

# Über Strahlung.

Von

**Dr. Anton Lampa,**

Privatdocenten an der k. k. Universität in Wien.

---

Vortrag, gehalten den 11. December 1901.

*(Mit Demonstrationen.)*

Mit 5 Abbildungen im Texte.



## Hochansehnliche Versammlung!

Unter dem Namen „Strahlung“ pflegt man eine Reihe von physikalischen Vorgängen zusammenzufassen, welche sich nach dem gegenwärtigen Stande unserer Kenntnisse in zwei Gruppen scheiden lassen. Zu der ersteren Gruppe zählen die elektromagnetische Strahlung im engeren Sinne („Strahlung der elektrischen Kraft“ nach der Bezeichnung von H. Hertz), die Wärmestrahlung, das Licht, die ultraviolette Strahlung, alles elektromagnetische Wellenvorgänge, welche sich nur durch die Frequenz des Vorganges, also auch die Wellenlänge unterscheiden; zur zweiten Gruppe gehören die Kathodenstrahlen und deren Verwandte, ferner die Röntgenstrahlen, sowie in jüngster Zeit entdeckte Strahlungsvorgänge, welche von bestimmten, sogenannten „radioactiven“ Substanzen ausgehen, so die Becquerelstrahlen, die Johanniskäferstrahlen (Muraoka), die Strahlung des Radiums und Poloniums u. ä. Das Interesse der Physiker hat sich in der letzten Zeit den Strahlungsvorgängen in intensiver Weise zugewendet. In beiden der genannten Gruppen sind beachtenswerte Erkenntnisse gewonnen worden, so dass es als eine dankenswerte Aufgabe erscheint, in diesem Kreise von Freunden der

Naturwissenschaften über das Thema „Strahlung“ zu sprechen. Die Kürze der für eine Vorlesung zur Verfügung stehenden Zeit zwingt jedoch zur Beschränkung, und so will ich, nachdem die elektromagnetische Strahlung schon öfter Gegenstand der Besprechung in diesem Vereine gewesen ist, heute Ihre Aufmerksamkeit für die zweite Gruppe der Strahlungserscheinungen in Anspruch nehmen.

Die erste hierhergehörige Strahlungsart ist die Kathodenstrahlung, zu deren Entdeckung man bei dem Studium der Erscheinungen, welche den Durchgang der Elektrizität durch Gase begleiten, gelangte. Plücker scheint als erster im Jahre 1859 bemerkt zu haben, dass die Austrittsstelle des Stromes (die Kathode) in einem stark ausgepumpten Rohre die Ursprungsstelle von Vorgängen ist, welche sich durch eigenthümliche Wirkungen auszeichnen. Er beobachtete, dass die Wand des Glasrohres in der Nähe der Kathode in grünem Phosphoreszenzlicht erstrahlt, und schrieb diese Erscheinung Strahlen zu, die von der Kathode ausgehen; er untersuchte auch die Einwirkung des Magneten auf diese Strahlen und fand, dass sie verschieden war von jener auf die Entladung, die an der Anode endete. Hittorf zeigte im gleichen Jahre, dass die Phosphoreszenz nicht auftritt, wenn man zwischen Kathode und Röhrenwand einen leitenden oder nicht leitenden festen Körper oder eine Flüssigkeit einführt, und kam zu dem Schlusse, dass die Oberfläche der Kathode Ausgangspunkte einer Bewegung enthält, die sich in dem Gase des Rohres gleichmäßig

strahlenförmig ausbreitet und in dieser Hinsicht Übereinstimmung mit einer Wellenbewegung aufweist. Weitere Förderung erfuhr die Kenntniss dieser Erscheinungen durch Goldstein, welcher diesen von der Kathode ausgehenden Strahlen den seither allgemein gebräuchlich gewordenen Namen „Kathodenstrahlen“ gab. Er bestätigte zunächst Hittorfs Beobachtung, dass die von einer punktförmigen Kathode ausgehenden Strahlen von Körpern, welche man zwischen Kathode und Röhrenwand bringt, deutlich abgegrenzte Schatten liefern, und erbrachte ferner den Beweis, dass selbst eine flächenförmig ausgedehnte Kathode einen deutlich, wenn auch nicht mehr ganz scharf begrenzten Schatten von Gegenständen liefert, welche sich in ihrer Nähe befinden. Aus diesem Verhalten lässt sich der Schluss ziehen, dass die Kathodenstrahlen die Oberfläche der Kathode in jedem Punkte ungefähr senkrecht verlassen, ungleich den Lichtstrahlen, welche von jedem Oberflächenpunkt eines leuchtenden Körpers nach allen Richtungen ausgehen. Goldstein deutet die Kathodenstrahlen als eine Wellenbewegung des Äthers, für deren Fortpflanzung das in dem Rohre enthaltene Gas nicht nöthig ist. Eine andere Ansicht über das Wesen der Kathodenstrahlen entwickelte Crookes, welcher auf dem in Rede stehenden Gebiete einige bemerkenswerte Entdeckungen machte; er sah die Kathodenstrahlen als einen Strom von negativ geladenen Theilchen an, welche von der Oberfläche der Kathode in senkrechter Richtung mit großer Geschwindigkeit fortgeschleudert werden.

Ehe wir daran gehen können, die einander entgegenstehenden Erklärungsversuche Goldsteins und Crookes' der Discussion zu unterziehen, müssen wir die hauptsächlichsten Eigenschaften der Kathodenstrahlen Revue passieren lassen. Der Vorzug wird dann jener Anschauung zu geben sein, welche sich den durch das Experiment festgestellten Eigenthümlichkeiten der Kathodenstrahlen besser anpassen lässt. Eine Eigenschaft der Kathodenstrahlen, die phosphorescenzerregende Wirkung, haben wir bereits erwähnt. Doch wäre hiezu noch zu bemerken, dass die Farbe des Phosphorescenzlichtes von der chemischen Constitution der Substanz, auf welche die Kathodenstrahlen auftreffen, abhängig ist. Während Natronglas, welches zumeist zur Herstellung der Entladungsröhren verwendet wird, grünliche Phosphorescenz zeigt, phosphoresciert Kaliglas blau. Außer Glas phosphorescieren auch sehr viele andere Substanzen unter dem Einflusse der Kathodenstrahlen; ohne auf diese Sache näher einzugehen, sei doch wegen des Späteren erwähnt, dass die Kathodenstrahlen auch in dem Gase, welches sie durchsetzen, ein Leuchten hervorbringen, welches aber nicht immer proportional ist dem Glanze der Phosphorescenz der Rohrwand.

