

3. *Ueber das Verhalten von Kathodenstrahlen parallel zu electrischer Kraft; von P. Lenard.*

(Der K. Ungar. Akad. der Wiss. vorgel. in der Sitzung v. 16. Mai 1898.)

1. Stetige Veränderlichkeit der magnetischen Ablenkbarkeit von Kathodenstrahlen ist bisher niemals zur Beobachtung gelangt, vielmehr erwies sich die Ablenkbarkeit eines einmal gegebenen Strahles unter allen bisher in Betracht gezogenen Umständen als unabänderlich.

Die Vorstellung indessen, zu welcher neuere Versuche geführt haben — in gewissem Sinne Sir William Crookes' ursprüngliche Hypothese mit neuem, verfeinertem Inhalt — lässt Aenderung der Ablenkbarkeit nicht nur möglich, sondern in gewissen Fällen sogar als nothwendige Forderung der Electrodynamik erscheinen. Ein solcher Fall ist der in der Ueberschrift angedeutete. Wir stellen ein Feld constanter electrischer Kraft her, zwischen zwei Condensatorplatten etwa, im leeren Raume, und richten einen Kathodenstrahl durch dieses Feld, sodass er parallel dessen Kraftlinien verläuft, etwa durch Bohrungen der Condensatorplatten in das Feld eintretend und aus demselben wieder austretend. Wir finden nun in der That, dass die magnetische und auch die electrische Ablenkbarkeit des Strahles nach Durchsetzung des Feldes verändert ist und zwar gerade in dem geforderten Sinne. Beide sind grösser oder kleiner geworden, je nachdem Kraft und Strahl gleich oder entgegengesetzt gerichtet sind.

Ein besonderes Interesse gewinnen unsere Versuche dadurch, dass in ihnen eine Kraft, von welcher man eine dynamische Erklärung erwartet, auf ein zu Beschleunigendes wirkt, welches selbst schon fast mit Lichtgeschwindigkeit sich bewegt. Auf die Frage indessen, ob diese Geschwindigkeit die Grösse der Beschleunigung beeinflusse, wird unter den Umständen der Versuche eine bejahende Antwort von denselben nicht ertheilt.

noch eine mit der Erde verbundene Metallwand L , welche den Erzeugungsraum vom Beobachtungsraum trennt und ein Metalldiaphragma D von 3 mm Weite im Rohre R_1 .

Einige Zeit nimmt das Evacuiren des Beobachtungsraumes in Anspruch. Sind die letzten Gasreste entfernt, so bleibt der Raum um den Condensator auch bei starker Ladung desselben dunkel; in diesem Zustande wurde der Apparat benutzt.

3. Vorweg überzeugt man sich, dass der Phosphoreszenzfleck auf dem Schirme unverrückt, also der Strahl gerade bleibt, wenn auch der Condensator stark positiv oder negativ geladen wird, vorausgesetzt, dass kein Strom in den ablenkenden Drahtrollen fließt.

Die Versuche über die magnetische Ablenkung wurden nun folgendermaassen ausgeführt. Zuerst ist der Condensator C ungeladen; es wird bei M durch Einschalten von Widerständen in den Stromkreis der Drahtrollen ein Magnetfeld von solcher Stärke erzeugt, dass der Phosphoreszenzfleck in stark abgelenkter Lage am Rande des Schirmes S_1 erscheint; die Lage des Fleckes wird dann an einer auf dem Schirm befindlichen Scala abgelesen. Jetzt laden wir bei fortdauerndem ablenkenden Strome den Condensator C ; der Fleck wandert dadurch auf dem Schirme; er geht nach weniger abgelenkten Lagen, wenn der Condensator positiv geladen wird, nach mehr abgelenkten, wenn er negativ geladen wird. Dadurch ist die Veränderung der Ablenkbarkeit nachgewiesen.

Um die Erscheinung quantitativ zu verfolgen, genügt es, den ablenkenden Strom J_0 zu messen, welcher den Phosphoreszenzfleck zu einer bestimmten Lage bei ungeladenem Condensator bringt und den Strom J_1 , welcher ihn zu derselben Lage bringt während der Condensator die Potentialdifferenz P besitzt. Zur Messung der letzteren ist im Nebenschluss zum Condensator eine verstellbare Funkenstrecke angebracht, deren blanke Messingkugeln 2,5 cm Durchmesser besitzen. Es wurde jedesmal diejenige Lage des Fleckes in Betracht gezogen, welche er in dem Augenblicke einnimmt, da ein Funke die Strecke überspringt; einige an das zu ladende System geschaltete Leydener Flaschen machen das Ansteigen der Ladung beim Drehen der Electrisirmaschine und also das Wandern des Fleckes genügend langsam.

