

# AfuTUB-Kurs

## Technik Klasse E 14: Modulation & Demodulation

DK0TU

Amateurfunkgruppe der TU Berlin

<https://dk0tu.de>

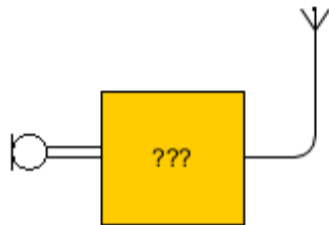
WiSe 2017/18 – SoSe 2018



This work is licensed under the *Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 License*.

Amateurfunkgruppe der Technische Universität Berlin (AfuTUB), DK0TU, Stand: Tue Dec 19 13:24:52 2017 +0100

# Prinzip der Nachrichtenübertragung



Sender

- Nachrichtentechnik ist in drahtgebundene und drahtlose eingeteilt
- Sender muss NF-Signal in HF-Signal umwandeln
- Dieser Vorgang wird Modulation genannt
- Demodulation macht aus einem HF-Signal ein NF-Signal

# Sendarten (Wiederholung)

## 1. Symbol: Modulation des Hauptträgers

A	Zweiseitenband AM
C	Restseitenband AM
F	Frequenzmodulation
G	Phasenmodulation
J	Einseitenband AM, unterdrückter Träger

## 2. Symbol: Signalmodulation

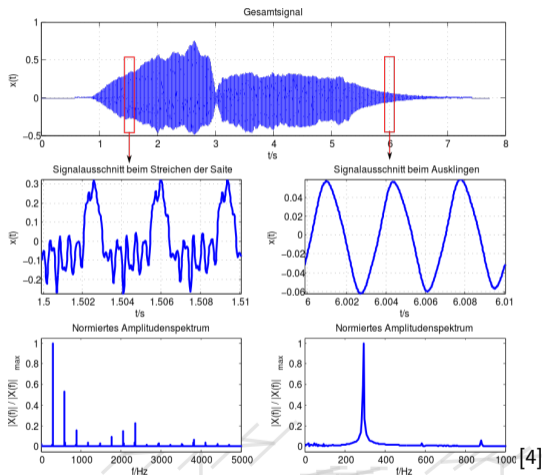
1	Einkanal mit quantisierter oder digitaler Information ohne Modulation des Hilfsträgers
2	Einkanal mit quantisierter oder digitaler Information mittels eines modulierten Hilfsträgers
3	Einkanal mit analoger Modulation

## 3. Symbol: Art der auszusendenden Information

A	Tastung durch Morsetelegrafie
B	Fernschreiben
C	Faksimile(Bildübertragung)
D	Datenübertragung, Fernsteuerung
E	Sprechfunk
F	Fernsehen (Video)

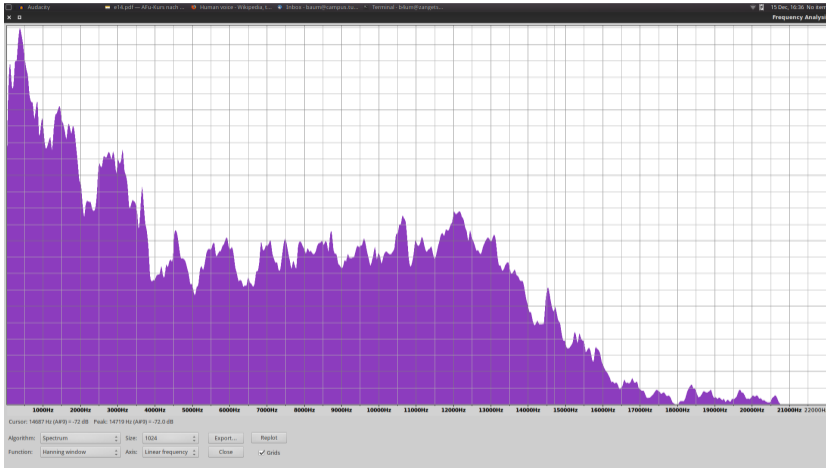
- Es gibt eine große Vielfalt von Sendarten
- zum Beispiel: J3E, A1A, F3E, C3F