Manche Substanzen erfahren Veränderungen, wenn sie von Kathodenstrahlen getroffen werden. Diese Veränderungen documentieren sich in einigen Fällen durch Farbenveränderung (z. B. bei den Chloriden von Silber, Quecksilber und Blei, bei den Haloidsalzen der Alkalimetalle), in anderen wieder durch die Erlangung der

Fähigkeit zur Thermoluminescenz (Aussendung von Licht durch Erwärmung schon bei niedriger Temperatur). Eine eigenthümliche Veränderung erleidet, wie Crookes zuerst bemerkt hat, Glas, welches längere Zeit hindurch von Kathodenstrahlen getroffen wurde und unter deren Einfluss phosphoresciert hat. Man kann diese Veränderung nicht unpassend als Ermüdung bezeichnen. Zur Demonstration dieser Ermüdungserscheinung eignet

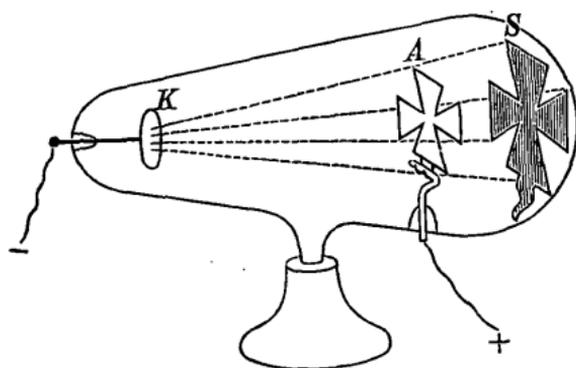


Fig. 1.

sich sehr gut die bekannte Schattenkreuzröhre von Crookes (Fig. 1). Als Anode (A) dient hier ein aus stärkerem Aluminiumblech geschnittenes Malteserkreuz, von welchem sich auf dem der Kathode K gegenüberliegenden Theile der Rohrwand ein Schatten in dem übrigen nicht abgeschirmten, grünlich phosphorescierenden Theile abzeichnet. Lässt man die Entladung längere Zeit durch das Rohr hindurchgehen und wirft dann das in Charnieren bewegliche Kreuz um, so bemerkt man, dass der früher von den Kathodenstrahlen nicht getroffene

Theil der Rohrwand heller phosphoresciert als seine Umgebung; man sieht jetzt ein helles Kreuz auf etwas dunklerem Grunde. Die Theile außerhalb des Schattens des Kreuzes haben durch die längere Einwirkung der Kathodenstrahlung an Reactionsfähigkeit verloren. Crookes fand, dass sich eine derartige Ermüdung des Glases auch noch nachweisen lässt, wenn das Rohr eingeschmolzen und wieder aufgeblasen wird.

An den Stellen, wo die Kathodenstrahlen auftreffen, rufen sie Temperaturzunahme hervor; wir werden bald sehen, welche Rolle diese Wärmewirkung bei messenden Versuchen über die Kathodenstrahlung spielt. In auffallender Weise lässt sich die Wärmewirkung mit einer hohlspiegelartig geformten Kathode zeigen. Nachdem die Kathodenstrahlen die Kathode senkrecht verlassen, werden sie in diesem Falle in einen Punkt concentrirt, in welchem naturgemäß die Wärmewirkung stark in Erscheinung treten wird; und es gelingt in der That, ein kleines Metallblech, welches in diesen Vereinigungspunkt gebracht wird, durch die Strahlung bis zum Glühen zu erhitzen.

Von großer Wichtigkeit für die Erforschung der Kathodenstrahlung ist der Einfluss, welchen magnetische Kräfte auf sie ausüben. Wir haben diesen Punkt schon oben berührt, und es möge jetzt bemerkt werden, dass das Verhalten der Kathodenstrahlen im magnetischen Felde sich gut deuten lässt vom Standpunkte der Hypothese aus, dass sie aus negativ geladenen Theilchen bestehen, die von der Kathode wegfliegen, dass es aber

vom Standpunkte der Wellentheorie aus schwer verständlich ist, insoferne wir zu dieser Art der Beeinflussung einer Ätherwellenbewegung durch magnetische Kräfte, nämlich kontinuierliche Ablenkung der Strahlen aus ihrer jeweiligen Richtung, wodurch endlich gekrümmte Strahlen zustande kommen, keine Analogie in dem Gebiete der elektromagnetischen Strahlung haben. Die Erscheinung

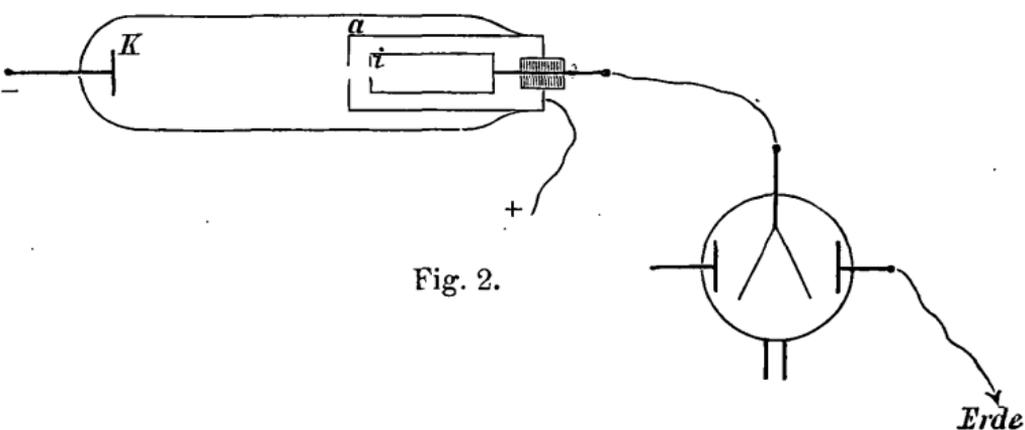


Fig. 2.

selbst lässt sich gut mit der Crookes'schen Schattenkreuzröhre demonstrieren: Sie bemerken, dass die Annäherung eines Magnetstabes an die Röhre eine Verschiebung des Schattens zur Folge hat.<sup>1)</sup>

Ein für die Kenntnis der Kathodenstrahlung wichtiger Versuch rührt von Perrin her, zu dessen Erläuterung Fig. 2 dienen soll.

<sup>1)</sup> Die magnetische Ablenkbarkeit der Kathodenstrahlen ist von Braun zum Studium rasch wechselnder Magnetfelder verwendet worden. So lassen sich die magnetischen Einwirkungen einer von einem Wechselstrom durchflossenen

Der scheibenförmigen Kathode  $K$  stehen zwei coaxial angeordnete hohle Metallcylinder gegenüber. Der äußere  $a$  dient als Anode und besitzt eine kreisförmige Öffnung, durch welche die Kathodenstrahlen in sein Inneres einzudringen vermögen. Der innere Cylinder  $i$ , der von dem äußeren gut isoliert ist, besitzt ebenfalls eine kreisförmige Öffnung an seiner Stirnseite; dieser innere Cylinder wird nun mit einem Elektroskop verbunden. Sobald man die Entladung vor sich gehen lässt und Kathodenstrahlen in den inneren Cylinder eindringen, tritt eine Divergenz der Blättchen des Elektroskops auf, und zwar findet man, dass die Ladung, welche es durch die Kathodenstrahlen erhält, negativ ist. Bringt man die Entladungsröhre in ein Magnetfeld, so dass die Kathodenstrahlen abgelenkt werden und nicht mehr in das Innere der Cylinder gelangen können, so lädt sich das Elektroskop nicht. Nach diesen Versuchen erscheinen die Kathodenstrahlen von einer negativen Ladung begleitet. J. J. Thomson hat den Versuch Perrins, aus welchem deutlich hervorgeht, dass eine negative Ladung der Bahn der nicht abgelenkten Kathodenstrahlen folgt, abgeändert, um zu erfahren, ob die Bahn der negativen Ladung mit dem Wege der Kathodenstrahlen auch noch dann zusammenfällt, wenn die letztere durch einen Ma-

