schneller dahinslog, als es nach der Geschwindigkeit des ziemlich scharf gehenden Westsüdwestwindes der Fall war. Oft bildeten sich plötzlich mitten in großen lichten Strecken dunkle Partien mit derselben fortschreitenden Bewegung, welche sich mehr und mehr verkleinerten, indem der Lichtnebel vom Umfange aus, vorzüglich aber von der Windrichtung her in sie wogte, um dann von neuem abgelöscht zu werden. Entweder hörte hier der Lichtnebel auf zu leuchten oder er verschwand, so daß man das dunkle Gewölk über ihm erblickte. Während der ganzen Zeit zeigte sich nur einmal im entfernten Norden ein Wetterleuchten. — In anderen Fällen habe ich diese Lichterscheinung über dichtem Gewölk durch dessen Zwischenräume bemerkt.

Ich glaube, daß diese Thatsachen und ihre Beziehung auf die theoretischen Untersuchungen hinreichend sein werden, um über die Natur des Nordlichtes und der ihnen verwandten Erscheinungen einen hinreichenden Aufschluß gewinnen zu lassen.

3. Wir gehen nun von den Betrachtungen, welche den Einfluß des Magnetismus auf die Elektrizität und das Licht zum Zwecke hatten, zu der Frage über, ob ein Magnet auch Wärme erzeugen könne. Auf den ersten Blick erscheint bei der starren und kalten Regungslosigkeit der festen Schwingungslage, welche wir als die Natur des Magnetismus erkannten, diese Frage verneint werden zu müssen. Wenn wir aber mit dem Magnetismus oder durch ihn Molekularbewegungen vornehmen, so entsteht auch Wärme. Wenn ein Stab von weichem Eisen recht oft und schnell hintereinander, etwa mit Anwendung eines Blitzrades, durch einen elektrischen Strom magnetisirt und entmagnetisirt wird, so erwärmt er sich, weil die Molekel desselben dadurch genöthigt werden, vollständige Schwingungen zu machen, wie sie nach unserer früheren Darstellung zur Wärme gehören. Ebenso wird ein Eisenstab warm, wenn er in der Richtung des magnetischen Meridians schnell um eine lothrecht durch seine Mitte gehende Axe gedreht wird. — Aber auch wenn Arbeit und Magnetismus und die durch ihn hervorgebrachte Elektrizität

einander entgegenwirken, werden vollständige Wärmeschwingungen erzeugt. Schon wenn man einen starken Magneten an ruhendem Kupfer schnell hin und her bewegt, noch mehr aber, wenn man den Rand einer Kupferscheibe zwischen den Polen eines starken Elektromagneten recht rasch dreht, wird das Kupfer warm, weil in ihm wiederholt entgegengesetzt gerichtete elektrische Bewegungen erzeugt werden, welche im letzten Falle die Scheibe zur Ruhe bringen wollen, so daß die gewaltsam entgegenwirkende Arbeit der Drehung die lebendige Kraft der Wärme erzeugt, ohne daß Reibung stattgefunden hat. Wenn auch diese Betrachtungen nicht von praktischer Wichtigkeit sind, so gewähren sie doch ein theoretisches Interesse, weil sie eine Bestätigung unserer Ansicht von dem Wesen des Magnetismus, der Elektrizität und der Wärme sind. Molekularkräfte, mechanische Arbeit, Wärme, Elektrizität, Magnetismus werden mannigfaltig ineinander umgesetzt.

Zu diesen merkwürdigen Umwandlungen der mechanischen Arbeit in Elektrizität gehört auch die höchst wirksame Elektrifiziermaschine, welche kürzlich von Holz erfunden worden ist. Es wird hier eine geringe Quelle von Spannungselektrizität, welche man durch Reibung hervorgebracht hat, zu einer Vertheilung in einer nur gedrehten, aber dabei nicht geriebenen Glasscheibe verwendet und von dieser aus den vier Quadranten, welche paarweise entgegengesetzt elektrisch sind, zu zwei einander gegenüberstehenden Leitern geführt, so daß während der Drehung zwischen ihnen ununterbrochen die lebhaftesten Funken überspringen, wobei die Farbenverschiedenheit der beiden Polaritäten recht herrlich sich zeigt. Da hier ein fortwährendes Abgleichen der entgegengesetzten Elektrizitäten der verschiedenen Quadranten und eine stets neue Entwicklung durch die Drehung stattfindet, was um so schneller geschieht, je rascher man dreht; so haben wir hier eine Verwandlung der statischen in die dynamische Elektrizität und somit auch alle Erscheinungen der letzteren. Die Wirksamkeit dieser neuen Maschine möchte mit den von mir früher (S. 373) angeführten Wahrnehmungen in Uebereinstimmung zu bringen sein.

