



Kurzwellenempfang

Dieser Artikel soll dem Anfänger den Einstieg in das interessante Hören von Kurzwellen erleichtern und die wichtigsten Grundlagen vermitteln. Im Verlauf stellen wir die Frequenzbereiche, verschiedene Empfangsprinzipien, die dahinter stehende Technik und einen Kurzwellenempfänger zum Selbstbau vor.

Allgemeines

Die Funktechnik ist eine interessante und spannende Freizeitbeschäftigung, die man z. B. als Kurzwellenhören, CB-Funk oder Amateurfunk betreiben kann. Wir wollen uns in diesem Artikel speziell dem Thema Kurzwellenhören widmen, mit dem viele Menschen in die Funktechnik einsteigen.

Im Vergleich zum UKW-Rundfunk mit seiner relativ geringen Reichweite können durch die hohe Reichweite der Kurzwellensender (detaillierte Betrachtung unter

„Ausbreitungseigenschaften“) Radiostationen aus aller Welt empfangen werden, man kann den Funkamateuren zuhören und falls man sich im Ausland befindet, ist die Information über die Ereignisse daheim über Kurzwellen möglich. Das Hören von Kurzwellen kann zu einem interessanten Hobby werden, da man die ganze Welt „belauschen“ kann.

Geräte der Unterhaltungselektronik, wie Stereoanlagen, Kofferradios usw. verfügen zwar meistens über Kurzwellenbereiche, eignen sich auf Grund der mangelnden Empfindlichkeit, des eingeschränkten Frequenzbereichs und der schlechten Fre-

quenz-Einstellmöglichkeiten aber kaum dazu, das Kurzwellenhören zufriedenstellend zu betreiben. Dazu sind speziell für die Kurzwellenbereiche ausgelegte Empfänger besser geeignet, die es in vielen Ausführungen und verschiedenen Preisklassen, vom kleinen und kompakten Weltempfänger für die Reisetasche bis hin zum stationären Empfänger mit einer Vielzahl technischer Features und Feinheiten gibt. Sogar Einsteckkarten für PCs sind mittlerweile erhältlich. Doch bevor wir die technische Seite näher beleuchten, wollen wir zunächst einmal sehen, was man auf Kurzwellen empfangen kann:

Was kann man empfangen?

Durch die besonderen Ausbreitungseigenschaften der Kurzwelle ist es möglich, Sendungen aus allen Erdteilen zu empfangen. Sender aus Südamerika können ebenso empfangen werden wie aus Australien oder Asien. Es gibt viele Länder, deren Rundfunksender die Kurzwelle nutzen, manche strahlen auch Sendungen in deutscher Sprache aus. So ist die Selbstdarstellung eines Landes über Kurzwelle leicht möglich. In vielen Sprachen wird über die das Land betreffenden Dinge, wie Tourismus, Wissenschaft, Wirtschaft, Kultur, usw. berichtet. Auch Propaganda für die eigene Politik, z. B. für den Sozialismus (war früher von der UdSSR üblich) oder bestimmte Religionen kann man über Kurzwelle hören und bestaunen.

Es ist auch möglich, eigene Bürger zu erreichen, die sich gerade im Ausland befinden und sie mit Nachrichten aus der Heimat zu versorgen. Auch Reiserufe sind im Anschluss an die Nachrichten weit verbreitet.

In der Regel bleibt es nicht nur beim Hören der Sender, viele Kurzwellenhörer treten auch in schriftlichen Kontakt mit verschiedenen Sendern, indem sie Berichte über die Empfangsqualität (SINPO-Code), den Inhalt, die Frequenz und die Empfangszeit versenden. Man erhält dann meistens eine Empfangsbestätigung, eine sogenannte QSL-Karte, eventuell sogar kleine Souvenirs, wie Aufkleber, Ansichtskarten usw.

Weiterhin gibt es gerade im Kurzwellenbereich viele Piratensender, die ihr Programm aber meist nur stundenweise übertragen (aus Schutz vor Entdeckung).

Als besonderen Service bieten verschiedene Rundfunksender die Möglichkeit, Sprachen zu erlernen, z. B. Englisch (BBC), Russisch, Chinesisch usw.

Zeuge weltweiter Völkerverständigung wird man durch das Verfolgen der Plaudereien von Funkamateuren.

