

Zeitschrift: Am häuslichen Herd : schweizerische illustrierte Monatsschrift
Herausgeber: Pestalozzigesellschaft Zürich
Band: 9 (1905-1906)
Heft: 6

Artikel: Die moderne drahtlose Telegraphie
Autor: Eichhorn, Gustav
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-662600>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 17.05.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Tenz.

Der Frühling schüttet aus die Fülle
Geheimnisvoller Lebenskraft.
Schon schwellt sie jede Knospenhülle —
Es geht im Baume um der Saft.
Jetzt drängt es tausend grüne Spitzen
Gewaltsam und doch wundersacht,
Zu falten aus den engsten Ritzen
Der neuen Blattgebilde Pracht.

Schon regt es sich in dunkler Scholle —
Der schwächste Keim, der kleinste Wicht
Erfasst die neue Lebensrolle
Und steigt empor ins gold'ne Licht,
Der Grashalm wird zum Schwert, zur Lanze,
Das Kräutlein breitet sich als Schild —
Und drüber steht in warmem Glanze
Der lieben Sonne Friedensbild.

Schon rankt der Pfirsichbaum in Blüte
Uns ros'ge Kränzlein um das Haus —
Zu Füßen aus des Krokus Düte
Holt schon das Bienchen feinen Schmaus.
Narzisse setzt in steifer Würde
Ihr goldbestaubtes Krönlein auf,
Und blanker Glöcklein ein Bürde
Springt aus der Hyazinthe Knauf.

Die Culpe will den Reigen führen
Im Scharlach und im Goldgewand,
Doch süßer Duft nur lässt erspüren
Blauveilchens Heim und Herzensstand.
Jetzt will der Feuerbusch erglücken,
Bald bricht er ganz in Flammen aus,
Bis voller Knospen schwellend Mühen
Goldregen bringt und — Fliederstrauss.

So geht es fort in buntem Reigen —
Es neigt sich duftend Blust zu Blust,
Da wollen Fink und Staar nicht schweigen —
Zu viel des Glück's in kleiner Brust.
Das flötet auch der Amsel Weise
Hoch von des Nachbarhauses Turm —
Und alle Lüfte tragen leise
Durchs Land des Frühlings Sehnsuchtssturm.

Aus: Marie Hunziker-Thommen (Aarau) „Endliches und Ewiges“, Gedichte. Verlag von
H. R. Sauerländer & Cie., Aarau.

Die moderne drahtlose Telegraphie.

Demonstrations-Vortrag, gehalten am 7. Dezember 1905 in der Tonhalle in Zürich,
von Dr. phil. Gustav Eichhorn, schweizerischem Repräsentanten der Gesellschaft für draht-
lose Telegraphie „Telefunken“, Berlin.

Meine Damen und Herren! Ich habe die Ehre, heute vor Ihnen über
einen Gegenstand zu sprechen, der durch seine glänzende und rapide Entwick-
lung anhaltend das öffentliche Interesse wachhält, nämlich über die moderne
drahtlose Telegraphie vermittelt elektrischer Wellen.

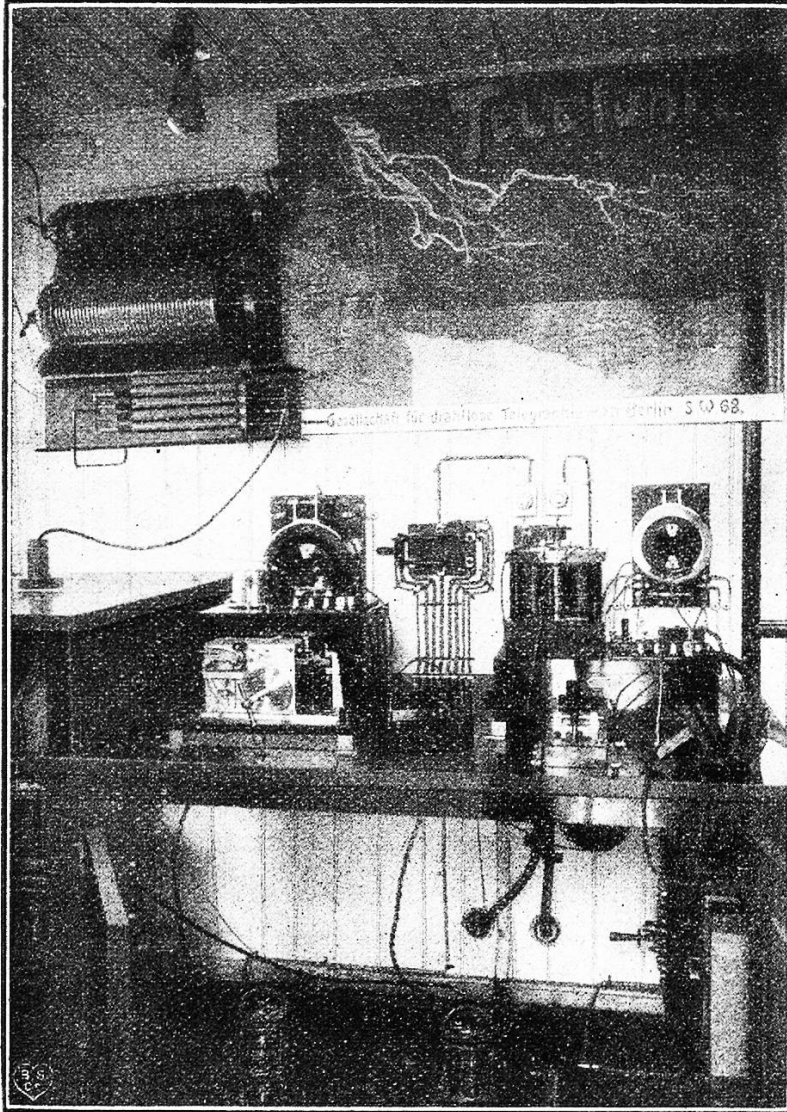
Die langjährigen, praktischen Erfahrungen, welche ich als Leiter der
großen Ostseeversuchsstationen für Professor Braun-Siemens & Halske er-
warb, haben mich besonders intim mit dem neuen Verkehrsmittel, ja wir dürfen
wohl sagen — Kulturmittel — vertraut werden lassen, so daß ich Ihnen aus
eigener Anschauung berichten kann.

Gestatten Sie mir, Ihnen zunächst kurz den historischen Entwicklungsgang
zu skizzieren. Die meisten von Ihnen werden heute wissen, daß wir in der

drahtlosen Telegraphie mit Herz'schen Wellen operieren, d. h. daß die Arbeiten eines der größten Physiker aller Zeiten, nämlich die klassischen Untersuchungen von Professor Heinrich Herz über die Ausbreitung der elektrischen Kraft das Fundament bilden, auf dem in praxi aufgebaut worden ist. Herz verifizierte so experimentell eine geniale Theorie der großen englischen Forscher Faraday und Maxwell, die sogenannte elektromagnetische Lichttheorie, welche in so einheitlicher Weise alle Strahlungsercheinungen umfaßt. Dieselbe sagt kurz folgendes aus: Strahlen des Lichts, strahlende Wärme, Strahlen elektrischer Kraft müssen qualitativ durchaus gleichartige Phänomene sein, sämtlich beruhend auf elektromagnetischen Oszillationen in dem alles durchdringenden Weltäther, in dem sie sich mit der gleichen, enormen aber endlichen Geschwindigkeit von 300,000 km in der Sekunde ausbreiten. Der Unterschied der differenten Erscheinungsformen liegt nur in der Verschiedenheit der Wellenlängen begründet. Für die sehr schnellen Lichtschwingungen mit entsprechend kleinen Wellenlängen von nur einigen zehntausendstel Millimeter haben wir in unserem Körper ein Organ zur direkten Wahrnehmung, nämlich das Auge. Für den Nachweis der großen elektrischen Wellen bis zu Hunderten und Tausenden von Metern Länge, wie solche in der drahtlosen Telegraphie verwendet werden, sind wir auf indirekte Methoden, nämlich auf die Benutzung von Instrumenten angewiesen.

