7. Nachweis elektrischer Schwingungen in Spulen; von Emil Lüdin.

Zur Erzeugung elektrischer Schwingungen benutzt man nach Hertz¹⁾ gewöhnlich Funkenentladungen. Man erhält aber ebenfalls elektrische Schwingungen, wenn einfach in einem Stromkreise, in welchem sich eine Spule mit genügender Windungszahl befindet, ein Strom geschlossen oder unterbrochen wird. Dies ergibt sich auch durch die Rechnung, sobald man annimmt, dass die Spule Capacität besitzt. Wir haben dann gleichsam einen Condensator und können das Schliessen und Oeffnen des Stromes mit dem Laden bez. Entladen eines Condensators vergleichen. Die Ladung und Entladung eines aus Capacität, Widerstand und Selbstinduction bestehenden Systems können aber periodisch oder aperiodisch

Fig. 1.

sein, es hängt dies nur vom Verhältniss der drei genannten Grössen ab.

Diese Schwingungen lassen sich mit Hülfe eines Cohärers nachweisen. Es seien in Fig. 1: *A* die Spule, *C* der Cohärer, *B* die Batterie und *S* ein Stromschlüssel. Wird nun der Strom geschlossen oder geöffnet, so sinkt infolge der elektrischen

Schwingungen der Widerstand des Cohärers. Die Wirkung ist beim Oeffnen stärker als beim Schliessen.

Zu den Versuchen benutzte ich eine Spule ohne Eisenkern, welche in fünf Stufen gewickelt war. Es kamen jedoch nur zwei Windungszahlen zur Verwendung; dabei galten folgende Werte:

Windungszahl	592	2823
Widerstand	1,48 Ohm	12,35 Ohm
Selbstinductioncoefficient	0,014 Henry	0,116 Henry
Capacität	?	?

1) H. Hertz, Wied. Ann. 31. p. 421. 1887.

Vorerst wurde untersucht, welche Potentialdifferenz bez. Stromstärke nötig ist, um genügend starke Schwingungen zu erzeugen. Als Maass für die Stärke derselben kann der Widerstand des Cohärers genommen werden; je stärker die Schwingungen sind, um so geringer wird derselbe.

Der Widerstand wurde in einfacher Weise dadurch ermittelt, dass man den Cohärer mit einem geachteten Galvanometer in einen Stromkreis von constanter elektromotorischer Kraft einschaltete. Aus dem Galvanometeraussschlag erhält man dann direct den gesuchten Widerstand. Es ist nun nicht zu erwarten, dass unter sonst gleichen Umständen der Widerstand des Cohärers immer derselbe wird; d. h. das Galvanometer genau denselben Ausschlag giebt; das Richten der Feilspäne hängt eben auch von anderen Factoren ab. Es wurde deshalb jeder Versuch zehnmal wiederholt und das Mittel aus den einzelnen Beobachtungen gerechnet. Fig. 2 giebt uns die Abhängigkeit des Widerstandes des Cohärers von der Stromstärke. Bei Curve I wurden 592 Windungen, bei den Curven II und III die ganze Spule, d. h. 2823 Windungen benutzt. Curve III wurde ferner mit einem empfindlicheren Cohärer aufgenommen.

Fig. 2.

Aus Fig. 2 ergibt sich, dass bei Anwendung von 592 Windungen eine Stromstärke von etwa 0,6—1 Amp. nötig ist, um den Cohärer gut zu richten, bei 2823 Windungen genügen 0,2—0,8 Amp., je nach dem Cohärer. Um in jedem Falle eine sichere Wirkung zu haben, so wurden alle folgenden Versuche mit einer Stromstärke von ca. 1 Amp. ausgeführt. Bei der grossen Windungszahl beginnt auch die erste Einwirkung auf den Cohärer bei einer kleineren Stromstärke. Während bei 592 Windungen eine Stromstärke von 0,15 Amp. erforderlich ist, braucht es bei 2823 Windungen nur 0,03 Amp. Bei dem empfindlicheren Cohärer (Curve III) sank der Widerstand schon bei 0,01 Amp. auf 131 Ohm und erreichte bei

0,6 Amp. die untere Grenze von 12 Ohm. Bei allen Versuchen ist der Verlauf der Curve ungefähr derselbe; sobald die Wirkung einsetzt, kommt sie beinahe sofort zur vollen Stärke. Mit wachsender Stromstärke nimmt sie dann wieder ab, d. h. der Cohärerwiderstand wird wieder grösser. Die Ursache liegt wahrscheinlich in der zunehmenden Funkenbildung an der Unterbrechungsstelle. Um über diese Frage näheren Aufschluss zu erhalten, sind weitere Versuche nötig.

