



UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

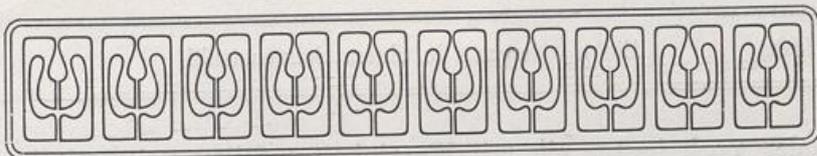
Glückliche Stunden

Slaby, Adolf

Berlin, 1908

4. Ein Spaziergang in einem Sonnenstrahl

[urn:nbn:de:hbz:466:1-73872](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:466:1-73872)



4.

Ein Spaziergang in einem Sonnenstrahl.

Die letzten beiden Jahrzehnte des abgelaufenen Jahrhunderts sind für die Lehre von der Elektrizität und ihre Anwendung besonders ereignisreich gewesen. Neue Theorien haben die alten abgelöst und wichtige Anwendungen, wie die Röntgen-Photographie und die Funkentelegraphie, haben den praktischen Wert rein wissenschaftlicher Forschung von neuem in das hellste Licht gestellt.

Die Quelle, aus welcher die neue Anschauung hervorging, sind die Strahlen der Sonne, welche unsere Erde belebt und verschönt. Ihr danken wir die Fruchtbarkeit unserer Felder, den Glanz des Sommertages, die Purpurglut der Abendwolken und die Farbenpracht des Regenbogens.

Was ist der Regenbogen? Der Dichter nennt ihn nicht mit Unrecht „einen Strahl des Lichts, der sich in Tränen bricht“, denn wir wissen, daß das Sonnenlicht, welches auf einen Wassertropfen fällt, sich in vielfarbige Strahlen zerlegt. Besonders schön zeigt uns dies Farbenspiel eine große Fontäne, auf deren niederwallende Schleier die Sonne ihre bunten Farben wirkt. Die Sonne steht uns heut leider nicht zur Verfügung, wir wählen eine ähnliche Lichtquelle — die elektrische Lampe. Bringen wir in den Weg der Strahlen eine mit Wasser gefüllte Glaskugel, eine prosaische Schusterglocke,

oder noch besser ein mit Flüssigkeit gefülltes prismatisches Glasgefäß, so breiten sich auf einer weißen Fläche die Farben des Regenbogens zu einem leuchtenden Bande, dem Spektrum, aus.

Young und Fresnel haben uns die Gesetze enthüllt, nach denen sich dieses Farbenspiel ordnet, sie führten zur Wellentheorie des Lichts. Ein Beispiel soll uns

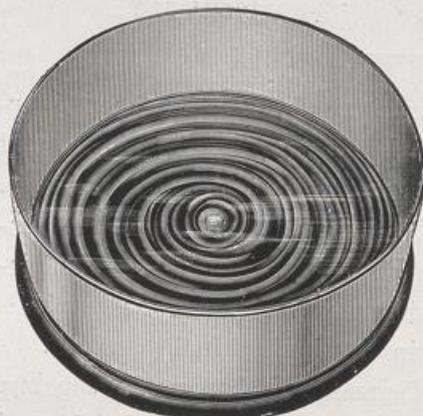


Fig. 52.

die Anschauung erläutern. Werfen wir einen Stein auf einen Wasserspiegel, so entstehen ringförmige Wellen, welche die Störung in wachsenden Kreisen verbreiten. Vor der elektrischen Lampe steht ein flaches, rundes, mit Quecksilber gefülltes Gefäß. Eine Spiegelvorrichtung wirft uns das Bild der Oberfläche desselben auf den weißen Schirm. (Fig. 52.)

Tippen wir mit der Fingerspitze leise auf die Mitte des Quecksilberspiegels, so entstehen konzentrische Wellen, welche nach dem Rande des Gefäßes eilen und dort zurückgeworfen werden. Wir sehen ein Bild von sogenannten stehenden Wellen, bei denen die Wellenberge und Wellentäler an der gleichen Stelle entstehen. Ein lebhaftes Auf- und Niederschwanken des Quecksilberspiegels zeigt uns die sogenannten Bäuche der stehenden Welle; dazwischen liegen in konzentrischen Kreisen die sogenannten Knotenlinien, in denen das Quecksilber in Ruhe verharrt. Ein nicht so gesetzmäßiges aber noch reizvolleres Bild zeigt uns die Wellenbewegung auf hoher See.

Aus zahllosen Richtungen kreuzen sich die Wellenzüge. Hier gleichen sich die Bewegungen aus und glätten die Flut zu krystallinem Spiegel, dort vereinigen sie sich und zerstäuben am Wellenberg zu schneeigem Gischt — den weissen Rossen Neptuns.

Kehren wir zu dem einfacheren Bilde der stehenden Welle zurück, sie ist der Beobachtung zugänglicher. Jedes Quecksilberteilchen erfährt einen doppelten Antrieb in senk-

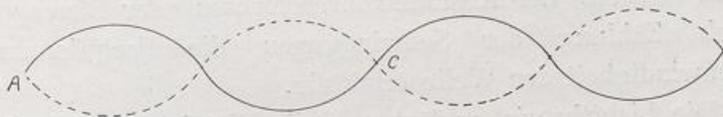


Fig. 53.

rechter Richtung von der hinlaufenden und von der zurücklaufenden Welle. Haben die auf- und niedertanzenden Kräfte an einer Stelle gleiche Richtung, so summieren sie sich, bei ungleicher Richtung vermindern sie sich. Einzelne Stellen heben sich dabei deutlich ab. Zunächst diejenigen, in welchen die Summation einen Höchstwert erreicht. Hier findet ein besonders lebhaftes Auf- und Niederschwanken des Quecksilberspiegels statt, es sind die Wellenbäuche. An anderen Stellen gleichen sich die Kräfte dauernd aus, der Quecksilberspiegel verharrt in Ruhe, wir erkennen die sogenannten Knotenlinien oder im vertikalen Querschnitt die Knotenpunkte.

Ich muß nun eine kleine Zeichnung (Fig. 53) zu Hilfe nehmen, um eine wichtige Beziehung zu erläutern. Die dicke Linie zeigt einen Querschnitt durch die hinlaufende Welle, die punktierte die zurücklaufende. Auf dem Wege von A bis C hat die Welle einen Berg und ein Tal vollendet, sie hat ihre eigene ganze Länge zurückgelegt. Die Entfernung zweier Knotenpunkte bestimmt also die halbe Wellenlänge. Es sei

nun möglich, die Anzahl der Schwingungen eines Bauches zu zählen, sie betrage beispielsweise 1000 in 1 Sekunde; die Länge von *A* bis *C* sei 1 m. Bei jeder vollen Schwingung nach oben und unten trägt also die Welle die Störung um 1 m im Quecksilber weiter, in 1 Sekunde bei 1000 Schwingungen also um 1000 m, dies nennt man die Fortpflanzungs- oder Wanderungsgeschwindigkeit der Welle. Verwandeln wir also eine Wellenbewegung in die stehende Form, so können wir durch Messung der Abstände ihrer Knoten oder Bäuche und durch Zählung der Schwingungen die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Welle ermitteln.

Die Lichttheorie erklärt nun die Wanderung des Lichts durch Wellenbewegung eines hypothetischen Stoffes von unendlicher Feinheit, der den Weltraum sowohl wie alle Räume zwischen den Molekülen der festen Körper ausfüllen soll, man nennt ihn den Weltäther. Ein leuchtender Punkt stört nach dieser Auffassung das umgebende Äthermeer mit rhythmisch erzitternder Bewegung, wie ein Steinwurf die stille Wasserfläche. In alle Richtungen des Raumes strahlen diese Wellen aus, und wenn die Netzhaut unseres Auges davon getroffen wird, so haben wir die Empfindung des Lichtes. Erstaunliche Wege haben diese Wellen durchwandert, wenn sie von der Sonne zu uns gelangen. Aus astronomischen Messungen hat man ihre Geschwindigkeit abgeleitet, sie beträgt 300 000 km in der Sekunde.