Herz erbrachte Mitte der achtziger Jahre des vorigen Jahrhunderts den der Theorie damals noch fehlenden Beweis, indem er auch mit elektrischen Wellen von einigen Metern Länge die sämtlichen in der Optik wohlbekannten Experimente der Reflexion, Brechung, Beugung und Polarisation ausführte, sowie die enorme Fortpflanzungsgeschwindigkeit direkt maß. — Die Methode von Herz basierte aber auf der Verwendung so delikater Hilfsmittel, daß die neue Entdeckung zunächst von selbst in den Grenzen des physikalischen Laboratoriums festgehalten wurde. — Herz selbst hat wie aus Äußerungen von ihm hervorgeht, nicht im entferntesten daran gedacht, daß dieses neue Geisteskind sich jemals auf die dornenvollen Pfade der rauhen Außenwelt hinauswagen dürfte. Es fehlte hauptsächlich ein praktisch einfacher Indikator für elektrische Wellen, der auch von Laien leicht zu handhaben gewesen. Diesem Uebelstande wurde im Jahre 1890 abgeholfen durch eine Entdeckung des Franzosen Branly. Branly fand, daß fein zerteiltes Metall, also mehr oder weniger grobes Metallpulver, in einen schwachen elektrischen Strom eingeschaltet, dem Fließen desselben einen unüberwindlichen Widerstand entgegensetzt. Wird nun aber das Metallpulver elektrisch bestrahlt, so sinkt der Widerstand sofort auf einen relativ kleinen Wert; der Strom kann fließen und wir haben so ein Reagens, einen Indikator für das Vorhandensein elektrischer Wellen im Raum. Aus dieser Entdeckung ist die Seele der drahtlosen Telegraphie hervorgegangen, nämlich der Cohärer, auf den ich später noch näher zu sprechen kommen werde.

Erst 5 Jahre später, 1895, gibt Professor Popoff von der Militärakademie in Kronstadt eine Vorrichtung bekannt, mit welcher er luftelektrische Entladungen automatisch registrierte und zwar eben vermittels eines Cohärers, der mit dem einen Pol an einen Blitzableiter, mit dem andern Pol an Erde gelegt war. Zum Aufschreiben der luftelektrischen Impulse war der Cohärer mit einem Relais-Morse-Schreiber und Klopfer elektrisch geschaltet. Im Prinzip die gleichen Anordnungen als



Inneres einer Station.

Empfänger und einen Herz'schen Oszillator als Sender verwendete dann endlich im Jahre 1896 Marconi, und zwar geschah es diesmal mit der bewußten Absicht, eine Telegraphie ohne metallische Leiter auszubilden. Man kann nicht genug die zielbewußte unermüdliche Ausdauer und experimentale Geschicklichkeit

Marconi's bewundern, aber Sie ersehen aus dem historischen Entwicklungsgang, daß es absolut verfehlt ist, ihn als den Erfinder der drahtlosen Telegraphie zu bezeichnen. Auf die Ehre dieses Titels hätte einzig und allein Professor Herz Anspruch.

Marconi, der nur das Bekannte praktisch ausgestaltet hat, begann seine Versuche zunächst auf dem Landgute seines Vaters bei

Bologna. Später tatkräftig unterstützt von dem verdienstvollen Chef des englischen Telegraphenwesens, Sir William Preece, konnte er seine Arbeiten in immer größerem Stile in England fortzuführen, so daß Marconi schließlich tatsächlich als erster über viele Kilometer drahtlos telegraphiert hat. — Allein bei 25—30 km schien die Grenze gesteckt zu sein, über die Marconi mit seinen Anordnungen nicht hinauskam.

Auch in Deutschland brachte Professor Slaby, der den Versuchen Marconi's in England beigewohnt hatte, in Gemeinschaft mit Ingenieur Graf Arco die

Sache nicht zu weiterer Entwicklung, da in ihren sonst sehr wertvollen Pionierdiensten keine prinzipiell neuen Momente zur Anwendung kamen.

Hier setzen nun die Arbeiten von Professor Braun (Straßburg) ein und seinem klaren, streng wissenschaftlichen Vorgehen sind allein die enormen Fortschritte der jüngsten Zeit zu danken. Auf der von Professor Braun durch Einführung seiner sogenannten gekoppelten Systeme neugeschaffenen Basis wird heute in der ganzen Welt, auch von Marconi, die moderne drahtlose Telegraphie ausgeübt. — Das ist in großen Zügen eine Übersicht des interessanten Gebietes. Ich wende mich nunmehr zu Einzelheiten.

Die erste Frage ist die: Wie erzeugen wir überhaupt schnelle elektromagnetische Schwingungen, wie sie für die drahtlose Telegraphie erforderlich sind und auf welchem Mechanismus beruhen solche?

