

Analoge und digitale Modulationsverfahren

Fragen TE101–TE312



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

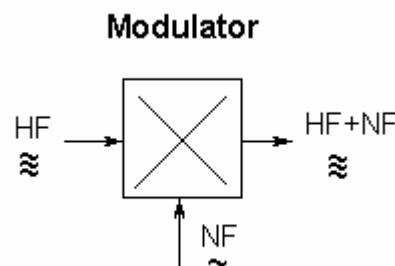
Michael Funke - DL4EAX



Begriffsdefinitionen

Modulation

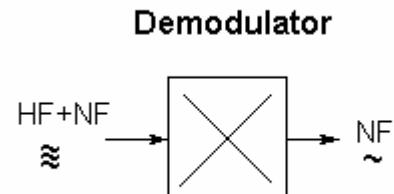
Unter **Modulation** versteht man das **Verbinden** von Information (Sprache oder Daten) mit einem **hochfrequenten Signal**.



Bildquelle: Michael Funke – DL4EAX

Demodulation

Bei der **Demodulation** wird aus einem **modulierten HF-Signal** die Information wieder **zurückgewonnen**.



Bildquelle: Michael Funke – DL4EAX

Simplex, Halbduplex und Vollduplex Kommunikation

Diese Begriffe aus der **Kommunikationstheorie** lassen sich am Besten an Beispielen erklären.

Simplex:

In eine Richtung, z.B. Rundfunkaussendungen.

Halbduplex:

In beide Richtungen durch Umschaltung des Kommunikationskanals, z.B. Sprechfunk im Amateurfunk.

Vollduplex:

In beide Richtungen auf zwei Kommunikationskanälen, z.B. Analoges Telefon

Simplex, Halbduplex und Vollduplex Kommunikation

Leider werden diese Begriffsdefinitionen unterschiedlich interpretiert.

So auch in der Betriebstechnikfrage BE310:
Was ist Simplexbetrieb?

Die Antwort ist:

Senden bzw. Empfangen auf der gleichen Frequenz, was ja eigentlich Halbduplex ist.

Das hat eventuell seine Ursprung in der Tatsache, dass man auf den UKW-Bändern den Relaisfunk auch als **Duplexbetrieb** bezeichnet, weil dabei **zwei Frequenzen** genutzt werden. Es blieb dann für den direkten Funkbetrieb (nicht Relaisfunk) nur noch der Begriff **Simplex** übrig. Aus diesem Grunde werden die **Direktfrequenzen** auch **Simplexkanäle** genannt.

Jetzt kommen wir aber zum Thema

Gängige Betriebsarten

Name	Abkürzung	ITU	Bandbreite	Anwendung
Frequenzmodulation	FM	F3E	12kHz	Sprechfunk, Rundfunk
Amplitudenmodulation	AM	A3E	6kHz	Sprechfunk, Rundfunk
Single Side Band	SSB	J3E	2,7kHz	Sprechfunk
Continuous Wave	CW	A1A	100Hz	Telegrafie
Continuous Wave mit moduliertem Hilfsträger	CW	A2A	100Hz	Telegrafie
Phase Shift Keying 31	PSK31		31Hz	Textübertragung
Radio Teletype	RTTY	J2B	300Hz	Textübertragung
PACTOR		J2B		Datenübertragung
Packet Radio 1200 bd	PR 1k2		12kHz	Datenübertragung
Packet Radio 9600 bd	PR 9k6		20kHz	Datenübertragung
Slow Scan Television	SSTV		2,7kHz	Standbilder
Amateur Television (diverse Normen)	ATV	u.A. C3F	2 - 20MHz	Bewegtbilder

Telegrafie (CW)

Bei **Telegrafie** wird nur der Sender ein- und ausgeschaltet. Das **Piepsen** wird erst im **Empfänger** erzeugt.

Das ist leicht zu realisieren, hat aber den entscheidenden Nachteil, dass man zur Übermittlung von **Nachrichten geschultes Personal** braucht und Musik so nicht übertragen kann.

