

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.

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

SPEZIELLE TECHNIKEN

Zur Vervollständigung kommen hier diese neueren Techniken zur Sprache, mit denen der Laie als Sammler oder Interessent in Berührung stehen kann. Schon bald verzichten die Amateure darauf, beide AM-Seitenbänder zu senden. Mit SSB können sie ihre schmalen Bänder besser ausnützen und erreichen mit der gleichen Leistung wesentlich weiter entfernte Stationen. Bei Rundfunkgeräten sorgt die Frequenzmodulation (FM) für eine bessere Musikqualität. Das Fernsehen (TV) benötigt zur Bild- und Tonübertragung eigene Techniken, und die modernen Chips lassen völlig neue Empfangsprinzipien wie z.B. die Frequenzauflösung in PLL-Technik zu.

SSB

SSB steht für **Single side band**, zu deutsch **Einseitenband-Modulation**. Die Modulationsart interessiert hier, da alte Amateurgeräte und kommerzielle Empfänger gesucht sind und zudem das Problem der Modulation und Demodulation zu verdeutlichen ist.

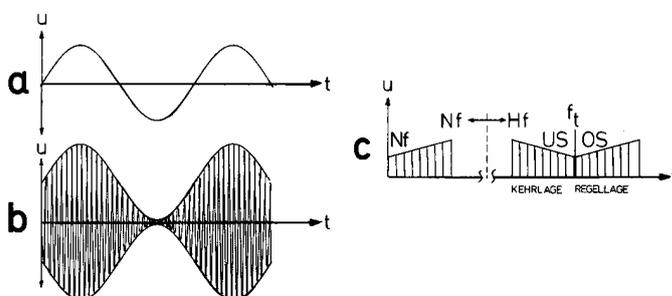


Bild «Z1» T70
Träger und Seitenbänder eines AM-Signals
a NF-Signal (vereinfachtes Sinussignal),
b Träger bei Modulation von 100 %
c Darstellung eines komplexen NF-Signals und der
beiden Seitenbänder (unteres Seitenband = Kehrlage)

Bei der Amplitudenmodulation (AM) entstehen neben dem Träger zwei **Seitenbänder** mit dem Frequenzspektrum der ursprünglichen, niederfrequenten Information. Sie liegen als oberes Seitenband (OS) in Regellage und als unteres Seitenband (US) in Kehrlage symmetrisch zum Träger.

Jedes Seitenband enthält die vollständige Information. Bei Ausstrahlungen in SSB wird der Träger unterdrückt und eines der Seitenbänder ausgefiltert. Den Träger stellt das Empfangsgerät erneut her, um damit das Frequenzspektrum in eine Amplitudenmodulation zurückzuführen.

Um diese Vorgänge zu verstehen, sollten wir uns die einzelnen Elemente vor Augen halten:

Der Träger selbst besteht ursprünglich aus einer Sinusschwingung, die im Frequenzband exakt steht und sozusagen «keinen Raum einnimmt». Der unmodulierte Träger gleicht im Idealfall einer Strecke in der Geometrie, die nur eine Ausdehnung kennt. In der Abbildung mit den Seitenbändern entspricht die Ausdehnung des Trägers (ft) seiner unmodulierten Amplitude. Ein NF-Signal mit Sprache oder Musik etc. setzt sich aus einem Gemisch von Schwingungen zusammen und nimmt bei der Darstellung des Frequenzspektrums einen bestimmten Raum ein, der NF-mässig der niedrigsten bis höchsten Frequenz inkl. Mischprodukte (Obertöne) entspricht. In der Praxis begnügt man sich mit einem technisch optimalen Spektrum. Dieses erscheint HF-mässig als oberes und unteres Seitenband.

