

Funktechnik



Funktechnik oder Funk

(veraltet: „Funkentechnik“) ist eine Bezeichnung für die Methode, [Signale](#) mit Hilfe [modulierter elektromagnetischer Wellen](#) im [Hochfrequenzbereich](#) (auch genannt: HF-Signale oder [Radiowellen](#)) drahtlos zu übertragen. Eine Form der [drahtgebundenen](#) Nachrichtenübertragung dieser Signale ist die sogenannte [Trägerfrequenztechnik](#).
([wikipedia](#))

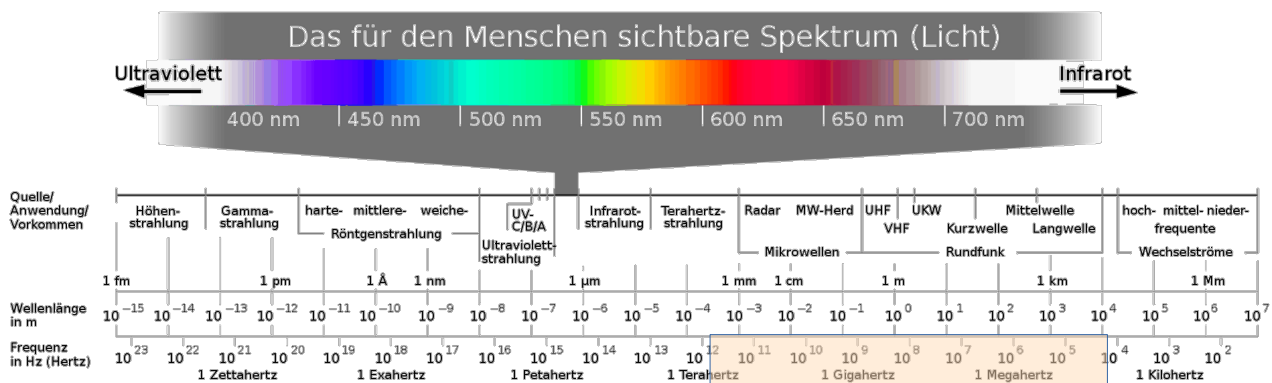
Dieses Fach-Gebiet ist sehr umfangreich, es gibt keinen Wissenschaftler, der als Erfinder gilt, es sind viele, die etwa zur gleichen Zeit auf diesem Gebiet geforscht haben. Und da die Kommunikation nicht so einfach wie heute war, sind viele Dinge parallel entwickelt worden – der Stand der Entwicklung war einfach so, dass viele Wissenschaftler darauf gestoßen sind.

Faraday hat als erster über die Verbreitung von Informationen ohne Leitungen sondern per Funk (durch den Äther) nachgedacht, hat so auch Licht eingeordnet und sehr viele Experimente durchgeführt, aber keine einzige Formel dazu aufgeschrieben!

Maxwell war von den Experimenten so fasziniert, dass er die Ergebnisse unbedingt in Formeln niederschreiben wollte – was ihm ja auch mit den „**Maxwellschen Gleichungen**“ gelungen ist!

Er hat die Wellen vorausgesagt, **Heinrich Hertz** hat sie dann tatsächlich nachgewiesen

Auf einen gut nutzbaren Stand haben die Funktechnik (unter vielen) **Marconi und Braun** gebracht, aber auch **Tesla** hat auf diesen Bereich zu der Zeit einen großen Beitrag geleistet.



Wieder einmal kommt zur Anschauung die Frequenzübersicht aller Wellen zum Einsatz, wir sprechen jetzt über den Bereich von „Langwellen bis Radarwellen“ Frequenzen von etwa **10⁴ bis 10¹² Hz** (10KHz – 1000GHz (1THz))