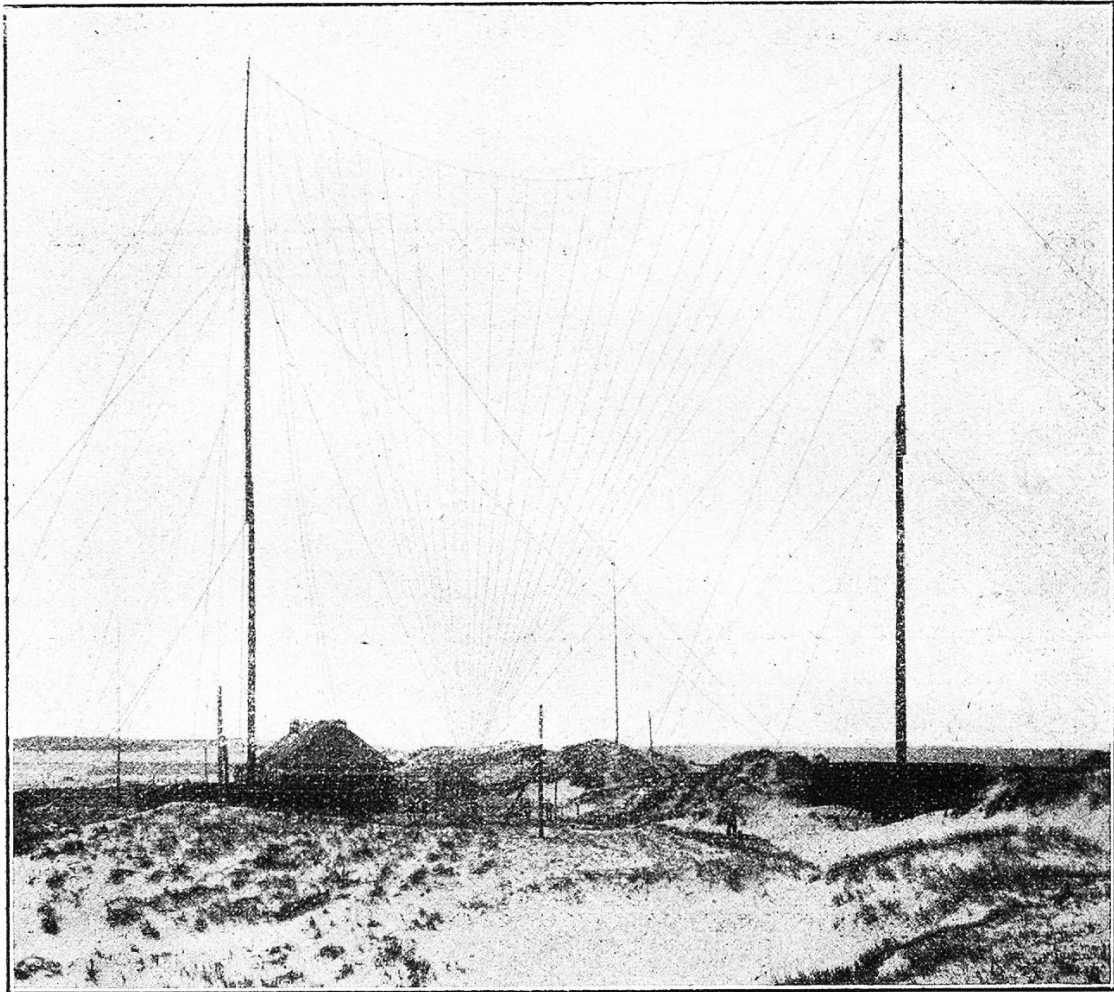
Wenn ich ein Pendel aus der Ruhelage hebe und dann loslasse, so schwingt es hin und her und zwar für alle Ewigkeit, wenn nicht Reibungen an der Luft und an der Aufhängevorrichtung zu überwinden wären, welche die Energie allmählich verzehren. Die meisten von Ihnen werden sich wohl schon Rechenschaft gegeben haben von der unaufhörlich stattfindenden Verwandlung der Energieform. Geht die Pendellinse durch den tiefsten Punkt, so haben wir maximale Bewegung, d. h. die Energie nur in kinetischer Form. Über diesen Punkt hinaus nimmt die Geschwindigkeit allmählich ab, bis sie in der höchsten Lage der Pendellinse Null geworden ist. Die Energie an sich ist natürlich unverändert; aber sie hat eine andere Form angenommen, nämlich die Energie der erhöhten Lage oder wie wir sagen, die potentielle Energieform.

Dieses gleiche Phänomen beobachten Sie auch an den Ihnen wohl bekannten Schallschwingungen. Sie alle wissen, daß die Schallwellen in der Luft ihren Sitz haben. Die Luftteilchen pendeln hin und her und Sie erkennen, wie an jeder Stelle eine periodisch wechselnde Bewegung (kinetische Energieform) verbunden mit einem periodisch wechselnden Druck (potentielle Energieform) herrscht. Bei den Schallwellen ist die Bewegungsrichtung der Teilchen und die Fortpflanzungsrichtung der Energie die gleiche. Solche Schwingungen nennen wir longitudinale Schwingungen.

Bei den elektrischen Wellen haben wir es aber nicht mit solchen, sondern mit Transversalschwingungen zu tun, für welche zwar auch prinzipiell gleiche Gesetze gelten, die aber wiederum ihre Eigentümlichkeiten haben.

Transversalschwingungen sind nur möglich in einem Medium, in dem alle Teilchen mit elastischen Kräften aufeinander wirken. Wird ein Teilchen aus seinem Ruhelager verschoben und dann losgelassen, so vollführt es Schwingungen um seine Gleichgewichtslage und sukzessive werden nun auch alle folgenden Teilchen zu gleichen Schwingungen angeregt. So pflanzt sich also hier die Energie in der Richtung der Verbindungslinie der Teilchen fort, während diese selbst senkrecht dazu Schwingungen um die Ruhelage vollführen. In der Zeit, in welcher ein Teilchen eine vollständige Schwingung vollführt, hat sich

die Bewegung um eine ganz bestimmte Strecke fortgepflanzt; diese Strecke nennen wir eine Wellenlänge. In der Zeiteinheit würde sich also die Bewegung fortgepflanzt haben um eine Strecke gleich dem Quotienten aus Wellenlänge und Schwingungszeit. Dieser Quotient ist aber gleich der Fortpflanzungsgeschwindigkeit, welche wir ja als den Weg in der Zeiteinheit definieren. Aus dieser Relation ergibt sich, daß die Wellenlänge gleich ist dem Produkt aus Schwingungsdauer und Fortpflanzungsgeschwindigkeit. Sind uns also die beiden letzteren Größen bekannt, so läßt sich die Wellenlänge berechnen, und das ist auch für die drahtlose Telegraphie von grundlegender Bedeutung.



Äußeres einer Station.

Ich kann mich jetzt kurz fassen. Haben wir es wirklich auch im Weltäther, in dem sich ja die elektromagnetischen Phänomene abspielen sollen, mit wellenartigen Vorgängen zu tun, so kann dies wieder nichts anderes sein, als ein periodisch wechselnder Druck, beziehungsweise eine Spannung, verbunden mit einer periodisch wechselnden Bewegung. So ist es in der Tat, und wir nennen den Zustand der Spannung, die eine bestimmte Größe und Richtung hat und deshalb durch die sogenannten elektrischen Spannungskurven dargestellt werden kann, den elektrischen Zustand, während wir den Zustand der Bewegung als den magnetischen Zustand bezeichnen.

Hinsichtlich des magnetischen Zustandes, auf den es wesentlich in der drahtlosen Telegraphie ankommt, erinnere ich Sie an einen bekannten Versuch. Ein langer stromführender Draht ist durch eine Papierfläche hindurchgesteckt, auf welche man Eisenfeilspäne geschüttet hat. Durch Klopfen hilft man nach, daß die Reibung überwunden werden kann und nun sieht man die eigentümliche Erscheinung, daß sich die Feilspäne in konzentrischen Ringen um den stromführenden Leiter gruppieren. Diese Ringe bilden die sogenannten magnetischen Kraftlinien.

Man scheint es da mit einer Art Rotation oder Torsion diskreter Äthertheilchen zu tun zu haben, und die magnetische Kraftlinie entpuppt sich als nichts anderes als die Axe, um welche diese Rotationen stattfinden. Unser geistiges Auge schaut bei einem solchen Magnetfeld gleichsam in das Getriebe eines ungeheuren Räderwerkes, das im Äther seinen Sitz hat. Wird durch Hemmungen oder Beschleunigungen die Rotation eine ungleichmäßige, so muß sich dies durch Spannungen kundgeben. Analog nun wie bei den Schallwellen aus den Beziehungen von Druck respektive Spannung und Bewegung, so kann man hier aus den Beziehungen des elektrischen und magnetischen Zustandes die Gesetze eines periodisch wechselnden Ätherzustandes herleiten. Diese beiden zusammengehörigen Phänomene erzeugen das, was wir eine elektromagnetische Schwingung, eine elektromagnetische Welle nennen. Rein rechnerisch kann man so ermitteln, was ich schon als von Herz experimentell gefunden erwähnt hatte, daß sich nämlich ein solches elektromagnetisches Wechselfeld mit Lichtgeschwindigkeit, d. h. mit 300,000 km per Sekunde ausbreitet.