# Frequenzen eines Geigentons



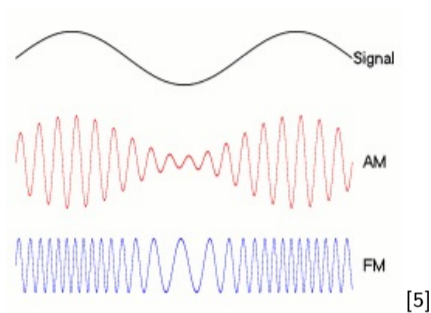
Amplitude spectrum of an audio sample of a violin, open string

# Frequenzen bei Sprache



Frequenzspektrum bei 10sek Sprachaufnahme mit Audacity

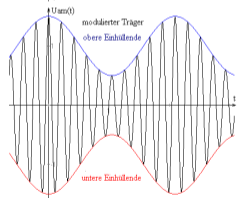
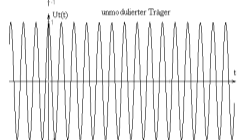
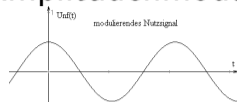
# Modulationsarten



Verschiedene Arten der Modulation

- Ursprünglich waren nur Amplitudenmodulation und Frequenzmodulation im Einsatz
- Phasenmodulation ist im Digitalfunk zu finden
- der eingefügte Träger muss sinusförmig sein

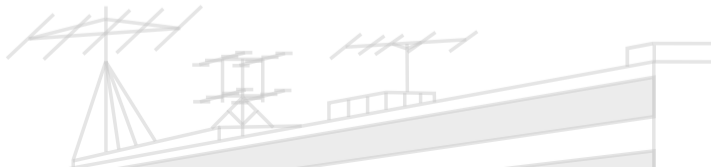
# Amplitudenmodulation



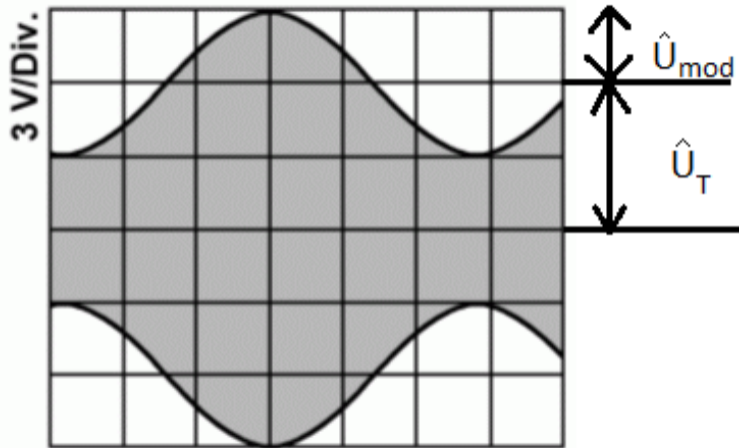
[6]

Beispiel zur  
Amplitudenmodulation  
( $m=0,5$ )

- wird fast nur noch im Rundfunk angewendet
- Information steckt in der Amplitude
- Überlegen: Wie verändert sich das AM Signal bei höheren/niedrigeren Frequenzen



