

## Modulationsarten

Modulation bedeutet das Ueberführen eines Signals in eine andere Frequenzlage oder eine andere Signalform zur Anpassung an die vorhandenen Uebertagungsbedingungen.

Dazu wird ein Modulationsträger benutzt, dessen Eigenschaften (Parameter) durch das Signal verändert wird.

### 1. Amplitudenmodulation

Eines der ersten und für Rundfunk immer noch weit verbreitete Verfahren ist die Amplitudenmodulation. Die Demodulation (Umkehrverfahren) ist technisch einfach und daher gut für Massenprodukte wie Transistorradios geeignet.

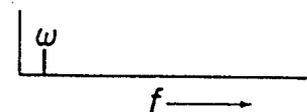
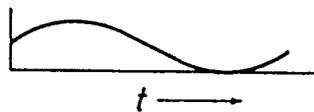
Die Amplitudenmodulation (AM) mischt das Signal mit einem hochfrequentigen Träger. Durch die Multiplikation von zwei sinusförmigen Signalen  $\Omega$  und  $\omega$  ergibt zusätzlich zu den Frequenzen  $\Omega$  und  $\omega$  die neuen (sinusförmigen) Frequenzen  $(\Omega - \omega)$  und  $(\Omega + \omega)$ .

Bezeichnung:

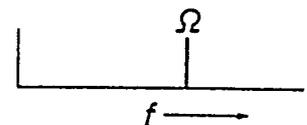
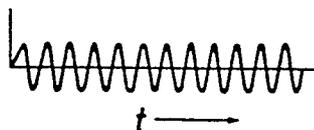
Signalform:

Frequenzspektrum

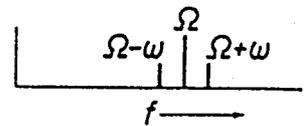
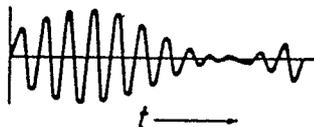
Signal



Träger



AM - Signal

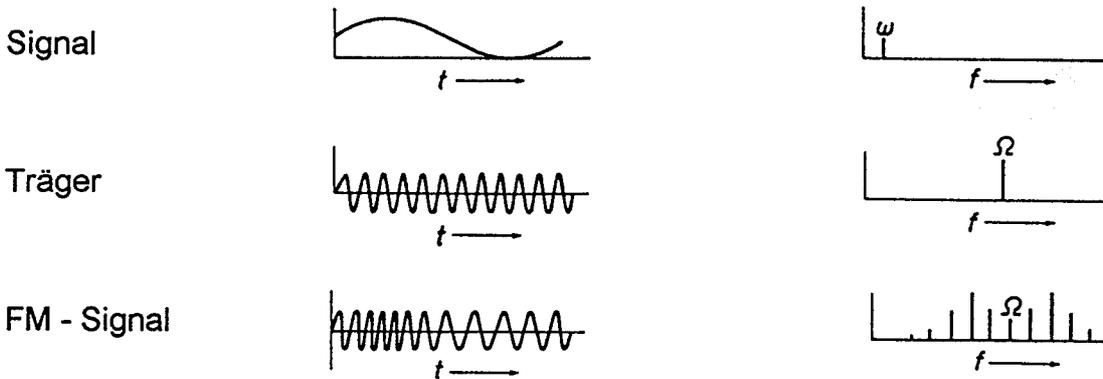


### Einseitenbandmodulation (EB)

Bei der AM entstehen zu den gegebenen zwei neue Frequenzen. Um die benötigte Bandbreite zu verringern, wird in einigen Spezialfällen das eine Seitenband  $(\Omega - \omega)$  weggefiltert.

## 2. Frequenzmodulation

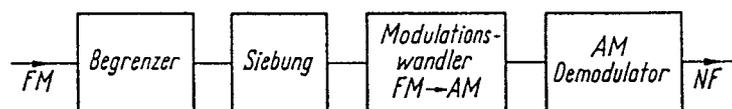
Die Frequenzmodulation hat sich für anspruchsvollere Signalübertragungen bewährt. Dabei wird das Trägersignal in Abhängigkeit des Nutzsignals in der Frequenz verändert.



Bei der Frequenzmodulation (FM) ergeben sich mehrere neue Frequenzen. Wird die Übertragungsbandbreite genug gross gewählt, kann eine gute Signalübertragung erreicht werden.

### Demodulation

Bei der Demodulation muss zuerst das frequenzmodulierte Signal ein AM - Signal überführt werden. Das Demodulieren von FM ist entsprechend aufwendig und die Empfänger teurer.