Zum Abschluss dieses kleinen Überblickes wollen wir noch den Datenfunk nennen, den man manchmal als pfeifende und knatternde Geräusche in beinahe sämtlichen Wellenbereichen wahrnehmen kann. Mit der richtigen Hard- und Software und Fingerspitzengefühl lassen sich diese Daten entschlüsseln. Der Datenempfang stellt jedoch erheblich höhere Anforderungen an den Empfänger als das normale Kurzwellenhören, da besondere Frequenzstabilität, Trennschärfe und SSB-Demodulation gefordert sind.

Die Frequenzbereiche

Für den allgemeinen Rundfunk gibt es verschiedene Frequenzbereiche:

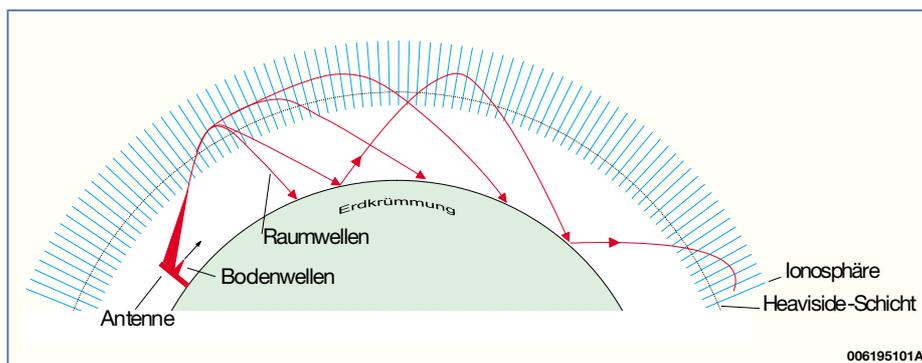


Bild 1: Typische Kurzwellenausbreitung

Langwelle (LW): 148,5 bis 283,5 kHz
 Mittelwelle (MW): 526,5 bis 1606,5 kHz
 Kurzwelle (KW): 3,9 bis 26,1 MHz
 Ultrakurzwelle (UKW): 87,5 bis 108 MHz

Der Kurzwellenbereich wiederum ist in verschiedene Frequenzbereiche aufgeteilt, die auch als Bänder bezeichnet werden, wobei als Band die entsprechende Wellenlänge angegeben wird. Die Umrechnung der Frequenz in die entsprechende Wellenlänge erfolgt nach folgender Beziehung:

$$\text{Wellenlänge } \lambda = \frac{\text{Lichtgeschwindigkeit } c}{\text{Frequenz } f}$$

mit $c = 3 \cdot 10^8$ m/s

Der Kurzwellenbereich (Rundfunk) verfügt über folgende Bänder bzw. Frequenzbereiche:

Band	Frequenzbereich
75 m	3900 bis 4000 kHz
49 m	5950 bis 6200 kHz
41 m	7100 bis 7300 kHz
31 m	9500 bis 9900 kHz
25 m	11650 bis 12050 kHz
21 m	13600 bis 13800 kHz
19 m	15100 bis 15600 kHz
16 m	17550 bis 17900 kHz
13 m	21450 bis 21850 kHz
11 m	25670 bis 26100 kHz

Im 160-m-, 80-m-, 40-m-, 30-m-, 20-m-, 17-m- und 15-m-Band finden wir die Funkamateure vor.

Abhängig vom verwendeten Übertragungsverfahren benötigt jeder Sender eine gewisse Bandbreite für die Übertragung. Auf Grund dessen lassen sich nur endlich viele Sender in einem Band unterbringen.

Ausbreitungseigenschaften

Die Reichweite eines Senders hängt von verschiedenen Faktoren ab, wie Sendeleistung, Standorthöhe, Höhe der Antenne über Grund und entscheidend von der Sendefrequenz, da die verschiedenen Frequenzbereiche unterschiedliche physikalische Ausbreitungseigenschaften besitzen. Die Ausbreitung der Welle kann sowohl als Bodenwelle als auch als Raumwelle erfolgen.

Die Bodenwelle pflanzt sich entlang der Erdoberfläche fort, die Raumwelle kommt vor allem zu Nachtzeiten hinzu, da dann eine Reflexion an bestimmten Schichten der Ionosphäre (Heaviside-Schicht, 90 bis 130 km Höhe) erfolgt und sich die Reichweite bedeutend erhöht. Dies ist besonders im Kurzwellenbereich der Fall. Abbildung 1 zeigt die typische Kurzwellenausbreitung. Nachstehend sind die frequenzspezifischen Ausbreitungseigenschaften erläutert.