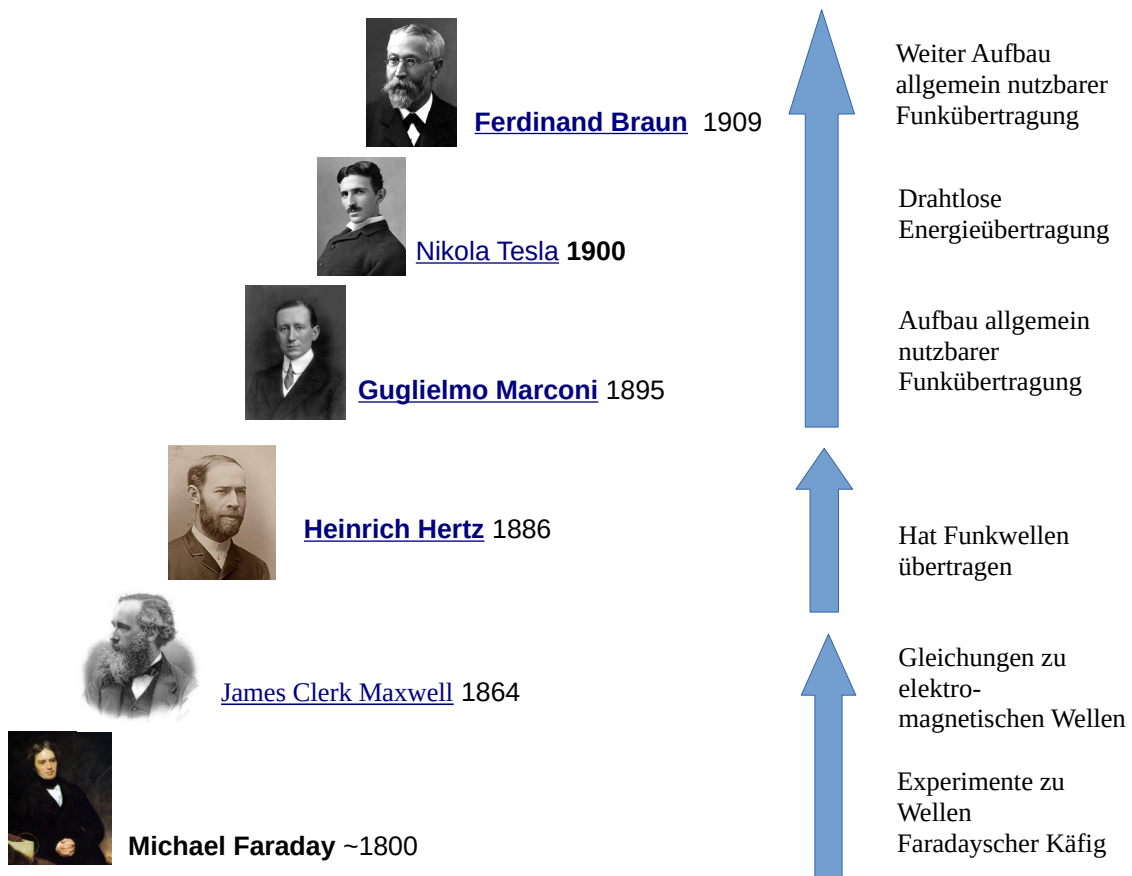
Diese Frequenzen liegen über dem Schall, aber eben noch deutlich unter dem Licht.

Das Problem aber ist, dass man diese Frequenzen nicht hören, nicht sehen und nicht fühlen kann. Vorteil ist natürlich, dass kein Medium (Wasser. Luft – Äther) gebraucht wird um Informationen zu

übertragen, man muss jedoch technische Hilfsmittel einsetzen, um sie für den Menschen nutzbar zu machen.

Ein solches Verfahren ist die Modulation, man moduliert die höheren Frequenzen im Takt der hörbaren Frequenzen. Die Übertragung dieser höheren Frequenz erfolgt nun auf der Basis der elektromagnetischen Wellen. Am Ende, um die Information wieder hörbar zu machen, muss die modellierte höhere Frequenz demoduliert werden, so dass nur noch die niedere Frequenz übrig bleibt! Der technische Aufwand ist also höher, als wenn z.B. nur der Schall übertragen wird, aber man schafft so eine weltweite Verbindung (Mittelwelle, Kurzwelle) bzw. kann auf Grund der höheren Energie undurchsichtige Räume durchdringen (Radar). Auch die gesamte Funktechnik ist in diesem Bereich angesiedelt (Handy) und auch Bluetooth und WLAN (so ab 2GHz), NFC jedoch bei 13,56 MHz .

Diese Wissenschaftler haben im Wesentlichen zur Entwicklung der Funktechnik beigetragen:



Weitere Beiträge von folgenden Wissenschaftlern:



Geschichte und Begriffsherkunft

Die Existenz von frei im Raum sich ausbreitenden elektromagnetischen Wellen wurde 1864 von [James Clerk Maxwell](#) auf Grund theoretischer Überlegungen vorhergesagt und am 11. November 1886 von [Heinrich Hertz](#) zum ersten Mal experimentell bestätigt.