Aber nicht nur eine Wellenart sendet die Sonne aus, sondern eine unendliche Vielheit von Wellen, die zwar alle mit der gleichen Geschwindigkeit wandern, jedoch verschiedene Wellenlängen besitzen. Unser Auge ist ein so wunderbar gebautes Organ, daß es einzelne Wellenarten deutlich unterscheidet. Wir erkennen sie als Färbung, das ist aber nichts weiter als die Bezeichnung für eine bestimmte subjektive

Empfindung. Das Sonnenlicht ist ein Gemisch aus allen Farben des Regenbogens, wir machen sie einzeln sichtbar, wenn wir den Strahl durch ein mit bestimmten Flüssigkeiten gefülltes Glasgefäß fallen lassen. Die einzelnen Wellenarten werden dadurch abgelenkt von ihrer geradlinigen Wanderung, aber alle in verschiedenem Maße. Wir falten sie also gleichsam wie einen Fächer auseinander und werfen sie auf den weißen Schirm als farbiges Band.

Durch künstliche Mittel können wir einfarbiges Licht erzeugen. Bringen wir in den Weg der farbigen Strahlen z. B. ein rotes Glas, so können nur die roten Lichtwellen hindurchfluten, alle anderen werden vom Glase zurückgehalten. Wir filtrieren gleichsam die Wellen des Lichts. Es ist gelungen, die Wellenlängen der einfarbigen Lichtstrahlen zu messen. Sie sind von außerordentlicher Kleinheit. 800 Millionstel eines Millimeter beträgt die Wellenlänge im roten Licht, sie nimmt nach dem violetten Teil des Spektrums hin noch wesentlich ab, dort ist sie nur 400 Millionstel eines Millimeter. Aus der vorhin angestellten Betrachtung können wir nunmehr die Schwingungszahlen des Äthers berechnen, da wir die allen Wellen gemeinsame Wanderungsgeschwindigkeit, 300 000 km in 1 Sekunde, kennen. In dem roten Licht schwingen die Ätherteilchen 400 Billionen mal in 1 Sekunde. Ein Vergleich veranschaulicht uns diese ungeheure Zahl. Gibt eine Stimmgabel das zweigestrichene C, so macht sie 1000 Schwingungen in der Sekunde; sie würde 12 000 Jahre gebrauchen, um 400 Billionen auszuführen, die beim roten Licht sich in einer Sekunde, beim violetten sich in einer halben Sekunde vollziehen.

Es gibt für den Naturfreund kaum etwas Fesselnderes als das Studium des farbigen Lichts, hat es doch unseren größten Dichter Jahrzehnte lang mit seinem Zauber gebannt. Doch ihm, der den feinsten Regungen der Menschenseele

treffendsten Ausdruck verlieh, blieb es versagt, das Geheimnis dieser farbigen Schwingungen mit seinem Geist zu durchdringen. Wie würde er staunen, sähe er heute das entschleierte Bild im Lichte der neueren Forschung.

Aber nicht bei dem sichtbaren Spektrum will ich verweilen, unser heutiges Ziel sind die verborgenen Tiefen des unsichtbaren, welche sich erst in den letzten zwei Jahrzehnten dem Menschen erschlossen haben. Rechts und links von dem sichtbaren Teil des Spektrums sind Wirkungsgebiete des Lichts vorhanden, welche dem physischen Auge verborgen bleiben. Andere Mittel müssen herangezogen werden, wollen wir den leisen Wellenschlag dieser unendlich feinen Ätherschwingungen entdecken.

Jenseits des Violett sind es chemische Wirkungen, welche wir wahrnehmen; die photographische Platte läßt sie erkennen. Könnten wir die ganze Breite des Spektrums mit lichtempfindlichem Papier bedecken, wie es der Photograph zur Herstellung der Abzüge verwendet, so würden wir nach einiger Zeit die bekannte dunkle Tönung, welche das Licht hervorbringt, entstehen sehen. Während aber das rote Licht das Papier fast vollkommen unberührt läßt, färbt es dasselbe in immer dunkleren Tinten je weiter wir fortschreiten zum violetten Teil. Doch die tiefste Färbung erhalten wir erst in jenem dunklen Raum jenseits des Violett. Dies beweist, daß unser Prisma aus dem weißen Sonnenlicht neben den sichtbaren farbigen Lichtstrahlen auch noch andere, unsichtbare absondert, welche weiter abgelenkt werden, und welche die stärkste chemische Kraft besitzen. Wir können auch diese mit Fug und Recht als Lichtstrahlen bezeichnen. Aber diese unsichtbaren Strahlen haben auch noch andere Wirkungen als jene chemischen, durch welche das photographische Papier sich färbte.

Man hat Stoffe gefunden, welche die Eigenschaft besitzen, daß sie einen unsichtbaren Lichtstrahl von bestimmter Wellenlänge zurückwerfen mit anderer Wellenlänge. In dem Stoffe selbst findet also eine Änderung, eine Umsetzung derselben statt. Ist die reflektierte Wellenlänge nun eine solche, welche einem sichtbaren Lichtstrahl entspricht, so leuchtet der Stoff mit dessen Farbe. Hier ist ein Papierschirm mit Kristallen von Bariumplatincyannür bedeckt. In der Dunkelheit sehen wir ihn kaum, halte ich ihn jedoch in den ultravioletten Teil des Spektrums, so leuchtet er auf. Wunderbare Kräfte müssen in diesen winzigen Krystallen tätig sein, welche das leise Erzittern des Äthers in strengster Gesetzmäßigkeit wandeln. Könnte man die dunkeln Regungen mancher Menschenseele durch künstliche Mittel doch ebenso glücklich verwandeln!

Die kleinsten Wellenlängen dunkler Strahlen im ultravioletten Teil des Spektrums, welche man bisher mit Sicherheit nachgewiesen hat, betragen 100 Millionstel eines Millimeter. In weitere Tiefen ist die Forschung noch nicht gedrungen, doch haben neuere Untersuchungen über die Röntgenstrahlen die Vermutung erweckt, daß diese Strahlen in den entlegensten Teilen des Spektrums zu suchen sind. Zwischen ihnen und den bekannten Wellen des Spektrums liegt noch ein großes unbekanntes Gebiet, ein anderer dunkler Weltteil, dessen Erschließung reiche Ernte verspricht.

In diesem noch unbekanntem Teile des Spektrums scheinen auch die vielen wilden Strahlen heimatsberechtigt zu sein, die in letzter Zeit so viel von sich reden machten: Das schwarze Licht Le Bons, die Magnetstrahlen und das Odlicht, die N-Strahlen und die Metallstrahlen. Wissenschaftliche Klarheit ist indes darüber nicht verbreitet, einzelne Wahrnehmungen haben sich als Täuschungen erwiesen.



Alle Strahlen im Ultraviolett entziehen sich der direkten Wahrnehmung durch das menschliche Auge. Wunderbarer Weise scheint es aber Tiere (Insekten) zu geben, deren Augen auch für diese Strahlen organisiert sind. So hat man eine merkwürdige Beobachtung an Fliegen gemacht. Sie suchen bekanntlich das Licht. Man nahm zwei luftdicht geschlossene Kästen, den einen aus Karton, den anderen aus Blei und setzte sie nebeneinander, nachdem man die Grenzwände mit einer Öffnung versehen hatte. In den Bleikasten setzte man Fliegen. Nach längerer Behandlung der Kästen mit Röntgenstrahlen, welche bekanntlich den Karton mit Leichtigkeit, das Blei aber überhaupt nicht durchdringen, fand man die sämtlichen Fliegen in der Kartonabteilung versammelt. Sie hatten sich den Genuß verschafft, in den Röntgenstrahlen spazieren zu gehen, mußten sie also doch wahrgenommen haben.

Intensive Röntgenstrahlen erzeugt man bekanntlich, indem man hochgespannten Strom durch eine evakuierte Glasröhre hindurchführt. Man bezeichnet bei einer solchen Glasröhre ebenso wie bei einer elektrolytischen Zelle die Eintrittsstelle des Stromes als Anode, die Austrittsstelle als Kathode. Wenn wir den Strom hindurchführen, sehen wir, daß die Röhre ein grünliches Licht ausstrahlt. Diese Wirkungen gehen von der Kathode aus, es sind die sogenannten Kathodenstrahlen. Wo diese die Glaswand treffen, erzeugen sie grünliches Licht.

