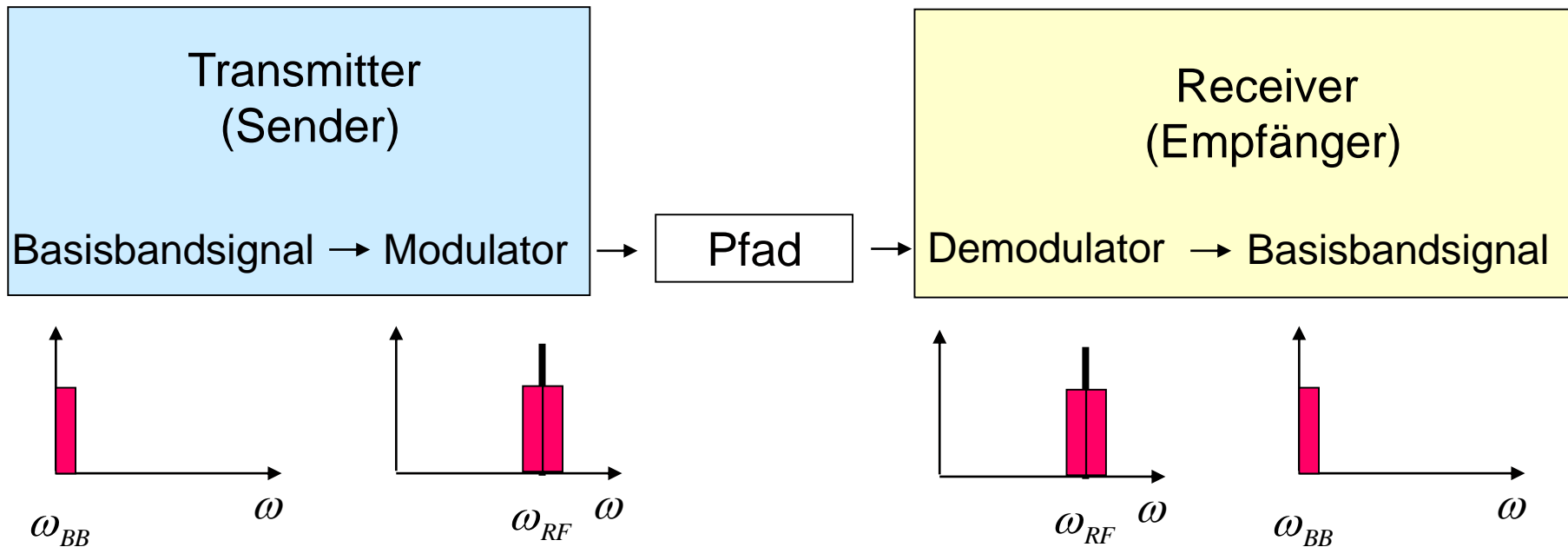
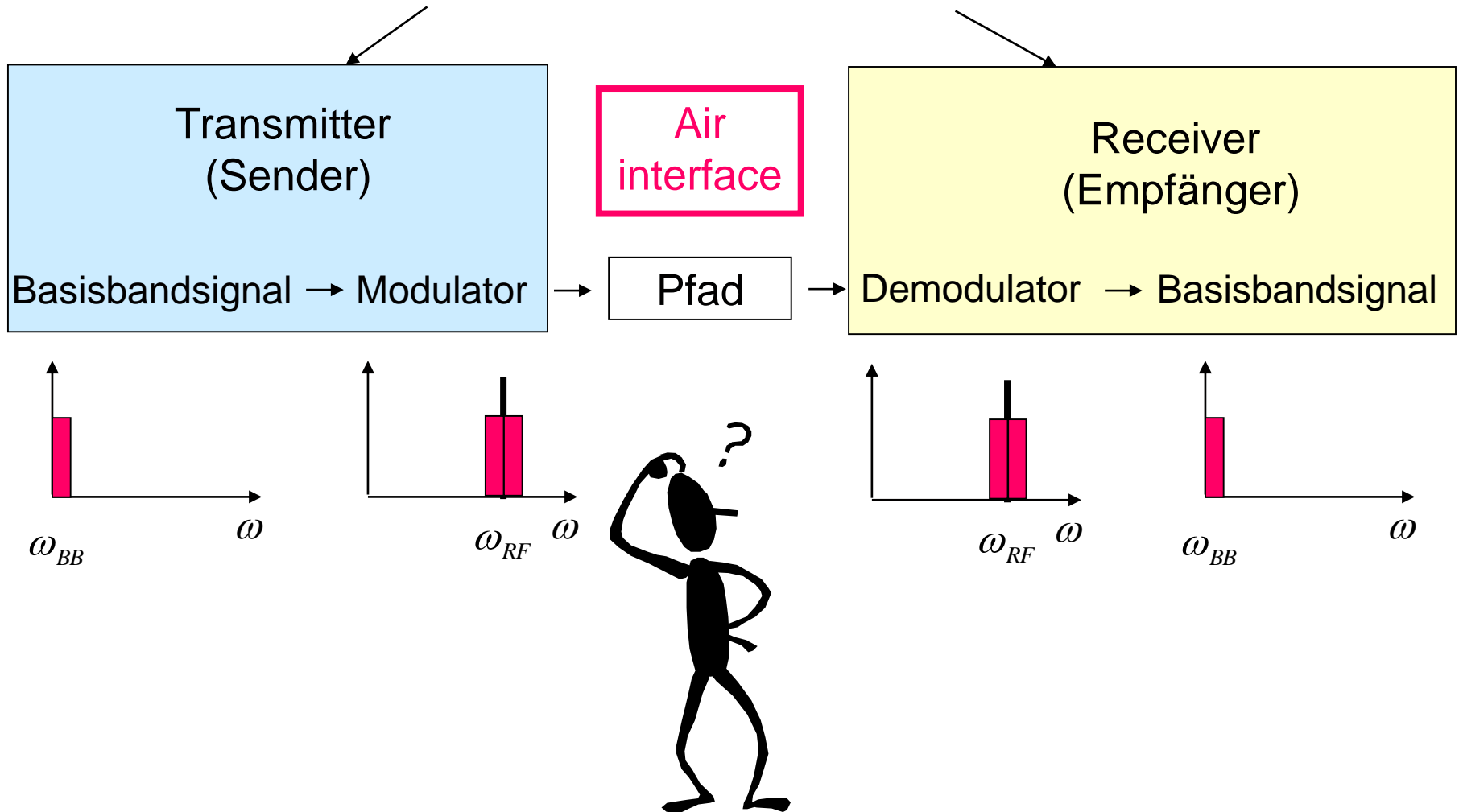


Überblick über (De-)Modulationsverfahren: Quadratische Verfahren



Problemstellung

Modulationsverfahren und Demodulationsverfahren:



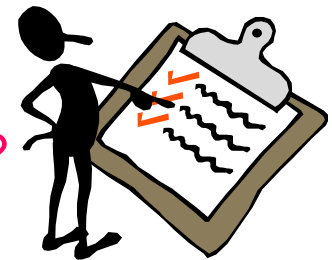
Kenngrößen

Übertragungsqualität:

Frage: wieviel „brauchbares“ Signal kommt an bei einer gegebenen Dämpfung des Übertragungsweges („path loss“) und bei einer gegebenen Sendeleistung? Messgröße digitale Verfahren: Bit Error Rate (BER)

benötigte Bandbreite: „spectral efficiency“ :

Frage: welche Bandbreite benötigt das modulierte RF-Signal?



benötigter Senderverstärker: „power efficiency“ :

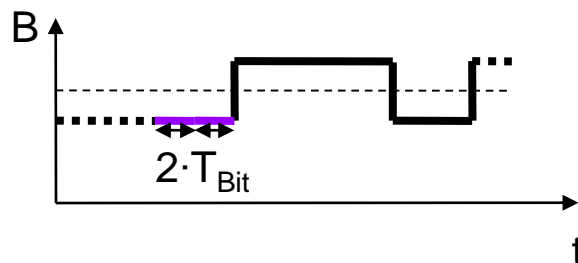
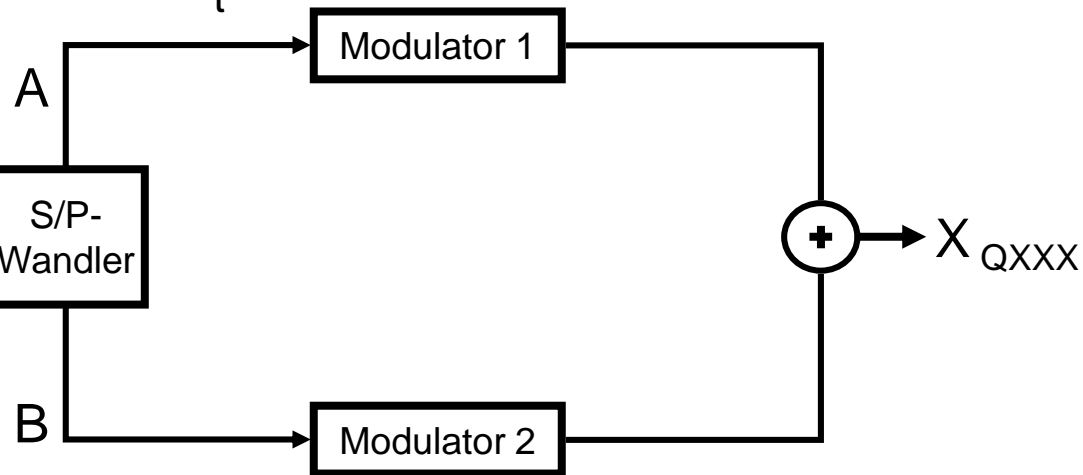
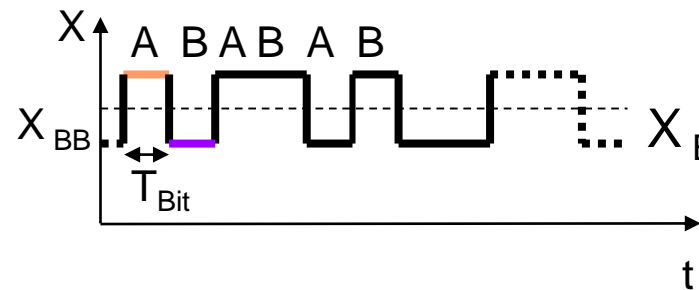
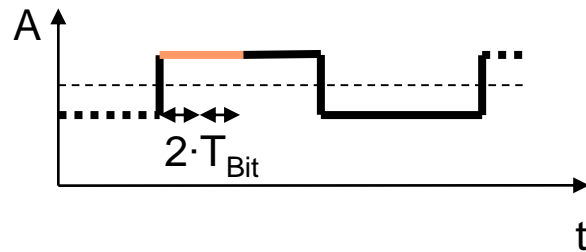
Frage: wird ein linearer oder nichtlinearer Senderverstärker für diese Modulationsart gebraucht?