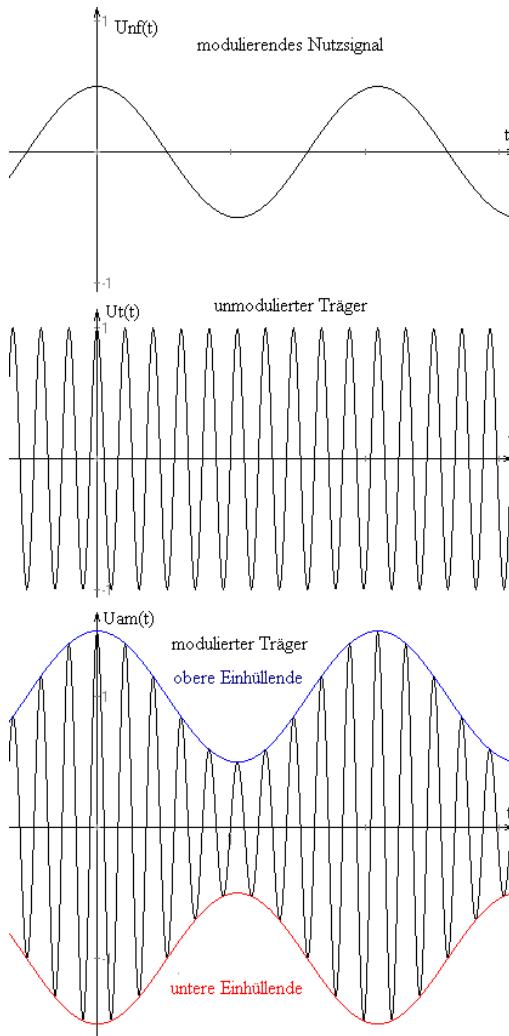
Amplitudenmodulation (AM)

Mit “AM“ wurde die Zeit des Rundfunks eingeläutet und Sprechfunk war möglich.

Noch heute wird AM im Flugfunk und Kurzwellenrundfunk eingesetzt.

Im Amateurfunk spielt AM heute keine wichtige Rolle mehr. Wohl aber SSB, eine Weiterentwicklung davon.

Amplitudenmodulation (AM)

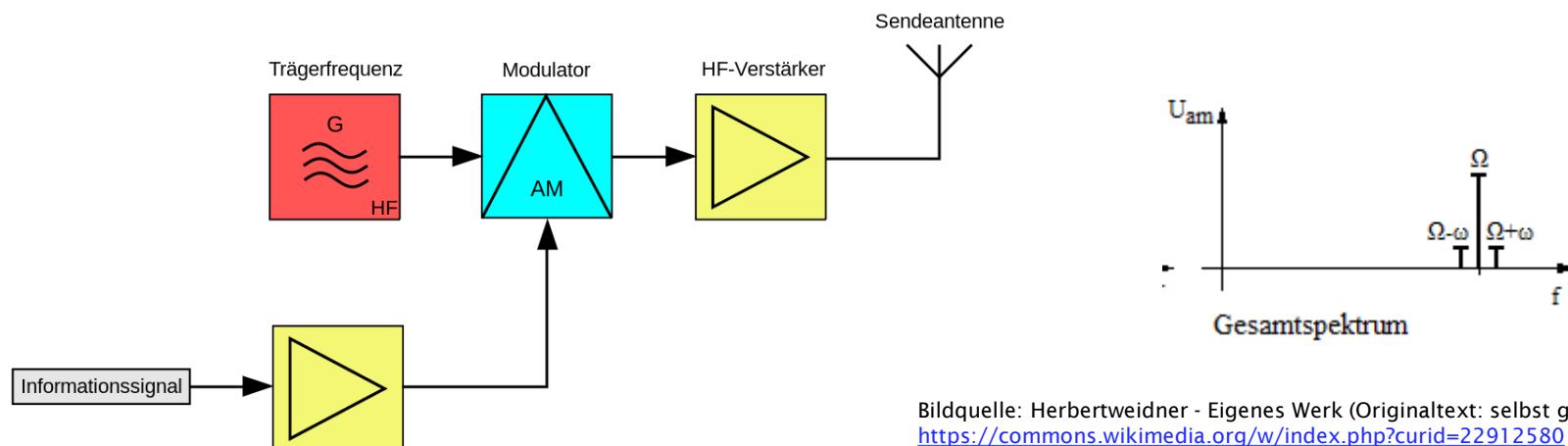


Bei der **Amplitudenmodulation** beeinflusst das **niederfrequente Nutzsignal U_I** das **hochfrequente Trägersignal U_T** .

Das **Informationssignal** verändert nur die **Amplitude**, die **Frequenz** bleibt **gleich**.

Amplitudenmodulation (AM)

Aus einem Mikrofon kommt das Informationssignal, z.B. Musik. Die **Trägerfrequenz** wird mit Hilfe eines **Oszillators** erzeugt. Die **Modulation** geschieht in einer **Mischstufe**. Im Spektrum sehen wir den Träger und als **Mischprodukte** die sogenannten **Seitenbänder**.



