Zeitschrift: Pionier : Zeitschrift für die Übermittlungstruppen

Herausgeber: Eidg. Verband der Übermittlungstruppen; Vereinigung Schweiz. Feld-Telegraphen-Offiziere und -Unteroffiziere

Band: 20 (1947)

Heft: 1

Artikel: Bandfilter : ein interessanter Circulus in der Radiotechnik Anschauliche Demonstration des Prinzips durch ein Pendelmodell

Autor: Eichhorn

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-559982

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 10.12.2025

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

Bandfilter

Ein interessanter Circulus in der Radiotechnik. Anschauliche Demonstration des Prinzips durch ein Pendelmodell.*

Die Altpioniere der «Drahtlosen» haben schon manchen unerwarteten Kreislauf in der Entwicklung der Praxis erlebt. Das, von dem man ausging, wurde nachher verlassen, um schliesslich wie Phönix aus der Asche entstehend, zur neuen Anwendung zurückzukehren.

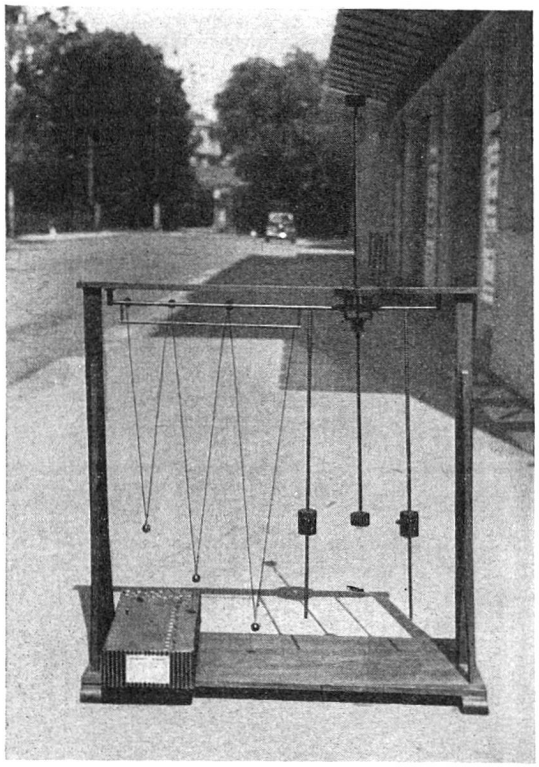
Das kürzlich in der Radiobeilage der «Elektroindustrie» ausführlich behandelte RADAR ist das aktuellste Beispiel, das jetzt aber nur kurz erwähnt werden soll. Es wurde dargelegt, dass man für das Arbeitsprinzip dieser wichtigen Neuheit rekurrierte auf die ersten Versuche (1888) von Heinrich *Hertz* mit dm- und cm-Wellen, durch die er die Identität im Wesen optischer und elektrischer Wellen nachwies. Der Unterschied von damals und heute besteht darin, dass man heute solche kurzen Wellen mit früher für unmöglich angesehener enormer Energie zu erzeugen vermag.

Ein nicht minder interessantes Beispiel eines solchen circulus sind die *Bandfilter*, die heute bald jeder Radiofreund wenigstens vom Hörensagen kennt durch ihre Anwendung in der Zwischenfrequenzstufe moderner Superhet-Empfänger zur Erzielung der hohen Trennschärfe, ohne die im heutigen Wellengedränge ein ungestörter Empfang und gleichzeitig eine naturgetreue Klangwiedergabe hoffnungslos wäre. Man rekurriert damit, wie wir nachher an Hand einer anschaulichen mechanischen Demonstration näher ausführen werden, aber nur auf die im alten *Braun*-Sender nur allzugut bekannte *Zweiwelligkeit* hinreichend fest gekoppelter Schwingungskreise, die man damals mit allen Mitteln *im Sender zu beseitigen* suchte, während man heutzutage sie sich umgekehrt zunutze macht im *Empfänger* zur Erzielung einer trapezförmigen Resonanzkurve bzw. einer ganz bestimmten Durchlassbreite, entsprechend dem Frequenzabstand wellenbenachbarter Sender. Die *Resonanzkurve* ist bekanntlich die graphische Darstellung, die den Verlauf der Spannung oder des Stromes in einem Resonanzkreis (elektrischer Schwingkreis) in Abhängigkeit von der Frequenz zeigt.