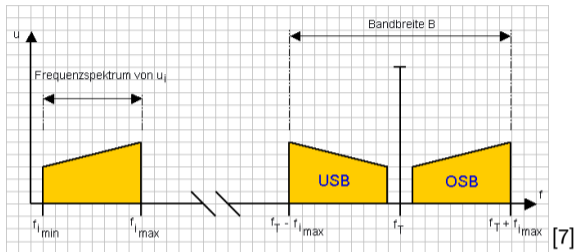
# Modulationsgrad



Modulationsgrad bei AM



# Bandbreite bei AM



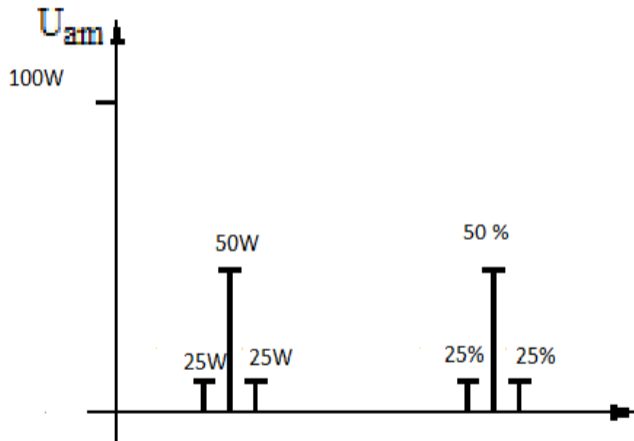
Bandbreite AM mit Frequenzspektrum

Bandbreite ist die Differenz zwischen der höchsten und der niedrigsten Frequenz des HF-Signals

## Bandbreite

$$B = 2 \cdot f_{\text{mod max}}$$

# Leistung bei AM



AfuTUB-Kurs

DK0TU

Prinzip der Nachrichtenübertragung

Arten

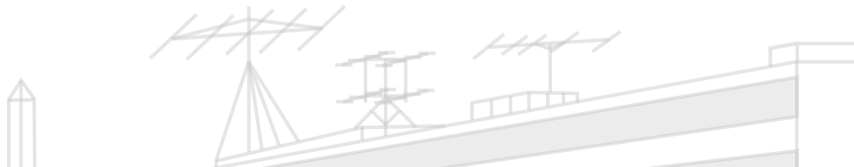
- AM
- DSBSC
- SSB
- RSB
- FM

Referenzen

Leistung bei AM

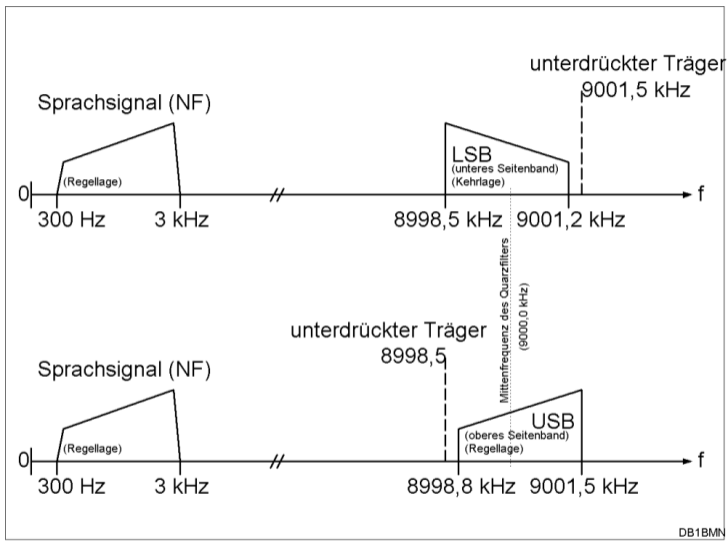
# Trägerunterdrückung (DSBSC)

- Double side band suppressed carrier (DSBSC)
- Um Leistung zu sparen, kann der Träger unterdrückt werden
- Dies erfordert mehr Aufwand im Empfänger
- Nach dem Umwandeln in ein HF-Signal wird der Träger herausgefiltert
- Die beiden Seitenbänder bleiben trotzdem als HF-Signal vorhanden
- Wird auch Doppelseitenbandmodulation genannt
- Im Amateurfunk nicht zulässig

