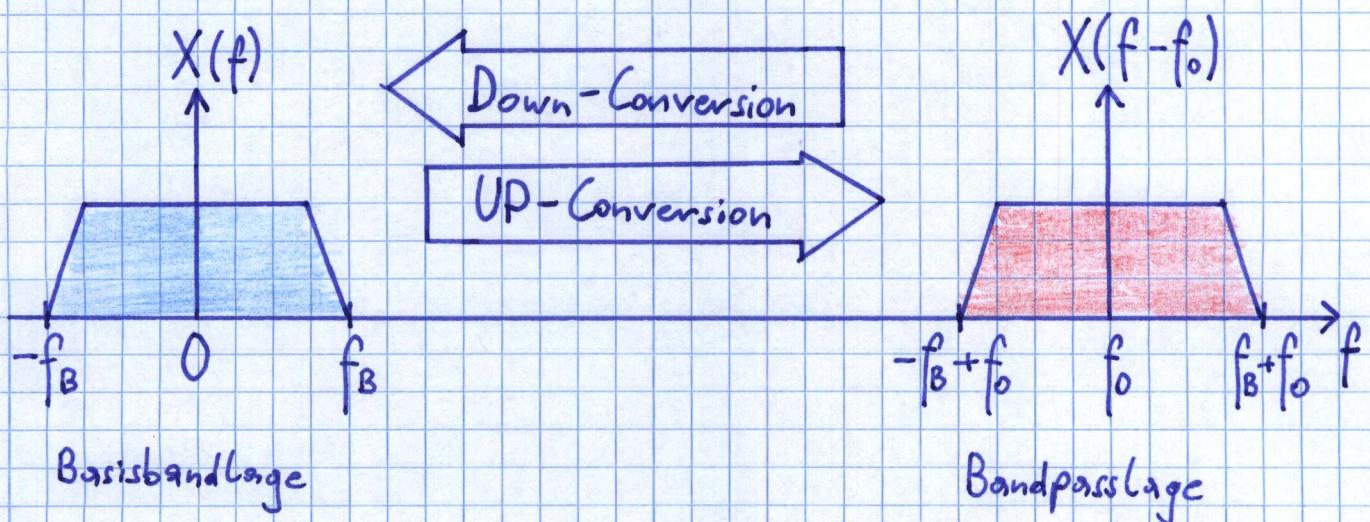


TK 8.1)

Trägermodulation:

Bewirkt eine Frequenzumsetzung, wobei die Information des Basisbandsignals dem Trägersignal eindeutig umkehrbar aufgeprägt wird.



Welche Ziele will man damit erreichen:

Kanaleigenschaften: Um das Signal an die Charakteristik des Kanals anzupassen.

• In BP-Lage geringere Störungen

• Damit Funkübertragung möglich ist

Bauliche Gründe: Für kleine Antennenabmessungen / Volumen der Geräte

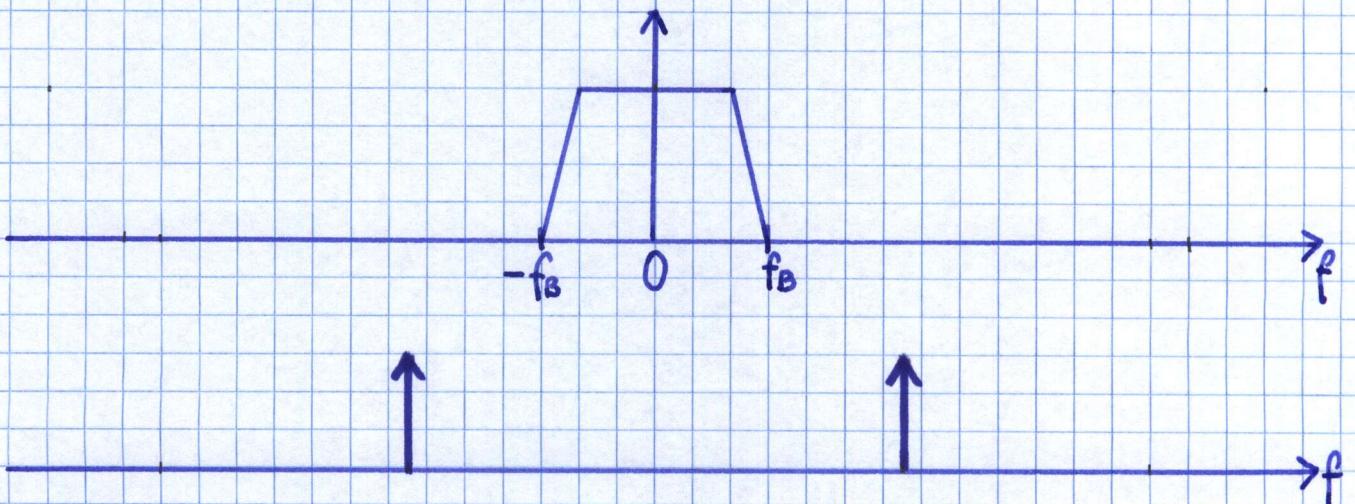
Logistische Gründe: In Mehrbenutzersystemen (FDMA) ordnet man jedem Teilnehmer ein eigenes Frequenzband zu.

