

Funk-Empfänger

Fragen TF101-TF409



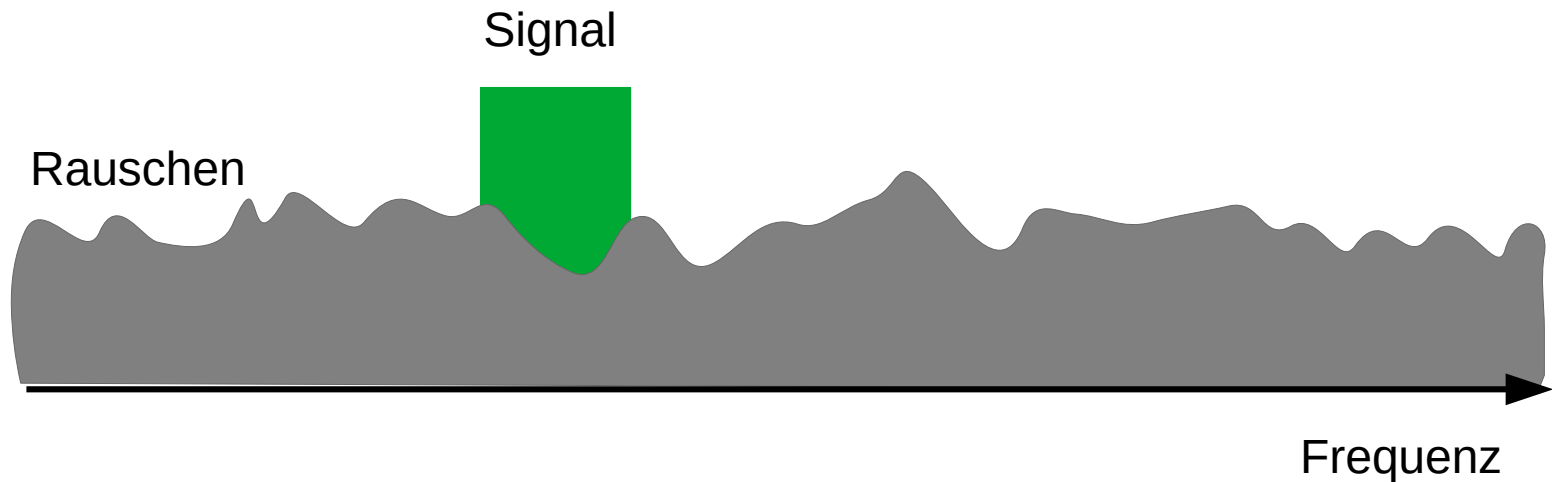
Deutscher Amateur-Radio-Club e.V.
Bundesverband für Amateurfunk in Deutschland

