



UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Glückliche Stunden

Slaby, Adolf

Berlin, 1908

7. Abgestimmte und mehrfache Funkentelegraphie

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



7.

Abgestimmte und mehrfache Funkentelegraphie.

(22. Dezember 1900.)

Im Konferenzsaal der Allgemeinen Elektrizitätsgesellschaft.

Die Funkentelegraphie hat in letzter Zeit mehrfach praktische Anwendung gefunden. Am frühesten hat sich die Marine von den Vorteilen überzeugt, welche diese Telegraphie für sie bietet, und die Kriegsschiffe Englands, Frankreichs, Rußlands und Deutschlands sind heute bereits zum großen Teile mit den neuen Apparaten ausgerüstet. Die hohen Summen, welche die englische Marconi-Gesellschaft für die Benutzung ihrer Einrichtungen verlangte (es handelte sich für jeden Staat um mehrere Millionen), machte es den Seemächten, mit Ausnahme Englands, schwer, Marconi's Erfindung zu erwerben. Desto eifriger entwickelte sich in diesen Ländern das Bestreben, die nunmehr bewiesene Möglichkeit, mit elektrischen Wellen praktisch zu telegraphieren, durch andere technische Mittel zu erreichen.

Der Wunsch, auch unserer Marine ohne große Opfer die Funkentelegraphie zugänglich zu machen, war für mich die Veranlassung, ein anderes System auszubilden. Im Verein mit meinem damaligen Assistenten Herrn Grafen von Arco gelang es mir auch, eine neue Methode zu finden, über welche

ich im vorigen Jahre berichtet habe. Diese Methode ist sodann von der Allgemeinen Elektrizitätsgesellschaft technisch weiter gebildet worden und schließlich in der deutschen Marine zur Einführung gelangt. Seit etwa Jahresfrist ist dieselbe auf einer Reihe von deutschen Kriegsschiffen im Gebrauch und hat sich, wie ich gehört habe, auch bewährt.

Unsere damaligen gemeinschaftlichen Studien hatten aber, wie ich dies in meinem vorjährigen Vortrage auch ausgeführt habe, für mich wenigstens mit einer gewissen Enttäuschung geendet; es war uns nicht gelungen, etwas besseres zu finden, wir konnten günstigenfalls nur eine ähnliche Leistung aufweisen wie Marconi. Im Besonderen war unser Hauptbestreben, eine Abstimmung zwischen den korrespondierenden Apparaten zu erreichen, um ohne Störung durcheinander telegraphieren zu können, als gescheitert zu betrachten, und ich kann nicht leugnen, daß ich mich noch vor Jahresfrist etwas skeptisch in Bezug auf diese Möglichkeit überhaupt ausdrückte. Aber die Funkentelegraphie läßt den, der in ihren Bann geraten, nicht sobald wieder frei. Trotz aller früheren Enttäuschungen nahm ich das Studium im Sommer dieses Jahres von Neuem wieder auf, diesmal mit größerem Glück. Ich fand einige neue Gesichtspunkte, welche die Möglichkeit einer sicheren Abstimmung in unmittelbare Nähe rückten. Herr Geh.-Rat Rathenau hatte die Güte, die Erprobung der neuen Methoden mit den Kräften des Kabelwerks Oberspree unter der sachkundigen und genialen Leitung des Grafen Arco durchführen zu lassen, und was wir heut zeigen können, ist das Resultat einer Anfang Oktober begonnenen gemeinschaftlichen Arbeit, bei der Graf Arco in der Überwindung zahlreicher technischer Schwierigkeiten allerdings das Meiste geleistet hat.

Die Funkentelegraphie ist das zur Zeit noch dunkelste und schwierigste Kapitel der Elektrotechnik, besonders wenn es sich darum handelt, die Vorgänge messend und rechnerisch zu verfolgen. Ich will aber versuchen, durch Heranziehung analoger mechanischer Vorstellungen die Art der Lösung der Aufgabe zu veranschaulichen.