4. Ferner ist der Magnetismus nicht so stumm, als er zu sein scheint. Er bedarf aber auch hier, oder wenn er Schall erzeugen soll, einer äußeren Anregung. Wird ein Stahlstab diskontinuirlich magnetisirt (vergl. S. 414), so tönt er in dem Augenblicke, in welchem die Kette geschlossen wird, mit Längenschwingungen und gibt denselben Ton, welchen er durch das Anstreichen, ebenso schwingend, würde vernehmen lassen. Die Theilchen des Stahles, welche an den Grenzen der entgegengesetzten Polaritäten liegen, werden durch zwei entgegengesetzt wirkende Kräfte in Bewegung gesetzt und so gezwungen, vollständige Schallschwingungen zu machen, bis sie in der magnetischen Lage sich festgesetzt haben. — Ebenso tönt ein Stab von weichem Eisen mit freien Enden, wenn durch ihn eine diskontinuirliche elektrische, den Magnetismus in

sich schließende Bewegung (fortwährend Ladung mit Entladung abwechselnd) geleitet wird, weil die Schwingungen jedes Theilchens mit dem Polwechsel oder bei der Ladung und Entladung einander entgegengesetzt gerichtet werden oder jenseits und diesseits der Gleichgewichtslage stattfinden, also vollständig viertheilige Schallschwingungen sind. Weil hier die Tonhöhe von der Stärke des Stromes abhängt, ist wohl der Schluß gestattet, daß zu einer bestimmten Stromstärke auch eine bestimmte Schwingungszahl der Nebenschwingung gehört. — Der Eisenstab kann auch in einer Glasröhre frei schwebend angebracht und um die Röhre eine Kupferdrahtspirale gewunden sein, um durch sie die elektromagnetische Bewegung zu leiten. — Das Glas in einer Nebenbatterie geräth auch in tönende Längenschwingungen, wenn die Ladung durch einen Funkenmesser geschieht. Um den allerdings nur schwachen Ton zu hören, hält man das Ohr in der Richtung der Glasflächen oder wendet ein Stethoskop an. — Der Schall, z. B. der Schlag bei der Unterbrechung des magnetoelektrischen Stromes, wird mit der Annäherung an einen Pol eines kräftigen Elektromagneten verstärkt.

Wenn diese Betrachtungen auch keinen praktischen Werth haben, so sind sie doch von Interesse für die theoretische Auffassung aller Schwingungsercheinungen der Molekel.

5. Wenn wir endlich nach der chemischen Wirksamkeit des Magnetismus fragen, so müssen wir allerdings gestehen, daß dieselbe bis jetzt in unmittelbarer Weise noch nicht unzweifelhaft nachgewiesen worden ist, obwohl Dr. Horn dem Wasser, welches einige Zeit auf den beiden Polfüßen eines kräftigen Magneten gestanden hat, je nach der Polarität eine verschiedene medizinische Wirkung zugeschrieben wissen will; aber insofern, als durch bewegten Magnetismus die Elektrizität erzeugt wird, gehören auch ihm alle die durch letztere erlangten Erfolge an, so daß wir darüber uns weiterer Bemerkungen enthalten können.

V. Es bleibt uns schließlich nur noch übrig zu untersuchen, in welchen Beziehungen der Chemismus zu den verschiedenen Schwingungsercheinungen steht.

1. Eine der zunächst und am häufigsten hervortretenden Wirkungen chemischer Thätigkeit ist die Wärme. Da chemische Verbindungen und Trennungen nur dadurch möglich sind, daß die Atome des einen Stoffes sich zu denen eines anderen begeben, gleichgiltig ob das eine Folge einer einfachen oder einer Wahlverwandtschaft ist (Vd. I. S. 85), so entstehen je nach dem Grade der Verwandtschaft mehr oder minder heftige und mit Reibungen verbundene Bewegungen, welche in Schwingungen bestehen, weil zwei Kräfte theils mit, theils gegeneinander wirken, nämlich die Verwandtschaft und der Beharrungszustand in der ursprünglichen Lage. Der Grad der dadurch entwickelten Wärme kann als Maß der chemischen Verwandtschaft dienen.