---

Spule leicht verfolgen, während eine Magnethöhle infolge ihrer Trägheit den rasch aufeinanderfolgenden entgegengesetzten und gleich großen Impulsen nicht zu folgen vermag und infolge dessen von einer solchen Spule keine in Erscheinung tretende Einwirkung erfährt.

gneten gekrümmt wird. Wie leicht ersichtlich ist, braucht man zu diesem Zwecke den Anodencylinder mit seinem inneren Cylinder bloß so anzuordnen, dass sie von den nicht abgelenkten Kathodenstrahlen nicht getroffen werden; es hat sich nun in der That gezeigt, dass das Auftreten der Ladung mit dem Momente zusammenfällt, in welchem die abgelenkten Kathodenstrahlen die Cylinderöffnung erreichen. Die Bahn der negativen Ladung fällt also in der That stets mit der Bahn der Kathodenstrahlen zusammen, eine Thatsache, welche die einfachste Deutung durch die Hypothese erfährt, nach welcher die Kathodenstrahlen eben nichts anderes sind als jener Strom von negativen Theilchen, der von der Kathode ausgeht.

Die weiteren Eigenschaften der Kathodenstrahlen, so z. B. ihre mechanischen Wirkungen, welche schwer zu deuten sind, die Abstoßung, welche sie auf einander ausüben, die Beeinflussung, welche sie durch elektrostatische Kräfte erfahren, will ich hier nicht weiter verfolgen. Ich muss mich begnügen, diesbezüglich auf die zusammenfassende Darstellung J. J. Thomsons, welche er in seinem Buche „The discharge of electricity through gases“ (deutsch von Ewers und Ebert: „Die Entladung der Elektrizität durch Gase“, Leipzig 1900) gegeben hat, zu verweisen, und wende mich nun zu der Besprechung quantitativer Versuche über einige der im Vorhergehenden kurz geschilderten Eigenschaften der Kathodenstrahlen, welche für die Theorie derselben und im weiteren Verlaufe für die Deutung einer großen Zahl

merkwürdiger Erscheinungen, auf welche ich noch zurückkommen werde, und schließlich auch für die Auffassung der elektrischen Erscheinungen im allgemeinen von Bedeutung geworden sind.

Ich habe schon oben auf die beiden Grundansichten hingewiesen, welche über die Natur der Kathodenstrahlen aufgestellt worden sind. Jede derselben hat ihre Anhänger gefunden, denn die Verhältnisse liegen ziemlich compliciert, und es ist nicht zu verkennen, dass jede der beiden Anschauungen einzelne Thatsachen leichter zu interpretieren gestattet als die andere. Gegenwärtig, wo das in Frage stehende Gebiet eine weitgehende experimentelle Untersuchung erfahren hat, hat die von Crookes aufgestellte und hernach besonders von Puluj vertretene Grundanschauung das Übergewicht erlangt, allerdings nicht, ohne sich eine gewisse Modification und größere Präcisierung gefallen lassen zu müssen. Es ist insbesondere die Frage nach der Beschaffenheit der Träger der negativen Ladungen, der „Corpuskeln“, welche Beantwortung erheischt. Sind die Corpuskeln identisch mit den Gasmolekeln oder den Atomen? oder haben wir es hier mit Materie in einem anderen Aggregatzustande zu thun? und wenn ja, ist dieser Aggregatzustand gröber oder feiner als der atomistische Zustand? Der Weg zur Beantwortung dieser Fragen ist durch die quantitative Untersuchung schon oben geschilderter Eigenschaften der Kathodenstrahlen gegeben.

Wenden wir uns zunächst zur magnetischen Ablenkbarkeit der Kathodenstrahlen, welche mit den An-

schauungen der Corpuskulartheorie gut vereinbar ist. Denn mit Elektrizität beladene, in Bewegung begriffene Theilchen verhalten sich, wie von Rowland durch den directen Versuch nachgewiesen wurde, wie ein elektrischer Strom und müssen sonach in einem magnetischen Felde von einer Kraft ergriffen werden, welche sowohl auf der Bewegungsrichtung der Theilchen als auch auf der Richtung der magnetischen Kraft senkrecht steht, deren Größe proportional ist dem Producte aus der magnetischen Kraft, der Geschwindigkeit der Theilchen und dem Sinus des Winkels zwischen den Richtungen dieser beiden Größen. In einem gleichförmigen magnetischen Felde, in welchem die magnetische Kraft an allen Stellen gleiche Größe und Richtung hat, würde, wenn die Bewegungsrichtung der Theilchen mit der Richtung der magnetischen Kraft einen von  $90^{\circ}$  verschiedenen Winkel einschließt, der Weg eines Theilchens eine Schraubenlinie sein, deren Achse der Richtung der magnetischen Kraft parallel ist; steht im speciellen die Bewegungsrichtung senkrecht zur magnetischen Kraft, so wird der Weg eines Theilchens ein Kreis in einer senkrecht zur magnetischen Kraft gelegenen Ebene. Dieser specielle Fall eignet sich besonders zu Messungen des Zusammenhanges zwischen Krümmung der Strahlen und Stärke des magnetischen Feldes. J. J. Thomson bediente sich zu diesem Zwecke der in Fig. 3 skizzierten Versuchsanordnung.

Eine Glasglocke *G*, welche auf einer aus Spiegelglas bestehenden Bodenplatte *B* luftdicht aufgekittet

werden kann, trägt ein seitliches Entladungsrohr *R*. In diesem befindet sich eine ebene Platte *K* als Kathode, während als Anode ein massiver Messingcylinder *M* dient, der in die Öffnung, welche die Glasglocke und das Entladungsrohr verbindet, genau hineinpasst. Dieser Cylindrer besitzt einen Schlitz, durch welchen die Kathodenstrahlen in die Glasglocke eintreten können. Dieser Cylindrer besitzt einen Schlitz, durch welchen die Kathodenstrahlen in die Glasglocke eintreten können.

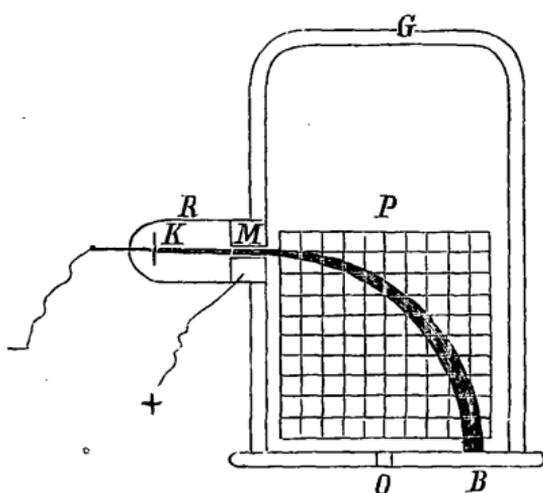


Fig. 3.