Ökonomische Gründe:

- Filter sind nur in bestimmten Frequenzbereichen ökonomisch herzustellen
- Um Verlustleistungen gering zu halten

TK 8.1

Up/Down - Conversion im Frequenzbereich



TK 8.1)³

Welche Möglichkeiten gibt es die Information einem sinusförmigen Trägersignal aufzuprägen?

Amplitude: Information wird auf Amplitudenänderungen abgebildet.

Phase: Information wird auf Phasenänderungen abgebildet.

Frequenz: Information wird auf Frequenzänderungen abgebildet.

ASK Amplitude Shift Keying

PSK Phase Shift Keying

FSK Frequency Shift Keying

DOK On/Off Keying

Def.: Spektrale Effizienz:

Ist ein Maß für den Informationstransfer pro eingesetztem Herz Bandbreite.

$$\eta_s = \frac{R_s \cdot H}{B} \quad \dots [Bit/s/Hz]$$

Def.: Leistungseffizienz:

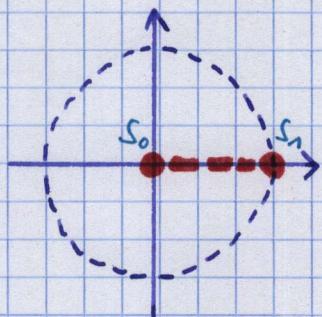
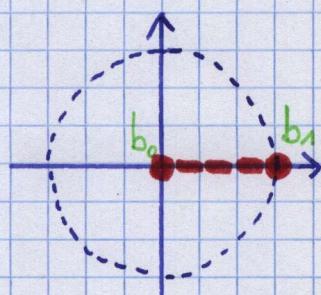
Ist ein Maß für die benötigte Signalleistung um eine vorgegebene SEP zu erreichen.

$$\eta_p = \frac{E_s}{N_0} = \frac{P_s \cdot T_b}{N_0} = \underbrace{(B \cdot T_b)}_{G_p} \cdot \frac{P_s}{N_0 \cdot B} = G_p \cdot SNR \dots [-]$$

G_p Prozessgewinn

TK 8.2)

OOK (BASK)



