

# Unerwünschte Ausendungen

TE102  
TE106  
TE108  
TE109  
TE110  
TE111  
TE113  
TG102  
TG109  
TG201  
TG202  
TG203  
TG204  
TG205  
TG206  
TG207  
TG208  
TG209  
TG210  
TG211  
TG229  
TG230  
TG231  
TG232  
TG234  
TG401

Basierend auf Kapitel 1.7.5 plus viele Fragen aus anderen Kapiteln

<https://afutest.ewers.net/tests/DL4EAX/865/>

TG501  
TG502  
TG505  
TG506  
TG509  
TG510  
TG511  
TG512  
TG513  
TG514  
TG516  
TG517  
TG518  
TG520  
TG521  
TG522  
TG523  
TG524  
TG525

TF419  
TF429  
TK203  
TK205  
TK317  
TK318



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

Michael Funke – DL4EAX



# Warum sind Nebenaussendungen ein Problem?

TG505

TG517

TG518

TG521

TG522

TG523

TG524

TG525

<https://afutest.ewers.net/tests/DL4EAX/866/>

# Rechtliche Komponente und HAM-Spirit

Wie jedem klar sein sollte, dürfen wir nur **innerhalb der Amateurfunkbänder** senden. Nebenaussendungen können andere Funkdienste stören. Dabei geht es nicht nur um Polizei- oder Flugfunk, sondern auch um Rundfunk und Fernsehen, welche im Fragenkatalog als **MW** (Mittelwelle - 526,5 kHz bis 1606,5 kHz), **UHF** (analoges Fernsehen - 470 bis 862 MHz) oder **FM Rundfunkbereich** (87,5 bis 108 MHz) bezeichnet werden.

Auch der Aspekt der **Frequenzstabilität** spielt hier theoretisch eine Rolle, ist bei modernen Geräten aber zu vernachlässigen.

Es gibt auch Aussendungen die auf den Nachbarnfrequenzen **innerhalb des Bandes** auftreten, das sogenannte **Splattern**. In der Regel bewirkt dies eine Übersteuerung von SSB Signalen, z.B. durch eine **zu hohe Mikrofonverstärkung** oder eine **zu hohe NF Bandbreite** (mehr als 3 kHz).

# Rechtliche Komponente und HAM-Spirit

Wie auch immer, sollten unsere Aussendungen **den geltenden Richtwerten entsprechen**:

Zwischen **1,7 und 35 MHz** sollten Nebenaussendungen um mindestens **40 dB** gegenüber der maximalen PEP des Senders gedämpft werden.

Zwischen **50 und 1.000 MHz** sollten Nebenaussendungen um mindestens **60 dB** gegenüber der maximalen PEP des Senders gedämpft werden.

Beides gilt ab einer Sendeleistung von mehr als  $0,25 \mu\text{W}$ , gemessen am Senderausgang unter Einbeziehung von Zusatzgeräten wie Stehwellenmessgerät und Tiefpassfilter.

# Wie entstehen unerwünschte Aussendungen und was kann man dagegen tun?

TG207

TG229

TG230

TG231

TG232

TG234

TG509

TG512

TG513

TG514

TG516

TG520

<https://afutest.ewers.net/tests/DL4EAX/867/>

# Wie entstehen Oberwellen?

Nach Jean Baptiste Joseph Fourier (französischer Mathematiker und Physiker - 1768 bis 1830) besteht jedes **nicht sinusförmige Signal** aus einer **Vielzahl** von **Sinussignalen** verschiedener Frequenzen.