Wie man nun elektrische Schwingungen erzeugt, das war in der Physik längst vor Herz bekannt. Helmholtz sprach sich bereits im Jahre 1847 bestimmt dahin aus, daß wir es bei der Entladung einer Leydener Flasche durch einen kurzen Schließungsbügel mit einem Hin- und Herwallen der Elektrizität zwischen dem innern und äußern Belag der Flasche zu tun haben müssen. Ich zeige Ihnen hier zunächst die Entladung einer solchen Leydener Flasche, welche ja wohl allgemein bekannt ist. Der glänzende Funke, welchen Sie dabei auftreten sehen, ist also nach der eben entwickelten Anschauung nicht der einmalige Ausgleich der positiven und negativen Elektrizität der beiden Flaschenbeläge, sondern er bildet vielmehr einen Teil der Strombahn, auf der die Elektrizität hin und her pendelt.

Achten Sie einmal hier auf die Flüssigkeit in der U-förmigen Röhre, welche ich nun vor Ihnen aufstelle. Hebe ich die Flüssigkeit auf der einen Seite und erzeuge so einen gewissen Druck- oder Spannungszustand (entsprechend dem Spannungszustand der geladenen Leydener Flasche vor der Entladung) und lasse ich jetzt die Flüssigkeitssäule fallen (entsprechend dem Moment des Einsenkens des elektrischen Entladungsfunkens), so sehen Sie, daß dieselbe nicht gerade bis zur Ruhelage zurücksinkt, sondern über dieselbe hinauschießt, hin und her pendelt, bis erst allmählich die Gleichgewichtslage wieder erreicht

wird und zwar wie beim Pendel infolge von Energieverlusten. Ganz analog pendelte also auch die Elektrizität in dem Leidener Flaschenkreis auf und nieder.

Vollständig aufgeklärt wurde aber der elektrische Sachverhalt erst rein theoretisch und zwar durch Sir William Thomson in England und Professor Gustav Kirchhoff in Deutschland.

Es ergab sich da, daß vor allem eine ganz bestimmte Bedingung erfüllt werden muß, wenn überhaupt Oszillationen möglich sein sollen. Es muß nämlich der Widerstand der Entladungsbahn sehr niedrig gehalten sein, jedenfalls darf er eine bestimmte Grenze (nicht überschreiten, die gegeben ist durch eine sehr einfache Beziehung, welche ich Ihnen nennen will. Es muß der Widerstand kleiner sein, als das doppelte geometrische Mittel aus dem Quotienten von zwei Größen, die wir mit L (Zähler des Quotienten) und C (Nenner) bezeichnen. Sie werden mir ohne weiteres glauben, daß man diese Größen in einer bestimmten Maßeinheit angeben kann. Man bildet also den eben erwähnten Ausdruck und erhält so einen bestimmten Wert für den Widerstand in Ohm ausgedrückt. Dieser Widerstandswert bildet also die Grenze, unterhalb welcher überhaupt nur Oszillationen möglich sind. Was die Bedeutung dieser beiden Größen angeht, so werden Sie dieselben ebenfalls leicht verstehen. C nennen wir die elektrische „Capazität“ und definieren sie etwa als das Fassungsvermögen dieser Leidener Flasche für Elektrizität bei einer bestimmten Spannung analog wie das Fassungsvermögen einer gewöhnlichen Flasche für eine Flüssigkeit bei einem bestimmten Druck. Die andere Größe L ist die für elektrische Schwingungen eigentlich charakteristische Größe; sie hängt ab von der Form des Leiters d. h. von der Bahn, auf der sich die Elektrizität bewegt. Mit einem recht nichtsagenden Ausdruck bezeichnen wir in der Wissenschaft diese Größe heute noch als „Selbstinduktion“; sie ist nichts anderes als eine Maßgröße für die Trägheitswirkung des Ihnen geschilderten rotatorischen Magnetfeldes. Sie alle haben schon die Trägheit der Materie an sich selbst erfahren, wenn Sie sich in einem dahineilenden Wagen befanden, dessen Geschwindigkeit plötzlich verändert wurde. Es fällt da unserm Körper gar nicht ein, diese Änderungen à tempo mitzumachen und die Insassen des Wagens fliegen meistens recht unsanft durcheinander. Eine solche Trägheit, ein solches Beharrungsvermögen zeigt auch die Elektrizität; ja, wir Physiker sehen heute den Sachverhalt in einem gewissen umgekehrten Sinne an; wir sind heute vollständig überzeugt, daß die allbekannte und doch so rätselhafte Trägheit der Massen eine elektromagnetische Erscheinung ist wie die sogenannte Selbstinduktion.

Aus der Theorie ergibt sich nun noch eine weitere wichtige Beziehung, mit der ich Sie inkommodieren muß, damit Sie erkennen, wie man in der drahtlosen Telegraphie die Schwingungsdauer respektive Wellenlänge feststellt.

Es ist nämlich die Schwingungsdauer proportional dem geometrischen Mittel aus dem Produkt von $L + C$. Kennt man also diese beiden Konstanten und

man kann sie sowohl rechnerisch als experimentell sehr genau ermitteln, so erhält man den Wert für die Schwingungsdauer, welchen man nun nur noch mit dem Wert der großen Fortpflanzungsgeschwindigkeit zu multiplizieren braucht (wie ich es vorher auseinanderlegte), um die Wellenlänge zu kennen. Beispielsweise ergäbe sich die Schwingungsdauer zu ein Milliontel Sekunden, dann beträgt die Wellenlänge 300 Meter. Das ist so eine der in der drahtlosen Telegraphie gebräuchlichsten Wellenlängen. Sie erkennen also, daß die auf den ersten Blick etwas geheimnisvoll anmutende Manipulation, die Länge der unsichtbaren Wellen zu ermitteln, in Wirklichkeit nichts weniger wie Hexerei ist.