$$0 \leq t \leq T_0$$

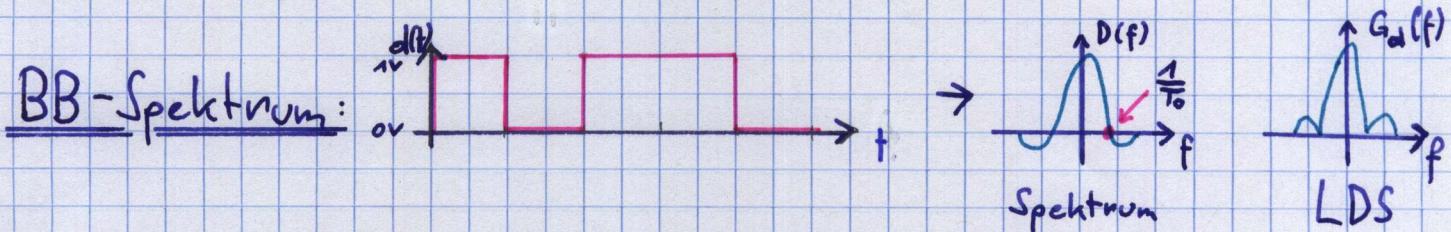
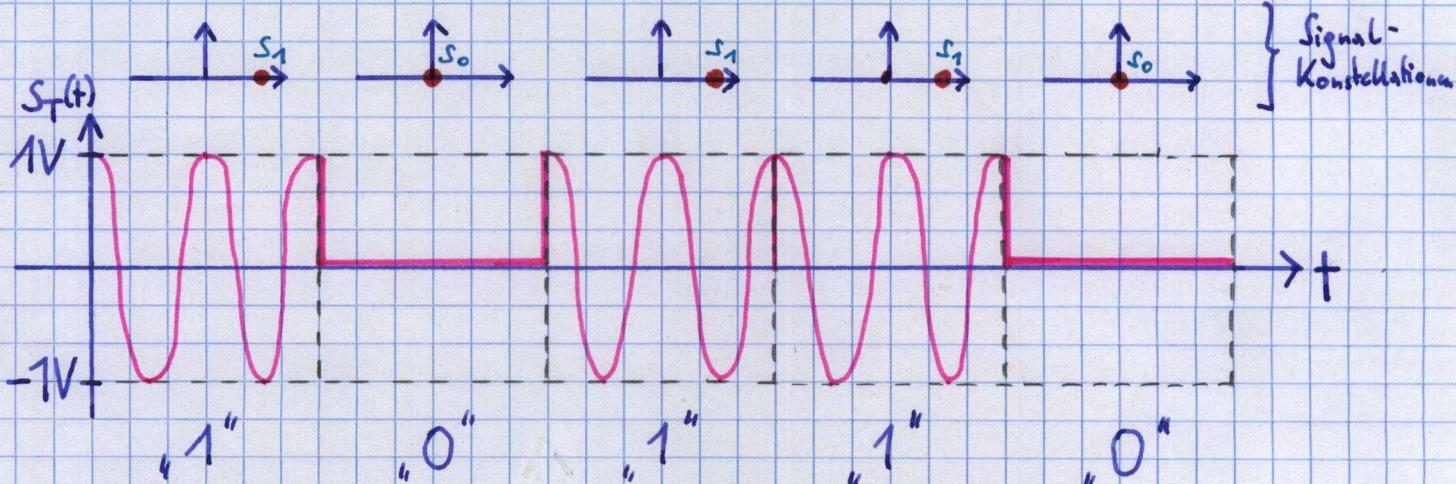
$$\begin{aligned} s_1 &\mapsto s_T(t) = \cos(2\pi f_0 \cdot t) \\ s_0 &\mapsto s_T(t) = 0 \end{aligned}$$

\Rightarrow Bandpasssymbole

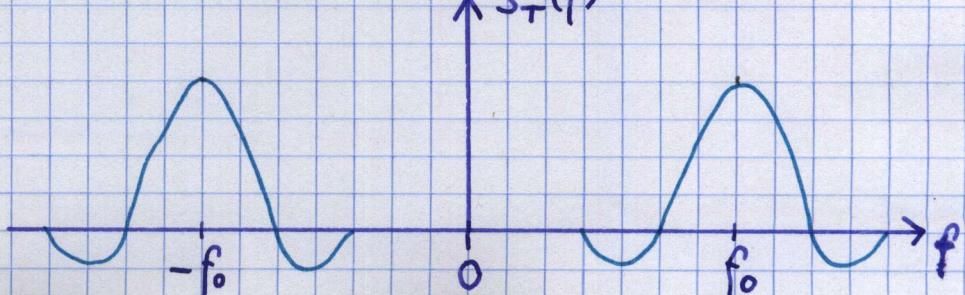
Trägersignal: $s_e(t) = \cos(2\pi f_0 \cdot t)$

