

Auszug aus dem Fachbuch «Radios von gestern»
(Ernst Erb)

Wir haben die Seitennummerierung so eingesetzt, dass sie dem Buch entspricht. Damit können sich Leerstellen (zu Beginn oder am Ende) ergeben.

Sie sind eingeladen, Fehler in diesem Buch zu melden oder den fachartikeln Zusätze in Ihrem Namen anzufügen. Dazu können wir Ihnen die Schreibrechte einstellen. Fehlerkorrekturen möchten wir in einem günstigen Arbeitsbuch mit einfließen lassen, sobald die jetzige Form (3.Auflage) ausverkauft ist. Zusatzartikel verbleiben aber hier, da wir die Seiteneinteilung grundsätzlich auch im neuen Buch einhalten wollen.

Benutzen Sie das Feldstecher-Symbol, um Suchbegriffe sofort zu finden.

Kritiken über das Buch finden Sie über www.amazon.de. Bestellen können Sie es direkt bei der Verlagsauslieferung, die täglich per Post gegen Rechnung Bücher ausliefert: HEROLD-Oberhaching@t-online.de oder HEROLD@herold-va.de. Da ist auch der Radiokatalog Band 1 zu haben.

Copyright Ernst Erb

www.radiomuseum.org

SENDEPRINZIPIEN

Für das Aussenden von elektromagnetischen Wellen zum Zwecke der Telegrafie und des Rundfunks kommen vier grundsätzliche Sendeprozesse in Frage. Heute hat lediglich das vierte Prinzip Bedeutung. Zum Verständnis von alten Apparaten und der technischen Entwicklung finden Sie hier alle vier Prinzipien vorgestellt:

Sendeprozesse mittels:

- Unterbrecher (Funkensender)
- veränderlichem Widerstand (Lichtbogensender)
- Generator (Hochfrequenzmaschine)
- Röhre oder Halbleiter

Das erste Prinzip arbeitet mit gedämpften Schwingungen. Einige Autoren teilen das zweite Prinzip auch in diese Kategorie ein. Beim zweiten Prinzip handelt es sich um «freie angefach-

te Schwingungen». Die beiden letzten erzeugen ungedämpfte, kontinuierliche Schwingungen (engl. **CW** für **continuous waves**).

Mit Unterbrecher

Durch das Aufladen eines Kondensators und seine Einschaltung in einen Kreis entstehen gedämpfte Schwingungen. Dabei lässt sich ein Teil der Schwingungsenergie abzweigen. Mit passender Bemessung von Spule und Kondensator erreicht man ohne Schwierigkeiten HF-Schwingungen bis in den Bereich der ultrakurzen Wellen. Die Entwicklung hat zur Verwendung des Funkenüberschlages geführt. Dies ist ein einfaches, für hohe Ladenspannungen brauchbares Mittel. Der Funke dient lediglich als Schalter; die Hauptrolle spielt der Kreis. Ein **Induktorium** bzw. **Funkeninduktor** erzielt für dieses Sendeprozess die hohen Spannungen. Zum Ein- und Ausschalten der **Funkensender** dienen Morsetasten oder weiterentwickelte Tasten für grosse Leistungen.

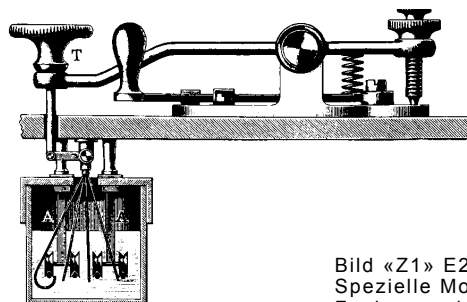


Bild «Z1» E24 [Meyers1903]
Spezielle Morsetaste für
Funkensender
System Fessedenden

Knallfunkensender

Für technische Anwendungen haben die Auf- und Entladungen schnellstmöglich zu erfolgen. Schnell schwingende oder schnell umlaufende Schaltvorrichtungen kommen dazu in Gebrauch. Bei grossen Stationen knallen ständig armdicke Funken von mehr als einem halben Meter Länge über! Der Funke beherrscht das optische und akustische Bild. Dieser Eindruck prägte das Wort «Funken» oder «Funk» für jede Übertragung von Informationen durch elektromagnetische Wellen. Ausdrücke wie **Knarrfunken**- oder **Knatterfunken** sind Synonyme zu Knallfunken.

