

AFU-Kurs SS26

Termin 3

- Analoge Modulation
- WebSDR
- GNU Radio

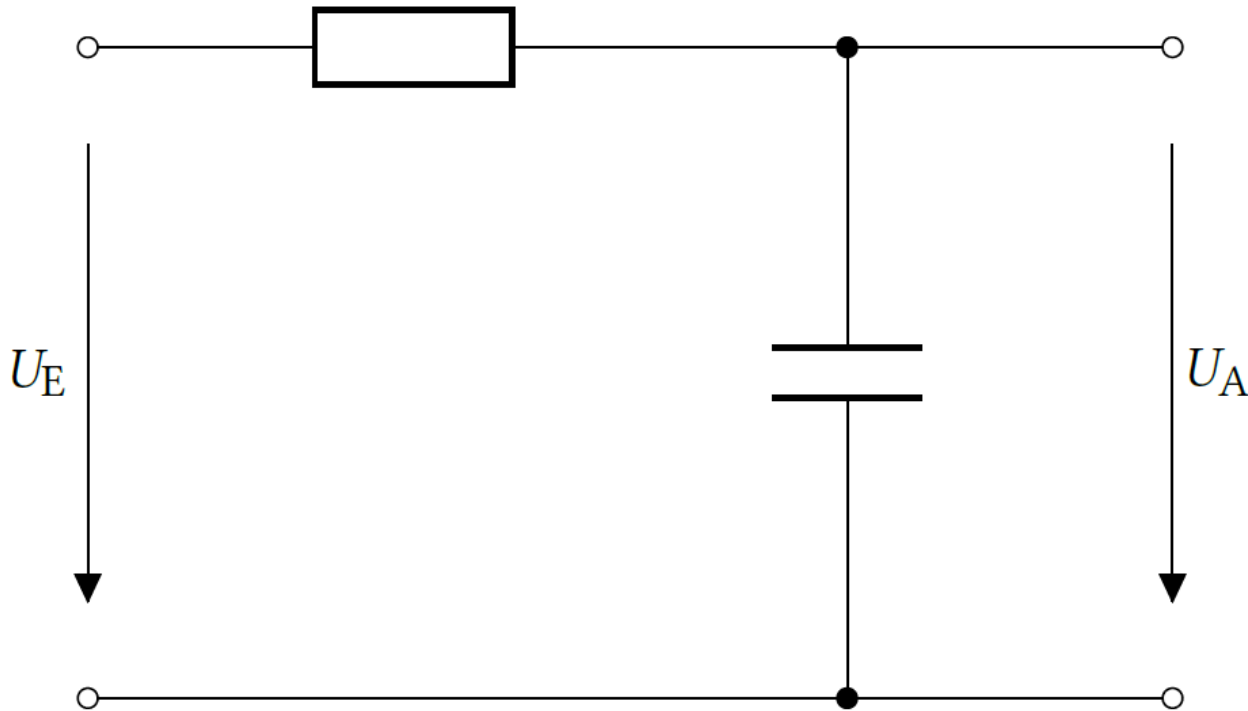




Quizfragen von letzter Woche: AD202



AD202 Welche Grenzfrequenz ergibt sich bei einem Tiefpass mit einem Widerstand von $10\text{ k}\Omega$ und einem Kondensator von 47 nF ?



$$\begin{aligned} f_g &= \frac{1}{2\pi RC} = \frac{1}{2\pi \cdot 10\text{ k}\Omega \cdot 47\text{ nF}} \\ &= \frac{1}{2\pi \cdot 10 \cdot 47} \cdot \frac{1}{10^3 \cdot 10^{-9}} \cdot \frac{1}{\Omega F} \\ &= 339 \cdot \frac{1}{\frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{A}^2 \cdot \text{s}^3} \cdot \frac{\text{A}^2 \cdot \text{s}^4}{\text{kg} \cdot \text{m}^2}} \\ &= 339 \cdot \frac{1}{\text{s}} \\ &= 339\text{ Hz} \end{aligned}$$



Quizfragen von letzter Woche: AD203

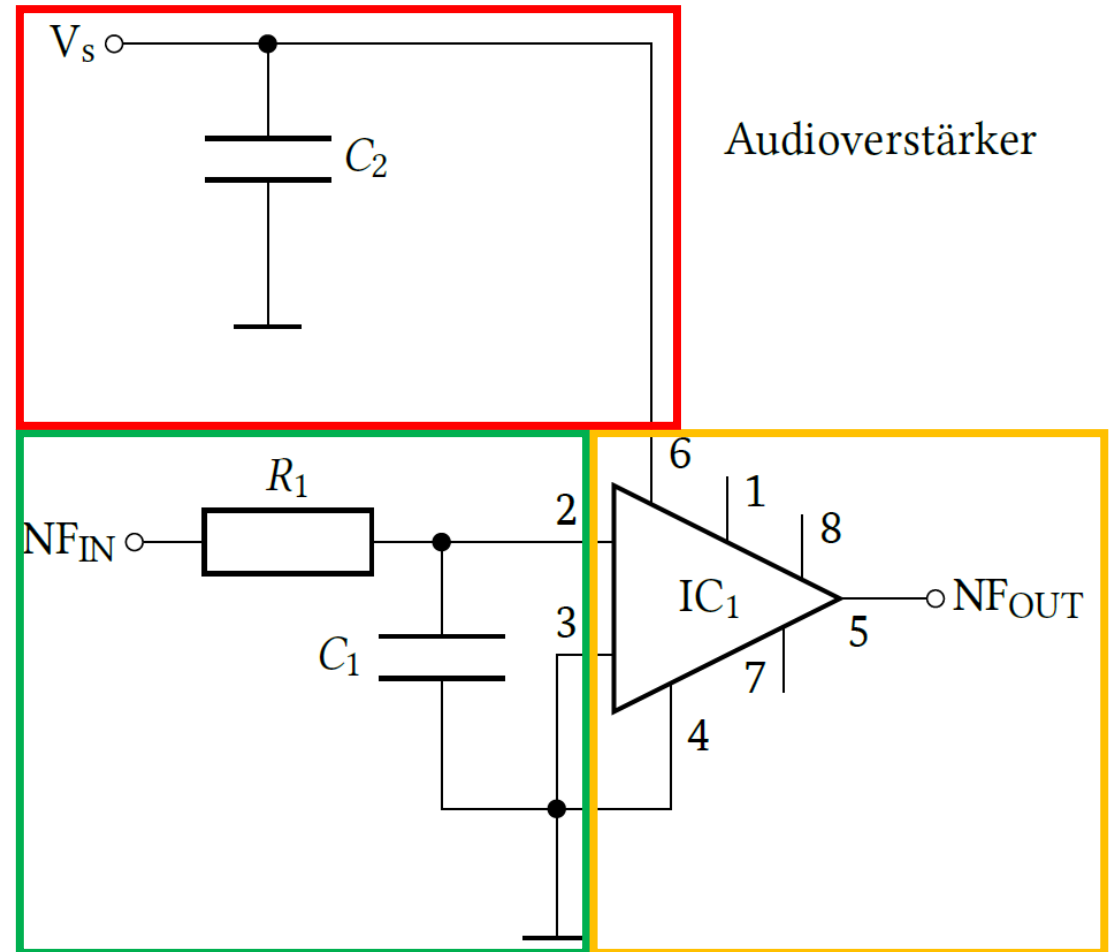
Wo liegt die Grenzfrequenz des Audio-Verstärkers, wenn

- $R_1 = 4,7\text{k}\Omega$
- $C_1 = 6,8\text{nF}$
- $C_2 = 47\text{nF}$

betragen? Der Verstärker hat eine Grenzfrequenz von 1MHz und die Impedanz des Eingangs PIN 2 ist mit $1\text{M}\Omega$ sehr hochohmig.

Herangehensweise:

- **Große Wirkung?**
- **Kleine Wirkung?**
- **Vernachlässigbar?**



Quizfragen von letzter Woche: AD203

Große Wirkung:

- Grenzfrequenz des RC-Filters bestimmen

$$f_g = \frac{1}{2\pi RC} = \frac{1}{2\pi \cdot 4,7 \text{ k}\Omega \cdot 6,8 \text{ nF}} = 4,98 \text{ kHz}$$

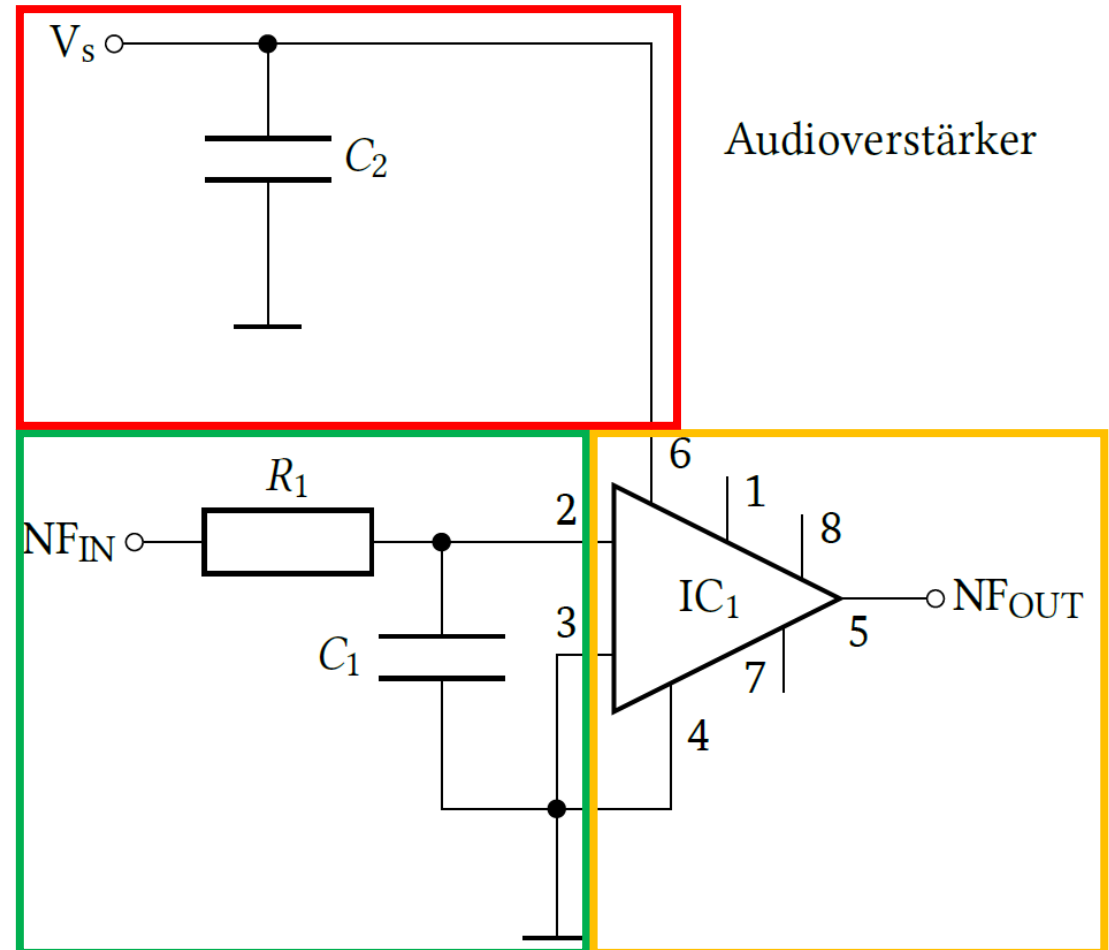
Kleine Wirkung:

- Verstärkereingang hat mit 1MΩ keinen Einfluss auf R1C1 Spannungsteiler
- Grenzfrequenz von IC1 bei 1MHz \gg 4,98 kHz

Vernachlässigbar:

- C2 Glättung der Versorgungsspannung

Richtige Lösung: 4,98 kHz





Quizfragen von letzter Woche: EF206



Wie sollte eine Mischstufe beschaffen sein, um unerwünschte Abstrahlungen zu vermeiden?