Animation



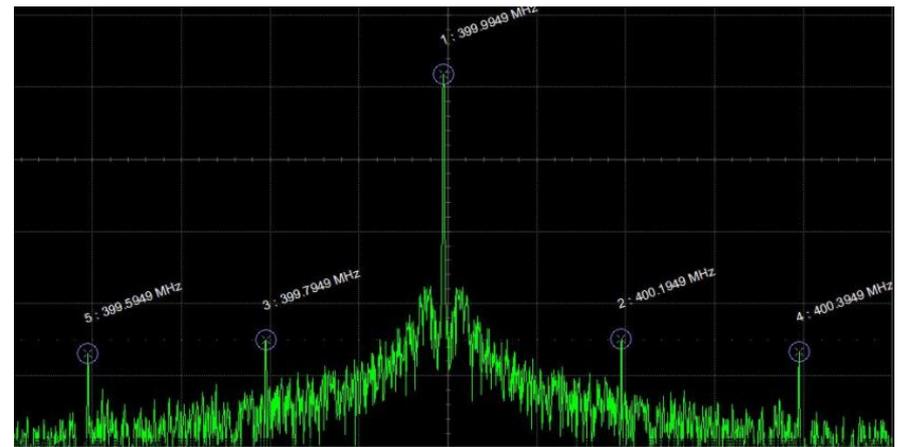
Bildquelle: Von Lucas V. Barbosa - Eigenes Werk, Gemeinfrei,  
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=24830373>

# Beispiel: SSB Aussendungen

Das links unten stehende **Oszillogramm** zeigt die **Hüllkurve** einer **SSB-Aussendung**. An den steilen Flanken sieht man, dass das Signal weit weg von einem reinen Sinus ist. Die Entstehung von **Harmonischen** im Spektrum ist also ein ganz normales ist Phänomen.



Bildquelle: <http://www.ab4oj.com/test/peptest.html>



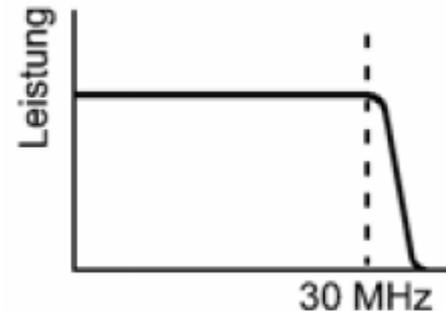
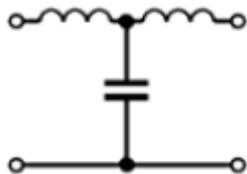
Bildquelle: <https://www.pilotes-privés.fr/viewtopic.php?f=4&t=22145&st=0&sk=t&sd=a>

# Oberwellenfilter

Wir können **Oberwellen** nicht verhindern, aber **minimieren**, indem **Begrenzungen** und **Verzerrungen** vermieden werden.

Die dann immer noch vorhandenen **Oberwellen** werden bei Mehrbandsendern durch ein **Tiefpassfilter** herausgefiltert.