Elektromagnetische Schwingungen erzeugt **Henry** 1840-42, die **Thomson (Lord Kelvin)** 1853 bestätigt und deren Wesen **Maxwell** 1865 noch heute gültig beschreibt. **Hertz** benutzt 1887, nachdem **Feddersen** 1858 die Erregung von Schwingungen mittels Funkenentladung gezeigt hat, eine in den Dipol geschaltete Funkenstrecke. Auf diese Weise lässt er unmittelbar einen offenen Kreis schwingen.

Marconi setzt 1896 in England eine geerdete, einfache **Linearrantenne (Marconi-Antenne)** bzw. einen Halbdipol (Monopol) vertikal auf eine «ideale» Erde und schaltet die Funkenstrecke in den **Fusspunkt**. Er stellt mit dieser einfachen Anordnung als erster die Möglichkeit der Überwindung grösserer Entfernungen durch elektromagnetische Wellen vor und leitet damit die Entwicklung der drahtlosen Nachrichtentechnik ein.

Braun benutzt im Jahre 1898 einen geschlossenen Kreis als Erregerkreis. Diesen koppelt er induktiv mit dem offenen Antennenkreis. Die Vorteile dieser Anordnung sind: Geringere Dämpfung in der Antenne - weil sie die Funkenstrecke nicht mehr enthält - und die Möglichkeit der Nutzung grosser Kapazitäten im Erregerkreis zur Steigerung der Leistung.

Die Anordnung erzielt freie Schwingungen gekoppelter Kreise. Das Umladen von einem Kreis auf den anderen bewirkt

zwei Frequenzen. Durch die Überlagerung dieser gleichzeitig vorhandenen Schwingungen, die ziemlich nahe aneinanderliegen, entstehen Schwebungen. Bei unterkritischer, d.h. sehr loser Kopplung (Faktor kleiner 1) fallen beide Frequenzen mit der Resonanzfrequenz zusammen. Durch einen Generator erzwungene Schwingungen gekoppelter Kreise verursachen dieselbe Erscheinung. Kritische Kopplung bewirkt eine verbreiterte Resonanzkurve, überkritische bzw. sehr enge Kopplung eine Einsattelung. Letztere Art der Kopplung ist als Bandfilter bekannt.

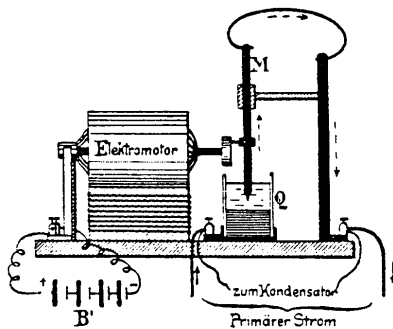


Bild «Z1» T61
Quecksilberunterbrecher

Um den Funken ein- und auszuschalten verwendet man verschiedene Apparate wie **Quecksilberunterbrecher** (Motorunterbrecher), **Elektrolytunterbrecher** oder **Magnetunterbrecher**. Bei kleinen Apparaten dient der Eisenstab direkt als Magnet für den Unterbrecher. Die Anordnung gleicht einer elektrischen Klingel (**Wagnerscher Hammer**).

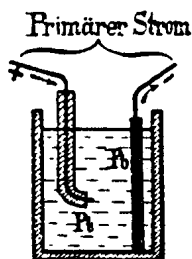


Bild «Z1» T62
Elektrolytischer Unterbrecher
(Wehnelt-Unterbrecher)

Löschfunktensender

Wien erkennt 1902, dass der Funke nach jedem «Zünden» so schnell wie möglich löschen sollte, da er wegen seiner Eigenschwingung den angekoppelten Antennenkreis sehr dämpft. Zwei mit einer Feder verbundene Pendel unterschiedlicher Resonanz zeigen das bessere Schwingverhalten des mitschwingenden Pendels bei nur einer Schwingung des Antriebspendels. Das angeregte Pendel schwingt allein mit weniger Dämpfung aus.