$$s_i \begin{cases} +1V \dots 1 \\ 0V \dots 0 \end{cases}$$

Sendesignal: $s_T(t) = d(t) \cdot s_e(t) = s_i \cdot \cos(2\pi f_0 \cdot t)$

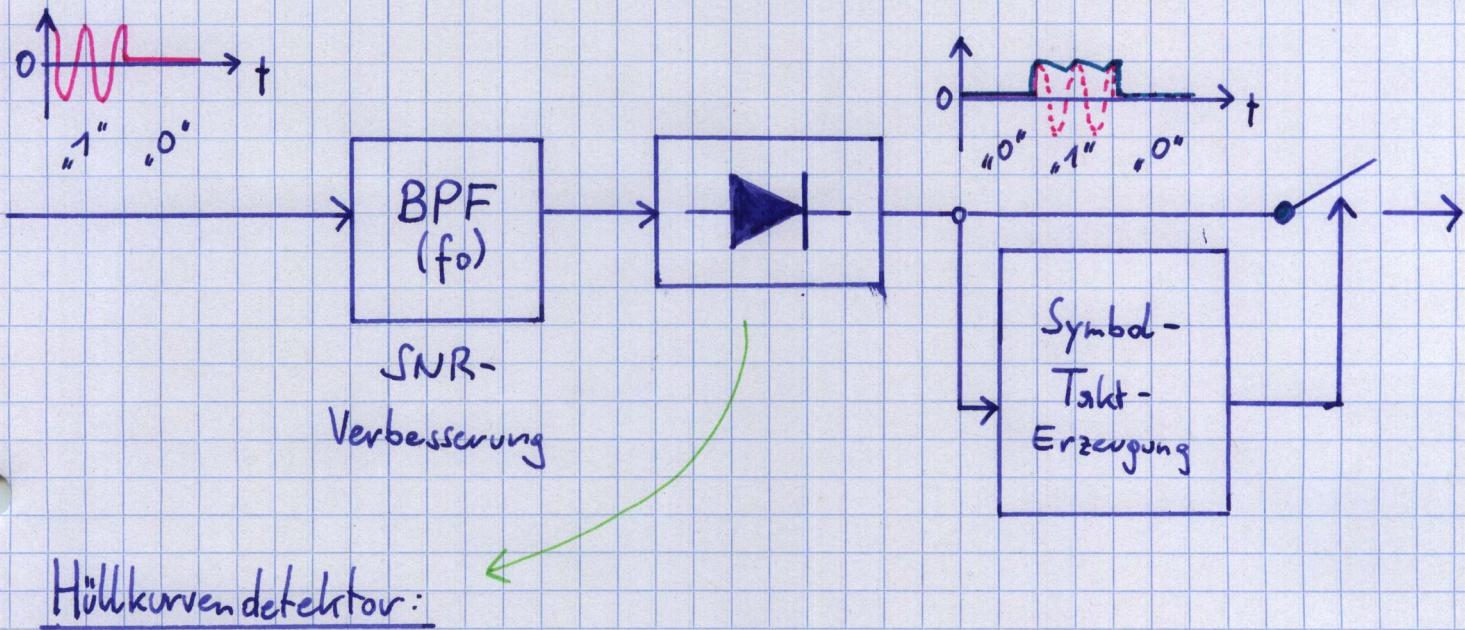


BP-Spektrum:



TK 8.2)

Inkohärenter Hüllkurvenempfänger [OOK]

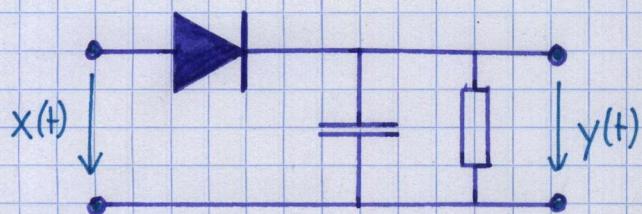
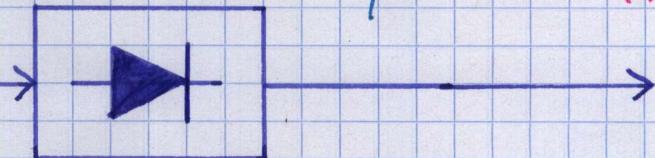


Hüllkurvendetektor:

Ein idealer Hüllkurvendetektor liefert ein Ausgangssignal, welches proportional der Einhüllenden des Eingangssignals ist.

$$x(t) = A(t) \cdot \cos(2\pi f_0 \cdot t)$$

$$y(t) \approx K \cdot A(t)$$



Anwendung: Amplitudenmodulation

$$B \ll \frac{1}{2\pi RC} \ll f_0$$

Sehr preiswert (keine Bauteile)!