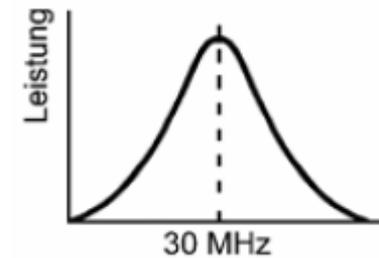
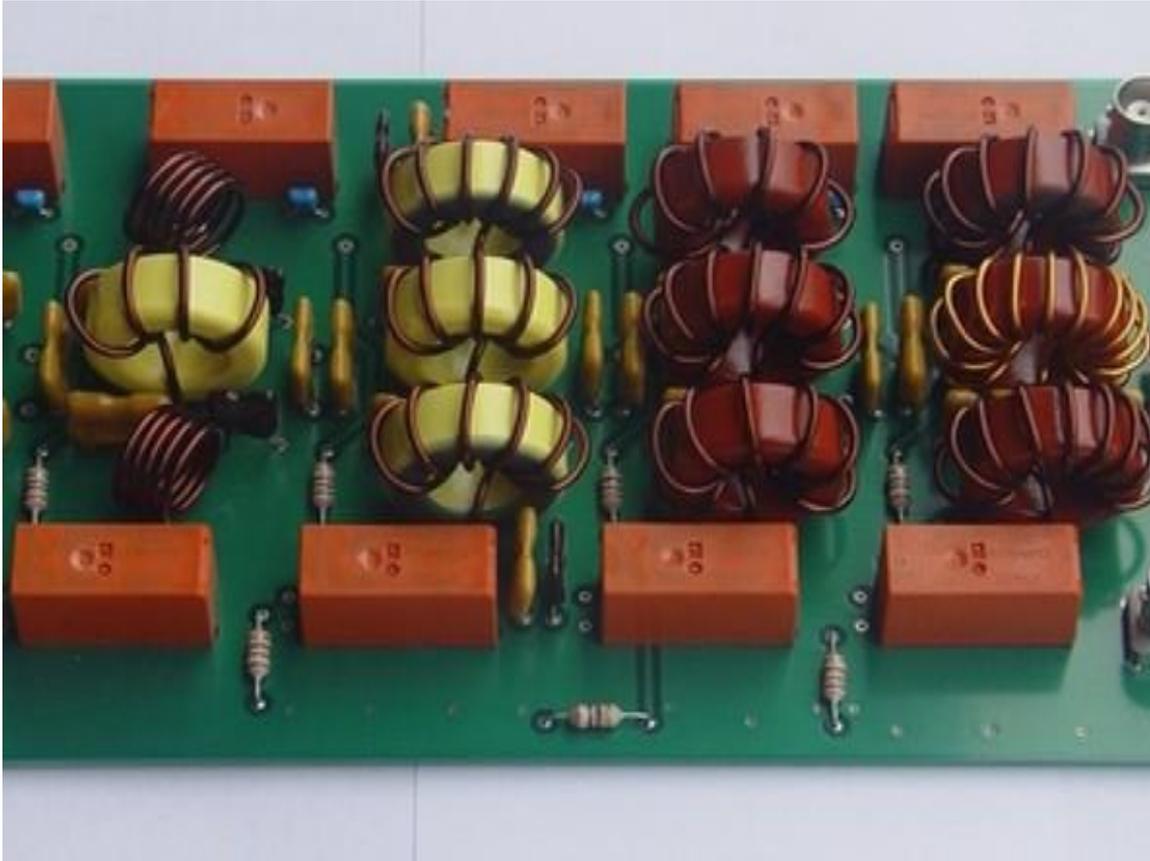
Der Einsatz von **Sperrkreisen** für eine spezifische Harmonische ist möglich, aber unüblich.



Bildquelle: Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen  
Fragenkatalog Prüfungsfragen „Technische Kenntnisse“ Klasse E 1. Auflage, September 2006

# Oberwellenfilter

In der Praxis nimmt man **Bandpassfilter**, hier aus einer 500-Watt-Endstufe.



Bandpass für das 10m Band.

Bandpassfilter begrenzen sowohl Subharmonische als Harmonische.

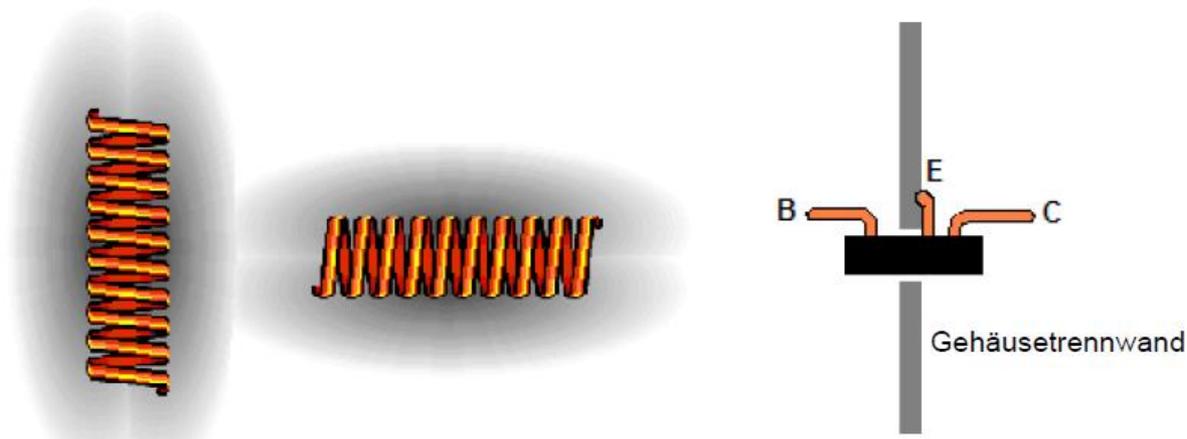
Bildquelle: <http://dk4sx.darc.de/ldmos-pa.htm>