Durch die Bodenöffnung *O* ist die Verbindung mit der Luftpumpe vermittelt, mittels welcher die entsprechende Luftverdünnung hergestellt wird. In der Glasglocke wird ferner eine verticale Glasplatte *P*, in welche mittels eines Diamanten Quadrate von  $0,5\text{ cm}$  Seitenlänge eingegraben sind, so aufgestellt, dass die durch den Schlitz eintretenden Kathodenstrahlen vor derselben verlaufen. Der ganze Apparat wird nun in ein gleichförmiges Magnetfeld

gestellt, durch welches die Kathodenstrahlen gekrümmt werden: Das schwache Leuchten des Gases längs der Bahn der Kathodenstrahlen genügt, um die Erscheinung bei einer Exposition von 20—30 Minuten zu photographieren; um auch die Quadrate auf die Platte zu bekommen, wurde nachher noch mittels Magnesiumlicht belichtet. Das schließlich erhaltene Bild, welches die Zeichnung der Quadrate und die Bahn der Kathodenstrahlen unter dem Einfluss der bekannten magnetischen Kraft enthält, gestattet nun eine genaue Ausmessung dieser Bahn, respective ihres Krümmungsradius. (Gleichzeitig wird auch die Spannungsdifferenz zwischen Anode und Kathode beobachtet. Erwähnenswert ist das Resultat, dass in verschiedenen Gasen bei Drucken, bei welchen die Spannungsdifferenz zwischen Anode und Kathode den gleichen Wert hat, die Bahnen der Kathodenstrahlen dieselben sind.)

Nachdem zwischen der Stärke des magnetischen Feldes, dem Krümmungsradius der Strahlen, der Geschwindigkeit der Corpuskeln und dem Verhältnis von deren Masse zur Ladung, welche jedes von ihnen transportiert, eine theoretisch abgeleitete Beziehung besteht, erhält man durch derartige Messungen Angaben, welche eine zahlenmäßige Auswertung dieser Beziehung gestatten.

Weitere Gleichungen für die Bestimmung der für die Corpuskulartheorie in Betracht kommenden Größen erhält man, wenn man die von den Kathodenstrahlen in einer bestimmten Zeit übertragene Ladung und die Wärmemenge, welche sie in derselben Zeit beim Auf-

treffen hervorrufen, vom Standpunkte dieser Theorie interpretiert. Hiernach ist die in einer bestimmten Zeit transportierte Ladung nichts anderes als die Summe der Ladungen aller in dieser Zeit an den Leiter, dessen Ladung gemessen wird, aufprallenden Corpuskeln, und die gleichzeitig an demselben hervorgerufene Wärmemenge nichts anderes als die in Wärme umgewandelte kinetische Energie aller dieser Theilchen. Die in einer bestimmten Zeit transportierte Ladung und producierte Wärmemenge können gemessen werden: die Ladung nach der schon oben angegebenen Methode, die Wärmemenge, indem in den inneren Cylinder  $i$  (Fig. 2) noch ein flaches Thermoelement gebracht wird, dessen Erwärmung mittels eines Galvanometers gemessen wird. Man gewinnt so weitere zwei Zahlenangaben. Aus der Combination aller drei ergibt sich dann ein Zahlenwert für die Geschwindigkeit der Corpuskeln, d. i. also die Geschwindigkeit der Kathodenstrahlen einerseits, und andererseits ein Wert für das Verhältniß der Masse einer Corpuskel zu der von ihr transportierten Ladung.<sup>1)</sup> Thomson fand bei einem

---

<sup>1)</sup> Bezeichnet man die Masse einer Corpuskel mit  $m$ , ihre Ladung mit  $e$ , mit  $v$  ihre Geschwindigkeit, ferner mit  $\rho$  den Krümmungsradius der Bahn, welche sie unter dem Einflusse eines magnetischen Feldes von der Stärke  $H$  einschlägt, so ist

$$\frac{m v}{e} = H\rho.$$

Ist ferner die in einer bestimmten Zeit von einer Anzahl  $N$  Corpuskeln übertragene Ladung  $Q$  und die in derselben

Versuche, bei welchem die Spannungsdifferenz zwischen den Elektroden 2600 Volt betrug, für das Verhältnis zwischen der Masse einer Corpuskel und ihrer Ladung den Wert  $\frac{2}{10\ 000\ 000}$  und für die Geschwindigkeit derselben 15.000 *km* in der Secunde. Die Geschwindigkeit ist also der Größenordnung nach mit der Lichtgeschwindigkeit vergleichbar, welche im leeren Raume 300.000 *km* in der Secunde beträgt. Es ist zu erwähnen, dass die Geschwindigkeit von der Größe der Spannungsdifferenz der Elektroden abhängt, und dass Geschwindigkeiten von ein Fünftel bis ein Drittel der Lichtgeschwindigkeit zur Beobachtung gelangt sind.

Die Frage, welche in der Corpuskulartheorie ein ähnliches Interesse beansprucht wie in der Molekulartheorie der Materie die Größe der Molekeln, nämlich die Frage nach der Größe der Corpuskeln, erfährt durch die eben geschilderten Messungen keine directe Beantwortung. Was sie unmittelbar ergeben, ist die Verhältniszahl zwischen Masse und Ladung, welche natürlich über

Zeit von denselben Corpuskeln producierte Wärmemenge  $W$  (im mechanischen Maß gemessen), so hat man ferner die Gleichungen

$$\begin{aligned} Ne &= Q, \\ \frac{1}{2} Nm v^2 &= W. \end{aligned}$$

Aus diesen drei Gleichungen erhält man  $\frac{m}{e}$  und  $v$  durch die gemessenen Größen  $Q, H, \varrho, W$  ausgedrückt, und zwar ist

$$\frac{m}{e} = \frac{1}{2} \frac{Q H^2 \varrho^2}{W} \text{ und } v = \frac{2 W}{Q H \varrho}$$

die absolute Größe dieser beiden Dinge keine Aussage enthält. Es entspricht durchaus dem Princip der Continuität, welches in der Forschung waltet, dass man bei dem Versuche, weiter vorzudringen, ähnliche Vorgänge in Betracht zieht und das an diesen Erkannte auch für das Neue festhält. Der Vorgang, welcher sich der Kathodenstrahlung, bei welcher elektrische Ladungen von kleinen Theilchen transportiert werden, zur Seite stellen lässt, ist die Elektrizitätsleitung in Flüssigkeiten (elektrolytische Leitung). Betrachten wir als einfaches Beispiel die Stromleitung in mit Chlorwasserstoff versetztem Wasser. Wenn wir durch eine solche Lösung einen elektrischen Strom hindurchsenden, so scheidet sich an der Eintrittsstelle des Stromes, der Anode, freies Chlor, an seiner Austrittsstelle, der Kathode, freier Wasserstoff aus, es wandert also der eine Bestandtheil in der Richtung des Stromes, der andere in entgegengesetzter Richtung. Die einfachste Erklärung dieses Verhaltens liegt in der Annahme, dass man den Elektrolyten aus elektrisch positiv und negativ geladenen Theilen bestehend ansieht, welche mit dem von Faraday herrührenden Ausdruck als „Jonen“ bezeichnet werden. Nach dem zweiten Faraday'schen Gesetz der Elektrolyse werden nun von jeder Stromeinheit chemisch äquivalente Mengen an den Elektroden ausgeschieden, es erscheint demnach jede chemische Valenz eines jeden im Elektrolyten wandernden Jons mit einer ganz bestimmten unveränderlichen positiven oder negativen Elektrizitätsmenge verbunden. Auf diese Weise gelangt man zu der Vorstellung

