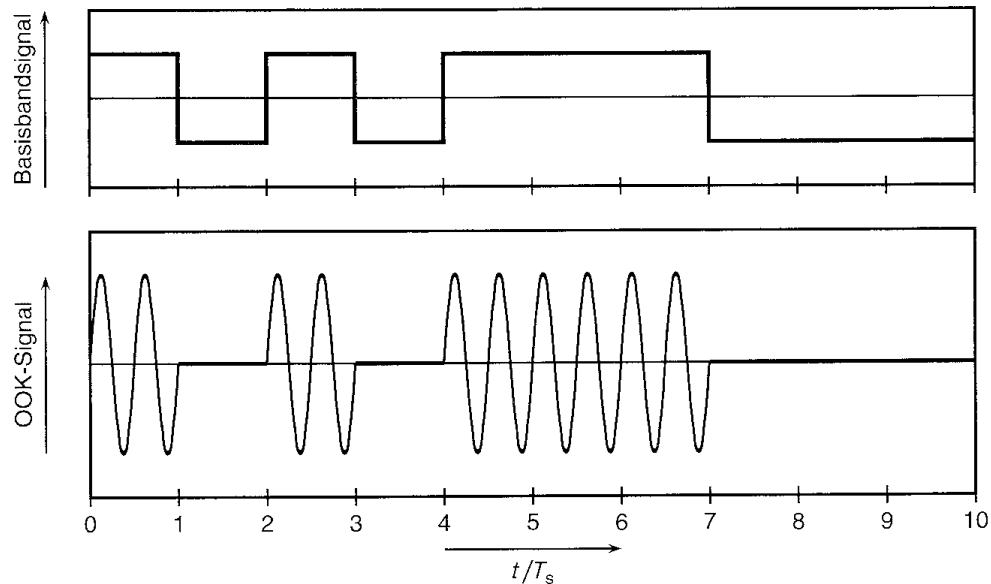


# Digitale Modulationsverfahren

## 1 Amplitudenumtastung (ASK - Amplitude Shift Keying)

Die ASK ist eine Amplitudenmodulation, bei der ein Sinusträger mit einem digitalen Basisbandsignal moduliert wird.

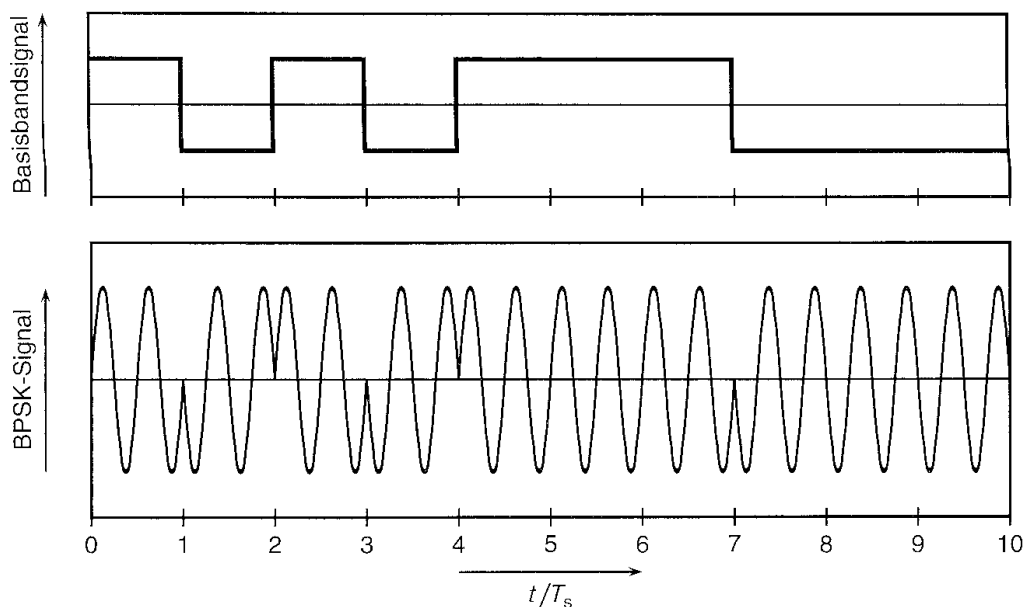


In diesem Fall kann die Amplitude des modulierten Signals nur zwei Werte annehmen, weshalb diese Variante auch On-off Keying (OOK) genannt wird.