Selbst wenn bloße Molekularanziehung stattfindet, ohne daß eine chemische Veränderung eintritt, entwickelt sich Wärme, wie z. B., wenn eine Flüssigkeit auf ein sehr feines Pulver gegossen und dieses von ihr benetzt wird. Unorganische Körper, wie Erdaten, Metalle und deren Oxide, zeigen dabei eine viel geringere Wärme, als organische, wie Wurzelmehl, Stärke, getrocknete Häute, weil bei letzteren ein viel heftigeres Bestreben der Anziehung stattfindet, als bei ersteren. Wird Süßholzwurzel befeuchtet, so bewirkt die Haarröhrchenanziehung eine Temperaturerhöhung von $10,2^{\circ}$ C.

Wenn bei einer chemischen Verbindung eine Vermehrung der Dichte (Vergrößerung des spezifischen Gewichtes) oder eine Veränderung des Aggregatzustandes aber nur in der Weise stattfindet, daß aus dem luftigen Körper ein fester oder aus dem festen ein flüssiger wird; so entwickelt sich deshalb eine höhere Temperatur, weil bei der Verminderung der Schwingungsweite der Molekel eines Körpers von bestimmter Temperatur eine Vermehrung der Schwingungszahl eintreten muß. Beispiele davon hat man bei der Vermischung von Wasser mit konzentrierter Schwefelsäure und wenn man Wasser auf frisch gebrannten (lebendigen) Kalk gießt. Baryt und Strontian können durch Schwefelsäure sogar glühend werden. Terpentinöl wird entzündet durch Salpetersäure mit Schwefelsäure, ebenso chloresäures Kali in Schwefelsäure, worauf das sogen. chemische Feuerzeug beruht. — In allen Fällen, in welchen ein flüssiger Körper, er mag tropfbar oder luftig sein, von einem festen, oder auch, wenn ein luftiger Körper von einem tropfbaren aufgenommen wird und in ihm zu verschwinden scheint (absorbirt wird), entsteht Wärme.

Wenn durch die chemische Verbindung zweier Körper ein dritter entsteht, welcher einen größeren Raum einnimmt, als die Summe der Räume beider beträgt, oder wenn aus dem festen Körper ein tropfbarer (Kältemischungen, S. 120) oder aus dem tropfbaren ein luftiger wird; so entsteht Kälte, weil bei dem Vorhandensein einer bestimmten Schwingungskraft die Menge der Schwingungen (Temperatur) abnehmen muß, wenn die Schwingungsweite zunimmt.

Daß sich durch die bei der Krystallbildung vorhandene Atombewegung ebenfalls Wärme entwickeln muß, ist durch die Erfahrung bestätigt; ja selbst bei der Aenderung der Krystallform zeigt sich dies, wie wenn die aus flüssigem Schwefel entstandenen prismatischen Krystalle in oktaedrische übergehen oder wenn der bis auf 38° erwärmte Kandiszucker schnell in krystallinische Fäden ausgezogen wird, wobei die Temperatur bis auf 80° steigt.

Wird bei einer chemischen Verbindung Wärme frei, so enthält der neue Körper weniger Wärme gebunden, als die Bestandtheile vor der Verbindung enthielten; wird aber Wärme gebunden, so ist das Gegentheil der Fall; braucht der Körper zu seinem Bestehen die Summe der Wärme

seiner Bestandtheile, so wird die Wärme weder gebunden, noch frei. Die bei der Entstehung einer Verbindung frei werdende Wärme ist gleich der, welche bei der Aufhebung der Verbindung gebunden wird. Es zeigt sich also auch hier das in der ganzen Natur giltige Gesetz von der Erhaltung der Kraft.

2. Sind die Molekular- und Atombewegungen kräftig genug, so sind sie sogar fähig, die noch schnelleren Lichtschwingungen in dem die Körper durchdringenden Aether hervorzubringen. Es zeigen sich z. B. bei der Krystallbildung mancher Salze aus ihren wässrigen Lösungen, wie des schwefelsauren Kalis, im Dunkeln Lichterscheinungen, welche also durch Molekularbewegungen entstanden sind.

Wenn man 2 bis 3 Quentchen arsenichte Säure von glasartiger Beschaffenheit in einem Kolben von weißem Glase mit 3 Loth nicht rauchender Salzsäure und 1 Loth Wasser übergießt, das Ganze ins Kochen bringt und dann durch Verkleinerung der Flamme möglichst langsam erkalten läßt; so ist die Erzeugung eines jeden Krystalles von einem Funken begleitet und bei Bildung vieler während des Schüttelns entsteht ein lebhaftes Leuchten.