Bandfilter sind in der Tat nichts anderes als induktiv oder kapazitiv miteinander gekoppelte elektrische Schwingkreise, deren mögliche Bandbreite wesentlich grösser ist als die Bandbreite eines einzelnen Schwingkreises. Bei ganz loser Kopplung unterscheidet sich die Resonanzkurve des Bandfilters nicht wesentlich von der eines gewöhnlichen Schwingkreises. Bei fester Kopplung dagegen ergibt sich aus der Zweiwelligkeit die erwähnte trapezförmige Kurvenform mit steil abfallenden Flanken. Im besonderen versteht man hier unter *Bandbreite* dasjenige Frequenzspektrum, das ohne nennenswerte Amplitudenunterschiede durchgelassen wird; innerhalb des eingestellten Durchlassbereiches des Bandfilters werden die Frequenzen also möglichst gleichmässig übertragen.

Veränderliche Bandfilter, wie sie in modern eingerichteten Empfängern zu finden sind, ermöglichen durch Verändern des Kopplungsgrades eine *regelbare Bandbreite* zur Erreichung der jeweils besten Empfangswiedergabe. Auf diese Weise kann man das Empfangsgerät entweder auf beste Tonwiedergabe (grosse Bandbreite) oder auf grösste Trennschärfe (kleine Bandbreite) einstellen, je nach den vorliegenden Feldstärke- und Trennschärfeverhältnissen. Die höchsten übertragenen Frequenzen können in Empfängern dieser Art meistens je nach Wahl zwischen etwa 2000 und 6000 Hz eingestellt werden. Man wird im Interesse der Klangqualität das Band jeweils nur so weit beschneiden, als dadurch Störungen durch fremde Sender ausgeschaltet werden.

Bekanntlich musste der Frequenzabstand wellenbenachbarter Sender nach dem bestehenden internationalen Wellenplan wegen des Wellengedränges auf 9 kHz beschränkt werden. Die obere Grenze für die Seitenbänder, die von einem akustisch modulierten Rundfunksender ausser der Trägerwelle ausgestrahlt werden, ist also 4500 Hz. Höhere Frequenzen kommen im Empfänger nicht mehr zur Wiedergabe; es ist also in demselben eine «Seitenbandbeschneidung» erforderlich, was, wie vorhin gesagt, sich am einfachsten und besten durch Bandfilter ermöglichen lässt. Eine solche Seitenbandbeschneidung ist immer dann nötig, wenn der Frequenzabstand zweier Sender nicht ausreicht, oder wenn die Trennschärfe des Empfangsgerätes gesteigert werden soll. Bei *Fernempfang* wird man somit für gewöhnlich auf die Wiedergabe von Frequenzen über 4500 Hz verzichten müssen, die dagegen bei *Lokal-* oder *Bezirksempfang* mitunter möglich ist und dann die Tonqualität merklich verbessert; dies wird neuerdings auch noch durch die «Gegenkopplung» unterstützt, die eine Verbesserung der Frequenzkurvenform ermöglicht.



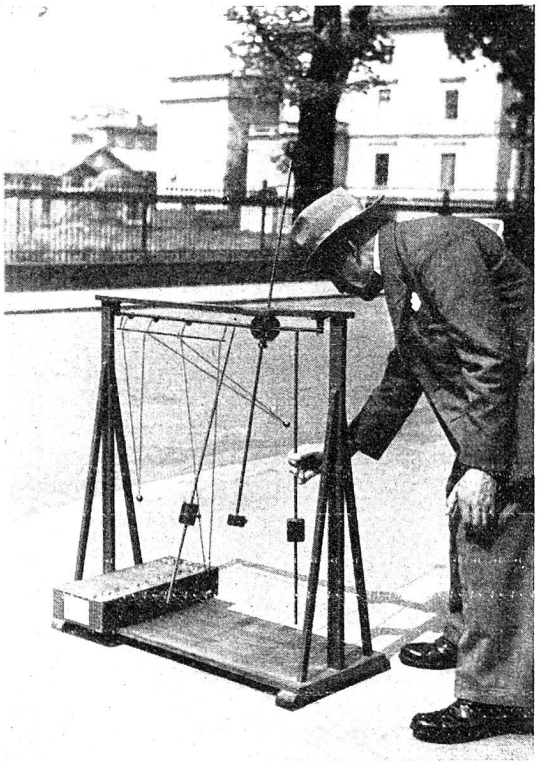
Pendelmodell in Ruhe.
Phot. Hans Meiner, Zürich.