Die wissenschaftlichen Grundlagen der Funkentelegraphie verdanken wir einem deutschen Gelehrten, Heinrich Hertz, der der Wissenschaft leider allzu früh entrissen wurde. Seine Forschungen bewegten sich auf einem Gebiet, welches weit ablag von der Möglichkeit praktischer Verwendung; es handelte sich für ihn um die Aufklärung fundamentaler Begriffe über das Wesen der elektrischen Erscheinungen. Wenn wir Techniker heute die Früchte seiner Forschung ernten dürfen, wollen wir dies nicht ohne ein tiefes Gefühl des Dankes erkennen und auch unsererseits denen entgegenzutreten, welche die Wissenschaft nur schätzen, sofern sie unmittelbaren Nutzen bringt.

Hertz fand, daß ein Funke, der auf einen gradlinigen Draht überschlägt, denselben in elektrische Erschütterung versetzt, welche sich von dem Draht aus in gesetzmäßiger Wellenbewegung mit Lichtgeschwindigkeit durch den Raum verbreitet, und daß diese in anderen Leitern, welche sie auf ihrem Wege trifft, wiederum elektrische Erscheinungen unter Funkenbildung hervorruft. Wir haben seitdem die Mittel kennen gelernt, diese Wirkungen so zu steigern, daß sie auch anders als bloß durch die Lupe des Forschers erkannt werden können. Ein Experiment soll das zeigen. In einen ausgespannten Draht leiten wir die Erschütterungen des Funkens, den ein kleines Ruhmkorff'sches Induktorium erzeugt. Aus einem zweiten, jenem in 1 m Entfernung parallel gezogenen Draht, der nicht die geringste metallische Verbindung mit dem ersten

hat, können wir 4 bis 5 cm lange Funken ziehen. Im Dunklen sehen wir beide Drähte gleichmäßig leuchten. Die strenge Gesetzmäßigkeit, welche dieser Erscheinung zu Grunde liegt, hat Hertz uns völlig klar gelegt, der Techniker hat nichts weiter getan, als Mittel gesucht, diese Wirkung wesentlich zu steigern.

Die elektrische Erscheinung in diesen Drähten ist eine oscillierende, die wahrgenommene elektrische Spannung ist eine Wechsellspannung, welche 5 Millionen Mal in einer Sekunde zwischen ihren positiven und ihren negativen Maximalwerten pulsiert. Wechsellspannungen von dieser ungeheuren Frequenz sind unschädlich für den menschlichen Körper, an den trägen Nerven prallen sie wirkungslos ab. Pulsierten sie einige hunderttausendmal langsamer, so hätte ich die Berührung nicht wagen dürfen.

Die Wechsellspannungen sind aber nicht gleichmäßig verteilt über die ganze Länge des Drahtes. Um sie sichtbar zu machen, habe ich sie auf photographische Platten einwirken lassen. Das entwickelte Bild zeigte deutlich eine Zunahme der Wirkung von der Funkenstrecke nach dem freien Ende des Drahtes hin.

Diese Tatsache legt es nahe, eine analoge mechanische Erscheinung zu betrachten. Wenn man einen geraden Stahl-draht mit dem einen Ende in einem Schraubstock festspannt und das freie Ende erschüttert, so stellen sich Schwingungen ein, welche einen ähnlichen Charakter haben. Die Ausbiegungen, Amplituden genannt, sind am freien Ende des Drahtes am größten. (Fig. 97.) Genau so ist es hier, wenn wir die elektrischen Wechsellspannungen als das Analoge jener mechanischen Ausbiegungen ansehen. Auch die Übertragung der Wirkung durch Wellenbewegung auf einen zweiten Draht können wir in diesem mechanischen Bilde ver-

anschaulichen. Biege ich den Stahldraht zu einem rechten Winkel mit gleichlangen Schenkeln und klemme ich nunmehr den Winkelpunkt fest, so wird jede Erschütterung des einen Drahtendes auf das andere übertragen. Es geschieht dies durch den festen Punkt hindurch, den man in Folge

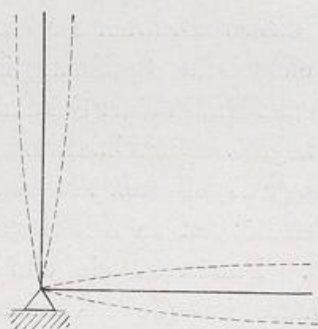


Fig. 97.

dessen als den Knotenpunkt der Schwingung bezeichnet, während die am stärksten schwingenden Teile die Schwingungsbäuche genannt werden.

