



UNIVERSITÄTS-  
BIBLIOTHEK  
PADERBORN

## **Glückliche Stunden**

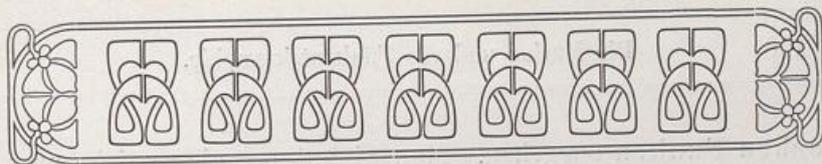
**Slaby, Adolf**

**Berlin, 1908**

6. Die Marine und die Funkentelegraphie

---

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



6.

Die Marine und die Funkentelegraphie.

(1899.)

**W**ährend der praktische Wert der Erfindung Marconi's anfangs vielfach bezweifelt wurde, ist derselbe heute, wenigstens für gewisse Verwendungszwecke, unbestritten, und die Marinen aller seefahrenden Nationen sind beschäftigt, die neue Telegraphie als wertvolle Ergänzung der bestehenden Signaleinrichtungen anzunehmen und weiter auszubilden. Man wird in Zukunft beim Entwurf neuer Schiffe für die Unterbringung der Apparate von vorn herein Sorge zu tragen und auf eine tunlichst störungsfreie Anordnung der erforderlichen Drahtführungen Rücksicht zu nehmen haben. Aus diesem Grunde dürften auch die schiffbautechnischen Kreise an den Fortschritten der Funkentelegraphie Interesse nehmen. Der mir gestellten Aufgabe glaube ich am besten zu entsprechen, wenn ich zunächst das Prinzipielle der Einrichtungen durch Experimente erläutere, sodann die in letzter Zeit erzielten Fortschritte und zum Schluß die Gesichtspunkte behandle, welche speziell für die Marinezwecke zu beachten sind.

Die neue Telegraphie benutzt, wie bereits ihr Name besagt, ausschließlich Wirkungen, welche von einem elektri-

schen Funken ausgehen. Man nimmt an, ein unsichtbarer, unendlich feiner Stoff, der alle Körper ebenso wie die Luft und die Weiten des Weltalls gleichmäßig erfüllt, und den man Äther genannt hat, wird durch den Funken so heftig elektrisch erschüttert, daß die Stoßwirkung sich mit dem Charakter einer Wellenbewegung nach allen Richtungen des Raumes verbreitet. Heinrich Hertz hat durch seine vor etwa 10 Jahren angestellten berühmten Versuche bewiesen, daß die von dem Funken ausgehende elektrische Strahlung alle Gesetze des Lichtes befolgt, sich auch mit gleicher Geschwindigkeit fortpflanzt.

Solche wellenförmig sich ausbreitenden Stoßwirkungen, die bei den Licht- und den elektrischen Erscheinungen vorläufig allerdings nur eine rein hypothetische Bedeutung haben, führt uns die Natur anderweitig vor Augen. Schlagen wir kräftig gegen ein ausgespanntes Seil, so sehen wir, wie die Erschütterung sich wellenförmig am Seil entlang fortpflanzt. Wir beobachten eine Welle in einem linearen Mittel. Erschüttern wir den Wasserspiegel durch einen Steinwurf, so sehen wir kreisförmig sich ausbreitende Flächenwellen die Störung weitertragen. Auch eine Geschwindigkeit der Fortpflanzung nehmen wir wahr. Wenn wir träumend am Strande eines spiegelklaren Sees liegen, macht sich die Bugwelle eines fern vorüberfahrenden Dampfers unserm Ohr mit melodischem Geplätscher erst dann bemerkbar, wenn der Dampfer längst außer Sicht. Die Flächenwelle erleichtert uns die Vorstellung einer kugeligen Raumwelle, wenn wir sie auch nicht sinnlich wahrnehmen können.

Einen elektrischen Funken müssen wir uns nun als Ausgangspunkt denken für räumliche Ätherwellen. Doch hat diese Eigenschaft nicht der Funke allein. Jeder Wechsel, jede Intensitätsänderung einer elektrischen Erscheinung, z. B.

eines Stromes, ruft ähnliche Wirkungen hervor. Am auffallendsten zeigt sie der Wechselstrom. Jeder Wechsel der Stromrichtung erzeugt eine Ätherwelle. Es ist so, wie wenn wir einen und denselben Punkt eines Wasserspiegels in unaufhörlicher Wiederholung mit dem Finger berühren. Ein irgendwo schwimmender Kork tanzt dann nach einiger Zeit in demselben Tempo auf und nieder. Bringen wir in den von elektrischen Wellen erfüllten Raum einen geeigneten Körper, so wird auch dieser in das Wellenspiel mit hineingezogen, er tanzt mit, d. h. elektrisch. Die Wirkung, in diesem Fall ein elektrischer Strom, durchzittert ihn in gleichem Rhythmus.

Ein näheres Studium der Erscheinung zeigt, daß die Wirkung desto weiter reicht, je schneller wir die Wellen erzittern lassen und je heftiger wir den Stoß ausführen, also bildlich gesprochen, je schneller und höher wir die Wellenberge ansteigen lassen. Kurze und intensive Wellen müssen wir also zu erzeugen streben. Die Intensität der Wellen heißt in der Sprache des Elektrotechnikers die elektrische Spannung. Diese können wir durch Transformatoren beliebig steigern. Aber die Erzeugung schneller Schwingungen bietet Schwierigkeiten. Die elektrischen Wellen unserer Maschinen sind, von diesem Gesichtspunkt aus, als außerordentlich langsame zu bezeichnen. Nur hundert Wechsel erzeugen wir in der Sekunde, ebensoviel Stöße erteilen wir dem Äther. Eine hundertfache Steigerung derselben stellt den Konstrukteur der Dynamomaschine schon vor unlösbare Aufgaben. Der erforderlichen Umdrehungszahl des Ankers hielte kein Material stand. Nennenswerte Fernwirkungen können wir aber erst erwarten, wenn es gelingt, die Schwingungszahl um das Millionenfache zu steigern. Eine solche Maschine brauchen wir jedoch glücklicher Weise gar nicht erst zu er-

finden, sie ist schon da. Die Natur selber stellt sie uns zur Verfügung — im elektrischen Funken.