Wien erreicht diese Unterbrechung des Funkens mit einer Löschfunkenstrecke im Jahre 1905 in der Praxis. Sie besteht aus einer Glimmerschicht mit im Abstand von 0,2 mm gehaltenen Metallscheiben. Die Unterteilung der Strecke und die kühlende Wirkung der Metallmassen bewirkt eine so schnelle Entionisierung des Funkens, dass er nach Ablauf der ersten Schwebungswelle erlischt und nicht wieder zündet. Wien unterstützt den Vorgang durch besondere Mittel, wie etwa durch das Einschalten einer Drosselspule in die Transformatorzuleitung. Der Funkenkreis bleibt unterbrochen (Stosserregung); die Energie schwingt im Antennenkreis mit der Frequenz und Dämpfung des Kreises aus. Bei fester Kopplung tritt keine

Doppelwelligkeit auf. Das Löschfunkenprinzip erreicht als weiteren, wichtigen Vorteil eine wesentliche Steigerung der Funkenfolge je Sekunde gegenüber der Knall-Funkenstrecke, die maximal 100 Funken pro Sekunde erlaubt. Wegen der schlechten Entionisierung entsteht beim Knallfunkenstreckensystem mit höheren Funkenfolgen ein Lichtbogen, der den Transformator kurzschliesst und keine weiteren Ladungen zulässt.

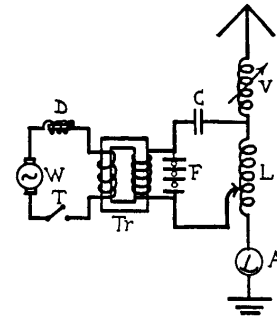


Bild «Z1» T56
Schaltung des Löschfunktensenders

Während der Knallfunkenstrecke knallende Geräusche abgibt, produziert der Wiensche **Stossfunktensender** bzw. Löschfunktensender (engl. **quenched spark transmitter**, franz. **émetteur à étincelles chantantes étouffées**) einen zischenden Ton. Beim Empfang ertönen die Zeichen mit 500 oder 1000 Hertz Tonlage. Sie heben sich deutlicher von den Störungen ab als das Geräusch der Kugelfunkenstrecke.

Gedämpfte Wellen haben drei entscheidende Nachteile. Erstens: Durch die notwendigen, ständigen Unterbrechungen betragen die Spitzenspannungen und -ströme das Mehrfache der Amplituden der kontinuierlichen Schwingungen bei gleicher Leistung. Eine gedämpfte Schwingung bildet keine einfache, sondern eine nach der Fourierschen Reihenentwicklung aus einer Menge von Einzelwellen zusammengesetzte Schwingung. Zweitens: Das Betätigen eines elektrischen Schalters ist kein simpler Ein- oder Ausschaltvorgang [139]. Einen Beweis dafür bietet das Knacken im Radio bei diesem Vorgang. Es erfolgt auf allen Frequenzen. Den Funkensenderkreis fachen eine Menge verschiedener Frequenzen an, statt eine einzige. Trotz der frequenzbestimmenden Bauteile nimmt diese Art Sender ein breites Frequenzband ein.

Drittens: Auftretende Töne oder Geräusche verhindern den Einsatz für drahtlose Telefonie, doch die Zahl der Entladungen ist in der Sendepaxis nicht bis auf Ultraschall zu steigern.

Mit veränderlichem Widerstand

Poulsen schlägt 1902 ein neues Verfahren vor, dessen Entwicklung er 1903 abschliesst. Mit Hilfe eines Lichtbogens erzeugt er freie, kontinuierliche (angefachte) Schwingungen von hoher Frequenz. Der Lichtbogen (nicht die Funkenstrecke) bildet hier eine selbststeuernde Vorrichtung. Der Widerstand sinkt mit wachsender Stromstärke; es tritt eine «fallende oder negative Charakteristik» auf.