Allerdings darf, soll das Experiment gut gelingen, der Knotenpunkt nicht völlig festgehalten werden, er muß geringe Erschütterungen zulassen. Die Frequenz der Erschütterungen des Knotenpunktes muß aber eine solche sein,

daß sie den Eigenschwingungen desjenigen Stahldrahtes entspricht, auf welche die Bewegung übertragen werden soll. Es ist klar, daß bei gleicher Länge der Schenkel diese Bedingung besonders gut erfüllt ist.

Die auf den zweiten Schenkel übertragene Bewegung können wir nun aber weiterleiten. Biegen wir einen Stahldraht von der 6fachen Länge des freien Schenkels zweimal unter einem rechten Winkel wie Fig. 98 zeigt, so wird der Schwingungsbauch 2 sich der Verlängerung des Drahtes mitteilen und bei 3 einen freien Knotenpunkt, bei 4 wiederum einen Bauch erzeugen. Von hier aus teilt sich endlich die Bewegung durch den festen Knotenpunkt 5 dem Vertikaldraht *b* mit. Kurze Zeit, nachdem wir *a* in Schwingungen versetzt haben, werden wir eine völlig gleiche Bewegung an *b* erkennen. Die Übertragung erfolgt durch sogenannte stehende

Wellen in dem verbindenden Stahldraht. Die ganze Länge, welche einen Wellenberg und ein Wellental umfaßt, nennt man die Wellenlänge. Wir erkennen sofort die richtigen Bedingungen: Die Länge der frei schwingenden Drähte muß diejenige einer Viertel Wellenlänge sein.

Genau das Entsprechende finden wir bei dem elektrischen Vorgang. Die elektrischen Schwingungen, welche wir in einem Vertikaldraht *a* erzeugen, indem wir am unteren Ende Funken überspringen lassen, bilden am oberen Ende einen Schwingungsbauch, dessen Frequenz durch die Länge des

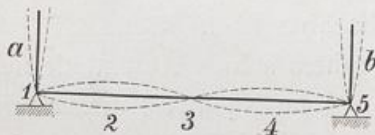


Fig. 98.

Drahtes bestimmt ist. Diese Schwingungen teilen sich einem Medium mit, dem Äther, der neben der Luft den Raum erfüllt, sie pflanzen sich darin fort mit Lichtgeschwindigkeit in Form einer Welle, deren Länge genau viermal so groß ist wie die Länge des elektrisch schwingenden Drahtes, wir können sie bis auf einen Zentimeter genau bestimmen.

Treffen diese Wellen nun auf einen zweiten Draht *b* in beliebiger Entfernung, so versetzen sie ihn wiederum in elektrische Schwingungen, die am kräftigsten sein werden, wenn die Eigenschwingung desselben der Wellenfrequenz entspricht, d. h. wenn seine Länge genau eine Viertelwellenlänge und wenn das untere Ende ein Knotenpunkt ist. Beide Bedingungen können wir stets erfüllen, denn über die Länge können wir verfügen und dem unteren Punkt erteilen wir zwangsweise die Spannung Null, machen ihn also zum Knotenpunkt, indem wir ihn mit der Erde verbinden.

Die Funkentelegraphie wäre fertig, wenn wir ein Mittel besäßen, um die in dem Sekundärdraht erzeugten Wechselspannungen zur Wahrnehmung zu bringen.

Einen sichtbaren Funken bei Annäherung eines metallischen Gegenstandes, wie bei dem Versuch vorhin, werden wir kaum erzielen können, denn die Wirkung nimmt ab proportional der Entfernung. Hatten wir hier bei 1 m Entfernung eine Funkenlänge von 4 cm am Auffangedraht, so werden wir bei 100 km Entfernung bestenfalls nur eine Funkenlänge von vier zehntausendstel Millimeter erwarten dürfen. Das reicht selbst für die schärfste Lupe nicht aus, zudem müßte der Beobachter hoch oben auf luftigem Sitz an der Spitze des Drahtes seinen Aufenthalt nehmen.