Erklärung digitale „quadratische“ Verfahren

Idee für „quadratische“ Verfahren:

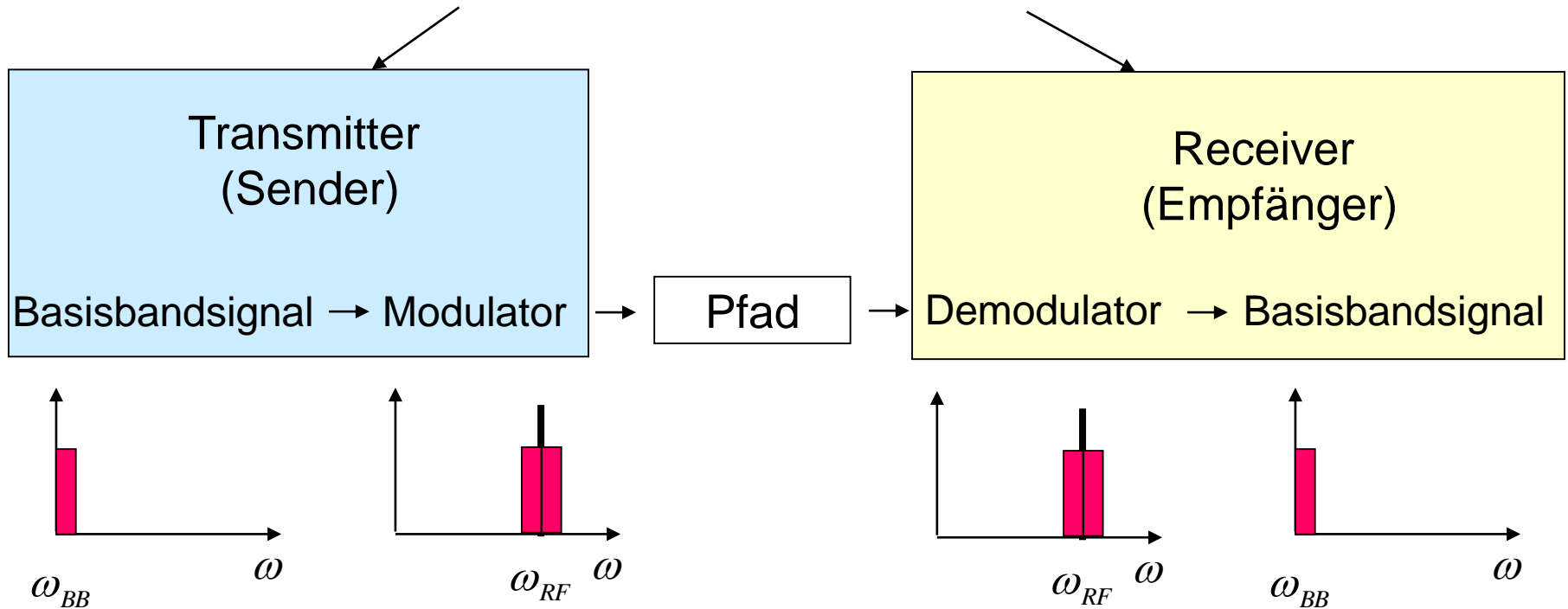
Aufteilung der Daten im Basisband in zwei Datenströme A und B mit doppelter Bitdauer durch einen Serien/Parallel-Wandler

Beispiel:



Erklärung digitale „quadratische“ Verfahren

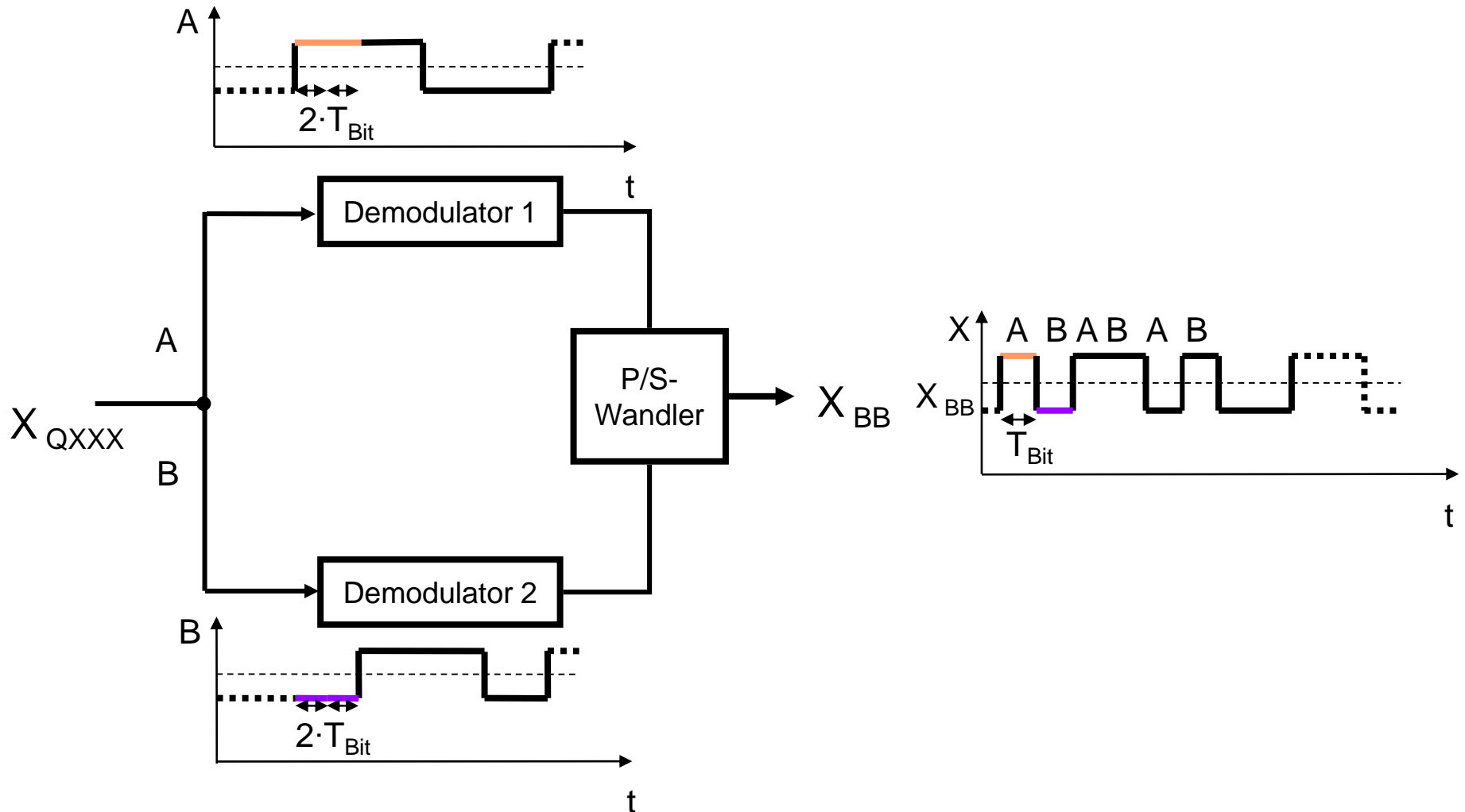
Modulationsverfahren und Demodulationsverfahren:



Erklärung digitale „quadratische“ Verfahren

Demodulation für „quadratische“ Verfahren:

Abwechselndes Zugreifen auf die zwei Datenströme A und B durch einen Parallel/Serien-Wandler



Erklärung digitale „quadratische“ Verfahren

Bezeichnungen:

-binäre Verfahren: ein Datenstrom „Bit“ [0,1],

Bit/Sekunde: Bit-Rate

-quadratische Verfahren: zwei Datenströme „Symbol“ [00,10,01,11],

Symbole/Sekunde: Symbol-Rate

-Umwandlung von einem Datenstrom in zwei Datenströme:

Symbol-Rate=1/2 Bit-Rate !!



⇒ Vorteil bei Bandbreitenbedarf („spectral efficiency“) der Übertragung,
mittlerweile Standardverfahren !!

Erklärung digitale „quadratische“ Verfahren

Bedingung für Übertragung:

-zwei Datenströme müssen über einen Kanal gesendet werden \Rightarrow
zwei „Frequenzen“ zur Modulation und Demodulation, die wegen der Unterscheidbarkeit der Basisbänder mathematisch „orthogonal“ sein müssen!!