Michael Funke - DL4EAX
Andreas Krüger - DJ3EI

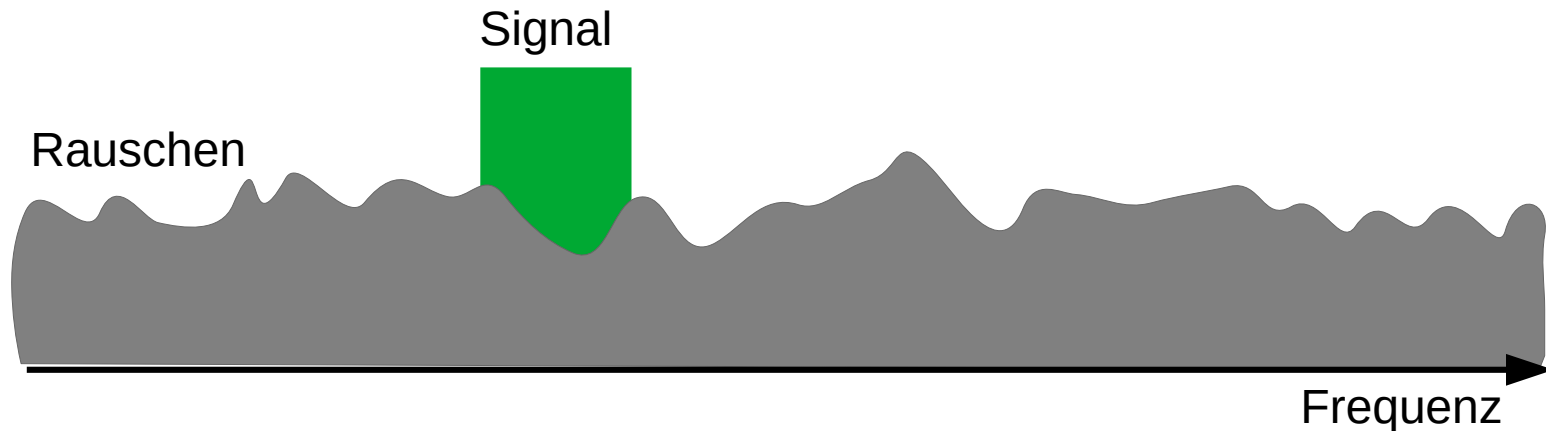


Empfindlichkeit von Empfängern

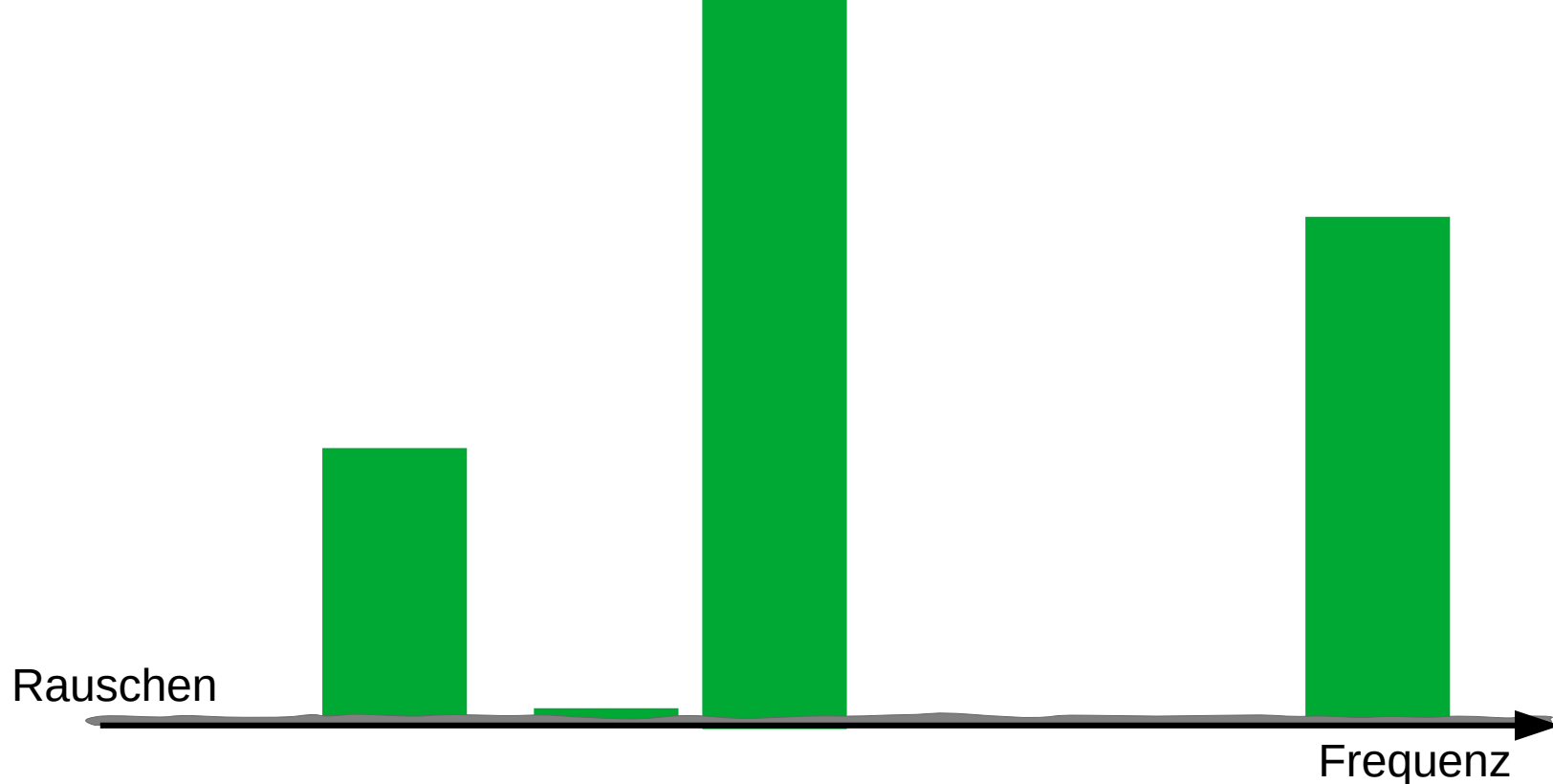
"Fähigkeit, schwache Signale zu empfangen." (TF401)



Empfindlichkeit von Empfängern auf Kurzwelle kein Thema



- Empfindlichkeit nur sinnvoll **bis zum immer vorhandenen Rauschen**.
- Test: Freie Frequenz suchen, Antenne ab (oder Dummyload anschließen). Nimmt das Rauschen hörbar ab? Dann empfindlich genug.
- Auf der Kurzwelle seit 60...70 Jahren gelöstes Problem. Jeder ernsthafte Empfänger ist empfindlich genug.
- VHF / UHF ... weniger Rauschen, daher ist dort höhere (schwierigere) Empfindlichkeit sinnvoll.



Manche Signale ragen nur gerade so aus dem Rauschen.

Andere Signale sind **sehr viel** stärker.

Vergleich schwächstes und stärkstes Signal,
das man am selben Contestwochenende hört, z.B.

1 : 100.000.000

(von der eigenen Antenne aufgefangene Leistung)

Wie kommunizieren wir Signalstärke?

(der empfangenen Signale)

- Wir geben weiter: S1 bis S9
- S1 ist ein schwaches Signal
- Von einer S-Stufe zur nächsten
 - Verdopplung der Antennenspannung
 - Vervierfachung der Leistung
 - 6 dB mehr
- S1 bis S9 entspricht $8 * 6 \text{ dB} = 48 \text{ dB}$
Leistungsverhältnis 1 : 63.000
- Signale lauter als S9 sind nicht selten,
man macht dann mit "+ X dB" weiter, z.B. "S9 + 30 dB"

**Grober Klotz
grober Keil!**

Beispielfrage S-Werte

(Solche Fragen hat die BNetzA in mehreren Prüfungskatalogkapiteln.)

TF-404: Der Funkpartner kommt bei mir zunächst mit S7 an, mit eingeschalteter Endstufe bei S9 + 8 dB. Um welchen Faktor hat sich die Leistung erhöht?

Beispielfrage S-Werte

TF-404: Der Funkpartner kommt bei mir zunächst mit S7 an, mit eingeschalteter Endstufe bei S9 + 8 dB. Um welchen Faktor hat sich die Leistung erhöht?

Taktik: dB sind bequem, in dB rechnen!

Von S7 bis S9 sind es 2 S-Stufen, also 12 dB.

Bis "S9 + 8 dB" kommen nochmal 8 dB drauf, zusammen 20 dB.

20 dB entsprechen 2 B, B zählt Nullen, also 2 Nullen: 100.

Antwort also: Die Leistung hat sich ver-100-facht.

Ähnlich: Fragen TF-403 bis TF-406.

Ich hätte gerne einen Lautstärke-Butler

Rauschen



Frequenz

Gerade habe noch in den Kopfhörer gekrochen
um das Signal an der Grasnarbe noch zu hören.

Wenige kHz weiter ein Signal mit z.B.
10.000x mehr Leistung in meine
Empfangsantenne.

Da fallen einem ja die Ohren ab!

Ich hätte gerne einen Lautstärke-Butler.

Ich hätte gerne einen Lautstärke-Butler

Den gibt es!

"Automatische Verstärkungsregelung"

oder

"AGC" (automatic gain control).

Den Lautstärke-Butler gibt es auch in schnell für "impulsförmige Störungen".