Zum Nachweis dieser minimalen Spannungen müssen andere Mittel herangezogen werden. Das empfindlichste derselben ist die Branly'sche Röhre. Sie ist mit Metallpulver gefüllt und bietet bei loser Schichtung einen außerordentlich hohen Widerstand für den elektrischen Strom. Setzt man sie aber einer elektrischen Spannung aus, so springen zwischen den benachbarten Körnchen unendlich kleine, mit dem Auge nicht wahrnehmbare Funken über und bilden durch Kondensation von Metaldämpfen eine Brücke, sodaß ein elektrischer Strom die Röhre passieren kann. Eine kleine Erschütterung bringt die Brücken zum Einsturz und stellt den hohen Widerstand sofort wieder her. Mit den Enden der Röhre wird nun ein galvanisches Element verbunden und in den dadurch gebildeten Stromkreis ein elektrischer Signalgeber eingeschaltet. Setzt man das eine Ende der Röhre einer elektrischen Spannung aus, so schließt sich in der angegebenen Weise der Stromkreis und der Signalgeber gibt ein sichtbares oder hörbares Zeichen. Wir wollen eine solche Röhre einen Fritter nennen, da das oberflächliche Zusammenschmelzen loser Substanzen in der Technik als ein Frittprozeß bezeichnet wird.

Es entsteht nun die Frage: an welcher Stelle des Empfangsdrahtes sollen wir den Fritter anschließen? Offenbar dort,

wo die hervorgerufenen Wechselspannungen am größten sind. Verbinden wir den Empfangsdraht unten mit der Erde, so bildet sich dort, wie wir gesehen haben, ein Knotenpunkt der elektrischen Spannung aus, die Wirkungen können also nur minimal sein; am besten wäre die Verbindung an der Spitze des Drahtes. Das verbietet sich aber durch die Unzugänglichkeit dieses Punktes.

Früher hat man nun folgenden Weg beschritten: Man hing den Empfangsdraht isoliert auf und befestigte am unteren Ende den Fritter, dessen anderer Pol mit Erde verbunden wurde. Der Fritter hat, wie Messungen gezeigt haben, eine gewisse Kapazität, so daß das untere Ende des Empfangsdrahtes praktisch als ein Knotenpunkt für die vom Draht aufgenommenen elektrischen Schwingungen anzusehen ist. Nennenswerte Spannungen können sich also dort überhaupt nicht ausbilden. Da die Wirkung nun aber lediglich von der an den Fritter herantretenden Spannung abhängt, so ist diese Anordnung prinzipiell falsch. Sie gestattet nicht die Ausnutzung der maximalen Spannungen, die in dem Auffangedraht auftreten. Wenn diese Schaltung trotzdem Resultate ergeben hat, so ist dies nur dem Umstand zu verdanken, daß die Länge des Empfangsdrahtes meist nicht genau einer Viertel-Wellenlänge entspricht und daß der Sendeapparat außer den Hauptwellen auch noch parasitische Nebenwellen aussendet, welche am unteren Ende des Fangedrahtes die Ausbildung unregelmäßiger geringfügiger Spannungen zulassen. Darauf ist auch zurückzuführen das häufig unzuverlässige, vom Zufall abhängige, gleichsam launische Verhalten, welches den bisherigen Empfänger charakterisierte. Wenn man die Installation nach den üblichen Begriffen sachgemäß ausgeführt hatte, war man dennoch des Erfolges niemals ganz sicher. Es fehlte also das wesentliche Merkmal einer technisch brauch-

baren Einrichtung. Der frühere Empfänger gleicht einem menschlichen Ohr, welches statt des reinen Grundtons eines Instrumentes nur zufällige Nebengeräusche und Obertöne wahrnimmt.