# Konstruktive Maßnahmen ...

... in Schaltungen verhindern Rückkopplungen und Eigenschwingungen der Stufen bzw. Komponenten untereinander.

Spulen werden deshalb rechtwinklig zueinander angeordnet um eine möglichst geringe Kopplung ihrer Magnetfelder zu erreichen.

Darüber hinaus können Ein- und Ausgänge der Stufen in HF-Dichten Einzelgehäusen untergebracht werden. Durch einen schmalen Schlitz in der Trennwand kann z.B. ein Transistor so platziert werden, dass Eingangs- und Ausgangsstufen gut voneinander abgeschirmt sind.

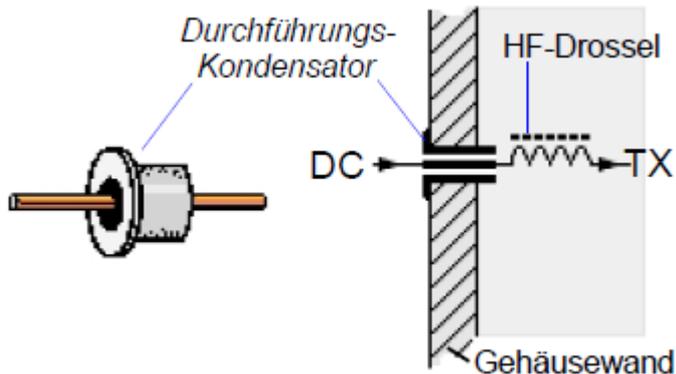


# Abblockung der Stromversorgung

Die Zuführung in das Gehäuse wird mit einem Durchführungskondensator abgeblockt. Sofort danach vermindert eine Breitband- HF-Drossel weiter die Möglichkeit, dass HF nach außen dringt.

Durchführungskondensatoren bilden zusammen mit der dahinterliegenden Drossel einen Tiefpass mit Kapazität gegen Erde. Hohe Frequenzen werden blockiert und Gleichstrom wird durchgelassen.

Damit verhindern wir, dass HF die Schaltung in Richtung Netzteil und damit in Richtung Stromversorgungsnetz verlässt.



Wenn der Stromversorgung einer Endstufe NF-Signale überlagert sind, kann dies unerwünschte Modulation der Sendefrequenz erzeugen. Diese zeigt sich als AM.



# Frequenzstabilität

TF419

TF429

TG208

TG209

TG210

TG211

<https://afutest.ewers.net/tests/DL4EAX/868/>

# Frequenzstabilität

Der Aspekt der **Frequenzstabilität** spielt eine Rolle, wir möchten ja mit dem Sender nicht aus dem Amateurfunkband rauswandern.

Es gibt folgende **konstruktive Maßnahmen** um **Frequenzdrift** an Oszillatoren entgegen zu wirken.