Der Name „Funk“ geht dabei auf die [Entladungsfunken](#) zurück, die bei den frühen [Sendeanlagen](#) auftraten. Diese arbeiteten mit [Funkenstrecken](#). Durch die starken, [oberwellenreichen](#) Strom- und Spannungsimpulse entstanden hierbei auch die gewünschten Funkwellen. Am 20. März 1900 erhielt [Nikola Tesla](#) sein erstes Patent über die drahtlose Energieübertragung, das heute als erstes Patent der Funktechnik gilt. Die erste Funkverbindung gelang [Guglielmo Marconi](#) 1895 mit einem [Knallfunkensender](#) und dem Nachbau eines Empfängers von [Alexander Stepanowitsch Popow](#) über eine Entfernung von etwa fünf Kilometern. Diese Pioniere der Funktechnik gelten heute als die ersten [Funkamateure](#).

Der Physiker [Ferdinand Braun](#) bekam 1909 zusammen mit **Marconi**, dem die praktische Umsetzung und die [erste transatlantische Funkübertragung](#) gelang, den [Nobelpreis für Physik](#) „als Anerkennung ihrer Verdienste um die Entwicklung der [drahtlosen Telegraphie](#)“. **Braun** hatte am 20. September 1898 eine erste drahtlose Nachrichtenübermittlung am Physikalischen Institut in [Straßburg](#) aufgebaut, die kurz darauf 30 km weit bis in den [Vogesenort Mutzig](#) reichte. **Marconi** errichtete 1897 die erste kabellose Verbindung über den [Bristolkanal](#), und im gleichen Jahr errichtete Braun von [Cuxhaven](#) aus eine 3 km bis zur [Kugelbake](#) reichende Funkverbindung. Am 24. September 1900 wurde eine solche Verbindung über die 62 km lange Strecke Cuxhaven–[Helgoland](#) geschaffen. Am 12. Dezember 1901 gelang möglicherweise die erste transatlantische Funkübertragung zwischen [Poldhu](#) (Halbinsel [The Lizard](#), [Cornwall](#)) und [St. John's \(Neufundland\)](#). Es wurde das Morsezeichen für den Buchstaben „S“ (· · ·) telegraphiert und knapp 3500 km hinweg über den Ozean empfangen. Allerdings blieb der Empfang offiziell unbestätigt. Dies gelang dann aber am 18. Januar 1903.

Auch **Thomas Edison** hat sich kurz mit elektromagnetischen Wellen beschäftigt, jedoch lagen nach bisherigen Erkenntnissen, seine Arbeiten mehr auf Gebiet der Draht gebundenen Übertragungen.

Diese primitive und heute unerwünschte Erzeugung von Funkwellen erlaubte nur Nachrichtenübermittlung durch [Morsezeichen](#), beispielsweise von der [Großfunkstelle Nauen](#) zu den Schiffen der kaiserlichen Marine oder zu den [Funkstationen in Deutsch-Südwestafrika](#). Erst nach der Entdeckung der [Oszillatorschaltung](#) mit einer [Elektronenröhre](#) durch [Alexander Meißner](#) und die darauf aufbauenden Entwicklungen nach 1913 konnten weitere [Modulationsarten](#) entwickelt werden. Voraussetzung dafür ist eine zunächst konstante Ausgangsleistung, die bei Übertragung von Ton, Bild und später auch Daten gezielt geändert werden kann.

Die erste Sprachnachricht wurde im Jahr 1900 von [Reginald Fessenden](#) gesendet. Die erste [Rundfunkübertragung](#) fand zum Weihnachtsfest 1906 statt. Fessenden las die Weihnachtsgeschichte aus der Bibel vor. Die Übertragung war in 500 Metern Umkreis zu empfangen.