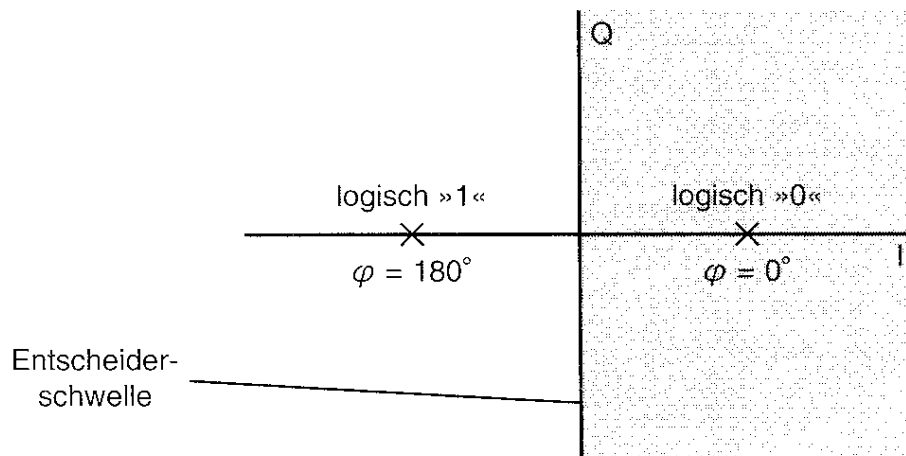
## 2 Phasenumtastung (PSK - Phase Shift Keying)

Die PSK hat eine konstante Amplitude (bzw. normiert  $\rightarrow 1$ ). Der Parameter der veränder wird ist die Phase.

$$S_{psk}(t) = \cos[\omega t + \varphi(t)] \quad \rightarrow \quad \text{Die Information ist in der Phase } \varphi(t) \text{ enthalten.}$$



Bei der BPSK (binäre PSK) verursacht ein Wechsel im Basisbandsignal einen Phasensprung von  $180^\circ$  im Modulationssignal (wie im Zeitverlauf dargestellt).



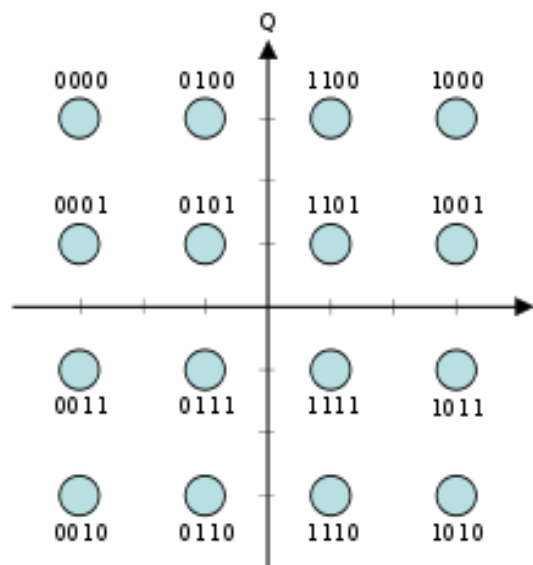
Wie man im Zustandsdiagramm bzw. Symboldiagramm erkennen kann, haben Störungen der Amplitude keinen Einfluss (solange sie nicht zu einer Verfälschung der Phase um mehr als  $\pm 90^\circ$  führen). Jedoch kann eine Veränderung der Phase, wenn diese die Entscheidungsschwelle überschreitet zu einem falschen Entscheidungswert führen.

Die BPSK ist eine der am wenigsten stömpfindlichen Modulationsverfahren, weshalb jedoch die Bandbreitenausnutzung am geringsten ist.