Zu gleicher Zeit wird die getroffene Glaswand zum Ausgangspunkt einer neuen Strahlung, der Röntgenstrahlung. Es werden feine mit Elektrizität geladene Partikelchen von der Kathode fortgerissen und gegen die Glaswand geschleudert; beim Auftreffen findet dann eine Entladung statt, und durch diese werden die Röntgenstrahlen hervorgerufen.

Man hat nun die Wirkung dadurch verstärkt, daß man die Kathodenstrahlung nicht auf die Glaswand auffallen läßt,

sondern auf ein kleines Platinblech, welches Sie in der Mitte der Röhre wahrnehmen (Fig. 54). Dieses Platinblech wird jetzt der Ausgangspunkt der Röntgenstrahlung; letztere tritt durch die Glaswand hindurch nach außen und hat, wie Ihnen wohl bekannt ist, die Fähigkeit, auf die photographische Platte zu wirken, ebenso wie auf einen Leuchtschirm von Bariumplatin-

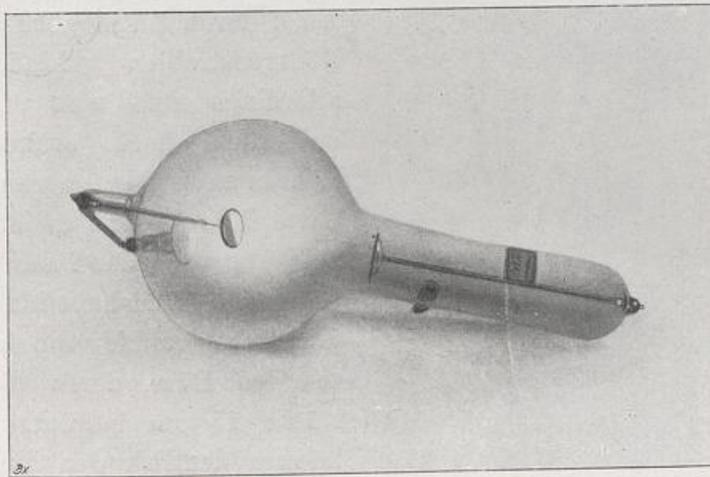


Fig. 54.

cyanür. Die Röntgenstrahlen haben aber die Eigenschaft, daß sie die verschiedenen Körper in verschiedener Weise durchdringen oder, richtiger gesagt, von den verschiedenen Körpern in verschiedenem Maße verschluckt werden. So gehen sie fast ohne jeden Verlust durch die Weichteile des menschlichen Körpers, weniger leicht durch die Knochen, und wir können, wenn wir einen menschlichen Körper in den Weg der Röntgenstrahlen bringen, auf einem davor befindlichen Bariumplatincyanür-Schirm ein deutliches Bild des

Knochenbaues erkennen. Die Chirurgie hat von diesem neuen Mittel bereits in ausgedehnter Weise Gebrauch gemacht.

Ich habe mich mit dieser Sache beschäftigt aus einem anderen Grunde. Ich wollte

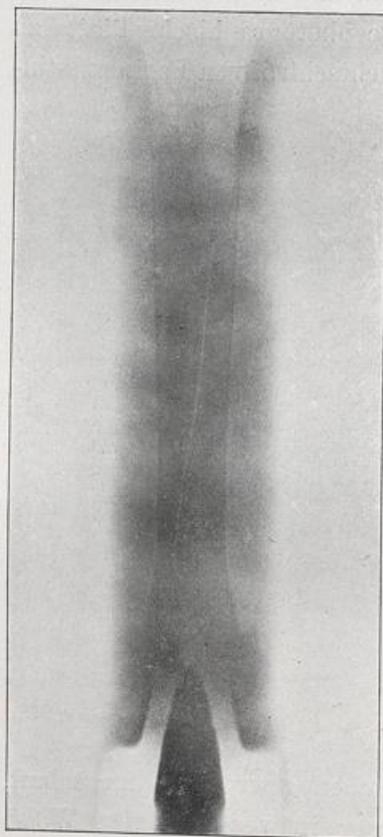


Fig. 55.

versuchen, ob nicht Stoffe, die in der Technik eine Rolle spielen, zu durchdringen sind; in erster Linie das Eisen. Auch durch Eisen gehen die Röntgenstrahlen hindurch, allerdings muß man außerordentlich hoch evakuierte Röhren anwenden, sogenannte harte Röhren, und es ist die Wirkung auch dann nur eine begrenzte. Hier habe ich z. B. die Photographie von einer eisernen Düse, deren Wandstärke 15 mm beträgt. Sie können deutlich den inneren Raum der Düse erkennen. (Fig. 55.) Hier ist eine Säbelscheide mit eingeschlossenem Säbel (Fig. 56) und hier ein Gewehrlauf mit darin befindlicher Patrone. (Fig. 57.) Das Verfahren hätte Wert, wenn

es gelänge, Fehler im Guß z. B. zu erkennen. Daß das unter gewissen günstigen Bedingungen möglich ist, zeigt dieses Bild einer eisernen Eisenbahnschiene (Fig. 58), welche im Innern einen Fehler hat. Sie werden hier deutlich diese feinen Risse erkennen. Es ist ein Walzfehler. Aber

technische Brauchbarkeit besitzt das Verfahren trotz alledem noch nicht, denn ich habe, um das Bild zu erhalten, von der Schiene erst einen Schnitt machen müssen. Wollte ich die volle Schiene nehmen, so überdecken sich die einzelnen Fehler

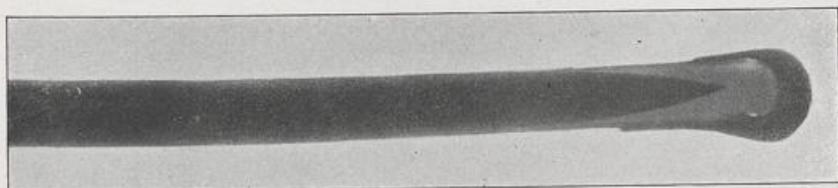


Fig. 56.

mit den Eisenteilen, und es ist nicht möglich, Dimensionen wahrzunehmen. Das schöne Ziel, Fehler in fertigen Wellen oder in Kanonenrohren nachzuweisen, hat sich bisher nicht erreichen lassen.

In wie umfangreicher Weise man die Röntgenstrahlen für chirurgische Zwecke benutzt, ist bekannt.

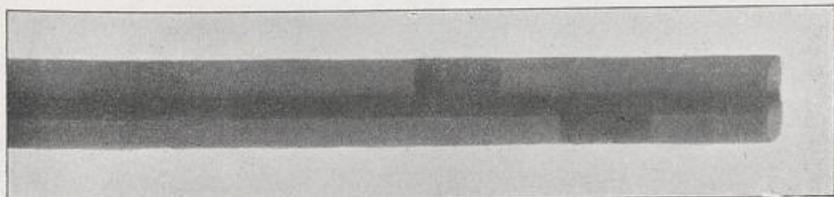


Fig. 57.

Hier kann ich Ihnen ein interessantes Bild zeigen, den Kopf von Li-Hung-Tschang, am 26. Juli 1896 aufgenommen — das erste Schädelbild. Der Vizekönig Li-Hung-Tschang hatte bekanntlich bei einem Attentat eine Kugel in den Schädel bekommen. Er litt große Schmerzen und die Ärzte erklärten



eine Operation für unmöglich, da sie mit der Sonde die Kugel nicht fanden. Im Jahre 1896 hatte ich Gelegenheit, ihn kennen

