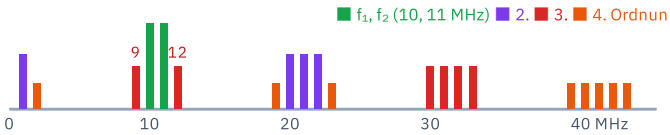
amateurfunk-oe.at
OE · ÖSTERREICH

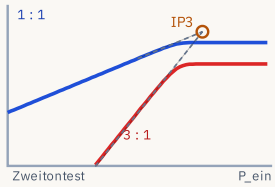
Intermodulation, Vorverstärker und Dämpfungsglied

Mischprodukte · IM3 $2f_1 - f_2$ · Kreuzmodulation · IP3 · Saugkreis · Begrenzerverstärker · Vorverstärker oder ATT · LNB · π- und T-Glied

Inter- und Kreuzmodulation

- Große Signale treiben die HF-Stufe in den **nichtlinearen** Bereich. Sie mischt dann wie ein Mischer: $f_{mix} = |m \cdot f_1 \pm n \cdot f_2|$, **Ordnung = m + n**. Hauptursache: Die HF-Stufe wird bei großen Eingangssignalen zunehmend nichtlinear.
- **Intermodulation**: neue Frequenzen. Gefährlich sind die Produkte 3. Ordnung **$2f_1 - f_2$ und $2f_2 - f_1$**, je Δf neben den Signalen, im selben Band, durch kein Filter abtrennbar. Sie entstehen **im Empfänger**. Beispiel 7,205 / 7,245 MHz → 2 · 7,205 − 7,245 = **7,165 MHz** und 7,285 MHz.
- **Kreuzmodulation**: Ein starkes unerwünschtes Signal vermischt sich mit dem Nutzsignal, seine **Modulation** wird übertragen und ist im Nutzsignal hörbar. Starke HF-Signale auf naher Frequenz verringern so die Empfangsqualität.



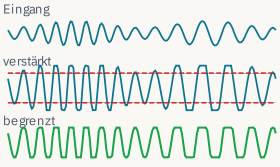


IP3 = Großsignalfestigkeit
Nutzsignal steigt 1 : 1, IM3 dreimal so steil. Die Verlängerungen schneiden sich im **Intercept Point 3. Ordnung**, nie erreicht (vorher Sättigung). Hoher IP3: mehr Großsignal verträglich. Messung: $IIP3 = P_{ein} + \Delta/2$. Nicht: Trennschärfe, Empfindlichkeit, SNR.

Dämpfungsglied 10 dB: Nutzsignal −10 dB, IM3 −30 dB, Abstand +20 dB.

Abhilfe

- **Dämpfungsglied vor den Empfängereingang**: gegen IM, Kreuzmodulation und Übersteuerung (nicht: Vorverstärker, Noise-Blanker, Squelch, ZF-Filter).
- **Saugkreis**: Reihenschwingkreis von der Leitung gegen Masse, auf die Störfrequenz abgestimmt, bei Resonanz niederohmig. Falsch: Parallelkreis (bei Resonanz hochohmig), offene λ/2- oder kurzgeschlossene λ/4-Leitung (hochohmig). Saugen würden offene λ/4 und kurzgeschlossene λ/2.
- Schmale Vorselektion, Vorverstärker aus, Empfänger mit hohem IP3.



Begrenzerverstärker (FM)
Im ZF-Teil vor dem Demodulator: verstärkt stark und **begrenzt die Amplitude ab einem bestimmten Eingangspegel**. So werden **AM-Störungen** (Fading, Zündfunken) unterdrückt, die Frequenz (Information) bleibt. Er begrenzt nicht den Hub, unterdrückt nicht den Träger, senkt nicht das Vorstufenrauschen.

Vorverstärker oder Dämpfungsglied?

- **Kurzwelle**: starke Signale übersteuern Eingang und 1. Mischer, verzerrte Wiedergabe. Abhilfe: zuschaltbarer **Abschwächer (ATT)**. Das Bandrauschen ist hoch, die Dämpfung kostet kaum Rauschabstand. Vorverstärker bringt hier meist nichts.
- **VHF, UHF und höher**: Das Kabel dämpft das Signal vor jeder Verstärkung. **Vorverstärker möglichst direkt an der Antenne** (nicht vor dem Empfänger, nicht im Sendeweg). Beim Senden per **PTT** überbrücken (Relais, Sequenzer), bei starken Ortssignalen abschaltbar.