Die Resultate der Messungen finden sich in folgender Tabelle verzeichnet, deren jede Zeile Mittelwerthe aus drei einzelnen Versuchen enthält. Es gelangten zwei verschiedene Strahlenarten zur Verwendung, wie sie bei den in der ersten Columnne angegebenen Potentialdifferenzen zwischen den Electroden des Entladungsrohres erzeugt werden.¹⁾ In der mit * bezeichneten Versuchsgruppe wurde der entferntere Schirm S_2 benutzt; die ablenkenden Ströme waren dementsprechend schwächer.

Potentialdiff. im Entla- dungsrohr (Schlagweite)	Potentialdifferenz des Condensators		$\frac{J_1}{J_0}$	Anfangs- geschwindigkeit v_0	End- geschwin- digkeit v_1
	in Schlagw.	in magnetischem Maass			
cm	cm	C.G.S.		$10^{10} \frac{\text{cm}}{\text{sec}}$	$10^{10} \frac{\text{cm}}{\text{sec}}$
2,8	1,00	$P = - 291 \cdot 10^{10}$	0,500	$0,70 = 0,67 + 0,03$	0,35
	0,64	$P = - 210 \cdot 10^{10}$	0,650	$0,68 = 0,67 - 0,01$	0,34
	1,00	$P = + 291 \cdot 10^{10}$	1,41	$0,62 = 0,67 - 0,03$	0,89
3,6	1,00	$P = - 291 \cdot 10^{10}$	0,608	$0,77 = 0,81 - 0,04$	0,47
	1,00	$P = + 291 \cdot 10^{10}$	1,27	$0,79 = 0,81 - 0,02$	1,00
	* 1,00	$P = + 291 \cdot 10^{10}$	1,22	$0,88 = 0,81 + 0,07$	1,07

4. Die in den letzten beiden Columnen verzeichneten Geschwindigkeiten v_0 und v_1 des jedesmal in den Condensator tretenden und des ihn verlassenden Strahles sind aus den Versuchsdaten berechnet nach den beiden Gleichungen

$$\frac{v_1}{v_0} = \frac{J_1}{J_0} \quad \text{und} \quad v_1^2 - v_0^2 = 2 \frac{e}{\mu} P,$$

deren erste aussagt, dass verschiedene Strahlenarten die gleiche seitliche Beschleunigung erfahren in Magnetfeldern, deren senkrecht zum Strahl gerichtete Stärken den Strahlengeschwindig-

1) Es soll nicht gesagt sein, und es ist auch nicht erwiesen, dass die zwischen den Electroden messbare maximale Potentialdifferenz die Eigenschaften der erzeugten Strahlen eindeutig und allein bestimme. In gleichem Entladungsrohre werden jedoch unter gleichen Bedingungen immer wieder dieselben Strahlen erzeugt und insofern können die angegebenen Potentialdifferenzen zur Festlegung der benutzten Strahlenarten dienen. Ueber das hier verwandte Entladungsrohr und die Erzeugungsbedingungen vgl. Wied. Ann. 51. p. 227. 1894.

keiten proportional sind und deren zweite der Ausdruck des Gesetzes der Energieerhaltung für unseren Fall ist. Die zweite Gleichung enthält auch die Voraussetzung, dass die wirksame beschleunigende Kraft genau die Grösse der auf ruhende Electricitäten im electrischen Felde ausgeübten Kraft besitze. Das Dichtenverhältniss ϵ/μ wurde früheren Resultaten entsprechend als von unveränderlicher Grösse und gleich $6,39 \cdot 10^6 \text{ cm}^{1/2} \text{ g}^{-1/2}$ in Rechnung gesetzt, welche letztere Zahl das arithmetische Mittel der an drei verschiedenen Strahlenarten früher erhaltenen Zahlen¹⁾ ist.

Betreffend die Geschwindigkeit v_0 sehen wir aus der Tabelle zuerst, dass sie sich für die erste Strahlenart jedesmal kleiner ergibt als für die zweite, ganz wie dies früher¹⁾ auf anderem Wege gefunden wurde. Wir sehen weiter, dass diese Uebereinstimmung auch zahlenmässig mit der zu erwartenden Genauigkeit zutrifft, denn die für dieselben beiden Strahlenarten früher gefundenen Geschwindigkeiten, $0,67$ bez. $0,81 \cdot 10^{10} \text{ cm/sec}$, werden von den jetzt gefundenen gut in die Mitte genommen. Wir nehmen dies als Bestätigung der benutzten Theorie und der gemachten Annahmen; wir sehen insbesondere auch den früher gefundenen Werth des Dichtenverhältnisses gut bestätigt. Uebrigens wird man bemerken, dass die Schwankungen in den für dieselbe Strahlenart gefundenen Werthen von v_0 grösser sind, als die mögliche Unsicherheit der Messungen; dieser Umstand findet indess eine genügende Erklärung in den uncontrolirbaren Schwankungen, welchen die Erzeugungsbedingungen der Strahlen unterworfen sind.