- Sie sollte **möglichst lose mit dem VFO gekoppelt** sein.
 - Lose Kopplung passt nicht zum Ziel, Leistung zu übertragen.
- Sie sollte **nicht geerdet** werden.
 - Baugruppen nicht zu erden ist in der Regel eine schlechte Idee.
- Sie sollte **niederfrequent entkoppelt** werden.
 - Buzzword Bingo?!?
- Sie sollte **gut abgeschirmt** sein.
 - Sinnvoll, um HF-Leckage in andere Baugruppen zu vermeiden!





Quizfragen von letzter Woche: AD426



Ein HF-Leistungsverstärker hat eine Verstärkung von 16dB. Welche HF-Ausgangsleistung ist zu erwarten, wenn der Verstärker mit 1W HF-Eingangsleistung angesteuert wird?

Oder anders gefragt: Welchem Linearfaktor entsprechen 16dB Leistungszunahme?

Lifehack: Aufteilen in Summanden

$$10 \text{ dB} + 3 \text{ dB} + 3 \text{ dB} = 16 \text{ dB}$$

Addition in log-Darstellung entspricht Multiplikation in linearer Darstellung:

$$10 \cdot 2 \cdot 2 = 40$$

Daraus folgt:

$$1 \text{ W} \cdot 40 = 40 \text{ W}$$





Quizfragen von letzter Woche: AD426

Was wäre, wenn... nach 16dB
Spannungsverstärkung gefragt wird?

Funktioniert der Lifehack dann immer noch?

Ja, aber aufpassen:

Wir rechnen nicht mehr mit **Leistungen**

$$10 \log(\dots)$$

Sondern mit **Spannungen**, also

$$20 \log(\dots)$$

Erklärungsbedarf? Siehe 1. Termin!

Lifehack: Aufteilen in Summanden

$$10 \text{ dB} + 3 \text{ dB} + 3 \text{ dB} = 16 \text{ dB}$$

Addition in log-Darstellung entspricht Multiplikation in linearer Darstellung:

$$\sqrt{10} \cdot \sqrt{2} \cdot \sqrt{2} = 2\sqrt{10} = 6,32$$

16dB Spannungsverstärkung entsprechen einem Linearfaktor von etwa 6,32.





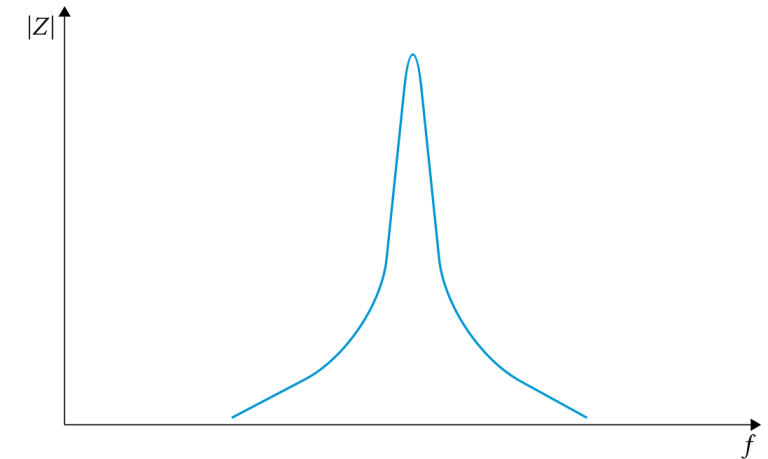
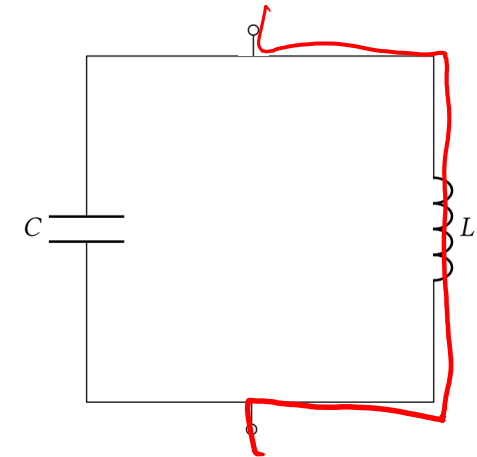
Quizfragen von letzter Woche: ED207



Wie verhält sich ein Parallelschwingkreis bei der Resonanzfrequenz?

Wie ein hochohmiger Widerstand!

Frequenz	Spule	Kondensator
Niedrig	Leitet gut	Leitet schlecht
Mittelfrequenz	Leitet mittelmäßig	Leitet mittelmäßig
Hoch	Leitet schlecht	Leitet gut





Inhalt Termin 3



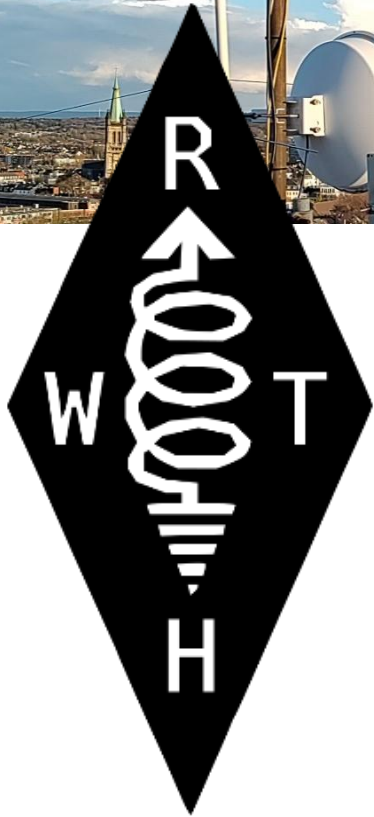
- Analoge Modulation [[12.5-12.12](#), [12.14](#), [12.18](#), [12.19](#)]
 - Fundamentale Modulationsverfahren
 - Übliche Analogmodulation im Amateurfunk (CW, AM, SSB, FM)
 - Bandbreiten & Dynamikbereiche

NE101-NE310

AD322-AE313

Aus dem [Fragenkatalog der BNetzA](#)



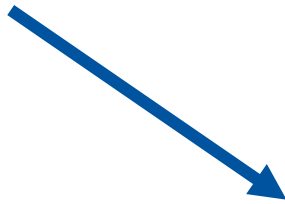


AFU-Kurs WS25/26

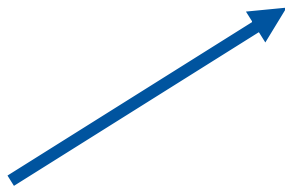
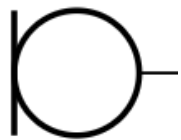
Termin 2

- **Analoge Modulation**





?



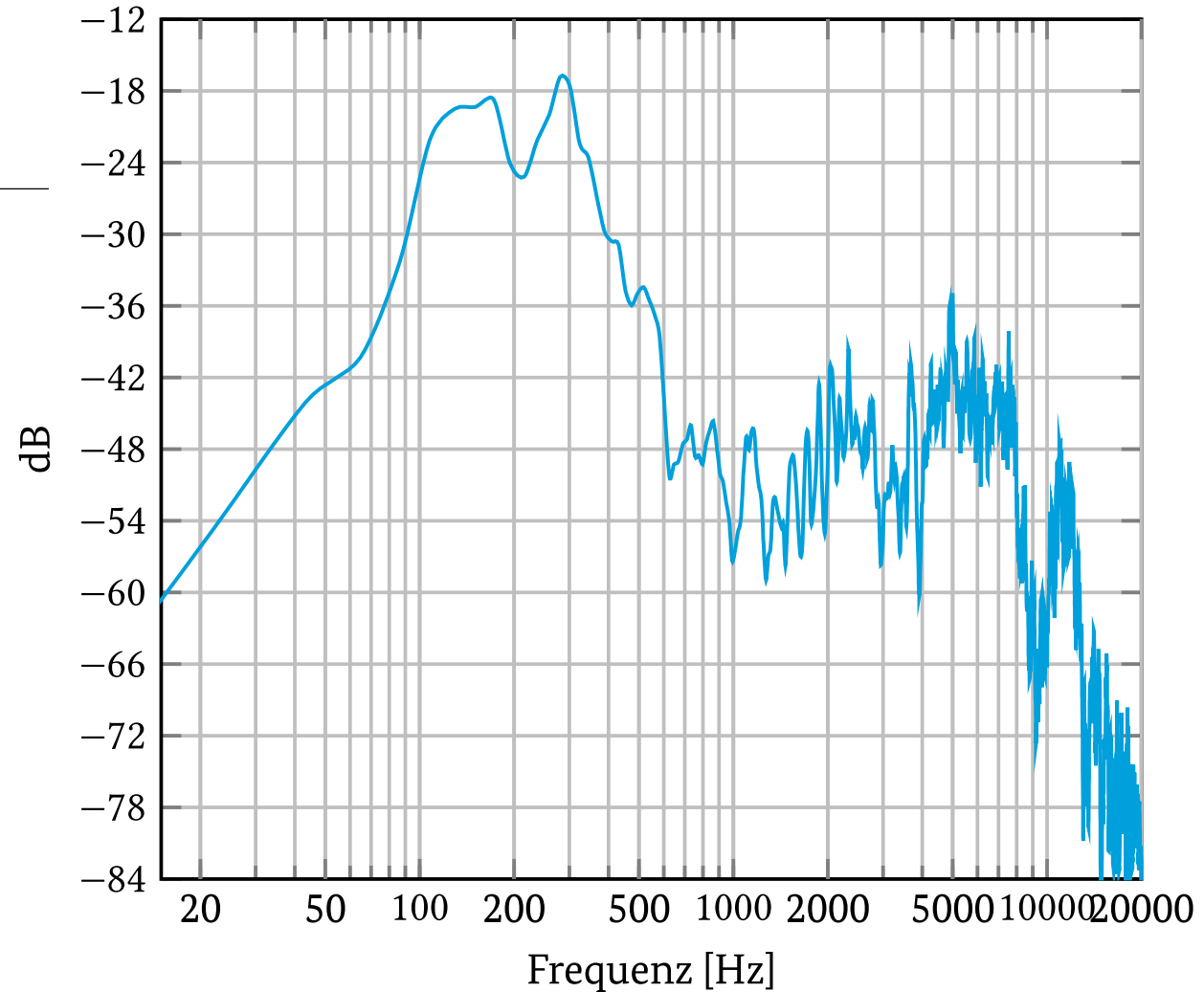
Durch Modulation werden werden Informationen auf einen oder mehrere Träger übertragen.