70 cm, 30 m Kabel (4,2 dB)	ohne VV	VV am Empfänger	VV an der Antenne
Verlust an Rauschabstand	≈ **10 dB**	≈ **5 dB**	≈ **1 dB**

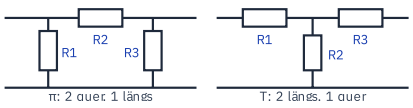
Richtwerte: Empfänger-Rauschzahl 6 dB, Vorverstärker 20 dB / 0,8 dB, geringes Bandrauschen auf 70 cm.

LNB (Low Noise Block) für QO-100

Am Spiegel: rauscharm verstärken und auf eine niedrigere ZF mischen: **10 489,75 MHz − 9 750 MHz = 739,75 MHz** (Oszillator 25 MHz × 390). Darum ist die Kabeldämpfung bei 20 m eher vernachlässigbar: grob 14 dB bei 10,5 GHz, aber nur 3 dB bei 740 MHz, und das Signal ist schon um 50 bis 60 dB verstärkt. Kein Mischen ins Basisband, keine Demodulation im LNB.

Aktiv, Versorgung über das Koax mit einer **Fernspeiseweiche (Bias-T)**. **13 V / 18 V schaltet die Polarisation** (vertikal / horizontal), ein **22-kHz-Ton** den Bereich (Oszillator 10,6 GHz). QO-100: Schmalband vertikal, Breitband horizontal. 1 ppm Oszillatorfehler = 9,75 kHz.

Dämpfungsglieder (50 Ω)



$K = 10^{a/20}$. π: R1 = R3 = $Z(K+1)/(K-1)$, R2 = $Z/2 \cdot (K - 1/K)$. T: R1 = R3 = $Z(K-1)/(K+1)$, R2 = $2ZK/(K^2 - 1)$. R1 Eingang, R2 Mitte, R3 Ausgang.

a	P_{IN}/P_{OUT}	π R1 = R3	π R2	T R1 = R3	T R2
3 dB	2,00	292,4 Ω	17,6 Ω	8,55 Ω	141,9 Ω
6 dB	3,98	150,5 Ω	37,4 Ω	16,6 Ω	66,9 Ω
10 dB	10	96,2 Ω	71,2 Ω	26,0 Ω	35,1 Ω
20 dB	100	61,1 Ω	247,5 Ω	40,9 Ω	10,1 Ω

- Nur drei Widerstände (kein L, C, Transistor) → **Dämpfungsglied**, kein Filter, kein Verstärker. Für feste Systemimpedanz gebaut: Mit $R_L = 50\ \Omega$ misst man am Eingang a–b genau **50 Ω**.
- **20 dB = Faktor 100**: 100 W rein → 1 W raus, **99 W Wärme** (π: R1 81,8 W, R2 16,4 W, R3 0,8 W). **6 dB ≈ Faktor 4** ($10^{0,6} = 3,98$), 3 dB = 2, 10 dB = 10. Spannung: 20 dB = Faktor 10.

Quellen: Grundlagen der Empfängertechnik; ITU-R P.372 (Bandrauschen, Richtwerte); AMSAT-DL und AMSAT-UK (QO-100); Formeln und Werte selbst nachgerechnet; Idee nach 50ohm.de (Inter- und Kreuzmodulation, Begrenzerverstärker, Vorverstärker und Dämpfungsglied, LNB, Dämpfungsglieder). Angaben ohne Gewähr.

Stand November 2026

Online mit Übungen: amateurfunk-oe.at/lernmaterial/intermodulation-und-vorverstaerker/

ÜBUNGSBOGEN

Quiz: Intermodulation und Vorverstärker

Name: _____

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

Ergebnis: ____ / 12

1. Zwei Signale, nichtlineare Stufe. Was entsteht?

- ☐ **A** Frequenzmodulation
- ☐ **B** der Dopplereffekt
- ☐ **C** Intermodulation
- ☐ **D** ein höherer Signal-Rausch-Abstand

2. Hauptursache für IM-Produkte im Empfänger?

- ☐ **A** Die HF-Stufe wird bei großen Signalen nichtlinear.
- ☐ **B** Der Preselektor dämpft das Nutzsignal zu stark.
- ☐ **C** Das ZF-Quarzfilter ist zu steilflankig.
- ☐ **D** Der Empfänger ist etwas falsch abgestimmt.

3. Wodurch entsteht Kreuzmodulation?

- ☐ **A** Oberwellen werden im Verstärker reflektiert.
- ☐ **B** Der eigene Sender hat zu großen Hub.
- ☐ **C** Starkes Störsignal vermischt sich mit dem Nutzsignal.
- ☐ **D** Doppelte Brechung in der Ionosphäre.