Beim **Lichtbogengenerator** schliesst man eine Gleichstromquelle über zwei Drosselspulen an zwei Elektroden (z.B. Kohleelemente) so an, dass ein Lichtbogen entsteht. Parallel dazu bilden eine Spule und ein in Reihe geschalteter Kondensator einen Schwingkreis. Mit dieser Anordnung erzeugt **Duddell** im Jahre 1900 Tonschwingungen. **Wertheim** und **Salomonson** zeigen daraufhin durch Verkleinerung von L und C eine grundsätzliche Möglichkeit zur Erzielung von HF, doch er-

reichen sie keinen genügenden Wirkungsgrad. **Poulsen** gelingt es mit besonderen Mitteln, die eine schnelle Entionisierung und Verhinderung der Rückzündung beim Bogen herbeiführen, diesen in Verbindung mit einem Schwingkreis als technisch brauchbaren HF-Generator zu entwickeln.

Poulsens Anordnung verwendet beispielsweise als Anode ein wassergekühltes Kupfergefäß, das sich in einer von aussen zusätzlich gekühlten, mit Wasserstoff oder Leuchtgas gefüllten Kammer befindet. Die automatisch nachgeschobene Kathode aus Kohle dreht sich langsam. Der Bogen brennt in einem magnetischen Feld, dessen Richtung senkrecht zur Bogenstrecke verläuft. Als magnetisches Gebläse treibt das Feld die Ionen aus der Bogenstrecke. Der Lichtbogen erlischt beim Absinken des Stromes unter einen bestimmten Wert. Beim Wiederanstieg der Spannung zündet er erneut. Damit entstehen Schwingungen zweiter Art. Der Widerstand wird durch das Löschen des Bogens zeitweise unendlich. Damit fliesst der gesamte Gleichstrom in den Schwingkreis und lädt den Kondensator auf.

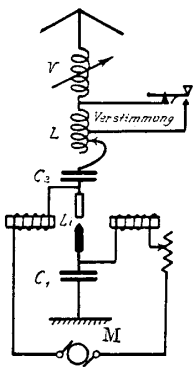


Bild «Z1» T57
Schaltung des Lichtbogensenders
Die Energie liefert eine Gleichstrommaschine (M)

Der Lichtbogensender ebnet den Weg zur allgemeinen Einführung der kontinuierlichen Schwingungen, da er sich als Kleinsender eignet, während die Hochfrequenzmaschine nur für wenige Gross-Stationen in Frage kommt. In Deutschland baut man den Lichtbogensender hauptsächlich für Marinezwecke. Telefonieveruche mit einer Reichweite von 1600 km zwischen Berlin und Moskau finden statt. Zwischen 1919 und 1922 gibt es in Deutschland regelmässige Versuche in Telefonie mit Hilfe von Lichtbogensendern und einem besonderen Telefonesystem. In den USA gibt es in der gleichen Zeit Lichtbogensender für eine Primäraufnahme bis 1000 kW. **De Groot** errichtet für die Niederländischen Kolonien einen Sender mit 2400 kW Primärleistung. Die grossen Sender arbeiten in dieser Zeit mit langen Wellen von etwa 10'000 m [139].

Hochfrequenzmaschine

Fessenden (USA) baut 1898 einen HF-Generator, der durch eine hohe Polzahl und Umdrehungsgeschwindigkeit einen Wechselstrom von 15 kHz erzeugt. Nach [131-16] kann er erst 1906 einen funktionierenden Sender vorstellen.

Die Hochfrequenzmaschine erzeugt schon vor der Zeit der Röhrentechnik kontinuierliche Schwingungen. Für Gross-Stationen mit sehr langen Wellen baut **Alexanderson** (GE) Maschinen mit unmittelbarer Entnahme der Antennenfrequenz. In Europa bevorzugt man kleine Periodenzahlen in Verbindung mit Frequenzwandlern.