Das behandelte Phänomen der *Zweiwelligkeit* kann man nun auch dem Laien sichtbar ad oculos demonstrieren durch ein eigenartiges *Pendelmodell*, das ich in meinen früheren öffentlichen Experimentalvorträgen schliesslich vorführte, und dessen nachher beschriebene Demonstrationen stets allgemeines Staunen hervorrie-

*) Abdruck aus der Radiobeilage der «Elektroindustrie» mit freundlicher Erlaubnis des Verfassers.

fen. An Hand der beistehenden Abbildungen [1]) des Modells in seiner neuesten Ausführungsform wollen wir dieselbe kurz beschreiben. Es ermöglicht unmittelbar anschaulich, wie wir nachher ausführen werden, einen Rückblick über die verschiedenen Etappen der gesamten Entwicklung der Sendetechnik bis zum Auftreten der Röhrentechnik. Von dem bekannten Pendelmodell von *Oberbeck* (das in Zürich z. B. auch in den Physikalischen Sammlungen der Universität und des Gymnasiums vorhanden ist) weicht es in verschiedenen Punkten wesentlich ab.

Das neue Modell besteht aus zwei Hauptpendeln, welche durch ein System von Zahnrädern und ein drittes «mittleres» Pendel miteinander «gekoppelt» sind

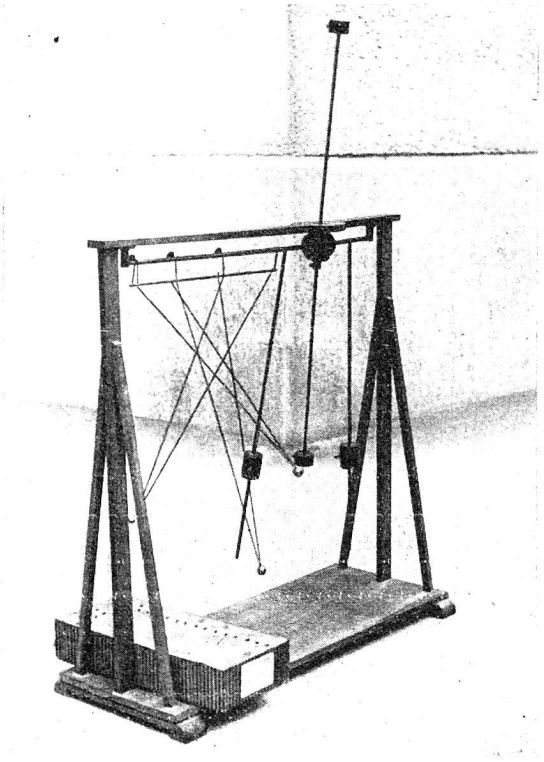


Frontale Momentaufnahme der *Eigenschwingung.* (Mittleres Fadenpendel in Schwingung. Aeussere Fadenpendel in Ruhe.)
Phot. Hans Meiner, Zürich.

(was in den elektrischen Schwingkreisen durch die magnetischen Kraftlinien erfolgt). Die Hauptpendel sind Stäbe, welche oben auf der Drehungsachse befestigt sind und verstellbare Gewichte tragen, damit man sie z. B. von genau gleicher Pendellänge bzw. Eigenschwingung machen kann, die bekanntlich von der Länge und dem Gewicht (Masse × Beschleunigung g) des Pendels abhängt. Das mittlere Pendel, welches die beiden Hauptpendel verkoppelt, ist aber so beschaffen, dass die Drehungsachse durch seinen Schwerpunkt geht, zu welchem Zwecke verstellbare Gewichte an beiden Enden des mittleren Pendelstabes angebracht sind.

Das eigentlich Neue und Wichtigste sind aber die noch vorhandenen drei kleinen «Pendelresonatoren». Diese Fadenpendelchen sind auf der Achse eines der Hauptpendel befestigt und sind so leicht, dass sie keinen merklichen Einfluss auf die Bewegung der Hauptpendel ausüben; sie dienen zur *Analyse der Schwingungsvorgänge.*

Dieses mechanische System ist, fachmännisch ausgedrückt, ein System von zwei Freiheitsgraden, und als unabhängige Parameter, durch welche die Lage des Systems eindeutig bestimmt ist, können offenbar die Winkel gewählt werden, welche das eine bzw. das andere Hauptpendel mit der Vertikalen bilden. Man kann nun auf unser System die bekannten *Lagrange*'schen Differentialgleichungen anwenden und erhält zwei Gleichungen, die von genau der gleichen Form sind wie die bekannten Gleichungen für zwei direkt gekoppelte Kondensatorkreise; sie unterscheiden sich nur durch die Bedeutung der Variablen und Koeffizienten voneinander.