Höchst merkwürdig sind die durch den Chemismus hervorgebrachten Farbenverwandlungen, wobei sich oft aus den unscheinbarsten Stoffen (Theer, schweres Steinkohlentheeröl) die herrlichsten Farben (Anilinfarben) hervorbringen lassen. Gerade dieser Theil hat für das praktische Leben die allergrößte Wichtigkeit erlangt, gehört aber in ein technologisches Werk über Färbekunst. Wenn man z. B. schwefelsaures Kupferoxyd kalzinirt, so erhält man ein schmutzigweißes Pulver, so wie es aber mit Wasser in Berührung kommt, färbt es sich wieder blau, wobei sich Krystalle bilden, deren Entstehung unter dem Mikroskope zu beobachten sehr interessant ist. — Umgekehrt kann aber durch Wasser auch die blaue Farbe des schwefelsauren Molybdäns aufgehoben werden. So geben Quecksilber oder Schwefel und Sauerstoff in verschiedenen Verhältnissen miteinander verschiedenartige Körper mit ganz verschiedenen Farben (roth, schwarz). Solche Verbindungen sind an sich dunkle Körper und bekommen, wenn sie von weißem Lichte erleuchtet werden, grade nur für eine bestimmte Farbe die Fähigkeit, sie durchzulassen oder zurückzuwerfen und zeigen für andere keine Resonanz.

Noch häufiger aber werden Körper selbstleuchtend durch die Atombewegung während der Entstehung chemischer Verbindungen. In diesem Falle ist das Licht die Folge der Aufhebung entgegengesetzter elektrischer Spannungszustände, welche den sich miteinander verbindenden Stoffen zukommen. Schon bei dem langsamen Zersetzungsprozesse organischer Körper, wie an faulendem Holze, an verwesenden Seefischen, zeigen sich Lichterscheinungen und wenn sie auch nur in einer schwachen Phosphoreszenz bestehen.

Jeder Verbrennungsprozeß mit einer Flamme ist chemischer Natur. Die Farben der Flammen hängen dabei von der Beschaffenheit der verbrennenden Stoffe ab, wie es die Feuerwerkskörper und die bengalischen Flammen zeigen. Wie die Größe der chemischen Verwandtschaft mit der Entwicklung des Lichtes überhaupt und der Flamme insbesondere in Verbindung steht, zeigt sich u. a. beim Phosphor und bei der Verbrennung des Kaliummetalles, welches man auf Wasser wirft.

Bei dem Verbrennungsprozesse überhaupt verbindet sich Kohlenstoff mit Sauerstoff. Die durch die dabei stattfindende Atombewegung erzeugte Wärme ist gleich dem Verbindungsresultate; sie ist u. a. fähig, Wasser in Dämpfe zu zerlegen und gibt so den Wassermolekeln eine so große Bewegung, daß sie als Dämpfe frei schwebend, in dieser Bewegung und durch sie als Druckkraft gebraucht werden, welche in der Technik durch manchmal oft wiederholte Umwandlung der Bewegungsart zu den verschiedensten Zwecken verwendet wird. So kann die lebhafteste Atombewegung bei der Verbrennung bei wiederholter Umwandlung der Bewegungsart und Uebertragung der Bewegung auf andere Stoffarten und Formen unter Festhaltung des Gesetzes von der Erhaltung der lebendigen Kraft zu den erstaunlichsten Leistungen benutzt werden. Es gibt aber in dem Kreislaufe der Naturprozesse durchaus kein Mittel, um Kraft zu gewinnen, sondern es wird zur Ueberwindung des Beharrungszustandes vielmehr stets ein Theil derselben verbraucht, ohne als Arbeit aufzutreten und dennoch sind die Leistungen, welche aus der Atombewegung entspringen, oft so ungeheuer große. Da nun die Atome der verschiedenen Stoffe so ungemein klein sind, daß sie als Körper jeder sinnlichen und selbst durch die besten Mikroskope und die Spektralanalyse unterstützten Wahrnehmung sich entziehen; so müssen wir annehmen, daß ihr großes Kraftmoment in einer enormen Geschwindigkeit während ihrer Verbindung besteht. Auf sie weist auch der Umstand hin, daß die Lichtschwingungen, welche noch schneller sind, als die des violetten Lichtes, grade recht geeignet sind, chemische Verbindungen und Zersetzungen zu erzeugen, während die fast noch einmal so langsamen des rothen Lichtes nur allenfalls fähig sind, eine durch das violette Licht eingeleitete chemische Thätigkeit weiter fortzusetzen.