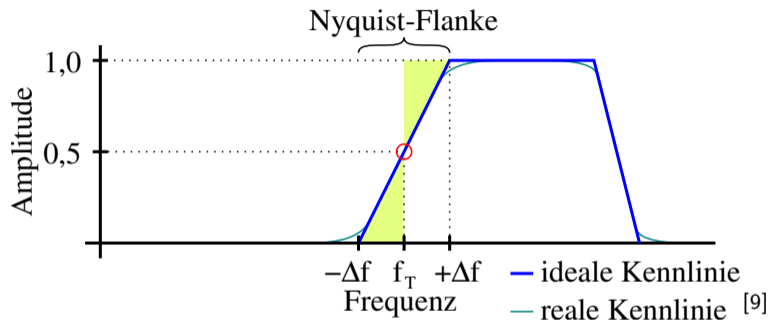


# Einseitenbandmodulation SSB

- Um weitere Leistung zu sparen, kann man zusätzlich noch eines der Seitenbänder unterdrücken
- Dadurch wird die benötigte Bandbreite halbiert
- dies ist möglich, da beide Seitenbänder die gleiche Information beinhalten
- Im Amateurfunk wird unterhalb von 10 MHz das LSB (Lower Side Band) und oberhalb von 10 MHz das USB (Upper Side Band) genutzt
- Die Bandbreite eines SSB-Signals ist identisch mit der Bandbreite des NF-Signals, also etwas geringer als die Hälfte der Bandbreite von AM.



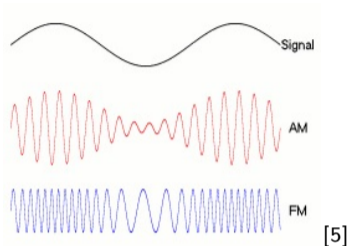
# Restseitenbandmodulation



Restseitenbandmodulation

Übertragung der Trägerfrequenz mit verringerter Leistung

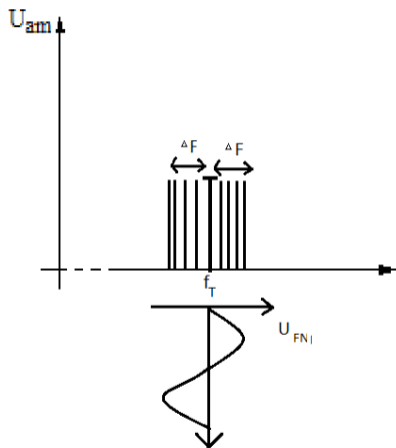
# Frequenzmodulation



Verschiedene Arten der Modulation

- Wird im VHF / UHF Bereich angewandt
- Vor allem bei mobilem Funkbetrieb
- Findet auch bei Packet-Radio Anwendung
- Information steckt in der Frequenz
- Amplitude bleibt konstant

## Hub bei FM



- AM
- DSBSC
- SSB
- RSB
- FM

[10]

Hub



# Modulationsindex

Verhältnis von Frequenzhub zu Modulationsfrequenz

## Modulationsindex

$$m = \frac{\Delta f_T}{f_{mod}}$$

$m < 2$  Schmalband-FM (NFM)

$m \geq 2$  Breitband-FM (WFM)

## Modulationsindex

Amateurfunk:  $m = \frac{3\text{kHz}}{3\text{kHz}} = 1$

UKW-Hörfunk (mono):  $m = \frac{75\text{kHz}}{15\text{kHz}} = 5$

# Bandbreite bei FM

- FM erzeugt Seitenbänder
- Im Amateurfunk wird ein geringer Hub verwendet, der die höchste vorkommende Niederfrequenz nicht überschreitet