4. f_1 = 7,205, f_2 = 7,245 MHz. Wo liegt $2f_1 - f_2$?

- ☐ **A** 7,285 MHz
- ☐ **B** 7,165 MHz
- ☐ **C** 7,225 MHz
- ☐ **D** 14,450 MHz

5. Was beurteilt man mit dem IP3 eines Empfängers?

- ☐ **A** die Großsignalfestigkeit
- ☐ **B** den Signal-Rausch-Abstand
- ☐ **C** die Trennschärfe
- ☐ **D** die Grenzempfindlichkeit

6. Was verringert Inter- und Kreuzmodulation?

- ☐ **A** Dämpfungsglied vor den Empfängereingang
- ☐ **B** den Noise-Blanker einschalten
- ☐ **C** die Rauschsperre weiter aufdrehen
- ☐ **D** zusätzlich den Vorverstärker einschalten

7. Was unterdrückt einen festen Störer am Eingang?

- ☐ **A** kurzgeschlossene λ/4-Leitung gegen Masse
- ☐ **B** Parallelkreis gegen Masse, auf Störer abgestimmt
- ☐ **C** offene λ/2-Leitung gegen Masse
- ☐ **D** Reihenkreis gegen Masse, auf Störer abgestimmt

8. Aufgabe des Begrenzerverstärkers bei FM?

- ☐ **A** Er begrenzt die Amplitude gegen AM-Störungen.
- ☐ **B** Er verringert das Rauschen der Vorstufe.
- ☐ **C** Er begrenzt den Frequenzhub.
- ☐ **D** Er unterdrückt den ZF-Träger vollständig.

9. Wo gehört ein 70-cm-Vorverstärker hin?

- ☐ **A** unmittelbar vor den Empfängereingang
- ☐ **B** zwischen SWR-Meter und Empfänger
- ☐ **C** zwischen Senderausgang und Antennenkabel
- ☐ **D** möglichst direkt an die Antenne

10. LNB, 20 m Kabel: Warum stört die Dämpfung kaum?

- ☐ **A** Der LNB verstärkt und setzt die Frequenz herab.
- ☐ **B** Die Fernspeisung senkt die Kabeldämpfung.
- ☐ **C** Der LNB mischt direkt ins NF-Basisband.
- ☐ **D** Der LNB demoduliert, im Kabel läuft NF.

11. LNB-Speisung von 13 V auf 18 V: Was passiert?

- ☐ **A** Umschaltung in den oberen Bereich
- ☐ **B** Empfang eines anderen Satelliten
- ☐ **C** Umschaltung auf die andere Polarisation
- ☐ **D** Zerstörung durch Überspannung

12. 20-dB-Glied (50 Ω), 100 W rein: Wie viel Wärme?

- ☐ **A** 1 W
- ☐ **B** 2 W
- ☐ **C** 99 W
- ☐ **D** 50 W

LÖSUNGEN

1 **C** · Die Stufe mischt: neue Frequenzen wie $2f_1 - f_2$.
2 **A** · Große Pegel: gekrümmte Kennlinie.
3 **C** · Modulation des Störers liegt auf dem Nutzsignal.
4 **B** · 2 · 7,205 − 7,245 = 7,165 MHz (40-m-Band).
5 **A** · Hoher IP3: viel Signal ohne IM-Produkte.
6 **A** · 10 dB ATT: Nutzsignal −10 dB, IM3 −30 dB.
7 **D** · Reihenkreis bei Resonanz niederohmig: Saugkreis.
8 **A** · Information in der Frequenz, AM wird abgeschnitten.
9 **D** · Vor das Kabel; beim Senden per PTT überbrückt.
10 **A** · Im Kabel läuft die verstärkte ZF um 739 MHz.
11 **C** · 13 / 18 V: Polarisation, 22 kHz: Bereich.
12 **C** · 20 dB = Faktor 100: 1 W raus, 99 W Wärme.

Quellen: Grundlagen der Empfängertechnik; ITU-R P.372 (Bandrauschen, Richtwerte); AMSAT-DL und AMSAT-UK (QO-100); Formeln und Werte selbst nachgerechnet; Idee nach 50ohm.de (Inter- und Kreuzmodulation, Begrenzerverstärker, Vorverstärker und Dämpfungsglied, LNB, Dämpfungsglieder). Angaben ohne Gewähr.
Online mit Übungen: amateurfunk-oe.at/lernmaterial/intermodulation-und-vorverstaerker/

Stand November 2026