

Vorlesungsversuche über Hertz'sche elektrische Strahlen und Marconi'sche Funkentelegraphie.

Von

F. Himstedt.

Mit 4 Figuren im Text.

Im verflossenen Winter habe ich mehrfach Gelegenheit gehabt, die HERTZ'schen Versuche sowie die über MARCONI'sche Funkentelegraphie vorzuführen. Ich erlaube mir, im Folgenden in Kürze die Einrichtung und Anordnung der Apparate zu beschreiben, mit denen sich die genannten Versuche sehr sicher und, wie ich glaube, auch recht übersichtlich und anschaulich vorführen lassen. Ich bin bei der Zusammenstellung bemüht gewesen, die Dimensionen aller Theile so zu wählen, dass das ganze Instrumentarium bequem auf dem Experimentirtische gehandhabt werden kann und dass dabei doch, auch in einem grösseren Auditorium, die einzelnen Apparate deutlich gesehen und erkannt werden können.

Zur Erzeugung der elektrischen Wellen benutze ich einen Righi-Sender, bei welchem die wirksamen Fünkchen in Vaselineöl überspringen zwischen zwei Messingcylindern mit halbkugelförmigen Enden von ca. 2,5 cm Länge und 1,5 cm Durchmesser. Der Sender ist in der horizontal gestellten Brennlinie eines parabolischen Spiegels von 46 cm Länge, 29 cm Höhe und 18 cm Tiefe befestigt. Der Spiegel mit Sender kann eingesetzt werden in einen Kasten aus Zinkblech, der durch einen weit übergreifenden, gut passenden Deckel geschlossen wird. Der Kasten trägt an der Vorderwand ein 30 cm langes Blechrohr von 8,5 cm Durchmesser, in welchem sich zwei Blenden mit 3,5 cm grosser Oeffnung befinden. An der Rückwand des Kastens sind zwei engere Blechrohre angelöthet,

durch welche, wohl isolirt, die mit Metallschläuchen überzogenen Drähte zum Induktorium führen. Dieses, sowie die Akkumulatoren und den schnell rotirenden Quecksilberunterbrecher hatte ich anfänglich, nach dem Vorgange von BOSE, auch ganz in einen Metallkasten eingeschlossen. Es zeigte sich später, dass dies nicht nöthig war. Es genügt bei meiner Versuchsanordnung, das Induktorium 2—3 m hinter dem Sender aufzustellen, um jeden bemerkbaren Einfluss auf den Empfänger auszuschliessen. Der letztere besteht aus einem Kohärer, welcher mit zwei kleinen Akkumulatoren und einem empfindlichen und leicht regulirbaren Relais zu einem Stromkreise verbunden ist. Wird der Kohärer von elektrischen Strahlen getroffen und dadurch besser leitend, so wird der Hebel des Relais in Bewegung gesetzt und hierdurch ein zweiter Stromkreis unterbrochen, in welchem 3—4 Akkumulatoren auf einen elektromagnetischen Klopfer und einen regulirbaren Widerstand geschlossen sind. Der Klopfer schnellt zurück, schlägt gegen die Unterlage des Kohäriers und macht diesen wieder nicht- resp. schlechtleitend¹. Das Ganze ist auf einem Brette von 60×30 cm montirt und wird bei den Versuchen in einen gut schliessenden Blechkasten eingesetzt, welcher an der Stirnseite, da wo der Kohärer im Innern sich befindet, ein gleiches Rohr trägt wie der Kasten des Gebers (30 cm lang, 8,5 cm Durchmesser, Blenden 3,5 cm).

Durch diese Verwendung eines empfindlichen Relais ist die Benutzung eines Galvanometers vermieden; man erkennt die Wirkung der elektrischen Strahlen an dem Rasseln des Klopfers, was für Demonstrationsversuche entschieden sehr bequem ist. Die erstmalige Einregulirung des Relais, bei der die Federspannung, die Zahl der Elemente resp. die Grösse des Ballastwiderstandes abgeglichen werden müssen, erfordert einige Sorgfalt. Ist dieselbe aber geglückt, so funktionirt der Apparat tadellos, solange der Kohärer gut ist. Durch sehr langen Gebrauch mit Strömen, wie sie zur Betreibung eines Relais erforderlich sind, werden nach meinen Erfahrungen alle Kohärer allmählich schlechter. Ersetzt man einen unbrauchbar gewordenen durch einen neuen, so muss für diesen zunächst wieder

¹ Geber und Empfänger sind von F. ERNECKE in Berlin bezogen und ist das Stromschema genauer beschrieben in E. ERNECKE, *Telegraphie ohne Draht*, Berlin 1897. Die dort erwähnten Trockenelemente haben sich auf die Dauer nicht bewährt, und sind deshalb durch Akkumulatoren ersetzt, und um bequem die Stromstärke reguliren zu können, ist der oben erwähnte Widerstand zugefügt.

einregulirt werden, eine Arbeit, die bei täglich mehrstündigem Gebrauch vielleicht alle 4—6 Wochen wiederholt werden muss.