Allgemeines

Die Funktechnik basiert auf der physikalischen Möglichkeit, dass man eine elektromagnetische Welle – ein sich im Raum ausbreitendes im Idealfall möglichst sinusförmiges [Hochfrequenzsignal](#) (HF-Signal) bestimmter [Frequenz](#) und [Amplitude](#) – als [Träger](#) für Information, wie [Daten](#) (im einfachsten Fall [Morsezeichen](#)), [Sprache](#) oder [Musik](#) oder andere [Nachrichten](#) nutzen kann. Dazu muss das Trägersignal in geeigneter Weise durch das Nachrichtensignal [moduliert](#) werden. Man kennt diverse [Modulationsarten](#), von denen die elementarste das einfache Ein- und Ausschalten ([Tastung](#)) des Trägers ist, wie es mithilfe einer [Morsetaste](#) von Hand gemacht werden kann. Etwas fortschrittlichere, inzwischen aber auch schon „traditionelle“ Methoden sind die [Amplitudenmodulation](#) (AM) mit Sprache oder die [Frequenzmodulation](#) (FM). In allen Fällen wird das modulierte HF-Signal über eine [Antenne abgestrahlt \(gesendet\)](#) und auf der [Empfängerseite](#)

durch eine weitere Antenne wieder aufgenommen. Dort kann das [Nutzsignal](#) durch [Demodulation](#) wieder zurückgewonnen und die ursprünglichen Nachrichten (Morsezeichen, Töne, Sprache, Musik, Daten, [Bilder](#) oder [Videos](#)) wieder hörbar oder sichtbar gemacht oder auf andere Weise verarbeitet werden.

Der Vorteil gegenüber konkurrierenden Übertragungsarten ist, dass

- es sehr viele unterschiedliche Trägerfrequenzen gibt, die sich gegenseitig nicht beeinflussen
- keine elektrischen Kabel zwischen Sender und Empfänger verlegt werden müssen
- die Anzahl der Funkempfänger praktisch keinen technischen Einschränkungen unterliegt
- Sender und insbesondere Empfänger sehr gut getarnt sein und u. U. kaum entdeckt werden können

Nachteilig ist, dass

- man die Sendungen abhören kann, ohne entdeckt zu werden. Die Nutzung der übermittelten Daten kann aber durch [Verschlüsselung](#) erschwert werden
- die Kommunikation durch [Störsender](#) erschwert oder unmöglich gemacht werden kann
- der technische Aufwand erheblich ist, was aber durch Fortschritte der Mikroelektronik immer weniger ins Gewicht fällt
- im gesamten Ausbreitungsbereich des Senders jedes Frequenzband nur von einem einzigen Sender genutzt werden kann, sofern nicht Techniken wie [Richtfunk](#) oder [Zeitmultiplexverfahren](#) eingesetzt werden

Beim [Hörfunk](#) und [Fernsehen](#) sendet ein Teilnehmer, der [Radio](#)- oder Fernsehsender, und alle anderen Teilnehmer auf diesem [Kanal](#) empfangen nur, ohne selbst zu senden. Die Übertragung ist unidirektional – sie geht nur in eine Richtung.

Funk: drahtlose Übertragung per Radiowellen

Funk nutzt elektromagnetische Wellen, um Informationen drahtlos zu übertragen. Damit wurde Kommunikation unabhängig von Kabeln möglich. Zunächst wurden per Funk vor allem Morsezeichen übertragen; später folgten Sprache, Musik, Bilder und digitale Daten.

Funktechnik ist die Grundlage zahlreicher moderner Anwendungen: Radio, Fernsehen, Betriebsfunk, Amateurfunk, Polizeifunk, Satellitenkommunikation, WLAN, Bluetooth und Mobilfunk nutzen jeweils bestimmte [Frequenzbereiche](#) und technische Standards.

Weil Funksignale prinzipiell empfangen oder gestört werden können, spielen Regulierung, Frequenzvergabe, Verschlüsselung und technische Standards eine wichtige Rolle. Mehr dazu findet sich auch im Bereich [Mobilfunktechnik](#).

Funktechnik ist eine verlässliche Methode, Signale drahtlos über elektromagnetische Wellen zu übertragen. Funkwellen liegen in einem Frequenzbereich zwischen 10 KHz (Kilohertz) und 300 GHz (Gigahertz).

Ein konstantes Trägersignal wird über eine Modulationsart durch ein Nachrichtensignal abgewandelt. Dadurch wird die Amplitude oder die Frequenz verändert und über eine Antenne gesendet und von einer anderen Antenne empfangen. Durch Demodulation wird die ursprüngliche Nachricht wieder gewonnen.