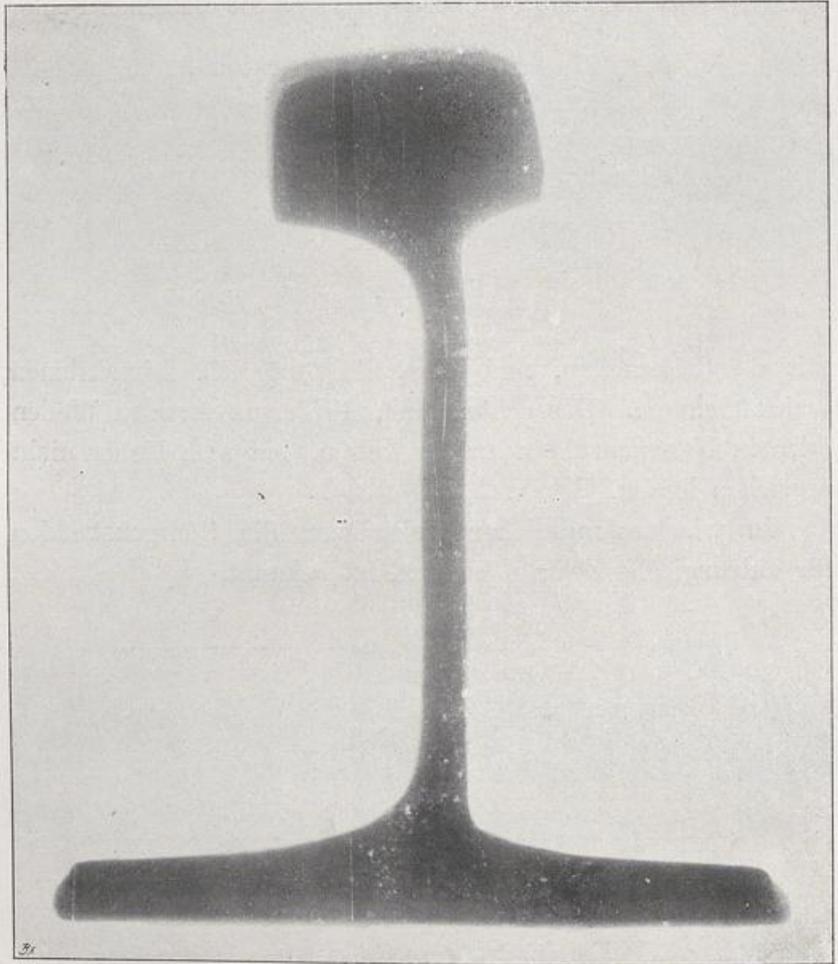


Fig. 58.

zu lernen. Er fragte mich, ob durch Röntgenstrahlen die Kugel nachzuweisen wäre. Ich stellte es in Aussicht, und er

kam hierher zur Aufnahme. (Fig. 59.) Das Bild zeigt deutlich die Kugel und den Schußkanal; man versteht jetzt, weshalb die Ärzte die Kugel nicht finden konnten. Sie ist in eine



Fig. 59.

sackartige Aushöhlung des Schädelknochens gerutscht. Mit welcher stoischen Ruhe sich der bezopfte Chinese dieser Prozedur unterwarf, war staunenswert. Glücklicherweise ist

Slaby, Glückliche Stunden.

nichts passiert. Heute würde ich das Experiment nicht wiederholen, denn man hat seitdem gefunden, daß intensive Röntgenstrahlung unter Umständen recht nachteilige Folgen haben kann.

Kehren wir aus dem dunklen Raum des Ultraviolett zurück zum leuchtenden Teile des Spektrums. Sobald wir uns der roten Strahlung nähern, bemerken wir, daß dieselbe noch eine andere physiologische Wirkung auf uns ausübt als durch das Auge. Die rote Glut eines Kaminfeuers spendet nur wenig Licht, wie angenehm empfinden wir aber seine Nähe an einem kühlen Herbstabend. Es ist strahlende Wärme, die auf uns einwirkt. Alle Strahlen des Spektrums, deren Wellenlänge nahe an 800 Millionstel Millimeter, haben die Eigenschaft, Wärmewirkungen hervorzurufen, wenn sie auf einen festen Körper fallen.

Die Wärmestrahlung gehorcht denselben Gesetzen wie die Lichtstrahlung. Die konzentrierende Wärmewirkung des Brennglases haben wir, nicht ohne schmerzhaftes Blasen, schon in der Jugend kennen gelernt, sie entspricht der Lichtkonzentration durch optische Gläser. Auch die Reflexion an spiegelnden Flächen können wir für Wärmestrahlung erweisen. Bekannt ist die weittragende Lichtwirkung der Scheinwerfer an Bord der Kriegsschiffe. Die dabei benutzten Hohlspiegel sind nicht nach einem Kreise, sondern nach einer Parabel gekrümmt, das ist eine Linie, wie sie eine aus einem Mörser geschleuderte Bombe in der Luft beschreibt. Innerhalb eines solchen Hohlspiegels ist ein Punkt vorhanden, welcher die Eigenschaft besitzt, daß alle Lichtstrahlen, welche von ihm ausgehend auf den gekrümmten Spiegel fallen, in paralleler Richtung als ein konzentriertes Strahlenbündel mit großer Lichtstärke reflektiert werden. Beim Scheinwerfer ist in diesen sogenannten Brennpunkt eine elektrische Bogenlampe

gebracht. In einiger Entfernung habe ich hier einen zweiten parabolischen Spiegel dem Scheinwerfer gegenüber gestellt. Die parallel auffallenden Lichtstrahlen werden hier in umgekehrter Richtung im Brennpunkt wieder vereinigt. Aber auch die Wärmestrahlung konzentriert sich dort, was wir daran erkennen, daß sich in diesem Brennpunkt ein Streichholz entzündet. (Fig. 60.)

Diese Wärme-
wirkung ist nun
aber nicht etwa
nur eine Begleit-
erscheinung des
sichtbaren Lichts.
Wir können sie
auch in den dunk-
len Strahlen jen-
seits des Rot
nachweisen. Eines

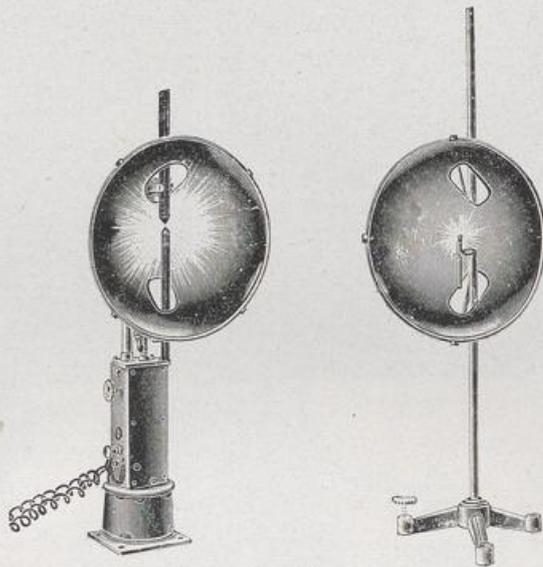


Fig. 60.

empfindlichen Thermometers kann ich mich dazu nicht bedienen, das wäre nur in der Nähe zu erkennen. Ich wähle ein anderes Mittel, welches die leisesten Wärmeschwingungen weithin sichtbar macht. Es ist ein Apparat, welcher mit Hilfe der Wärmestrahlung eine elektrische Erregung hervorruft. Werden zwei verschiedene Metalle in innige Berührung gebracht, etwa durch Lötung, so entsteht ein sogenanntes Thermoelement. Eine auf die Lötstelle gerichtete Wärmestrahlung erzeugt dort eine elektrische Spannung und wenn die beiden Metalle miteinander leitend verbunden werden, so entsteht in dem geschlossenen Drahtkreise ein elektrischer

Strom. Hier steht eine solche Einrichtung (Fig. 61), welche zum Messen von Temperaturen dient. Aus Platin und Iridium ist eine kleine Kugel zusammenschweißt und durch Drähte

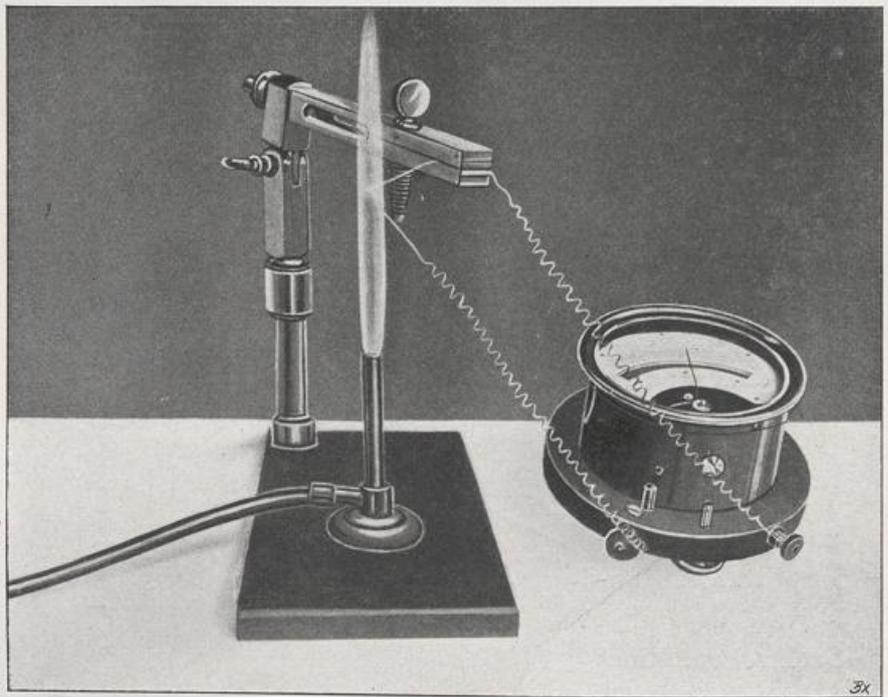


Fig. 61.