Langwelle

Hauptsächlich Ausbreitung per Bodenwelle bis einige 1000 km. In der Nacht erhöht sich die Reichweite durch die Raumwelle.

Mittelwelle

Tagsüber Empfang per Bodenwelle über mehrere 100 km. Nachts kommt die Raumwelle dazu. In ca. 60 km Entfernung vom Sender treffen die Raumwelle und die Bo-

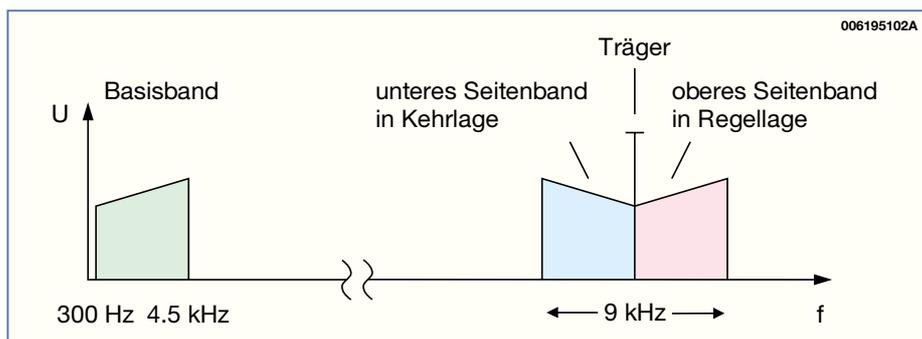


Bild 2: Spektrum der Amplitudenmodulation

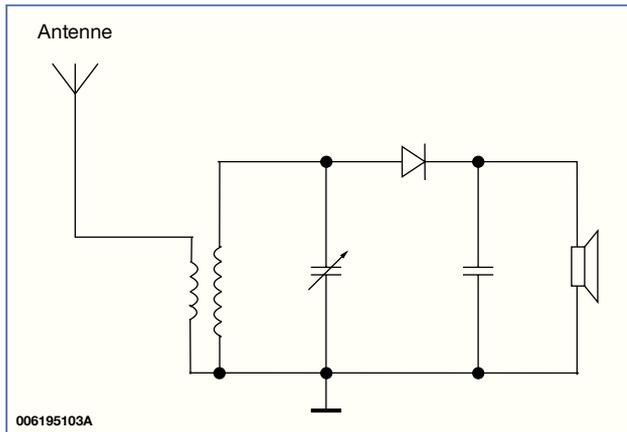


Bild 3: Geradeausempfänger

denwelle mit vergleichbaren Feldstärken auf die Empfangsantennen. Durch Phasenänderungen kommt es zur Addition oder Subtraktion, sogenanntes „Fading“, entsteht, d. h. ständiger Wechsel der Empfangsamplitude bis hin zur totalen Auslöschung. Weiterhin sind Störungen durch Raumwellen ferner Sender auf dem gleichen Kanal möglich. In großer Entfernung vom Sender wird nur noch die Raumwelle empfangen.

Kurzwelle

Für die Ausbreitung spielt die Bodenwelle eine untergeordnete Rolle (max. 100 bis 200 km). Die Raumwelle überbrückt große Entfernungen, da auch die mehrfache Reflexion zwischen Erde und Ionosphäre möglich ist. Die Reflexionseigenschaften sind für Kurzwellen so günstig, dass auch mit vergleichsweise geringen Sendeleistungen große Entfernungen überbrückt werden können. Den Bereich, in dem die Bodenwelle nicht mehr und die Raumwelle noch nicht empfangen wird, nennt man „tote Zone“. Auch zwischen den Reflexionspunkten können tote Zonen liegen. Die reflektierenden Schichten ändern sich jedoch in Abhängigkeit von der Sonnenfleckenaktivität, der Jahres- und der Tageszeit. Je nach Frequenz der Funkwellen erfolgt zu unterschiedlichen Tageszeiten eine unterschiedlich starke Reflexion. Nachts werden die niedrigeren Frequenzen (3 bis 6 MHz) besser reflektiert. Der Bereich von 4,5 bis 12 MHz ist rund um die Uhr gut zu empfangen. Von 12 bis 18 MHz wird der Empfang durch die Sonnenfleckenaktivität beeinflusst, bei reger Sonnenfleckenaktivität herrscht sehr guter Fernempfang vor.

Ultrakurzwelle

Quasi optische Ausbreitungseigenschaften, die Reichweite ist in der Regel nicht größer als die optische Sichtverbindung. Kaum Störungen durch ferne Sender im gleichen Kanal. Nach oben abgestrahlte Wellen durchdringen die Ionosphäre und verschwinden im Weltraum.