Sprachsignale

Frequenzspektrum von Sprachsignalen

- Ca. 80 – 12.000 Hz
- 300 – 2700 Hz reicht zum Verstehen von Sprache



Demonstration: https://50ohm.de/NEA_sprachsignale.html



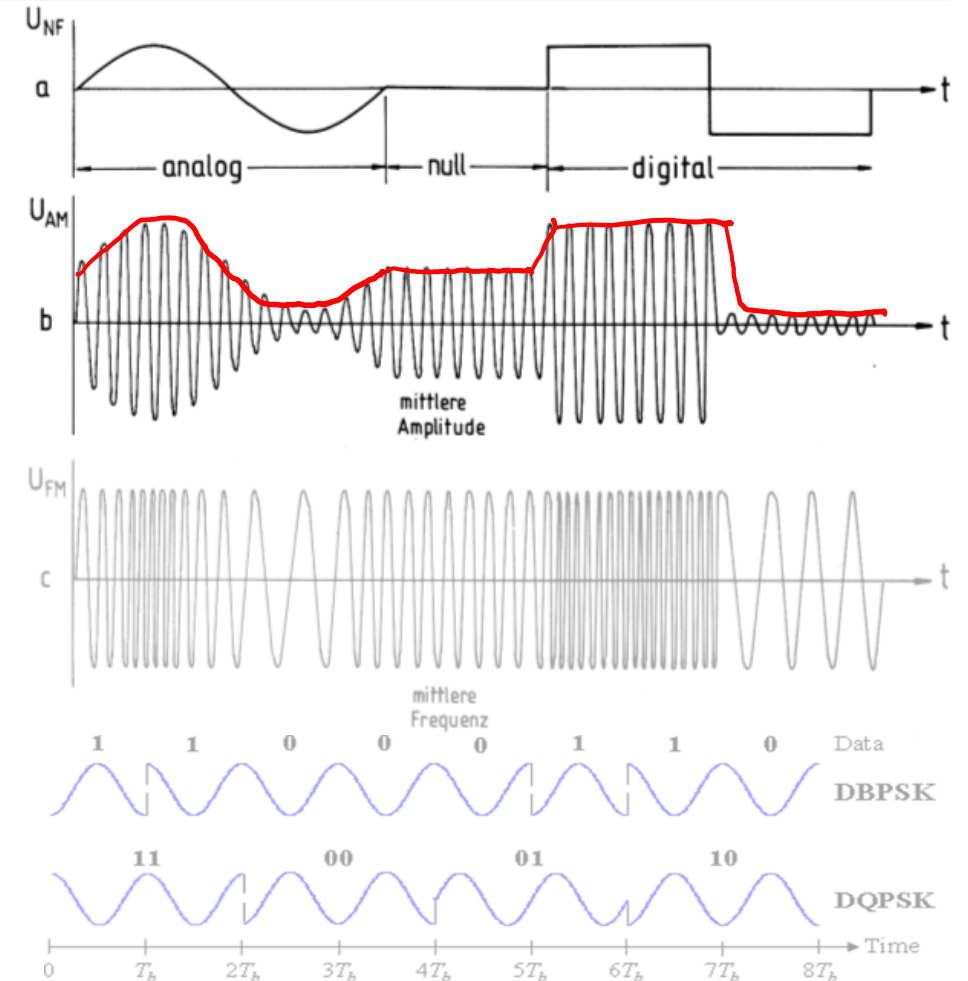


Modulation



Einem Trägersignal werden Informationen aufgeprägt:

Modulation	Formel
Träger/CW	$s(t) = A \cdot \cos(\omega_0 \cdot t)$
Amplitudenmodulation	$s(t) = A(t) \cdot \cos(\omega_0 \cdot t)$
Frequenzmodulation	$s(t) = A \cdot \cos((\omega_0 + \Delta\omega(t)) \cdot t)$
Phasenmodulation	$s(t) = A \cdot \cos(\omega_0 \cdot t + \phi(t))$



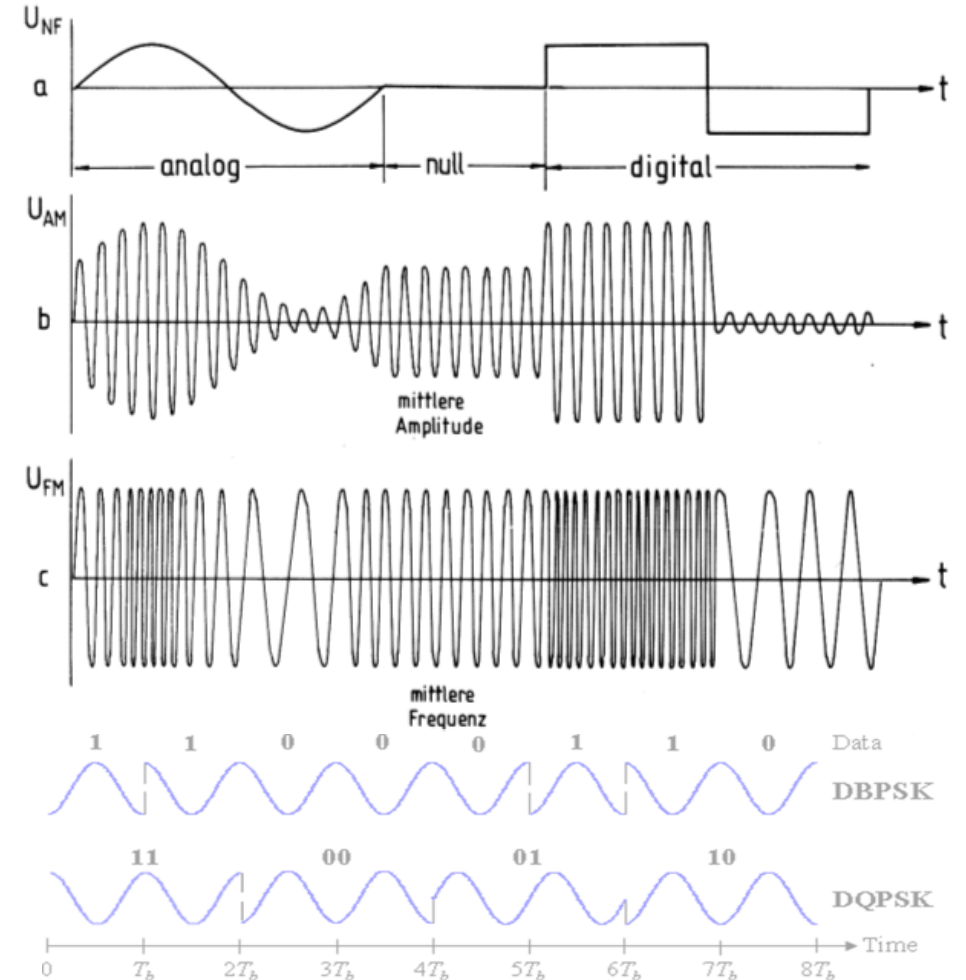


Modulation



Einem Trägersignal werden Informationen aufgeprägt:

Modulation	Formel
Träger/CW	$s(t) = A \cdot \cos(\omega_0 \cdot t)$
Amplitudenmodulation	$s(t) = A(t) \cdot \cos(\omega_0 \cdot t)$
Frequenzmodulation	$s(t) = A \cdot \cos((\omega_0 + \Delta\omega(t)) \cdot t)$
Phasenmodulation	$s(t) = A \cdot \cos(\omega_0 \cdot t + \phi(t))$



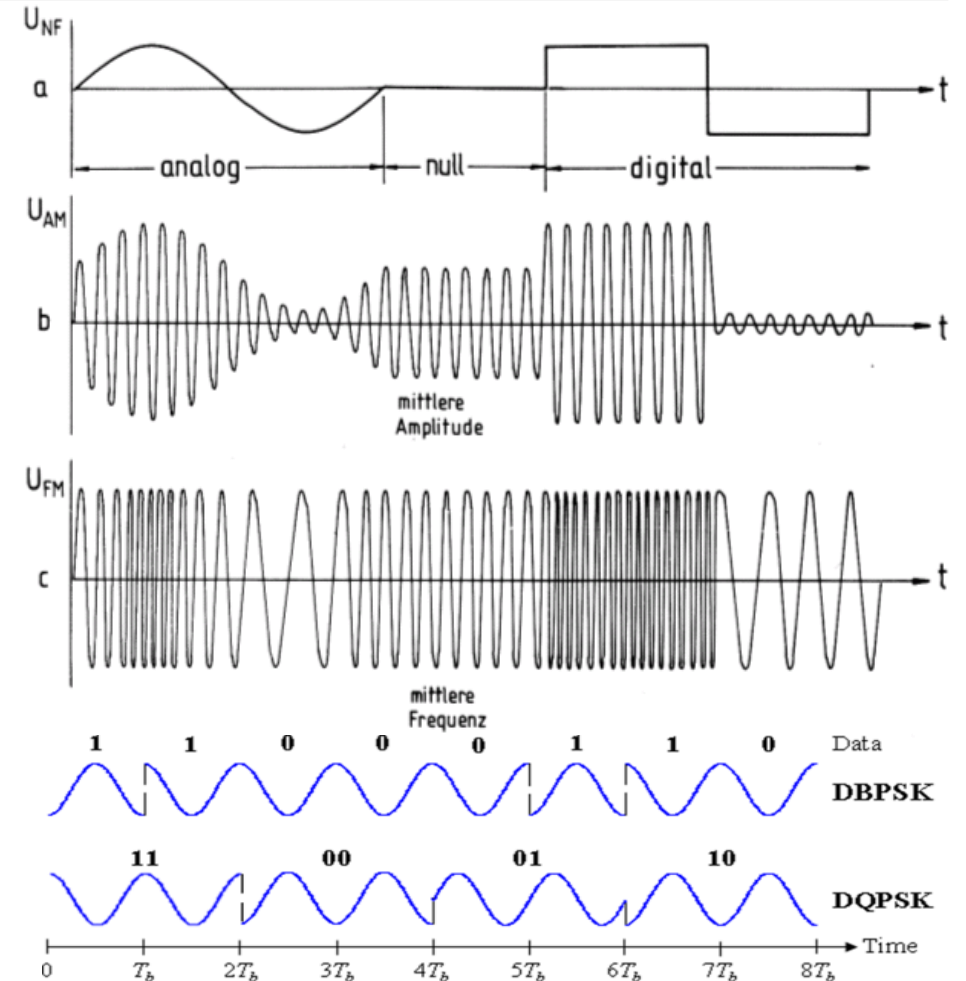


Modulation



Einem Trägersignal werden Informationen aufgeprägt:

Modulation	Formel
Träger/CW	$s(t) = A \cdot \cos(\omega_0 \cdot t)$
Amplitudenmodulation	$s(t) = A(t) \cdot \cos(\omega_0 \cdot t)$
Frequenzmodulation	$s(t) = A \cdot \cos((\omega_0 + \Delta\omega(t)) \cdot t)$
Phasenmodulation	$s(t) = A \cdot \cos(\omega_0 \cdot t + \phi(t))$





Morsen / CW



- Extremform der Amplitudenmodulation
- Einfachste Art einer Funkübertragung
 - Ein- / Ausschalten des Trägers
 - Kurze Töne (dit) & lange Töne (dah)
- Textübertragung mit dem Morse-Alphabet
- Tipps zum Erlernen
 - Nie zu langsam lernen (z.B. immer > 20 wpm)
 - Nicht mitzählen

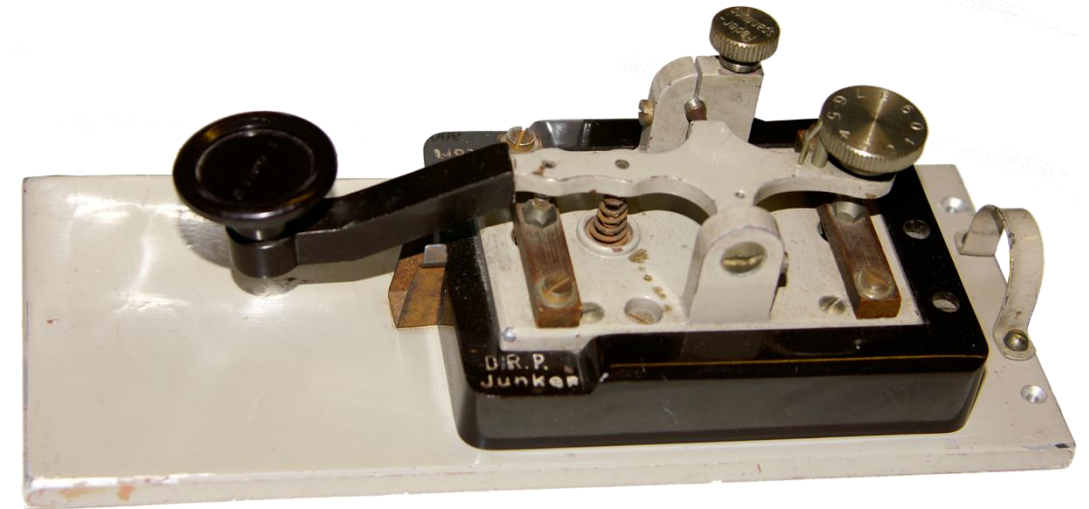
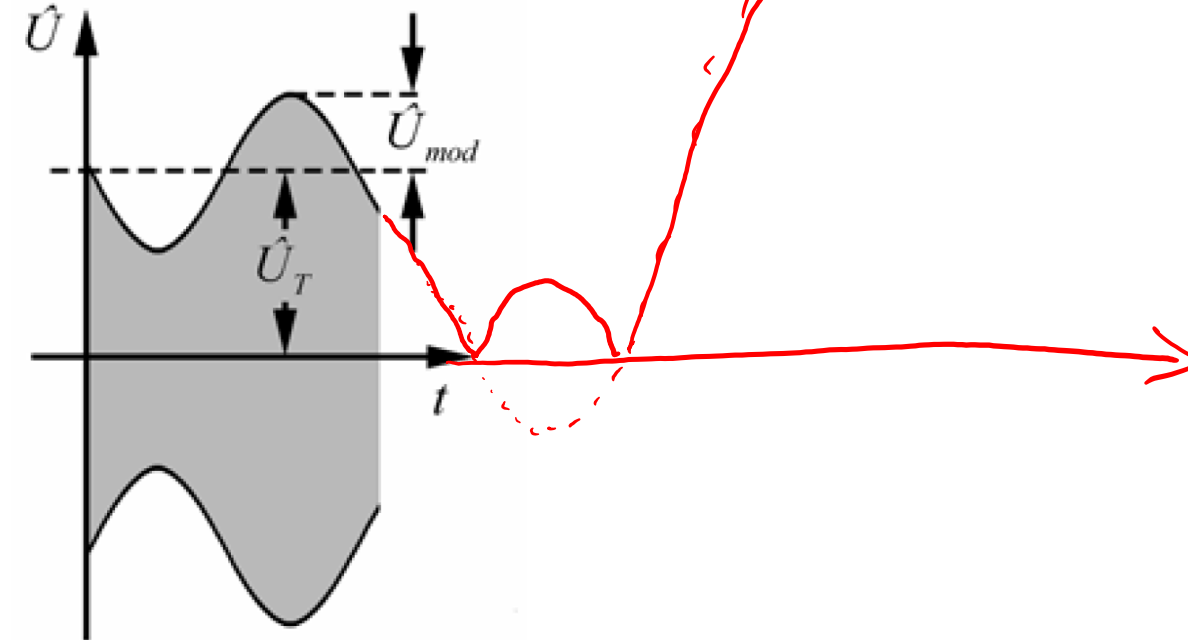
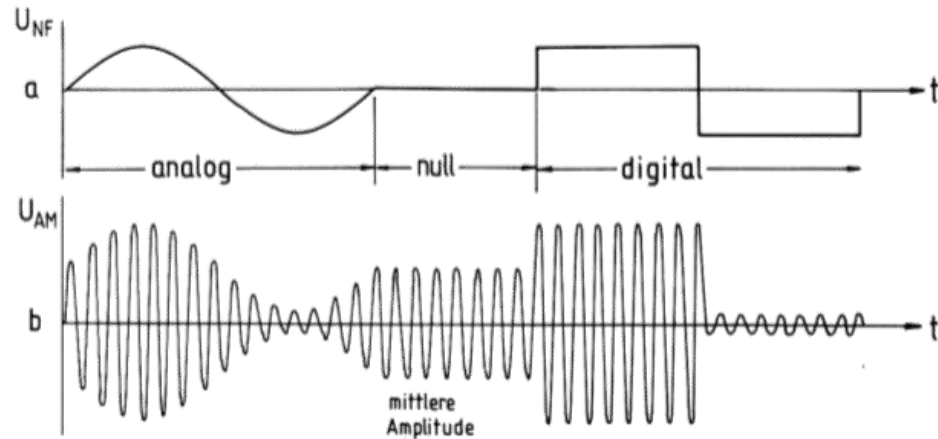


Bild: „Junkers-Taster, erste Ausführung“, wikimedia



Amplitudenmodulation

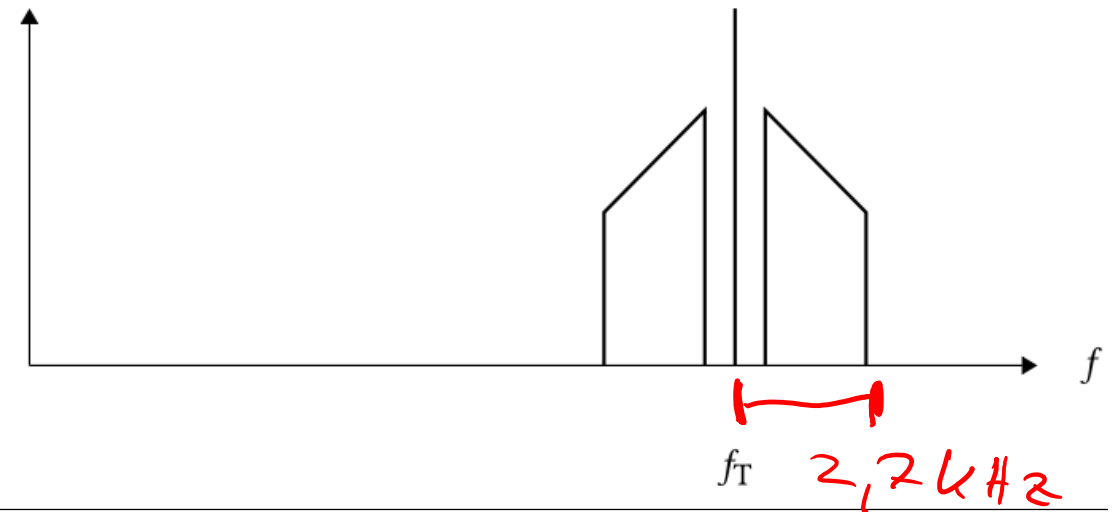
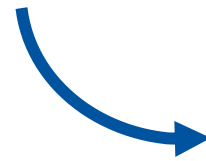
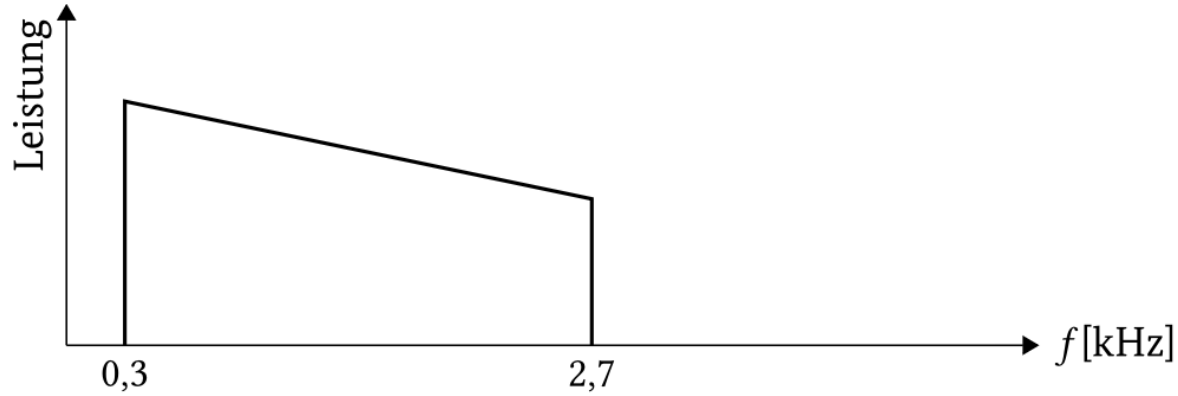