Was ist und wie entsteht ein elektrischer Funke? Steigern wir die elektrische Spannung zwischen zwei Körpern über ein

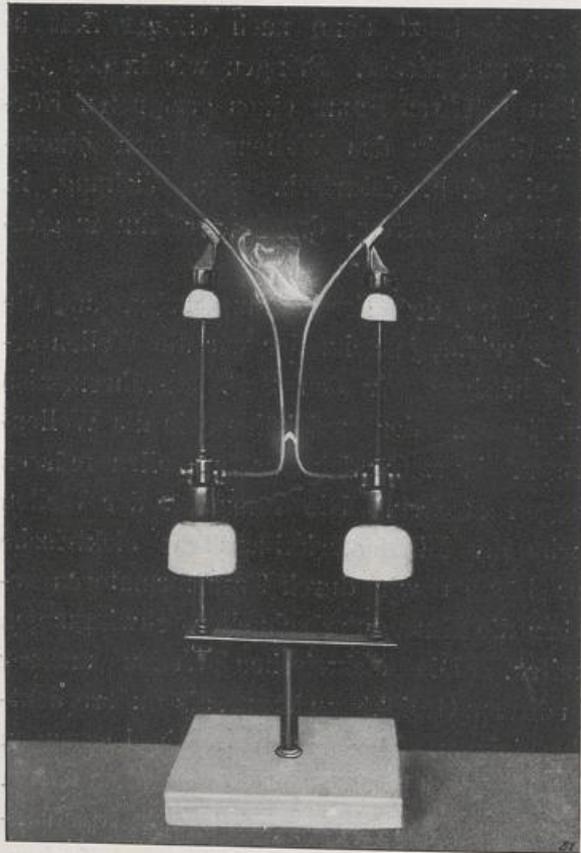


Fig. 88.

gewisses Maß, so tritt ein plötzlicher Ausgleich ein, ein elektrischer Strom, in welchem mitgerissene Metallteilchen zum Glühen kommen — das ist der Funke.

Wir müssen aber zwei verschiedene Arten von Funken unterscheiden. Die eine Art leitet einen dauernden Strom ein, der ein Gleichstrom oder ein Wechselstrom sein kann. — Diese

Einrichtung hier soll ihn vor Augen führen. (Fig. 88) Sobald die elektrische Spannung zwischen den dicken Kupferdrähten eine genügende Größe erreicht hat, springt ein Funke über und stellt dauernde Verbindung her. Es entsteht ein sogenannter Licht-

Einrichtung

hier soll ihn vor Augen führen. (Fig. 88) Sobald die elektrische Spannung zwischen den dicken Kupferdrähten eine genügende Größe erreicht hat, springt ein Funke über und stellt dauernde Verbindung her. Es entsteht ein sogenannter Licht-

bogen. Durch die hörnerartige Gestaltung der Drähte wird derselbe in dem aufsteigenden Luftstrom auseinandergezogen, bis er zerreißt. Dann bildet sich das Phänomen von neuem aus. In der Flamme des Lichtbogens pulsiert ein Wechselstrom von derselben niedrigen Frequenz, wie ihn unsere Maschine liefert.

Bei der anderen Art des Funkens sammeln wir vorher eine gewisse Elektrizitätsmenge an. Der Ausgleich erfolgt dann heftiger. Er erschüttert nicht nur den Äther, sondern sogar, falls er stark genug ist, die billionenmal dichtere Luft und erzeugt einen heftigen Knall. Die Belegungen dieser Flaschenbatterie hier (Fig. 89) wollen wir laden, bis ein solcher Ausgleich erfolgt — wir nehmen blitzartige Erscheinungen wahr. Es ist ein ähnlicher Vorgang wie die Explosion eines Dampfkessels. Treffender noch ist der Vergleich mit der gespannten Sehne einer Armbrust. Lösen wir sie aus, so erzeugt sie einen heftigen Stoß, denn die angesammelte Energie wird plötzlich frei. Aber die Sehne kehrt nicht sofort in die Ruhelage zurück. Ebenso wenig die elektrische Erscheinung. Sie zittert im Funken nach, in der Form von Wechselströmen mit schnell abnehmender Intensität. Diese pendeln mit erstaunlicher Geschwindigkeit, etwa 10 bis 100 Millionen Mal in einer Sekunde, so daß unser Auge den Wechsel der Erscheinung ohne Weiteres gar nicht wahrnehmen kann. Wir kommen ihm zu Hülfe, indem wir das Funkenbild in einem schnell rotierenden Spiegel betrachten. Die aufeinanderfolgenden Funkenströme werden dadurch im Bilde auseinandergezerrt und wir erkennen in dem einen Funken ein ganzes Bündel von solchen. Jede Funkenentladung erzeugt ein neues Bündel von Funkenströmen, in denen die elektrische Erscheinung hin- und herwohlt.

Daß wir es hier tatsächlich mit elektrischen Strömen, und zwar mit Wechselströmen zu tun haben, soll uns ein

anderes Experiment zeigen. Wir verbinden mit den Polen einer Funkenstrecke gradlinig gespannte Drähte, welche isoliert an den gegenüberliegenden Wänden dieses Saales be-

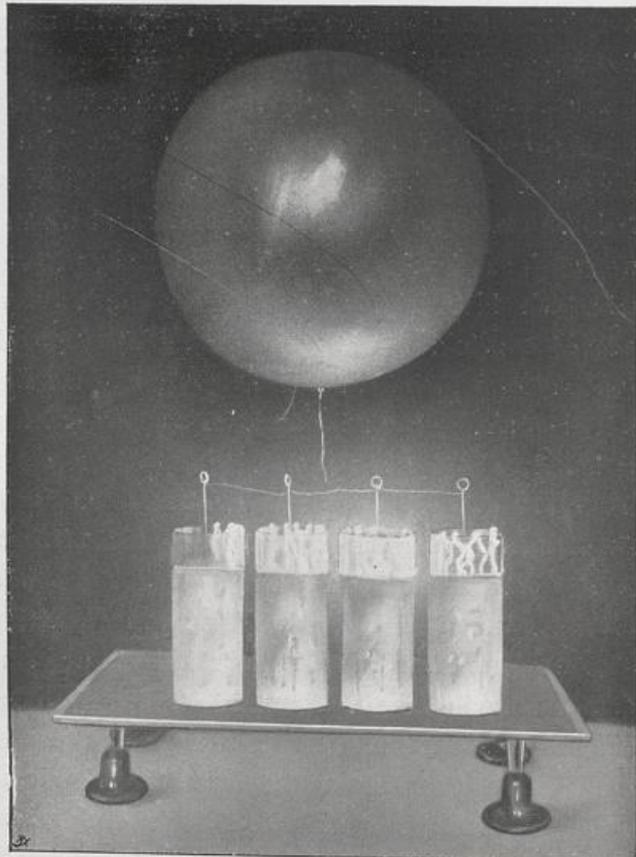


Fig. 89.