Ein

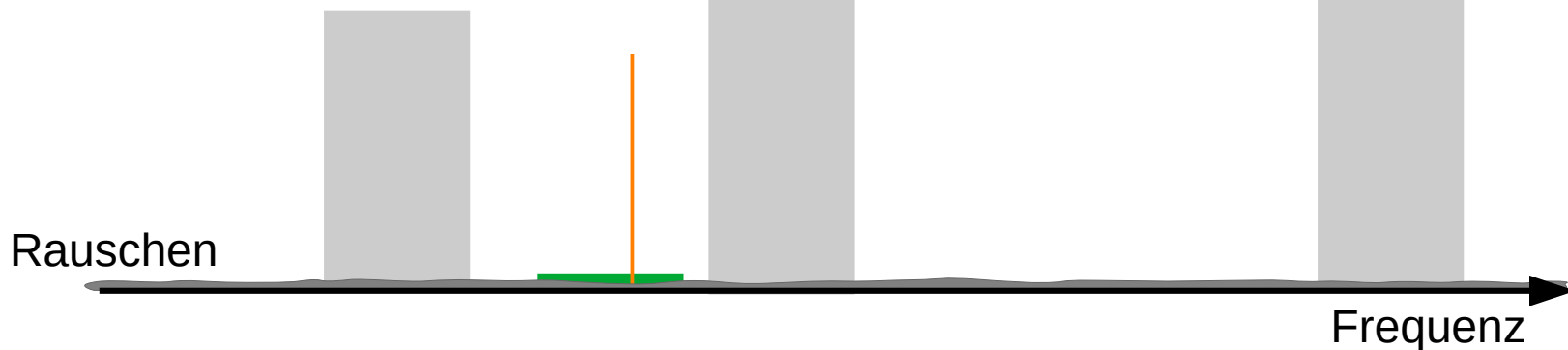
Noise Blanker

unterdrückt komplett "impulsförmige Störungen"
("Knackser").

Auschaltnackser von Licht u.ä.,
Weidezaunimpulse,
Zündfunken beim Auto,

Frage TF-409

Gelegentlich auch nett:
**Schmale Frequenzbereiche
ausblenden**

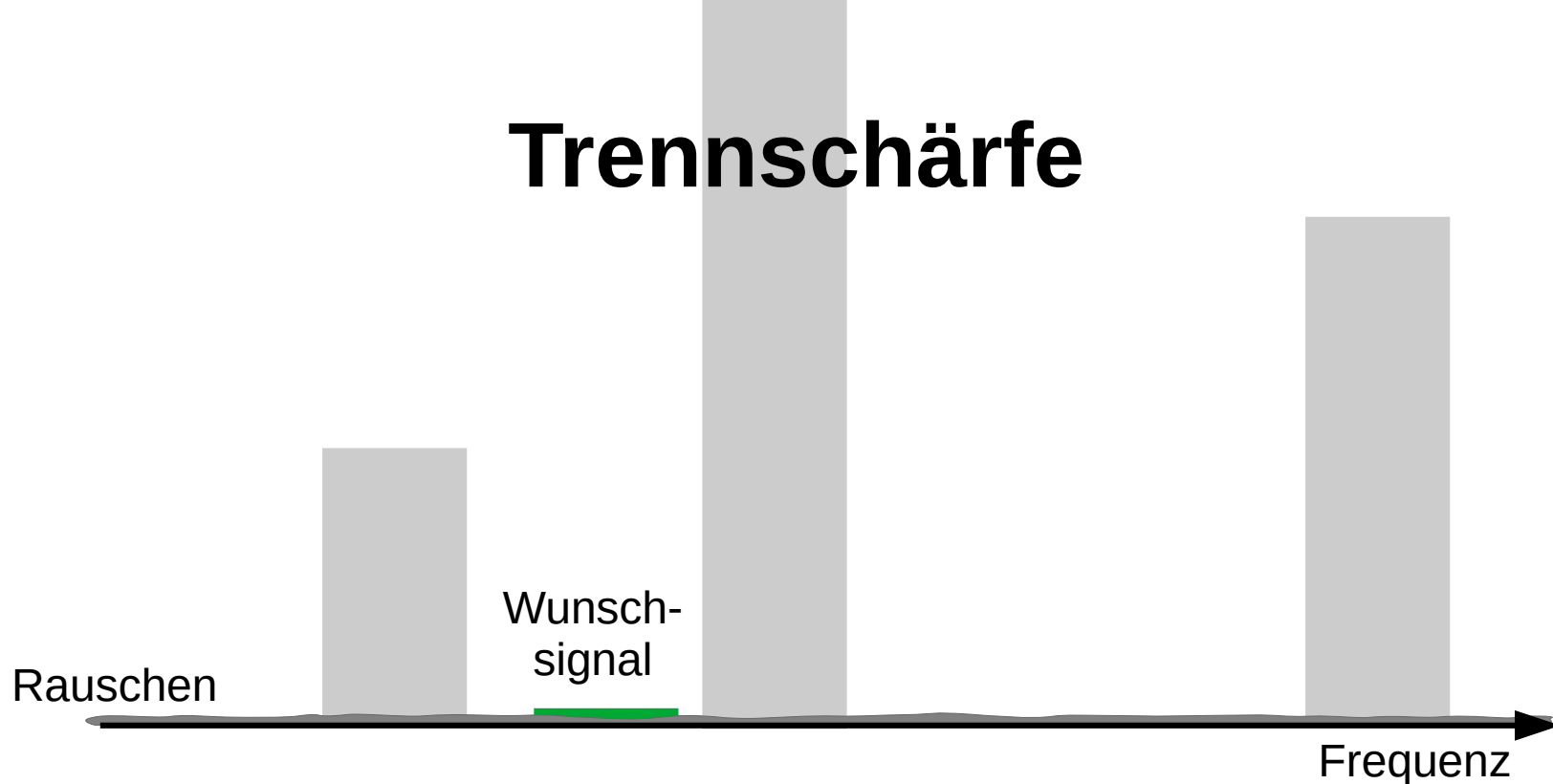


Störendes Pfeifen,
störende Morsesignale über dem Sprechfunksignal oder
andere Störsignale **in einem schmalen Frequenzbereich**
entfernt ein

Notchfilter

Frage TF-407

Trennschärfe



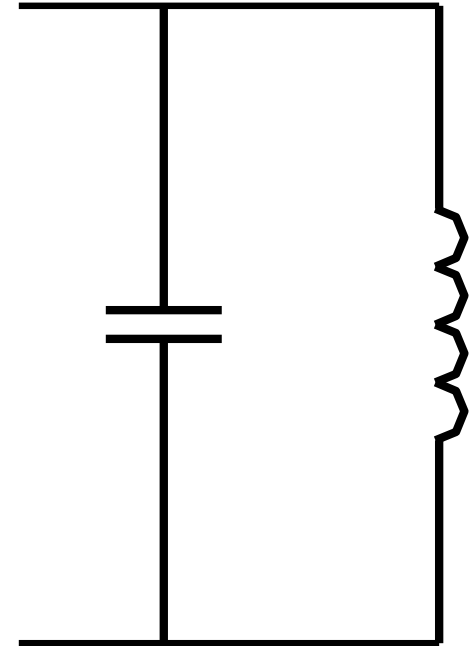
Ich will nur **ein** Signal hören,
die benachbarten (oft viel lauterem) Signale nicht.

