amateurfunk-oe.at
OE · ÖSTERREICH

Trennschärfe, BFO und Demodulator

Trennschärfe und ZF-Filter · Bandbreite je Sendeart · Formfaktor · Quarzfilter · BFO und 800-Hz-Ton · Produktdetektor · Hüllkurve · Flanke · PLL

Trennschärfe (Selektivität)

- Fähigkeit, das gewünschte Signal aufzunehmen und benachbarte zu unterdrücken. Voraussetzung: **geringe Bandbreite**, ideal so breit wie das Signal. **Schmale Bandbreite → hohe Trennschärfe.**
- Bestimmt durch die **Filter im ZF-Verstärker**. Nicht durch Oberwellenfilter (gehört an den Senderausgang), Oszillatorkreis oder PLL (bestimmen die Frequenz).
- Die **Spiegelfrequenzunterdrückung** hängt nicht von der ZF-Bandbreite ab, sondern von Vorselektion und ZF-Lage.
- Rauschen ∝ Bandbreite: 2,7 kHz → 500 Hz ergibt 10 · log(2 700 / 500) ≈ **7,3 dB** weniger Rauschen.

Sendeart	Signal	ZF-Filter	IARU R1 (max.)
CW	≈ 100 Hz (25 WpM)	**500 Hz (250 Hz)**	KW 200 Hz, 2 m 500 Hz
RTTY	170 Hz Shift, ≈ 250 Hz	**500 Hz**	Schmalband 500 Hz
SSB	300 … 3 000 Hz	**2,7 kHz**	alle Betriebsarten 2,7 kHz
AM	2 × 3 kHz	**6 kHz**	10 m ab 29,0 MHz: 6 kHz
FM 2 m	2 · (2,5 + 3) = 11 kHz	**12 kHz**	FM-Bereiche 12 kHz

Durchlasskurve lesen



Formfaktor = B_{-60} / B_{-6} = 4,2 / 2,4 = **1,75**. 2,4 kHz breit, steile Flanken: **SSB-Quarzfilter**. AM bräuchte 6 kHz, FM 12 kHz. Je näher der Formfaktor an 1, desto steiler.

Filtertechnik (bei gleicher Mittenfrequenz)

Quarz (Q 10^4 … 10^5, schmalste Bandbreite, steilste Flanken) → **Keramik** (etwas schlechter, 455 kHz, 10,7 MHz) → **LC** (breiter, flacher, Vorselektion für ein ganzes Band) → **RC** (nur C frequenzabhängig, in HF und ZF nicht genutzt). B ≈ f_0 / Q: 9 MHz / 150 = 60 kHz (LC), 9 MHz / 50 000 = 180 Hz (Quarz).

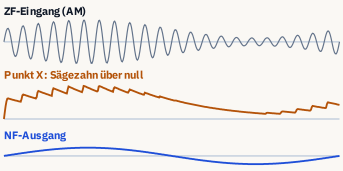
BFO (Beat Frequency Oscillator, Hilfsträgeroszillator)

- Erzeugt den **Hilfsträger**, mit dem der Produktdetektor **CW und SSB hörbar** macht. Nicht: ZF erzeugen (das macht der VFO am 1. Mischer), keine FM- oder Amplitudenunterdrückung.
- **CW:** BFO **im Abstand** zum Signal, Abstand = Tonhöhe, angenehm 600 … 900 Hz, üblich ≈ **800 Hz**. Ohne BFO nur Knacken.
- **SSB:** BFO **genau auf den unterdrückten Träger**. Ablage verschiebt alle Töne: Mickymaus oder Brummbär.
- Höchste Stabilität: **quarzgesteuerter Oszillator**. LC driftet, z. B. 9 MHz · 20 ppm/K · 5 K = 900 Hz; Quarz ≈ 1 ppm ≈ 9 Hz.