Wie bei den Dampfmaschinen die bloße Bewegung des Dampfes sofort und ohne neue Wärmeerzeugung in mechanische Arbeit umgewandelt werden kann, so auch die chemische Zersetzung, wie es ja die explodirenden Körper anzeigen.

3. Eine der interessantesten Umwandlungen von Bewegungsformen ist die Erzeugung von Elektrizität durch den Chemismus, wie wir sie bereits bei den voltaischen Ketten und Säulen kennen gelernt haben. Aber nur alle diejenigen Flüssigkeiten, welche durch die Elektrizität zersetzt werden können, bewirken in den Zellen einer galvanischen Kette durch ihre Atombewegung während ihrer Zersetzung in den Leitungsdrähten

die elektrische Molekularbewegung; also z. B. eine Chlorlösung zeigt sich unwirksam. Von zwei sich chemisch miteinander verbindenden Stoffen ist der eine positiv, der andere negativ elektrisch und von dem Grade ihrer chemischen Verwandtschaft hängt auch die Stärke ihrer elektrischen Verbindung ab. Dabei steht die Menge der Zerlegungsprodukte genau in gleichem Verhältnisse mit der durch Uebertragung entstandenen Stromstärke. Die Bewegung von Atomen mit bestimmtem Gewichte erzeugt auch Elektrizität von bestimmter Kraft, so daß das wichtige Naturgesetz von der Erhaltung der lebendigen Kraft auch hier seine Geltung hat. — Wenn man bei einer Säule von Zink- und Kupferplatten eine Auflösung von salpetersaurem Natron anwendet, so scheidet sich am negativen Kupfer der Wasserstoff und das Natron des Salzes aus, der positive Zink wird durch den Sauerstoff des Wassers oxydirt und das gebildete Zinkoxyd verbindet sich mit der Salpetersäure. Die Wirksamkeit der Säule hört erst dann auf, wenn alles Alkali am Kupfer und alle Säure am Zink ausgeschieden ist.

4. Daß bei chemischen Verbindungen oder Trennungen ein unmittelbarer Einfluß auf den Magnetismus sich nicht nachweisen läßt, liegt in der Natur der Sache, indem die allseitige Beweglichkeit und Bewegung bei der Bildung von jenen weder auf die starre Lage von diesem eine Wirkung äußern, noch eine solche Lage hervorbringen kann. Mittelbar aber und zwar durch die erzeugte Elektrizität wird durch den Chemismus doch auch Magnetismus (der Elektromagnetismus) erzeugt. Wenn also der Elektromagnet durch seinen Anker ein bedeutendes Gewicht trägt oder Eisenstücke schon auf große Entfernungen anzieht, so ist dieser Erfolg durch die Summirung einer ungeheuren Menge von außerordentlich kleinen in den Atombewegungen sich äußernden Kräften, und zwar durch eine dreifache Umänderung der Bewegungsart entstanden.

5. Die Erzeugung von Schall scheint dem Chemismus am meisten fremd zu sein, aber wir haben früher schon von Explosionen bei chemischen Verbindungen gesprochen (vergl. S. 9 und 394) und können hier noch hinzufügen, daß auch die ruhigen und langsamen chemischen Verbindungen oft mit einem leisen Summen verknüpft sind und wenn man sie auch selbst nur durch das Stethoskop wahrnehmen sollte.

Rückblick.

Wir haben in diesem Bande Erscheinungen kennen gelernt, welche, einzelt betrachtet, sich sehr oft jeder Erklärungsweise zu entziehen scheinen und vorzüglich dadurch wunderbar sind, daß die wirksamen Grundursachen auf unsere Sinne meist gar keinen Eindruck machen und daß wir Wirkungen in die Entfernung ohne irgend ein sichtbares Band wahrnehmen. Abgesehen von den Sinnestäuschungen, welche namentlich in Betreff der Ruhe und Bewegung in unserem Weltenysteme so vielen Hader und zu allen Zeiten so schwachvolle Verfolgungen orthodoxer Dümmlinge herbeigeführt haben, ist unser Körper trotz seiner so wunderbar vollkommenen Zusammensetzung doch noch nicht fein genug organisiert, um alles das zu erkennen, was in der Natur da ist und was vorgeht.