Wie kriegt man das hin?

Man braucht Filter.

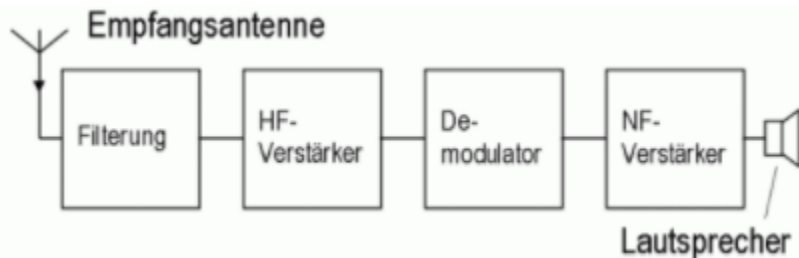
Filtertyp 1: Schwingkreis

- Spule und Kondensator in Parallel
- elektrisches Äquivalent eines Pendels
- geeignet als Filter
- Bandbreite des Filters zum Beispiel $1 / 70 \dots 1 / 300$ der Filterfrequenz (Breite des Durchlassbereichs) (bei Schwingkreisgüte Q 70 ... 300).
- SSB-Filter mit 2,7 kHz realistisch bis 600 kHz
- Enge CW-Filter mit 100 Hz Bandbreite realistisch bis 20 kHz
- Engere Filter möglich durch Zusammenschaltung mehrerer Schwingkreise - in Maßen.



Geradeausempfänger

Zu Anfang der Rundfunktechnik setzte man Empfänger nach dem “Geradeausprinzip“ ein: Das von der Antenne aufgenommene Signal wird in seiner Frequenz bis zum Demodulator nicht verändert.



Beispiel für einen Geradeausempfänger.

Manche Gradeausempfänger aus den 1920ern benutzten drei Schwingkreise zur Filterung.

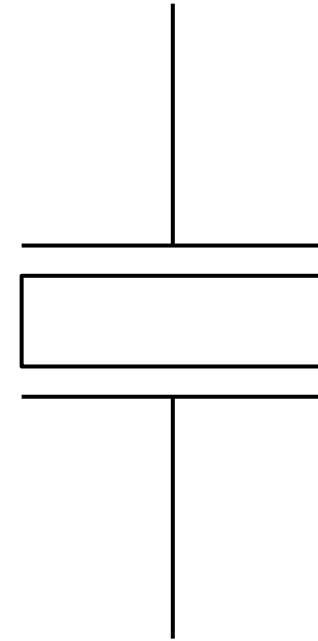
Trotzdem lässt die Trennschärfe spätestens im KW-Bereich zu wünschen übrig.

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

Filtertyp 2: Quarz

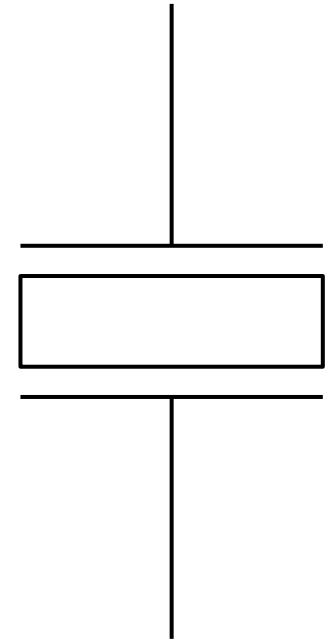
- Elektrische Wechselspannung führt zu einer mechanischen Schwingung des Kristalls.
- Frequenzen von kHz bis einige 100 MHz.
- Extrem trennscharfe Filter möglich.
- Bandbreite von Filtern aus mehreren Quarzen in weiten Bereichen wählbar.
- CW-Bandbreiten auch im MHz-Bereich problemlos darstellbar.
- Frequenz des Quarzes durch seine Mechanik fest eingestellt (durch äußere Beschaltung nur minimal änderbar).

Damit kann man einen guten, trennscharfen Geradeempfänger bauen, aber nur für eine Frequenz.



Filtertyp 3: Keramikresonator

Wie Quarz, nur aus anderem Material,
billiger und schlechter.

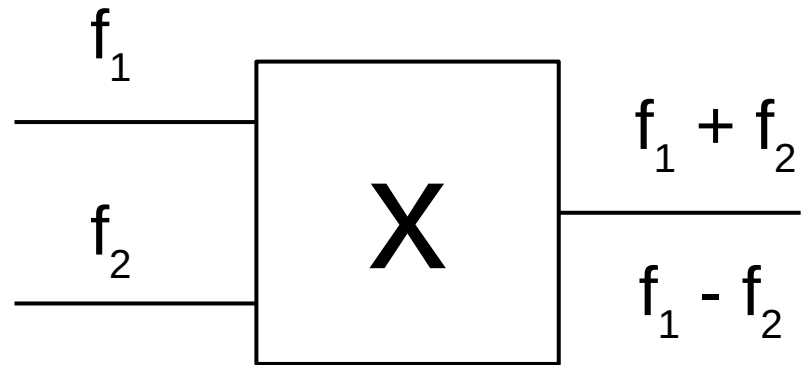


in TF-303 erwähnt

Trennscharfe Empfänger für mehr als eine Frequenz?