eines Elementarquantums der Elektrizität, dessen Größe man in sehr einfacher Weise erhält, wenn man die zur elektrolytischen Ausscheidung von  $1 \text{ cm}^3$  irgend eines einatomigen Gases nöthige Elektrizitätsmenge dividiert durch die Zahl der in  $1 \text{ cm}^3$  Gas enthaltenen Molekeln. Diese letztere Zahl, die sogenannte Loschmidt'sche, ist unsicher, so dass man sich mit der beiläufigen Angabe begnügen muss, dass das elektrische Elementarquantum rund  $\frac{1}{10\,000\,000\,000}$  elektrostatische Einheiten enthält.<sup>1)</sup> Das Verhältnis von Masse zur Ladung in dem Falle der Elektrolyse ist für Wasserstoff  $\frac{1}{10\,000}$ , also beiläufig 500mal größer als das aus dem Thomson'schen Versuche gefolgerte, für die Masse der Corpuskeln der Kathodenstrahlen zu ihrer Ladung. Es muss also entweder, wenn man annimmt, dass die Masse einer Corpuskel gleich ist mit der Masse eines Jons, die Ladung einer Corpuskel bedeutend größer sein als die eines Jons, oder es muss, wenn man die Ladungen in beiden Fällen als gleich groß ansieht, die Masse einer Corpuskel bedeutend kleiner sein als die Masse des Jons. Nachdem nun die Verhältnisse bei der Elektrolyse, wie erwähnt, für unveränderliche elektrische Elementarquanta sprechen, wird man

---

<sup>1)</sup> Ich erinnere hier an die Definition der elektrostatischen Einheit der Elektrizitätsmenge: Sind in zwei Punkten, die einen Centimeter von einander entfernt sind, zwei gleich große Elektrizitätsmengen concentrirt, so hat jede derselben die elektrostatische Einheit, wenn die zwischen ihnen wirkende Kraft den Wert von 1 Dyn (= dem Gewicht von  $\frac{1}{981} \text{ g}$ ) hat.

zu der letzteren Anschauung gedrängt: d. h. man gelangt zu der Annahme, dass die Masse der Corpuskeln der Kathodenstrahlen bedeutend kleiner sei als die der Ionen, dass diese Corpuskeln einen viel feineren Zustand der Untertheilung der Materie repräsentieren als die gewöhnlichen Atome. Nach den mitgetheilten Zahlen würde die Masse einer Corpuskel etwa den fünfhundertsten Theil der Masse eines Wasserstoffatoms betragen. Aus späteren Versuchen über die Bahn jener negativ elektrisch geladenen Theilchen, welche durch ultraviolette Bestrahlung einer blanken Metallplatte oder beim Glühen von Kohlefäden in verdünntem Wasserstoff frei werden, hat J. J. Thomson geschlossen, es betrage die Masse einer Corpuskel  $\frac{3}{100\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000}$  eines Grammes und die negative Ladung derselben ca.  $\frac{7}{10\ 000\ 000\ 000}$  elektrostatische Einheiten. Man sieht, diese Ladung entspricht gut dem Werte, welchen wir oben für die Größe eines elektrischen Elementarquantums, wie er aus elektrolytischen Bestimmungen folgt, angegeben haben.

Die Anschauungen der Corpuskulartheorie der Kathodenstrahlen, sowie die zahlenmäßigen Ergebnisse derselben, die wir soeben angeführt haben, haben von einer anderen Seite her eine Bestätigung erfahren, die als wertvolle Stütze derselben angesehen werden muss. Der Ausgangspunkt für die hierhergehörenden Entdeckungen ist die Lorentz'sche Theorie der Lichterscheinungen in materiellen Körpern, welcher die Auffassung zugrunde liegt, dass in den lichtdurchlässigen Körpern mitschwingende elektrisch geladene Theilchen die Vorgänge mit-

bestimmen. Im Jahre 1896 entdeckte nun ein Schüler von Lorentz, P. Zeemann, eine Erscheinung, nach welcher schon Faraday im Jahre 1862, ohne Erfolg allerdings, gesucht hatte. Bringt man nämlich leuchtenden Dampf, etwa eine Natriumflamme, in ein starkes Magnetfeld, so zeigen die Spectrallinien des Dampfes eigenthümliche Veränderungen, welche je nach der Schichtung im wesentlichen in einer Verdoppelung oder Verdreifachung der Linien mit bestimmten Polarisationsverhältnissen bestehen; diese Änderungen lassen sich auf Grund der Lorentz'schen Theorie voraussagen und deuten. Dieses Zeemann'sche Phänomen gestattet nun, die mit den schwingenden elektrischen Ladungen verbundene träge Masse zu bestimmen. Es ergibt sich das merkwürdige Resultat, dass die schwingende Ladung die negative ist, während die positive festliegt. Das Verhältniß der mit der schwingenden Ladung verbundenen Masse zu der Ladung beträgt  $\frac{1}{17\ 000\ 000}$ , während, wie schon oben erwähnt, das Verhältniß von Masse zur Ladung in dem Falle der Elektrolyse für Wasserstoff rund  $\frac{1}{10\ 000}$  beträgt, so dass also die mit der schwingenden Ladung verbundene Masse nur etwa den zweitausendsten Theil der Masse eines Wasserstoffatoms beträgt. Dieses Resultat steht in guter Übereinstimmung mit dem aus der Corpuskulartheorie der Kathodenstrahlen gewonnenen.