Orthogonalität der Funktion f_1 und f_2 heißt:

$$\int_0^T f_1(n \cdot t) \cdot f_1(m \cdot t) dt = 0 \quad \text{für } n \neq m$$
$$\int_0^T f_2(n \cdot t) \cdot f_2(m \cdot t) dt = 0 \quad \text{für } n \neq m$$
$$\int_0^T f_1(n \cdot t) \cdot f_2(m \cdot t) dt = 0 \quad \text{für } n \neq m$$



Erklärung digitale „quadratische“ Verfahren

Bekannt aus Fourier-Reihen:

$\cos(\omega \cdot t)$ und $\sin(\omega \cdot t)$ sind „orthogonale“ Funktionen !!!

$$\int_0^T \cos(n \cdot \omega \cdot t) \cdot \cos(m \cdot \omega \cdot t) dt = 0 \quad \text{für } n \neq m$$

$$\int_0^T \sin(n \cdot \omega \cdot t) \cdot \sin(m \cdot \omega \cdot t) dt = 0 \quad \text{für } n \neq m$$

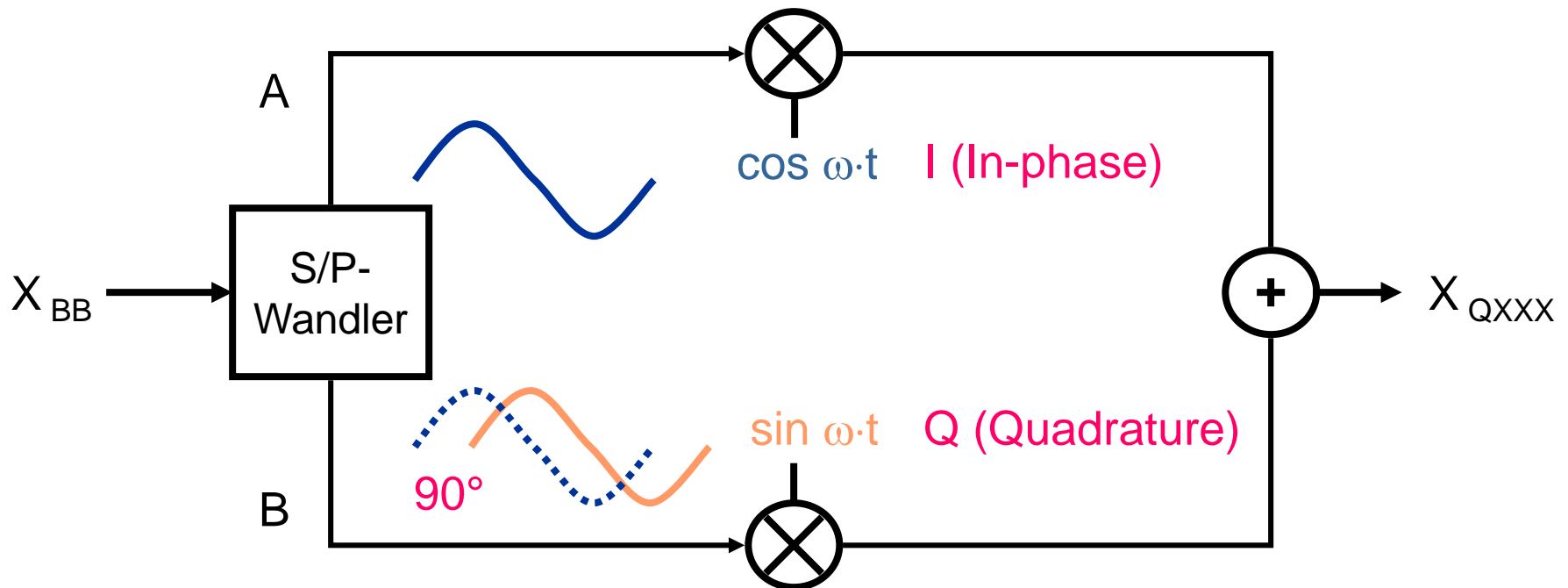
$$\int_0^T \cos(n \cdot \omega \cdot t) \cdot \sin(m \cdot \omega \cdot t) dt = 0 \quad \text{für } n \neq m$$

Erklärung digitale „quadratische“ Verfahren

Modulation für „quadratische“ Verfahren:

Aufteilung der Daten im Basisband in zwei Datenströme A und B mit doppelter Bitdauer durch einen Serien/Parallel-Wandler

Beispiel:



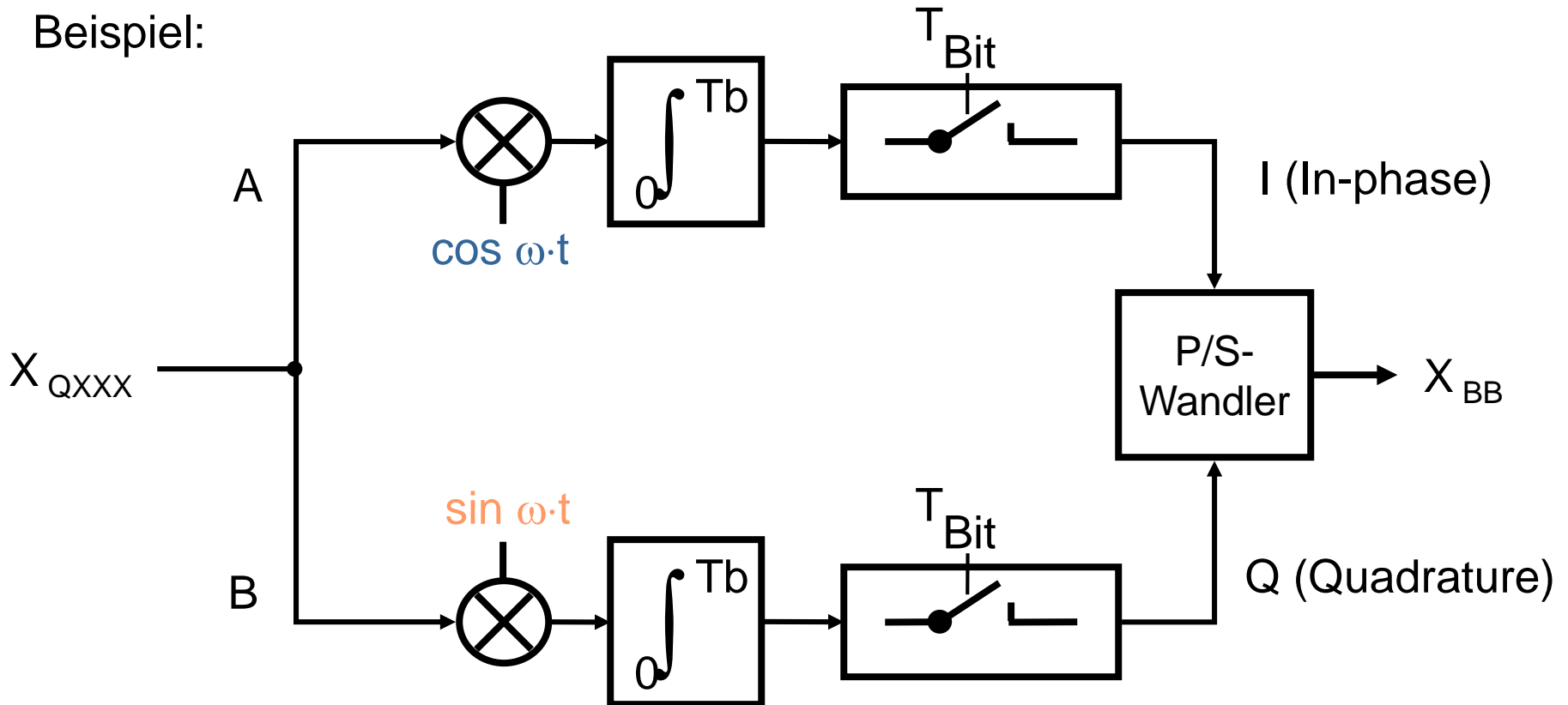
Bezeichnung: „I/Q-Modulation, Quadratur-Modulation“

Erklärung digitale „quadratische“ Verfahren

Demodulation für „quadratische“ Verfahren:

Abwechselndes Zugreifen auf die zwei Datenströme A und B durch einen Parallel/Serien-Wandler

Beispiel:



Erklärung digitale „quadratische“ Verfahren

Digitale „quadratische“ Verfahren:

- „Quadrature Amplitude Shift Keying (QASK)“
bedingt für Handys geeignet („guter“ Funkpfad)!!

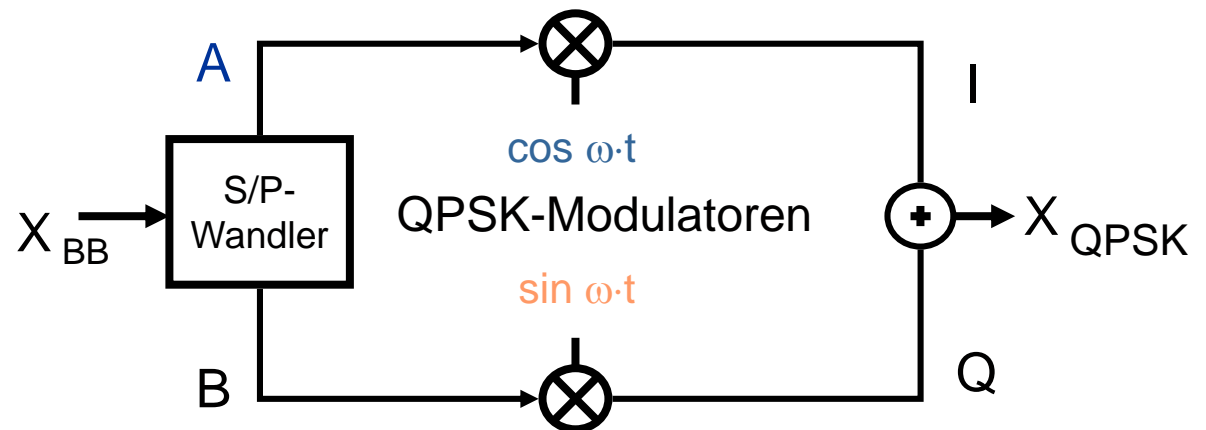
- „Quadrature Frequency Shift Keying (QFSK)“
klar ??!