mit einem Galvanometer, d. i. ein Instrument zum Messen des Stromes, verbunden. Halte ich die kleine Kugel in die Flamme eines Bunsenbrenners, so entsteht ein elektrischer Strom, und die Nadel des Galvanometers wird abgelenkt. Die Skala ist in Celsiusgrade geteilt, ich lese 1800° ab. Mit derselben Leichtigkeit lassen sich auch außerordentlich kleine Temperaturerhöhungen messen, ich brauche nur ein wesentlich empfindlicheres Galvanometer zu Hilfe zu nehmen. Auf dem

Wandkonsol steht ein solches. Die Drehung der Magnetnadel mache ich durch einen Lichtstrahl sichtbar. Von einer vor

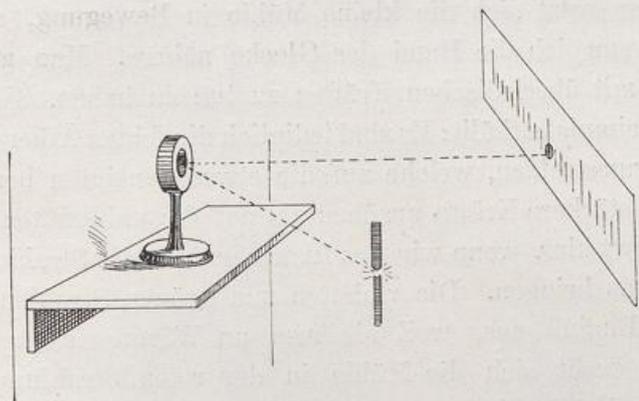


Fig. 62.

dem Instrument stehenden elektrischen Lampe fällt derselbe auf einen kleinen Spiegel (Fig. 62), der an der Magnetnadel befestigt ist; er wird reflektiert und auf die gegenüberliegende Wand des Saales geworfen. Die geringste Drehung der Magnetnadel und damit des Spiegels ruft ein Wandern des Lichtflecks hervor. Halte ich nun das Thermoelement in den ultraroten Teil des Spektrums, so zeigt die Wanderung des Lichtstrahls an, daß dort unsichtbare Strahlen eine Wärmewirkung ausgeübt haben.

Noch einfacher kann ich die unsichtbare Wärmestrahlung mit einem kleinen Apparate nachweisen, der in der Mitte der siebziger Jahre die Spiritisten in Aufregung versetzte. Es ist das Radiometer von Crookes. (Fig. 63.) Vier horizontale Glimmerflügel sind auf einer feinen Spitze



Fig. 63.

drehbar aufgehängt in einer luftentleerten Glasglocke; die eine Seite der Glimmerflügel ist geschwärzt. Lasse ich Licht darauf fallen, so setzt sich die kleine Mühle in Bewegung, ebenso schon wenn ich die Hand der Glocke nähere. Man glaubte damals mit überirdischen Kräften zu tun zu haben. Heut ist das Geheimnis enthüllt: Es sind lediglich die feinen Ätherwellen der Wärmestrahlen, welche auf die etwas geneigten berußten Flächen stärkere Kräfte ausüben als auf die unberußten. Das wird sofort klar, wenn wir das Instrument in die Strahlen des Spektrums bringen. Die violetten und grünen Strahlen üben keinen Einfluß aus, weil sie arm an Wärmewirkung sind. Lebhaft dreht sich die Mühle in der roten Strahlung, am allerschnellsten aber, wenn die ganz dunklen ultraroten Strahlen darauf fallen.

Was aber liegt nun jenseits dieser Grenze? Gibt es noch längere Wellen im Äthermeer, die mit Lichtgeschwindigkeit ihre Wirkungen durch den Raum tragen und woran erkennen wir sie? Die Forschung der letzten Jahrzehnte hat eine Antwort auf diese Frage erteilt. Wir wissen heute, daß jenes weite Reich, welches sich jenseits der Wärmewellen bis in die Unendlichkeit ausdehnt, die Welt der elektrischen Erscheinungen ist.

Rufen wir irgend eine elektrische Erschütterung hervor, so wird das uns umgebende Äthermeer dadurch genau so in Wellenbewegung versetzt, wie durch einen leuchtenden Punkt. Nur in der Größe der Wellenlänge besteht der Unterschied. Während die Lichtwellen von kaum faßbarer Kleinheit sind, haben die elektrischen Wellen des Äthers ganz respektable Längen. Wir können sie erzeugen in Dimensionen von wenigen Centimetern bis zu tausenden von Kilometern. Sie befolgen aber alle die gleichen Gesetze der Fortpflanzung und Ausbreitung wie die Lichtwellen; sie wandern mit einer Ge-

schwindigkeit von 300 000 km in der Sekunde. Wenn die dunkle Gewitterwolke sich in grellen Blitzen entladet, so ist es nicht allein das blendende Licht und die gewaltige Lufterschütterung, der Donner, die unsere Sinne erregen. Auch in elektrische Mitleidenschaft wird unser Körper gezogen, elektrische Schwingungen durchzucken uns und sensitive Na-

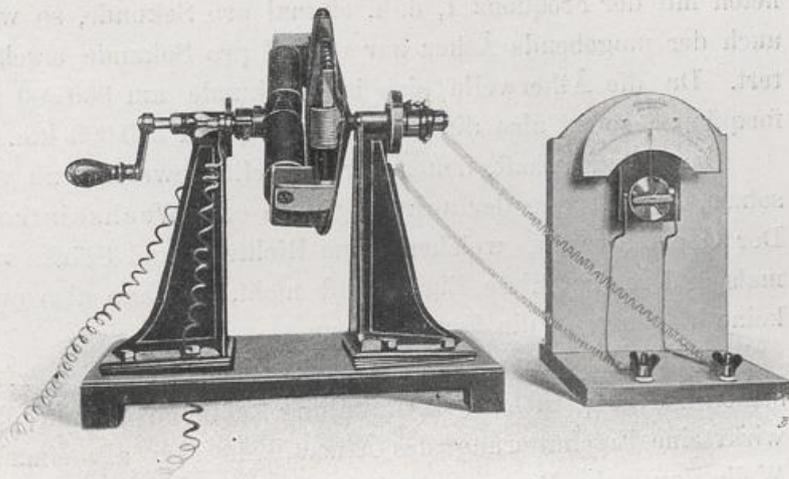


Fig. 64.

turen verspüren den Blitz, auch wenn sie ihn weder sehen noch hören.

Es sind verhältnismäßig schnelle Schwingungen, die der Blitz hervorruft, Wellen von wenigen hundert Metern Länge. Wir können aber auch elektrische Wellen von einigen tausend Kilometern Länge erzeugen und ich will ihre Schwingungen sichtbar machen. An diesem Apparat drehe ich einen Magnet mit übergreifenden Polen um einen Ring, der dicht mit Draht bewickelt ist. (Fig. 64.) Dadurch entstehen elektrische Ströme, die bei jeder Umdrehung einmal ihre Richtung wechseln. Wir

nehmen den Richtungswechsel an dem Zeiger eines Meßinstrumentes wahr, welcher der Schnelligkeit der Drehung entsprechend hin- und herpendelt. Man nennt einen solchen Strom einen Wechselstrom, da er den Draht in stets wechselnder Richtung durchzuckt, wir bringen also den Strom in schwingende Bewegung. Die Anzahl der Schwingungen pro Sekunde nennt man seine Frequenz. Drehe ich den Magneten mit der Frequenz 1, d. h. einmal pro Sekunde, so wird auch der umgebende Äther nur einmal pro Sekunde erschüttert. Da die Ätherwelle sich in 1 Sekunde um 300 000 km fortpflanzt, so ist also die Wellenlänge genau 300 000 km.