---

Die soeben vorgetragene Corpuskulartheorie der Kathodenstrahlen hat sich bereits in vielfacher Beziehung

als geeignet erwiesen, Erscheinungen, welche mit den Kathodenstrahlen in Zusammenhang stehen, in ansprechender Weise zu deuten. Die magnetische Ablenkbarkeit der Kathodenstrahlen, ihre Wärmewirkungen, die elektrischen Ladungen, welche sie hervorrufen, haben wir schon berücksichtigt. Einiges Hierhergehöriges möge nun noch kurz angeführt werden. Vor allem die phosphorescenzerregende Wirkung, welche den Ausgangspunkt für das Studium der Kathodenstrahlen gebildet hat. Wenn eine Corpuskel auf eine mit einer geladenen Corpuskel verbundene Molekel aufprallt, wird sie durch die Übertragung ihrer Bewegungsenergie auf dieses System in demselben eine Störung des Gleichgewichtes hervorrufen, die zu einer schwingenden Bewegung Anlass geben kann. Die Schwingungen der geladenen Corpuskel, welche sich in den umgebenden Äther fortpflanzen, treten dann als Phosphoreszenzlicht in Erscheinung. Weiters: die Kleinheit der Corpuskeln lässt es als möglich erscheinen, dass sie dünne Schichten von materiellen Körpern — zwischen den Molekeln hindurch — durchsetzen. Lenard hat in der That gefunden, dass die Kathodenstrahlen durch eine mit einem dünnen Aluminiumblech (Folie) verschlossene Öffnung des Entladungsrohres in den äußeren Raum hinauszutreten vermögen. Allerdings lassen diese im äußeren Luftraume verlaufenden Strahlen (Lenardstrahlen) auch eine andere Erklärung zu. Man ist nämlich zu der Ansicht gelangt, dass die mit Ladungen versehenen Corpuskeln in Metallen leicht beweglich sind und unter dem Einflusse elektromotorischer

Kräfte weite Wege zurückzulegen vermögen. Nach dieser Auffassung besteht die Elektrizitätsleitung in Metallen in einer Wanderung von freien Corpuskeln, während bei der Elektrolyse die geladenen Corpuskeln stets an ein materielles Atom gebunden erscheinen. Die Lenardstrahlen können daher auch aus den Corpuskeln des Metalles selbst bestehen, die durch die von den aufprallenden Corpuskeln der Kathodenstrahlen übernommene kinetische Energie in die Lage versetzt wurden, das Metall zu verlassen.

Von besonderem Interesse ist der Umstand, dass man für die räthselhaften, von Röntgen entdeckten Strahlen auf Grund der Corpuskulartheorie der Kathodenstrahlen wenigstens einen Ansatz einer Theorie gewinnt, die wohl geeignet erscheint, die mannigfachen Eigenthümlichkeiten derselben darzustellen. Bei vielen Ähnlichkeiten zeigen die Röntgenstrahlen einen schwer ins Gewicht fallenden Unterschied in ihrem Verhalten im Vergleich zu den Kathodenstrahlen: sie unterliegen nämlich keiner Einwirkung durch magnetische Kräfte. Dieser Umstand spricht nun dafür, dass sie ein wellenartiger Vorgang im Äther sind. Und in der That muss eine geladene Corpuskel, die mit einer der Lichtgeschwindigkeit vergleichbaren Geschwindigkeit dahinfliegt, sobald sie auf einen festen Körper aufprallt, eine explosionsartige elektrische Welle hervorrufen, genau so wie ein auf einen Widerstand stoßendes Projectil eine Schallwelle, und es sprechen viele Gründe für die Annahme, dass die Röntgenstrahlen solche Wellen seien.

Die Annahme von Corpuskeln, die mit Elektrizität beladen sind, hat sich, wie aus den vorgetragenen Beispielen ersichtlich ist, durch ihre Anwendbarkeit auf eine größere Anzahl verschiedener Erscheinungen als brauchbar erwiesen; eine wesentliche Stütze für sie ist es, dass sie auch die Elektrizitätsleitung in Gasen verständlich macht. Die Gase sind im allgemeinen die besten Isolatoren, doch können sie durch verschiedene Einflüsse, von denen wir einige sogleich näher in Betracht ziehen wollen, gute Leiter der Elektrizität werden. Es hat nun einige Schwierigkeiten gemacht, sich eine Vorstellung von der Art der Leitung in diesen Fällen zu bilden. Am besten entsprach die Anschauung, dass die Leitung in den Gasen eine der elektrolytischen ähnliche sei, dass unter Umständen eine Dissociation in Ionen eintritt, welche letztere dann den Elektrizitätstransport besorgen. Gegen diese Auffassung musste nun der sehr berechtigte Einwand erhoben werden, wie denn eine Dissociation bei einatomigen Gasen, z. B. Quecksilberdampf, eintreten könne? In der That können sich hier nicht elektrolytische Ionen bilden, dagegen kann jede elektrisch neutrale Molekel die mit ihr verbundene negativ geladene Corpuskel abspalten, so dass als Product der Dissociation die negativ geladenen Corpuskeln und die positiv geladenen Atome resultieren würden. Ein positiv geladenes Atom und eine negativ geladene Corpuskel bilden nach dieser Ansicht zusammengenommen die elektrisch neutrale einatomige Molekel.

Ich will mir nun erlauben, Ihnen einige einfache

Versuche vorzuführen, welche das Leitendwerden der Luft unter gewöhnlichem Druck und Zimmertemperatur unter der Einwirkung verschiedener Einflüsse zeigen. Hierher gehört vor allem das Hallwachs'sche Phänomen, welches von dem genannten Forscher in weiterer Verfolgung einer von Hertz ge-

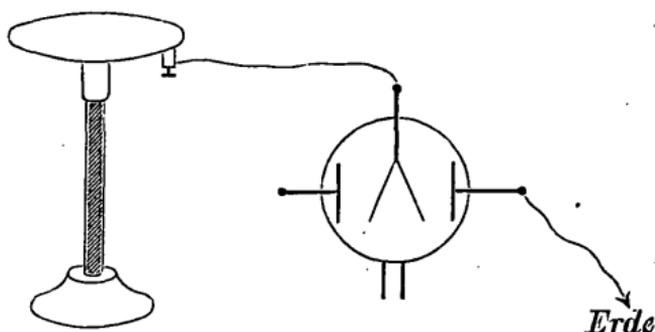


Fig. 4.

machten Beobachtung über die Einwirkung des ultravioletten Lichtes auf den Entladungsvorgang aufgefunden wurde.<sup>1)</sup> Eine isoliert befestigte Zinkplatte wird mit den Blättchen eines Elektroskops leitend verbunden (Fig. 4) und ihr hierauf eine negative Ladung erteilt. Sobald nun die Zinkplatte mit Licht bestrahlt wird, welches viele ultraviolette Strahlen enthält, z. B. mit

<sup>1)</sup> Hertz fand nämlich, dass die Bestrahlung eines „Erregers“ — einer elektrische Wellen aussendenden Vorrichtung — mit ultraviolettem Licht den oscillatorischen Charakter des Entladungsvorganges vernichtet. Dies beruht auf dem Leitendwerden der Gasschicht zwischen den

Licht, welches die Flamme eines verbrennenden Magnesiumdrahtes liefert, sinken die Blättchen des Elektroskops sehr rasch zusammen, d. h. die Platte ist unelektrisch geworden, sie hat ihre Ladung verloren, indem die Luft in ihrer Umgebung durch den Einfluss der ultravioletten Strahlen leitend geworden ist. Wesentlich für das Gelingen des Versuches ist die Oberflächenbeschaffenheit der Platte; es empfiehlt sich daher, die Platte unmittelbar vor dem Versuche mit Schmirgelpapier abzureiben. Eine für diesen Versuch gut geeignete Lichtquelle ist auch der an ultravioletten Strahlen reiche Entladungsfunke eines Inductoriums, welcher zwischen Cadmiumspitzen überspringt. Man hat hierbei den Vortheil, die Bestrahlung in bequemer Weise längere Zeit hindurch vornehmen zu können. Hierbei kann man unter günstigen Umständen die Beobachtung machen, dass sich die ursprünglich negativ geladene Platte zunächst vollständig entlädt, um hierauf wieder eine Ladung anzunehmen. Die letztere ist aber, wie die Prüfung ergibt, positiv. Das Verschwinden der negativen Ladung ist also eine Neutralisation durch übertragene positive. Wo die letztere herrührt, ist nach dem früher Gesagten verständlich; müssen doch in der leitenden Luft sowohl negative als auch positive elektrische Massen vorhanden