Man zeigt zuerst die geradlinige Fortpflanzung der „elektrischen Strahlen“. Die Ansatzrohre an den Kästen lassen die Richtung der Strahlen auch aus der Ferne leicht erkennen. Die beiden Kästen werden so einander gegenüber gestellt, dass die Oeffnungen der Ansatzrohre 50—100 cm von einander entfernt sind, die Axen eine gerade Linie bilden. In den Primärkreis des Induktoriums ist ausser dem rotirenden Quecksilberunterbrecher noch ein Telegraphenschlüssel eingeschaltet. Wird derselbe jetzt niedergedrückt, so ertönt sofort das Rasselwerk und bleibt in Thätigkeit, bis der Schlüssel wieder losgelassen wird. Bei jedem Versuch wird der Schlüssel nur 1—2 Sekunden niedergedrückt. Die Durchlässigkeit der Isolatoren und die Undurchlässigkeit der Metalle und Elektrolyte wird gezeigt, indem die zu untersuchenden Substanzen direkt vor das Rohr des Empfängerkastens gehalten werden, es genügen dann schon verhältnissmässig kleine Stücke. Wird einer der Kästen so gedreht, dass die Rohraxen einen Winkel von ca. 30° bilden, so bleibt der Klopfer vollkommen still.

Für die Reflexion werden Metallbleche von 25×25 cm benutzt, welche mit kleinen Holzfüssen versehen sind, um bequem eingestellt werden zu können.

Sehr geeignet für die Demonstration ist die skizzierte Anordnung, da schon eine geringe Drehung der Spiegel S_2 und S_3 das Ansprechen des Empfängers verhindert.

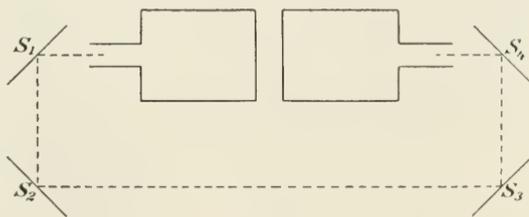


Fig. 1.

Für die Brechung der Strahlen benutze ich ein Asphaltprisma von 30° brechendem Winkel. Die Kästen werden zunächst so gestellt, dass die Rohraxen eine gerade Linie bilden; der Kohärer spricht an, dann das Prisma dazwischen, das Rasselwerk bleibt in Ruhe. Der Empfängerkasten wird nun so lange verschoben und gedreht, bis der Kohärer wieder anspricht. Man kann hierbei sogar dem ganzen Auditorium sichtbar machen, dass die durch das Prisma bewirkte Ablenkung abhängt vom Einfallswinkel.

Die Totalreflexion lässt sich bei Lichtstrahlen bekanntlich sehr gut durch die folgende Anordnung zeigen: Ein Bündel Lichtstrahlen

geht durch einen mit Flüssigkeit gefüllten Glastrog hindurch und erzeugt auf dem Projektionsschirme den Lichtfleck F_1 . Derselbe

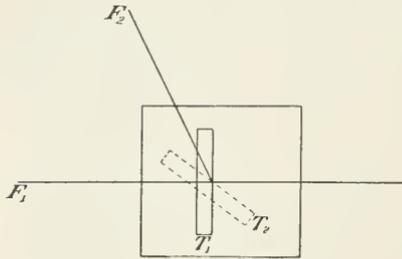


Fig. 2.

bleibt ungeändert, wenn man einen zweiten kleineren Glastrog T_1 , der leer, d. h. mit Luft gefüllt ist, so eintaucht, dass die Lichtstrahlen ihn senkrecht durchsetzen. Wird nun der leere Trog gedreht, so nimmt die Lichtintensität in F_1 ab und bei einer bestimmten Stellung des Troges, etwa T_2 verschwindet der Lichtfleck F_1 vollständig und alle Lichtstrahlen werden nach F_2 total reflektirt. Ich habe versucht, genau die gleiche Anordnung bei elektrischen Strahlen zu benutzen. Der grosse Glastrog war mit CS_2 gefüllt, der eingetauchte Trog T ein sogenannter Leyboldtrog mit 1 cm dicker Luftschicht. Befand sich der Empfängerkasten in F_1 und hatte der Trog die Stellung T_1 , so sprach der Kohärer sofort an, sobald der Telegraphenschlüssel niedergedrückt wurde. Wurde darauf der Trog gedreht, so erfolgte das Ansprechen schwerer, d. h. man musste 5—10 Sekunden lang die Strahlen einwirken lassen, ehe das Rasselwerk zum Tönen kam, aber es gelang mir niemals, eine solche Stellung T_2 zu finden, bei welcher der Klopfer auch bei andauerndem Stromschluss in Ruhe geblieben wäre, mit anderen Worten, die durchgehenden Strahlen wurden wohl bedeutend geschwächt, aber nie ganz beseitigt, wie es bei Totalreflexion hätte sein müssen. An diesem Resultate wurde