- Stabiler mechanischer Aufbau
- Abschirmung zur Verhinderung äußerer Einflüsse
- Positionieren an Stellen mit wenig Temperaturschwankungen
- Vermeidung von Überbelastung durch den Einsatz von Pufferstufen
- Stabile Gleichstromversorgung



# Unerwünschte Aussendungen bei AM

TE108

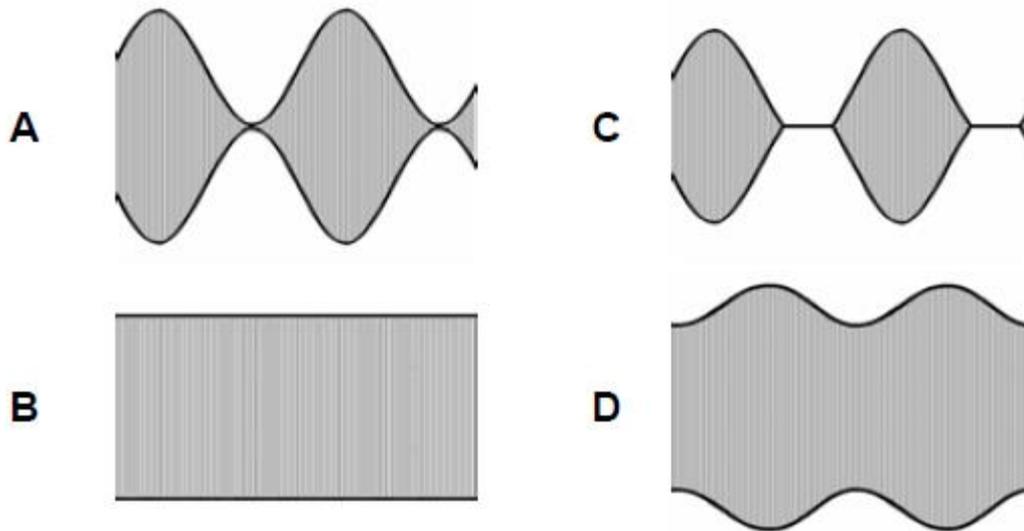
TE110

TE111

<https://afutest.ewers.net/tests/DL4EAX/869/>

# Die Hüllkurvendarstellung...

...ist das was man von einem Signal am Oszilloskop sieht. Je nach Modulationsgrad ergeben sich verschiedene Darstellungen. Bei **Übermodulation** entstehen Aussendungen auf den Nachbarfrequenzen, auch **Splatter** genannt.



A: 100% Modulation

B: Keine Modulation

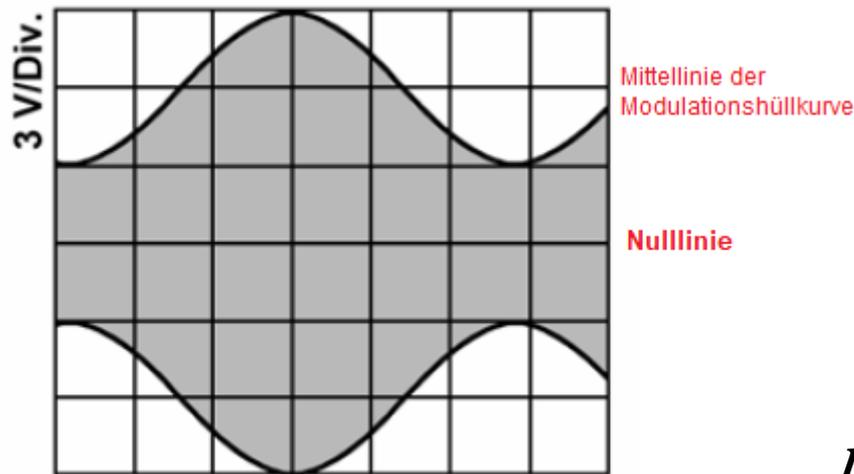
C: Übermodulation

D: Geringer Modulationsgrad

Bildquelle: Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen  
Fragenkatalog Prüfungsfragen „Technische Kenntnisse“ Klasse E 1. Auflage, September 2006