Das bewaffnete Auge ist wohl noch imstande, an einem Räderthierchen, welches den 10ten oder 20sten Theil einer Linie groß ist, einen Schlund, gezahnten Riefer, einen Magen, Darmdrüsen und Nerven zu erkennen; aber bei den pfeilschnell dahin schießenden Monaden, welche etwa den 2000sten Theil einer Linie einnehmen, so daß deren Millionen in einem Tropfen Flüssigkeit sein können, oder bei den Vibrionen, welche dem bewaffneten Auge als ein Haufen kleiner flimmernder Pünktchen oder Strichelchen erscheinen und deren mehr als 4000 Millionen auf eine Kubiklinie gehen, forscht man vergeblich selbst nach ihren Bewegungsorganen, welche sie doch unstreitig besitzen und die ihre Empfindung und ihren Willen vermittelnden Werkzeuge, welche sie, nach der Art ihrer Bewegung zu schließen, doch haben müssen, sind absolut unfindbar. — Obwohl in einem Tropfen Menschenblutes über 5 Millionen Blutkörperchen enthalten sind, so erscheinen sie doch als Riesen gegen die Saamenkörner eines in Italien vorkommenden Traubenpilzes, von denen jedes einzelne die Bedingungen der Fortpflanzung besitzt, also eine Zusammensetzung verschiedener Elementarstoffe ist, deren Lage-

zung und Gestalt uns stets verborgen bleiben wird. — In der unorganisirten Körperwelt ist es nicht anders.

Aber auch für die Wahrnehmung dessen, was in der Natur vorgeht, sind unsere Sinne nicht scharf genug. Wir können die bei der Stoffumwandlung unstreitig vorhandenen Bewegungen ins Einzelne nicht verfolgen, wir sind unfähig, die Schwingungen des Weltäthers bei der Fortpflanzung des Lichtes und der strahlenden Wärme zu erkennen, ebenso sind die elektrischen und Wärmeschwingungen irdischer Körper noch allzurash, um sie wahrnehmen zu können, und nur die verhältnißmäßig sehr langsamen Schallschwingungen entziehen sich unter Umständen unserer Beobachtung nicht ganz, wenn auch ihre unmittelbare Zählung nicht ausführbar ist. Die Schwingungszahlen für diese verschiedenen Erscheinungen schwanken von etwa 800 Billionen bis herab zu 16 in einer Sekunde. Deren Anzahl bei der Elektrizität zu bestimmen, ist zwar bis jetzt noch nicht versucht worden, dürfte aber durch die Berücksichtigung des Grades der Leitungsfähigkeit und der in verschiedenen Fällen sich zeigenden Farbenercheinungen möglich sein.

Wenn wir in dem letzten Abschnitte gefunden haben, daß jede von den sechs Atom- und Molekularbewegungserscheinungen jede der fünf anderen, theils unmittelbar, theils mittelbar, zu erzeugen fähig ist; so erscheint dies allerdings zwar höchst wunderbar, wird aber, wenn wir ihnen eine rein mechanische Theorie unterlegen, ebenso erklärlich, wie die im ersten Bande dieses Werkes angeführten Umwandlungen der Bewegungsarten durch verschieden geformte Maschinenteile. Wenn wir z. B. die bei einem Dampfwebestuhle und den dazu nöthigen anderen Vorkehrungen vorkommenden Bewegungen betrachten, so werden wir wohl kaum mit weniger Bewunderung erfüllt, als wenn wir die Wärmeschwingungen in elektrische oder diese in magnetische verwandelt sehen; der Unterschied ist nur der, daß wir dort aus der Gestalt der Maschinenteile und der Art und Zeit des Ineinandergreifens derselben die Umwandlung der Bewegungsarten verfolgen können, daß aber hier unsere, selbst durch die besten Mikroskope unterstützten Sinne uns den Dienst versagen, so daß wir allein darauf angewiesen sind, aus den Erscheinungen Vermuthungen (Hypothesen) aufzustellen und diese zu rechtfertigen suchen.