festigt sind. Die Pole selbst laden wir mit Wechselstrom, wie ihn unsere Maschine liefert, d. h. mit hundert Wechseln in der Sekunde, unter Zwischenschaltung eines Transformators, um die Spannung zu steigern. (Fig. 90.) In die gradlinien

Drähte haben wir Glühlampen eingeschaltet. So lange die Kugeln so weit von einander entfernt sind, daß ein Funke nicht entstehen kann, nehmen wir in diesen Drähten nichts



Fig. 90.

wahr. Der transformierte Wechselstrom pulsiert mit seinen 100 Wechseln in der Sekundärspule des Transformators. Nun wollen wir die Kugeln soweit nähern, daß ein Funke entsteht — sofort leuchten die Lampen auf und zeigen das Vorhandensein eines elektrischen Stromes in den gradlinigen Drähten. Dies kann nur ein Wechselstrom von hoher Frequenz

sein, denn wir haben keinen geschlossenen Kreis, wie er vorhanden sein müßte, wenn ein Gleichstrom sich darin ausbilden sollte. So schießt jeder Stromstoß von den Kugeln bis zu den Enden der Drähte und prallt von dort wieder zurück.

Ein solcher Wechselstrom von hoher Frequenz trägt seine Wirkung nun meilenweit durch den Raum. Jeder Funke, von

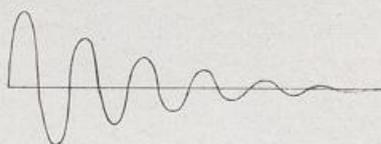


Fig. 91.

je einer Welle unseres langsam pulsierenden Wechselstroms erzeugt, verursacht ein ganzes Wellenkonglomerat, welches dahinzittert, dahinbraust, möchte ich lieber

sagen, wenn die Ätherbewegung nicht geräuschlos wäre. (Fig. 91.) Der erste Wellenberg in diesem Schwall ist aber immer der stärkste; er wird um so schneller ansteigen, sein Stoß wird um so heftiger sein, je schneller die Schwingung ist. Da der Effekt durch die sekundliche Arbeitsleistung bedingt ist, so kommt man hier bei der ungeheuren Geschwindigkeit, mit welcher die Welle sich hebt, auf eine stattliche Zahl von Pferdestärken, die aber nur etwa für den hundertmillionsten Bruchteil einer Sekunde wirksam sind. Der Zeitraum, welcher verstreicht, bis eine neue Entladung einen abermaligen Wellenschwall hervorruft, verhält sich zur Zeitdauer eines Wellenstoßes etwa wie 30 Stunden zu 1 Sekunde. Das Auge nimmt diese Trennung nicht wahr, wir sehen scheinbar nur einen kontinuierlichen Funkenstrom.

Es wird nun aber klar, warum die Pulsationen des Funkens so viel weittragender sind. Mit den langsam pulsierenden Wellen unserer Wechselstrommaschinen können wir ähnliche Effekte niemals erzielen. Ihre Wirkung verhält sich zu dem Stoß der Funkenpulsationen wie ein sanfter Backen-

streich zu dem Schlag der Kanonenkugel gegen die Panzerplatte.

In geeignet gestalteten leitenden Körpern, welche die Ätherwellen auf ihrem Wege treffen, erzeugen sie wiederum elektrische Wechselströme, ähnlich wie die Wasserwelle einen schwimmenden Kork in auf- und niedergehende Bewegung versetzt. Aber diese Fähigkeit erlahmt, je weiter sich die Ätherwellen von ihrem Ausgangspunkte entfernen. Sie nimmt ab mit dem Quadrat der Entfernung, genau so wie die Lichtintensität, die von einem leuchtenden Punkte ausstrahlt. Ist doch die Lichtquelle auch nur eine Erschütterungsstelle im Äther, von der eine Wellenbewegung ausgeht, allerdings mit einer wiederum millionenmal schnelleren Schwingung. Unendlich klein werden deshalb auch nur die Kraftäußerungen sein können, welche die Ätherwellen in meilenweiter Entfernung ausüben. Aber wie der winzigste Bazillus, wenn er zu Milliarden anrückt, den kräftigsten Organismus zerstören kann, so können sich auch zahllose feine Ätherstöße zu einer Gesamtwirkung von beträchtlicher Größe vereinigen. Zu diesem Zweck muß man die Ätherwellen allerdings erst zu einer bestimmten Marschordnung veranlassen. Verbindet man mit der Funkenstrecke gradlinige Leiter, so gehen die Wellenstöße hauptsächlich von diesen aus und sind polarisiert, d. h. die Ätherteilchen schwingen nur in einer Richtung, nämlich in derjenigen, welche dem aussendenden Leiter parallel ist. Ihre Wirkung nimmt jetzt nicht mehr mit dem Quadrat, sonder nur mit der einfachen Entfernung ab. Treffen sie auf ihrem Marsch in dieser straffen Formation einen anderen linearen Leiter, so ziehen sie sich von allen Seiten dorthin zusammen, gleichsam wie ein Fliegenschwarm an der Leimrute. Es findet ein konzentrierter Massenangriff statt, der an dem Draht entlang in dichtem Gewühl ein stürmisches Auf- und

Abwogen elektrischer Kräfte oder mit andern Worten einen pulsierenden Wechselstrom von hoher Frequenz hervorruft. Eine erstaunliche Verstärkung der Wirkung läßt sich durch solche Sende- und Empfangsdrähte erzielen. Eingehende Messungen zeigten mir, daß die Wirkung von den beiderseitigen Drahtlängen abhängt und fast genau mit dem Produkt derselben zunimmt. Bei gleichen Drahtlängen am Sender und Empfänger verhalten sich die Wirkungen mithin wie die Quadrate der einzelnen Drahtlängen, und da, wie vorhin schon bemerkt, die Wirkungen mit den einfachen Entfernungen abnehmen, so folgt daraus, daß die Entfernungen, auf welche man gleiche Wirkungen übertragen kann, sich verhalten wie die Quadrate der einzelnen Drahtlängen. Ein Beispiel wird die große Bedeutung dieses Satzes klarer machen. Erzielt man mit 10 m Draht auf beiden Seiten eine bestimmte Wirkung in 5 km Entfernung, so kann man die gleiche Wirkung mit 20 m Draht bis zu einer Entfernung von  $4 \times 5 = 20$  km wahrnehmen, mit 30 m bis zu  $9 \times 5 = 45$  km. Ein herrliches Gesetz für Fernwirkungen, welches fast unbegrenzte Ausdehnung zuläßt.