Modulationsverfahren

Um Sprach- oder Dateninformationen zu übertragen, moduliert man diese einem Hochfrequenzsignal (Träger) auf, das dann den Informationstransport vornimmt. Im Kurzwellenbereich werden überwiegend die Amplitudenmodulation (AM) und AM-verbundene Modulationsverfahren verwendet, die wir nachstehend näher betrachten wollen.

Unter Amplitudenmodulation (AM) versteht man die Änderung der Amplitude eines hochfrequenten Trägers entsprechend dem zeitlichen Verlauf des Modulationssignals (Basisband). Die Modulation erfolgt im Allgemeinen durch die Wirkung einer gekrümmten Kennlinie, z. B. einer Diode oder eines Transistors. Dadurch entsteht das in Abbildung 2 dargestellte Spektrum, das neben dem Träger (hier 1 MHz) und dem Basisband (300 Hz bis 4,5 kHz) auch 2 Seitenbänder enthält, das obere und das untere Seitenband. Das obere Seitenband befindet sich in der sogenannten „Regellage“, das untere in „Kehrlage“. Regellage bedeutet, dass die höchste Frequenz des Seitenbandes auch der höchsten Frequenz des Basisbandes entspricht. In der Kehrlage ist dies umgekehrt, d. h. höchste Frequenz im unteren Seitenband entspricht niedrigster Frequenz des Basisbandes. Durch die beiden Seitenbänder wird insgesamt eine Bandbreite von 9 kHz belegt. Die Information des Basisbandes ist in jedem der beiden Seitenbänder enthalten. Die normale Amplitudenmodulation hat folgende Nachteile:

- Schlechte Leistungsbilanz, da der Träger unabhängig von der Modulation mit 100% Leistung abgestrahlt wird.
- Schlechte Ausnutzung des Frequenzbereiches, da eine Bandbreite 9 kHz benötigt wird. Die Information eines Seitenbandes mit 4,5 kHz Bandbreite würde für die Übertragung ausreichen.

Auf Grund dessen hat man die AM-verbunden Modulationsarten eingeführt:

- ZM: Zweiseitenbandmodulation, Über-

tragung beider Seitenbänder ohne Träger
 - SSB: Einseitenbandmodulation, Übertragung eines Seitenbandes ohne Träger

Die ZM bietet eine bessere Energiebilanz, die SSB ebenfalls eine bessere Energiebilanz und eine bessere Ausnutzung des Frequenzbereiches durch Halbierung der erforderlichen Bandbreite auf 4,5 kHz.

Beide Verfahren sind im Kurzwellenbereich üblich und verlangen erweiterte Demodulatoren im Empfänger.

Empfangsantennen

Um die ausgesandten HF-Signale wieder „einzufangen“ und per Empfänger hörbar zu machen, wird eine entsprechende Antenne benötigt. Empfangsantennen wirken wie offene Schwingkreise und nehmen die vom Sender ausgestrahlten elektromagnetischen Felder auf. Am Antennenausgang steht eine Spannung zur Verfügung. Die Form und Länge einer Antenne ist vom Frequenzbereich abhängig. Die einfachste Antenne für den Kurzwellenempfang ist die sogenannte „Langdraht-Antenne“, die aus einem Draht besteht, dessen Länge meistens zwischen 10 und 50 m liegt, aber oftmals durch die baulichen Gegebenheiten begrenzt wird. Damit sind schon beachtliche Empfangserfolge zu erzielen.

Hat man weniger Platz zur Verfügung, sind auch aktive Antennen mit einem integrierten Preselektor und HF-Verstärker sehr gut für den Kurzwellenempfang geeignet.

Empfangsverfahren

Es gibt eine ganze Reihe verschiedener Empfangsverfahren, je nach Anforderung an die Empfindlichkeit, Trennschärfe etc. Ein besonders einfacher Empfänger ist der Geradeausempfänger gemäß Abbildung 3. Dieser filtert über einen abstimmbaren Parallelschwingkreis aus dem hochfrequenten Signalgemisch der Antenne das zu empfangende Signal heraus. Dieses Signal wird auf eine nachgeschaltete Diode gegeben und demoduliert. Am Ausgang steht die NF-Spannung zur Verfügung, die aber lediglich einen hochohmigen Kopfhörer