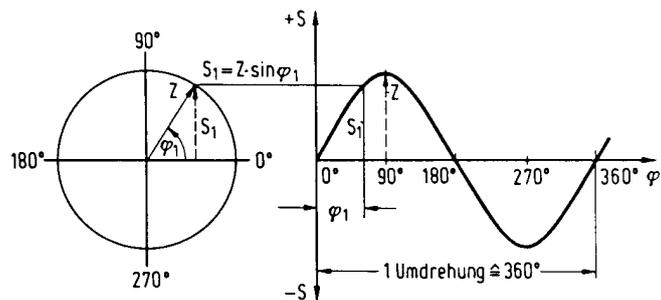


Bild «Z1» T68
Sinusfunktion. Darstellung im Liniendiagramm

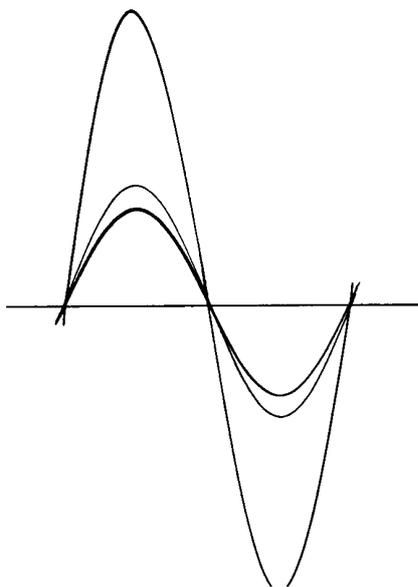


Bild «Z1» T107
Drei Schwingungen gleicher Frequenz,
jedoch anderer Amplitude!

Die Grundfunktion der harmonischen Schwingungen heisst **Sinusfunktion**, darzustellen durch die Achsenprojektion eines im Kreis laufenden Zeigers. Ein Motorkolben oder die Tretvorrichtung einer alten Nähmaschine veranschaulicht dies. Während ein Rad sich gleichmässig dreht, vollzieht ein entsprechend befestigter Kolben eine Hin- und Herbewegung. Wird daran ein Bleistift befestigt und darunter ein Stück Papier mit einer konstanten Geschwindigkeit im rechten Winkel zu den Bewegungen gezogen, entsteht die Aufzeichnung einer Sinusschwingung. Drehen wir nun das Rad schneller oder langsamer, ergibt sich ein anderes Bild. Sobald eine neue Geschwindigkeit «steht», sind wieder reine Sinusschwingungen vorhanden. Sie weisen eine andere Frequenz auf. Dazwischen ist der Kurvenzug verfälscht. Die Verfälschung des Kurvenzuges in dieser Weise mittels der Botschaft eines Senders heisst **Frequenzmodulation (FM)**.

Eine ähnliche Verfälschung tritt ein, wenn wir durch eine Veränderung an unserem imaginären Rad den Hebelpunkt für die Verbindung des Kolbens mehr gegen die Mitte des Rades oder nach aussen hin verschieben. Die Amplitude auf unserer Aufzeichnung ändert sich entsprechend!

Wenn wir die beiden reinen Sinusschwingungen aus der Abbildung vergleichen, passen sie offensichtlich nicht zusammen. Es sind aber reine **Sinusschwingungen**. Die Veränderung erfolgt in der Praxis nicht auf einen Schlag. Sendet beispielsweise ein Mittelwellensender einen konstanten Ton, «tragen» etwa tausend HF-Schwingungen an einer einzigen Sinuswelle dieses Tons! Wir erkennen, dass sich durch die Modulation etwas an der HF-Sinuswelle ändern muss. Sie hat jeweils schnellere und langsamere Bewegungen auszuführen als die effektive Sendefrequenz beträgt. Damit erklären sich die beiden Spektren unterhalb (US) und oberhalb (OS) der Trägerfrequenz. Ihr relativer Frequenzabstand zur Trägerfrequenz ist gleich ihrem NF-Spektrum.

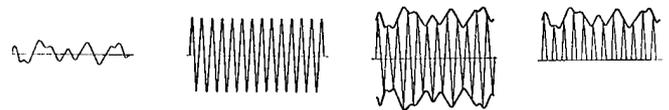


Bild «Z1» T76 [123]
Modulation und Demodulation
NF-Schwingung, Trägerfrequenz, amplitudenmodulierter
Träger, demodulierter Träger

In der Praxis sendet man selten einen gleichbleibenden, reinen Sinuston. Der Frequenzverlauf ist wesentlich komplizierter. Auch sind unterschiedliche Modulationsgrade (m) anwendbar. Beim AM-Rundfunk beträgt m 0,3. Bis m = 1 ist saubere **Modulation** möglich. In diesem Fall beansprucht der Träger 50 % der Energie und die Seitenbänder je 25 %. Die Amateure begnügen sich auf diese Weise mit 25 % der Leistung eines AM-Senders bei gleichen Verhältnissen.