Zum Erkennen der im Empfangsdraht induzierten Wechselströme stehen uns verschiedene Mittel zu Gebote; wir können aber nur die empfindlichsten benutzen. Geeignet ist z. B. das Telephon. Hier vorn im Saal erzeugen wir eine Funkenstrecke und polarisieren die Schwingungen durch die von den Polen ausgehenden isolierten Horizontaldrähte. Die Schwingungen des Äthers vollziehen sich dann in diesem ganzen Saal in horizontaler Richtung. Als Empfänger dienen zwei gleichfalls horizontal ausgespannte Drähte, dort hinten im Saal, deren mittlere Enden mit dem Telephon verbunden sind. Sobald ich hier vorn Funken erzeuge, hören Sie im Telephon einen Ton. (Fig. 92). Er entspricht der Schwingungszahl

unseres primären Wechselstromes (100 in 1 Sek.), denn die Schwingungen des Funkenstromes selber erfolgen zu schnell, als daß sie das Ohr noch wahrnehmen könnte: die Grenze der hörbaren Töne liegt ja bekanntlich bei 40 000 Schwingungen in der Sekunde und in dem erzeugten Funken haben wir etwa 10 Millionen. Durch kurze und längere Funkengebung kann ich die Zeichen des Morse-Alphabets telegraphieren ohne verbindenden Draht.

Die mit diesem Mittel erreichbare Entfernung kann immerhin mehrere Kilometer betragen, wenn die Sende-

und Empfangsdrähte von entsprechender Ausdehnung sind. Es ist sogar möglich, die zusammengesetzten langsamen Schwingungen der Sprache von Draht zu Draht durch den Raum zu übertragen. Dieses Experiment erleben wir alle Tage, zu unserem Verdruß, wenn wir am Telephon vielleicht auf eine wichtige Familiennachricht lauschen und dazwischen zugleich den Auftrag zu einem Effektenverkauf für Herrn Meyer in Empfang nehmen müssen. Das ist eine Telephonie ohne Draht, die also gar nicht mehr erfunden zu werden braucht. Sie reicht allerdings nur von einem zum anderen Draht am gleichen Gestänge.

Um die schnellen Wellen des Funkenstromes selber für eine Zeichengebung nutzbar zu machen, wollen wir uns einer Einrichtung bedienen, welche gewissermaßen als die Umkehrung des Wellenerzeugers angesehen werden kann, indem wir nämlich mit den aufgefangenen Ätherwellen, mit den in den Empfangsdrähten induzierten Wechselströmen wiederum

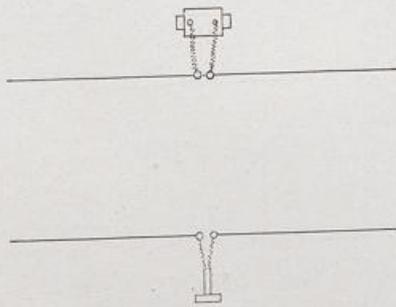


Fig. 92.

Funken erzeugen. (Fig. 93). Ein Experiment wird die Sache am schnellsten klar machen. Ich habe hier zwei Stückchen poröser Kohle, welche bis auf eine sehr kleine Entfernung genähert sind. Die sammetartige Oberfläche der Kohle besteht aus lauter mikroskopischen Spitzchen.

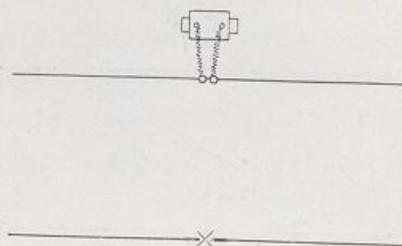


Fig. 93.

Verbinde ich die Kohlen nun mit den von den Strompulsationen durchwogten Empfangsdrahten, so spritzen die elektrischen Wellen gleichsam zwischen den Spitzen wie über ein Hindernis, wir nehmen ein Funkensprühen wahr. Es ist eine Bogenlampe en miniature,

gespeist durch Ätherwellen. Ich kann den Beweis führen, daß das Funkensprühen tatsächlich durch die schnellen Pulsationen hervorgerufen wird. Erzeuge ich nämlich, wie vorhin, einen Wechselstromlichtbogen mit den geringen Schwingungszahlen, so hört das andauernde Funkensprühen an unserem Empfänger auf. Wir nehmen nur einen Funken wahr, wenn der Lichtbogen einsetzt, erkennen also den damit verbundenen Ätherstoß. In dem ausgebildeten Lichtbogen sind keine Funkenpulsationen mehr vorhanden, sondern nur die langsamen Schwingungen des Wechselstromes. Auf dieses Streicheln spricht unser Empfänger nicht an, es gehört ein Stoß dazu.

Wir können diese winzigen Funken benutzen, um größere Kräfte damit auszulösen. Mit Leichtigkeit könnte ich einen Sprengstoff zur Explosion bringen. Ich will ein weniger geräuschvolles Experiment machen. Dort hinten im Saal steht eine Bogenlampe. Die Kohlenstäbe sind mit den Polen einer Akkumulatorenbatterie verbunden, berühren sich aber nicht,

so daß ein Strom nicht übertreten kann. Mit den Kohlenstäben sind ferner die langen Auffangarme für die elektrischen Wellen verbunden. Das durch diese Wellen erzeugte Funkensprühen stellt eine leitende Brücke her zwischen den Kohlenstäben und schließt den Strom der Akkumulatorenbatterie. Ein einziger Funke am Strahlapparat hier vorn genügt, die Lampe zum Leuchten zu bringen.

Mit solcher Einrichtung könnte man bereits telegraphieren, müßte aber Vorsorge treffen, daß nach jeder Entzündung der Bogenlampe der Strom der Akkumulatorenbatterie wieder unterbrochen würde. Ich kann die Unterbrechung aber zu einer selbsttätigen machen, wenn ich an die Stelle der Bogenlampe eine gewöhnliche Glühlampe setze. Der geringe Strom, der dieselbe durchfließt, unterbricht sich sofort von selber, sobald das Funkensprühen an den Kohlenstücken aufhört. Wie Sie sehen, kann ich selbst die Zeichen des Morsealphabets durch kürzeres oder längeres Erglühen der kleinen Lampe zur Wahrnehmung bringen.