Fall	ZF-Signal	BFO	NF
CW	9,000 000	9,000 800	800 Hz
USB richtig	9,000 3 … 9,003 0	9,000 000	300 … 3 000 Hz
USB, BFO +200	9,000 3 … 9,003 0	9,000 200	100 … 2 800 Hz
LSB, BFO +200	8,999 7 … 8,997 0	9,000 200	500 … 3 200 Hz

Mischer liefert Summe und Differenz: 9,001 MHz (USB-Ton 1 kHz) mit BFO 9,000 MHz → **1 kHz** und 18,001 MHz; der Tiefpass behält 1 kHz. Das Bild „NF · (±1) · (±1) = NF“ beschreibt streng genommen **DSB**; bei SSB liegt nur ein Seitenband in der ZF, eine BFO-Ablage verschiebt nur die Tonhöhe.

Signal	Demodulator	Erkennungsmerkmal
AM	**Hüllkurvendemodulator**	ZF-Kreis, Diode, C ∥ R, Koppel-C. $T_{HF} \ll R \cdot C \ll T_{NF}$
SSB, CW	**Produktdetektor + BFO**	Ringmischer (4 Dioden, 2 Übertrager), Eingänge ZF und BFO, Tiefpass am NF-Ausgang
FM	**Flankendiskriminator**	Kreis bewusst neben der ZF ($f_{res} \neq$ ZF): FM → AM, dann Diode und RC
FM	**PLL-Demodulator**	Phasenvergleicher, Tiefpass, VCO; NF = Steuerspannung des VCO



Am Ladekondensator (**Punkt X**) lädt sich C auf jede Spitze und entlädt sich über R: **gezackte Kurve über null entlang der Hüllkurve**. Erst hinter dem Koppel-C liegt die NF um null. Beispiel 455 kHz / 3 kHz: 2,2 µs ≪ 10 kΩ · 2,2 nF = 22 µs ≪ 333 µs.

Quellen: Grundlagen der Empfängertechnik; IARU-Region-1-Bandpläne (Empfehlungen); Carson-Formel; Rechenbeispiele selbst nachgerechnet; Idee nach 50ohm.de (Trennschärfe I und II, BFO I und II, Demodulator). Angaben ohne Gewähr.
Online mit Übungen: amateurfunk-oe.at/lernmaterial/trennschaerfe-und-demodulation/

Stand November 2026

ÜBUNGSBOGEN

Quiz: Trennschärfe, BFO und Demodulator

Name: _____

Kreuzen Sie jeweils die richtige Antwort an. Die Lösungen stehen unten auf der Seite.

Ergebnis: ____ / 12

1. Wozu führt eine schmale Bandbreite im Empfänger?

- ☐ **A** zu einer hohen Trennschärfe
- ☐ **B** zu einer geringen Spiegelfrequenzunterdrückung
- ☐ **C** zu einer geringen Trennschärfe
- ☐ **D** zu einer hohen Spiegelfrequenzunterdrückung

2. Welche Baugruppe bestimmt im Superhet die Trennschärfe?

- ☐ **A** die Filter im ZF-Verstärker
- ☐ **B** die PLL-Frequenzaufbereitung
- ☐ **C** das Oberwellenfilter am Ausgang
- ☐ **D** der Schwingkreis des Oszillators

3. Welche ZF-Bandbreiten passen etwa zu SSB, RTTY (170 Hz Shift) und FM im 12,5-kHz-Raster?

- ☐ **A** SSB 2,7 kHz · RTTY 170 Hz · FM 25 kHz
- ☐ **B** SSB 2,7 kHz · RTTY 500 Hz · FM 12 kHz
- ☐ **C** SSB 6 kHz · RTTY 1,5 kHz · FM 12 kHz
- ☐ **D** SSB 3,6 kHz · RTTY 340 Hz · FM 3,6 kHz

4. Ein ZF-Filter ist bei −6 dB 2,4 kHz und bei −60 dB 4,2 kHz breit. Wofür ist es gedacht?

- ☐ **A** für SSB-Signale
- ☐ **B** für FM-Signale
- ☐ **C** für breite OFDM-Signale
- ☐ **D** für AM-Signale

5. Welches Filter hat bei gleicher Mittenfrequenz die kleinste Bandbreite und die steilsten Flanken?

- ☐ **A** ein LC-Filter
- ☐ **B** ein Quarzfilter
- ☐ **C** ein Keramikfilter
- ☐ **D** ein RC-Filter