Bildquelle: Herbertweidner - Eigenes Werk (Originaltext: selbst gezeichnet), Gemeinfrei
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=22912580>

Bildquelle: Appaloosa - Eigenes Werk, CC BY-SA 3.0
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=2978719>

Frequenzmodulation (FM)

Die Frequenzmodulation (FM) ist, ein Modulationsverfahren, bei dem die Trägerfrequenz durch das zu übertragende Signal ausgelenkt wird.

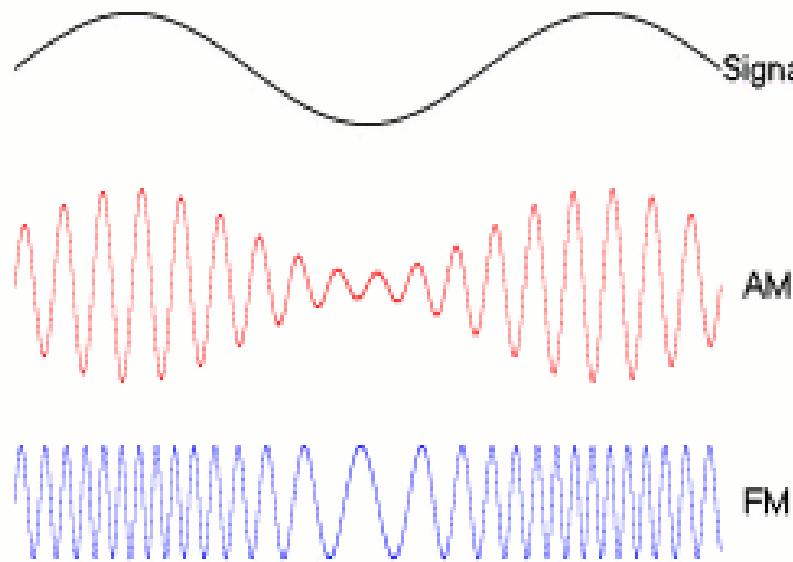
Die Amplitude des Signals bleibt dabei aber unverändert.

Frequenzmodulation (FM)

Je größer diese **Auslenkung** (auch **Hub** genannt), desto größer die **Bandbreite**. Um den Hub zu verkleinern kann man am Funkgerät die **Mikrofonverstärkung** herunterregeln oder **leiser in das Mikrofon sprechen**.

Da der **FM-Demodulator** sich in der Amplitude ändernde Störungen (wie Blitzentladungen oder Zündfunken) nicht erkennt, ist **FM** sehr **störunanfällig**.