Diese Eigenschaft, den Äther in Wellenbewegung zu versetzen, hat aber nur der schwingende oder Wechselstrom. Der Gleichstrom, welcher seine Richtung und Stärke niemals ändert, hat diese Eigenschaft nicht, er kann also auch keine Wirkung in die Ferne tragen.

Starke Erschütterung des Gleichstroms, wenn ich z. B. seinen Fortgang in einer Drahtleitung plötzlich hemme, bewirkt eine Erschütterung des Äthers, die sich als einzelne Welle durch den Raum verbreitet. An jener Wand der Saales hängt ein zum Kreise gebogener Draht; ich will einen Gleichstrom hindurchschicken und diesen dann plötzlich unterbrechen. (Fig. 65.) Die dadurch entstehende Ätherwelle trifft an der gegenüberliegenden Saalwand auf einen ähnlichen Drahtkreis, der aber keine Stromquelle enthält. Durch das Auftreffen der Ätherwelle wird indessen ein kurzer Stromstoß in dem Drahte hervorgerufen, den uns das Galvanometer auf dem Wandkonsol durch ein Wandern des Lichtflecks anzeigt. Meilenweit kann man durch solche Einrichtungen Signale durch den Raum übertragen, wie Sir William Preece, der erste Erfinder erfolgreicher und praktisch verwendeter drahtloser Telegraphie gezeigt hat. Durch die spätere Funken-

telegraphie Marconis wurde die Übertragungsweite allerdings ver Hundertfacht.

Wir wollen jetzt rythmisch verlaufende kontinuierliche Stromschwingungen erzeugen, deren Frequenz den von dem menschlichen Ohr wahrnehmbaren Schallschwingungen der

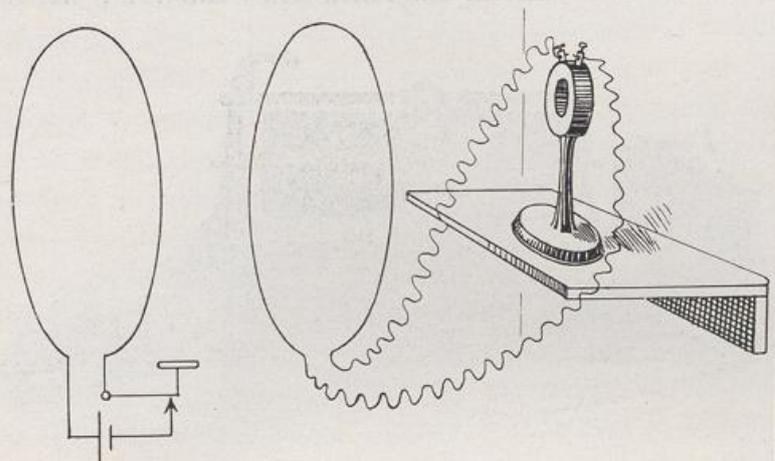


Fig. 65.

Luft entspricht. Mit Hilfe eines Telephons machen wir dann diese Schwingungen hörbar. Vor Ihnen steht das Poulsen'sche Telegraphon, eine interessante Abänderung des Edison'schen Phonographen.

Über eine drehbare Walze ist in vielen spiralförmigen Windungen ein Stahldraht gewickelt. Denselben umgreift wie eine Klaue mit seinen Polen ein kleiner Elektromagnet von Hufeisenform. (Fig. 66.) Die erregende Drahtwicklung dieses Magneten wird in Verbindung gesetzt mit dem Ihnen wohlbekannten Mikrophon, in welches Sie sprechen, wenn Sie die Fernsprechzentrale angeklingelt haben. Die mechanischen Schwingungen der Schallplatte werden dadurch in elektrische

Schwingungen umgesetzt, die an dem Leitungsdraht entlang laufen und die eiserne Schallplatte, welche die Telephonistin am Ohr trägt, in genau gleichartige mechanische Schwingungen versetzen. Hier ist es der spiralförmige Stahldraht, der die Botschaft aufnimmt. Die Pole des kleinen vorher erwähnten Elektromagneten umgreifen den Stahldraht, wie die

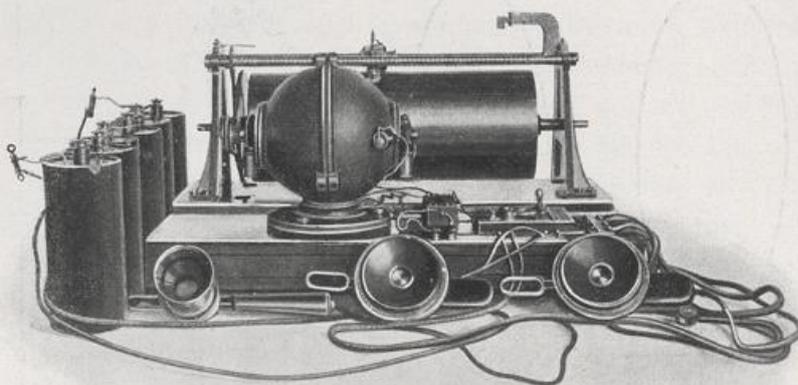


Fig. 66.

Hörtelephone den Kopf der Telephonistin. Durch den schwingenden Mikrophonstrom wird nun der Elektromagnet so erregt, daß Nord- und Südpol unaufhörlich wechseln. Der zwischen den Magnetklauen sich beim Drehen der Walze verschiebende Stahldraht nimmt gehorsam die wechselnde Polarität an und es bilden sich im Stahldraht unzählige kleine Quermagnete, die ihren Magnetismus lange Zeit in unverminderter Stärke behalten. Ein Gespräch, ein Gesang wird also gewissermaßen magnetisch auf dem Stahldraht deponiert und fixiert. Ist der ganze Stahldraht der Walze auf diese Weise magnetisch beschrieben, so kann jedermann und beliebig oft

das Aufgeschriebene abhören. Er vertauscht das Mikrophon mit einem Hörtelephon und dreht die Walze im gleichen Tempo wie vorher. Der deponierte Magnetismus erzeugt jetzt durch die ihn umgreifende Klaue rückwärts Stromschwingungen in den Windungen des Elektromagneten, die an der Schallplatte des Hörtelephons sich in Töne umsetzen. Der Apparat ist nicht sehr lautstark, das Trompetensolo, welches ich habe aufschreiben lassen, ist nur hörbar, wenn man das Telephon dicht ans Ohr hält. Verfehlen Sie aber nicht, sich von der wunderbaren Wirkung zu überzeugen. Die schnarrenden Töne des Phonographen, die nur einen höchst zweifelhaften Kunstgenuß darbieten, fehlen hier völlig. Die Töne der Musik sind auf dem glatten Stahldraht gleichsam magnetisch festgefroren.

Bei diesem Versuche bedienen wir uns zur Fortpflanzung der elektrischen Schwingungen einer metallischen Leitung. Wir übertragen den Schall gleichsam durch ein elektrisches Sprachrohr, denn als solches können wir die Leitung auffassen. Erinnern wir uns aber nun, daß die elektrischen Schwingungen auch im Spektrum vorhanden sind und daß sich die Ätherwellen des Lichts frei durch den Raum fortpflanzen, so liegt die Hoffnung nicht allzu fern, auch die Wirkungen elektrischer Schwingungen ohne das Hilfsmittel eines verbindenden Drahtes zu übertragen.