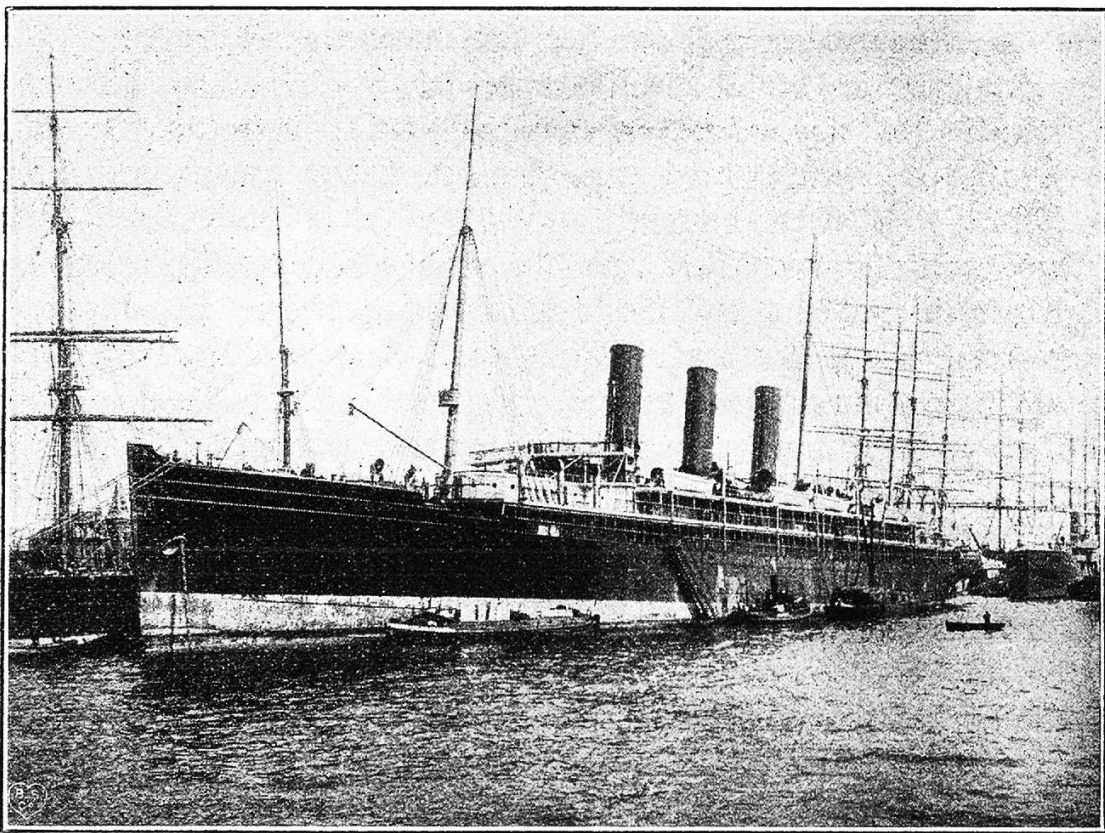
Die Schwingungen eines Leydener Flaschenkreises kann man auf verschiedene Weise konstatieren.

Eine einfache Methode für den Physiker besteht darin, den zeitlichen Verlauf der Spannungen während der Entladungen zu verfolgen. Ich habe vor Jahren hier an der Universität viele solcher Aufnahmen gemacht und zwar mittels des sogenannten Helmholtz-Pendels, respektive eines verbesserten Modells, welches nach den Angaben meines hochverehrten Lehrers, Herrn Professor Kleiner, hergestellt war. Auf einer horizontalen Geraden sind kleine Zeiteilchen markiert, wie sie durch das Helmholtz-Pendel messend verfolgt werden, während auf Senkrechten die zugehörigen Spannungen aufgetragen sind. Sie kennen den oszillierenden Verlauf derselben. Hier will ich gleich auf etwas aufmerksam machen. Es kann nämlich die Ruhelage erst nach einer größern Anzahl von Schwingungen erreicht werden, wie es schon bei dieser Aufnahme der Fall war, oder schon nach einer sehr kleinen Anzahl von nur 1 bis 2 Schwingungen. Im erstern Falle sprechen wir von einer schwach gedämpften, im letztern Falle sprechen wir von einer stark gedämpften Welle, und das ist ein sehr wichtiger Punkt für den Praktiker in der drahtlosen Telegraphie.

Die oszillatorische Entladung eines Leydener Flaschenkreises gibt uns aber noch nicht so ohne weiteres die Möglichkeit, drahtlos zu telegraphieren. Den Grund werden Sie leicht einsehen, wenn Sie einmal die Wirkung einer lose in der Hand gehaltenen Stimmgabel etwas näher ins Auge fassen. Beim Anschlagen nimmt die Stimmgabel sehr viel Energie auf; trotzdem hören Sie dort unten gar keinen Ton und selbst ich muß die Gabel sehr nahe ans Ohr bringen, um nur einen äußerst schwachen Ton wahrzunehmen. Es liegt dies daran, daß die Zinken in jedem Moment gegeneinander schwingen, weshalb eine Wirkung nach außen aufgehoben wird. Analog verhält es sich mit dem elektrischen Schwingungskreis. Für jeden Punkt desselben gibt es einen symmetrisch gelegenen Punkt, durch den die gleiche Elektrizitätsmenge zu gleicher Zeit nach entgegengesetzter Richtung fließt. Eine Wirkung nach außen kann also auch hier nicht vorhanden sein.

Die Energie muß aber an die Umgebung abgegeben werden, wenn wir sie an entfernten Stellen im Raum zur Wirkung bringen wollen, und gerade

das leisten die spezifischen Anordnungen von Herz, die ich Ihnen nunmehr skizzieren werde. Die Sekundärpole eines in bekannter Weise betätigten Induktatoriums verbindet man mit einem Draht, der durch eine Funkenstrecke unterbrochen ist. An beiden Seiten kann man zur Vergrößerung der Kapazität des Systems metallische Platten anhängen, doch ist dies nicht unbedingt erforderlich. Sobald der Entladungsfunkte in der Funkenstrecke auftritt, wellt wieder die Elektrizität in der beschriebenen Weise hin und her. Was nun aber während des zeitlichen Verlaufs des Schwingungsphänomens hier geschieht, das zeigt Ihnen die folgende Projektion. Sie sehen dort die beiden Kugeln der Funkenstrecke, welche durch die Elektrizitätsquelle entgegengesetztes Vorzeichen haben. Es bilden sich die Ihnen früher angedeuteten elektrischen



Anwendung in der Marine.

Spannungskurven, welche sich immer weiter ausbreiten. Jetzt wird plötzlich die Elektrizitätsquelle für einen Moment abgeschaltet. Was geschieht? Das elektrische Feld in direkter Nähe der Kugeln verschwindet, nicht so aber die Feldlinien, welche sich schon ziemlich weit vom Leiter entfernt haben. Der Ihnen geschilderte elektromagnetische Mechanismus des Äthers ist in Betrieb und kann nicht einfach überall wie durch einen Ruck zum Stillstand gebracht werden. Die am weitesten entfernten Feldlinien breiten sich deshalb weiter aus und sie können dies nur so tun, daß sie sich als geschlossene Spannungskurven abschnüren. Die ursprüngliche Energie wird so vermindert um die Energie der abgeschnürten Teile und diese ist nichts anderes als die Energie

der Strahlung, die mit Lichtgeschwindigkeit den Raum durchsetzt. Denken Sie sich den Vorgang gleichzeitig nach allen Richtungen stattfindend und Sie gelangen zu der Vorstellung, daß die elektrischen Druckspannungen sich in Kugelschalen d. h. nach allen Seiten gleichförmig ausbreiten. Marconi's Anordnungen waren nun schließlich die folgenden. Ein Draht wurde hoch in die Luft geführt (Luftdraht oder Antenne) und unten mit dem einen Pol einer Funkenstrecke verbunden, deren anderer Pol in Verbindung mit der Erde gebracht wurde. Das System wird wieder geladen von den Sekundärpolen eines Induktors aus. Eine vergleichende Betrachtung läßt Sie nun ohne Weiteres erkennen, daß diese Marconi'sche Anordnung vollständig identisch ist mit einem senkrecht gestellten Herz'schen Oszillator, dessen eine Hälfte durch den Luftdraht dessen andere Hälfte durch die Erdverbindung ersetzt ist. Marconi selbst hatte zwar andere irrtümliche Vorstellungen darüber, und diese haben lange Zeit die Entwicklung gehemmt, bis der Sachverhalt durch deutsche Professoren wieder klargestellt wurde. Der eigentliche Grund aber, weshalb Marconi mit seinem Sender nicht über etwa 25—30 km telegraphieren konnte, ergibt sich aus einer einfachen Betrachtung der Energieverhältnisse.