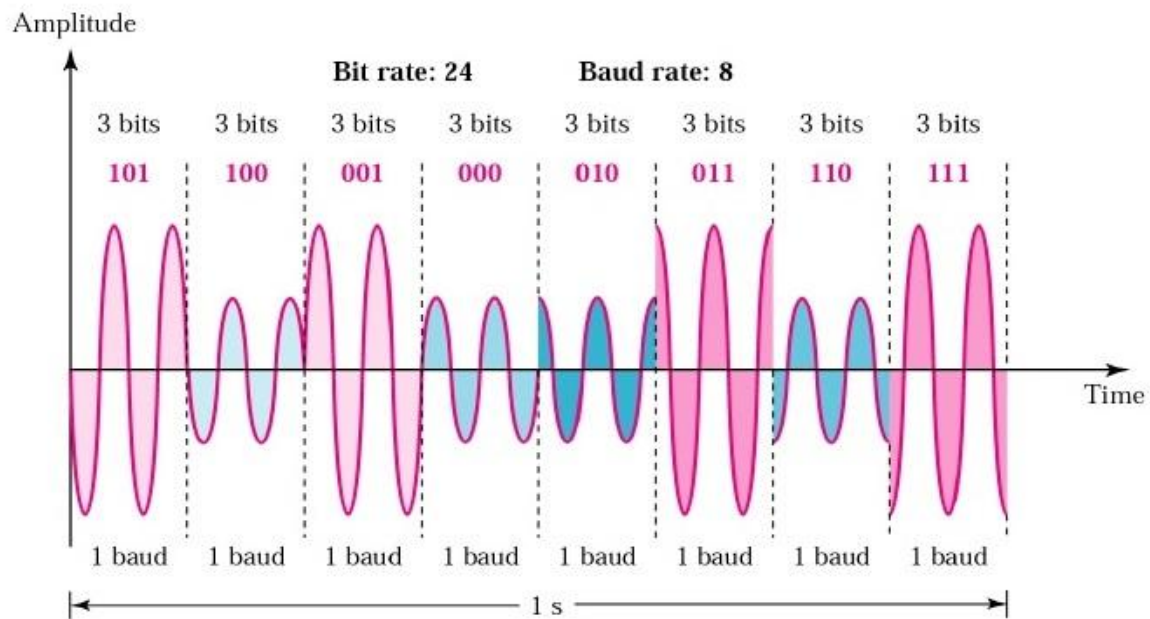
### 3 Quadraturamplitudenumtastung (QAPSK/QASK - Quadrature Amplitude Phase Shift Keying)

Neben den Verfahren, bei denen nur ein Parameter verändert wird, gibt es auch hybride Verfahren. Bei diesen Verfahren werden mehrere Parameter gleichzeitig verändert, wie z.B. bei der QASK, wo die Amplitude und die Phase verändert werden.