TK 8.2)₃

Kohärenz

F25 - F27

TK 8.2) 4

OOK-Performance [Bitfehlerwahrscheinlichkeit in AWGN]

$$\underline{P_e = \frac{1}{2} \left(1 - \operatorname{erf} \left(\frac{\Delta V}{2 \cdot \sqrt{2} \cdot \sigma_n} \right) \right)} = \underline{\underline{\frac{1}{2} \left(1 - \operatorname{erf} \left(\sqrt{\frac{E[\varepsilon]}{2 \cdot N_0}} \right) \right)}}$$

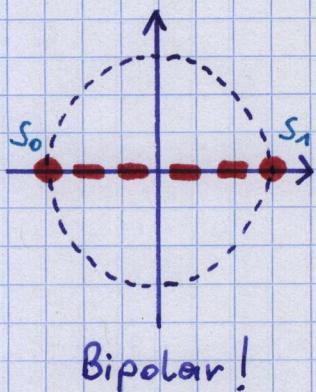
$$E[\varepsilon] = \underbrace{N_0 \cdot T_o \cdot B \cdot \text{CNR}}_{=1 \text{ für Nyquist-Impulse}} \dots \dots \dots \text{Mittlere Energie im Trägersignal}$$

N_0 spektrale Rauschleistungsdichte

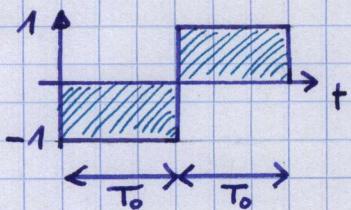
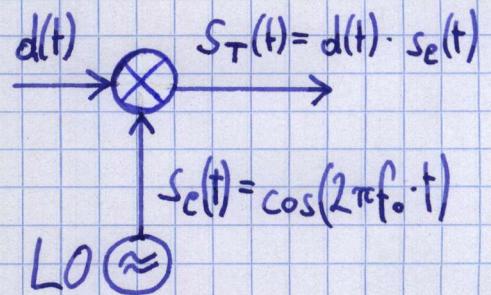
Obige Formel gilt für kohärente Detektion, durch inkohärente Detektion verliert man etwa 1dB an CNR für eine Bitfehlerwahrscheinlichkeit von 10^{-4} .

TK 8.3)

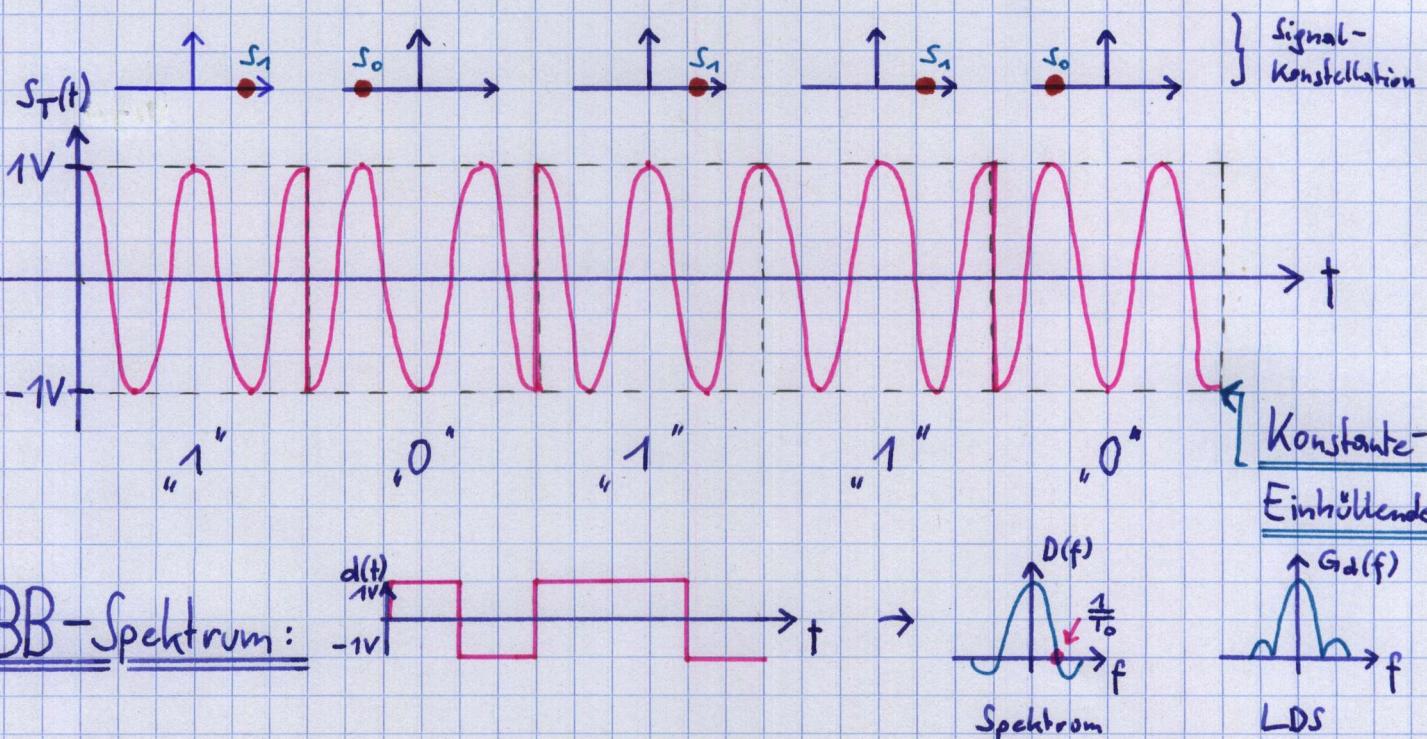
PRK (BPSK)