- „Quadrature Phase Shift Keying (QPSK)“
Möglichkeit zur Vermeidung von scharfen Phasenübergängen
(nichtlinearer Senderverstärker möglich) ??

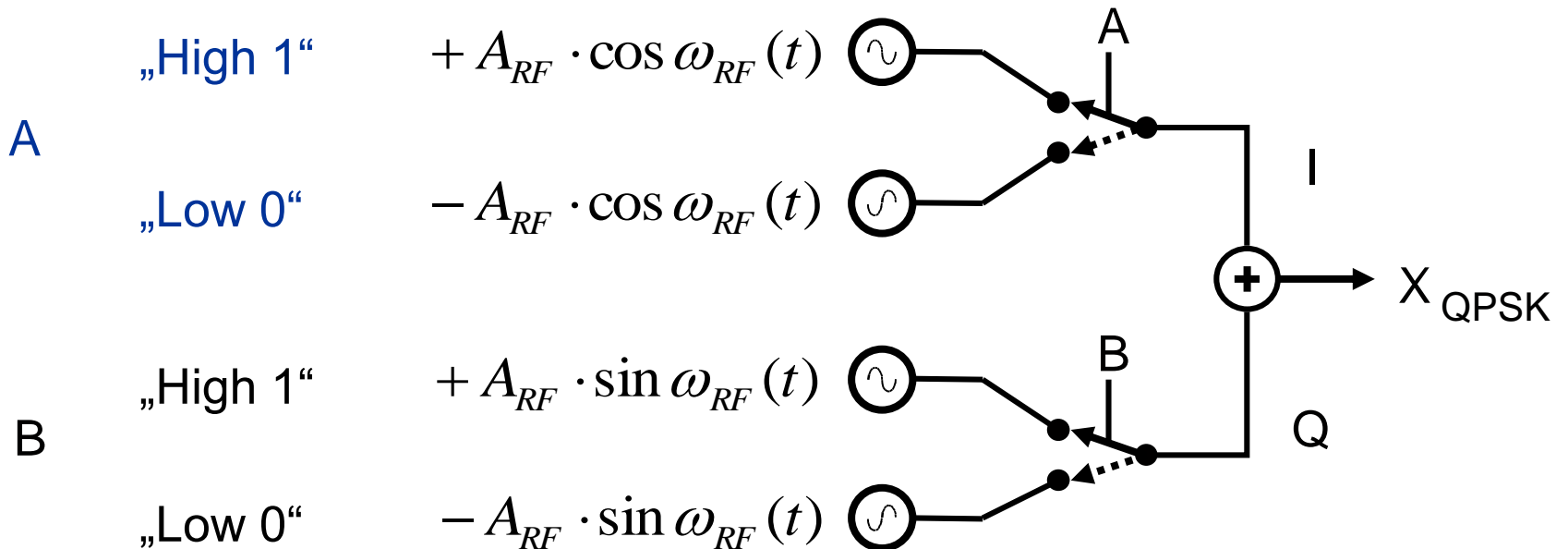


QPSK Modulation

Realisierung:

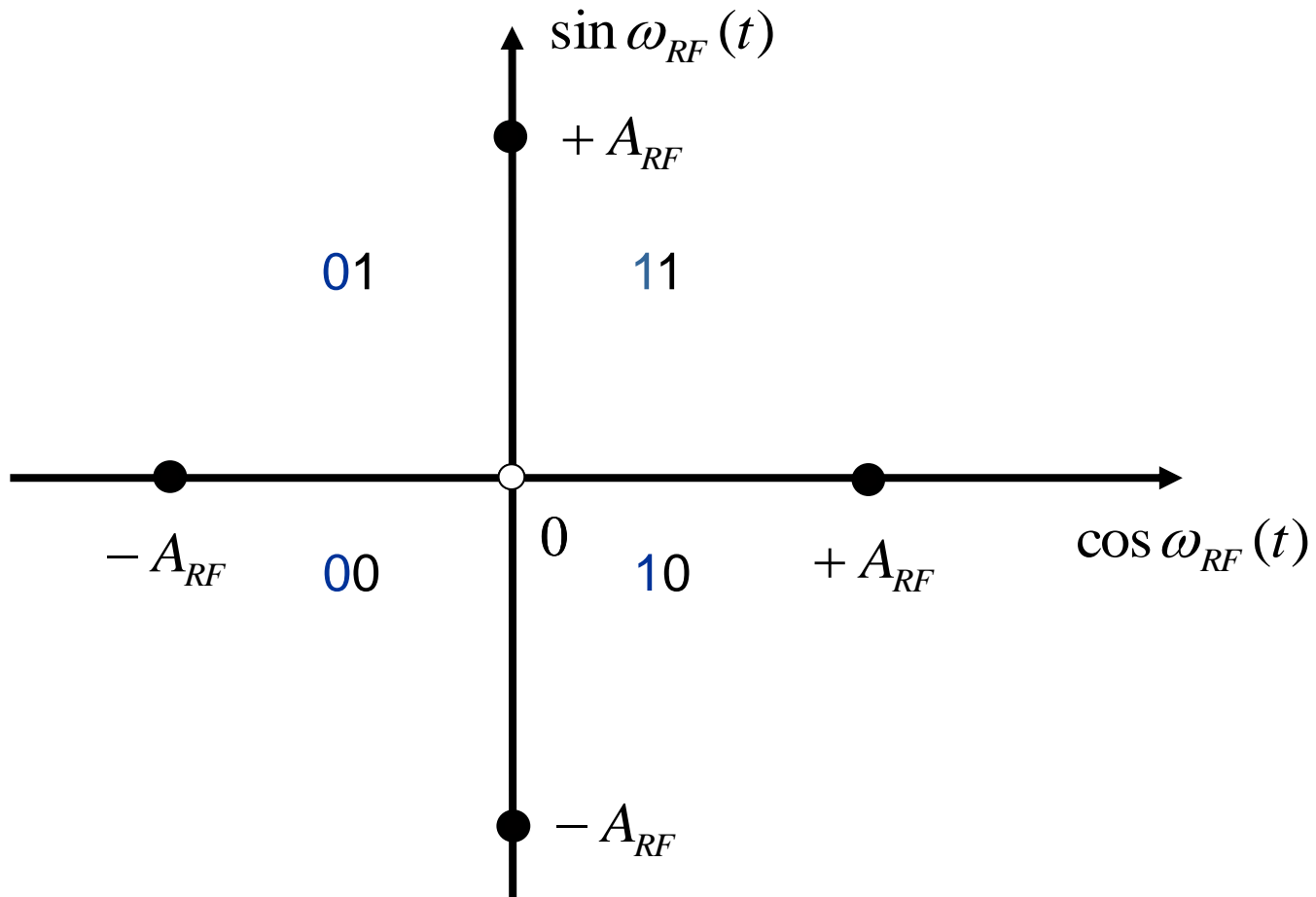


Prinzip der Modulation:



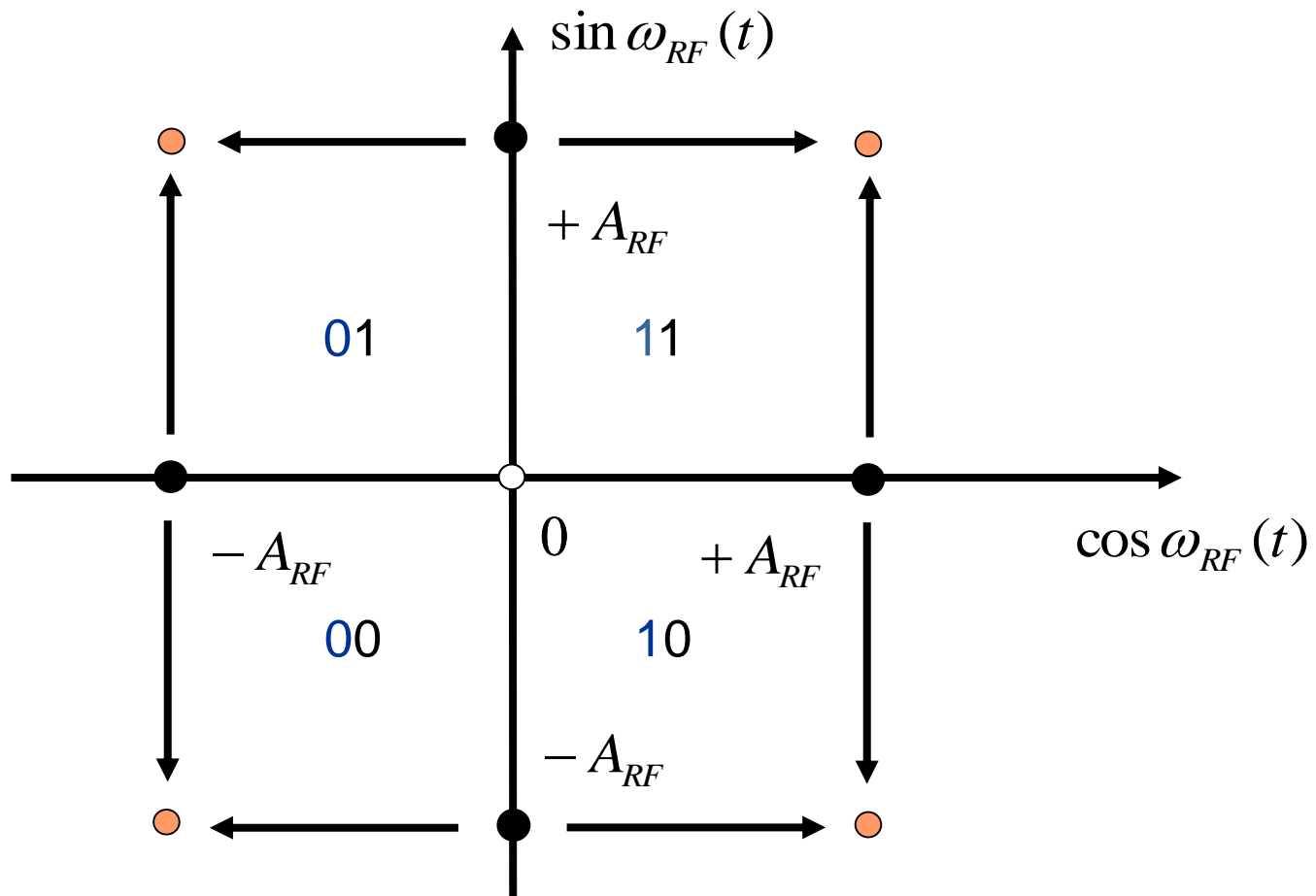
QPSK Modulation

Signal-Darstellung: Amplituden-Darstellung



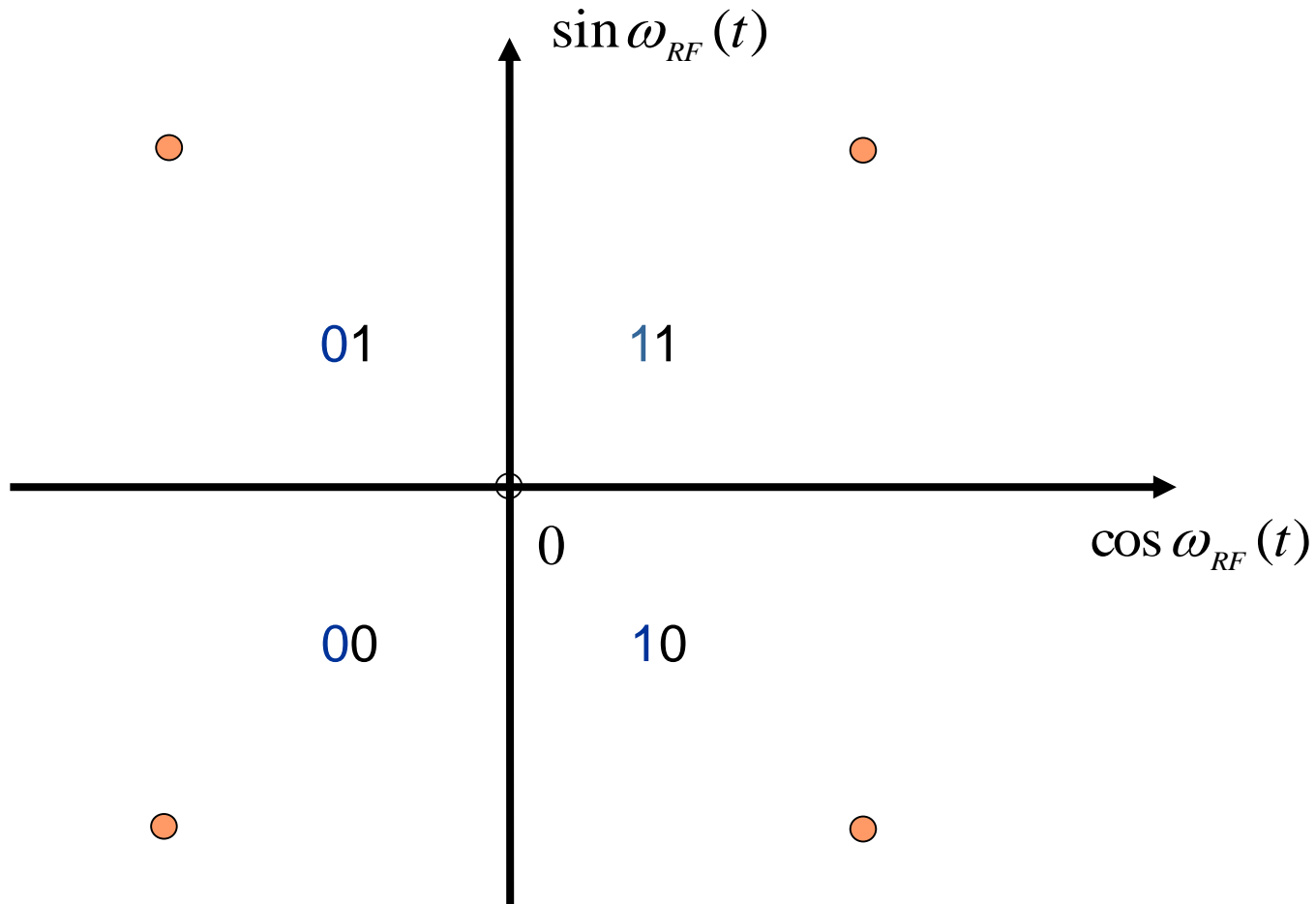
QPSK Modulation

Signal-Darstellung: Amplituden- und Phasen-Darstellung



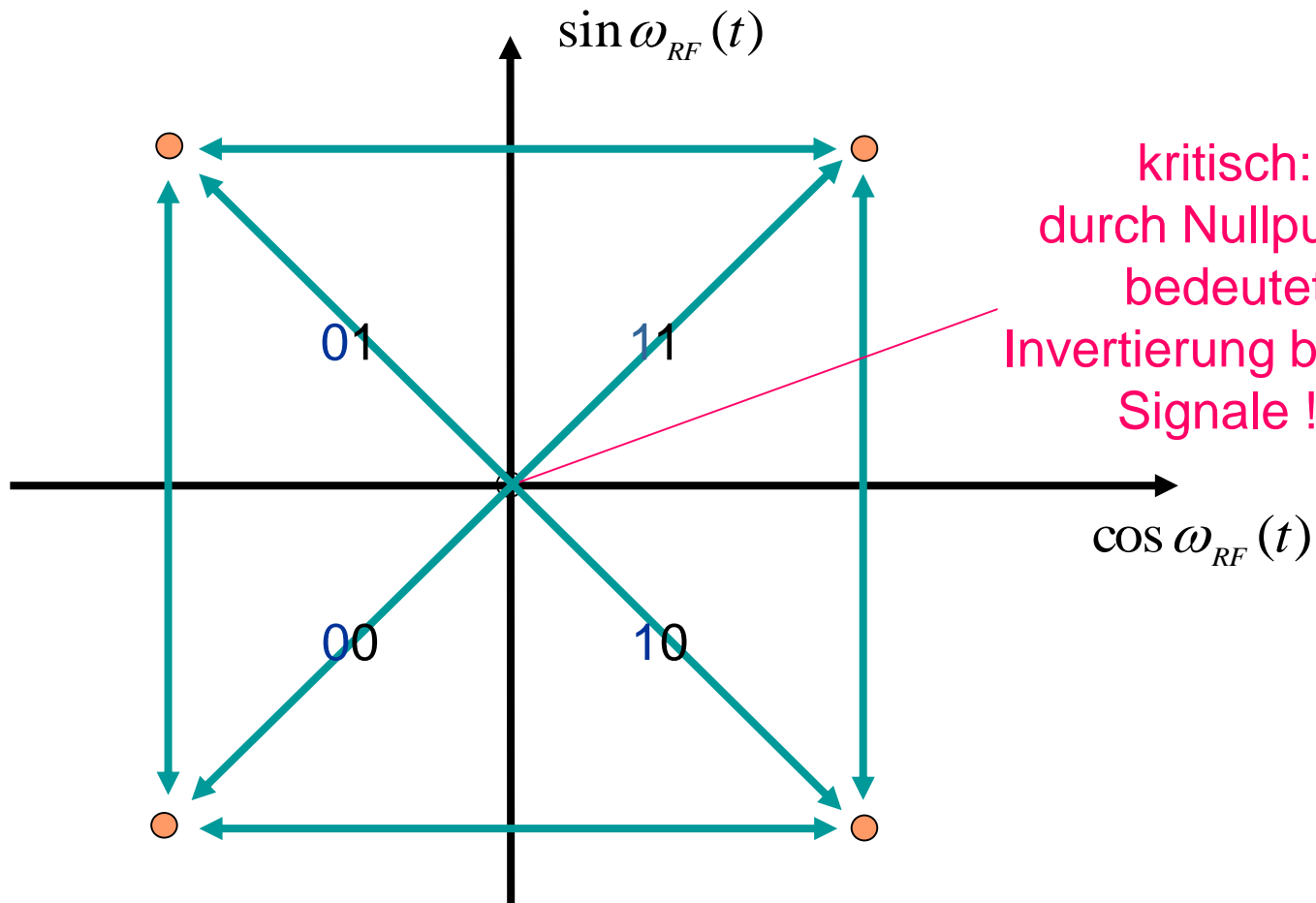
QPSK Modulation

Signal-Darstellung: Phasen-Darstellung



QPSK Modulation

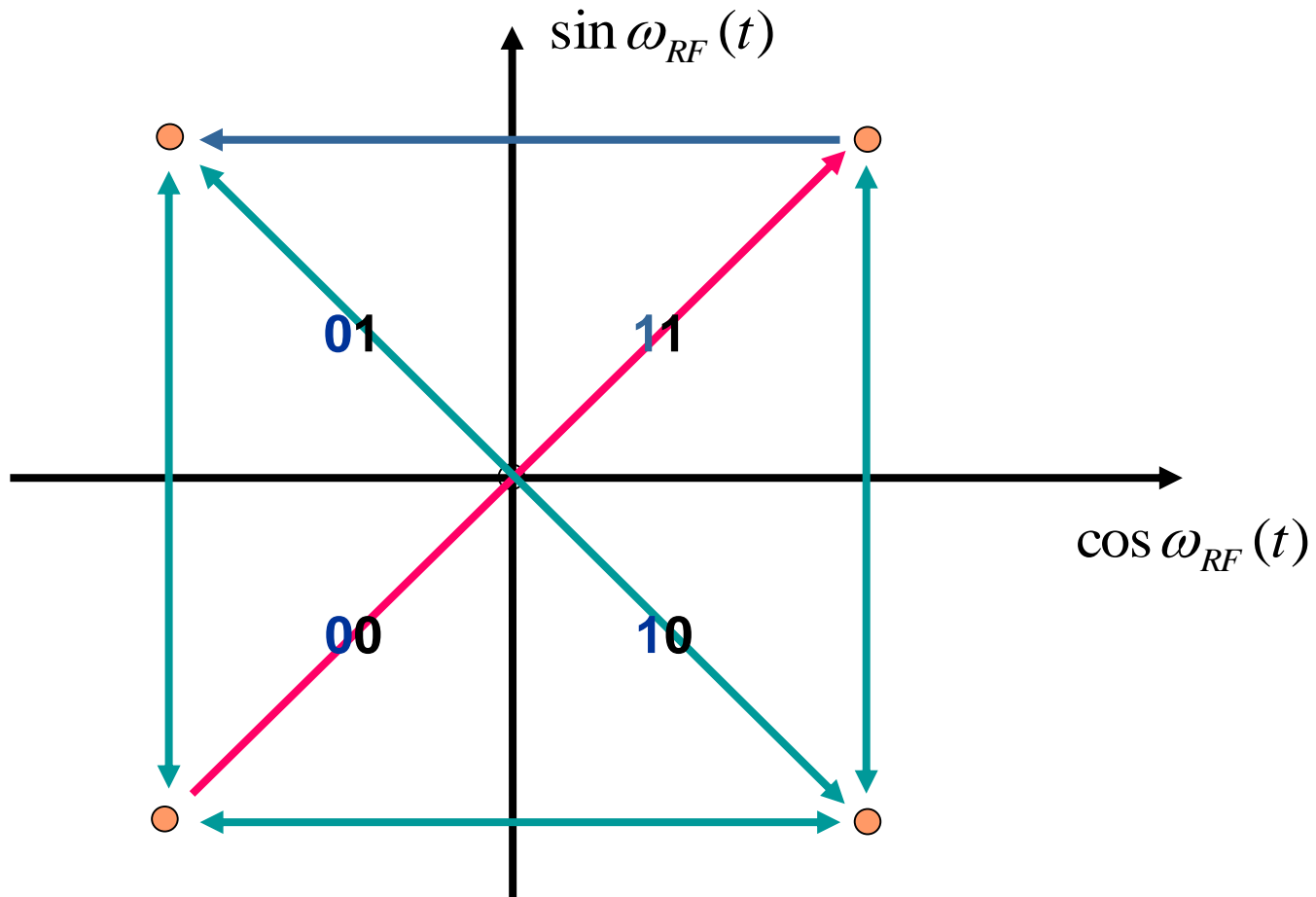
mögliche Phasen-Übergänge:



kritisch:
durch Nullpunkt
bedeutet
Invertierung beider
Signale !!

QPSK Modulation