Seitliche Momentaufnahme der *Kopplungsschwingungen.* (Aeussere Fadenpendel in Schwingung. Mittleres Fadenpendel in Ruhe.)
Phot. Hans Meiner, Zürich.

Unser mechanisches Modell kann also tatsächlich als ein Modell für zwei direkt gekoppelte Schwingkreise dienen.

Es lassen sich nun mit diesem Pendelmodell alle für gekoppelte Schwingsysteme charakteristischen Demonstrationen ausführen, was wir entsprechend dem Gang, den die historische Entwicklung in der drahtlosen Sendertechnik nahm, wie folgt darlegen wollen:

1. *Energieaustausch* zwischen den beiden Teilsystemen (wie er auch im *Braun*-System erfolgt): Man nimmt zweckmässig, um die Aufmerksamkeit auf diese Hauptpendel zu konzentrieren, die Messingkugeln der Fadenpendel in die flache Hand. Nun hebt man das eine Hauptpendel aus der Gleichgewichtslage und lässt es schwingen. Man sieht dann, dass die Energie zwischen den beiden Hauptpendeln hin und her pendelt, d. h. bald das eine, bald das andere kommt abwechselnd zur Ruhe, während jeweils das andere maximale Amplitude erreicht (was zu demonstrieren der Hauptzweck des erwähnten Pendelmodells von *Oberbeck* war).

[1]) Wegen der notwendigen, sehr kurzzeitigen Aufnahmen im Moment der erreichten Maximalwerte der Amplituden, insbesondere der Kopplungsschwingungen, wurden diese Momentaufnahmen im Freien bei Sonnenlicht gemacht.

2. *Eigenschwingung der Teilsysteme:* Man hält ein Hauptpendel (dasjenige am Gestell) fest und lässt das andere allein schwingen. Dann gerät nur das mittlere Resonatorfadenpendel, das auf die Eigenschwingung der Hauptpendel (die beide genau gleich sind) abgestimmt ist, ins Mitschwingen, während die anderen beiden Fadenpendel in Ruhe bleiben. (Das ursprüngliche *Marconi*-System arbeitete mit der Eigenschwingung der Antenne.)
3. *Kopplungsschwingungen* (wie in electricis im *Braun*-System): Man hebt das eine Hauptpendel (am Gestell) an und lässt den Energieaustausch stattfinden. Jetzt schwingen die beiden äusseren Resonatorfadenpendel mit, während das mittlere in Ruhe bleibt, d. h. es manifestieren sich jetzt eine höhere und eine tiefere Schwingung (Kopplungsschwingungen) an Stelle der Eigenschwingung der Hauptpendel, also das Phänomen der *Zweiwelligkeit*, die für vorliegende Abhandlung die Hauptsache ist.

   Der naive Beobachter, der sich vielleicht aus seinen physikalischen Schulkenntnissen wenigstens noch erinnert, dass die Schwingungsdauer T eines Pendels der Pendelmasse m abhängt von seiner Länge l und seinem Gewicht G = mg (g = Gravitationsbeschleunigung), ist geneigt zu glauben, dass durch die Kopplung von zwei genau gleichen Pendeln sich nichts ändern könne als allenfalls die Schwingungsdauer

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{ml}{mg}} = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

   Das Pendelmodell weiss es besser. Durch die Fadenpendelresonatoren manifestiert es, dass sozusagen esoterisch zwei Schwingungen im gekoppelten System vorhanden sind, von denen die eine viel tiefer und die andere viel höher in der Frequenz ist als die Eigenschwingung der Einzelpendel; anders ausgedrückt: es besteht jetzt «Zweiwelligkeit» an Stelle der «Einwelligkeit», was sich auch aus der theoretischen Behandlung ergibt sowohl für das mechanische wie das elektrische System.
4. *Wien'sche Stosserregung:* Man hebt wieder das eine Hauptpendel (zweckmässig dasjenige am Gestell) an, um es nachher, sobald es zur Ruhe gekommen und die Schwingungsamplitude des anderen Hauptpendels ein Maximum geworden ist, von aussen festzuhalten, damit ein Rückfliessen der Energie verhindert wird. Jetzt treten die Kopplungsschwingungen nicht mehr auf, sondern nur das mittlere Resonatorfadenpendel schwingt mit, d. h. das sekundäre Hauptpendel pendelt sich in seiner Eigenschwingung aus. In electricis ist es also die stossartig erregte Eigenschwingung der Antenne.