#### Vorteile der FM:

- Unempfindlich auf Störungen bei der Übertragung.
- Bei grossen Bandbreiten gute Übertragungsqualität

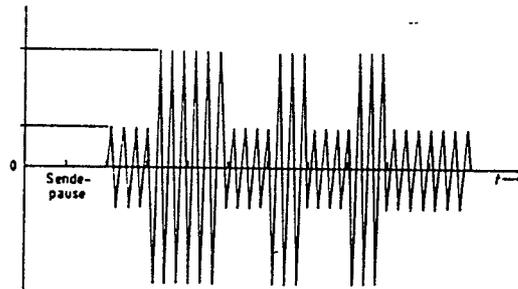
#### Nachteile der FM:

- Aufwendige Schaltung für Modulation und Demodulation (teure Empfänger)
- grosse Bandbreiten erforderlich (UKW: 150 kHz).

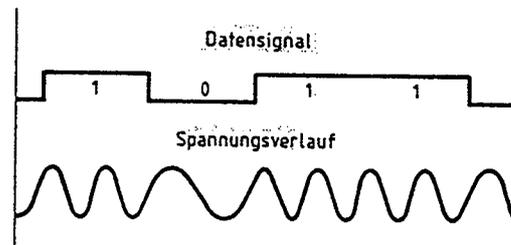
### 3. Tastmodulation (Uebertragen binärer Signale)

Die Tastmodulation ist historische die älteste Modulationsart. Bereits als Gleichstromtastung (Ein- und Ausschalten eines Gleichstromes) wurde sie am Anfang der Telegraphie eingesetzt. Zur Uebertragung der Morsesignale wurde später eine hochfrequente Sinusschwingung (im Hörbereich des Menschen) verwendet.

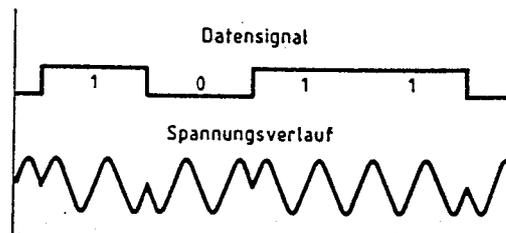
#### Amplitudentastung:



#### Frequenzumtastung:

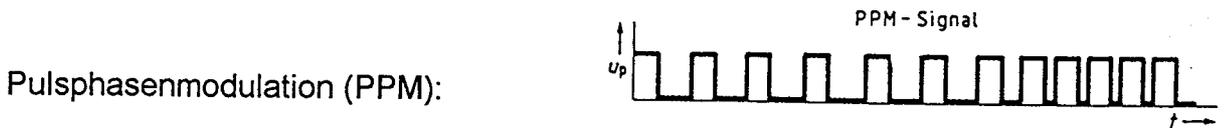
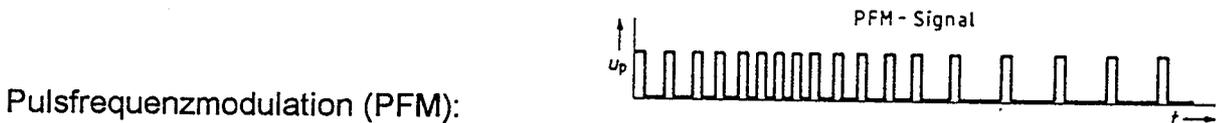
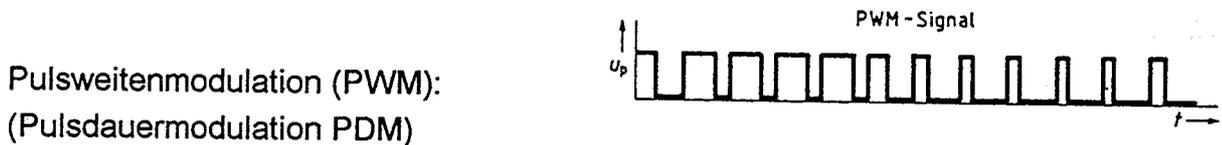
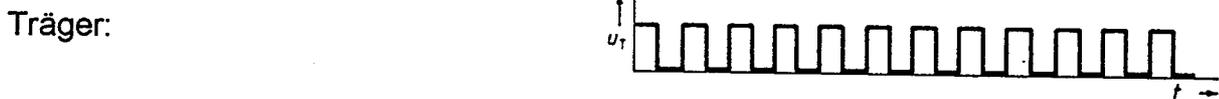
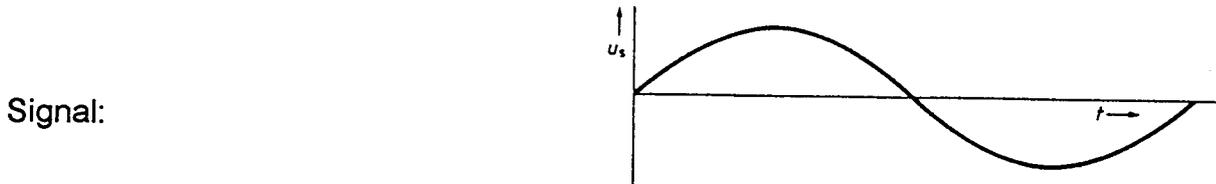