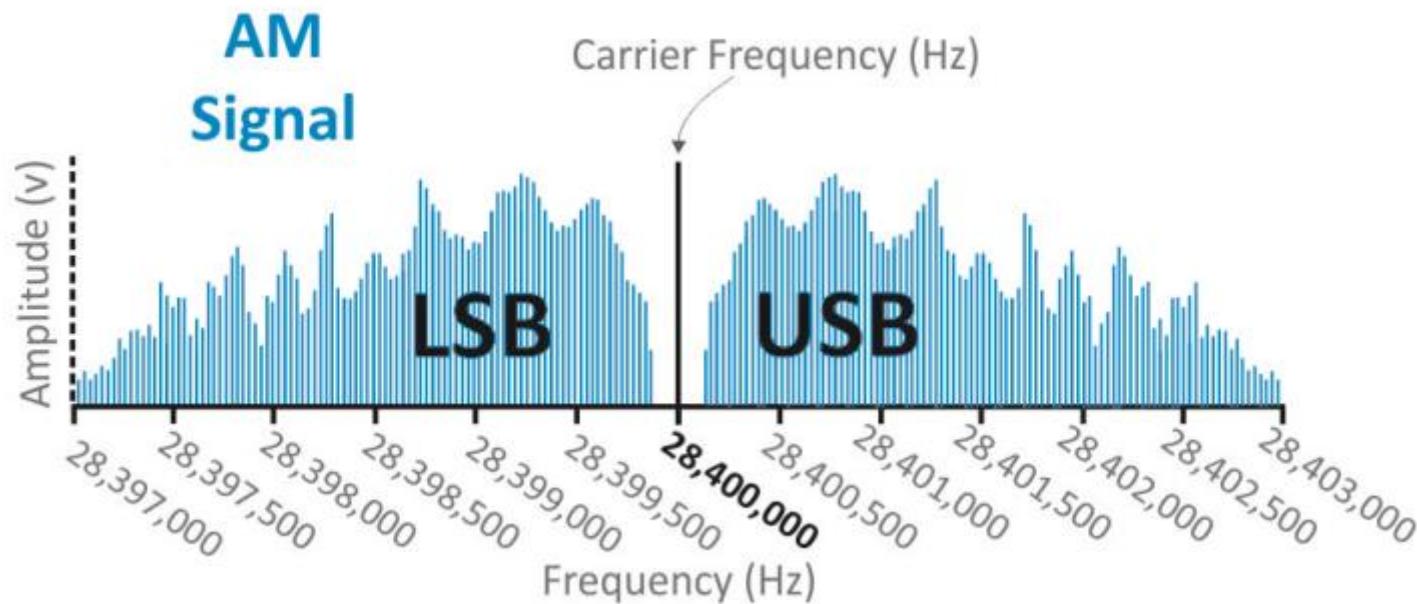
AM und FM im Vergleich



Bildquelle: Von Berserkerus - Eigenes Werk, CC BY-SA 2.5, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=5071748>

Der Weg von AM zu SSB

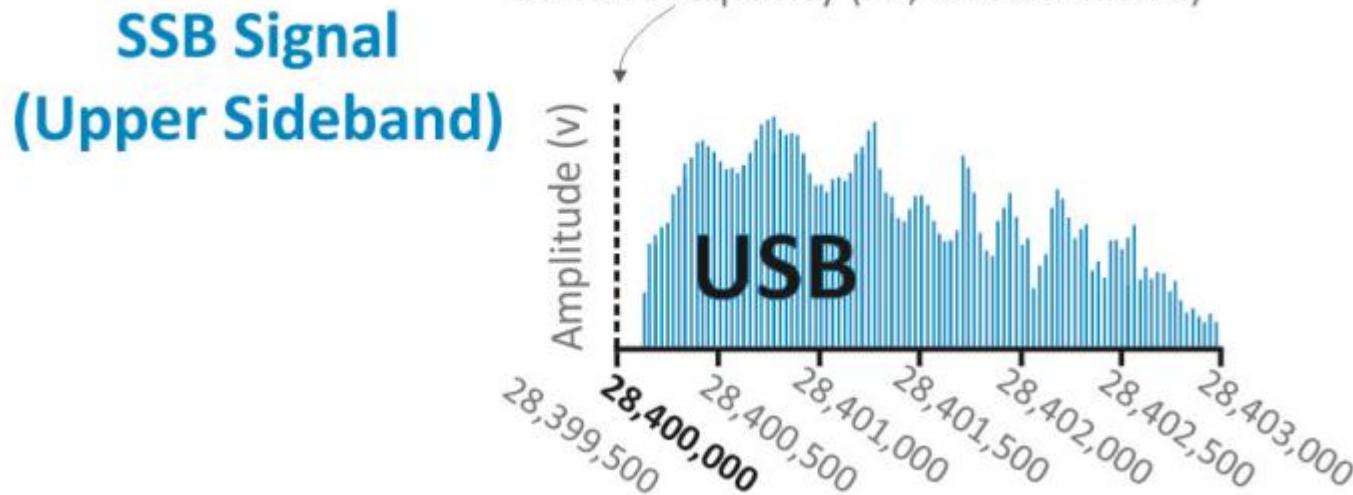
Ein **AM-Signal** sieht so aus. Die Information wird **zweimal** übermittelt und zusätzlich auch ein nicht benötigter Träger. Dadurch fließt nur ca. 18% der **Sendeenergie** in die **Informationsübertragung**.