Unter Modulation versteht man in der Funktechnik die Überlagerung eines niederfrequenten Informationssignals (Sprache, Daten, Musik) auf eine hochfrequente Trägerwelle. Dadurch wird das Signal über Antennen abstrahlbar. Der Empfänger trennt das Signal im Anschluss wieder auf (Demodulation).

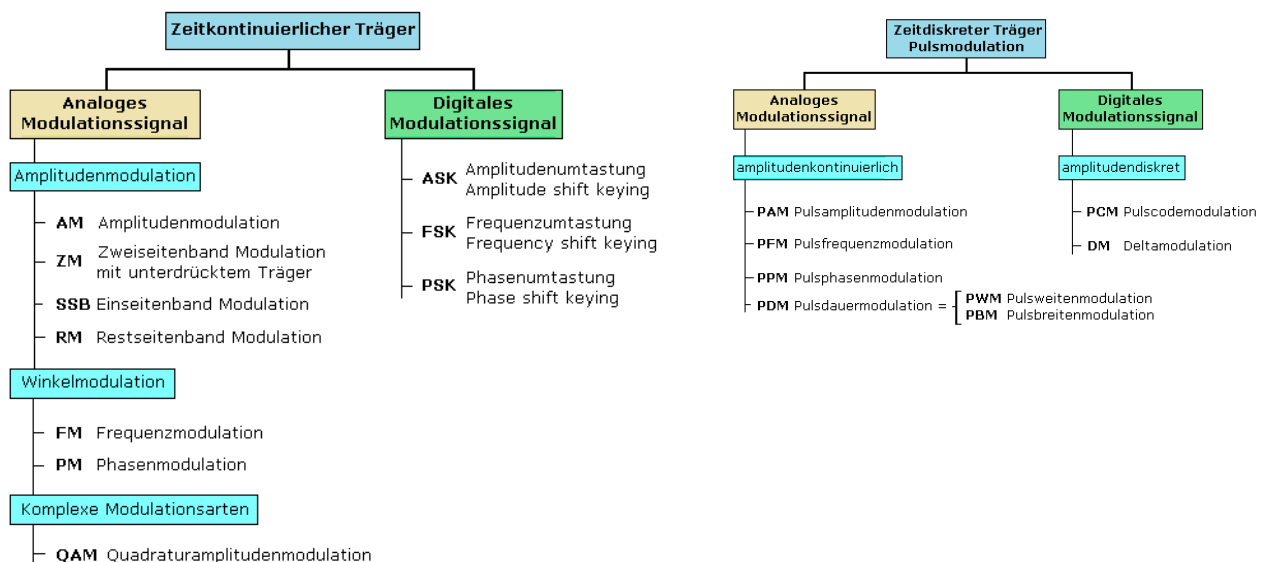
Die wichtigsten Modulationsarten im Überblick:

Analoge Verfahren

- **Amplitudenmodulation (AM):** Die Stärke (Amplitude) der Trägerwelle wird im Rhythmus des Signals verändert.
 - *Vorteil:* Einfache Technik, große Reichweite.
 - *Nachteil:* Stark anfällig für elektrische Störungen (z. B. Gewitter).
- **Frequenzmodulation (FM):** Die Frequenz der Trägerwelle wird verändert, während ihre Stärke konstant bleibt.
 - *Vorteil:* Sehr hohe Klangqualität und weitgehende Störungsfreiheit.
 - *Nachteil:* Benötigt mehr Bandbreite und ist eher für den Nahbereich geeignet.

Digitale Verfahren

- **Frequenzumtastung (FSK):** Die Trägerwelle springt zwischen zwei verschiedenen Frequenzen hin und her, um Einsen und Nullen (Bits) darzustellen.
- **Phasenmodulation (PSK):** Die Phasenlage der Welle wird verändert, um digitale Daten zu kodieren.
- **Quadratur-Amplitudenmodulation (QAM):** Kombiniert die Veränderung von Amplitude und Phase. Sie wird intensiv in modernen Systemen (LTE, 5G, WLAN) genutzt, da sie extrem viele Daten auf engstem Raum übertragen kann.



Alexander Stepanowitsch Popow ([russisch](#) Александр Степанович Попов, wiss. [Transliteration](#) *Aleksandr Stepanovič Popov*; * 4. März^{jul.} / 16. März 1859^{greg.} in [Turjinskije Rudniki, Gouvernement Perm](#); † 31. Dezember 1905^{jul.} / 13. Januar 1906^{greg.} in [Sankt Petersburg](#)) war ein [russischer](#) Physiker, Pionier der [Funktechnik](#) und [Amateurfunk-Pionier](#).