- Oszillation im Zeitbereich zu Oszillation der Signalstärke umwandeln
- Signalleistung variiert
- $s(t) = A(t) \cdot \cos(\omega_0 \cdot t)$

- Modulationsgrad $m = \frac{\hat{U}_{\text{mod}}}{\hat{U}_{\text{Träger}}}$
- Bandbreite $BW = 2 \cdot f_{\text{mod max}}$

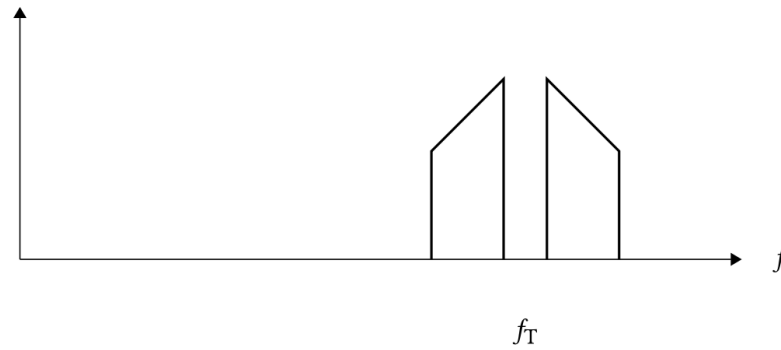
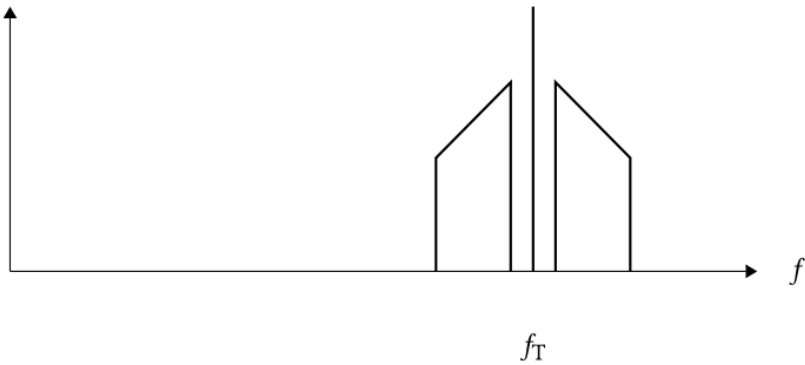


Amplitudenmodulation



Double Side Band

- AM: Fast alle Leistung im Träger, Information steckt in den Seitenbändern
=> Trägersignal und ein Seitenband eliminieren
- Double-sideband suppressed-carrier transmission (DSB-SC)
- Selten im Amateurfunk (bei Prüfungsfragen als Ablenkung)



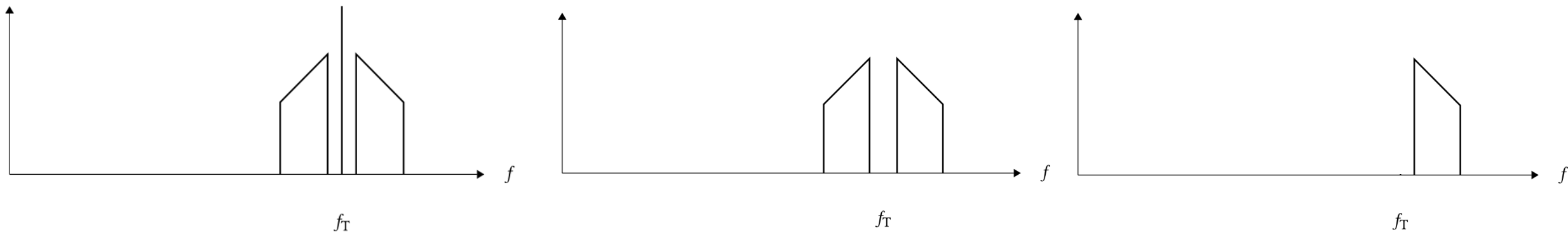


Single Side Band (SSB)



- AM: Fast alle Leistung im Träger, Information steckt in den Seitenbändern
=> Trägersignal und ein Seitenband eliminieren
- Spektrum ist nicht symmetrisch
- Ergebnis: „Linear Frequency Shift“ des NF-Signals

> 10 MHz Upper sideband (USB)
< 10 MHz Lower sideband (LSB)





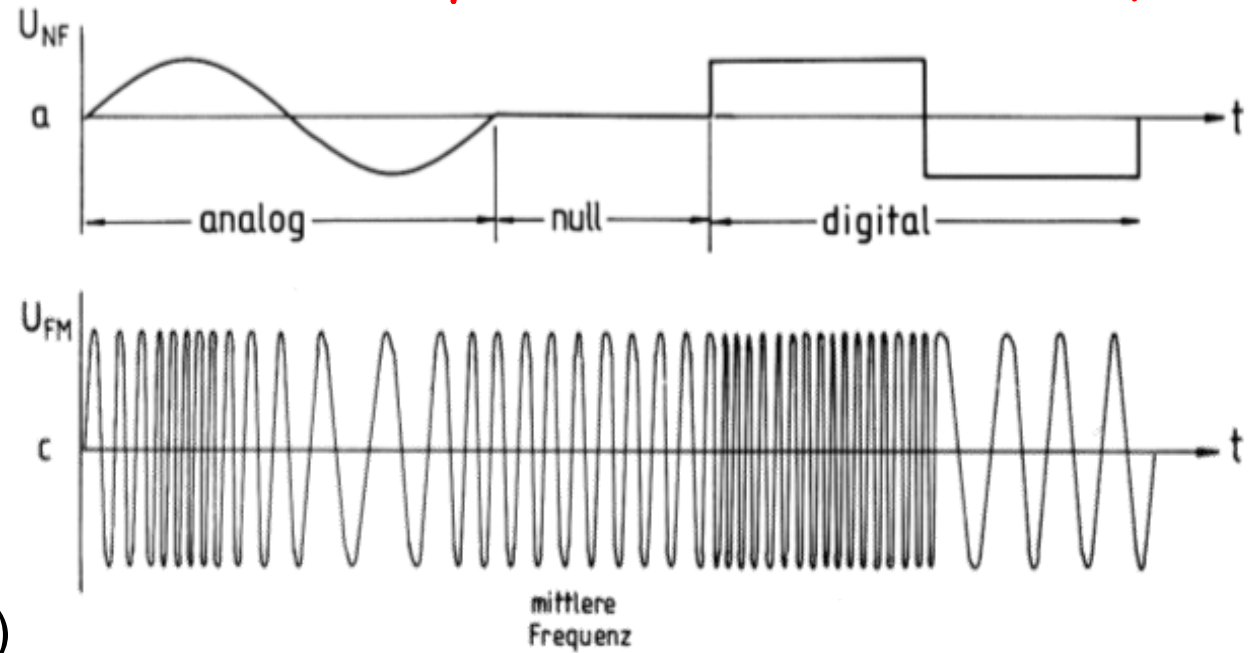
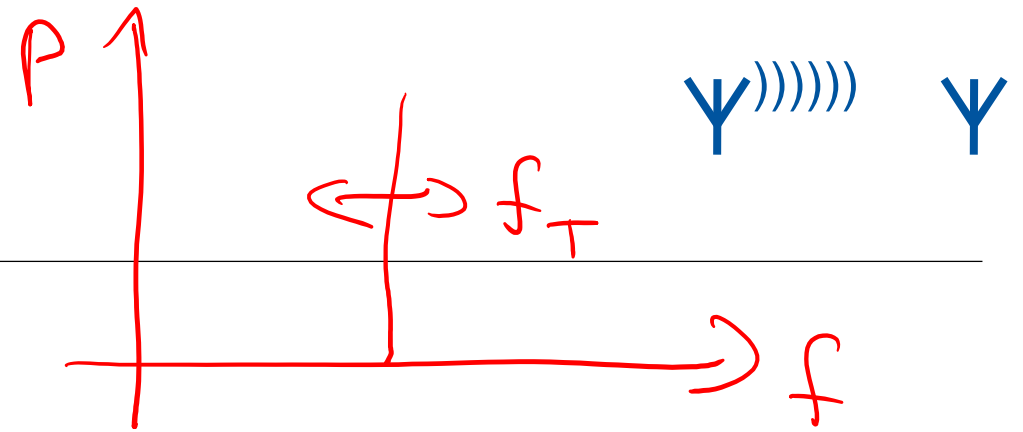
Frequenzmodulation

- Oszillation im Zeitbereich zu Oszillation im Frequenzbereich umwandeln
- $s(t) = A \cdot \cos(2\pi(f_0 + \Delta f(t)) \cdot t)$
- Signalleistung konstant
- Carson-Bandbreite enthält etwa 99% der Signalleistung:

$$B = 2(f_T + f_{mod,max})$$

f_T Frequenzhub (maximales Δf)

$f_{mod,max}$ Maximale NF





Zusammenfassung analoge Modulation



Typische Analogmodulation im Amateurfunk

Modulation	Bandbreite typ.	Amplitude	ITU Klassifikation
Morsen / CW	100 Hz	Variiert	A1A
AM	10 kHz	Variiert	A3E
SSB (USB / LSB)	2.7 kHz	Variiert	J3E
FM	12.5 kHz	Konstant	F3E

ITU Klassifizierung wird nicht mehr abgefragt



- Leise Phasen der Sprache gehen leicht im Rauschen unter
- Kompression von Lauten Signalen gibt den leisen Phasen mehr raum