Wie muß nun aber die Schaltung ausgeführt werden? Unser mechanisches Beispiel gibt uns deutlich den Finger-

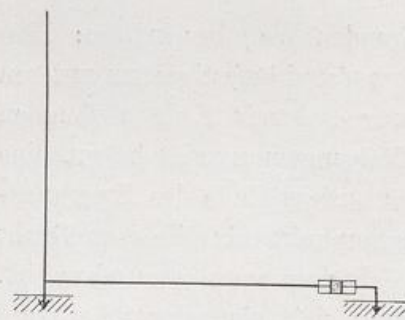


Fig. 99.

zeig. Wir müssen durch direkte Erdung des Fangedrahtes (Fig. 99) einen sicheren Knotenpunkt ausbilden und die aufgefangenen Wellen durch diesen hindurchleiten. Ein dort angeschlossener Draht von gleicher Länge wie der Empfangsdraht erzeugt am freien Ende einen kräftigen Schwingungsbauch

der elektrischen Spannung, in ähnlicher Stärke wie an der freien Spitze des Drahtes. Er bietet aber den Vorteil der Zugänglichkeit. Es ist nicht nötig, den Verlängerungsdraht gradlinig zu führen, wir können ihn auch auf größere Spulen wickeln, wie Sie deren mehrere in diesem Saal erblicken. Hierdurch ist es nun zunächst gelungen, die Präzision und Sicherheit der Zeichengebung in überraschendem Maße zu verstärken: es ist der Kernpunkt der Ihnen heute vorzuführenden Erfindung.

Die Einrichtung gestattet aber noch mehr. Sie ermöglicht, daß vorhandene Leiter, welche wie Blitzableiter, Fahnenstangen und eiserne Schiffsmaste an sich schon geerdet sind, ohne weiteres als Fangedrähte für die Funkentelegraphie benutzt werden können. Die Telegramme, welche wir nachher hier aufnehmen werden, sind am Blitzableiter des Schorn-

steins der elektrischen Zentrale gesammelt und wir haben nichts weiter zu tun gehabt, als von dem Erdungspunkt des Blitzableiters einen Draht von bestimmter Länge in diesen Saal bis an unsere Apparate zu führen. Die wirtschaftliche und technische Bedeutung dieses Umstandes liegt auf der Hand. Für die Benutzung der Funkentelegraphie innerhalb der Städte eröffnet sich hier ein weites Feld.

Diese allgemeinere Verwendung konnte bisher noch niemals ernstlich ins Auge gefaßt werden, weil der bisherigen Funkentelegraphie eine große Unvollkommenheit anhaftete. Es war nicht möglich, zwei Stationen derart auf einander abzustimmen, daß sie ungestört von anderen Stationen sicher mit einander korrespondieren konnten. Alle elektrischen Wellen, welche den Raum durchzogen, meldeten sich unweigerlich an jedem Empfangsapparat. Die Geheimhaltung einer Korrespondenz war unmöglich. Als unsere mit den älteren Einrichtungen versehenen Kriegsschiffe sich dem Hafen von Shanghai näherten, erhielten sie meilenweit vor der Rhede die Funkentelegramme, welche die dort stationierten englischen Kriegsschiffe miteinander austauschten.

Die Abstimmungsfrage ist jetzt als gelöst zu betrachten. Nach einer Mitteilung von Prof. Fleming in der „Royal Institution“ soll auch Marconi eine solche gefunden haben. Die Art der Lösung wünscht er aber vorläufig noch geheim zu halten.

Die Lösung, welche hier gefunden ist, gründet sich auf die besprochene Schaltung. Den Kern der Sache kann ich in wenigen Worten angeben. Zwei korrespondierende Stationen arbeiten mit vereinbarter Wellenlänge, deren Mannigfaltigkeit in weiten Grenzen möglich ist. Ich werde nachher erläutern, durch welche Mittel wir sie am Sendeapparat erzeugen. Wie können wir nun einen Empfangsapparat ein-

richten, daß er nur auf eine Wellenart von vereinbarter Länge anspricht? Ein erstes Mittel ergibt sich sofort. Machen wir die Drahtlänge des Auffangedrahtes genau gleich einer Viertelwellenlänge oder einem ungeraden Vielfachen derselben, so wandern alle übrigen Wellen, für welche der Erdungspunkt kein Knötenpunkt ist, unweigerlich in die Erde, sie gelangen gar nicht zum Empfangsapparat. Derselbe ist für sie immun gemacht. Wir können auch sagen, um ein anderes Bild zu gebrauchen: wir sieben die Wellen oder wir filtrieren sie.