$$\begin{aligned} s_0 &\mapsto d_0(t) \\ s_1 &\mapsto d_1(t) \end{aligned}$$

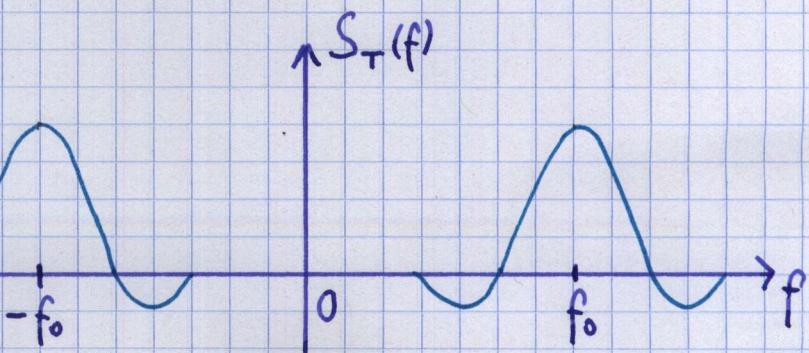


$$\left. \begin{aligned} d_1(t) &= +p(t/T_0) \\ d_0(t) &= -p(t/T_0) \end{aligned} \right\} d_i(t) = s_i \cdot p(t/T_0) \dots 0 \leq t \leq T_0$$



BP-Spektrum:

Keine inkohärente Detektion möglich!
sonst wie OOK



TK 8.3)

PRK-Performance [Bitfehlerrate wahrscheinlichkeit in AWGN]

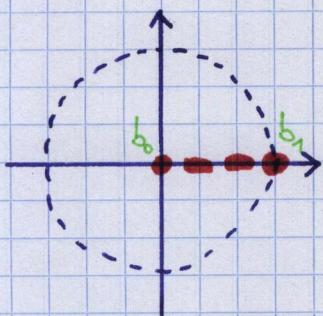
$$\underline{P_e = \frac{1}{2} \left(1 - \operatorname{erf}\left(\frac{\Delta V}{2\sqrt{2} \cdot \sigma_n}\right)\right)} = \underline{\underline{\frac{1}{2} \left(1 - \operatorname{erf}\left(\sqrt{\frac{E[\varepsilon_i]}{N_0}}\right)\right)}}$$

(gilt für kohärente Detektion)

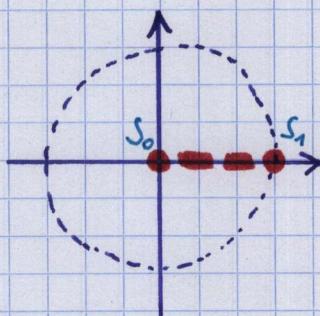
Bemerkung: $\underline{\underline{\text{SNR}^{(\text{BPSK})} = 2 \cdot \text{SNR}^{(\text{OOK})}}}$ (wegen ΔV der Symbole)