---

beiden Theilen des Erregers, zwischen denen der Funke überspringt. Vergleiche diesbezüglich meine Abhandlung: Über Stromunterbrechung mit besonderer Berücksichtigung des Wehnelt'schen Unterbrechers. Sitzungsberichte der kaiserl. Akademie der Wissenschaften in Wien, 1901.

sein. Man könnte nun hieraus den Schluss ziehen, dass der Versuch ebenso gut gelingen müsste, wenn man die Zinkplatte ursprünglich positiv lädt. Dies ist nun nicht der Fall, und das weist darauf hin, dass die freien positiven Atome und die freien negativen Corpuskeln eine verschiedene Bewegungsfreiheit besitzen.

Wenn wir nun für die sogenannten photoelektrischen Vorgänge, von denen wir einen hier beobachtet haben, eine Erklärung geben wollen, so muss zunächst der Umstand, dass für die Leichtigkeit der Wirkung nicht nur die Natur des Gases und der Druck, unter dem es steht, sondern auch die Natur des bestrahlten Metalles von Bedeutung sind, den Gedanken nahelegen, dass nicht etwa das ultraviolette Licht direct beim Hindurchgehen durch das Gas die Zerspaltung der elektrisch neutralen Molekeln vornimmt. Aufklärung in diese Fragen ist durch eine Entdeckung Lenards gebracht worden, zufolge welcher durch Bestrahlung einer Metallfläche mit ultraviolettem Licht die negativ geladenen Corpuskeln des Metalles in so heftiges Mitschwingen versetzt werden können, dass sie von der Oberfläche mit großer Geschwindigkeit fortfliegen und dann ein Verhalten zeigen, welches ganz demjenigen der gewöhnlichen, durch Entladungen erzeugten Kathodenstrahlen entspricht. Dass die Kathodenstrahlen Gase leitend machen, haben wir schon erwähnt. Diesen Vorgang aber hätte man sich etwa als Zerspaltung der elektrisch neutralen Molekel durch die aufprallenden Corpuskeln vorzustellen. — Die Bedeutung der Natur des Metalles ist insbesondere durch die Unter-

suchungen von Elster und Geitel festgestellt worden, welche gezeigt haben, dass sich eine Reihe der photoelektrischen Empfindlichkeit aufstellen lässt; es sind z. B. in abnehmendem Maße empfindlich: Rubidium, Kalium, Natrium, Lithium, Magnesium, Thallium, Zink.

Auf Grund dieser Untersuchungen haben Elster und Geitel eine photoelektrische „Zelle“ von solcher Empfindlichkeit construiert, dass bereits das an ultravio-

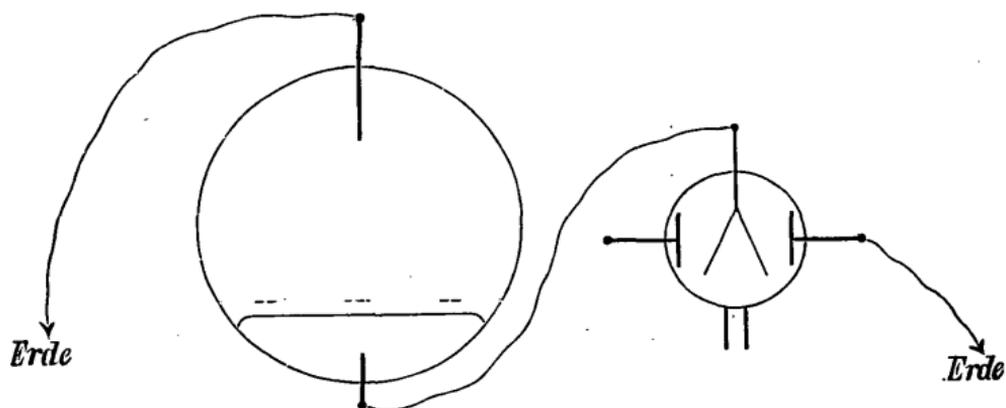


Fig. 5.

letten Strahlen recht arme Licht einer Stearinkerze genügt, um die Entladung der negativ geladenen Metallfläche der „Zelle“ herbeizuführen. Ich erlaube mir, Ihnen das Gesagte durch den Versuch zu illustrieren. Die Construction der Zelle erhellt aus der folgenden Zeichnung (Fig. 5). In einem kugelförmigen Glasgefäß sind zwei Platinelektroden eingeschmolzen. Die eine reicht in die Gasfüllung (Wasserstoff von  $0.33 \text{ mm}$  Druck), die andere in eine Schicht von Natrium-

oder Kaliumamalgam. Letztere wird negativ geladen und mit einem Elektroskop verbunden, die erste Elektrode zur Erde abgeleitet. Bei der Bestrahlung findet die Entladung durch das Gas und die erste Elektrode statt.

Nach der Lenard'schen Entdeckung ist zu erwarten, dass alle Substanzen, welche Strahlen aussenden, die den Kathodenstrahlen analog sind, sogenannte radioactive Substanzen, die Eigenschaft besitzen, Gase leitend zu machen; so z. B. das Uran und die Uranverbindungen, deren Radioaktivität von Becquerel aufgefunden wurde, das Radium und Polonium (von Herrn und Frau Curié entdeckt) u. a. Dass die von den genannten radioactiven Substanzen ausgehenden Strahlen mit Kathodenstrahlen physikalisch identisch sind, geht aus ihrem Verhalten hervor, welches mit dem der letzteren übereinstimmt. Vor allem sei auf die von Giesel, v. Schweidler und St. Meyer beobachtete Ablenkbarkeit dieser Strahlen im Magnetfelde hingewiesen. Von der phosphorescenz-erregenden Wirkung derselben bitte ich, an der Strahlung einer Masse Radiums, die ich circulieren lasse, und die Sie mittels des Kryptoskops ansehen wollen, selbst Kenntniss zu nehmen. Vorher überzeugen wir uns aber noch, dass das Radium thatsächlich ein geladenes Elektroskop zu entladen imstande ist.