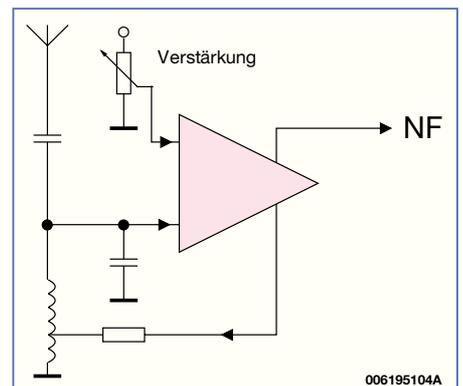


Bild 4: Prinzip des Audions

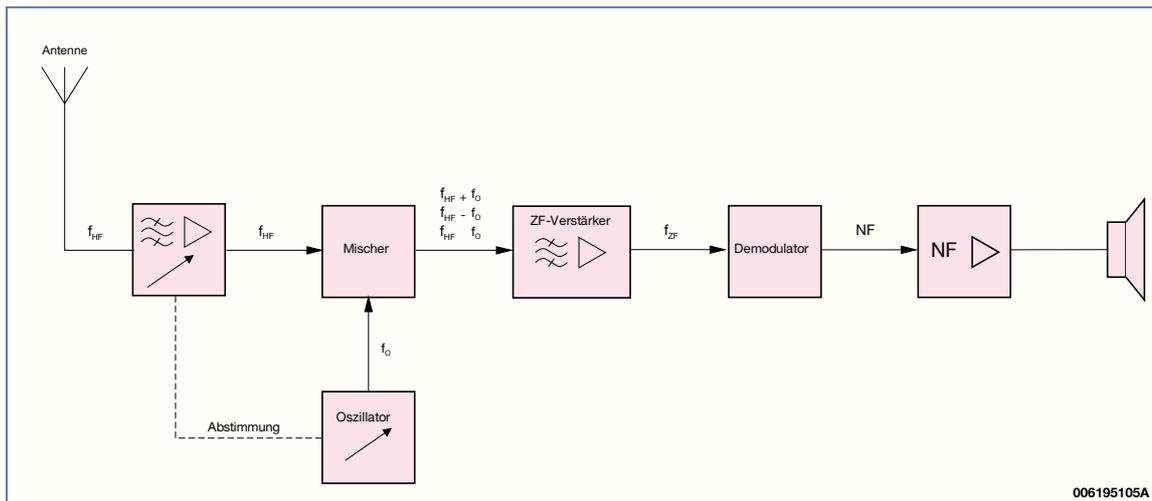


Bild 5: Superhet-Empfangsprinzip

treiben kann. Aufgrund mangelnder Empfindlichkeit und Trennschärfe kann aber meist nur ein kräftiger Ortssender empfangen werden. Empfänger dieser Art stammen aus den Anfängen des Rundfunks und haben heute keine nennenswerte Bedeutung mehr, lediglich zum Basteln o. ä. wird dieses Verfahren noch verwendet. Im Internet lassen sich eine Reihe interessanter Bauanleitungen finden. Man konnte die Empfindlichkeit und die Selektivität dieses Empfangsprinzips zwar durch mehrere abstimmbare HF-Verstärker erhöhen, durch die verschiedenen abzustimmenden HF-Kreise traten aber hohe Kosten und Gleichlaufprobleme auf.

Eine weiterentwickelte Form dieses Geradeempfängers ist das Audion, bei dem das empfangene Signal ebenfalls ohne Frequenzumsetzung zum Demodulator gelangt. Das Audion zählt zu den recht alten Empfängertypen, der Volksempfänger VE301 oder der Deutsche Kleinempfänger DKE aus den Zeiten des Nationalsozialismus nutzten dieses Empfangsprinzip. Setzt man Empfangsleistung und Schaltungsaufwand bzw. Preis ins Verhältnis, ist ein Audion so gut wie unschlagbar. Das Audion stellt für Anfänger ein lehrreiches Bauobjekt dar und wird auch heute noch in

moderner Form als Bausatz angeboten.

Vom Prinzip her lassen sich mit nur einer HF-Transistorstufe mehrere Funktionen realisieren: Selektion, HF-Verstärkung, variable Bandbreite durch Rückkopplungseinstellung, Gleichrichtung. Abbildung 4 zeigt das Prinzip des Audions. Ein geringer Teil des verstärkten HF-Signals wird vom Ausgang des HF-Verstärkers auf den Eingang zurückgeführt. Dadurch wird der Kreis entdämpft und Empfindlichkeit und Trennschärfe steigen im Vergleich zum nicht entdämpften Kreis deutlich an. Durch Arbeitspunktverschiebung bei gleichzeitiger Rückkopplung wird verstärkt und demoduliert.