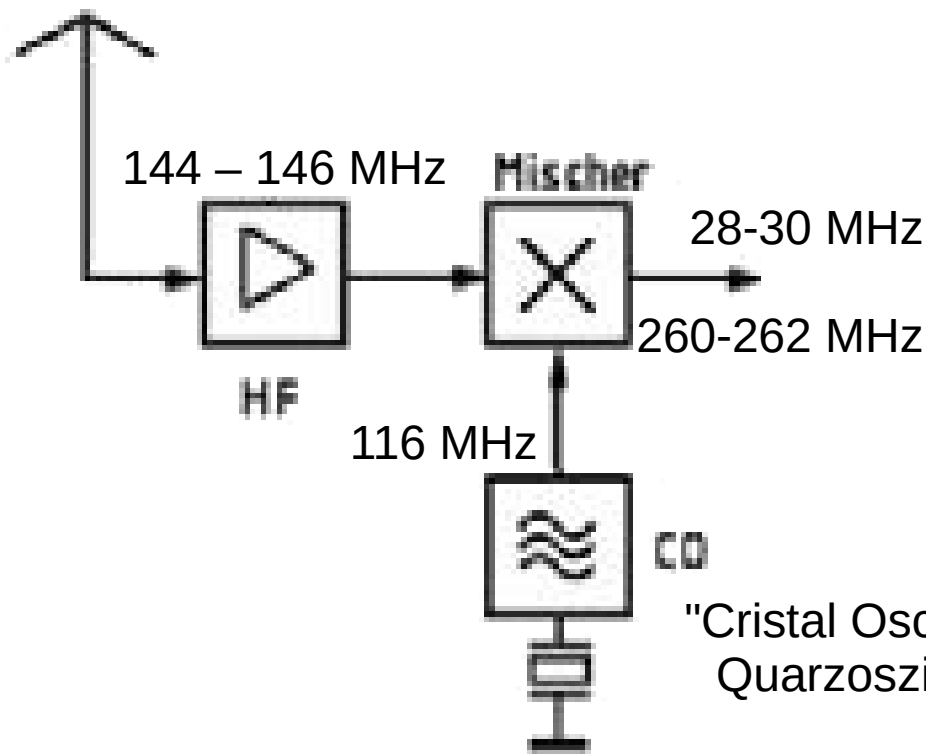
Mischer

- Das "x" steht für "Multiplikation"
- Man braucht ein Bauteil, das (die Spannungen) zweier eingehender Signale multipliziert.
- Haben die eingehenden Signale Frequenzen f_1 bzw. f_2 , so entsteht am Ausgang ein Summe aus einem Signal der Frequenz $f_1 + f_2$ und einem Signal der Frequenz $f_1 - f_2$.



Konverter

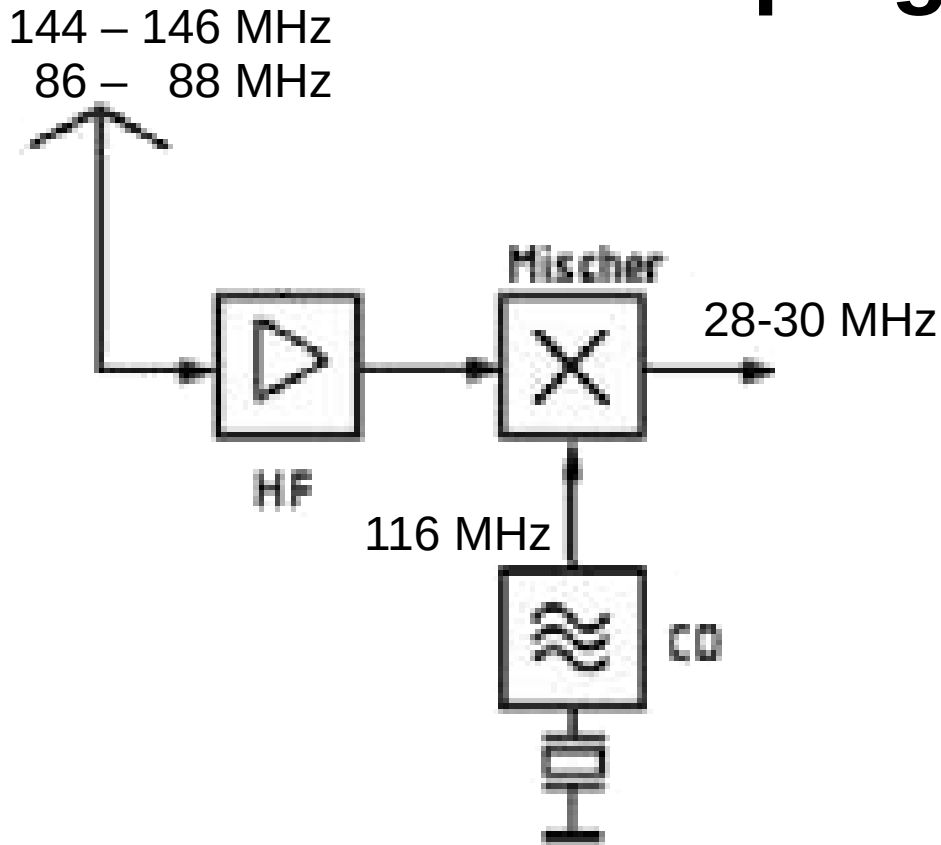
Beispiel: Ich habe einen Empfänger für 28-30 MHz und möchte gerne bei 144-146 MHz empfangen.



- Quarzoszillator bei 116 MHz
- Eingangssignale bei 144-146 MHz
- Es entsteht ein Ausgangssignal bei 28-30 MHz, das ich mit einem 10 m – Empfänger hören kann.
- Es entsteht ein Ausgangssignal bei 260-262 MHz, das ich ignoriere.

Frage TF-110.