Die Pulverkammer eines feindlichen Schiffes durch solche Fernwirkung zur Explosion zu bringen, erscheint hiernach als keine unlösbare Aufgabe. Der Feind müßte uns allerdings den Gefallen tun, in seinem Pulvervorrat die Kohlenstückchen unterzubringen und dieselben mit langen Auffangedrähren in freier Luft zu verbinden. Für die Funkengebung an Bord gewinnt dieser Scherz aber doch eine ernstere Bedeutung. Es erscheint nämlich nicht ausgeschlossen, daß die Lichtleitungen in unerwünschter Weise die Rolle von Auffangedrähren übernehmen. Kommen sie an irgend einer Stelle sich allzunah und sind sie zugleich mangelhaft isoliert, so kann durch minimales Funkensprühen der schönste Kurzschluß zwischen den Leitungen entstehen. Bei sonst guter Installation bringt dies keinen weiteren Schaden, als daß die

Sicherungen durchbrennen. An Bord S. M. S. „Friedrich Carl“ haben wir dies tatsächlich erlebt. Jedenfalls ist bei der Einrichtung der Funkentelegraphie an Bord dieser Umstand zu beachten und eine Revision der Leitungen nach diesem Gesichtspunkt erforderlich. Auch die Anker aller

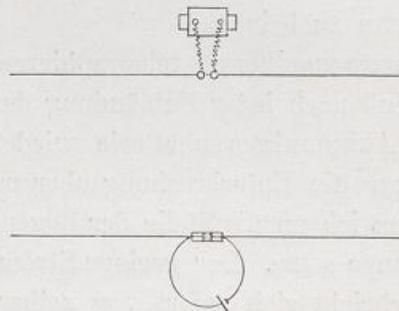


Fig. 94.

Dynamomaschinen an Bord können durch solche Funkenbildung durchschlagen werden, sie sind infolgedessen mit Blitzsicherungen zu versehen. Die Munitionskammern sind durch ihre völlige Metallumkleidung ausreichend geschützt, Lichtleitungen dürfen meines Wissens schon jetzt nicht eingeführt werden.

Marconi verwendet zur Zeichengebung ganz ähnliche Einrichtungen wie die zuletzt geschilderten. (Fig. 94.) An die Stelle der Kohlenstückchen treten die Körnchen eines lose zusammengesetzten Metallpulvers. Dasselbe ist zwischen zwei Silberkolben in einem Glasröhrchen untergebracht und kann mittels zweier eingeschmolzener Platindrähte an die Fangarme für die elektrischen Wellen angeschlossen werden. Jedes Körnchen des Pulvers ist mit einer dünnen Oxydhaut, wie sie die meisten Metalle an der Luft annehmen, bedeckt und von seinem Nachbar dadurch isoliert. Verbinden wir die Enden der Röhre außer mit den Fangdrähten auch noch mit einer geschlossenen Drahtleitung, in welche ein Trockenelement und ein gewöhnliches Telegraphenrelais eingeschaltet sind, so wird dennoch kein Strom entstehen können, da in dem Pulver der Röhre die Leitung unterbrochen ist. Fangen aber die geradlinigen Drähte polarisierte elektrische Wellen auf, so

stellen die minimalen und dem Auge nicht sichtbaren Funken zwischen den Pulverkörnchen eine Verbindung her. Es bildet sich, vielleicht mit Unterstützung kondensierter Metaldämpfe, eine Brücke für den Gleichstrom des Trockenelements und dieser bringt das Relais zum Ansprechen. In bekannter Weise wird dadurch eine stärkere Lokalbatterie geschlossen, welche eine elektrische Klingel oder einen Morseschreiber betätigt. Ein leises Klopfen an der Röhre bringt die losen Brücken zwischen den Metallkörnchen zum Einsturz und stellt den ursprünglichen Zustand wieder her. Durch kürzere und längere Bestrahlung können wir wieder die Zeichen des Morsealphabets übertragen. Der Klopfer wird dabei durch den Strom der Lokalbatterie in Bewegung gesetzt. In der Röhre findet ein ähnlicher Vorgang statt wie bei dem technischen Prozeß des Frittens, man hat sie darum einen Fritter oder eine Frittröhre genannt. Die Engländer nennen sie coherer, die Franzosen radioconducteur.

Die Gesetze der elektrischen Strahlung sind durch die Versuche von Hertz seit 10 Jahren bekannt; die Eigenschaften des Fritters hat Branly in Paris im Jahre 1890 entdeckt. Im Jahre 1895 machte Popoff in St. Petersburg die erste praktische Anwendung der neuen Erscheinungen zum Registrieren von Gewitterentladungen. Er benutzte einen Aufnahmeapparat, der mit dem von Marconi später verwendeten im Prinzip völlig übereinstimmt. Marconis Verdienst besteht zunächst in einer sorgfältigen Durchbildung der Apparate zur praktischen Telegraphie. Bei seinen Versuchen gelangte er aber zu der wichtigen Entdeckung der fast unbegrenzten Fernwirkung vertikal polarisierter elektrischer Wellen.

Drei Jahre sind jetzt verflossen, seit seine Erfindung an die Öffentlichkeit trat. Welche Fortschritte sind seitdem er-

zielt? Dieselben beziehen sich einerseits auf eine bessere Kenntnis der Erscheinung und ihrer Gesetze, andererseits, zum Teil als direkte Folge davon, auf eine Steigerung der technischen Wirkung. Die letztere läßt sich, soweit sie Marconi selber betrifft, in Zahlen ausdrücken. Im Frühjahr 1897 telegraphierte er am Bristol-Kanal 5 km weit und brauchte dazu 50 m lange Sende- und Empfangsdrähte. Das ergab pro Meter Drahtlänge 100 m Entfernung. Im Sommer dieses Jahres sandte er nach Zeitungsberichten bei den englischen Flottenmanövern Telegramme mit 45 m Draht auf 108 Kilometer. Das ist eine 24 fache Steigerung der Wirkung.