# Berechnung des Modulationsgrades

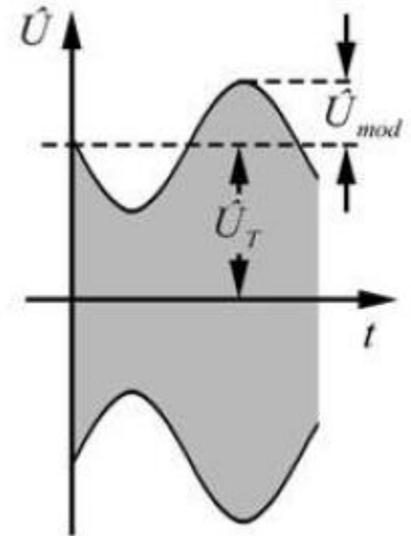
Links unten stehendes Signal wird an einem Oszilloskop angezeigt.  
Wie groß ist der Modulationsgrad?



$$m = \frac{U_{mod}}{U_T}$$

$$m = \frac{3\text{ V}}{6\text{ V}}$$

$$m = 0,5 = 50\%$$



Grafik aus der Formelsammlung

Erklärung:

Die Trägerspannung ( $U_T$ ) reicht von der Nulllinie bis zur Mittellinie der Modulationshüllkurve.  
Die Modulationsspannung reicht von der Mittellinie der Modulationshüllkurve bis zur Spitze der Kurve.



# Unerwünschte Aussendungen bei SSB

TE106  
TE109  
TE113  
TG109  
TG201  
TG202  
TG203  
TG502  
TG511  
TK317

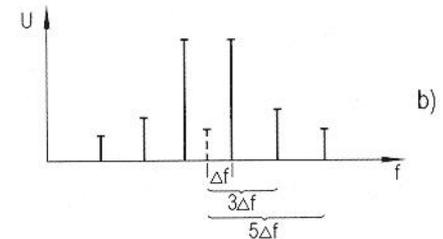
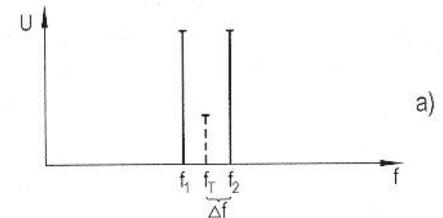
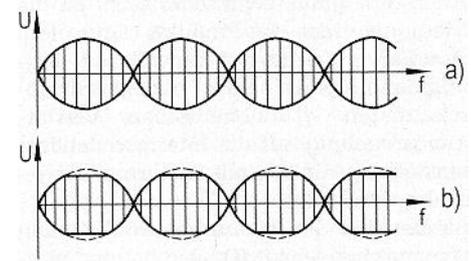
<https://afutest.ewers.net/tests/DL4EAX/870/>

# Verzerrungen und Begrenzungen

**Messungen** an **SSB-Sendern** nimmt man üblicherweise mit einem **Zweitton-Signal** und nicht mit Sprache vor. Das daraus resultierende **ideale Signal** sieht man im oberen Bild (bei a).

Bei **Verzerrungen** oder **Begrenzungen**, bekommt das Signal eine **Rechteckkomponente** und damit **Harmonische**.

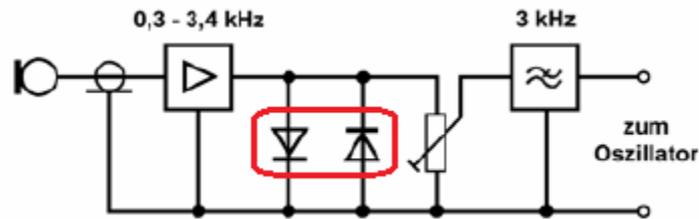
Das erkennt man in der **Spektrum-Anzeige** (unteres Bild bei b).



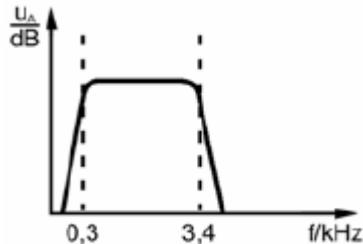
Bildquelle: <http://www.robkalmeijer.nl/techniek/electronica/radiotechniek/hambladen/cq-dl/2002/page588/index.html>

# Splatter

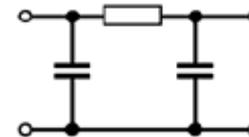
Eine Übersteuerung von SSB Signalen, durch eine **zu hohe Mikrofonverstärkung** erzeugt das sogenannte **Splattern**. Durch **antiparallel geschaltete Dioden** kann man den **Pegel begrenzen**.