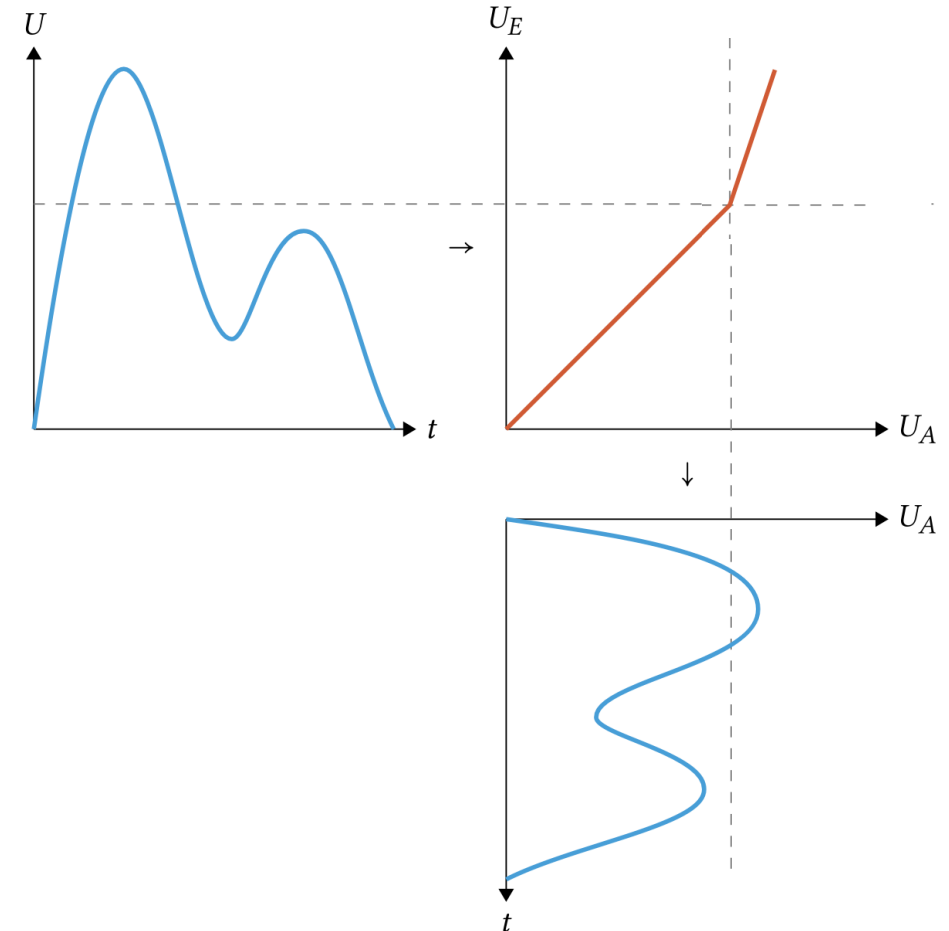
EF306: Wie heißt die Stufe in einem Sender, welche die Eigenschaft hat, leise Anteile eines Sprachsignale gegenüber den lauten etwas anzuheben?

A: Clarifier

B: Noise Blanker

C: Notchfilter

D: Dynamic Compressor



- Leise Phasen der Sprache gehen leicht im Rauschen unter
- Kompression von Lauten Signalen gibt den leisen Phasen mehr raum

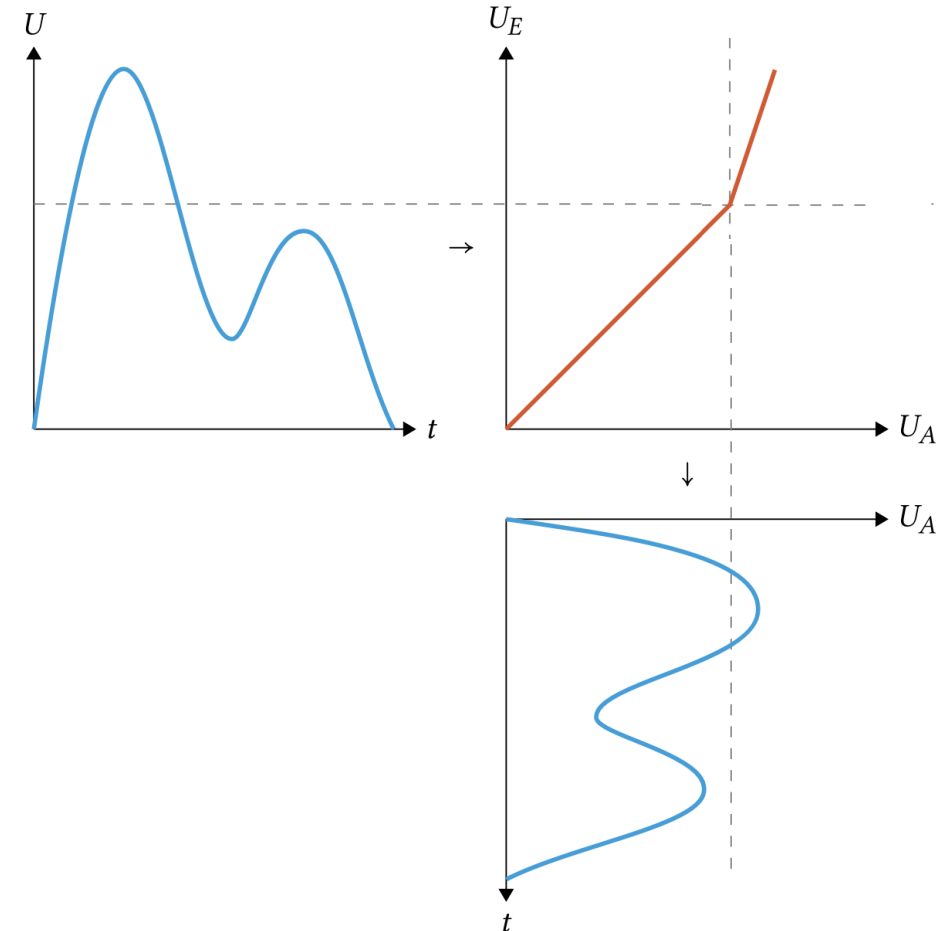
EF306: Wie heißt die Stufe in einem Sender, welche die Eigenschaft hat, leise Anteile eines Sprachsignale gegenüber den lauten etwas anzuheben?

A: Clarifier

B: Notchfilter

C: Noise Blanker

D: Dynamic Compressor



- Leise Phasen der Sprache gehen leicht im Rauschen unter
- Kompression von Lauten Signalen gibt den leisen Phasen mehr raum

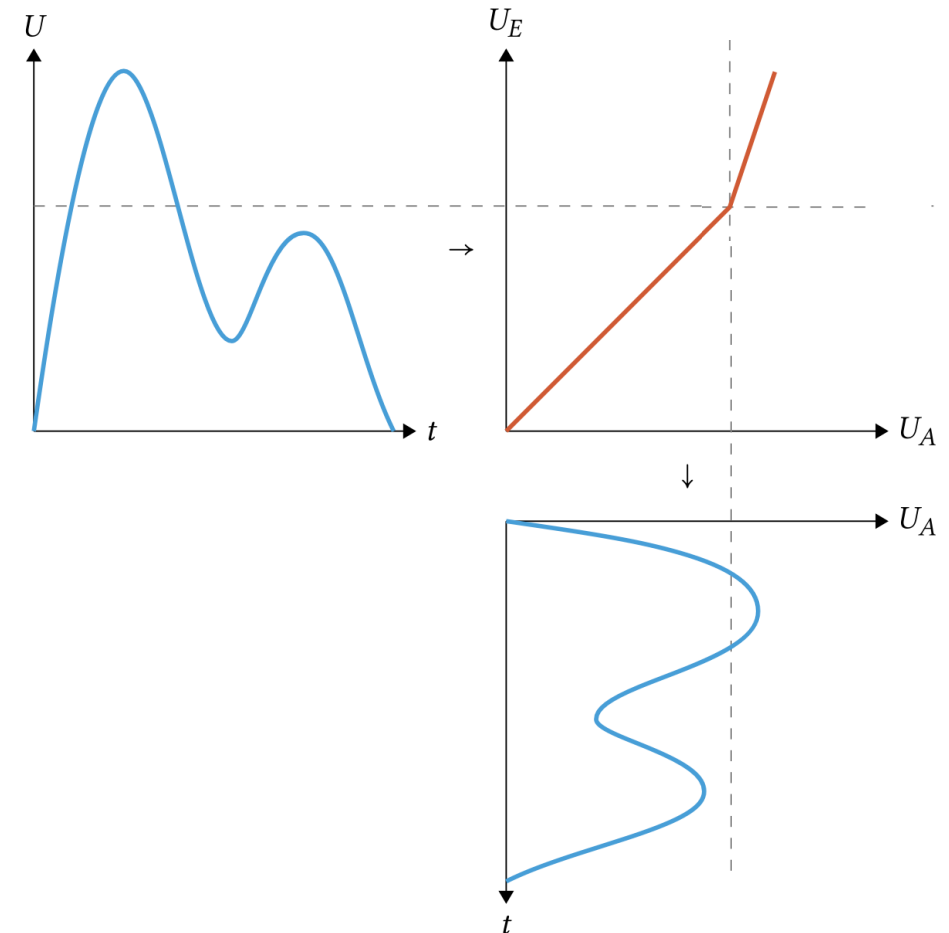
AE212: Welche Folge hat eine zu hohe Kompressionseinstellung des Dynamik-Kompressors im SSB-Sender?

A: Das Signal kann im Empfänger nicht demoduliert werden.

B: Die Verständlichkeit des Audiosignals auf der Empfängerseite nimmt ab.

C: Die Modulation des Senders führt zur Zerstörung der Endstufe.

D: Die Trägerunterdrückung nimmt ab.