6. Wozu dient der BFO im Überlagerungsempfänger?

- ☐ **A** zum Unterdrücken von Amplitudenschwankungen
- ☐ **B** zum Mischen des Antennensignals auf die ZF
- ☐ **C** zum Erzeugen eines Hilfsträgers für CW und SSB
- ☐ **D** zum Unterdrücken störender FM-Signale

7. Welche Differenz zwischen BFO und ZF ist bei CW üblich?

- ☐ **A** die doppelte ZF
- ☐ **B** etwa 800 Hz
- ☐ **C** die halbe ZF
- ☐ **D** etwa 4 kHz

8. Welcher BFO eignet sich auf Kurzwelle am besten für SSB?

- ☐ **A** ein LC-Oszillator mit Parallelkreis
- ☐ **B** ein quarzgesteuerter Oszillator
- ☐ **C** ein LC-Oszillator mit Reihenkreis
- ☐ **D** ein RC-Oszillator

9. ZF-Kreis, Diode, C parallel zu R und Koppelkondensator zum NF-Ausgang: Was ist das?

- ☐ **A** ein Hüllkurvendemodulator für AM
- ☐ **B** ein Modulator für SSB
- ☐ **C** ein Produktdetektor für SSB
- ☐ **D** ein PLL-Demodulator für FM

10. Ein Kreis liegt bewusst neben der ZF von 10,7 MHz, danach Diode und RC-Glied: Was ist das?

- ☐ **A** ein Hüllkurvendemodulator für AM
- ☐ **B** ein Diodendetektor für SSB
- ☐ **C** ein Flankendiskriminator für FM
- ☐ **D** ein Produktdetektor für SSB

11. Phasenvergleicher, Tiefpass und VCO im Regelkreis, NF an der VCO-Steuerspannung: Was ist das?

- ☐ **A** ein AM-Modulator mit PLL
- ☐ **B** ein PLL-Demodulator für FM
- ☐ **C** ein SSB-Demodulator mit PLL-BFO
- ☐ **D** ein PLL-Abwärtsmischer

12. Vier Dioden im Ring zwischen zwei Übertragern, Eingänge ZF und BFO, Ausgang NF. Was ist das?

- ☐ **A** ein Produktdetektor für SSB
- ☐ **B** ein Hüllkurvendemodulator für AM
- ☐ **C** ein Diskriminator für FM
- ☐ **D** ein Flankendiskriminator für FM

LÖSUNGEN

1 **A** · Schmal trennt Nachbarn. Spiegelfrequenz: Vorselektion.
2 **A** · Quarz- oder Keramikfilter der ZF legen die Bandbreite fest.
3 **B** · SSB-Sprache 2,7 kHz, RTTY ≈ 250 Hz, FM ≈ 11 kHz.
4 **A** · 2,4 kHz = ein Seitenband. AM 6 kHz, FM 12 kHz.
5 **B** · Quarze haben die höchste Güte, oft über 10 000.
6 **C** · Hilfsträger für den Produktdetektor. Die ZF macht der VFO.
7 **B** · Die Differenz ist die Tonhöhe, angenehm 600 bis 900 Hz.
8 **B** · Er muss auf wenige Hertz stabil sein, LC und RC driften.
9 **A** · Diode und C folgen den Spitzen: Die Hüllkurve ist die NF.
10 **C** · Auf der Flanke wird Frequenz- zu Amplitudenänderung.
11 **B** · Der VCO folgt der Frequenz, seine Steuerspannung ist die NF.
12 **A** · Ringmischer: ZF mal BFO, ein Tiefpass entfernt die Summe.

Quellen: Grundlagen der Empfängertechnik; IARU-Region-1-Bandpläne (Empfehlungen); Carson-Formel; Rechenbeispiele selbst nachgerechnet; Idee nach 50ohm.de (Trennschärfe I und II, BFO I und II, Demodulator). Angaben ohne Gewähr.
Online mit Übungen: amateurfunk-oe.at/lernmaterial/trennschaerfe-und-demodulation/

Stand November 2026