Dies Mittel gestattet Störungsfreiheit und Geheimhaltung der Korrespondenz mit einer anderen Station. Die gleichzeitige Korrespondenz mit mehreren Stationen ist noch unmöglich, denn bezüglich der Wellenlänge sind wir an unseren Blitzableiter oder Schiffsmast gebunden, wir können ihn nicht nach Bedarf verlängern oder verkürzen.

Eine glückliche Eigenschaft der elektrischen Wellen hat aber auch die Lösung dieser Aufgabe gestattet. Für Wellen, welche genau viermal so lang sind wie der Auffangedraht, ist der Erdungspunkt ein reiner Knoten, wenn auch minimale Spannungsschwankungen möglich, ja, wie ich vorher zeigte, sogar ersprießlich sind. Ist der Verlängerungsdraht genau so lang, wie der Auffangedraht, so wandern alle Wellen von anderer Länge am Knotenpunkte in die Erde. Wir können aber auch diese Wellen zum Weiterwandern in einen Verlängerungsdraht veranlassen, wenn wir die Gesamtlänge des Drahtes, d. h. Auffangedraht plus Verlängerung gleich der halben Wellenlänge machen. Dann ist für diese Wellen der Erdungspunkt zwar kein reiner Knotenpunkt mehr, er läßt aber die Wellen fast ungeschwächt hindurch, und zwar nur diese Wellen, keine anderen. Ein Zahlenbeispiel mag dies erläutern. Wollen wir mit einem Blitzableiter von 40 m Höhe Wellen empfangen, deren Länge nicht $4 \cdot 40 = 160$ m, sondern

vielleicht 200 m beträgt, so haben wir als Gesamtdrahtlänge 100 m zu wählen, d. h. an den Blitzableiter von 40 m noch eine Drahtlänge von 60 m anzuschließen.

Dies einfache Mittel gestattet in ziemlich weitem Umfange, eine Empfangsstation zur Aufnahme verschiedener Wellenlängen einzurichten. Man hat nur für einen geeigneten Vorrat jener großen Drahtspulen Sorge zu tragen und eventuell soviel Empfangsapparate aufzustellen, als die Zahl der Stationen beträgt, mit denen man zu korrespondieren wünscht. Denn die Durchsiebung der Wellen vollzieht sich in so sicherer und exakter Weise, daß wir sogar mit einem und demselben Fangedraht verschiedene Telegramme zu gleicher Zeit aufnehmen können, und zwar Telegramme, welche aus ganz verschiedenen Richtungen und Entfernungen ankommen.

Der Ingenieur ist aber gewohnt, mit einem Sicherheitskoeffizienten zu arbeiten. Auch im vorliegenden Fall haben wir die Aufnahme der Zeichen zu sichern getrachtet durch Vermehrung der Präzision und Steigerung der Wirkung. Dies leistet ein kleiner Apparat von bemerkenswerter Einfachheit, den ich bei meinen Studien eigentlich zufällig fand, dessen Wirkungen mich aber überraschten. Dieser Apparat besteht in seiner einfachsten Gestalt aus einer Drahtspule von bestimmter Form und Wickelungsart, die von der Wellenlänge abhängen. Sie hat die Eigenschaft, die Geschwindigkeit eines elektrischen Impulses herabzusetzen; hieraus resultiert aber eine wesentliche Vermehrung der Spannung, sodaß ich den meines Wissens bisher unbekanntem Apparat einen Multiplikator nennen möchte. Er ist nicht mit einem Transformator zu verwechseln, denn die sekundäre Wickelung ist ihm fremd.*)

*) Wie ich mich später überzeugt habe, ist eine ganz ähnliche Einrichtung bereits vor einigen Jahren von Oudin für therapeutische Zwecke benutzt worden. Der Verfasser.