#### Phasenumtastung:



#### 4. Pulsmodulationen

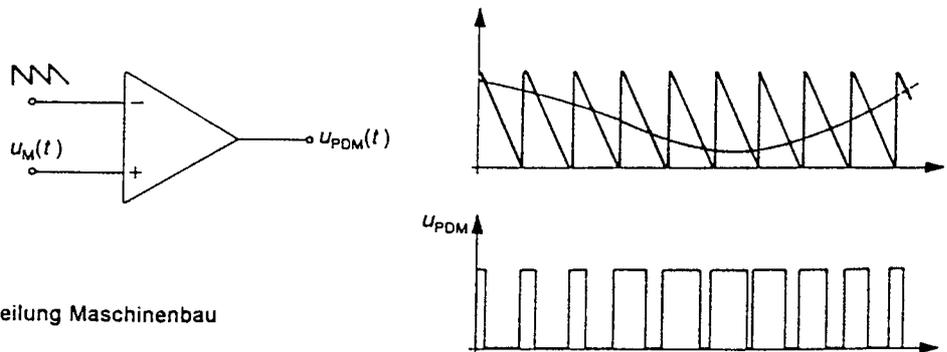
Bei der Pulsmodulation wird ein pulsformiger Träger verwendet. Damit werden Störsicherheit, Codierung, Zeitschachtelung (Zeitmultiplex) und Speicherung verbessert und vereinfacht. Allerdings wird grundsätzlich ein breiteres Frequenzband benötigt als bei Modulationen mit sinuförmigem Trägersignal.



Die Pulsweitenmodulation und die Pulsfrequenzmodulation werden in der Leistungselektronik heufig in Schaltnetzgeräten und Frequenzumrichter verwendet.

Beispiel:

Erzeugen einer PWM:

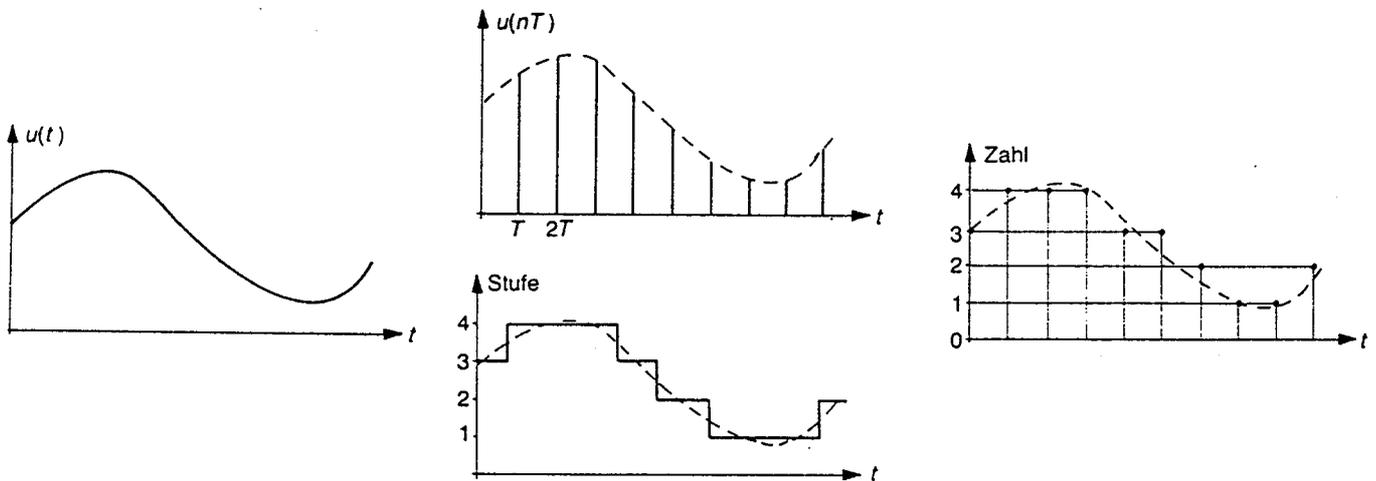


## 5. Pulsmodulation (PCM)

Digitale Signale sind bei der Uebertragung wesentlich weniger anfällig auf Störungen als analoge Signale. Deshalb wird bei der PCM auch das zu uebertragende Nutzsignal zuerst digitalisiert und dann pulsmoduliert. Diese Uebertragungsart eignet sich auch ausgezeichnet für das Zeitmultiplex - Verfahren.

### Digitalisierung

Ein analoges Signal kann in ein digitales (wert- und zeitdiskretes) Signal umgewandelt werden. Dazu muss das Nutzsignal in eine vorgegebene Anzahl aufeinanderfolgende zeitliche Abschnitte eingeteilt werden. Dieses Abtasten muss mindestens mit der doppelten Frequenz des zu uebertragenden Signals geschehen (Abtast - Theorem).

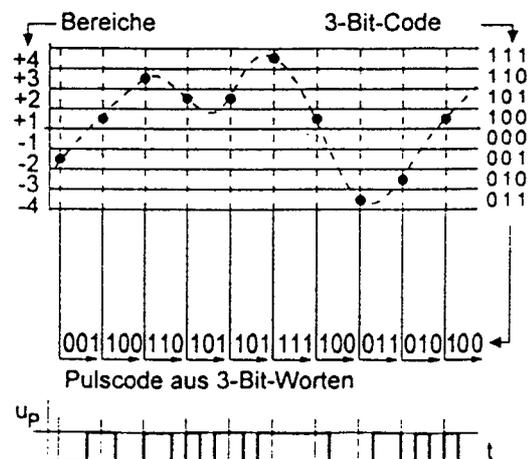


Bei der Umwandlung in ein digitales Signal muss immer quantisiert werden. Damit wird die Anzahl diskreter Werte für die Uebertragung festgelegt. Gleichzeitig erzeugt man aber einen nicht mehr behebbaren Fehler (Quantisierungsrauschen). Die Stufen sind bei vielen Anwendungen unterschiedlich hoch !

### 3 - Bit - Code

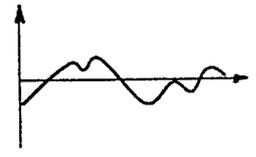
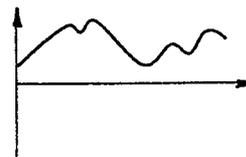
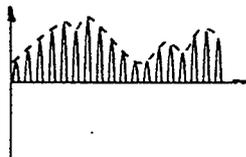
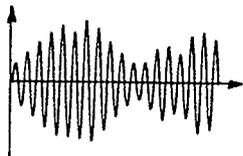
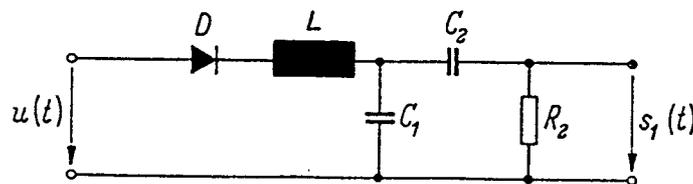
Das digitalisierte Signal wird als Binärwort seriell uebertragen.

Bessere Uebertragungsqualität erfordert wesentlich höhere Bitraten !



## Demodulation

Zur Demodulation einer Amplitudenmodulierten Schwingung wird mit Hilfe der Diode  $D$  nur der das Signal gleichgerichtet. Den nachfolgenden Tiefpass kann die hochfrequente Trägerschwingung nicht passieren. Mit dem Kondensator  $C_2$  wird der Gleichstromanteil zurückgehalten. Das niederfrequente Signal (Nutzsignal) steht nun am Lastwiderstand  $R_2$  zur Verfügung und muss nur noch verstärkt werden.



### Vorteile der AM:

- Einfache Sendertechnologie
- billige Demodulation (Transistorempfänger)
- Weltweit sehr verbreitet

### Nachteile der AM:

- aus historischen Gründen nur schmale Bandbreiten (= schlechte Tonqualität)
- anfällig für Störungen bei der Uebertragung.

# Modulationsarten (Übersicht)

