

Funk-Empfänger

Fragen TF101-T409



Deutscher Amateur-Radio-Club e.V.
Bundesverband für Amateurfunk in Deutschland

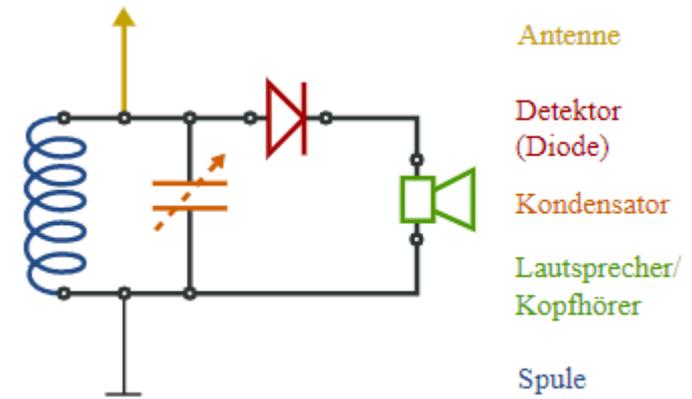
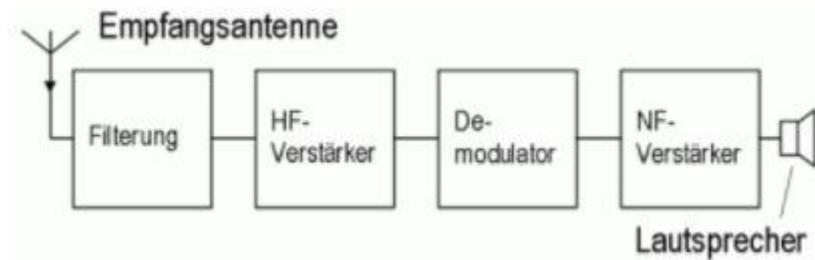
Michael Funke – DL4EAX



Geradeausempfänger

Zum Anfang der **Rundfunktechnik** setzte man AM-Long- und Mittelwellenempfänger nach dem “Geradeausprinzip” ein. Das bedeutet, dass das von der Antenne aufgenommene Signal in seiner Frequenz bis zum De-modulator nicht verändert wird.

Man sieht, dass ein **Schwingkreis** auf die **Empfangsfrequenz** eingestellt wird und die **Demodulation** mittels einer Diode passiert.

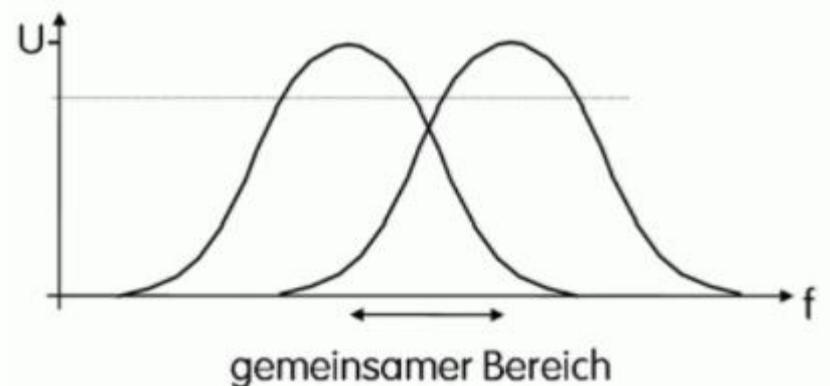
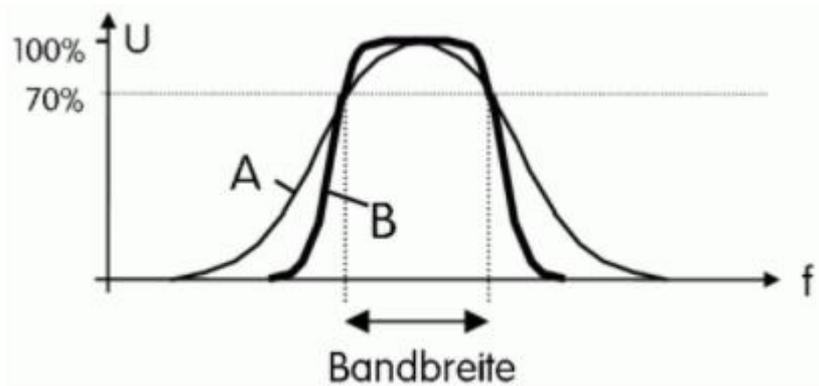