In der *drahtlosen Telegraphie* beim Sender wurde in dem gekoppelten System von Prof. Ferd. *Braun*, in dem die Kopplungsschwingungen auftraten, nach Einführung der von Prof. M. *Wien* vorgeschlagenen kleinen «Löschfunken» infolge ihrer Dämpfungseigenschaften das primäre System (geschlossener Schwingungskreis) automatisch abgeschaltet, sobald die Energie auf das sekundäre System (Antenne) hinübergependelt ist, die Sender-Antenne wird so stossartig erregt und pendelt sich in ihrer Eigenschwingung aus (*Wien-Telefunken*-Sendersystem der tönenden Löschfunken, das auf Seeschiffen heutzutage immer noch mitverwendet wird). Das Prinzip einer idealen Stosserregung elektrischer Schwingungen hatte Referent schon vorher in die *Messtechnik* eingeführt, woraus der erste HF-«Meßsender» entstand, wie kürzlich in der Radiobeilage näher dargelegt wurde.

Die Abstimmung der Fadenpendelresonatoren auf maximale Amplitude der Eigenschwingung und besonders der Kopplungsschwingungen erfolgte empirisch; für letztere ergibt sich eine unsymmetrische Lage zur Eigenschwingung, was zuerst etwas stutzig machte, doch ist auch theoretisch bei fester Kopplung nichts anderes zu erwarten. Denn es ist, wenn n, n_1, n_2 die Schwingungszahlen und k den Kopplungskoeffizienten bedeuten:

$$n_1 = \frac{n}{\sqrt{1-k}} \text{ und } n_2 = \frac{n}{\sqrt{1+k}}$$

Es ist also n_1—n nicht = n_2—n.

Das neue Pendelmodell ist ein weiteres Hilfsmittel in dem Bestreben, die verwickelten Ergebnisse der Theorie auch dem Nichtfachmann anschaulich und allgemeinverständlich zu machen. Dem Fachmann zeigt die Aufstellung der Bewegungsgleichungen aufs neue die weitgehende Uebereinstimmung der mechanischen und elektrischen Vorgänge, auch auf dem aktuellen Hochfrequenzgebiet. *Dr. Eichhorn.*

Die Funknachrichtenübermittlung bei der Infanterie

Chiffrierung, Tarnung oder offene Sprache?

Von Oblt. *R. Kessler*, Instr. Of. der Inf., Bern

Auf dem Gebiete der Funknachrichtenübermittlung und ihrer Geheimhaltung herrschen heute zweifelsohne recht verschiedene, zum Teil sogar einander völlig entgegenstehende Ansichten. Rügen einige Taktiker auf der einen Seite die übertriebene Aengstlichkeit in der Geheimhaltung bei der Funkübermittlung und die sich daraus ergebende Schwerfälligkeit des Funkes überhaupt, so stehen diesen Vorwürfen andere, der absoluten Chiffrierung zugewandte und technisch begründete Meinungen gegenüber.

Eine Abklärung dieser verschiedenen Ansichten wird jedoch nicht in allgemeinem Rahmen und nicht grundsätzlich erfolgen können. Ausschlaggebend für die Frage der Verschlüsselung sind vor allem taktischer Rahmen und Lage und die technische Eigenart, bzw. die Vervollkommnung der verwendeten Apparate. Es ist deshalb verfehlt, für den Funkverkehr der Regimenter aufwärts und der Regimenter abwärts die gleichen Geheimhaltungsbestimmungen zu erlassen, da der taktische Rahmen in einem Falle viel weiter gespannt ist und die verwendeten Geräte ganz andere Eigenschaften besitzen; letzteres vor allem in bezug auf Reichweite und damit verbunden die Abhorchmöglichkeit und auf die technischen Hilfsmittel für mechanische Chiffrierung. Naturgemäss wird es zudem bei grossen Kampfverbänden relativ lange dauern, bis erlassene Befehle durch die untersten Kampfelemente ausgeführt sind. Ein Abhorchen und Auswerten durch den Feind kann deshalb in zeitlicher Hinsicht viel eher erfolgen, abgesehen davon, dass durch den Gegner aufgefangene und ausge-