TK 8.4)

BFSK



Bits

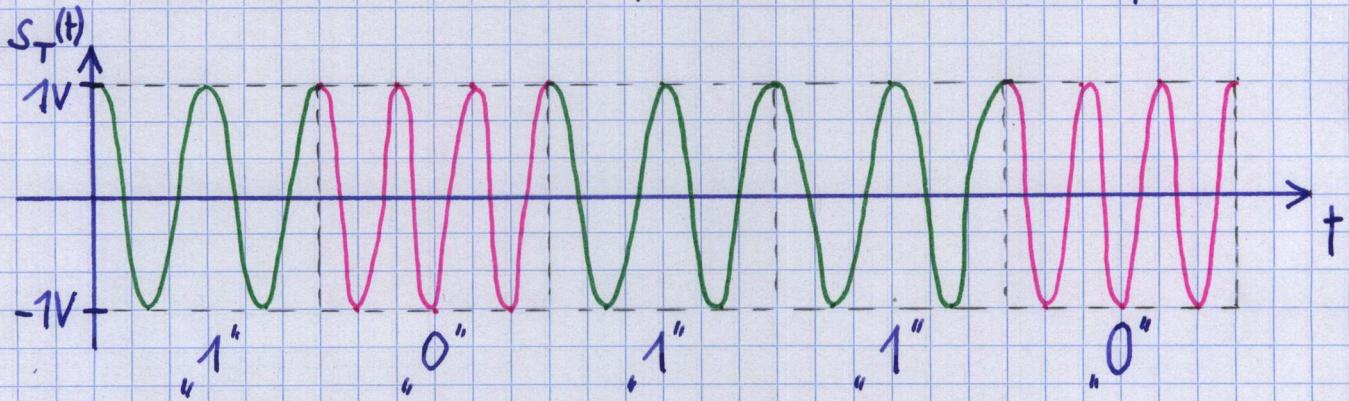


Symbole

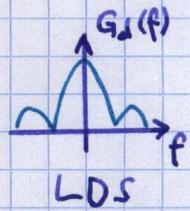
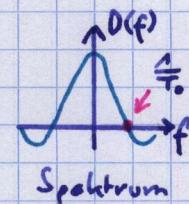
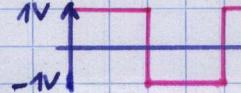
$$0 \leq t \leq T_0$$

$s_1 \mapsto s_T(t) = \cos(2\pi f_1 t)$
 $s_0 \mapsto s_T(t) = \cos(2\pi f_0 t)$

\Rightarrow Bandpasssymbole



BB-Spektrum:



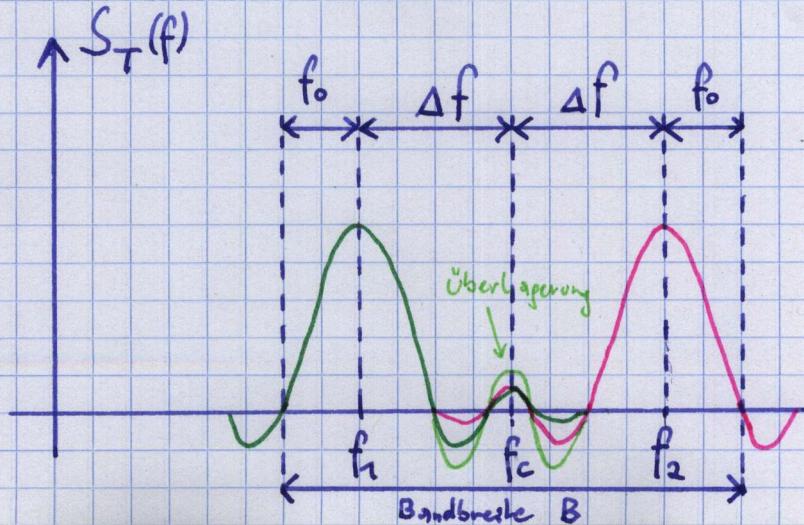
BP-Spektrum:

Ein BFSK-Spektrum kann man sich als Überlagerung zweier OOK Spektren vorstellen.

$$B = 2 \cdot \Delta f + 2f_0$$

$$R_s = f_0 = \frac{1}{T_0}$$

Symbolrate



Mittelfrequenz:
 $f_c = (f_1 + f_2)/2$

Frequenzversatz:
 $\Delta f = (f_2 - f_1)/2$

TK 8.4)₂

Demodulation und Detektion von BFSK-Signalen:

⇒ Kohärente Demodulation:

PLL-Detektion

⇒ Inkohärente Demodulation: [am häufigsten]

(1) Hüllkurvendetection

(2) Quadraturdetection

SEP für kohärente orthogonale BFSK-Übertragung:

Die SEP für kohärentes BFSK ist gleich mit jener von OOK.

TK 8.4)

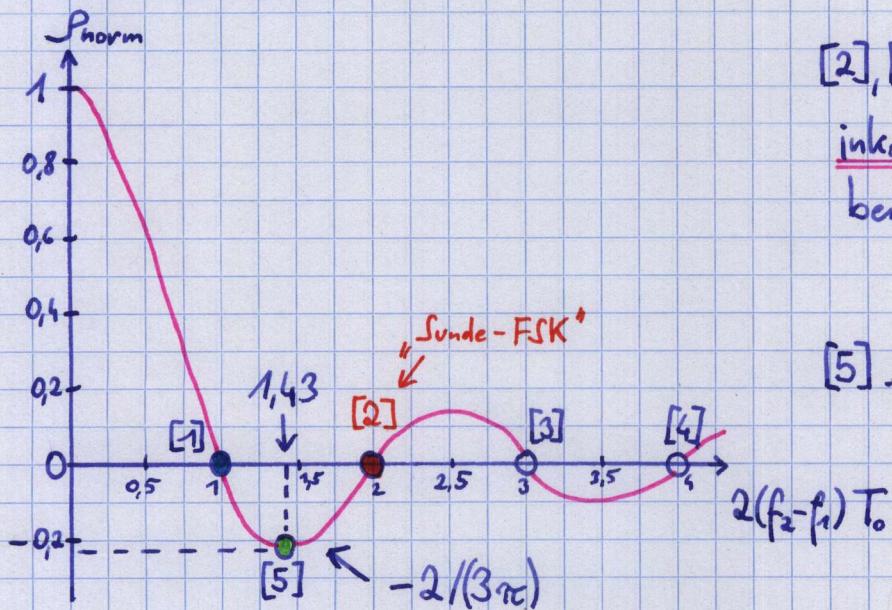
BFSK-Symbolkorrelation und Sunde-FSK:

SEP für BFSK ist ein Minimum für Orthogonalität. D.h. die Korrelation ρ ist Null.

Wenn die Korrelation ungleich Null ist und einen positiven Wert besitzt, dann trägt dieser Anteil keine neue Information für die SEP (Gleichanteil) und sie kann nicht verbessert werden.

Ist die Korrelation ungleich Null und hat einen negativen Wert, dann liegt die SEP zwischen „Orthogonal“ und „Antipodal“. Siehe Eigenschaften der Korrelationsfunktion

ρ/T_0 - Diagramm:



[2], [3], usw. kann zur inkohärenten BFSK-Detection benutzt werden.

[5] optimal bezüglich Leistung (0,8 dB besser als orthog. BFSK)

[1] ... Diese Nullstelle scheidet für inkohärente Detektion aus, weil:

$$2(f_2 - f_1)T_0 = 1 \rightarrow (f_2 - f_1) = \frac{1}{2T_0} = f_0/2$$

Ein Frequenzunterschied von einer halben Trägerschwingung kann nicht ohne Phaseninformation gemessen werden!

TK 8.4)

BP-Spektrum Sunde-FSK:

→ 2-te Nullstelle im p/T_0 -Diagramm:

$$2(f_2 - f_1)T_0 = \underline{2} \leftrightarrow (f_2 - f_1) = \frac{1}{T_0} \Rightarrow \underline{B} = \frac{1}{T_0} + \frac{2}{T_0} = \underline{\underline{\frac{3}{T_0}}}$$

Beste spektrale Effizienz!