Diese Sendart konnte beim Rundfunk nicht zum Zuge kommen; sie hätte eine Umstellung aller Empfangsgeräte bedeutet. Bei SSB mischt man das empfangene Signal mit dem sogenannten **Produkt-detektor** aus seiner HF-Lage in die NF-Lage zurück, wobei der zugesetzte Träger mit der Frequenz des im Sender unterdrückten Trägers übereinzustimmen hat. Nur dann zeigt sich am Ausgang des Produkt-detektors das ursprüngliche NF-Signal. Bei AM entspricht die **Bandbreite** dem Wert der höchsten Modulationsinhaltsfrequenz mal zwei - beim Rundfunk meist zwei mal 4,5 kHz (USA 2 x 5 kHz). Um die NF wirken zu lassen, schneidet die Demodulationsstufe des Empfängers eine Seite des AM-Signals weg.

FREQUENZMODULATION

Wir haben erfahren, warum **FM** existiert. Die meisten Sammler wollen von Geräten mit FM nichts wissen, da sie bereits zu neu sind. Wegen der hohen Preise älterer Apparate bleibt vielen Sammlern keine andere Wahl, als gerade diese Geräte zu sammeln und zu reparieren. In der ersten Zeit des UKW gibt es wiederum verschiedene interessante Versuche mit unterschiedlichen Empfangstechniken, die zum Sammeln anregen.

FM heisst, dass die Änderung der Frequenz, nicht der HF-Amplitude die zu übertragenden Informationen darstellt. Der Änderungsbetrag der Trägerfrequenz heisst **Frequenzhub**. Er hängt allein von der Amplitude des Modulationssignals ab und bestimmt die Lautstärke. Die Frequenz des Modulationssignals steuert die zeitliche Frequenzänderungsfolge des FM-Trägers. Weil die Information allein in der Frequenzänderung des Trägers liegt, sind Amplitudenstörungen (z.B. atmosphärische Störungen, Funken von Motoren, Schaltern etc.) mit der Begrenzung des Empfangssignals zu unterdrücken. Allerdings benötigt das Verfahren eine sehr grosse **Bandbreite** von etwa 75 kHz pro Sender (für 15 kHz NF-Bandbreite und **Modulationsindex** von 5). Daher kommt es für Rundfunk erst im Ultrakurzwellenbereich vor.

Die Modulation des FM-Senders ist sehr einfach, weil der Oszillator mit nur einem einzigen passiven Bauteil (z.B. **Kapazitätsdiode**, **Varaktordiode**) frequenzmoduliert. Diese Modulation kann mit einer niederen Trägerfrequenz (Hilfsträger) und kleinem Hub erfolgen. Darauf lässt sich das Produkt beliebig verstärken und durch **Frequenzvervielfachung** Sendefrequenz und Frequenzhub vervielfachen. Den grösseren Frequenzhub benötigt man, da Störungen eine gewisse Frequenzmodulation hervorrufen. In den Nulldurchgängen der Schwingung auftretende Störspannungen verschieben die Nullpunkte. Damit entsteht wiederum FM. Bei ausreichend grossem Frequenzhub ist diese Störung nicht hörbar.

Demodulation von FM

Zuerst setzt man das **Pendel-Audion** zum Empfang ein, dann Super-Schaltungen. Die Demodulation erfährt nach und nach Verbesserungen: Man verstimmt einen Resonanzkreis so, dass die Trägerfrequenz auf die ansteigende Flanke einer Resonanzkurve fällt. Später funktionieren zwei Resonanzkreise mit je einem Gleichrichter als **Flankendiskriminator**. Er produziert bei steigenden Frequenzen ansteigende Amplituden und umgekehrt. Mit diesem Prinzip lässt sich die FM einfach in AM umwandeln.