Wird die Rückkopplung erhöht, beginnt das Audion zu schwingen und arbeitet als Oszillator, was normalerweise vermieden werden sollte. Für den Empfang von SSB-Signalen muss allerdings die Rückkopplung so eingestellt werden, dass das Audion schwingt. Somit überlagern sich Empfangssignal und Eigenschwingung. Dann arbeitet das Audion als selbstschwingende Mischstufe ähnlich dem Direktmischempfänger, siehe später im Text.

Die Bedienung und Handhabung eines solchen Audions ist nicht ganz einfach, da Rückkopplung und Verstärkung sensibel

in der Einstellung sind und die Frequenzkonstanz nicht besonders gut ist. Man muss also ein wenig probieren.

Schnell erfand man andere Empfangsverfahren, wie das Superhetverfahren (1917 durch Armstrong). Dieses Verfahren war allerdings anfänglich patentiert, so dass nur wenige Firmen Empfänger dieser Art fertigen konnten. Das Superhet-Prinzip war allen anderen Verfahren weit überlegen und wurde innerhalb eines Zeitraums von nur 10 Jahren für praktisch alle Funkempfänger genutzt. Auch heute noch bildet dieses Verfahren die Grundlage für nahezu alle Empfänger.

Der Begriff „Superhet“ stammt von „Superheterodyne“, eine Zusammensetzung aus super (lat. über), hetero (gr. andersartig, fremd) und dyne (gr. Kraft), also in etwa „über eine andere Kraft“. Um die vorher erwähnten Gleichlaufprobleme zu eliminieren, wird die zu empfangene Frequenz auf eine konstante Frequenz (Zwischenfrequenz, ZF) umgesetzt und dann in mehrstufigen, fest abgestimmten Verstärkern verstärkt. In Abbildung 5 ist dieses Empfangsprinzip detailliert dargestellt.

Das Empfangssignal der Antenne wird über einen meistens abstimmbaren HF-Verstärker auf den Mischer gegeben. Wei-