**16-QASK (Symboldiagramm):**

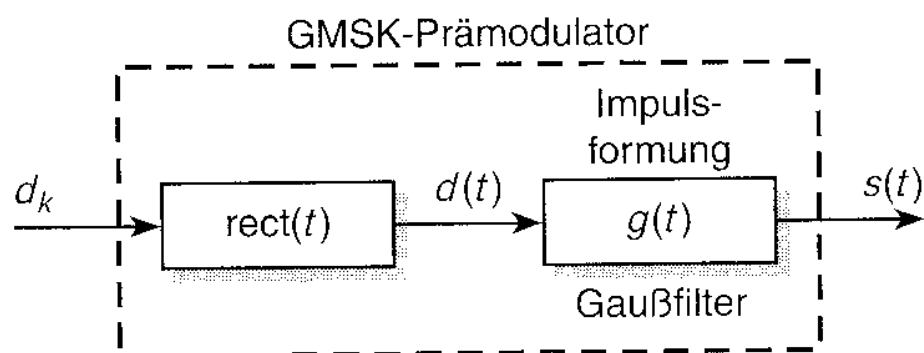


### Zeitdiagramm einer 8-QASK:

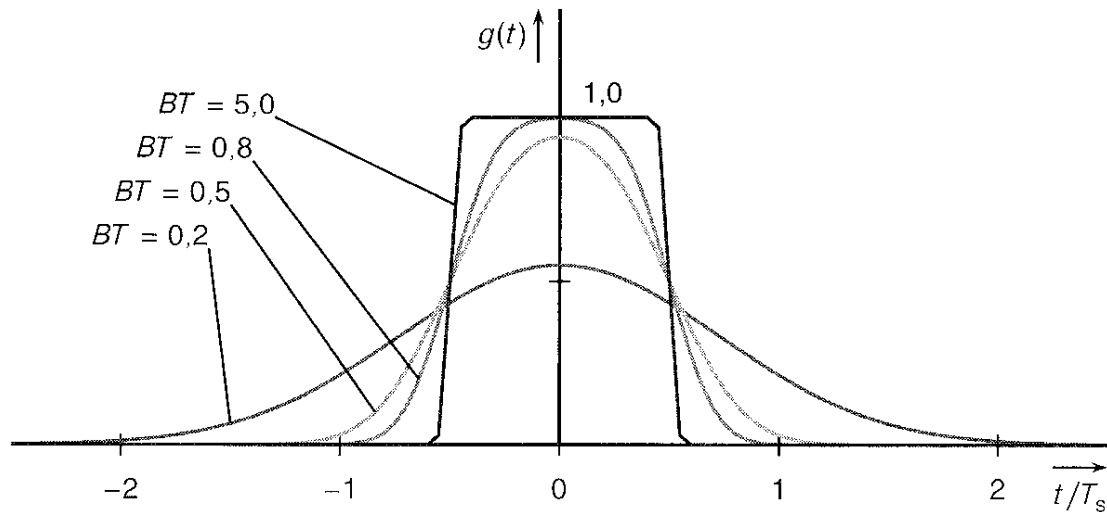


## 4 GMSK (Gaussian Minimum Shift Keying)

Wenn das Datensignal aus einer Folge von Rechteckimpulsen besteht, wird eine relativ hohe Bandbreite benötigt, was jedoch meist unerwünscht ist. Um nun die Bandbreite zu reduzieren, wird das Datensignal vor der Modulation gefiltert (Prämodulation). Häufig wird hierzu GSMK verwendet, wobei die Frequenzumtastung hier nicht direkt durch ein rechteckförmiges Datensignal, sondern mit einem kontinuierlichen Übergang zwischen den Zuständen erfolgt. Dadurch ergibt sich ein stetiger, differenzierbarer Phasenerlauf bei konstantem Betrag der Hüllenkurve. GMSK stellt einen Kompromiss zwischen Bandbreiteneffizienz und hohem Wirkungsgrad dar.



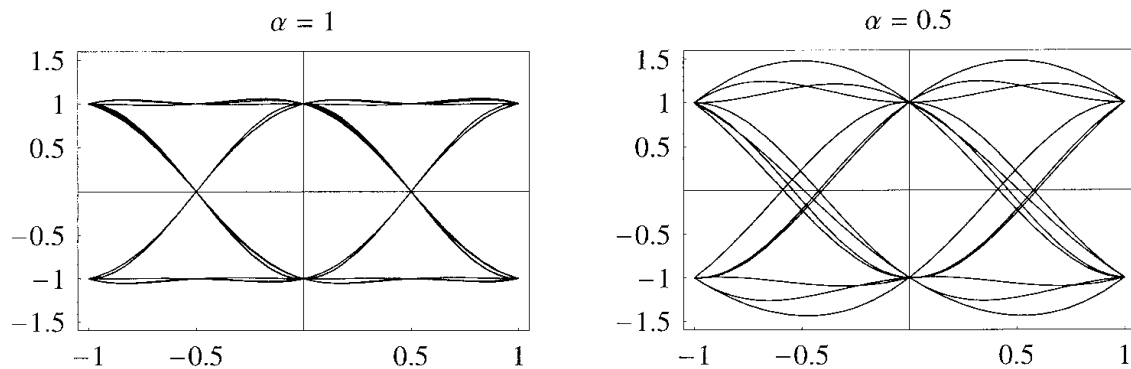
Für die Erzeugung des GMSK-Basisbandsignals wird das Rechtecksignal durch einen Gaußfilter gefiltert.



In der oberen Grafik ist die Basisbandimpulsform eines GMSK-Signals dargestellt.

## 5 Augendiagramm

Ein Augendiagramm entsteht, wenn Abschnitte des digitalen Signals entsprechend einerigen Symbolauern überlagert werden. Die Messung dieses Diagramms ist ohne großen Aufwand möglich, z.B. mit Hilfe eines Oszilloskops mit Speicherfunktion. Als Triggersignal wird der Symboltakt des digitalen Signals benötigt.



$\alpha$  ist der cos-Roll-off Faktor.

Der ideale Entscheidungszeitpunkt befindet sich an der Stelle, an der die vertikale Augenöffnung maximal ist.