Legt man an der Spule in Fig. 1 statt des Cohärers *C* einen Draht an, so geben diese Schwingungen in demselben zu stehenden Wellen Veranlassung, deren Wellenlängen von den Constanten der Spule und der Länge des Drahtes abhängig sind. Man kann diese Wellen in folgender Weise zeigen und auch messen. Spannt man einen zweiten Draht parallel zum ersten, so entstehen in demselben durch Resonanz dieselben Schwingungen. Die Drähte waren 41 m lang, ihr Abstand 30 cm. Die Länge war durch die örtlichen Verhältnisse gegeben. Die Drähte wurden nämlich im Freien zwischen den vorspringenden Flügeln des physikalischen Institutes gespannt. Die Höhe über dem Erdboden betrug etwa 4 m. Verbindet man nun den Cohärer mit dem Ende des zweiten Drahtes, so sinkt sein Widerstand, sobald im primären Stromkreis der Strom geschlossen oder unterbrochen wird, also ein Beweis für das Vorhandensein der Schwingungen im zweiten Draht. Die Verminderung des Cohärerwiderstandes, d. h. die Stärke der Resonanz, hängt aber unter sonst gleichen Umständen von der Länge des zweiten Drahtes ab. Derselbe wurde um je 2 m verkürzt und für jede Länge der Cohärerwiderstand in bekannter Weise gemessen. Derselbe variirt zwischen 1200 Ohm und 100 Ohm. Die Versuchsergebnisse sind in der gestrichelten Curve der Fig. 3 wiedergegeben. Als Abscissen sind die Drahtlängen und als Ordinaten die zugehörigen beobachteten Cohärerwiderstände aufgetragen.

Man erkennt in der Figur Maxima und Minima, entsprechend den Knoten und Bäuchen stehender Wellen. Die Maxima entsprechen den Drahtlängen 8, 31 und 41 m, die Minima den Drahtlängen 0, 19 und 36 m. Misst man die Abstände zwischen je zwei Knoten und je zwei Bäuchen, so erhält man angenähert für die halbe Wellenlänge 18 m. Um

dieser Wellenlänge von 36 m die Drahtlänge anzupassen, wurden beide Drähte auf 45 m verlängert, und die Versuche wiederholt. Die punktirte und die ausgezogene Curve stellen die neuen Resultate dar. Die punktirte Curve wurde mit demselben, die ausgezogene mit einem anderen Cohärer aufgenommen. Bei der dritten Versuchsreihe wurde ferner der Draht um je 3 m verkürzt. Bei den neuen Curven tritt nun das Minimum bei 36 m sehr deutlich hervor. Dies bestätigt uns die Vermutung, dass die Länge von 45 m für die vorliegenden Bedingungen die günstigste ist, und man erhält somit als Wellenlänge der elektrischen Schwingungen 36 m.

Fig. 3.

Die beschriebenen Versuche wurden mit der Spule von 572 Windungen und bei einer Stromstärke von 1 Amp. ausgeführt.

Solche elektrische Schwingungen pflanzen sich in oder längs eines Drahtes sehr weit fort. Auch hierüber wurden Versuche angestellt. Ich spannte zu diesem Zwecke im Freien etwa 2 m über der Erde einen Draht und legte an einem Ende die Spule und am anderen den Cohärer an. Ist der Draht blank, so lassen sich bei 592 Windungen die Schwingungen bis auf eine Entfernung von 200 m nachweisen, bei 2832 Windungen sogar bis auf 700 m. Ersetzt man den blanken Draht durch einen umspinnenen, so hört die Wirkung schon bei 120 bez. 150 m auf.

Diese Untersuchungen geben uns auch eine Erklärung der Störungen, welche bei der Marconi-Telegraphie auf der

Empfängerstation auftreten. Dieselben bestehen darin, dass beim Arbeiten des Rasselwerkes oder des Morseapparates der Cohärer stets von neuem gerichtet wird. Man schreibt diese Störungen gewöhnlich den Fünkchen zu, welche bei den Contactunterbrechungen entstehen und man hat dieselben dadurch gehoben, dass man verschiedene Nebenschlüsse zum Teil mit hohen Widerständen dem Klopferwerk und dem Morseapparat angelegt hat.

Die Versuche, über welche in den Mitteilungen der naturwissenschaftlichen Gesellschaft Winterthur ausführlich berichtet werden wird, wurden zum Teil (Sommer 1900) im physikalischen Institut des eidgenössischen Polytechnikums zu Zürich, zum Teil (Sommer 1901) hier ausgeführt.

Winterthur, Technikum, Januar 1902.

(Eingegangen 4. Januar 1902.)