Durch ein akustisches Analogon kann ich die Wirkung des Multiplikators erläutern. Ich habe hier eine Stimmgabel, welche in Schwingungen versetzt wird, wenn ich mit einem Hammer dagegen schlage. Sie tönt akustisch, wie der Auffangedraht elektrisch ertönt, wenn er von Ätherwellen getroffen wird. Der erzeugte Ton ist aber nur schwach, zudem verklingt er bald, er besitzt eine starke Dämpfung. Das rührt von den Widerständen her, welche die schwingenden Zinken der Stimmgabel zu überwinden haben. Wir besitzen aber ein Mittel, die Schwingungen erheblich zu verstärken und ihre Dauer zu verlängern. Das ist der Resonanzboden; bringe ich die schwingende Stimmgabel damit in Berührung, so wird der Ton sofort lauter und andauernder. Wir übersetzen die akustischen Schwingungen auf ein anderes Medium, welches eine geringere Dämpfung besitzt und die Schwingungsamplituden verstärkt.

Was der Resonanzboden für eine echte Stradivari, das leistet der Multiplikator für die Funkentelegraphie, die Zeichen werden dadurch stärker und reiner.

Schalten wir eine solche abgestimmte Multiplikationsspule zwischen Verlängerung des Auffangedrahtes und Fritter, so erzielen wir größere Spannungen am Fritter, vermehren also die Sicherheit des Ansprechens. Außer der Verstärkung findet durch den Multiplikator aber auch eine nochmalige Reinigung der Wellen statt. Er läßt nämlich nur solche hindurch, für welche er selber abgestimmt worden ist, alle übrigen, die zu groß oder zu klein sind, werden, falls sie der unreine Knotenpunkt an der Erdleitung durchgelassen haben sollte, von der Spule reflektiert. Die Multiplikationsspule versperrt ihnen gleichsam den Zugang zum Fritter.

[Ein angestellter Versuch zeigte, daß die aus einem geraden, von elektrischen Schwingungen erfüllten Draht zu

ziehende Funkenlänge von 1 cm, nach Zufügung des Multiplikators auf 10 cm anstieg. Das Drahtende des Multiplikators zeigte dabei an sich schon eine weithin sichtbare Strahlung, die man durch einfache Annäherung der Hand an die Spule sofort zum Verschwinden bringen konnte.]

Es bliebe nun noch zu erörtern, durch welche Mittel elektrische Wellen von bestimmter und vereinbarter Länge an der Sendestation erzeugt werden.

Wir benutzen hierzu eine Modifikation derjenigen Einrichtung, welche ich bereits vor einem Jahre bekannt gegeben habe und welche seitdem bei unserer Marine in Anwendung steht.

Wir gingen dabei von dem Gesichtspunkt aus, daß die Funkentelegraphie eine elektrische Kraftübertragung ist. Abgesehen vom Wirkungsgrad empfiehlt sich diejenige Sendemethode, bei der es gelingt, die größtmögliche elektrische Energie in die oszillierende Form umzusetzen. Hierzu ist nicht nur eine hohe Spannung dienlich, sondern auch eine große Elektrizitätsmenge. Wir erzeugen dieselbe, indem wir statt eines isolierten Drahtes eine geerdete Sendeschleife benutzen (Fig. 100), welche zur Vergrößerung der Elektrizitätsmenge einen Kondensator K enthält. Diesen verwenden wir in der Form der bekannten Leydener Flaschen. Für den Ladungsvorgang derselben benutzen wir die gesamte durch Erde geschlossene Schleife, für den Entladungsvorgang dagegen, der mit dem Einsetzen des Funkens beginnt und die für die Fernwirkung allein wirksamen schnellen elektrischen Schwingungen hervorruft, verwenden wir nur den ersten Vertikalleiter KC . Der Übertritt dieser Schwingungen in die Ableitung zur Erde wird verhindert durch Einschaltung einer stark verstimmtten Spule CD von großer elektrischer

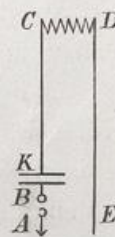


Fig. 100.