Und in der Tat gelingt dies. Im Maschinensaal des Laboratoriums erzeugen wir einen starken elektrischen Wechselstrom durch eine Maschine, die ganz ähnlich eingerichtet ist wie das hier auf dem Tische stehende Modell, mit dem wir die langsamen elektrischen Schwingungen hervorriefen. Unsere große Maschine liefert uns 100 Schwingungen in der Sekunde, d. i. etwa $\frac{1}{6}$ bis $\frac{1}{10}$ der Frequenz, mit der wir vorhin die Schallwellen erzeugten. Wir führen sie durch eine Draht-

spule, die auf einen eisernen Kern gewickelt, hier vor Ihnen steht. Derselbe wird dadurch magnetisiert, er gerät in magnetische Schwingungen, d. h. er wechselt 100 mal in der Sekunde seine Polarität. Stülpe ich darüber eine dünne Membran aus weichem Eisen, so folgt dieselbe als ein gehorsamer Diener den magnetischen Schwingungen, wie der kleine Blechschwan, den wir als Kinder mit dem Magneten in der Waschschüssel hin- und herführten. Die auf- und niedergehende Bewegung der eisernen Membran erschüttert die Luft und erzeugt einen brummenden Ton, welcher genau 100 Schwingungen in der Sekunde entspricht.

Nun will ich zeigen, daß die elektrischen Schwingungen sich durch den Raum ohne verbindenden Draht auf eine zweite Drahtspule übertragen, die ich frei in der Hand halte. Auch diese wird jetzt von elektrischen Schwingungen erfüllt; ich mache sie erkennbar durch eine kleine Glühlampe, die mit den Enden der Spulenwicklung verbunden ist. (Fig. 67.) Könnte ich die Wirkung beliebig steigern, so würde die Lampe auch noch in größeren Entfernungen leuchten. Das wäre eine ideale Lichterzeugung: in einer Zentralanlage würden Riesenspulen in elektrische Schwingungen versetzt und jeder trüge ein Lämpchen mit sich herum. So könnte jeder sein Licht leuchten lassen, wo und wann es ihm beliebt. Leider geht das aber nicht, denn die Wirkungen der langsamen elektrischen Schwingungen sind nicht sehr weittragend, nur in der Nähe der Zentrale können wir, wie der Dichter sagt, „prunken mit erborgtem Licht“.

Bleiben wir aber in der Nähe, so können wir nicht bloß Licht, sondern auch Wärme erzeugen, und zwar eine ganz ansehnliche. Hier diesen dicken Kupfering kann ich bis zur hellen Rotglut erhitzen, wenn ich ihn frei in der Luft darüber halte. (Fig. 68.) Wir müssen nur ein Weilchen warten.

Auch direkte mechanische Wirkungen gehen von unserer Spule aus. Ich lege eine Drahtschlinge darüber, deren Enden zu einem Kontakt führen, den ich in der Hand halte. (Fig. 69.)



Fig. 67.

Sobald ich schließe, macht die Schlinge einen Freudensprung. Eine hohle Metallkugel wird über der Spule in Schwebe gehalten unter Überwindung der Schwerkraft. Sie tanzt gewissermaßen auf den von der Spule ausgehenden elektrischen

Wellen wie eine Glaskugel auf dem Fontänenstrahl. (Fig. 70.)
Schirme ich die elektrischen Wellen durch eine Metallscheibe ab,
so wird die Kugel von den Strahlen einseitig getroffen

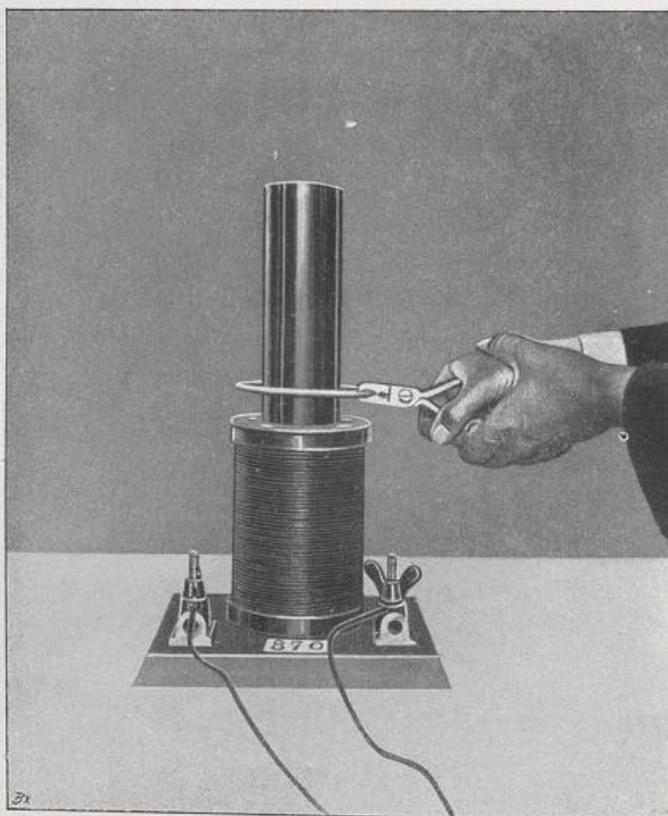


Fig. 68.

und dreht sich in der Luft. (Fig. 71.) Endlich soll uns die
Spule noch einen Salto mortale zeigen. Ich lege einen Metall-
ring darüber und schließe den Stromkreis. (Fig. 72). Wie
hoch springt er wohl? Bis an die Decke des Saales!

Es sind Wirkungen der elektrischen Schwingungen, die wir gesehen haben. Sie waren aber nicht allzu weittragend, wir mußten in der Nähe der Primärstation bleiben, um sie nachzuweisen. Das liegt an der Länge der Wellen, die wir erzeugten, sie betrug im vorliegenden Fall 3000 km, hatten wir hier einen Wellenberg, so war der nächste etwa in Kamerun oder am Nordpol. Welch ein Unterschied gegen die Wellen des sichtbaren Lichts, von denen rund 600 Millionen auf 1 mm gehen. Und dennoch erreicht uns

die Lichtwirkung selbst aus der unermesslichen Ferne des Sirius. Wir schöpfen daraus die Hoffnung, auch die Wirkung elektrischer Wellen in größere Ferne zu tragen, wenn wir sie nur kürzer herstellen könnten!

Künstliche Blitze, welche wir erzeugen, geben uns einen Fingerzeig. Die Erschütterungen des Äthers erfolgen dabei so schnell, die Wellenlängen sind so kurz, nur wenige Meter,

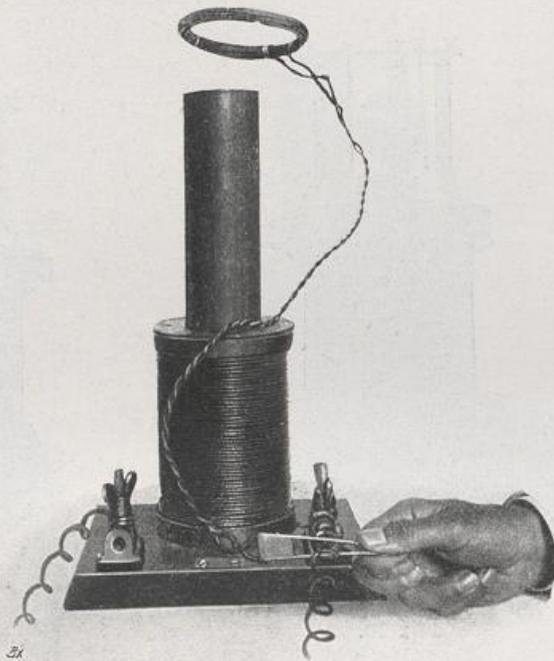


Fig. 69.

daß wir sie in den Räumen des Laboratoriums messen können. Es ist die Großtat eines deutschen Gelehrten, Heinrich Hertz, dem dies zuerst gelang.

Die Maschine, mit welcher wir so schnelle elektrische Schwingungen hervorrufen, brauchten wir nicht zu erfinden.

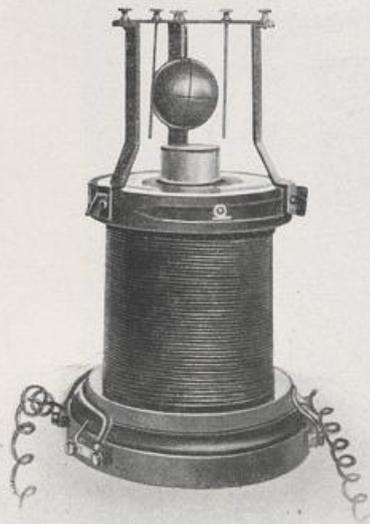


Fig. 70.