Fast in allen zivilisierten Ländern hat man inzwischen Versuche angestellt. Einzelheiten sind indes wenig bekannt geworden. Marconi hüllt sich, was seine eigenen Verbesserungen betrifft, in tiefes Schweigen. Was ich mitteilen kann, bezieht sich darum nur auf Studien, die ich selber ausführen konnte. Sie wurden ermöglicht durch die Gnade Seiner Majestät des Kaisers. Ich durfte zwei Sommer hindurch auf den Havelgewässern experimentieren unter Zuziehung von Mannschaften der Königlichen Matrosenstation. Auch die Luftschifferabteilung hat auf Allerhöchste Anregung einige interessante Versuche angestellt, welche mit 21 km Entfernung für einige Zeit sogar Deutschland den Weltrekord verschafften. Seine Exzellenz, der Herr Staatssekretär des Reichsmarineamtes hatte sodann im Sommer und Herbst dieses Jahres die Güte, die Erprobung einiger Neuerungen an Bord der deutschen Kriegsschiffe auf der Ostsee zu genehmigen. Wenn ich diese Neuerungen heute mitteile, möchte ich aber damit nicht den Eindruck hervorrufen, als sollten dieselben eine Übertrumpfung Marconis darstellen. Die Mittel, mit denen Marconi heute arbeitet, kenne ich

nicht, ich weiß nur, daß sie wesentlich vollkommener sein müssen als diejenigen, welche ich vor 2 Jahren bei ihm kennen lernte. Ein direkter Vergleich wäre nur möglich unter identischen Versuchsbedingungen.

Ich gestatte mir zunächst, eine theoretische Anschauung, zu welcher diese Versuche führten, kurz auseinanderzusetzen. Dieselbe war für die technische Ausbildung des Verfahrens nicht ohne Nutzen. Diese Erkenntnis, die eigentlich eine Enttäuschung in sich schließt, ist die Erklärung des Phänomens durch elektrische Stoßwirkungen, wie ich sie bereits im Beginn meines Vortrages angegeben habe. Es bestand anfänglich die Hoffnung, durch klarere Ausbildung des Wellencharakters der elektrischen Störung eine Abstimmung der Empfangsapparate auf ganz bestimmte Wellenlängen zu erreichen. Ich habe mich leider nur von der Aussichtslosigkeit dieser Bestrebungen überzeugen können. Der Fritter ist nicht mit einem Pendel zu vergleichen, welches durch zahlreiche in bestimmten Intervallen erfolgende Impulse von geringer Intensität allmählich in lebhaftere Schwingungen versetzt wird. Er befindet sich vielmehr in einer Art von labilem Gleichgewicht und wird durch einen elektrischen Stoß sofort zum Kippen gebracht.

Hieraus ergibt sich indeß die wichtige Folgerung, daß in erster Linie eine hohe sekundliche Energie der Stöße des Funkengebers anzustreben ist. Diese hängt aber nicht allein von der Spannung, sondern auch von der Elektrizitätsmenge ab, welche wir bei der Funkenbildung auslösen. Es ist genau so wie beim freien Fall der Körper. Lösen wir ein hängendes Gewicht aus, indem wir den Faden durchschneiden, so werden wir einen desto stärkeren Stoßeffect beim Aufschlagen des Gewichtes erzielen, je größer neben der Fallhöhe auch die in Bewegung gesetzte Masse des Körpers ist. Die Funkenlänge

allein, welche der angewandten elektrischen Spannung entspricht, tut es nicht, es muß in dem Funken auch eine möglichst große Elektrizitätsmenge pulsieren. Sehen wir uns daraufhin die üblichen Funkengeber an. Es sind die gebräuchlichen Induktionsapparate, für deren Konstruktion nur die Erzeugung möglichst hoher Spannungen maßgebend ist. Man klassifiziert ja auch die Induktionsapparate lediglich nach der Schlagweite des Funkens, indem man von einem 20 oder 30 cm Induktor spricht. Die Elektrizitätsmengen, die dabei in Bewegung gesetzt werden, sind minimal. Man kann sie etwas vergrößern, indem man die Funkenlänge verkleinert. Dies tut Marconi, indem er z. B. einen 30 cm Induktor mit einer Funkenlänge von 1 bis 2 cm arbeiten läßt.

Über die aufgewendete Leistung gibt eine kleine Rechnung Auskunft. Gewöhnlich arbeitet man mit einem Primärstrom von 5 bis 7 Ampere und einem 8 zelligen Akkumulator, der rund 18 Volt Spannung besitzt. Dies gibt eine sekundliche elektrische Leistung von etwa 100 Watt. Da die Induktionsapparate einen sehr geringen Wirkungsgrad haben, so wird man bei dauernder Funkengebung kaum mehr als 50 Watt d. i. etwa  $\frac{1}{15}$  Pferdestärke auf Erzeugung elektrischer Wellen verwenden können. Für den ersten Funkenstoß wird natürlich die sekundliche Energie eine wesentlich größere sein. Immerhin wird die verbrauchte Primärarbeit einen vergleichenden Maßstab bieten können. Zur Erzielung größerer Funkeneffekte wird man also von den Induktionsapparaten abgehen und Dynamomaschinen an ihre Stelle setzen müssen.

Es bietet nun keine Schwierigkeit, durch Wechselstrommaschinen und Transformatoren hochgespannte elektrische Energie mit beliebigen Elektrizitätsmengen zu erzeugen. Die Anwendung von Maschinen zur Funkenerzeugung verlangt aber ein vollständiges Verlassen der Schaltung Marconi's.

Die Skizze (Fig. 95) zeigt eine Einrichtung, welche an Bord der deutschen Kriegsschiffe zur Zeit funktioniert. Die Wechselstrommaschine *W*, durch einen Elektromotor getrieben, speist die Primärwindungen des Hochspannungstransformators *T*, dessen Sekundärwindungen mit den Polen *A* und *B* verbunden sind.

Der von diesen Polen ausgehende Schwingungskreis ist ein durch Erde geschlossener, besteht aber aus zwei in ihren Aufgaben und Wirkungen verschiedenen Teilen. Der Unterschied ist bedingt durch die sogenannte Selbstinduktion. Der Elektrotechniker bezeichnet mit diesem Namen eine Art von Trägheit, welche jeder Wechselstrom besitzt, der sich in einer Leitung ausbildet. Die Leitung selbst

bietet für einen Wechselstrom gewissermaßen einen zusätzlichen Widerstand, der sich zu dem gewöhnlichen Widerstand hinzuaddiert. Die Größe dieses Zusatzwiderstandes ist aber abhängig von der Wechselzahl des Stromes, für Hochfrequenzströme kann er so enorme Beträge erreichen, daß die Ausbildung solcher Ströme fast völlig unmöglich gemacht wird. Durch Form und Anordnung der Drähte können wir aber auf die Größe der Selbstinduktion einen Einfluß ausüben. So haben metallische Bänder oder Röhren oder Drahtkäfige, ähnlich wie die hier im Saal angewandten, eine wesentlich geringere

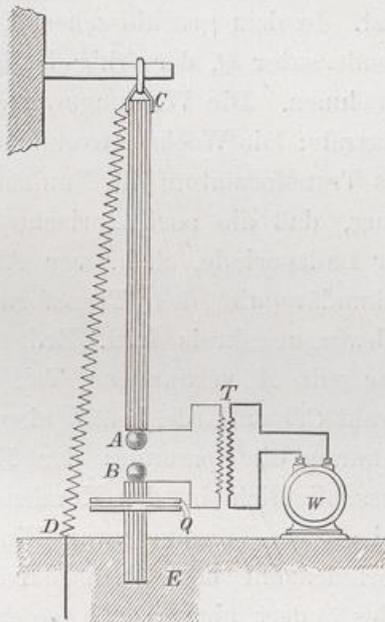


Fig. 95.