Was die Geschwindigkeit v_1 der den Condensator verlassenden Strahlen anlangt, sehen wir, dass die langsamsten Strahlen erhalten wurden durch Verzögerung der ursprünglich schon langsameren ersten Strahlenart; das so erreichte Minimum gemessener Geschwindigkeit ist etwa ein Zehntel der Lichtgeschwindigkeit. Die schnellsten erhaltenen Strahlen, erzeugt durch Beschleunigung der zweiten Strahlenart, haben fast genau ein Drittel der Lichtgeschwindigkeit. Diese beiden erhaltenen äussersten Strahlenarten unterscheiden sich sehr

1) P. Lenard, Wied. Ann. **61**. p. 287. 1898.

bemerkbar in der Fähigkeit den benutzten Schirm — Penta-decylparatolyketon auf Papier — zu erleuchten. Die Phosphoreszenzflecke der schnellsten Strahlen sind ausserordentlich hell, die der langsamsten sind nur mit Schwierigkeit überhaupt zu sehen. Eine deutliche Abweichung von scharf geradliniger Verbreitung der Strahlenbündel im leeren Raume habe ich unter den obwaltenden Umständen in keinem Falle bemerken können; auch war die Absorbirbarkeit der schnellsten Strahlenart nicht so gering, dass ein Glimmerblatt von 0,2 mm Dicke sehr bemerkbar durchdrungen worden wäre.

5. Die Veränderung der electricischen Ablenkbarkeit der Strahlen wurde in folgender Weise beobachtet. Die Drahtrollen bei M waren entfernt und die eine der daselbst im Rohre befindlichen Metallplatten jetzt von der Wandbelegung isolirt, im übrigen die Anordnung nach dem Schema der Fig. 2 getroffen, in welcher ausser dem jetzt benutzten Schirme S_2

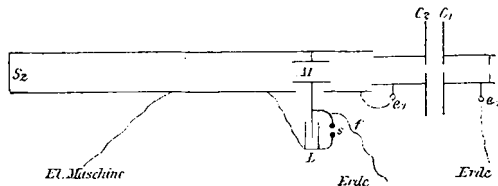


Fig. 2.

nur Metalltheile gezeichnet sind; L bedeutet eine Leydener Flasche mit isolirter äusserer Belegung, s eine Funkenstrecke von $\frac{1}{3} - \frac{1}{2}$ mm Länge, f eine Hanfschnur. Man übersieht, dass bei geladenem Apparate die isolirte Platte M periodisch ein geringeres Potential annehmen wird als die mit C_2 verbundene andere Platte M . Der Potentialunterschied der beiden Platten ist durch die Länge der Funkenstrecke s zu reguliren, er erreicht den vollen dieser Länge entsprechenden Betrag in dem Augenblicke, in welchem ein Funke die Strecke überspringt, worauf er zu Null herabsinkt, um dann durch die Wirkung der schwach leitenden Hanfschnur von neuem wieder anzusteigen. Man beobachtet dabei ein Wandern des Phosphoreszenzfleckes am Schirm aus seiner unabgelenkten Lage heraus bis zu einem Punkte, von welchem er wieder zu jener Lage zurückspringt. Die Länge des dabei beschriebenen Weges misst die electricische Ablenkung der durch den Con-

densator veränderten Strahlen. Soll die Ablenkung der unveränderten Strahlen gemessen werden, so wird das ganze System C_2 zur Erde geleitet und unter Weglassung der Hanfschnur allein die isolirte Platte M und die Flasche L geladen, sodass wieder in passenden Intervallen Funken die Strecke s überspringen. Der Weg des Phosphoreszenzfleckes misst wieder die electriche Ablenkung. Man findet dieselbe nun sehr bemerkbar vergrößert durch eine positive Ladung des Condensators und verkleinert durch eine negative Ladung. Es betrug z. B. bei positiver Ladung bis auf annähernd 1 cm Schlagweite die electriche Ablenkung 15 mm, wenn sie bei ungeladenem Condensator unter sonst gleichen Umständen 10 mm beträgt. Damit ist auch die Veränderung der electriche Ablenkbarkeit erwiesen und gezeigt, dass Sinn und Größenordnung der Veränderung der Erwartung entsprechen.

Kiel, im April 1898.

(Eingegangen 1. Mai 1898.)