Trägheit an der Spitze der Leiter. Wir haben vorhin schon gesehen, daß eine solche Spule wie eine Barriere wirkt, wie eine Mauer, an welcher die schnellen Schwingungen zurückprallen, d. h. reflektiert werden. Die Fernwirkungen können nunmehr lediglich von dem ersten Vertikaldraht ausgehen und werden nicht gestört durch etwaige Gegenwirkungen des zweiten Vertikalleiters *DE*. Die von einem solchen Sender ausgehenden elektrischen Wellen sind in ihrer Länge vollständig bestimmt durch die Drahtlänge und durch die Größe des Kondensators. Wir können sie aber in jedem beliebigen Maße verändern durch Einschaltung abgestimmter Spulen, deren Trägheitswirkung die Frequenz der Schwingungen herabsetzt. Jeder Frequenz entspricht aber eine genau zu berechnende Wellenlänge.

Inwieweit es gelungen ist, durch die geschilderten Einrichtungen eine störungsfreie Mehrfachtelegraphie zu erreichen, mögen die nunmehr anzustellenden Versuche zeigen.

Die hier befindlichen zwei Empfangsapparate sind angeschlossen an einem und demselben Blitzableiter am Schornstein der elektrischen Zentrale Schiffbauerdamm. Nach den bisherigen Anschauungen ist dies die denkbar ungünstigste Einrichtung. Es kann auch kein Zweifel darüber bestehen, daß ein großer Teil der ankommenden Schwingungsenergie in den Schornstein wandert und nutzlos zur Erde geführt wird. Der geringe Anteil, welcher auf die Spitze des Blitzableiters fällt, reicht aber vollkommen aus zur sicheren Zeichengebung. Es werden von zwei verschiedenen Sendestationen gleichzeitig Telegramme entsendet werden. Die eine Station ist in meinem Laboratorium in der Technischen Hochschule in Charlottenburg, etwa 4 km entfernt. Der Senddraht führt dort zum Fenster hinaus nach der Spitze eines Mastes von 16 m Höhe auf dem Dach des Gebäudes. Das

Fenster liegt nach Westen, der große Gebäudekomplex der Hochschule steht somit direkt im Wege der Strahlen. Nur von der geringen Drahtlänge, die über dem Dach sich befindet, können elektrische Wellen nach hier entsendet werden. Die andere Station ist in Schönweide, auf dem Kabelwerk

Drahtlose Mehrfachtelegraphie.

I. Empfänger: 1 Blitzableiter gemeinschaftlich für Empfangsapparat 1 u. 2, Schiffbauerdamm.

Empfangsapparat 1. auf Charlottenburg [4 km] abgestimmt.

Empfangsapparat 2. auf Schönweide [15 km] abgestimmt.

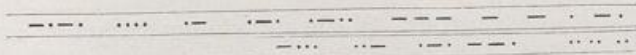
II. Geber No. 1 Technische Hochschule Charlottenburg

[1. im Empfangsdraht 640 m].

Geber No. 2 Zentrale Schönweide

[1. im Empfangsdraht 240 m].

No. 1.



No. 2.

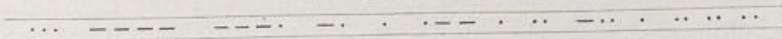


Fig. 101.

Oberspree, 15 km entfernt. Der Sendedraht hängt dort zwischen zwei Schornsteinen, die elektrischen Wellen haben Berlin zu überfluten in seiner größten Ausdehnung von Südost nach Nordwest, zahllose hohe Schornsteine, Turmspitzen und Häusergiebel stellen sich den Wellen entgegen und brechen ihre Kraft.

Wir wollen nun zuerst Charlottenburg anrufen und mit der dortigen Station allein verkehren, sodann mit Schönweide und schließlich Telegramme von beiden gleichzeitig aufnehmen.

[Der hierauf angestellte Versuch ergab eine völlig fehlerfreie gleichzeitige Korrespondenz mit einer Geschwindigkeit von 72 Buchstaben in der Minute. Obenstehend ist eine Abbildung (Fig. 101) von zwei gleichzeitig aufgenommenen Telegrammen.]