Die zu entwickelnde Energie hängt ab von zwei Faktoren, nämlich von der Kapazität und der Spannung. Die elektrische Kapazität eines solchen einfachen Drahtes ist sehr gering und es sind uns auch zur Vergrößerung derselben sowohl aus theoretischen wie praktischen Gründen enge Grenzen gezogen. Was die Spannung angeht, so wächst solche allerdings mit größer werdenden Funkenstrecken; allein gleichzeitig wächst auch deren Widerstand, der aber bekanntlich möglichst niedrig gehalten werden soll. Also auch mit diesem zweiten Energiefaktor können wir nicht nach Belieben operieren. Hieraus ergibt sich, daß in einem solchen einfachen Marconi-Sender nur wenig Energie vorhanden ist und dieses Wenige wird sofort ausgestrahlt. Wir haben es hier mit energiewachen und stark gedämpften Schwingungen zu tun, quasi mit schwachen, kurzen elektrischen Tonstößen, die nicht in große Entfernungen dringen können.

Ehe ich über die weitere Ausbildung des Senders spreche, will ich Ihnen auch ein Schema der ursprünglichen Empfangsanordnungen Marconi's projizieren. Da ist zunächst der wesentlichste Bestandteil, der Rohörer. Zwischen zwei Metallelektroden befindet sich in einem kleinen Zwischenraum das Metallpulver. Das Ganze ist in ein isolierendes Röhrchen aus Glas oder Ebonit eingeschlossen und liegt (mit den Elektroden metallisch angeschlossen) in einem schwachen elektrischen Stromkreis. Obwohl also anscheinend eine vollständig geschlossene metallische Bahn vorhanden ist, fließt dennoch kein Strom. Es liegt dies daran, daß fein zerteiltes Metall stets an der Oberfläche oxydiert ist und das Oxyd unterbricht den Strom. Wird nun aber das Metallpulver elektrisch bestrahlt (es genügt z. B. wenn ich in der Nähe des Rohörers einen elektrischen Funken erzeuge), so geht eine Veränderung vor. Die Metallteilchen geraten in einen bessern metallischen Zusammenhang, wahrscheinlich durch mikroskopisch

kleine Fünkchen, die zwischen ihnen übergehen, es bildet sich gewissermaßen eine metallische Brücke und der Strom fließt. Dadurch betätigt sich nun in der üblichen Weise, wie bei der gewöhnlichen Telegraphie, ein Relais, welches einen stärkeren Stromkreis anschließt und in diesem liegt der Morse-Schreiber. Wird also der Kohärer erregt, so beginnt der Morse zu schreiben, d. h. es erscheint auf dem Morsepapierstreifen ein kontinuierlicher Strich. Hiermit ist uns aber nicht gedient, vielmehr soll der Kohärer resp. der Morse immer wieder neue Impulse und diese in ihrer zeitlichen Dauer registrieren. Um dies zu erreichen, ist parallel zum Morse ein Klopfer geschaltet d. h. eine Vorrichtung, wie bei jeder elektrischen Klingel. Dieser Klopfer wird mit dem Morse gleichzeitig erregt und erschüttert sanft den Kohärer. Die Metallteilchen des letztern fallen auseinander, die Brücke ist zerstört und so der ursprüngliche Zustand wieder hergestellt, in welchem der Kohärer für neue Bestrahlung empfänglich ist. Jetzt haben wir folgenden Vorgang: Für einen kurzen elektrischen Impuls erhalten wir auf dem Morse einen Punkt, für eine längere anhaltende Bestrahlung eine zusammenhängende Reihe von Punkten d. h. einen Strich. So können wir aber auch drahtlos nach dem Morsealphabet telegraphieren, welches ja bekanntlich ein Kombinationsystem aus Punkten und Strichen ist. Noch ein Wort über die Empfindlichkeit des Kohärrers. Der Kohärer ist häufig als das elektrische Auge bezeichnet worden. Das darf man nur in übertragenem Sinne auffassen, denn seine Funktion und diejenige unseres Sehorgans haben nicht das mindeste miteinander zu tun. Und was die Empfindlichkeit angeht, so ist diejenige des Kohärrers nur mit solchen unserer allerdelikatesten Galvanometern vergleichbar; im Vergleich dazu ist unser Auge ein ganz grober Apparat.

Es erübrigt noch zu bemerken, daß der Kohärer mit seinem einen Pol mit dem Luftdraht, mit dem andern Pol mit der Erde verbunden wurde.

Kehren wir nunmehr zum Sender zurück. Als ich Ihnen vorhin das Experiment mit der lose gehaltenen Stimmgabel zeigte, haben ohne Zweifel manche unter Ihnen den Gedanken gehabt, ja warum setzt man denn nicht einfach die Stimmgabel auf einen Resonanzboden? Die Betreffenden würden in der Tat die moderne drahtlose Telegraphie im Prinzip erfunden haben und es erscheint auch alles sehr leicht, wenn man nachher den Entwicklungsgang überschaut. Aber meistens gibt es vorher, wenn die Einsicht noch nicht allgemein gereift ist, nur einen einzigen, der den Augenblick ergreift und das ist der rechte Mann. Dieser rechte Mann war eben Professor Braun. Er sagte sich: Wir haben ja in dem geschlossenen Kreis einer Leydener Flasche oder eines Systems von Leydener Flaschen die beste Möglichkeit, lang anhaltende Schwingungen zu erzeugen und große Energiemengen wie in einem Energiereservoir aufzuspeichern. Damit die Energie auch ausgestrahlt werde, müssen wir diesen geschlossenen Kreis dann mit einem offenen Herz'schen Oszillator koppeln. Betrachten Sie noch einmal die akustischen Vorgänge. Lose in der Hand gehalten, gibt die Stimmgabel fast keinen Ton ab; sie tönt jedoch sofort, wenn ich sie

auf eine beliebige Unterlage, z. B. auf einen Tisch aufsehe; allein das Maximum der Tonabgabe erziele ich erst dann, wenn diese Unterlage, dieser Resonanzboden genau den gleichen Eigenton hat wie die Stimmgabel. Der Stimmgabel entspricht der geschlossene Schwingungskreis, dem Resonanzboden der Luftdraht. Damit letzterer in vollkommener Resonanz zum Schwingungskreis sei, muß er eben eine ganz bestimmte Eigenschwingung und deshalb eine ganz bestimmte Länge haben

Selbstredend wird in diesem Falle vollkommener Resonanz die Energie am schnellsten abgegeben; aber es macht uns keine Schwierigkeit, dieselbe nach Bedarf nachzuliefern.