Bildquelle: <https://www.darc.de/der-club/referate/ajw/lehrgang-te/e15/> Bildquelle: Von Arne Nordmann (norro) - Own illustration, based on w:de:Bild:DetektorEmpfaenge CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1966931>

Geradeausempfänger

Mit einem **Schwingkreis** (A) erhält man aber nicht die notwendige Trennschärfe. Man empfängt also im ungünstigsten Fall zwei Radiosender auf einmal.

Abhilfe schafft hier die Nutzung mehrerer Schwingkreise (B), die dann alle auf die gleiche Frequenz abgestimmt werden müssen (linkes Bild). In der Praxis ist es aber schwierig mehrere in der Frequenz **verstellbare Schwingkreise** auf exakt der selben Frequenz zu betreiben (rechtes Bild). Einfacher wäre das auf einer festen Frequenz.



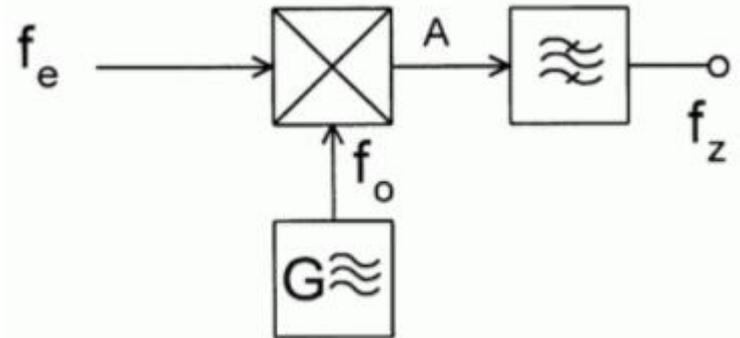
Bildquelle: <https://www.darc.de/der-club/referate/ajw/lehrgang-te/e15/>

Überlagerungsempfänger

Für eine feste Frequenz lässt sich ein trennscharfes Filter mit mehreren Schwingkreisen leicht aufbauen. Durch **Mischung** kann man den gewünschten Frequenzbereich auf diese meist niedrigere Frequenz heruntersetzen. Diese Frequenz nennt man auch **Zwischenfrequenz** ("ZF"). Englisch: "**Intermediate Frequency**" ("IF").

Das **Empfangssignal** mit einer bestimmten **Eingangsfrequenz** f_e wird mit Hilfe der **Mischstufe** und des bei f_o arbeitenden **Oszillators** auf eine **Zwischenfrequenz** f_z , beispielsweise 455kHz, umgesetzt.

Man nennt einen Empfänger nach diesem Prinzip "**Superheterodyn-Empfänger**", abgekürzt Superhet oder auch Super. Je nachdem, wie oft gemischt wird, werden dann die Begriffe "**Einfachsuper**" oder "**Doppelsuper**" benutzt.



Bildquelle: <https://www.darc.de/der-club/referate/ajw/lehrgang-te/e15/>

Überlagerungsempfänger

Bei dem **Mischvorgang** werden immer **zwei Frequenzen** erzeugt - die **Summe** und die **Differenz** der zugeführten Frequenzen.