Dynamikkompression



- Leise Phasen der Sprache gehen leicht im Rauschen unter
- Kompression von Lauten Signalen gibt den leisen Phasen mehr raum

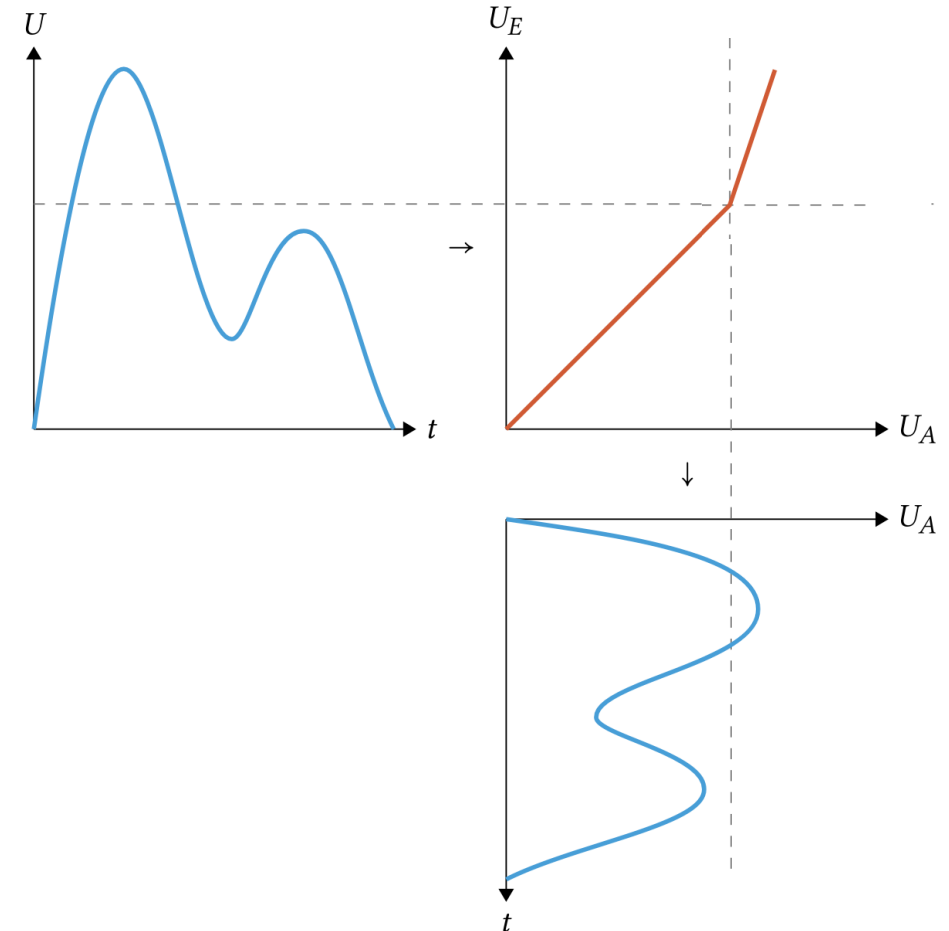
AE212: Welche Folge hat eine zu hohe Kompressionseinstellung des Dynamik-Kompressors im SSB-Sender?

A: Das Signal kann im Empfänger nicht demoduliert werden.

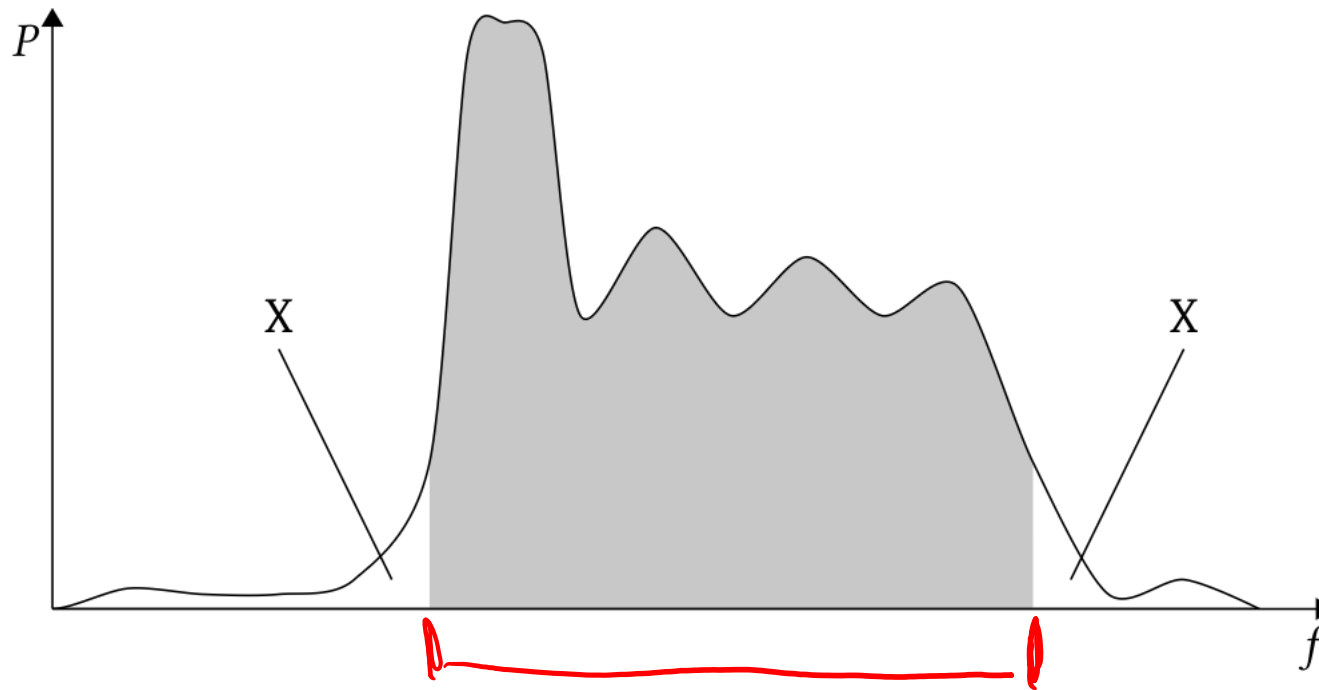
B: Die Verständlichkeit des Audiosignals auf der Empfängerseite nimmt ab. ✓

C: Die Modulation des Senders führt zur Zerstörung der Endstufe.

D: Die Trägerunterdrückung nimmt ab.



- Gemessen in Hertz
- Amateurfunkverordnung: Mindestens 99% der Sendeleistung innerhalb der Bandbreite



FBW



Bandpläne & Bandbreiten



- Relevant für Betrieb in Deutschland:
 - Regeln der Amateurfunkverordnung (AFuV)

https://www.gesetze-im-internet.de/afuv_2005/anlage_1.html

Lfd. Nr.	Frequenzbereiche	Status ¹	Zulässige Frequenzbereiche und maximale Leistung ² für Inhaber einer Zulassung zum Amateurfunkdienst mit Berechtigungsumfang der			Zusätzliche Nutzungsbestimmungen gemäß B
			Klasse A	Klasse E	Klasse N	
1	2	3	4	5	6	7
1	135,7 – 137,8 kHz	S	1 W ERP			1 2 10
2	472 – 479 kHz	S	1 W ERP			1
3	1 810 – 1 850 kHz	P	750 W PEP	100 W PEP		3
4	1 850 – 1 890 kHz	S	75 W PEP	75 W PEP		3 10 12 15
5	1 890 – 2 000 kHz	S	10 W PEP	10 W PEP		3 10 15
6	3 500 – 3 800 kHz	P	750 W PEP	100 W PEP		3
7	5 351,5 – 5 366,5 kHz	S	9,14 W ERP			3
8	7 000 – 7 200 kHz	P	750 W PEP			3 13
9	10 100 – 10 150 kHz	S	150 W PEP			1 10 12
10	14 000 – 14 350 kHz	P	750 W PEP			3 13
11	18 068 – 18 168 kHz	P	750 W PEP			3 13
12	21 000 – 21 450 kHz	P	750 W PEP	100 W PEP		3 13
13	24 890 – 24 990 kHz	P	750 W PEP			3 13
14						
15	50 – 50,4 MHz	S	750 W PEP			5 16

3. Maximal zulässige belegte Bandbreite einer Amateurfunk-Aussendung: 2,7 kHz.



Bandpläne

- Zusätzlich: Empfehlungen der IARU
 - Frequenzbereiche für verschiedene Betriebsmodi
- Allgemein: Hohe Bandbreiten nur bei hohen Frequenzen

6.4 IARU Bandplan 2m

Frequency Segment	Max.	Preferred Mode and Usage
144,000–144,025 MHz	2,7 kHz	All mode Sattelite downlink only
144,025–144,100 MHz	500 Hz	Telegraphy 144,050 MHz Telagraphy calling 144,100 MHz Random MS
144,100–144,150 MHz	500 Hz	MGM, Telegra- phy 144,110–144,160 MHz CW and MGM EME
144,150–144,400 MHz	2,7 kHz	MGM, Telegra- phy, SSB 144,195–144,205 MHz Random MS SSB 144,300 MHz SSB Centre of activity
144,400–144,490 MHz	500 Hz	MGM, Telegra- phy Beacons exclusive
144,491–144,493 MHz	500 Hz	MGM Experimental MGM, Personal weak signal MGM Beacons
144,500–144,794 MHz	20 kHz	All mode 144,500 MHz Image mode centre (SSTV, Fax,...) 144,600 MHz Data Centre of activity (MGM, RTTY,..) 144,750 MHz ATV Talk back
144–146 MHz	144,794–144,9625 MHz	12 kHz MGM Digital Communicati- on 144,8000 MHz APRS 144,8125 MHz DV internet voice gateway 144,8250 MHz DV internet voice gateway 144,8375 MHz DV internet voice gateway 144,8500 MHz DV internet voice gateway 144,8625 MHz DV internet voice gateway
	144,975–145,194 MHz	12 kHz FM/Digital Voice Repeater input exclusive
	145,194–145,206 MHz	12 kHz FM/Digital Voice Space Communication
	145,206–145,5625 MHz	12 kHz FM/Digital Voice 145,2375 MHz FM Internet Voice Gateway 145,2875 MHz FM Internet Voice Gateway 145,3375 MHz FM Internet Vocie Gateway 145,3750 MHz digital voice calling 145,5000 MHz FM calling
	145,575–145,7935 MHz	12 kHz FM/Digital Voice Repeater output exclusive
	145,794–145,806 MHz	12 kHz FM/Digital Voice Space Communication
	145,806–146,000 MHz	12 kHz All mode Sattelite exclusive



Fragen Bandpläne

Ein Bandplan ist in
Tabelle A der [Hilsmittel](#)

- 1 Maximal zulässige belegte Bandbreite einer Amateurfunk-Aussendung: 800 Hz.
- 3 Maximal zulässige belegte Bandbreite einer Amateurfunk-Aussendung: 2,7 kHz.
- 4 Maximal zulässige belegte Bandbreite einer Amateurfunk-Aussendung unterhalb 29 MHz: 7 kHz, oberhalb 29 MHz: 40 kHz
- 6 Maximal zulässige belegte Bandbreite einer Amateurfunk-Aussendung: 40 kHz.
- 7 Maximal zulässige belegte Bandbreite einer Amateurfunk-Aussendung: 2 MHz; bei amplitudenmodulierten Fernsehaussendungen: 7 MHz.



VD738: In welchen Amateurfunkfrequenzbereichen beträgt die maximal zulässige belegte Bandbreite einer Aussendung 800 Hz?