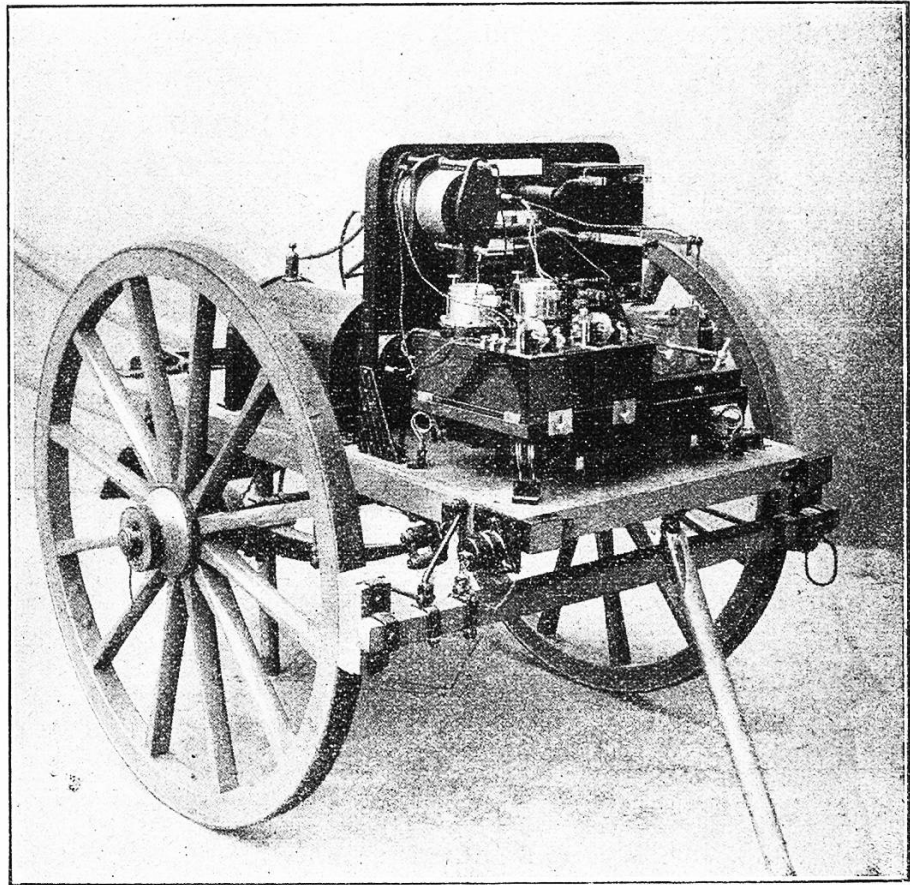
So entstanden Braun's gekoppelte Systeme.

Braun unterschied dabei zwischen einer direkten und indirekten oder induktiven Schaltung. Im erstern Falle sind die Ansätze des offenen Systems direkt metallisch, d. h. galvanisch an den primären Kreis angeschlossen; im zweiten Falle wird das offene System induktiv erregt wie in einem Transformator. Prinzipiell

existiert übrigens kein Unterschied zwischen beiden Schaltungen und mathematisch läßt sich die eine aus der andern ableiten.

Marconi benutzt für den einen Ansatz des offenen Systems eine möglichst gute Erdverbindung. Abgesehen davon, daß dadurch ganz unnötigerweise die atmosphärischen Entladungen eingeführt werden, entspricht dies auch nicht den besten theoretischen Erfordernissen. Dieser zweite Ansatz d. h. dieses den Luftdraht gewissermaßen ausbalancierende elektrische Gegengewicht muß vielmehr, wie die Theorie zeigt, eine ganz bestimmte Oberfläche haben. Wir benutzen deshalb zu dem Zwecke große, gegen Erde isolierte Metallflächen.

Über die Schwingungsvorgänge in diesen gekoppelten Systemen, sowie über viele andere wichtige Einzelheiten begannen jetzt erst die schwierigen Arbeiten



Fahrbare Station.

der theoretischen Physiker, unter denen an erster Stelle Professor M. Wien (Danzig) und Professor P. Drude (Berlin) zu nennen sind.

Es würde über den Rahmen dieses populären Vortrages hinausgehen, wenn ich Ihnen darüber berichten wollte; doch will ich wenigstens auf einen wichtigen Gesichtspunkt hinweisen, der sich auf die Kopplung bezieht. Denken Sie sich zwei Pendel, die mit einem horizontal ausgespannten elastischen Draht starr verbunden sind. Da zeigt sich nun ein ganz wesentlicher Unterschied, ob man die Pendel nahe beieinander hat d. h., daß der elastische Zusammenhang ein sehr fester ist, oder ob sie weiter von einander hängen d. h. daß der elastische Zusammenhang ein sehr loser ist. Regt man im erstern Falle das eine Pendel zu Schwingungen an, so gerät auch fast augenblicklich das zweite Pendel in Bewegung; das ganze System kommt schnell nach ein paar heftigen Schwingungen zur Ruhe. Ganz anders ist die Wirkung im zweiten Falle; jetzt macht das zweite Pendel zwar nur sehr schwache aber lange anhaltende Schwingungen. Die beiden Fälle repräsentieren uns die feste und die lose Kopplung. Ganz analog wie diese sympathischen Pendel verhalten sich nun auch die gekoppelten elektrischen Systeme, bei denen Sie die zwischen ihnen wirkenden Kräfte ruhig als solche elastischen Zusammenhänge ansprechen können. Macht man die Kopplung ziemlich fest, so wird die Energie des primären Kreises fast augenblicklich auf den Luftdraht übertragen und von diesem sofort ausgestrahlt. Der Effekt ist derjenige einer gewaltigen Explosion. Wir operieren da mit Leistungen bis zu Hunderten und Tausenden von Pferdekraften, sodaß es gar nicht so wunderbar ist, daß wir selbst über den Ocean elektrisch hinüberdonnern. Diese Kanonenschüsse haben aber einen großen Nachteil, sie erregen nämlich jeden beliebigen Empfänger.

Ganz anders verhält es sich bei der losen Kopplung. Jetzt wird die potentielle Energie des primären Kreises nur sukzessive, gewissermaßen löffelweise auf den Luftdraht übertragen und wir sorgen noch in besonderer Weise dafür, daß sie von ihm nur langsam ausgestrahlt wird. Jetzt erzeugen wir zwar nur einen schwachen aber lange anhaltenden Ton und wir können ein wichtiges Problem damit lösen, nämlich das der Abstimmung. Der reine schwache lang hinhallende Ton erregt nur einen einzigen bestimmten Empfänger, nämlich einen solchen, der auf genau den gleichen Eigenton gestimmt ist, alle andern bleiben stumm. Ich mache Ihnen hier die zwei bekannten Versuche der akustischen und der elektrischen Resonanz; im erstern Falle zwei abgestimmte Stimmgabeln auf Resonanzböden, im zweiten Falle zwei Leydener Flaschenkreise (Nodge Flaschen) die sich genau aufeinander abgleichen lassen.