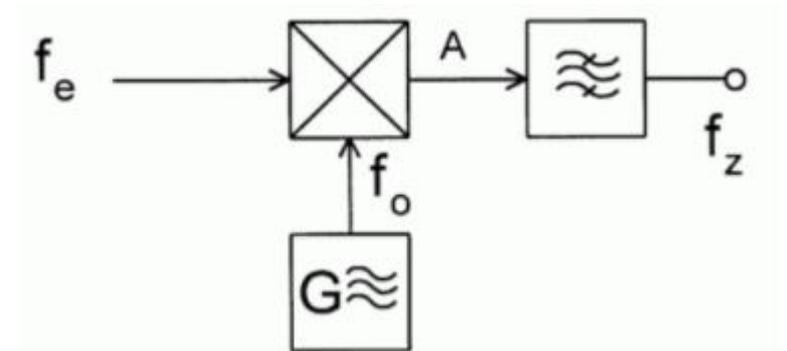
Also:

1. Eingangsfrequenz plus Oszillatorfrequenz
oder
2. Eingangsfrequenz minus Oszillatorfrequenz

Beispiel:

Einem Mischer werden die Frequenzen 136MHz und 145MHz zugeführt. Welche Frequenzen werden beim Mischvorgang erzeugt?

1. $136\text{MHz} + 145\text{MHz} = 281\text{MHz}$
2. $145\text{MHz} - 136\text{MHz} = 9\text{MHz}$

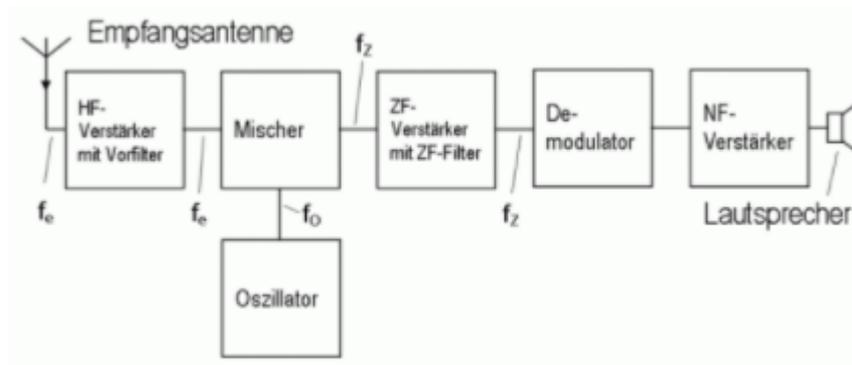


Bildquelle: <https://www.darc.de/der-club/referate/ajw/lehrgang-te/e15/>

Einfachsuper (Allgemein)

Angenommen, die **Filter** des **ZF-Verstärkers** sind für 455kHz ausgelegt (f_z) und es soll eine Frequenz von 3500kHz im 80-m-Band empfangen werden (f_e).

Der **Oszillator** muss dann 455kHz oberhalb von 3500kHz - also auf 3955kHz - schwingen (f_o).



Bildquelle: <https://www.darc.de/der-club/referate/ajw/lehrgang-te/e15/>

Einfachsuper (Allgemein)

Wenn die zu **empfangende Frequenz** (f_e) geändert werden soll, muss am **Oszillator** die Frequenz (f_o) verstellt werden.

Beispiel:

Um 3.500kHz zu empfangen, muss der Oszillator auf $3.500\text{kHz} + 455\text{kHz} = 3.955\text{kHz}$ gestellt werden.

f_e in kHz	f_o in kHz	f_z in kHz
3.500	3.955	455
7.000	7.455	455
14.200	14.655	455
28.500	28.955	455

Einfachsuper (Spiegelfrequenzproblematik)

Allerdings gibt es das Problem mit der **Spiegelfrequenz**, der unerwünschten zweiten Empfangsfrequenz (im Abstand der doppelten Zwischenfrequenz zur Empfangsfrequenz).

Beispiel:

Das Signal auf 3500kHz wird mit dem von 4410kHz überlagert.

Meistens liegt die Oszillatorfrequenz oberhalb der Eingangsfrequenz.