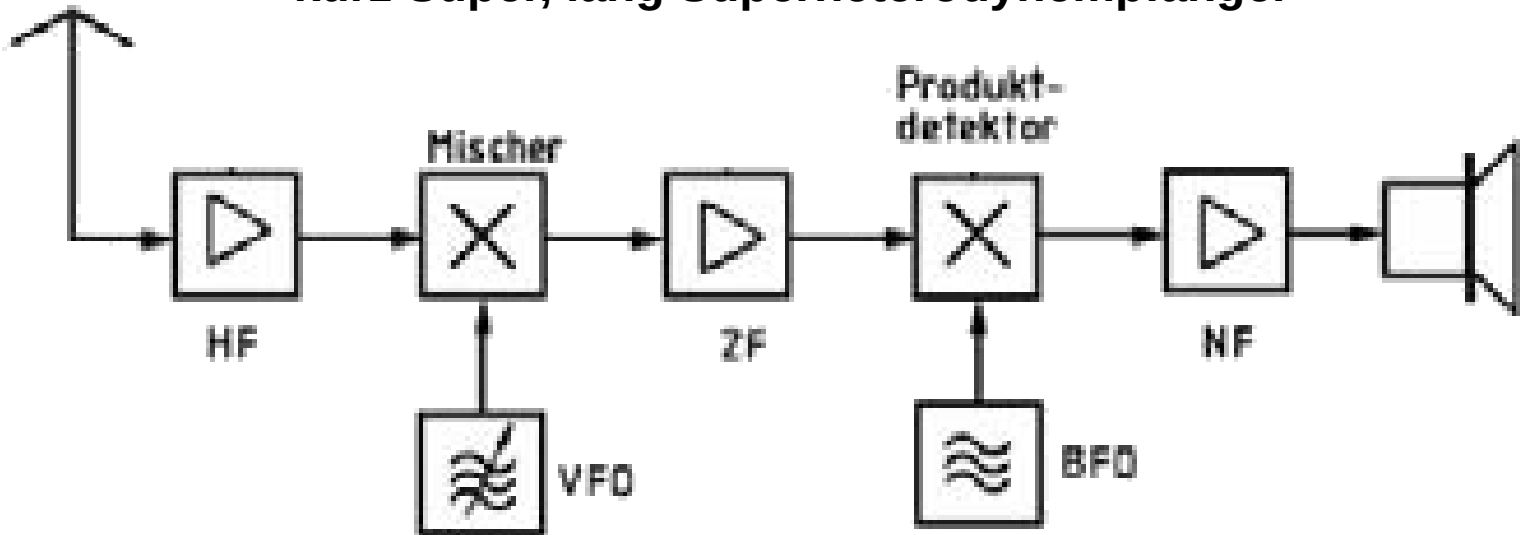
Spiegelfrequenz



- Quarzoszillator bei 116 MHz
- Eingangssignale bei 144-146 MHz
- Es entsteht ein Ausgangssignal bei 28-30 MHz, das ich mit einem 10 m – Empfänger hören kann.
- Es entsteht ein Ausgangssignal bei 260-262 MHz, das ich ignoriere.
- **Eingangssignale 28-30 MHz unter der Oszillatorfrequenz, also 86-88 MHz, landen ebenfalls bei 28-30 MHz im Ausgang.**
- **Der Block, der hier nur als HF-Verstärker eingezeichnet ist, sollte ein Filter enthalten, das 86-88 MHz unterdrückt.**

Superhet

kurz Super, lang Superheterodynempfänger



- Der Oszillator eines Konverters wird frequenzvariabel ausgelegt. ("VFO" = "variable frequency oscillator")
- Es folgt ein Geradeausempfänger für eine feste "Zwischenfrequenz" (im Amateurfunkbereich meistens mit trennscharfem Quarzfilter)
- Die Blöcke "HF" und "ZF" sind hier nur als Verstärker eingezeichnet, aber enthalten auch Filter. Der ZF-Filter bringt die Trennschärfe.
- CW und SSB-Demodulierung erledigt auch ein Mischer, "Produkt-detektor".

Frequenzkonzepte verschiedener Superhets

Übliches Frequenzkonzept:

$$F_{\text{VFO}} \text{ oberhalb HF und } ZF = F_{\text{VFO}} - HF$$

Schon etwas seltener:

$$F_{\text{VFO}} \text{ unterhalb HF und } ZF = HF - F_{\text{VFO}}$$

Ziemlich exotisch:

$$ZF = F_{\text{VFO}} + HF$$

Spiegelfrequenz

Es existiert eine zweite Frequenz,
die im Mischereingang an Stelle der HF
zu einem (störenden) Signal auf der ZF führt.
Die nennt man die "Spiegelfrequenz".

Übliches Frequenzkonzept:

F_{VFO} oberhalb HF und $ZF = F_{\text{VFO}} - HF$

$SF = F_{\text{VFO}} + ZF$, **SP liegt 2 x ZF über der HF**

Schon etwas seltener:

F_{VFO} unterhalb HF und $ZF = HF - F_{\text{VFO}}$

$SF = F_{\text{VFO}} - ZF$, **SP liegt 2 x ZF unter der HF**

Ziemlich exotisch:

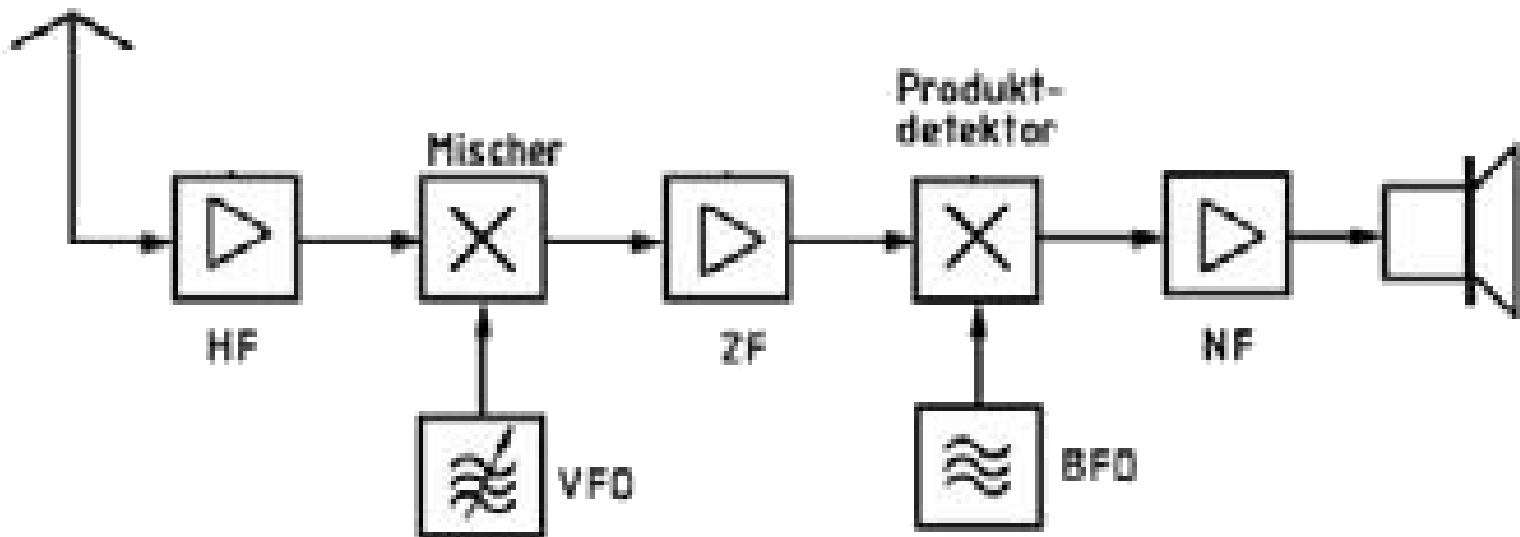
$ZF = F_{\text{VFO}} + HF$

$SF = F_{\text{VFO}} + ZF$,

SP liegt 2 x F_{VFO} über der HF

*Diese Möglichkeit
hat die BNetzA
in TF-109 vergessen.*

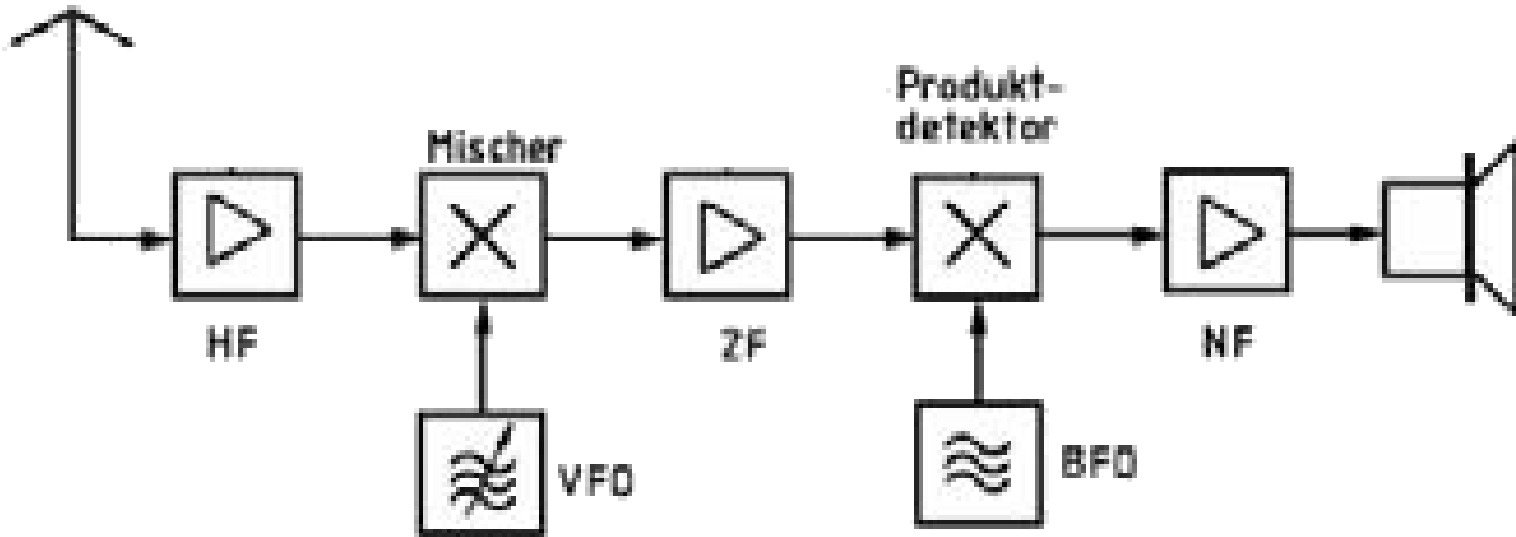
Spiegelfrequenzunterdrückung



- Die Blöcke "HF" und "ZF" sind hier nur als Verstärker eingezeichnet, aber enthalten auch Filter.
- Der HF-Filter folgt der Empfangsfrequenz. Oft ist das ein abstimmbarer Schwingkreis (Drehkondensator).
- Er lässt die Empfangsfrequenz (möglichst ungedämpft) durch und dämpft die Spiegelfrequenz möglichst stark.
- **Das ist um so einfacher, je höher die ZF ist.**

Trennschärfe

gegenüber Nachbarkanälen



- Die Blöcke "HF" und "ZF" sind hier nur als Verstärker eingezeichnet, aber enthalten auch Filter.
- Der ZF-Filter soll starke Signale aus wenige kHz entfernten Nachbarkanälen möglichst gut unterdrücken.
- **Das ist um so einfacher, je tiefer die ZF ist.**

Zielkonflikt

Unterdrückung von Spiegelfrequenzsignalen:
Hohe Zwischenfrequenz (oder Aufwand beim HF-Filter).

Unterdrückung von Nachbarkanalsignalen:
Niedrige Zwischenfrequenz (oder Aufwand beim ZF-Filter).

Selbstbau löst das z.B. so:



Bildquelle: <https://www.qrpproject.de/UK/Blue-Cool-Radio.html>



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

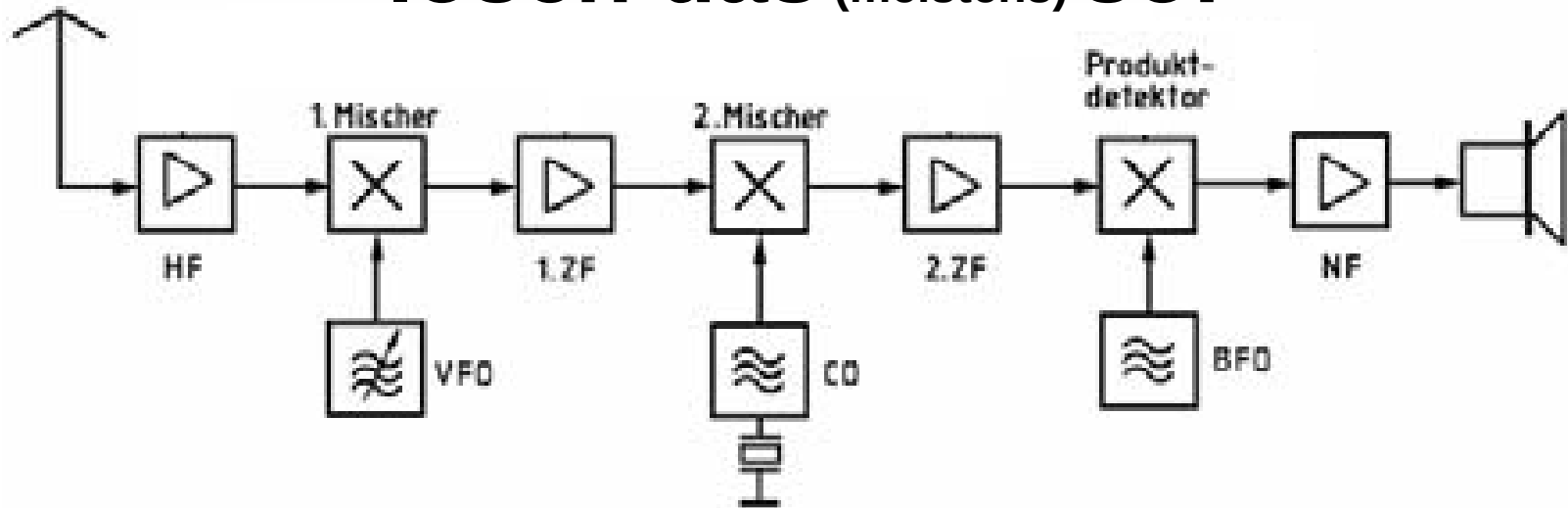
ZF 4,915 MHz bei beiden (mittel).