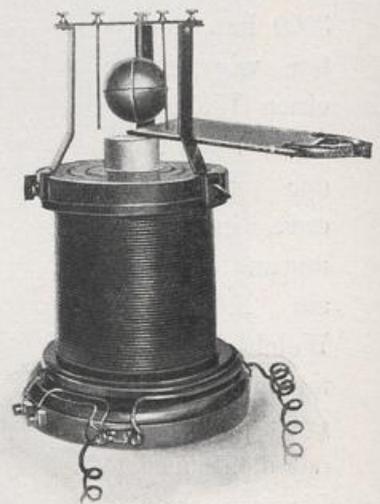


Fig. 71.

Die Natur stellt sie uns zur Verfügung in dem elektrischen Funken. Wenn wir die beiden ungleichnamigen Elektrizitäten in Spannung versetzen, so haben sie das Bestreben, sich in stürmischer Umarmung zu vereinigen. In feuriger Glut mit Blitz und Knall bricht die elementare Leidenschaft sich Bahn und zieht gleichsam wie ein vulkanischer Ausbruch weite Kreise in Mitleidenschaft. Aber wie eine starke Gemütsbewegung im menschlichen Herzen, so zittert auch hier die elektrische Erregung im Funken nach in der Form von schwingenden Strömen mit abnehmender Intensität. Diese

pendeln mit einer erstaunlichen Frequenz, Millionen Mal in einer Sekunde. Dem Auge sind diese schnellen Schwingungen nicht direkt wahrnehmbar, wir sehen nur einen einzigen leuchtenden Funken.

Von dem wirklichen Vorhandensein elektrischer Schwingungen können wir uns aber überzeugen, wenn wir den Funken durch eine berußte Pappscheibe schlagen lassen, welche mit großer Geschwindigkeit rotiert. Die einmalige Funkenentladung durchbohrt die Scheibe in mehreren nebeneinanderliegenden Löchern. (Fig. 73.) Aus der Geschwindigkeit der

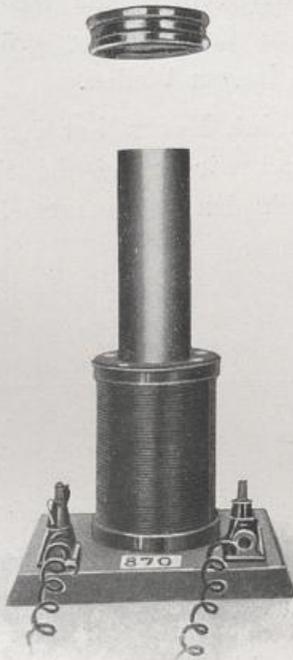


Fig. 72.

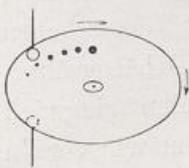


Fig. 73.

Scheibe und dem Abstand der Durchbohrungen können wir die Entladungsfrequenz berechnen, sie beträgt im vorliegenden Experiment rund 1 Million in der Sekunde. Wir messen damit gleichsam den Herzschlag des Funkens.

Wie jede vulkanische Eruption ihre Wellen schlägt, so wird auch von jeder elektrischen Vibration das Äthermeer in Wellenbewegung versetzt, welche die Wirkung weiterträgt durch die Räume des Weltalls. Der

Slaby, Glückliche Stunden.

ungeheueren Frequenz entspricht eine Wellenlänge, die wir nach Metern beziffern können. Wir bezeichnen sie als Hertz'sche Wellen. Da sie sich den Lichtwellen nähern, so ist ihre Fernwirkung größer als die der früher betrachteten langen Wellen.

Heinrich Hertz hat den experimentellen Nachweis erbracht, daß wir es bei der Fortpflanzung der elektrischen Kraft durch den Raum tatsächlich mit Wellenerscheinungen

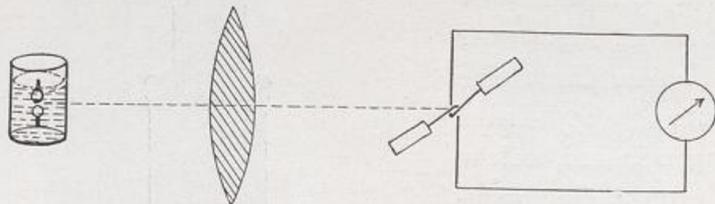


Fig. 74.

zu tun haben und daß die unsichtbaren elektrischen Wellen genau die gleichen Naturgesetze befolgen, wie die sichtbaren Wellen des Lichts. Zum Beweise wollen wir ein bekanntes Lichtexperiment mit elektrischen Strahlen wiederholen: Die Konzentration der Strahlen durch eine Glaslinse. Ich erzeuge dazu elektrische Wellen von kleinstmöglicher Länge, indem ich einen Funken zwischen zwei winzigen Zinkstäbchen in einem mit Petroleum gefüllten undurchsichtigen Behälter übergehen lasse. (Fig. 74.) In den Weg der Funkenstrahlen bringe ich das hochempfindliche Thermoelement, mit dem wir vorhin die minimalsten Wirkungen der Wärme nachweisen konnten. Die Verwendung ist hier eine indirekte: mit dem Thermoelement habe ich zwei kleine Metallflügel verbunden, die zum Auffangen der elektrischen Strahlung dienen und dadurch an der Lötstelle eine Wärmewirkung hervorrufen. Diese wieder-

um erzeugt in einem angeschlossenen Kreise elektrische Ströme, die das eingeschaltete Galvanometer uns an seinem wandernden Lichtfleck erkennen läßt. Lassen wir zunächst die elektrische Strahlung direkt wirken: wir beobachten einen kleinen Ausschlag des Lichtflecks. Sowie ich aber eine Glaslinse von bestimmten Dimensionen in den Weg der Strahlung schiebe, vergrößert sich der Ausschlag beträchtlich. Ersetze ich die Glaslinse durch eine gleich große aus schwarzem Pech, so gelingt der Versuch in derselben Weise. Eine dazwischen geschobene Metallplatte dagegen vernichtet sofort den Effekt, sie ist undurchsichtig für die elektrische Strahlung. Bemerkenswert ist das Verhalten des Holzes. Halte ich es so, daß die Fasern in der Richtung der Bewegung des Äthers, so absorbieren sie die Strahlung, senkrecht dazu lassen sie die elektrischen Wellen dagegen frei passieren, wie der Ausschlag des Lichtflecks anzeigt.

Aus diesen und anderen Experimenten können wir nur einen Schluß ziehen: daß Licht und elektrische Strahlung, ebenso wie die strahlende Wärme verwandte Naturerscheinungen sind, die sich nur quantitativ von einander unterscheiden. Sie pflanzen sich mit gleicher Geschwindigkeit fort durch den Wellenschlag einer unbekanntem Flüssigkeit, die das Äthermeer des Weltalls mit ihren Fluten erfüllt.

Werden wir diese hypothetische Flüssigkeit je mit unseren Sinnen wahrnehmen können, etwa durch Konzentration? Werden wir je ihre Erzeugung lernen? Nicht völlig hoffnungslos steht die Wissenschaft vor diesem Rätsel. Wir brauchen aber darum nicht zu besorgen, daß die Forschung in ihren letzten Zielen einer rein mechanischen Weltanschauung zustrebt. Im Gegenteil, nur um so eindringlicher und überzeugender lehrt sie uns die große Wahrheit, daß jenseits der

sinnlich wahrnehmbaren Welt, durchflutet von Ätherwellen, noch eine zweite bestehen muß, durchweht von göttlichem Hauch, eine Welt des Denkens und Fühlens, zu welcher eine Brücke zu schlagen der Wissenschaft niemals gelingen wird. Bescheiden beschränkt sich die Forschung auf jene Welt. Jedes tiefere Eindringen in dieselbe enthüllt uns neue wunderbare Gesetze der Harmonie.

Unsere Betrachtung hat gezeigt, daß zwischen Naturerscheinungen, die wir früher als gänzlich unabhängig voneinander anzusehen gewohnt waren, zwischen Licht, Wärme und Elektrizität ein gemeinsames Band besteht, das alle umschlingt mit den sichtbaren und unsichtbaren Strahlen des Spektrums. Unsere flüchtige gemeinsame Wanderung heut Abend war somit eigentlich nur ein Spaziergang durch einen Sonnenstrahl, von dem ich hoffen möchte, daß er nicht allzusehr ermüdet hat.