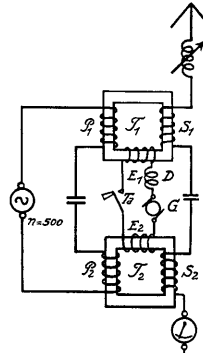


Bild «Z1» T58
Schaltung des Maschinensenders von Nauen

Goldschmidt entwickelt eine Maschine mit einer Grundperiodenzahl um 10 kHz und nutzt dabei mehrfach eine in der Starkstromtechnik bekannte Erscheinung. Die Einphasen-Wechselstrommaschine induziert in der Erregerwicklung durch das Ankerfeld einen Strom doppelter Frequenz. Das mit dem Strom dieser Frequenz erzeugte Feld wirkt auf den Anker zurück. Die Frequenz verdreifacht sich dabei usw. Den Strom jeder Frequenz stimmt man mittels besonderer Resonanzkreise ab. Der Frequenzsteigerung ist durch den Abfall des Wirkungsgrades eine Grenze gesetzt.

Bei den Maschinen von **Telefunken** und **Lorenz** erfolgt die Vervielfachung ab ca. 1920 (**Epstein - Graf von Arco**) ausserhalb der Maschine durch Verzerrung der Grundfrequenzkurve. Das Verfahren nennt sich **ruhende Frequenzvervielfachung**, ein Prinzip, das später auf Elektronenröhren zur Anwendung kommt. Statische **Frequenzwandler** früherer Geräte beruhen auf Eisenkernspulen. Durch Wechselstrom mit oder ohne Gleichstromüberlagerung (**Lorenz-Schmidt** oder Telefunken-Station Nauen) sind diese Spulen sehr hoch magnetisiert, woraus sich eine starke Verzerrung der Spannungskurve ergibt. Aus diesem verzerrten Wechselstrom leitet man die höheren Frequenzen ab. Die Benutzung von zwei Frequenzwandlern in Kaskadenschaltung erlaubt eine Vervielfachung z.B. auf das 121fache (11 x 11).

Der alte Rundfunksender München war nach diesem System aufgebaut; es blieb lediglich ein interessanter Versuch. Die Nachteile des Maschinensenders liegen einerseits in der Schwierigkeit, die Frequenz konstant zu halten, was im Rundfunkbetrieb ein Hauptkriterium bildet, andererseits in dem mässigen Wirkungsgrad.

Die Station Nauen benutzt 1926 u.a. das Gleichstrom-Vormagnetisierungs-System mit geraden Vervielfachungszahlen von **Telefunken**. Bald darauf verdrängen auch in Deutschland Röhrensender die anderen Prinzipien.

Röhren oder Halbleiter

Die Grundprinzipien bei Röhren-Trioden, Transistoren oder Chips (IC) sind in etwa gleich bzw. führen zu ähnlichen Resultaten.

Das Wesen der **Verstärkung** lässt sich anhand eines Flusses und eines Kraftwerkes erklären: **Durch das mehr oder weniger Öffnen eines Wehrs oder einer Schleuse passt man die Turbinenleistung eines Wasserkraftwerkes den wechselnden Anforderungen des Betriebes an. Diese Arbeit ist so leicht, dass sie ein Mensch oder ein kleiner Elektromotor ausführen kann. Eine minimale Steuerleistung regelt das Kraftwerk. Allerdings spricht man hier nicht von Verstärkung, denn der Strom für den Elektromotor wird nicht direkt verstärkt; durch das Öffnen der Schleusen gelangt lediglich ein grösserer Wasserstrom auf die Turbinen.** Bei den Röhren (und Transistoren) wirkt sinngemäss das gleiche Verfahren und dennoch heisst es Verstärkung.