Ein Punkt aber bleibt bei den physikalischen Erscheinungen immer noch in ein räthselhaftes Dunkel gehüllt, nämlich die Wirkung auf die Entfernung. Während wir bei unseren Maschinen überall ein sichtbares Band der Fortpflanzung oder eine durch einen irdischen Stoff vermittelte Transmission haben müssen, bedürfen viele der Schwingungserscheinungen zu ihrer Wirkung auf die Entfernung gar keines irdischen Stoffes oder sie kehren sich auch nicht an diese Stoffe. Hier bleibt also nichts übrig, als die Mitwirkung des raumerfüllenden Aethers in Anspruch zu nehmen. Er durchdringt alle irdischen Körper, ist je nach

ihrer materiellen Beschaffenheit in ihnen in einem verschiedenen Zustande der Dichtigkeit und bei ihrer Bewegung thatsächlich mit ihnen ebenfalls bewegt. Da er nun auch äußerlich alle Körper umgibt und in seiner absoluten Elastizität den unendlichen Raum einnimmt, so darf es wohl kaum noch befremden, wenn wir behaupten,

daß er auch an den schwingenden Atom- und Molekularbewegungen aller Körper theilnimmt und diese Bewegungen von einem Körper auf einen anderen fortpflanzt, ohne daß eine Berührung stattzufinden braucht,

natürlich nach dem Gesetze, daß die Wirkungen mit zunehmender Entfernung abnehmen, wie die Quadratzahlen der Entfernungen zunehmen. Sind es zwei Körper derselben Natur, so entsprechen die beiden Erscheinungen einander vollkommen oder es entsteht als Resonanz eine Erscheinung derselben Art; ist die Natur der beiden Körper, des erregenden und erregten, verschieden, so tritt die Erscheinung in dem erregten Körper in einer anderen Weise auf, als in dem erregenden: z. B. aus Wärme wird Elektrizität, aus dieser Magnetismus. Bisweilen sind die Erscheinungen zusammengesetzt: in einem Leitungsdrahte können Wärme, Elektrizität und Magnetismus gleichzeitig vorhanden sein; jemeher aber die eine dieser Schwingungsarten überwiegt, desto mehr treten die anderen in den Hintergrund; Wärme z. B. kann den Magnetismus vernichten.

Ein ganz besonderes Interesse hat nur noch die Beantwortung der Frage, warum gleichnamige Elektrizitäten und Magnetismen einander abstoßen, ungleichnamige einander anziehen. Da nach den von diesen Erscheinungen früher gegebenen Vorstellungen die Molekel zweier einander gegenüberstehenden ungleichnamig elektrischen oder ungleichnamig magnetischen Körper einerlei Bewegungsrichtung angenommen haben, so könnte das Anziehungsgesetz auch heißen:

gleichgerichtete Bewegungen der Molekel, sowohl in der (elektrischen oder magnetischen) Spannungslage, als auch bei den Schwingungen, geben den Körpern das Bestreben der Anziehung, entgegengesetzt gerichtete aber das Bestreben der Abstoßung.

Ich möchte aber auch in dieser Beziehung die Körper selbst nicht als aktiv ansehen, weil ich dazu einen natürlichen Grund nicht aufzufinden vermag; sondern als passiv. Sie werden nämlich in jenem Falle durch die Kraft des unbegrenzten Weltäthers zu einander, in diesem Falle von einander gedrückt. Werden sie von einander gedrückt, so hat dieses seine Gränze in der durch die Spannungslage der Molekel und die Massenbeschaffenheit bedingten Dichte des in den Körpern vorhandenen Weltäthers. Wenn der äußere Gegendruck des Weltäthers dem von innen ausgehenden das Gleichgewicht hält, dann tritt Ruhe ein oder es findet weder Anziehung noch Abstoßung statt.

Weil bei der Abstoßung entgegengesetzte Kräfte wirken, so tritt eher eine Schwächung und sogar eine Aufhebung der einander abstoßenden Kräfte ein, als es bei der Anziehung der Fall ist. Wollte man zwei Magnetstäbe oder auch nur einen Hufeisenmagnet kräftig erhalten, so mußte man an jeden Pol einen ungleichnamigen legen, beim Hufeisen auch mittelst eines Ankers die entgegengesetzte Polarität zur Stärkung hervorbringen. Ist eine freischwebende Neigungsnadel durch den Erdmagnetismus zur Ruhe gebracht, so haben die thermoelektrischen Schwingungen der Erdoberfläche einerlei Richtung mit der magnetischen Schwingung.

Es zeigt sich auch in diesem Falle das in der ganzen Natur hervortretende Bestreben nach Einheit, welche durch den allgewaltigen Weltäther zwar erstrebt, aber wegen des mit ungeschwächter Energie fortwährend thätigen Kampfes einander entgegenwirkender Kräfte niemals erreicht wird.