Selbstinduktion wie dünne Drähte. Nun sind die Vertikalleiter  $AC$  und  $BE$  als solche Körper von tunlichst geringer Selbstinduktion ausgebildet, während die Verbindung  $CD$  von der Spitze zur Erde eine ziemlich hohe Selbstinduktion besitzt. In dem geschlossenen Kreise befindet sich ferner ein Kondensator  $Q$ , der fähig ist, große Elektrizitätsmengen aufzunehmen. Die Wirkungsweise der Anordnung ist nun die folgende: Die Wechselstrommaschine ladet unter Vermittlung des Transformators die Funkenstrecke  $AB$  zu so hoher Spannung, daß die oscillatorische Entladung einsetzt. Während der Ladeperiode, d. h. vor Auftreten des Funkens, ist die Sekundärspule des Transformators durch den gesamten Schwingungskreis inkl. Erde und Kondensator geschlossen. Der mit  $A$  verbundene Teil des Kreises liegt durch den Draht  $CD$  an Erde, behält also nahezu in seiner ganzen Ausdehnung die Spannung der Erde, die Ladung erfolgt fast ausschließlich in den Kondensator. Die Selbstinduktion hat bei diesem Vorgang zwar Einfluß, angesichts der geringen Periodenzahl des Wechselstroms aber keinen erheblichen. Dies ändert sich jedoch sofort, sobald durch die Funkenbildung der Entladungsstrom mit seiner ungeheuren Frequenz einsetzt. Für diesen wirkt die hohe Selbstinduktion in dem Drahte  $CD$  wie eine Absperrung und es bilden sich die schnellen Oscillationen, die den Äther erschüttern, fast nur in dem vertikalen Leiter mit geringer Selbstinduktion aus. Nun sind aber daran beteiligt die gewaltigen Elektrizitätsmengen, die vorher in dem Kondensator aufgespeichert wurden. Es ist klar, daß wir jetzt ganz andere Energiewerte in Strahlung umsetzen können wie mit einem Ruhmkorff'schen Induktor.

Eine ähnliche geschlossene Schaltung empfiehlt sich auch für den Empfänger (Fig. 96), wenn auch aus anderen Gründen.

Bei Marconi's Anordnung ist der Fritter einerseits mit einem isolierten Vertikaldraht, andererseits mit Erde verbunden. In einer Parallelschließung zum Fritter befindet sich das Relais mit seinem Trockenelement. Es ist klar, daß alle vom Vertikaldraht aufgefangenen elektrischen Impulse zwar einerseits die Möglichkeit haben, auf den Fritter zu wirken und denselben unter Funkenbildung zu einem Leiter zu machen, andererseits aber auch durch den Relaiskreis unter Umgehung des Fritters direkt zur Erde wandern können. Der Impuls wird sich also teilen und nicht in seiner vollen Stärke im Fritter zur Wirkung kommen. Marconi hat diesen Übelstand dadurch zu vermindern gesucht,

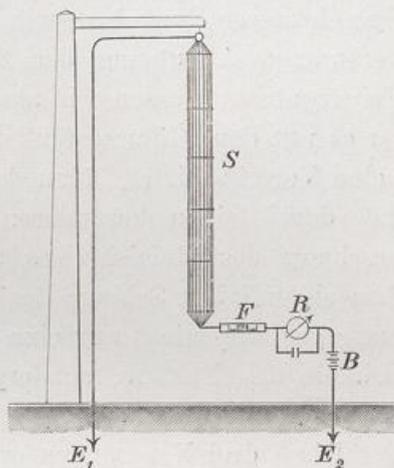


Fig. 96.

daß er in den Relaiskreis Spulen mit großer Selbstinduktion geschaltet hat; das ist ein gutes Mittel, denn die Selbstinduktion sperrt den Weg für die schnellen Schwingungen, es ist aber kein unschädliches Mittel, denn der hohe Widerstand der Selbstinduktionsspulen schwächt die Empfindlichkeit des Relais. Wenn man dagegen auch hier das obere Ende des Vertikalleiters von geringer Selbstinduktion mit der Erde verbindet und in die Erdverbindung des unteren Endes das Relais und seine Batterie schaltet, so müssen die vom Vertikalleiter aufgefangenen schnellen Schwingungen fast ohne Abzug durch den Fritter zur Erde übergehen.

Eine weitere Neuerung bezieht sich auf die Konstruktion des Empfangsapparates. Bei der auch von Marconi be-

nutzten Popoff'schen Schaltung wird der Relaisstromkreis durch den Schlag des Klopfers auf die Frittröhre, also im Fritter selbst unterbrochen. Nun ist bekannt, daß der Öffnungsfunke eines Stromkreises viel verderblichere Wirkung auf die Kontaktstellen ausübt, als der Schließungsfunke. Den letzteren brauchen wir zur Zeichengebung, die damit verbundene Abnutzung der feinen Spitzen und Kanten des Fritterpulvers müssen wir also in den Kauf nehmen. Anders ist es mit dem Öffnungsfunken, der nur Schaden stiftet, aber keine Vorteile bietet. Man kann die Einrichtung so treffen, daß durch einen besonderen federnden Kontakt die Unterbrechung des Relaiskreises außerhalb des Fritters und vor dem eigentlichen Schlage des Klopfers erfolgt. Diese Anordnung gestattet nicht nur eine längere Erhaltung der Empfindlichkeit des Fritters, sondern bedingt auch eine promptere Auslösung desselben.

Diese drei Neuerungen ergaben sich vor etwa Jahresfrist im Anschluß an die Potsdamer Versuche. Sie entstanden aus gemeinsamer Arbeit mit meinem damaligen Assistenten, Herrn Grafen Arco.