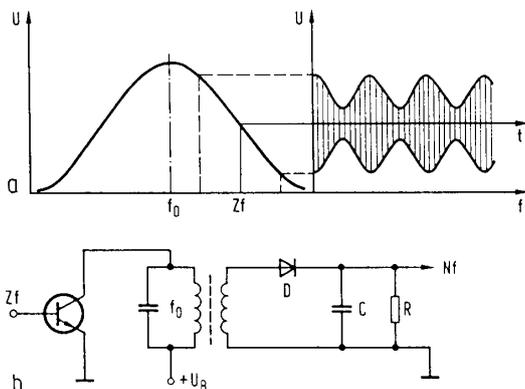


Bild «Z1» T69 [145]
Wirkung und Schaltung des Flankendiskriminators;
Umwandlung von FM in AM an der Schwingkreis-Flanke

Beim nächsten Verfahren, dem **Phasendiskriminator**, ist der Demodulatorschwingkreis in Teilkomponenten kapazitiv und induktiv an den ZF-Verstärkerausgangskreis angekoppelt. Das unterschiedliche Phasenverhalten beider Spannungskomponenten bei Frequenzänderungen wird (wie beim Flankendiskriminator) zur Demodulation des FM-Signals und als Regelspannung benutzt. Ein **Begrenzer** gleicht die nicht zum Informationsgehalt gehörigen Amplitudenschwankungen aus. Passive Begrenzer beschneiden grössere Amplituden. Aktive Begrenzer verstärken das Eingangssignal bis in den nichtlinearen Bereich der Verstärkerkennlinie, was die Amplitudenspitzen kappt. Das Ausgangssignal besitzt keine Amplitudenänderung mehr [145]. Der **Ratiodetektor** als Weiterentwicklung des Phasendiskriminators fängt die von Störungen hervorgerufenen, kurzfristigen Amplitudenänderungen durch die Kapazität eines Kondensators auf, wodurch der Ratiodetektor die zusätzliche Funktion des Begrenzers übernimmt. In der Praxis sind die Verhältnisse komplizierter, da der Sender hohe Töne (die immer kleinere Amplituden aufweisen) in der Amplitude anhebt. Man nennt dies **Preemphasis**. Mit einer **Deemphasis-Schaltung** ist diese Vorverzerrung vor der Begrenzerstufe wieder zu beseitigen [142]. Einige weitere Erklärungen folgen im Kapitel über Reparatur unter dem Text für den FM-Abgleich. Stereophone Sender bedingen etwas kompliziertere Empfangsschaltungen.

PLL-EMPFÄNGER

Diese Schaltung bürgerte sich in den 80er Jahren ein. Noch wenige Rundfunkempfänger benutzen dieses System, kommerzielle und Amateurgeräte jedoch überwiegend. Das Thema **PLL** sei vollständigshalber hier kurz aufgegriffen. PLL (**Phase-locked loop**) heisst auf deutsch **Phasen-Regelschleife**. Die Schaltung bildet einen Regelkreis, dessen Ausgangssignal phasenstarr einem Bezugssignal folgt. Der Regelkreis besteht aus spannungssteuerbarem Oszillator (**VCO**, **voltage controlled oscillator**), einem Quarz-Referenzoszillator und einer Phasenvergleichsstufe. Das Korrektursignal gelangt über einen Tiefpass wieder zum VCO. Man spricht von **Frequenzsynthese**. Meistens haben diese Geräte Tastenbedienung, digitale Anzeigen und Speichertasten für eine Anzahl Stationen. Selbstverständlich sind diese Funktionen auf einem Chip integriert wie dies bei gewissen Supern bereits der Fall ist.

FERNSEHEMPFANG

In Europa gilt die Norm von 625 Zeilen (Frankreich 819!) zu 833 horizontalen Bildpunkten, d.h. man denkt sich quadratische Felder in der Breite der Zeilenhöhe. Das ergibt beim Verhältnis des Bildschirms von 4:3 eine Zahl von 520.000 gedachten Bildpunkten. Damit das Bild nicht flimmert, gelangt es 25mal pro Sekunde zur Übertragung. Erst ab etwa 48 Bildern pro Sekunde ist ein Film oder eine Fernsehübertragung flimmerfrei. Beim Film half man sich dadurch, dass eine rotierende Blende nicht nur die ruckweise Bewegung des Films verdeckt, sondern ein Bild zusätzlich in zwei Sequenzen unterteilt. Bei der TV kommt durch ein **Zeilensprungverfahren** lediglich jede zweite Zeile Punkt für Punkt zur Übertragung; im nächsten Halbbild gilt dies für die ausgelassenen Zeilen. Mit diesem Trick lässt sich die höchste Auflösung auf akzeptable 5 MHz begrenzen. Dabei ist eine Rücklaufzeit für Zeile und Bild einzurechnen. Die 5 MHz bilden die maximale **Schachbrettfrequenz**, wo sich jeweils schwarze und weisse Bildsegmente abwechseln. Zusätzlich sind Tonfrequenzen und Impulse für die **Synchronisation** vorgesehen. Während der Rücklaufzeit des Strahls

der Bildröhre - sowieso auf Dunkel getastet - kommt ein besonderer Synchronimpuls zur Ausstrahlung, der den relativ einfachen Generator für Kippströme im Empfänger synchronisiert. Die Bildsynchronimpulse dauern zur Erkennung etwas länger als die 15·625 Zeilensynchronimpulse pro Sekunde.