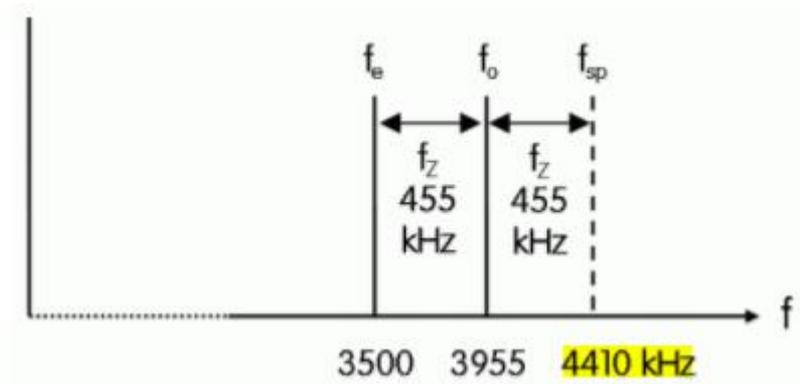
Dann gilt:

$$f_{sp} = f_e + 2 \cdot f_z$$

Selten liegt die Oszillatorfrequenz unterhalb der Eingangsfrequenz.

Dann gilt:

$$f_{sp} = f_e - 2 \cdot f_z$$



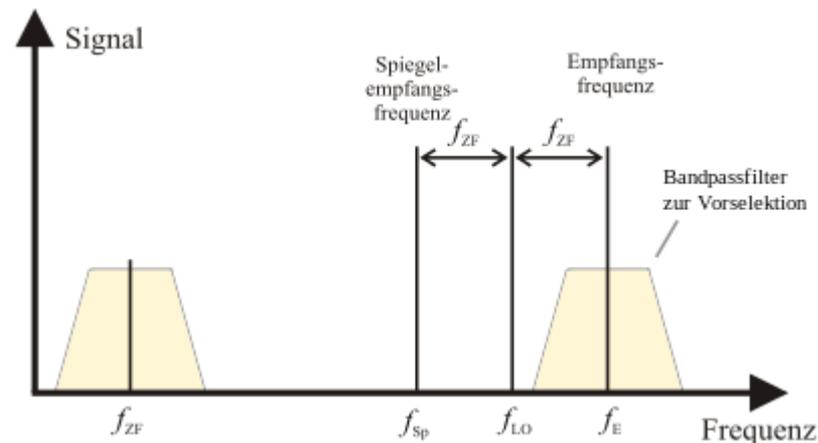
Bildquelle: <https://www.darc.de/der-club/referate/ajw/lehrgang-te/e15/>

Einfachsuper (Spiegelfrequenzproblematik)

Den Empfang auf der **zweiten Frequenz** kann man unterdrücken, indem vor die **Mischstufe** einen **Parallelschwingkreis** eingefügt wird.

Dieser wirkt als **Bandpassfilter** und ist genau auf die Empfangsfrequenz eingestellt.

Er lässt nur die Empfangsfrequenz durch und dämpft alle anderen Frequenzen.



Bildquelle: Mihcel, CC BY-SA 3.0

<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=29491816>

Einfachsuper mit niedriger ZF

Bei einem Bandpassfilter wird die Bandbreite bei zunehmender Frequenz größer. Man muss also aufpassen, dass die **Bandbreite** nicht so groß wird und sie in die **Spiegelempfangsfrequenz** hineinreicht.

Je kleiner der prozentuale Abstand zwischen den beiden Frequenzen wird, desto mehr technischer Aufwand muss also für eine entsprechende **Trennschärfe** des **Bandpassfilters** getrieben werden.

f_{e1} in kHz	f_{e2} in kHz	f_O in kHz	f_z in kHz	$f_{e1} / (2 \cdot f_z)$
3.500	4.410	3.955	455	0,26 = 26%
7.000	7.910	7.455	455	0,13 = 13%
14.200	15.110	14.455	455	0,06 = 6%
28.500	29.410	28.955	455	0,03 = 3%

Einfachsuper mit hoher ZF

Abhilfe kann man mit einer höheren **Zwischenfrequenz** erreichen (z.B. 9MHz).

Dadurch liegt die **Spiegelfrequenz** immer weit genug von der **Empfangsfrequenz** entfernt, um sie ausreichend zu dämpfen.

Allerdings braucht man bei einer hohen ZF einen wesentlich höheren Filteraufwand für die gleiche **Selektionswirkung** als bei einer niedrigeren ZF.