Ich komme nun zur Anwendung der Funkentelegraphie in der Marine. Auf offener See arbeitet dieselbe unter den günstigsten Bedingungen. Man kann sagen, daß mit den gleichen Einrichtungen über See 2 bis 3 mal so große Entfernungen überwunden werden können, wie über Land. Woran liegt das? Früher glaubte ich, die größere Reinheit und Staubfreiheit der Atmosphäre sei die Ursache. Das ist aber nicht der Fall, denn schon das Telegraphieren an der Meeresküste entlang reduziert die Entfernung, die Luft dürfte dort nicht weniger rein sein, als auf offener See. Vielleicht ist die Tatsache einer eigentümlichen Flächenwirkung der See zuzuschreiben. Die von einem Funken ausgehenden elektrischen

Störungen pflanzen sich zwar nach allen Richtungen durch den Raum fort, sie gleiten aber mit Vorliebe an Leitern und Halbleitern entlang, wenn diese sich in der Richtung der Fortpflanzung erstrecken. Eine Fläche hat ähnlich günstige Wirkungen. Rückt man Geber und Empfänger des Funkentelegraphen dicht an die glatte freie Wand eines großen Saales, so erreicht man fast doppelt so große Entfernungen, als wenn die Apparate in der Mitte des Saales stehen. Ich hatte, um Messungen anzustellen, einen großen Saal meines Laboratoriums völlig ausräumen lassen und konnte an der langen Wand desselben die Tatsache immer konstatieren. Man ist geneigt, an besondere Flächenströme zu glauben. Vergleicht man nun die Meeresfläche, selbst bei bewegter See, mit der Bodenfläche des Landes, so erkennt man sofort einen großen Unterschied. Dort sind es die glatten Flächen der Wellen, an denen die elektrischen Impulse dahineilen, hier sind unendlich viel größere Wege zu durchmessen, denn wir müssen uns denken, daß an jedem Stein, ja an jedem Sandkörnchen, an jedem Grashalm die elektrischen Wellen hinauf- und hinabgleiten.

Hierzu tritt ein anderer bemerkenswerter Umstand. Wenn wir vertikale Sende- und Empfangsdrähte benutzen, so sind die elektrischen Wellen vertikal polarisiert. Treffen sie nun auf ihrem Wege einen anderen vertikalen linearen Leiter entsprechender Ausdehnung so bleiben sie gleichsam an diesem kleben und erzeugen in ihm einen pulsierenden Wechselstrom. Wir können uns leicht durch einen Versuch davon überzeugen. (Experiment.)

Es ist jetzt verständlich, warum alle linearen Erhebungen im Terrain, wie Baumstämme, Masten, Fahnenstangen, Schornsteine und Kirchtürme so außerordentlich hinderlich sind für die Funkentelegraphie. Das Telegraphieren über eine große

Stadt fort, hat, falls man nicht Luftballons zum Tragen langer Drähte benutzen kann, mit enormen Schwierigkeiten zu kämpfen.

Auch die Feuchtigkeit spielt hierbei eine Rolle. Auf der See stört weder Nebel noch Regen. Auf dem Lande ist das anders. Bäume, Masten und Bauwerke sind für gewöhnlich Halbleiter, in feuchtem oder gar durchnässten Zustande verbessert sich ihre Leitungsfähigkeit. Sie saugen die elektrischen Wellen desto gieriger an und laden sie ein, an ihnen zu verweilen. Ich habe mein Laboratorium hier mit meinem Wohnhause in Charlottenburg durch einen Funkentelegraphen verbunden. Wenn auch die Entfernung keine sehr große ist, so müssen die elektrischen Wellen doch durch zahlreiche Hindernisse hindurch. Bei nassem Wetter muß ich nun die Funkenkraft wesentlich verstärken, um deutliche Telegramme zu erhalten. Auf der See kommen solche Hindernisse nicht in Frage. Selbst im dichtbesetzten Hafen sind die Masten der Schiffe immer noch weit genug verteilt, als daß sie die elektrische Strahlung ernstlich behindern könnten.

Anders ist es aber nun mit den Masten, Wanten und Drahtseilen der direkt beteiligten Schiffe. Diese bieten ein ernstliches Hindernis. Jedes Schiff ist hierbei als ein besonderes Individuum aufzufassen. Einrichtungen, die an Bord des einen Schiffes sich als vortrefflich erwiesen hatten, liefern auf anderen Schiffen wesentlich minderwertige Resultate, ohne daß man sofort ausreichende Gründe dafür erkennen kann. Hier wird die Erfahrung einsetzen müssen, die allerdings nur gewonnen werden kann in andauerndem Betriebe.

Die Einrichtungen, welche zur Zeit an Bord deutscher Kriegsschiffe getroffen worden sind, entziehen sich naturgemäß einer öffentlichen Erörterung, über die dienstliche Ordnung und die taktische Verwendung der Funkentelegraphie kann

ich mir ein Urteil nicht erlauben, wohl aber darf ich vielleicht mitteilen, was mir in Bezug auf die Verwendung der Funkentelegraphie im allgemeinen als besonders wichtig und angenehm aufgefallen ist. Das ist die Sicherheit und Präzision, mit welcher die Apparate von den Mannschaften unseres vortrefflichen Maschinenpersonals bedient wurden. Ich möchte dies um so mehr betonen, als man gerade hierüber nicht selten Bedenken hört. Man glaubt, es handle sich um diffizile physikalische Apparate, die nur von gelehrten Leuten verstanden und bedient werden können. Das ist nicht der Fall. Die an den Versuchen beteiligten Obermaate waren über den wissenschaftlichen Zusammenhang ausreichend orientiert und legten meinen Assistenten und mir nicht selten Fragen vor, die an Gründlichkeit und Verständigkeit nichts zu wünschen übrig ließen, sie konnten leider nicht immer mit gleicher Verständigkeit beantwortet werden. Bei den mehrmonatlichen Versuchen waren hin und wieder kleine Störungen und Abänderungen an den Apparaten unvermeidlich, dieselben konnten fast immer von dem Maschinenpersonal an Bord beseitigt werden. Der empfindlichste und wichtigste Teil des Apparates ist der Fritter. Seine Herstellung wird nicht selten mit einem gewissen Geheimnis umgeben. Nun, die größte Entfernung, auf welche an Bord S. M. S. Friedrich Carl telegraphiert wurde, 48 km mit 30 m Draht, erreichte man mit einem Fritter, den der Obermaat nach kurzer Anleitung an Bord sich selber fabriziert hatte. Der Mann war ein gelernter Schlosser. Die Funkentelegraphenapparate sind in dieser Beziehung also nicht etwa mit einem Chronometer zu vergleichen, dessen Reparatur man an Bord wohl nicht so leicht unternehmen würde.