Sie sahen, daß ich nun dem einen System mechanische, beziehungsweise elektrische Energie zuführte, und trotzdem geriet auch das neutrale zweite System in heftige Pulsationen, was sich bei der resonierenden Stimmgabel durch lautes Tönen, bei dem resonierenden Leydener Flaschenkreis durch heftige elektrische Funkenbildung zu erkennen gab. Bedingung für diese interessante Erscheinung

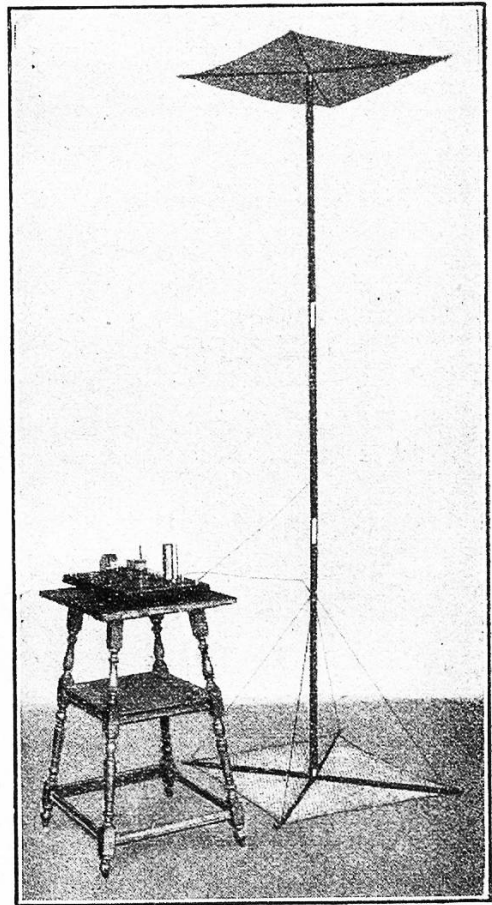
ist der absolute Isochronismus der Schwingungen der sich beeinflussenden Systeme. Verstimme ich nämlich nunmehr das eine gegen das andere, so sehen Sie, daß die Resonanzwirkung sowohl bei den akustischen wie bei den elektrischen Systemen ausbleibt.

Ebenso wie der Sender, so wurde natürlich auch der Empfänger entsprechend den modernen Errungenschaften umgestaltet. Auch hierüber muß ich von weiteren Beschreibungen an dieser Stelle Abstand nehmen, jedoch will ich erwähnen, daß speziell der Empfänger zu einem sehr schwach gedämpften und deshalb höchst resonanzfähigen System ausgebildet werden konnte. Gegen den hoch entwickelten Empfänger steht der Sender noch weit zurück. Der hauptsächlichste Grund dafür ist der, daß wir leider immer noch im primären Kreis des Senders die leidige Funkenstrecke nicht entbehren können, welche viel Energie konsumiert und die Schwingungen stark dämpft.

Was man trotzdem in punkto Abstimmung durch Anwendung von loser Kopplung erreichen kann, das zeige ich Ihnen nunmehr durch Vorführung der aufgestellten Modelle für drahtlose Telegraphie, welche typisch für unsere modernen Anordnungen sind.

(Es wurden nun im Vortrage mit je zwei Sendern und zwei Empfängern die Ausbildung der Abstimmung und mittels derselben die drahtlose Mehrfachtelegraphie experimentell demonstriert. Die 2 Sender gaben gleichzeitig eine Anzahl unter sich verschiedene Telegramme und jeder der beiden Empfänger klapperte ganz unbeeinflusst nur das für ihn bestimmte Telegramm herunter. Die Morsestreifen zeigten keinen einzigen falschen Punkt oder Strich; die Selektion war eine absolut vollkommene. Ich füge hinzu, daß wir heute bei den großen Stationen gleichzeitig ohne Störung mit differenten Wellenlängen arbeiten können, die sich nur um einige Prozente der Schwingungszahl unterscheiden.)

Es ist klar, daß die Möglichkeit einer so scharfen Abstimmung es mit sich bringt, daß man es in der Hand hat, sich auf irgendwelche wirksame Schwingungen einzustellen d. h. daß man fremde Telegramme abfangen kann. Denn wer Ohren hat, der hört, wer Augen hat, der sieht, und wer die erforderlichen Schwingungskreise und einen Detektor für elektrische Wellen besitzt, der bringt eben diese zu seiner Wahrnehmung. Das liegt in der Wesenheit der drahtlosen Telegraphie begründet, ist aber ohne Zweifel ihr großer Nachteil im Vergleich zur Draht- oder Kabeltelegraphie, die nur bestimmte Punkte miteinander



Modell.

verknüpft. Dieser Nachteil läßt sich wesentlich dadurch abschwächen, daß man nicht nach dem gewöhnlichen Morsealphabet sondern nach einem vereinbarten Code telegraphiert, wie es z. B. im russisch-japanischen Kriege geschah, wo die deutschen „Telefunken“-Apparate eine bedeutende Rolle gespielt haben.

Nachdem ich Ihnen nunmehr die der drahtlosen Telegraphie zu Grunde liegenden Prinzipien auseinandergesetzt und demonstriert habe, will ich Ihnen jetzt auch noch technische Ausführungen von Apparaten und Maschinen sowie einige Stationen im Bilde vorzuführen. (Es wurden nun eine größere Anzahl Projektionen vorgeführt, welche ein Bild gaben von der technischen Vollkommenheit der modernen Apparatur und der Stationseinrichtungen, sowie hinwiesen auf die verschiedenen Anwendungsgebiete im Botendienst, bei der Schifffahrt, bei Heer und Marine. Diese Bilder und der erläuternde Text können hier nicht sämtlich wiedergegeben werden. Nur einige wenige Photographien sollen hier als Illustration dienen.)

Ich bin am Schluß und hoffe Ihnen eine annähernde Vorstellung gegeben zu haben, wie die Reime, welche durch die Taten von Geistesheroen gepflanzt wurden, Blüte und Frucht getrieben haben. Heutzutage spielt auf vielen praktischen Gebieten die Wissenschaft eine führende Rolle, aber auf keinem anderen Gebiete war ein so geschlossenes Vorgehen von Wissenschaft und Technik erforderlich wie auf dem Gebiete der drahtlosen Telegraphie. Auf diese Weise hat sie in der kurzen Zeit ihres Bestehens Enormes geleistet. Unermüdliche und opferfreudige Arbeit ist auf beiden Seiten erforderlich gewesen; aber die Schaffenden fühlen sich belohnt, wenn ihr Mühen wie hier nicht vergebens gewesen ist.

Die Arbeiten auf den Ostseeversuchstationen von Prof. Braun-Siemens und Halske, sowie die moderne Entwicklung der Apparatur habe ich publiziert in 2 Büchern: „Die drahtlose Telegraphie auf Grund eigener praktischer Erfahrungen.“ (1904. Veit & Co., Leipzig.)

„Wireless Telegraphy.“ (1906. Griffin & Co., Ed., Publishers London.)

Der Gaukönig am Rheinsfall.

Ein Geschichtlein von Meinrad Lienert, Ginfiedeln.

Es war einmal ein alter König. Der saß alltag auf seiner hohen Burg am Bogenfenster, und wenn er nicht gerade regierte, sah er hinab auf den Rhein, an dem eine Fähre lag. Unterhalb der Fähre aber donnerte der Fluß, mit einemale stäubend und Silbernebel aufwerfend, über die Felsen hinunter in die greuliche, an tückischen Nixen und andern unseligen Wesen und Ungeheuern bewohnte Tiefe.

Stundenlang konnte der König zusehen, wie des Fährmanns schönes Töchterlein fremde Wanderer über den Strom ruderte oder mit seinem Vater