Die Hilfsträgerfrequenz für die Farbinformationen wird in den oberen Frequenzbereich gelegt, wo sie nur ein sehr feines schachbrettartiges Störraster bilden kann. Man hat 4,43 MHz gewählt und ein oberes Seitenband erzeugt, das die Gesamtbreite des gemischten Signals von 5 MHz nicht überschreitet [142].

Da die Farbempfindlichkeit (Schärfeansprüche) des Auges in den verschiedenen Farbbereichen unterschiedlich ist, wendet man die Signale R-Y (red yellow) und B-Y (blue yellow) an. Durch eine 90-Grad-Phasenverschiebung der beiden Signale resultiert eine gemischte Amplituden- und Phasenmodulation - die **Quadraturmodulation**. Um exakt gleiche Frequenz- und relative Bezugsphasenlagen zu erreichen, sendet man bei Farb-TV im Zeilensynchronimpuls einen kurzen Schwingungszug von etwa 10 Perioden der Hilfsträgerfrequenz, «Burst» genannt. Das bei **Telefunken** durch Dr. **Bruch** modifizierte **NTSC-System** (USA) sorgt mittels Umschaltungen im Sender und im Empfänger dafür, dass die unvermeidbaren Fehler des Übertragungsweges sich gegenseitig kompensieren (**PAL** = **Phase alternating line**). Farbfehler gleicht der Apparat selbständig aus.

Diese groben Ausführungen sollen zeigen wie weit sich die Technik beim Fernsehen vom «Radio von gestern» entfernt hat. Die neusten Apparate besitzen einen elektronischen Bildspeicher, der es erlaubt, das Bild 100 mal pro Sekunde zu zeigen, so dass eine bessere Flimmerfreiheit entsteht. Die 90er Jahre sollen uns das von den Japanern ab 1972 entwickelte **HDTV (high definition TV)** mit 1050 (bzw. 1125) Zeilen bei 60 Hz oder 1250 Zeilen bei 50 Hz bringen, das bei den Studios direkt für das Aufnehmen von 35-mm-Filmen dienen könnte.

Ein TV-Apparat ist in überblickbare **Baugruppen** zu unterteilen und diese wiederum in **Funktionsblöcke**.

Ausser der Baugruppe, die aus Tuner, Bild-ZF-Verstärkung und Demodulation besteht, unterscheidet man den Tonteil, Videoteil, Farbteil, Ablenkteil sowie die Strom- und Spannungsversorgung. Dazu kommen Bildröhre, Lautsprecher und Bedienungselemente.

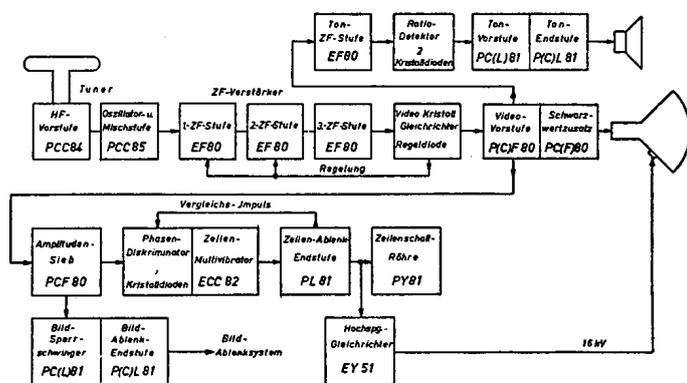


Bild «Z1» T71 [277]
Blockschaltbild eines alten Schwarzweissfernsehgerätes

Können Sie sich nach diesen Ausführungen einen Fernsehapparat in der Grösse einer Armbanduhr vorstellen? Die (bereits «gestrige») Technik ermöglicht es!

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

Copyright Ernst Erb