Man muss also mehrere Schwingkreise zu einem Filter zusammenschalten oder **Quarzfilter** (einen **Bandpass** mit einem **Quarzkristall**) nehmen. Dies ist aber ein erheblicher Mehraufwand.

f_{e1} in kHz	f_{e2} in kHz	f_O in kHz	f_z in kHz	$f_{e1} / (2 \cdot f_z)$
3.500	21.500	12.500	9.000	0,19 = 19%
7.000	25.000	16.000	9.000	0.39 = 39%
14.200	32.200	23.200	9.000	0,79 = 79%
28.500	46.500	37.500	9.000	0,63 = 63%

Einfachsuper (Fazit)

- Einfachsuper mit einer niedrigen ZF haben eine schlechte **Spiegelfrequenzunterdrückung**, sind aber **preisgünstig** zu realisieren.
- Einfachsuper mit einer hohen ZF haben eine gute Spiegelfrequenzunterdrückung, sind aber **nicht preisgünstig** zu realisieren.

Einfachsuper mit einer hohen ZF werden in der Selbstbauszene gerne realisiert, denn dadurch, dass nur einmal gemischt werden muss, gibt es weniger **Oszillatorrauschen** und damit einen ruhigen Empfang.

Beispiel:

Elecraft K2.



Bildquelle: http://www.elecraft.com/k2_page.htm

Doppelsuper

Eine niedrige ZF hat also den Vorteil, dass man mit wenig Aufwand (billig) eine gute **Trennschärfe** erzielt und eine hohe ZF hat den Vorteil, dass man die **Spiegelfrequenz** leicht unterdrücken kann.

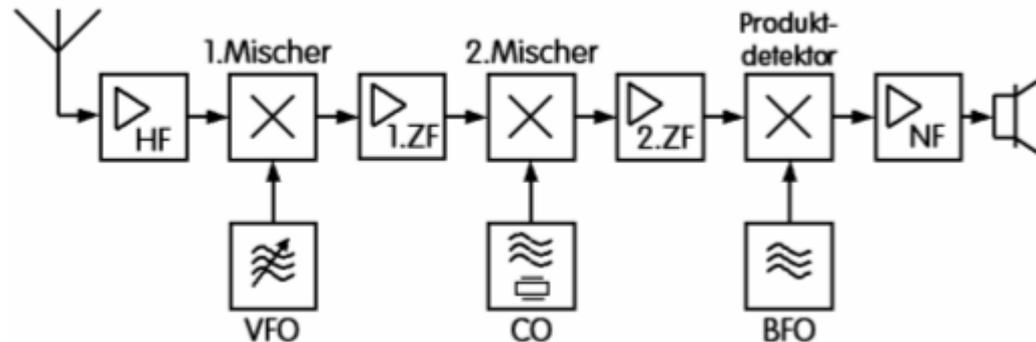
Um beide Vorteile zu vereinen, hat man den **Zweifachüberlagerungsempfänger** (*Doppelsuper*) entwickelt.

Er besitzt eine hohe erste ZF für eine gute **Spiegelfrequenzunterdrückung** und eine niedrige zweite ZF für eine gute **Trennschärfe**.

Doppelsuper

Der erste Oszillator ist variabel (**VFO** = **V**ariable **F**requency **O**szillator) und mit ihm stellt man die **Empfangsfrequenz** ein.

Der zweite Oszillator hat eine feste Frequenz und ist mit einem **Quarz** stabilisiert (**CO** = **C**rystal **O**szillator).



Bildquelle: <https://www.darc.de/der-club/referate/ajw/lehrgang-ta/a13/>

Doppelsuper

Beim Doppelsuper unterscheidet man zwischen **Abwärts-** und **Aufwärtsmischung**.

In den **Prüfungsfragen** kommt nur die **Abwärtsmischung** vor, also 1. ZF 10,7 oder 9MHz und 2. ZF 455kHz (bzw. 460kHz).

In der Praxis findet man heute oft die Aufwärtsmischung mit einer 1. ZF um die 70MHz (und damit oberhalb der höchsten Empfangsfrequenz) und einer 2. ZF von 455kHz.

Damit lassen sich durchgehende Empfangsbereiche (von 150kHz bis 55MHz) leichter realisieren, weil die **Spiegelfrequenz** weit von der **Nutzfrequenz** entfernt liegt. Eine gute Filterung in der ersten hohen ZF hinzubekommen, ist heute gut erreichbar.