Quarz-ZF-Filter (3 Quarze beim BCR, 7 Quarze beim K2)

Deutlicher Aufwand beim HF-Filter:

- Durchstimmbarer HF-Filter mit zwei Schwingkreisen beim BCR
- Mehrere Bandpass-Filter, zwischen denen umgeschaltet wird beim K2

Kommerzielle (noch-nicht-SDR) Transceiver lösen das (meistens) so:

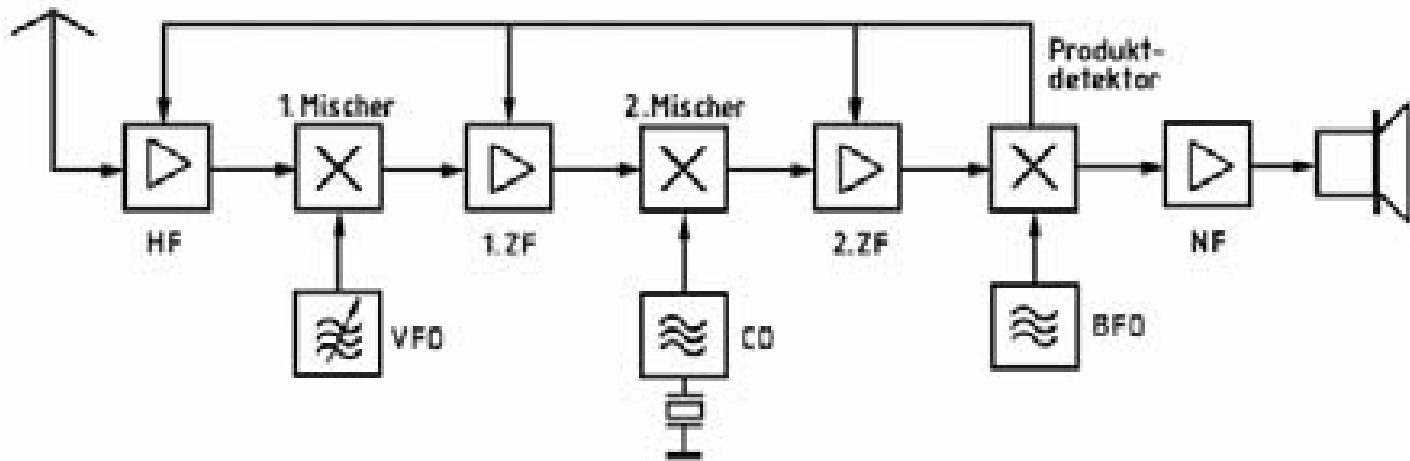


Doppelsuper!

Ein Superhet mit hoher ZF für großen Spiegelfrequenzabstand aber wenig trennscharfem ZF-Filter.

Darauf folgt nicht ein Demodulator, sondern ein zweiter Superhet mit niedriger 2. ZF für Nahselektion.

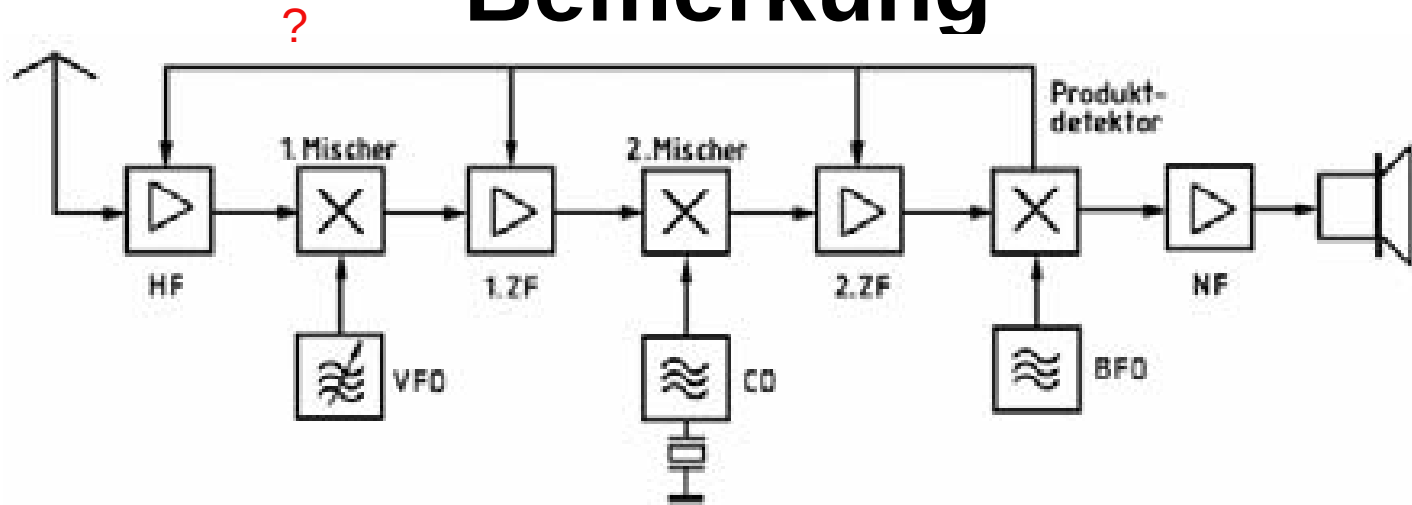
Und wie funktioniert die AGC?



Bei Empfang eines sehr starken Signals verringert die AGC (automatic gain control) die Verstärkung der HF- und ZF-Stufen."

Bild aus dem Fragenkatalog TF-204 + TF-205, Text aus TF-202.

Eine nicht prüfungsrelevante Bemerkung



Üblich: AGC via ZF!

Die HF-Vorverstärkerstufe wird eher selten in die AGC mit einbezogen:

- Eine regelbare Verstärkerstufe ist weniger großsignalfest als eine mit fester Verstärkung.
- Vor dem dem ersten Mischer liegen noch alle Signale an, das schwache DX-Signal, das ich eigentlich hören will und die brüllend lauten Nachbarsignale direkt daneben. Dort ist Großsignalfestigkeit besonders wichtig.

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

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 **Eingangsspiegel** 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:

Andreas Krüger DJ3EI

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.

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

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