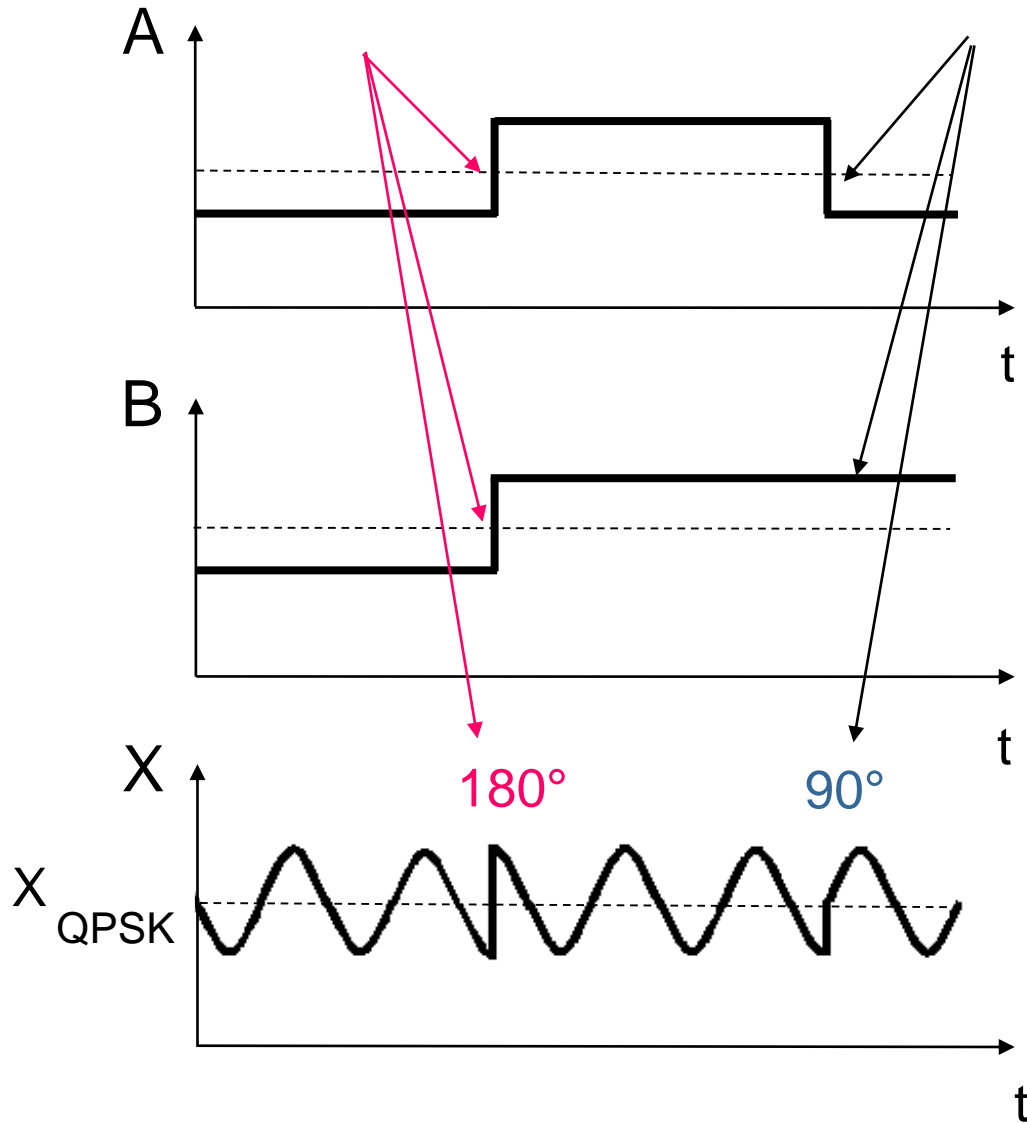
betrachtete Phasen-Übergänge: rot und blau



QPSK Modulation

Phasen-Übergang 00→11

Phasen-Übergang 11→01



QPSK Modulation

Fazit: maximale Phasen-Übergänge +/- 180 ° !!

⇒ „scharfe“ Phasen-Übergänge ungünstig für die Übertragung
(linearer Power-Amplifier)



Abhilfe durch „nicht-ganz-so-scharfe“ Phasen-Übergänge:

„Offset-QPSK (OQPSK)“

oder

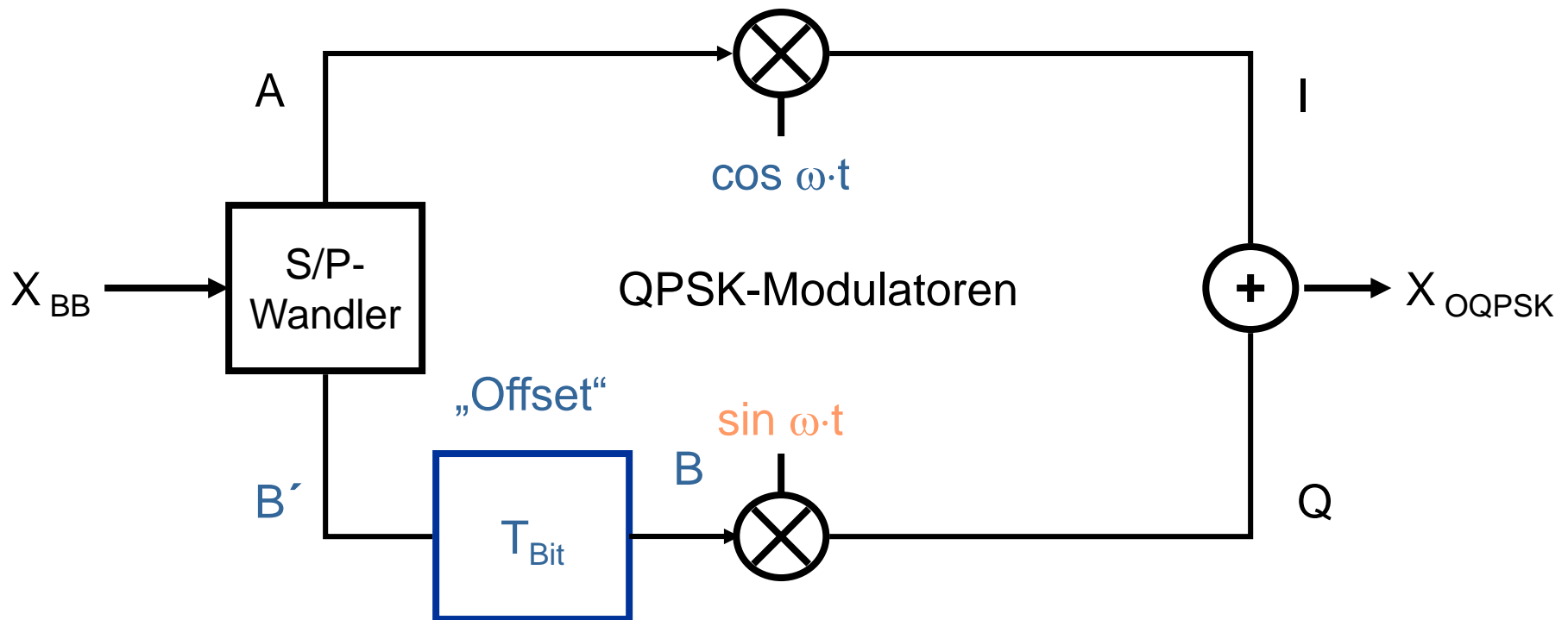
„ $\pi/4$ -QPSK“

Offset-QPSK Modulation

Prinzip:

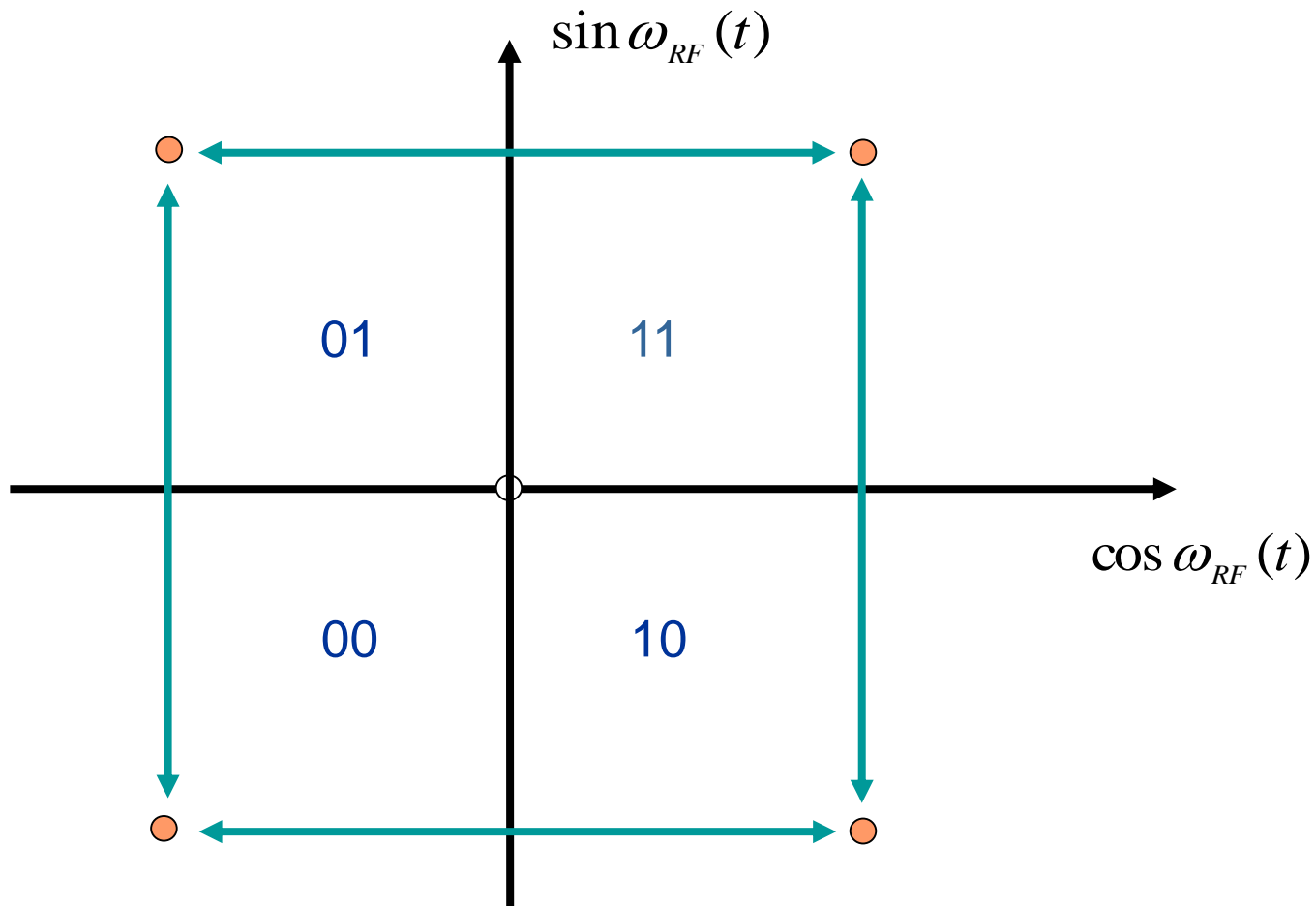
Einfügen einer Verzögerung von T_{Bit} („Offset“ von B' auf B)

⇒ Phasen-Übergang auf +/- 90° begrenzt



Offset-QPSK Modulation

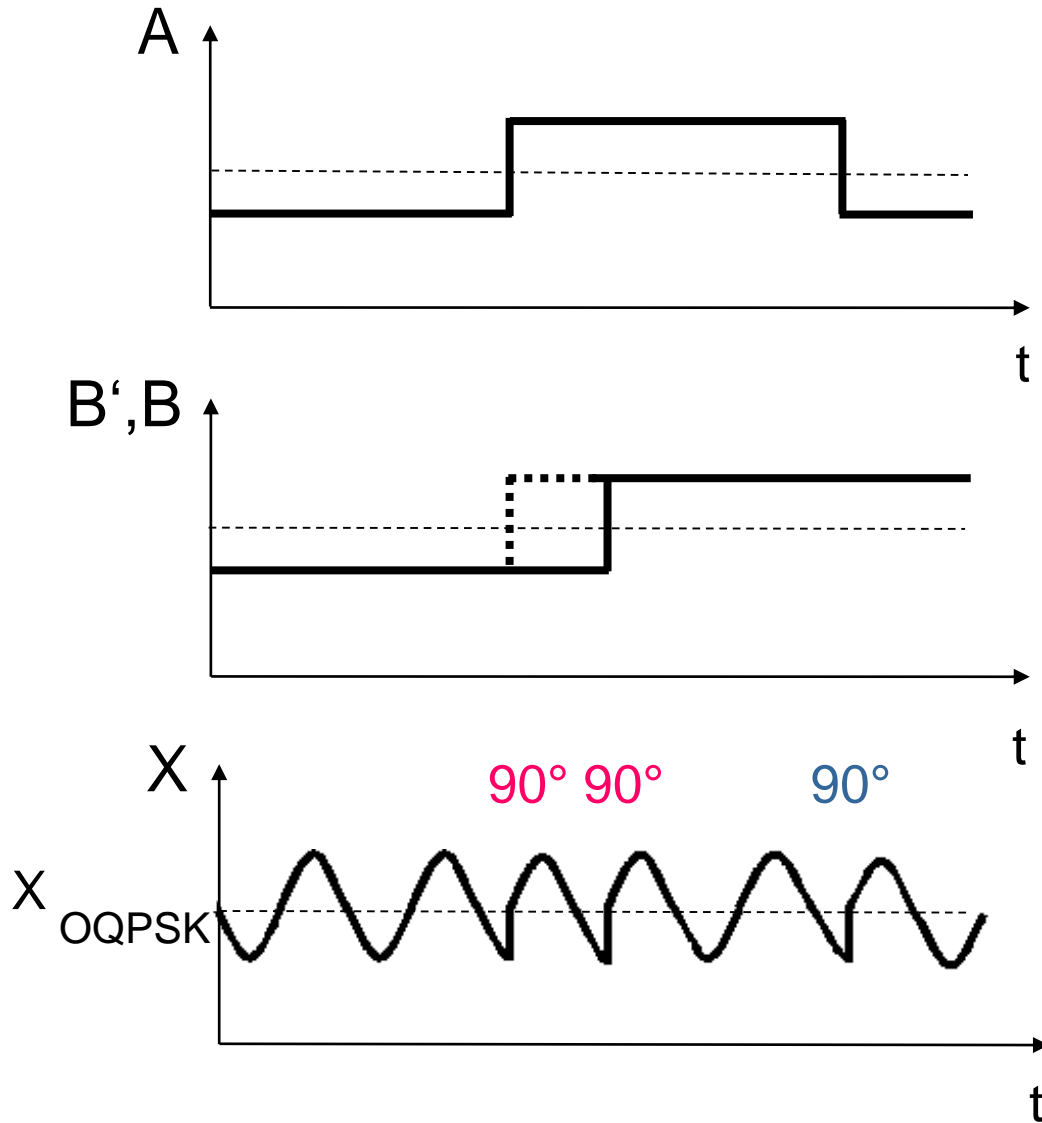
mögliche Phasen-Übergänge bei Offset-QPSK: max. $\pm 90^\circ$!!