A: 18068 bis 18168 kHz und 24890 bis 24990 kHz

B: 7000 bis 7100 kHz und 14000 bis 14350 kHz

C: 135,7 bis 137,8 kHz, 472 bis 479 kHz und 10100 bis 10150 kHz

D: 1810 bis 2000 kHz, 3500 bis 3800 kHz und 7000 bis 7200 kHz

Frequenzbereiche	Sta- tus	zus. Nut- zungsbedin- gungen
135,7 – 137,8 kHz	S	1 2 10
472 – 479 kHz	S	1
3500 – 3800 kHz	P	3
10 100 – 10 150 kHz	S	1 10 12
28 – 29,7 MHz	P	4 13
144 – 146 MHz	P	6 13
430 – 440 MHz	P	7 13



Fragen Bandpläne

1 Maximal zulässige belegte Bandbreite einer Amateurfunk-Aussendung: 800 Hz.

3 Maximal zulässige belegte Bandbreite einer Amateurfunk-Aussendung: 2,7 kHz.

4 Maximal zulässige belegte Bandbreite einer Amateurfunk-Aussendung unterhalb 29 MHz: 7 kHz, oberhalb 29 MHz: 40 kHz

6 Maximal zulässige belegte Bandbreite einer Amateurfunk-Aussendung: 40 kHz.

7 Maximal zulässige belegte Bandbreite einer Amateurfunk-Aussendung: 2 MHz; bei amplitudenmodulierten Fernsehaussendungen: 7 MHz.



Ein Bandplan ist in
Tabelle A der [Hilsmittel](#)

VD738: In welchen Amateurfunkfrequenzbereichen beträgt die maximal zulässige belegte Bandbreite einer Aussendung 800 Hz?

A: 18068 bis 18168 kHz und 24890 bis 24990 kHz

B: 7000 bis 7100 kHz und 14000 bis 14350 kHz

C: 135,7 bis 137,8 kHz, 472 bis 479 kHz und 10100 bis 10150 kHz

D: 1810 bis 2000 kHz, 3500 bis 3800 kHz und 7000 bis 7200 kHz

Frequenzbereiche	Sta- tus	zus. Nutzungsbedin- gungen
135,7 – 137,8 kHz	S	1 2 10
472 – 479 kHz	S	1
3500 – 3800 kHz	P	3
10 100 – 10 150 kHz	S	1 0 12
28 – 29,7 MHz	P	4 13
144 – 146 MHz	P	6 13
430 – 440 MHz	P	7 13

Tabelle NEA-12.14.1: Auszug AfuV Anlage 1



1 Quiz Analoge Modulation Grundlagen



<https://partici.fi/46456299>

4645 6299





Demonstration WebSDR



Ein WebSDR ist ein breitbandige Empfänger der über eine Netzwerkverbindung erreichbar ist

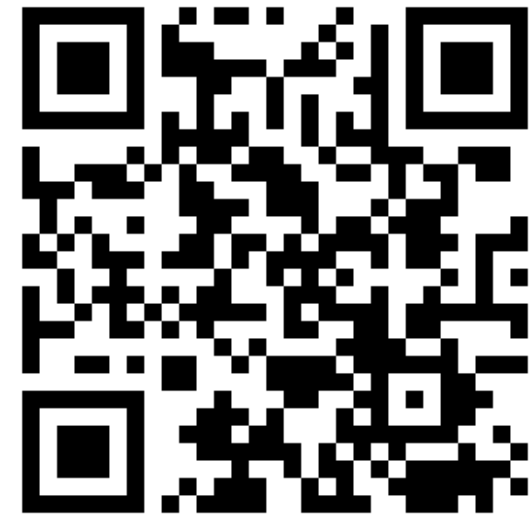
Frequenz

The screenshot shows the WebSDR interface. At the top, the frequency is displayed as 14016.70 in yellow on a black background, with a CW modulation indicator and a small icon. Below this, a spectrum plot shows a signal between 14010 and 14020 kHz. The interface includes navigation buttons (left and right arrows), control buttons (mute, squelch, noise reduction, zoom out, zoom in), and a 'Memories' section with store, delete, and label buttons.

Modulation

Seitwärts scrollen
& zoomen

<http://websdr.ewi.utwente.nl:8901/>





Demonstration WebSDR



Aufgaben:

- Findet ein AM, ein SSB und ein Morse-signal
- Eine AM Station finden und mit SSB / AM anhören
- Was passiert bei verschiedenen Signalen wenn man die Frequenz falsch einstellt?
- Womit kann man sich Morsecode Außer der CW-Einstellung noch anhören?
- Welches Seitenband funktioniert bei welchen Frequenzen?

<http://websdr.ewi.utwente.nl:8901/>

Modus	Frequenz [MHz]	Frequenz [MHz]
CW	14.000 – 14.060	7.000 – 7.060
Digitalfunk	14.075	7.075
SSB	14.100 – 14.350	7.100 – 7.200
AM	13.570 – 13.870	7.200 – 7.450

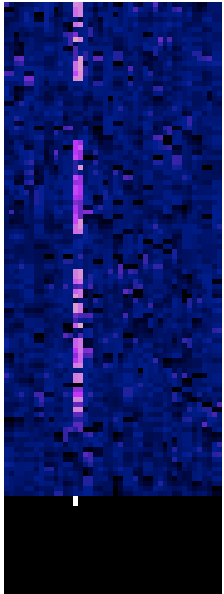




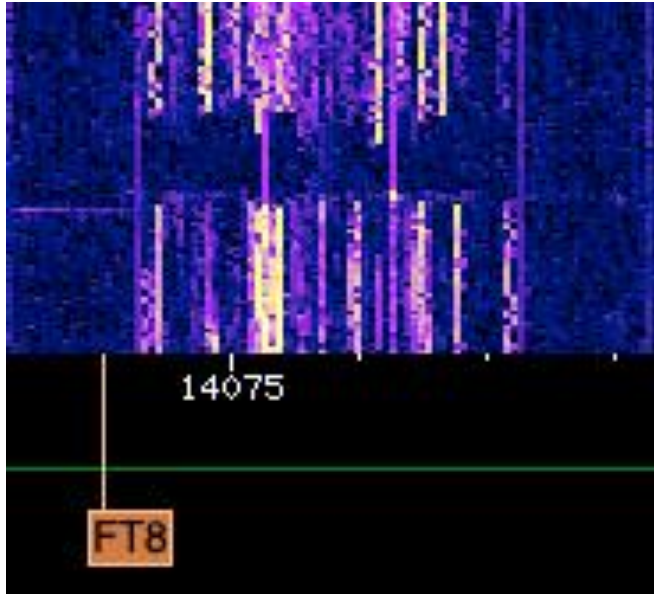
WebSDR Beispiele



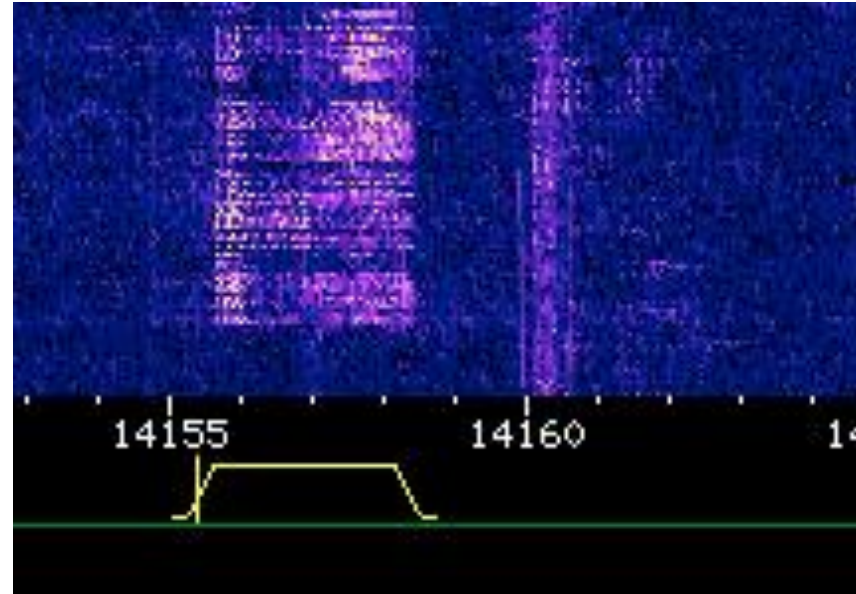
CW



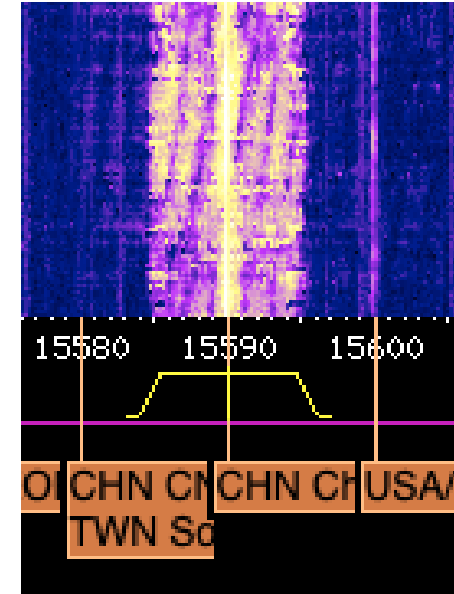
FT8 (digital)



SSB



AM



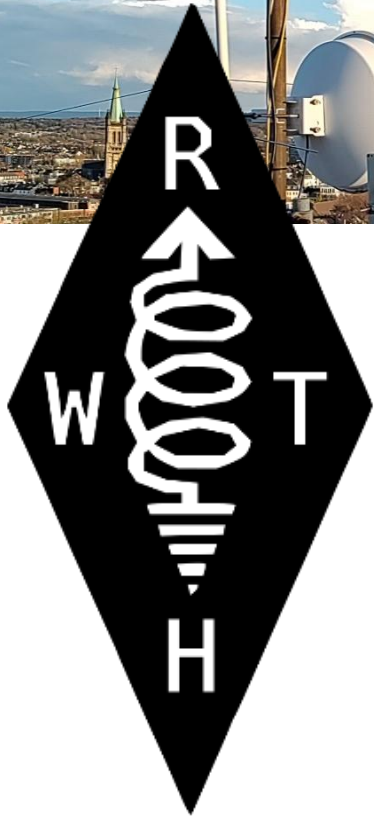
Band-
breite Ca.
100 Hz

50 Hz

2700 Hz

10000 Hz





Praxiseinheit GNU Radio

Analogmodulation