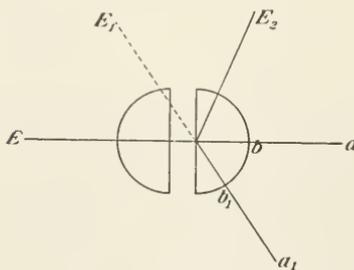


Fig. 3.

nichts geändert, als CS_2 durch andere Flüssigkeiten ersetzt wurde. Die Erklärung ist, wie aus einer kürzlich erschienenen Arbeit des Herrn BOSE¹ hervorgeht, wohl darin zu suchen, dass die Dicke der in dem Troge eingeschlossenen Luftschicht zu gering war. Da ich diese Arbeit damals nicht kannte und den mangelnden Erfolg aus anderen Ursachen herleiten zu müssen glaubte, so ersetzte ich die Flüssigkeit durch feste Körper und zwar benutzte ich zwei Halbcylinder aus Asphalt.

¹ Naturw. Rundschau, Mai 1898.

Fallen die elektrischen Strahlen auf wie ab , so erfolgt promptes Ansprechen des Empfängers in E . Fallen aber die Strahlen ein wie a_1b_1 , so bleibt der Empfänger in E_1 absolut still, spricht dagegen in E_2 sofort an.

Mit dieser Einrichtung habe ich nachträglich die Erfahrung des Herrn BOSE vollkommen bestätigt gefunden. Beträgt die Dicke der Luftschicht mehr als 3 cm, so ist vollständige Auslöschung durch Totalreflexion sicher zu erreichen. Schiebt man jedoch die Asphaltstücke näher und näher zusammen, so ist dies ganz unmöglich.

Von allen Versuchen über Interferenzerscheinungen scheint mir der mit der QUINCKE'schen Interferenzröhre für den Unterricht unbedingt der geeignetste zu sein. Er ist leicht zu erklären, sehr anschaulich und darum leicht verständlich. Bei der Anfertigung der Röhre habe ich die Erfahrungen des Herrn v. LANG² benützt. Die Röhren aus Kupfer haben einen Durchmesser von 5,5 cm. Die Entfernung AB beträgt 8 cm, die CD 70 cm und kann durch Ausziehen der Röhren auf 110 cm vergrößert werden. Ich hatte zuerst die Rohre G und E mit Ansätzen versehen, welche in die betreffenden Rohre am Geber- resp. Empfängerkasten mit sanfter Reibung hineinpasse. Bei dieser Anordnung vermochte ich indessen durch Ausziehen eines der Rohre C und D nicht nur keine Auslöschung, sondern noch nicht einmal eine Schwächung der Wirkung zu erzielen. Ich über-

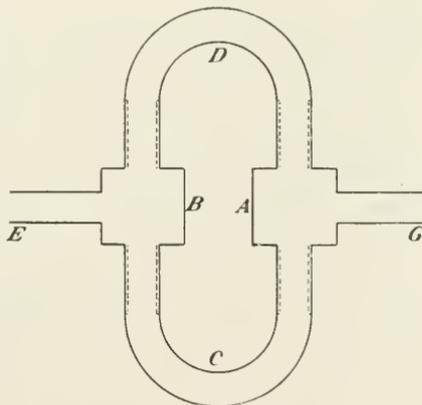


Fig. 4.

gehe die mannigfachen vergeblichen Versuche, mit dieser Röhre deutlich bemerkbare Interferenzerscheinungen zu erhalten und beschreibe nur die Anordnung, welche mir schliesslich durchaus zufriedenstellende Resultate ergeben hat. Zwischen Geber und Interferenzrohr, sowie zwischen diesem und dem Empfänger war je eine Luftstrecke von 20 cm eingeschaltet und waren je zwei grössere Metallschirme aufgestellt, welche in der Höhe der Rohre G bzw. E Oeffnungen von nur 2,5 cm Durchmesser besaßen. Die

¹ WIEDEMANN'S ANN. Bd. 57 S. 430, 1896.