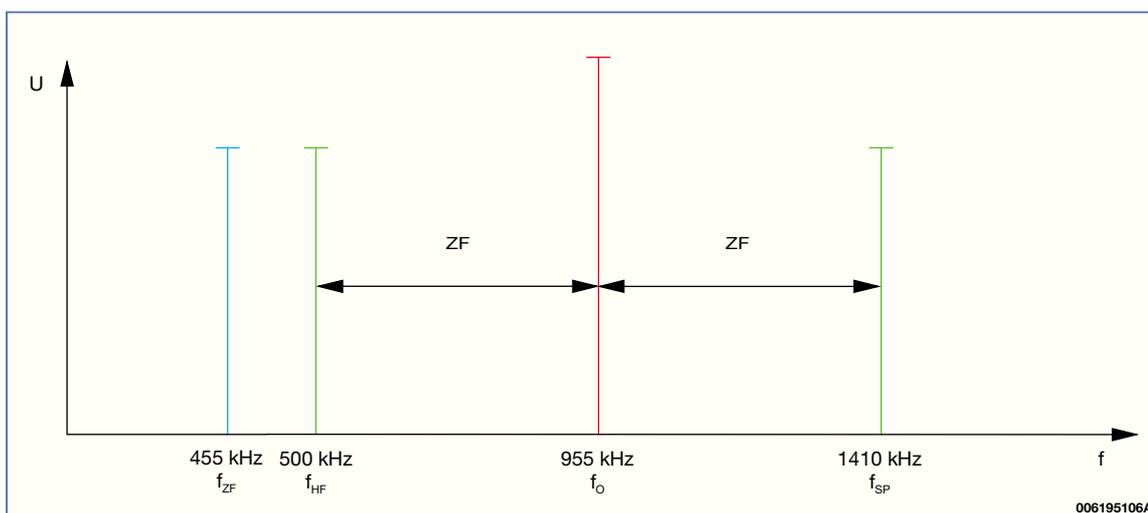


Bild 6: Spektrum im Mittelwellenbereich

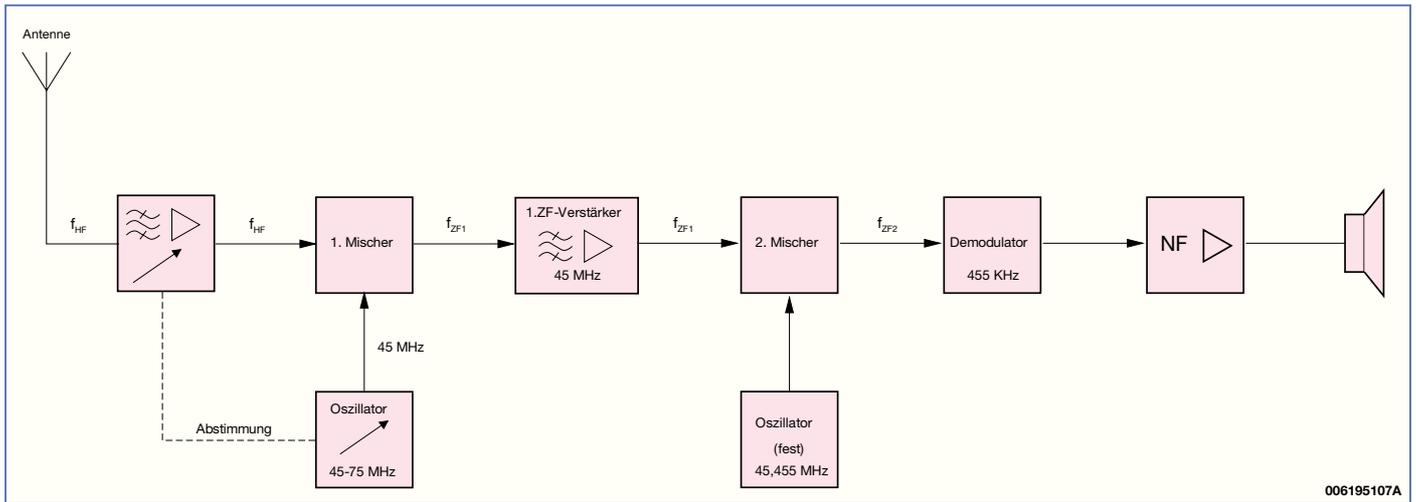


Bild 7: Prinzipieller Aufbau des Doppelsuperhetempfängers

terhin enthält das Gerät einen Oszillator, den sogenannten Local Oscillator (LO), der auf Grund seiner variablen Frequenz die Abstimmung vornimmt. Das LO-Signal wird ebenfalls dem Mischer zugeführt. Am Mischerausgang stehen neben dem HF- und dem LO-Signal (f_{HF} und f_{LO}) ebenfalls die Summen- und die Differenzfrequenzen ($f_{HF} + f_{LO}$ und $f_{HF} - f_{LO}$) beider Signale an. Entweder die Summen- oder die Differenzfrequenz wird herausgefiltert und als Zwischenfrequenz verwendet. Wählt man die Differenzfrequenz als Zwischenfrequenz, muss die Oszillatorfrequenz immer um die Zwischenfrequenz höher oder niedriger liegen als die Empfangsfrequenz. Gängige Zwischenfrequenzen sind 455 bzw. 460 kHz bei AM-Empfängern und 10,7 MHz beim UKW-Rundfunk.

Abbildung 6 zeigt als Beispiel das Spektrum im Mittelwellenbereich. Die Zwischenfrequenz beträgt 455 kHz, eine Frequenz von 500 kHz soll empfangen werden. Damit die Differenzfrequenz von 455 kHz gebildet wird, muss der LO auf 955 kHz schwingen.

Der ZF-Verstärker trägt den größten Teil der Verstärkung bei und weist die höchste Selektivität auf. Das verstärkte ZF-Signal

wird dem Demodulator zugeführt, an dessen Ausgang das NF-Signal zur Verfügung steht. Der NF-Verstärker hebt den Signalpegel und steuert den Lautsprecher an.