NF Tief- oder Bandpassfilter, beschränken die **NF-Bandbreite** auf **3kHz**.



Frequenzgang eines Bandpasses für 0,3 bis 3,4 kHz.



Tiefpassfilter



# Unerwünschte Aussendungen bei CW

TE102

TG204

TG205

TG206

TG501

TK203

TK205

TK318

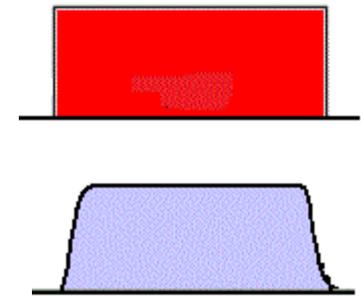
<https://afutest.ewers.net/tests/DL4EAX/871/>

# Tastclicks bei Telegrafie

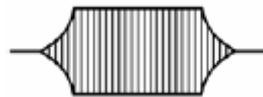
Signale mit ideal **rechteckigem Verlauf** existieren nur theoretisch.

Die Flanken können nicht senkrecht ansteigen und somit einen unendlich steilen Sprung ausführen. Im realen Verlauf sieht man also **Anstiegs-** und **Abfallzeiten**.

Je größer die **Flankensteilheit**, desto mehr **Harmonische**. Die dadurch entstehenden **Spitzensignale** (Tastclicks) sind störend und erzeugen eine unangenehme harte **Tonqualität**. Man versucht also ganz bewusst, die Flanken abzurunden.



Bildquelle: Michael Funke - DL4EAX



Im Fragenkatalog wird das so dargestellt.

# Chirpen bei Telegrafie

Das Chirpen ist keine unerwünschte Aussendung, sondern das Verziehen der Oszillatorfrequenz beim Tasten des Senders.

Es macht sich durch eine Änderung der Tonfrequenz des empfangenen Signals bemerkbar.

Ein Hörbeispiel:

<https://www.qsl.net/dk5ke/audio/CHIRP.mp3>



# Unerwünschte Aussendungen bei FM

TG102

TG401

TG506

TG510

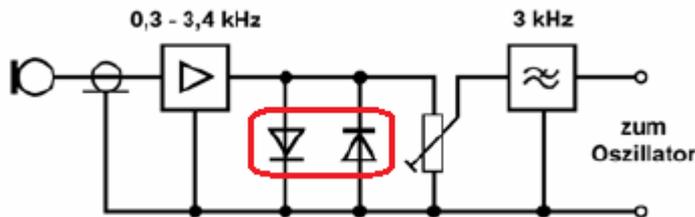
<https://afutest.ewers.net/tests/DL4EAX/872/>

# Was passiert bei zu viel Hub?

Je größer der **Hub**, desto größer die **Bandbreite**. Den Hub steuert man mit der **Mikrofonverstärkung**. Man könnte auch leiser sprechen.

Im Amateurfunk setzt man **Schmalband-FM** mit einem Hub von maximal 3 kHz ein. Durch die niedrigere Audiogrenzfrequenz ergibt sich eine benötigte Bandbreite von nur 6 kHz. Im 2m und 70cm Band ist es dadurch möglich im **12,5 kHz Raster** zu arbeiten. Das gilt auch bei Packet Radio mit 9600bd.

**Zu viel Hub** führt entsprechend zu einer größeren Bandbreite und damit zu **Nachbarkanalstörungen**.



Nebestehende Schaltung kennen wir schon aus dem Bereich SSB.



# Das war schon alles!

Wer mehr wissen möchte, muss fragen!

**Initiales Autorenteam:**

Michael Funke - DL4EAX

Carmen Weber - DM4EAX



**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/>