Um HF zu erzeugen oder zu verstärken, hat der Steuerungsvorgang nahezu trägheitslos zu erfolgen. Elektrischer Strom kommt durch die Bewegung einer grossen Zahl von **Elektronen** zustande. Ein Elektron hat eine mech. Ruhemasse von $9,1091 \times 10^{-31}$ kg, also 0,0000000000000000000000000091 Gramm! Andererseits befinden sich in einem Kupferdraht von 75 cm Länge und 0,5 mm Durchmesser 10^{20} (hundert Trillionen) freie Elektronen. Ein Fluss von 6,3 Trillionen Elektronen ergibt den Strom von einem Ampere. Die kleine Ruhemasse bedeutet, dass ein Elektronenstrom in geeigneter Anordnung quasi trägheitslos zu steuern ist. Ein evakuiertes Gefäss bietet ideale Verhältnisse; nahezu keine Luftteilchen behindern die Elektronenbewegung. Erwärmt man einen Leiter stark, schiessen die freien Elektronen wild umher und treten aus dem Metall in das Vakuum ein. Werden keine Elektronen durch elektrischen Strom abgesaugt und nachgeliefert, bekommt das Metall eine positive Ladung und hält die negativen Elektronen in seinem Bann. Mit anderen Worten: Beim Austritt der Elektronen aus der geheizten Kathode bildet sich um diese eine negative **Raumladungswolke**. Baut man in das Vakuum eine zweite Elektrode (Anode) und legt an den heissen Leiter (Kathode) die Minusspannung einer Batterie (Nachfluss der Elektronen) und an die Anode den Pluspol, fliesst Strom. Umgekehrt angeschlossen fliesst kein Strom, da aus der kalten Anode keine Elektronen austreten.

Diese Glühemission stellt **Edison** schon 1883 fest und patentiert eine Spannungsregelvorrichtung mit Glühdiode. **Fleming** experimentiert 1896 mit der Glühkathoden-Diode, doch erst 1904 findet er eine Möglichkeit der Anwendung als Gleichrichter von Spannungen, die von elektromagnetischen Wellen herkommen (Detektor, Diode). In den Jahren 1906-10 versucht **von Liebig** erfolglos mit der Ablenkung eines Elektronenstrahls von einer zur anderen Anode die Verstärkung von drahtgebundenen Telegrafensignalen zu erreichen. Eine ganz andere Anordnung realisiert **de Forest** im Oktober 1906: Er führt bei der normalen Glühkathoden-Diode ein Gitter ein, mit dem er hochfrequente Signale steuert. Auf diese Erfindung erhält er im Januar 1907 das Patent für ein **Audion**. Der geschilderte Wasserfluss lässt sich mit dem Strom zwischen Kathode und Anode, die Wasserschleuse mit dem Steuergitter vergleichen. Durch das Anbringen einer negativen Spannung (**Gittervorspannung**) an das Gitter bleiben die Elektronen in und bei der Kathode zurück, da die gleiche, negative Ladung des Gitters sie zurückstösst. Führt man dem Gitter eine minimale positive Spannung zu, erhöht sich der Elektronenstrom zwischen Kathode und Anode praktisch gleichzeitig und ziemlich linear bis zur Sättigung der Anode. Dank ihrer Geschwindigkeit fliegen nahezu alle Elektronen durch das Gitter hindurch auf die Anode. Die technische Stromrichtung bezeichnet man noch heute fälschlich als vom Minus- zum Pluspol verlaufend. Dies ist ein Relikt aus der Zeit, als die Entscheidung für eine Stromrichtung fiel, obwohl die physikalischen Vorgänge noch nicht transparent waren.

Rückkopplung für Sender

Mit der Elektronenröhre (Triode, Verwendung von drei Elektroden) und dem bekannten Schwingkreis lässt sich noch kein Sender, wohl aber eine Verstärkung von ankommenden Signalen verwirklichen. Diese erfolgt bereits im Audion von **de Forest**, der keinen Patentanspruch für die Verstärkung anmeldet - wahrscheinlich aus Unkenntnis der Verstärkung seiner Anordnung. Erst 1913 führen verschiedene Experimentatoren mit ihren Rückkopplungs-Patenten den **Röhrensender** ein. Er gelangt im gleichen Jahr in die Praxis. Einen langen Patentkampf gewinnt Lee **de Forest** (siehe im Kapitel über die Erfindungen). Seine Erfindung des rückgekoppelten Audions nennt er **Ultra-Audion**. Andere Patente bestehen weiter. Der Norweger **Sin-**

ding-Larsen stellt bereits am 8.2.08 eine Röhrenschtaltung mit **Rückkopplung** für die Erzeugung ungedämpfter Schwingungen vor, die jedoch nicht für Radiozwecke taugt [453307].