Denkmal Für den Erfinder des Radios Popow A.S. in [Jekaterinburg](#)

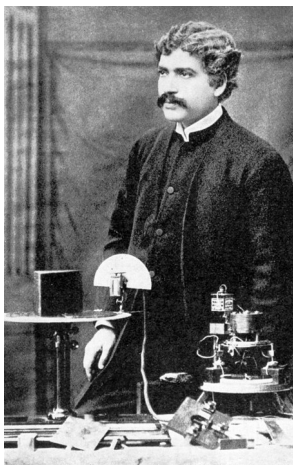


Detektionsgerät von Popow für Bliztentladungen, 1895

Als Sohn eines Geistlichen studierte Popow zunächst am Theologischen Seminar in [Perm](#). Im Jahre 1882 absolvierte er die Fakultät für Physik und Mathematik an der [Sankt Petersburger Universität](#).



Ab den späten 1880er-Jahren begann Popow mit seiner Forschungsarbeit an der Ausbreitung, Polarisation, Reflexion und Brechung elektromagnetischer Wellen. Am 7. Mai 1895 schilderte er auf einem Treffen der [Russischen Akademie der Wissenschaften](#), damals in [Sankt Petersburg](#), seine Versuche über den Empfang elektrischer Schwingungen, die von natürlichen Bliztentladungen bei [Gewittern](#) rührten, und führte erstmals in der Welt ein Detektionsgerät dafür vor. Dabei benutzte er erstmals eine Antenne und verbesserte den zu der Zeit bereits bekannten [Kohärer](#).



Sir **Jagadish Chandra Bose** (* 30. November 1858 in [Maimansingh, Bengalen](#), heute in [Bangladesch](#); † 23. November 1937 in [Giridih, Bengalen](#), heute in [Indien](#)) war ein indischer [Naturwissenschaftler](#). Er beschäftigte sich mit [Physik](#) und [Botanik](#) und war einer der [Pioniere des Radios](#). Neben der [Schallübertragung](#) interessierte er sich für die Auswirkungen [elektromagnetischer Wellen](#) auf Lebewesen, insbesondere auf Pflanzen, und führte hierzu eine Vielzahl von Experimenten durch. Auf Grund der Vielfältigkeit seiner Tätigkeitsfelder wurde er als [Polymath](#) bezeichnet.

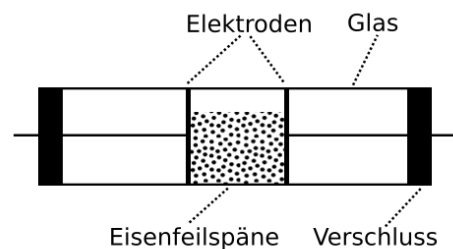
William Dubilier (* 25. Juli 1888 in [New York City](#); † 25. Juli 1969 ebenda) war ein US-amerikanischer Erfinder im Bereich Radio und Elektronik. Er demonstrierte Funkkommunikation auf der [Alaska-Yukon-Pazifik-Ausstellung](#) in Seattle am 21. Juni 1909; zehn Jahre vor dem ersten kommerziellen Senderbetrieb. Als Absolvent von [Cooper Union](#) war er der erste, der Blätter von natürlich vorkommendem [Glimmer](#) als [Dielektrikum](#) in einem Kondensator verwendete. Glimmerkondensatoren wurden in frühen Funkoszillator- und Abstimmkreisen weit verbreitet, da der Temperaturkoeffizient der Ausdehnung von Glimmern niedrig war, was zu einer sehr stabilen Kapazität führte – Glimmerkondensatoren werden immer noch dort eingesetzt, wo eine außergewöhnliche Temperaturstabilität erforderlich ist.