Man kennt außer den genannten auch noch andere radioactive Substanzen, z. B. das Thorium, welches bei den Auer'schen Gasglühkörpern Verwendung findet. So kann es denn nicht wundernehmen, dass in Räumen,

welche mit Auerlicht beleuchtet sind, die Luft ein gewisses Leitungsvermögen annimmt. Infolge desselben müssen sich an elektrischen Leitern durch Elektrizitätsabgabe an die Luft Ladungsverluste bemerkbar machen. Eine solche Elektrizitätszerstreuung tritt aber auch in der freien Atmosphäre auf, wie schon seit Coulomb bekannt ist; erst Elster und Geitel aber haben die Elektrizitätszerstreuung in der freien Atmosphäre zum Gegenstand eines systematischen Studiums gemacht, und es ist diesen Forschern in jüngster Zeit gelungen, zu zeigen, dass in der Luft eine radioactive Substanz vorhanden ist.<sup>1)</sup> Sie bedienten sich dabei einer von Rutherford angegebenen Methode, indem sie einen Leiter, 30 m Kupferdraht, isoliert in freier Luft aufspannten und dauernd negativ geladen hielten. Indem nun die positiven Elektronen gegen seine Oberfläche heranfliegen, bilden sie auf dieser eine Schicht von gesteigerter Radioaktivität die sich durch ein einfaches Verfahren abnehmen lässt. Alle fünf Stunden nämlich wurde der Draht mit einem Stück Leder abgerieben, das mit Ammoniak benetzt war. Hierauf wurde das Leder zur Vertreibung des Ammoniaks scharf erhitzt; es erwies sich hierauf als radioactiv, wie durch Einwirkung auf die photographische Platte constatirt werden konnte. In abgeschlossenen Räumen, wo die Luft selten erneuert wird (Kellern, Höhlen etc.), ist dieselbe viel leitfähiger als im Freien. Durch Berücksichtigung dieses Umstandes

---

<sup>1)</sup> Physikalische Zeitschrift, 3. Jahrg., S. 78.

gelang ein schlagender Versuch, welchen Geitel mit folgenden Worten darstellt: „Als wir einen Kupferdraht von etwa 40 m Länge eine Zeit von acht Stunden lang in den weiten Kellerräumen des Landesarchives in Wolfenbüttel, die mehrere Monate geschlossen gehalten waren, mittels eines kleinen Inductoriums negativ geladen hatten, war die von ihm abgeriebene Substanz so stark activ, dass der benutzte Lederlappen nach Verjagung des Ammoniaks anfangs eine Phosphorescenz am Bariumplatinocyanürschirm gab, die dem völlig ausgeruhten Auge direct wahrnehmbar war.“

Dass auch die Röntgenstrahlen, wie Röntgen alsbald selbst entdeckt hat, die von ihnen durchstrahlten Gase leitend machen, ist eine Thatsache, die eine etwas andere Interpretation erheischt als die Fälle, die wir soeben besprochen haben. Nachdem wir die Röntgenstrahlen als elektromagnetische Vorgänge im Äther auffassen, müssen wir uns die Zerspaltung der neutralen Gasmolekel durch die absorbierte elektromagnetische Energie zustandegekommen denken. Ein Unterschied in der Beweglichkeit der freien positiven Atome und der negativen Corpuskel lässt sich bei Gasen, die durch Röntgenstrahlen leitend gemacht werden, nicht constatieren.

Mit den vorstehenden Ausführungen habe ich nur einen kleinen Ausschnitt aus einem der jüngsten Forschungsgebiete der Physik zu geben vermocht; für die getroffene Auswahl war mir die Absicht maßgebend, die neue Grundansicht möglichst hervortreten zu lassen,

welche berufen erscheint, das großartige Lehrgebäude Faraday-Maxwells zu erweitern und umzubilden. Ich kann meinen Vortrag nicht beschließen, ohne der theoretischen Speculation zu gedenken, welcher die besprochenen Thatsachen und mit diesen zusammenhängende zur Grundlage dienen. Ich habe mich in den vorstehenden Ausführungen der Terminologie J. J. Thomsons bedient; dieselbe entspricht der Auffassung, dass die „Corpuskel“ ein Baustein der gewöhnlichen Materie ist, mit der eine qualitativ verschiedene elektrische Ladung verbunden ist. Eine weitergehende Anschauung, die von einer großen Zahl von Forschern vertreten wird, schließt an Ausführungen an, welche Helmholtz in einer im Jahre 1881 zum Gedächtnis Faradays gehaltenen Rede <sup>1)</sup> gegeben hat. Helmholtz bemerkt, dass bei der Elektrolyse die Ionen (geladenen chemischen Atome) an den Elektroden als neutrale Körper ausgeschieden werden, so dass also dort eine Abgabe der Ladungen oder ein theilweiser Austausch gegen Ladungen entgegengesetzten Vorzeichens stattfinden muss. Dieser Vorgang kann nicht momentan stattfinden; es müssen also die Ladungen, wenigstens für eine sehr kurze Zeit, eine selbständige Existenz führen können; es liegt daher der Gedanke nahe, die stets gleiche Ladung einer Valenz als ein Elementarquantum der Elektrizität, als ein „elektrisches Atom“ zu betrachten. Stoney hat für diese elektrischen Atome den jetzt allgemein angenom-

---

<sup>1)</sup> Vorträge und Reden, 2. Bd., S. 275.

menen Namen „Elektron“ vorgeschlagen. Das, was wir als Corpuskel mit Ladung kennen gelernt haben, ist mit dem Elektron identisch. Durch die Einheit des Namens wäre nun wohl die Zusammensetzung aus zwei qualitativ verschiedenen Bestandtheilen nicht aufgehoben; man hat jedoch die Frage aufgeworfen, ob nicht die Masse der Elektronen vielleicht nur eine „scheinbare“, durch elektrodynamische Wirkungen vorgetäuschte ist. Es erscheint möglich, dass diese Frage in bejahendem Sinne beantwortet werden kann. Und so eröffnet sich der physikalischen Phantasie ein weiter Spielraum; was hier erhofft wird, mögen einige Sätze W. Kaufmanns illustrieren: <sup>1)</sup> „Wenn ein elektrisches Atom bloß vermöge seiner elektrodynamischen Eigenschaften sich genau so verhält wie ein träges Massentheilchen, ist es dann nicht möglich, überhaupt alle Massen als nur scheinbare zu betrachten? Können wir nicht statt all der unfruchtbar gebliebenen Versuche, die elektrischen Erscheinungen mechanisch zu erklären, nun umgekehrt versuchen, die Mechanik auf elektrische Vorgänge zurückzuführen? . . . Wenn alle materiellen Atome aus einem Conglomerat von Elektronen bestehen, dann ergibt sich ihre Trägheit von selbst. . . . Die Elektronen wären dann also die von so manchem gesuchten ‚Uratome‘, durch deren verschiedenartige Gruppierung die chemischen Elemente gebildet werden; der alte Alchymistentraum von der Umwandlung der Elemente wäre dann der Wirklichkeit bedeutend

---

<sup>1)</sup> Physikalische Zeitschrift, 3. Jahrg., S. 14 und 15.

näher gerückt.“ — Doch wir wollen solchen Überlegungen nicht weiter folgen; der Wert der Elektronentheorie liegt in ihrer Fruchtbarkeit, und wie man sich auch erkenntniskritisch zu ihr verhalten mag, den Beweis für ihre Daseinsberechtigung als physikalische Theorie hat sie hinreichend erbracht.

---

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Schriften des Vereins zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse Wien](#)

Jahr/Year: 1902

Band/Volume: [42](#)

Autor(en)/Author(s): Lampa Anton

Artikel/Article: [Über Strahlung. 149-182](#)