Die Gesetze der irdischen Naturprozesse sind allgemeine Weltgesetze; Stoff und Kraft sind überall dieselben. Der Stoff kann nicht vernichtet werden, ist also auch nicht geschaffen, sondern ist von Ewigkeit her und wird auch in Ewigkeit bleiben, ohne daß auch nur ein Atom davon verloren ginge; aber sein Zustand ist wandelbar nach bestimmten Gesetzen, welche Niemand zu ändern vermag.

Wie wenig der Stoff, also auch die Welt nicht aus nichts entstehen konnte, ebensowenig die Kraft, welche eine Eigenschaft des Stoffes ist. Die Summe der im Weltraume wirkenden Kräfte war von Ewigkeit her eine bestimmte und wird auch in Ewigkeit unverändert bleiben. Wenn die auf der Erde wirkenden Kräfte in der einen Weise unterzugehen scheinen, so treten sie doch in einer anderen Weise wieder auf. Hebt z. B. Wärme den Widerstand der molekularen Kräfte auf oder bringt sie eine mechanische Arbeit hervor, so geht sie als Wärme zwar unter, erscheint aber in einer anderen Bewegungsform. Wenn die innere Arbeit in einem Körper seine Dichtigkeit verändert, so wird Wärme da erzeugt, wo sie früher untergegangen ist. Und so in anderen Fällen.

In den aus dem Weltraume so häufig zu uns gelangenden Meteor- massen hat die Chemie andere Stoffe, als wie sie auf unserer Erde vorkommen, zu entdecken nicht vermocht; sie zeigen auch nicht andere Krystallformen, als die sich auf der Erde darbietenden. Auch die Spektralanalyse beweiset es, daß alle Himmelskörper aus denselben Urstoffen bestehen. Wie die Erde flüssig gewesen ist und an sich verschiedene Entwicklungsperioden zeigt, so war es auch bei den anderen Himmelskörpern der Fall; wie die Erde zufolge ihrer Aendrerung eine Abplattung besitzt, so zeigen sie auch die übrigen Himmelskörper, welche noch eine Beobachtung nach dieser Richtung zulassen, und diese Aenderung der Kugelgestalt eines sich um eine bestimmte Aze drehenden flüssigen Körpers ist eine gesetzmäßig so bestimmte, daß sie z. B. bei dem Jupiter

zuerst durch Rechnung so aufgefunden worden ist, wie sie nachträglich durch die Beobachtung erkannt wurde. Die Gesetze der Anziehung und Bewegung, wie wir sie auf unserer Erde beim fallenden Steine, beim schwingenden Pendel u. s. w. erkennen, beherrschen alle Körper des Weltraumes und sind, soweit das Fernrohr reicht, als unfehlbar erkannt worden. — Die Gesetze des Lichtes und seine Fortpflanzung sind dieselben im ganzen Weltraume, wie auf unserer Erde, das von den entferntesten Fixsternen, welches viele Billionen Meilen bis zu uns zurücklegen muß, unterscheidet sich nicht von dem unserer Sonne. Wie auf unserer Erde die Aggregatzustände der Körper von der Wärme abhängen, so auch im übrigen Weltraume, und an den uns nächsten Planeten, namentlich der Venus, welche überdies mit unserer Erde eine große Ähnlichkeit hat, können wir es sogar zum Theil erkennen. Mit der Wärme hängen Elektrizität und Magnetismus innig zusammen, also dürfen wir auch auf den übrigen Weltkörpern ihr Vorhandensein annehmen.

Hätten alle Körper in der ganzen Natur dieselbe Temperatur, so wäre von einem Verbräuche der Wärme und einer Umwandlung derselben in Arbeit mit verschiedenen Bewegungsformen, von chemischen, elektrischen, magnetischen Erscheinungen gar keine Rede. Wie lange also unsere Sonne z. B. auf der Erde noch Wärmeunterschiede erzeugt, ist hier noch der mit steten Umwandlungen verbundene Lebensprozeß vorhanden; hörte sie je auf zu wärmen, oder wäre die Erde überall gleich warm, so würde alles Leben aufhören.

Wir haben gefunden, daß da, wo ein Naturgesetz waltet, auch die übrigen walten, weil nur das Gleichgewicht aller Kräfte die Welt zu erhalten vermag, und wir können schließlich sagen, daß die ganze unendliche Welt aus denselben Stoffen zusammengesetzt ist und von denselben Kräften getragen wird, welche von den einzelnen Atomen bis zu der unendlichen Menge von Weltkörpern wirksam sind.