1920 gründete er die [Dubilier Condenser Company](#) in New York. Sein Sohn [Martin H. Dubilier](#) wurde auch ein prominenter Erfinder und Firmengründer



Der **Kohärer** (von [lat. cohaerere](#) „zusammenhängen“, engl. *coherer*), im Deutschen auch als **Fritter** bezeichnet (vom Verb *fritten* für „zusammenbacken lassen“), dient zur Detektion von [elektromagnetischen Wellen](#) im Frequenzbereich von [Radiowellen](#). Damit ist er ein Vorgänger der [Detektordiode](#). Er besteht in der ursprünglichen Bauform aus einem elektrisch isolierenden Rohr, in der Regel Glas, aber auch Hartgummi/[Ebonit](#), das teilweise mit [Metallspänen](#), beispielsweise Eisenfeilspänen („Eisenfeilicht“) gefüllt ist. Das Rohr wird an beiden Enden mit [Elektroden](#) abgeschlossen, über die die anzuzeigenden elektromagnetischen Wellen von der [Antenne](#) zugeführt werden.

Im Grundzustand ist die mit Metallspänen teilweise ausgefüllte Strecke zwischen den beiden Elektroden elektrisch praktisch nicht [leitfähig](#). Treffen die von der Antenne eingefangenen elektromagnetischen Wellen auf den Kohärer, so wird die Verbindung infolge der Überschreitung der [Frittspannung](#), auch Frittschlussspannung, niederohmig.



Da der Kohärer nach dem Eintreffen elektromagnetischer Wellen leitfähig bleibt, muss er wieder in den nichtleitenden Zustand zurückversetzt werden. Dazu reicht es aus, ihn mechanisch zu

erschüttern, was z. B. beim [Telegraphen](#) durch einen Klöppel, ähnlich dem Klöppel einer elektrischen Klingel, bewirkt wird. Dieser Klöppel, auch als **Dekohärer** bezeichnet, wird gleichzeitig mit dem Morseschreiber durch das [Telegraphenrelais](#) angesteuert und entspricht funktionell dem [Wagnerschen Hammer](#). Wichtig ist, dass der Klöppel mechanisch in der Richtung angeordnet ist, dass mit dem Abbrechen des Signals der Klöppel durch Federkraft auf den Fritter geschlagen wird und damit den Fritter nichtleitend macht. Erst wenn erneut ein Signal eintrifft, bewegen sich erneut Klöppel und ggfs. Relais.

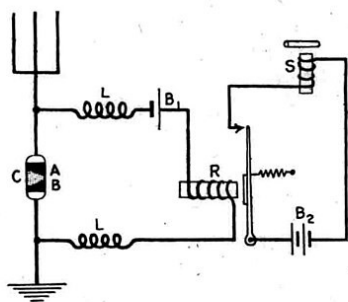
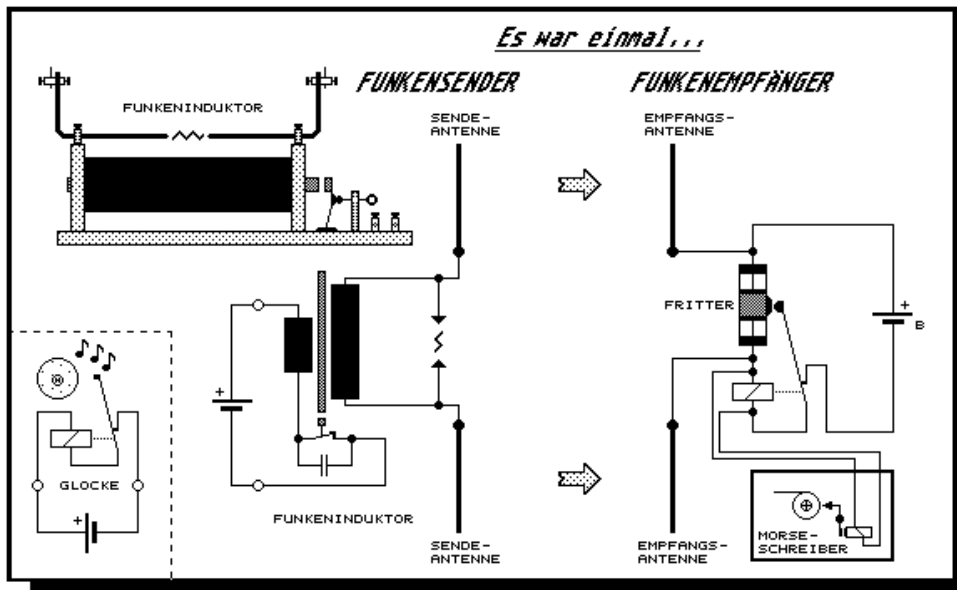


Fig. 101. Marconi 1896 Receiver.



Analog → Digital → Analog