Bildquelle: <http://www.hamradioschool.com>

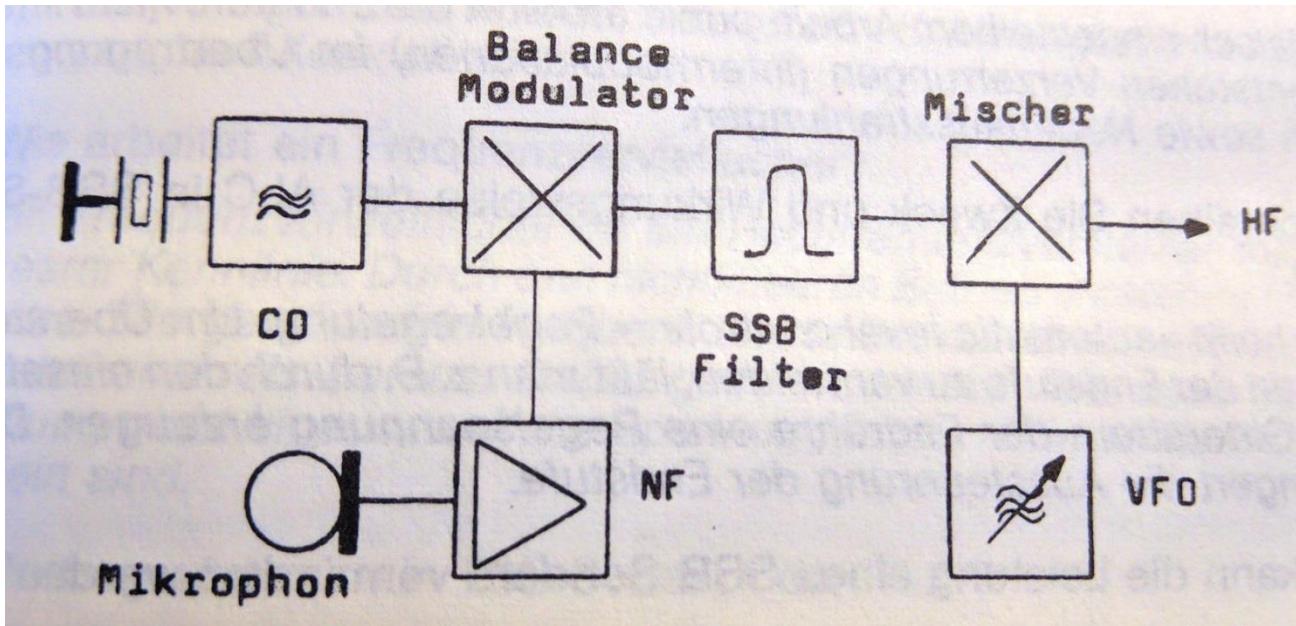
Single Side Band (SSB) – Einseitenband

Durch **Unterdrückung** des **Trägers** und eines **Seitenbandes** erhält man SSB. Genauer gesagt **LSB** oder **USB**, je nachdem, welches Seitenband unterdrückt wird. Dadurch wird nahezu 100% der Sendeenergie in die Informationsübertragung gesteckt. Die **HF-Bandbreite** entspricht genau der **Bandbreite des NF-Signals**.



Bildquelle: <http://www.hamradioschool.com>

Balancemodulator und Seitenbandfilter



Im **Balancemodulator** werden das **NF-Signal** und das **HF-Signal** des **Trägergenerators** gemischt. Dabei wird das Trägersignal unterdrückt und es bleiben **zwei Seitenbänder** über. Im SSB (bzw. Seitenbandfilter) wird anschließend das gewünschte Seitenband herausgefiltert.

Ein Blick zurück zum Anfang der digitalen Datenübertragung

Packet Radio ...

... ist eine heute selten genutzte Betriebsart, bei der mittels **zweier Töne** (1200Hz und 2200Hz) und einem **paketorientierten Protokoll** (AX 25) Daten übertragen werden.

Üblich sind **Übertragungsraten** von **1200** und **9600 Baud** in **FM** auf **UKW** und **300 Baud** in **SSB** auf **Kurzwelle**.

Packet Radio ...

... mit 9600 Baud kann nicht über die Mikrofonbuchse erfolgen, da der **Frequenzbereich von 20Hz bis 6kHz** möglichst linear übertragen werden muss.

Die Zeit für die **Send- und Empfangsumschaltung** muss so **kurz** wie möglich sein (z.B. < 10 ... 100ms).

Packet Radio ...

... Signale wurden mithilfe eines **Modem** (**TNC** - Terminal Network Controller) erzeugt. Heute wird das mit **Computer-soundkarten** gemacht, genauso wie es bei **RTTY** und **PSK** üblich ist.

Von einem Nutzereinstieg aus konnte man sich zum Beispiel in **Mailboxen** einloggen und dort **Texte** oder **Daten** abrufen.

FSK

Bei **FSK** (Frequency Shift Keying) wird der **Träger** direkt (durch eine Änderung der Oszillatorkreisfrequenz) **moduliert**.

Diese Methode wurde früher im Zusammenhang mit **mechanischen Fernschreibern** für **RTTY**-Betrieb benutzt.

Transceiver hatten dazu einen **FSK-Anschluss**.

AFSK

Heutzutage werden **digitale Betriebsarten** mittels einer **Computersoundkarte** gemacht. Dabei werden Töne im Computer erzeugt und dann in das Funkgerät eingespeist.

Theoretisch ginge das über den **Mikrofonanschluss**. Moderne Transceiver haben dazu aber eine separate Buchse.

Dieses Verfahren nennt man **“AFSK“ (Audio Frequency Shift Keying)**.

Moderne **digitale Betriebsarten** sind leider nicht Bestandteil des Prüfungsstoffs.

Das Thema wird später noch separat behandeln.

Das war schon alles!

Wer mehr wissen will, muss fragen!

Initiales Autorenteam:

Michael Funke - DL4EAX
Carmen Weber - DM4EAX
Willi Kiesow - DG2EAF

**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/>