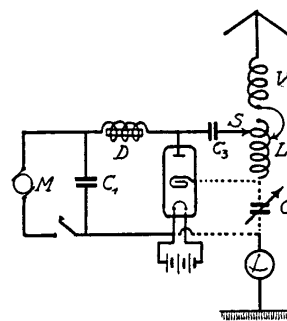


Bild «Z1» T59
Schaltung des einfachsten Röhrensenders

Modulation

Heute gibt es mehrere Millionen Sender! Allerdings strahlen nicht alle gleichzeitig aus. Können Sie sich vorstellen, wieviele Sender jetzt in Aktion sind, während Sie dies lesen? Schon allein die Aufzählung der verschiedenen Dienste, für die Sender zum Einsatz kommen, ergäbe eine lange Liste.

Sendeinhaber besitzen Lizenzen für bestimmte Frequenzen. Würde nach Lust und Laune gesendet, gäbe es ein Chaos wie vergleichsweise bei einer Menschenansammlung auf einem grossen Platz, wenn jede Person etwas anderes in möglichst grosser Lautstärke ausposaunen würde.

Ein Sender kann je nach Konstruktion eine bestimmte Bandbreite auf einstellbaren Wellenlängen ausstrahlen. Mit Wellenplänen verteilt man den verschiedenen Diensten jeweils andere Wellenbänder. Lediglich kleine Ausschnitte dienen als **Rundfunkbänder**, die grob in drei Teile zu trennen sind: Langwellen (LW), Mittelwellen (MW) und Kurzwellen (KW) in **Amplitudenmodulation** (AM) als «konventionelle Rundfunkbänder», Ultrakurzwellen (UKW) in **Frequenzmodulation** (FM) sowie Fernsehbander in zwei Bereichen, **VHF (very high frequency)** und **UHF (ultra high frequency)**. Neu kommen Satellitenbänder hinzu. Die Bezeichnungen LW, MW, KW, UKW, VHF und UHF stehen für verschiedene Trägerfrequenzbänder. Durch **Modulation** in AM oder FM erhält die Trägerfrequenz die eigentliche Information aufgedrückt.

Kinder hören ein **Frequenzspektrum** von 16-18 kHz und Erwachsene je nach Alter (und wo man den Unterschied zwischen Hören und Nichthören ansetzt) 10-16 kHz. Da früher nur wenige kHz mit Mikrofonen aufnehmbar waren und zuviele Rundfunksender existierten, hat man sich bei den Mittelwellen auf eine **Bandbreite** von 9 kHz (USA 10 kHz) geeinigt. Damit finden bei MW etwa 100 Sender Platz - oder weitere durch Mehrfachbelegungen. Dies führt gelegentlich wieder zu gegenseitigen Störungen - sogar bei sehr grossen Entfernungen zwischen den Sendern. Mit der Einführung der UKW auf ca. 100 MHz kam glücklicherweise die Modulationsart FM zum Zuge. Sie benötigt zwar ein Vielfaches an Bandbreite, gemessen an der Bandbreite der Übertragung, ist damit aber viel störungsresistenter. Zudem einigte man sich bei der Einführung von FM auf eine **Übertragungsbandbreite** von 15 kHz, was man beim Umschalten auf UKW rasch bemerkt. Später folgten stereofone Sendungen. Das MW-Band umfasst etwa 1 MHz (gleich tausend Kilohertz) und das UKW-Band von heute 88-108 MHz, das sind etwa 20 mal mehr als beim MW-Band. Zudem breiten sich die ultrakurzen Wellen nicht weit aus; was viele Mehrfachbelegungen ermöglicht.