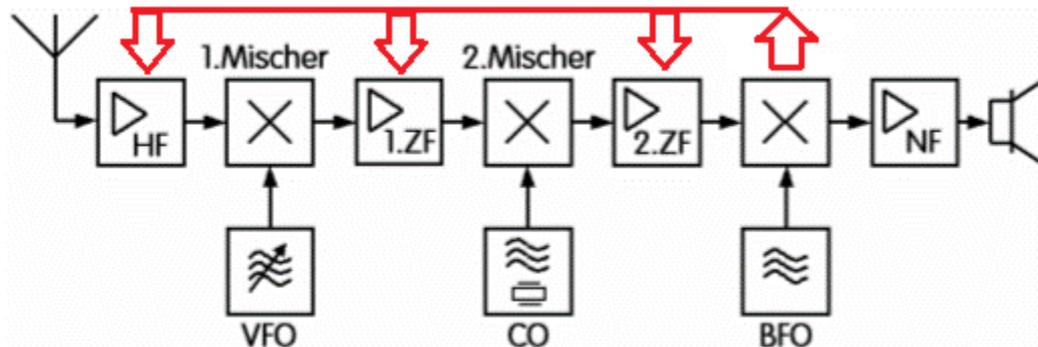
Zusatzeinrichtungen

Automatische Verstärkungsregelung (AGC = Automatic Gain Control)

Die AGC dient dazu, den **Ausgangspegel** konstant zu halten, auch wenn sich die **Amplitude** des eingehenden Signals stark ändert.

Bei einem Funkempfänger sorgt die AGC dafür, dass unterschiedlich stark empfangene Sender dennoch etwa gleichlaut wiedergegeben werden.

Sie regelt die **Verstärkung** der HF- und ZF-Stufen.



Bildquelle: <https://www.darc.de/der-club/referate/ajw/lehrgang-ta/a13/>

Zusatzeinrichtungen

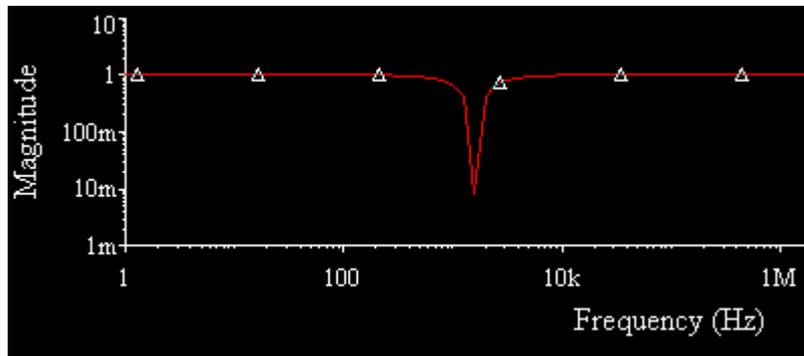
Notch-Filter

Frage:

Welche Baugruppe könnte in einem Empfänger gegebenenfalls dazu verwendet werden, um einen schmalen Frequenzbereich zu unterdrücken, in dem **Störungen** empfangen werden?

Soll heißen:

Sie hören beim AM-Rundfunkempfang auf der Kurzwelle einen **störenden Pfeifton**. Womit könnte man diesen unterdrücken?



Bildquelle: By JonathonReinhart (talk) (Uploads) - Own work, Public Domain
<https://en.wikipedia.org/w/index.php?curid=14320462>

Zusatzeinrichtungen

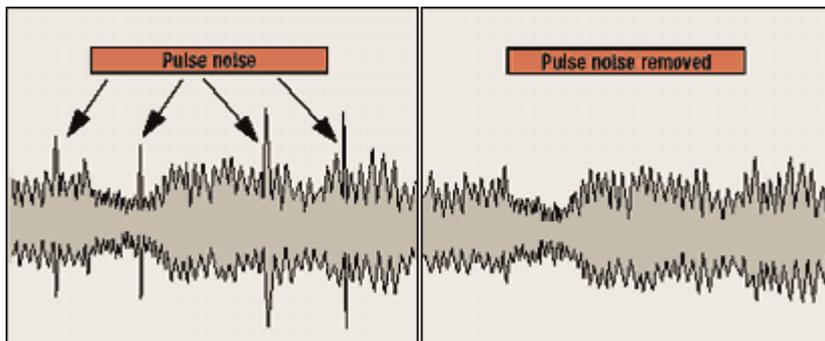
Noise-Blanker

Frage:

Welche Baugruppe könnte in einem Empfänger gegebenenfalls dazu verwendet werden, impulsförmige Störungen auszublenden?

Soll heißen:

Sie werden auf der Kurzwelle von Zündfunken oder einem Weidezaun durch **Knackgeräusche** gestört. Womit könnte man diese unterdrücken?



Bildquelle: Broschüre der Fima Kenwood

http://www.kenwood.com/i/products/info/amateur/ts_480/

Zusatzeinrichtungen

RIT - Receiver Incremental Tuning

Bei einem Transceiver kann man die **Empfangsfrequenz** mittel des **RIT-Knopfes** gegenüber der **Senderfrequenz** geringfügig verstellen.



Bildquelle: Michael Funke - DL4EAX

Empfängereigenschaften

Empfindlichkeit:

Fähigkeit des Empfängers, **schwache Signale** zu empfangen.

Bandbreite:

Die Fähigkeit, ein bestimmtes Teil des HF-Spektrums herauszufiltern (z.B. genau die 2,7kHz, auf denen der **Gesprächspartner** seine **SSB-Aussendung** tätigt).

FM-Empfänger

FM ermöglicht eine qualitativ gute, **störungsarme drahtlose Übertragung** von Musik und Sprache.

Während bei **AM** auch durch ein schmalbandiges Filter das Signal nicht ganz vom **Rauschen** getrennt werden kann, ist es **beim FM-Empfänger** trotz des breitbandigen Filters möglich, die **Qualität** wesentlich zu verbessern.

Gründe dafür:

- Der Demodulator wird kaum durch **Amplitudenschwankungen** beeinflusst.
- Amplitudenschwankungen im Eingang werden zusätzlich durch einen **Begrenzerverstärker** reduziert. *
- Die **Sendeleistung** ist konstant.
- Die **Schwunderscheinungen** haben kaum Einfluss, die **Empfangsfeldstärke** darf schwanken.

* Der **Begrenzerverstärker** eines FM-Empfängers ist ein Verstärker, der sein Ausgangssignal ab einem bestimmten **Eingangspegel** begrenzt.

Wurde alles empfangen?



Bildquelle: Mit Genehmigung des Autors
<https://hambuilder.com/product/hbr4hf-new/>

Initiales Autorenteam:

Michael Funke - DL4EAX

Carmen Weber - DM4EAX

Willi Kiesow - DG2EAF

**Änderungen durch:**

Hier bitte Ihren Namen eintragen, wenn Sie Änderungen vorgenommen haben.

Sie dürfen:

Teilen: Das Material in jedwedem Format oder Medium vervielfältigen und weiterverbreiten.

Bearbeiten: Das Material verändern und darauf aufbauen.

Unter folgenden Bedingungen:

Namensnennung: Sie müssen angemessene Urheber- und Rechteangaben machen, einen Link zur Lizenz beifügen und angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden. Diese Angaben dürfen in jeder angemessenen Art und Weise gemacht werden, allerdings nicht so, dass der Eindruck entsteht, der Lizenzgeber unterstütze gerade Sie oder Ihre Nutzung besonders.

Nicht kommerziell: Sie dürfen das Material nicht für kommerzielle Zwecke nutzen.

Weitergabe unter gleichen Bedingungen: Wenn Sie das Material verändern oder anderweitig direkt darauf aufbauen, dürfen Sie Ihre Beiträge nur unter derselben Lizenz wie das Original verbreiten.

Der Lizenzgeber kann diese Freiheiten nicht widerrufen solange Sie sich an die Lizenzbedingungen halten.

Details: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/de/>