Neben allen seinen Vorteilen bringt das Superhet-Verfahren auch einen prinzipiellen Nachteil mit sich, nämlich das Spiegelfrequenzproblem. Wie in Abbildung 6 ersichtlich, bildet nicht nur das 500-kHz-Eingangssignal sondern ebenfalls das um die doppelte ZF größere Eingangssignal von 1410 kHz zusammen mit dem Oszillatorsignal die Zwischenfrequenz von 455 kHz. Diese sogenannte Spiegelfrequenz wird neben dem eigentlichen Empfangssignal ebenfalls empfangen. Im Mittelwellenband lässt sich die Spiegelfrequenz durch einen Bandpass vor dem Mischer hinreichend unterdrücken, siehe Abbildung 5. Im Kurzwellenband bringt ein Empfänger mit 455 kHz ZF aber deutlich größere Probleme hinsichtlich der Spiegelfrequenz mit sich, speziell bei der höchsten Empfangsfrequenz von ca. 30 MHz. Hier liegt die Spiegelfrequenz nur 3% von der Empfangsfrequenz entfernt. Für eine hinreichende Unterdrückung der Spiegelfrequenz wäre ein enormer Filteraufwand erforderlich. Um dieses Problem zu besei-

tigen, könnte man die ZF deutlich höher wählen, dadurch würde aber die Selektivität leiden.

Um das Spiegelfrequenzproblem zu lösen, beschreitet man andere Wege: Die erste Möglichkeit besteht in der mehrfachen Frequenzumsetzung, z. B. mit dem sogenannten Doppelsuperhetempfänger, der mit 2 verschiedenen Zwischenfrequenzen arbeitet. Abbildung 7 zeigt den prinzipiellen Aufbau. Die erste Zwischenfrequenz liegt deutlich höher z. B. bei 45 MHz. Dadurch ist die Spiegelfrequenz, die den doppelten ZF-Abstand vom Empfangssignal hat, 90 MHz vom Empfangssignal entfernt. Eine zweite Mischstufe und ein Festfrequenzoszillator nehmen dann die zweite Umsetzung auf 455 kHz vor, es folgt die gleiche Signalverarbeitung wie in Bild 5. Mit diesem Prinzip lassen sich Spiegelfrequenzen wirksam unterdrücken, üblich sind bei Kommunikationsempfängern 2fache oder sogar 3fache Frequenzumsetzung.

Die zweite Möglichkeit, das Spiegelfrequenzproblem zu umgehen, bietet der Direktmischempfänger, der Spiegelfrequenzen gar nicht erst entstehen lässt. Im Wesentlichen entspricht dieses Verfahren dem Einfachsuper, jedoch sind Oszillator- und Empfangsfrequenz gleich, wodurch keine Spiegelfrequenzen auftreten können. Abbildung 8 zeigt den Aufbau. Am Eingang liegt ein abstimmbares Bandpassfilter. Da das Oszillatorsignal der Empfangsfrequenz entspricht, entsteht beim Mischvorgang direkt das NF-Signal. Dieses wird durch ein nachgeschaltetes Tiefpassfilter von der Oszillator- und der Empfangsfrequenz getrennt und einem hochverstärkenden NF-Verstärker zugeführt. Der Nachteil dieser Schaltungsvariante liegt darin, dass die NF-Bandbreite sehr gering ist (nur 3 kHz).

Im nächsten Teil dieses Artikels wollen wir zur praktischen Seite des Kurzwellenempfangs schreiten und einen Doppelsuperhet-Kurzwellenempfänger im Selbstbau erstellen.

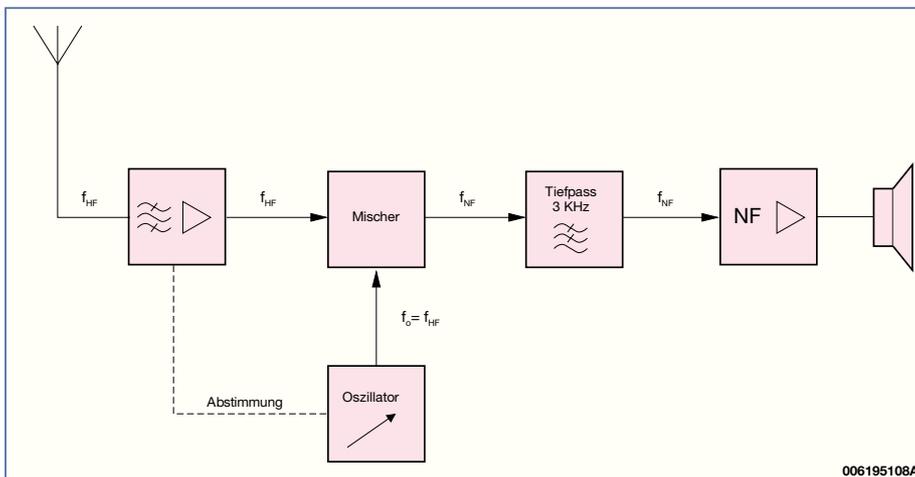


Bild 8: Aufbau des Direktmischempfängers