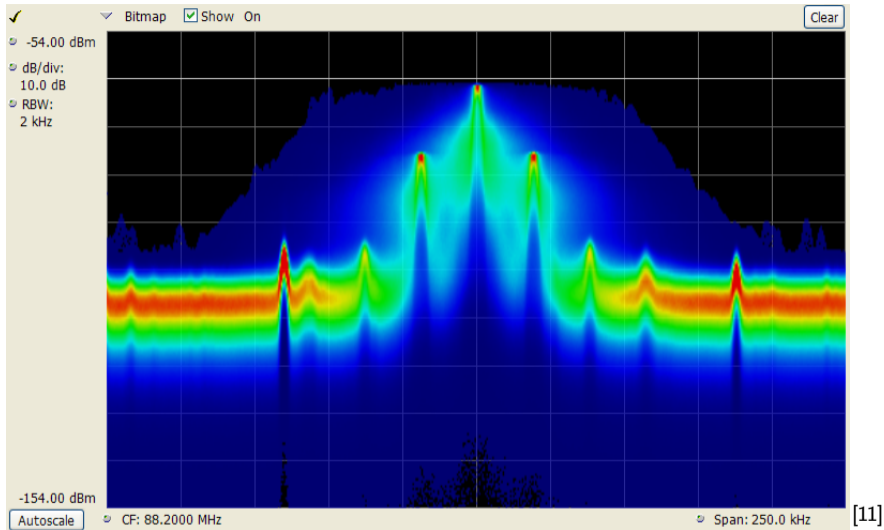
## Ungefähre Bandbreite (Carson Bandbreite)

$$B = 2 \cdot (\Delta f_T + f_{mod \ max})$$

## Bandbreite

$$\text{Amateurfunk: } B = 2 \cdot (3\text{kHz} + 3\text{kHz}) = 12\text{kHz}$$

$$\text{UKW-Hörfunk (mono): } B = 2 \cdot (75\text{kHz} + 15\text{kHz}) = 180\text{kHz}$$



- AM
- DSBSC
- SSB
- RSB
- FM

A DPX graph of an FM-radio transmission

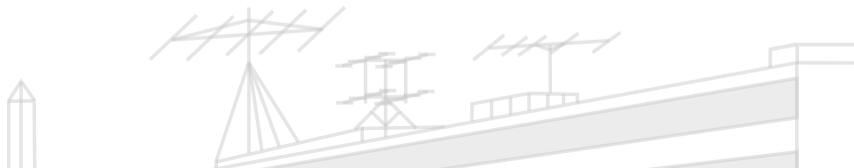
# FM Vor- & Nachteile

## Vorteile

- Störungsicher, da die Amplitude konstant bleibt

## Nachteile

- benötigt mehr Bandbreite
- nur der stärkste Sender kann empfangen werden



# Referenzen/Links

- [1] Moltrecht E14: <https://www.darc.de/der-club/referate/ajw/lehrgang-te/e14/>
- [2] Fragenkatalog der BNetzA: <https://www.dk0tu.de/Kurse/AFu-Lizenz/docs/TechnikFragenkatalogKlasseE.2006-09.pdf>
- [3] Fourierreihen-Rechner: <http://www.jhu.edu/signals/fourier2/index.html>

Abbildungen:

- [4] Violin Amplitude Spectrum: (CC BY ND) <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Geigentonspektrum.svg>
- [5] Modulationsarten: (CC BY ND) <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Amfm3-en-de.gif>  
Siehe auch animiert:  
<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a4/Amfm3-en-de.gif>
- [6] Amplitudenmodulation: (CC BY ND) <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Amplitudenmodulation3.png>
- [7] AM-Bandbreite: (CC BY ND) [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Am\\_spek1.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Am_spek1.png)
- [8] Single Sideband: (CC PD) <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ssb-de.png>

[9] Restseitenbandmodulation:

<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Restseitenbandmodulation.svg>

[10] Modulationshub: (?) ?

[11] FM Spektrum: (© ⓘ ⓘ) <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Dpx-fm-radio.png>

**Arten**

AM  
DSBSC  
SSB  
RSB  
FM

**Referenzen**