beiden Kästen, die Schirme und das Interferenzrohr wurden zur Erde abgeleitet, dann aber vom Kohärer ein isolirter Draht in der Rohraxe entlang geführt, der in der Mitte der Kammer *B* freie endigte. Hierdurch wurde erreicht, dass bei einer Wegdifferenz von $2n \cdot \frac{\lambda}{2}$ der Kohärer prompt und sicher ansprach, bei $2n + 1 \cdot \frac{\lambda}{2}$ aber nicht, vorausgesetzt allerdings, dass jedesmal der Strom nur 1—2 Sekunden geschlossen wurde. Liess man die Strahlen länger, 10—15 Sekunden oder noch mehr einwirken, so ertönte auch bei $2n + 1 \cdot \frac{\lambda}{2}$ hin und wieder das Rasselwerk, allein der Unterschied gegen $2n \cdot \frac{\lambda}{2}$ war nicht zu verkennen. Im letzteren Falle sofort bei Stromschluss Ansprechen und dann ununterbrochenes Spiel des Klopfers, bei $2n + 1 \cdot \frac{\lambda}{2}$ hingegen frühestens nach 5—6 Sekunden ein- oder zweimaliges Anschlagen des Klopfers, dann wieder mehrere Sekunden Pause u. s. w.

Für die Demonstration der Polarisationserscheinungen benutze ich Gitter aus Stanniol auf Glas geklebt. Breite der Streifen gleich der der Zwischenschichten gleich 0,25 cm. Wird ein Gitter mit den Streifen horizontal dicht vor das Rohr des Empfängers gehalten, so findet vollständige Auslöschung statt. Schon eine Drehung von 5—10° genügt, um bei fortgesetztem Funkenspiel den Klopfer hin und wieder anschlagen zu lassen. Wird das Gitter weiter gedreht, so kann man an dem Häufigerwerden des Anschlages sehr gut das Anwachsen der Wirkung beurtheilen, bis bei senkrechter Stellung des Gitters das Rasselwerk unaufhörlich tönt. Wird vor das Rohr des Gebers ein Gitter mit den Streifen unter 45° gestellt, so bewirkt ein zweites Gitter vor dem Empfänger nur dann Auslöschung, wenn es genau senkrecht steht zu dem erstgenannten, also vollkommene Analogie mit gekreuzten Nikols. Wie bei diesen das Gesichtsfeld aufgehellt werden kann durch einen dazwischen gebrachten Krystall, so spricht hier der Kohärer sofort wieder an, wenn ein drittes Gitter mit senkrecht verlaufenden Streifen oder ein Stück Tannenholz mit guter Längsstreifung zwischen die gekreuzten Gitter gebracht wird.

Um die MARCONI'sche Funkentelegraphie zu demonstrieren, wird am Empfänger der Ballastwiderstand in dem zweiten, durch das Spiel des Relais geöffneten und geschlossenen Stromkreise ersetzt

durch einen Morseapparat für Ruhestrom, wie er von der deutschen Reichstelegraphie benutzt wird. Als Geber verwende ich einen Righi-Sender mit Kugeln von 10 cm Durchmesser¹, aber ohne Hohlspiegel. Da der Klopfer und der Morseapparat gleichzeitig arbeiten, so kann man die Depeschen sehr gut abhören und um dies auch dem Laien zu ermöglichen, telegraphire ich abwechselnd 3 Striche 3 Punkte, die zuerst gehört, und dann auch leicht auf dem Papierstreifen kontrolirt werden können. Schliesst man den Empfänger wieder in den Blechkasten ein, stellt den Geber in etwa 10 m Entfernung auf, so kann man zeigen, wie Metallschirme nur dann alle Wirkung abhalten, wenn sie dicht vor dem Empfänger aufgestellt sind. Bringt man eine grössere Metalltafel oder den menschlichen Körper dicht vor das Empfängerrohr, so hört jede Wirkung auf. Wird derselbe Schirm aber in 2—3 m Entfernung von dem Empfänger aufgestellt, so erfolgt wieder regelmässiges Ansprechen. Befestigt man am Geber wie am Kohärer nach dem Vorgange SLABY's je einen 5 m langen, an einer vertikal stehenden Holzstange hinaufgeführten Draht, so lassen sich bei 40 m Entfernung, der grössten mir zur Verfügung stehenden, durch drei dicke Wände hindurch vollkommen sicher die Depeschen geben. Schliesst man den Empfängerkasten dicht ab bis auf eine 0,2 cm grosse Oeffnung, so tritt keine Wirkung auf, so lange der erwähnte Auffangedraht ganz ausserhalb des Metallkastens liegt. Führt man ihn aber durch jene enge Oeffnung isolirt hindurch, nur 1—2 mm tief in den Kasten hinein, ohne ihn mit dem Kohärer in Berührung zu bringen, so spricht dieser sogleich wieder regelmässig an.

¹ Auch von F. ERNECKE in Berlin.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte der naturforschenden Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau](#)

Jahr/Year: 1899-1901

Band/Volume: [11](#)

Autor(en)/Author(s): Himstedt Franz

Artikel/Article: [Vorlesungsversuche über Hertz'sche elektrische Strahlen und Marconi'sche Funkentelegraphie. 33-39](#)