Offset-QPSK Modulation

Phasen-Übergang 00→11

Phasen-Übergang 11→01

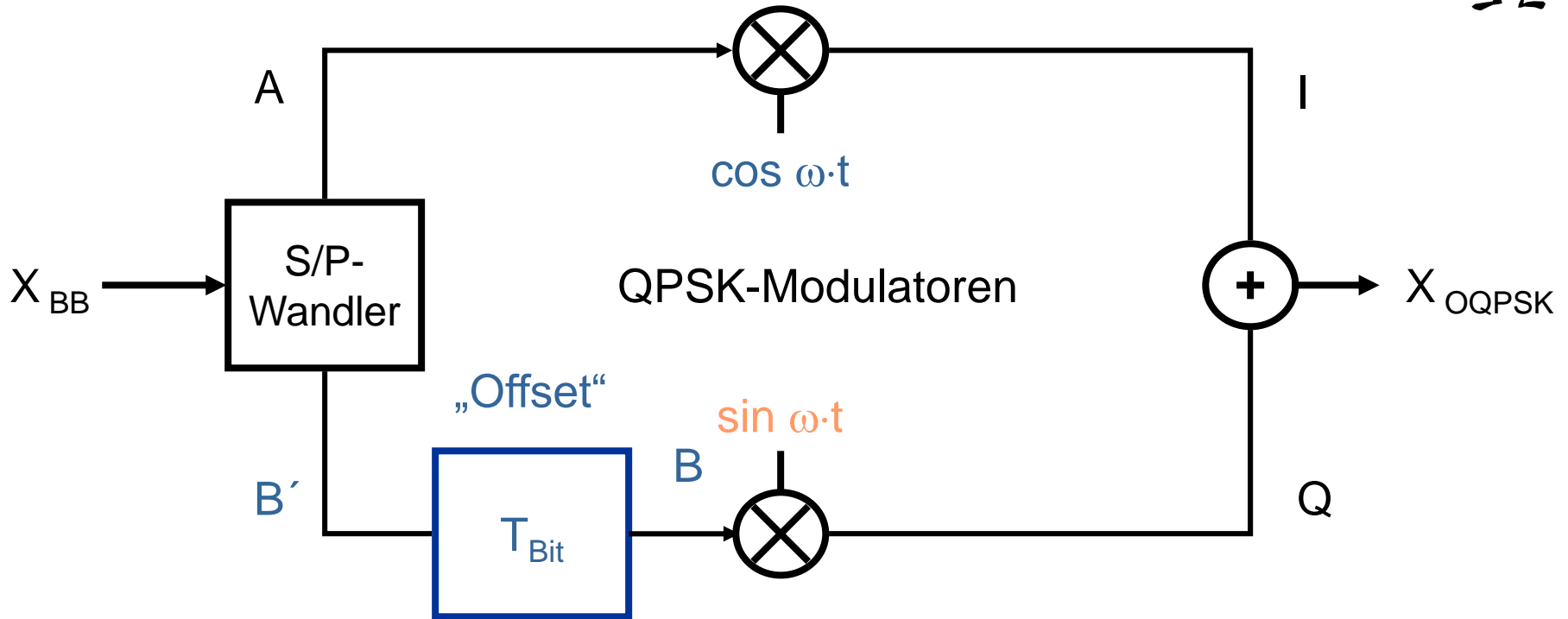


Offset-QPSK Modulation

Nachteil der Offset-QPSK :

wegen Offsets um T_{Bit} :

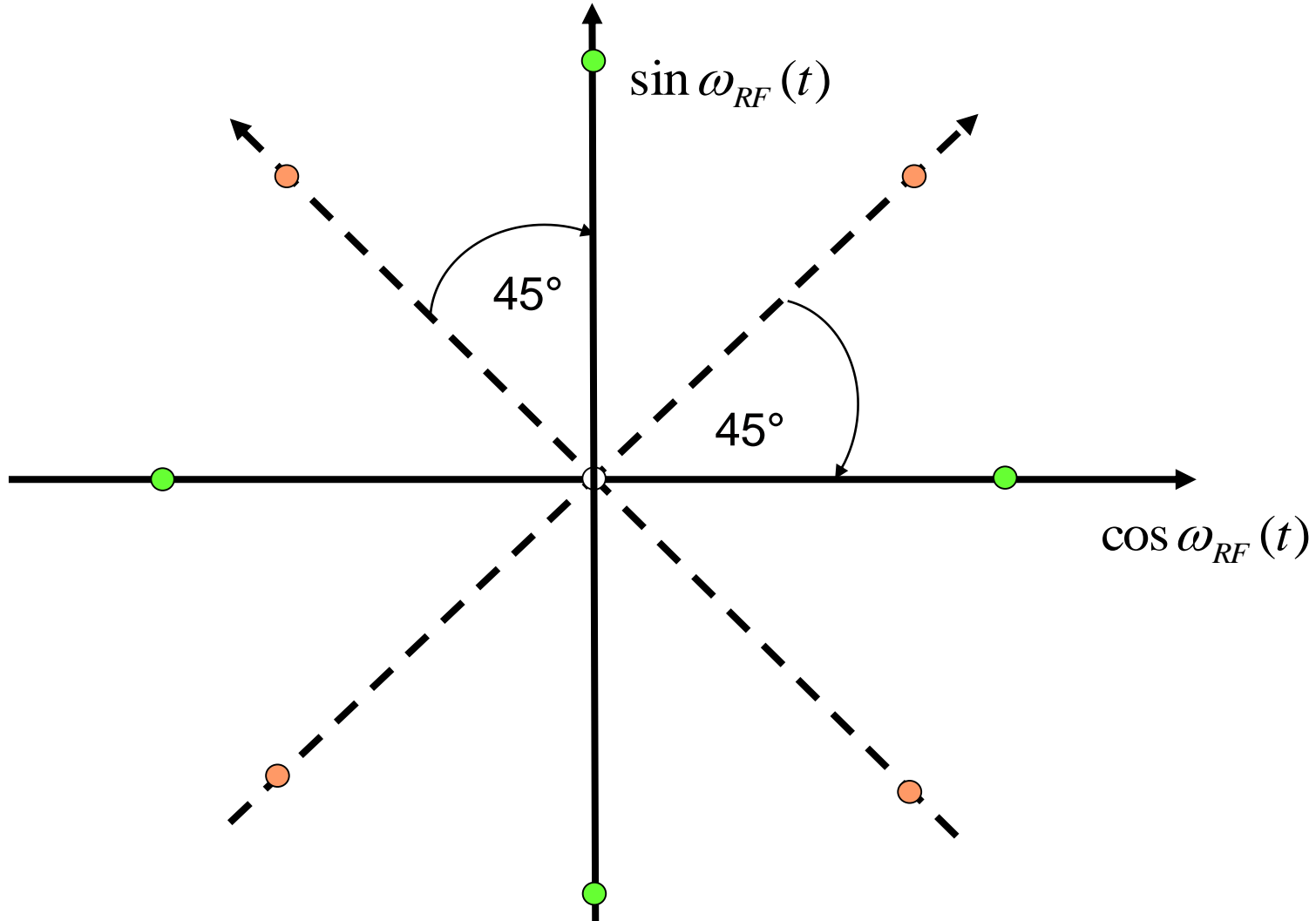
im Gegensatz zu QPSK prinzipiell keine „Differential (Binary) Phase Shift Keying (DPSK)“ zur Vermeidung der „coherent detection“ möglich!!



andere Alternative: „ $\pi/4$ -QPSK“, weil „DPSK“ möglich !

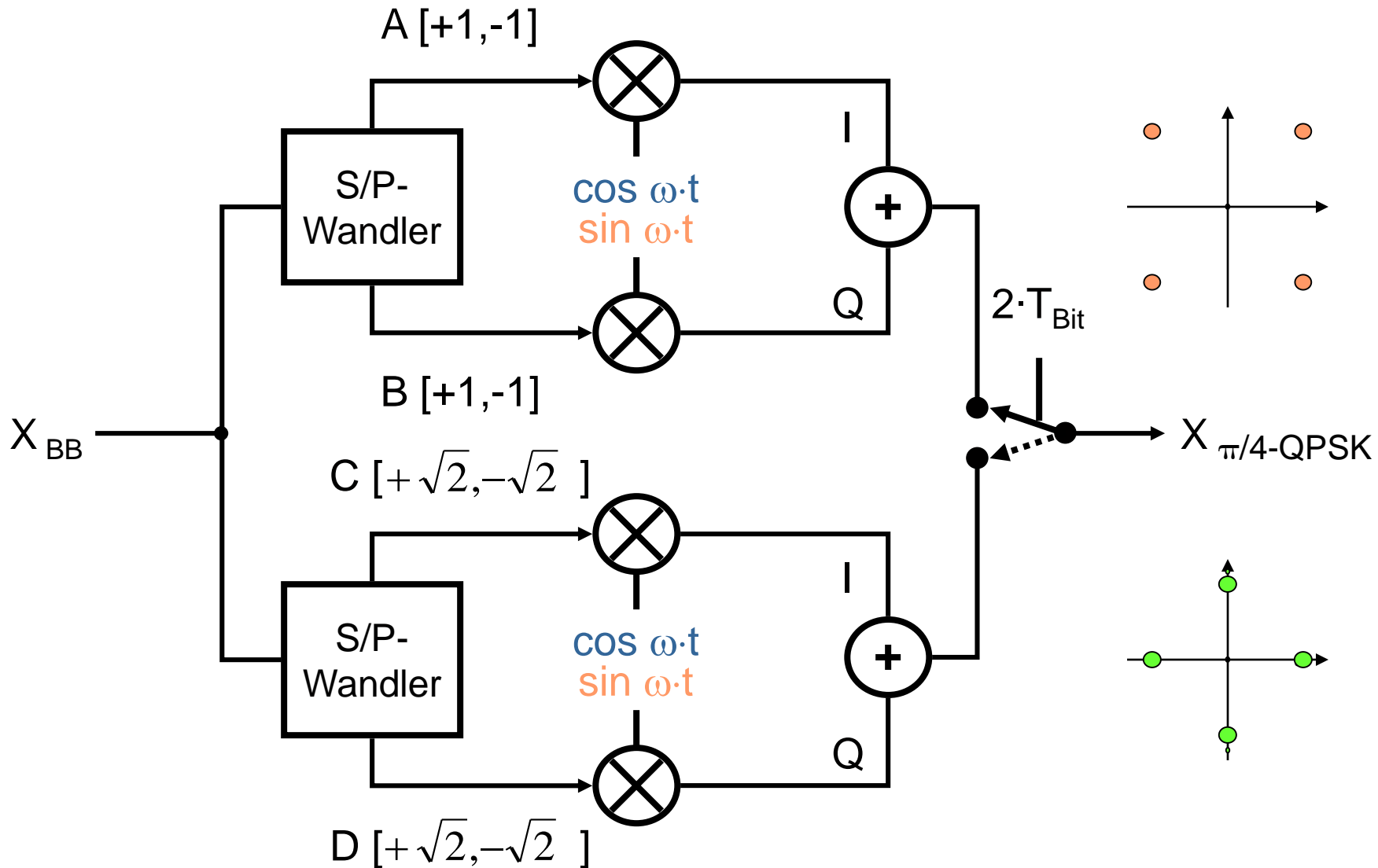
$\pi/4$ -QPSK Modulation

Prinzip: „Verdoppelung“ der Phasen-Darstellung durch Einfügen von $45^\circ (= \pi/4)$ gedrehten **Phasen-Punkten**



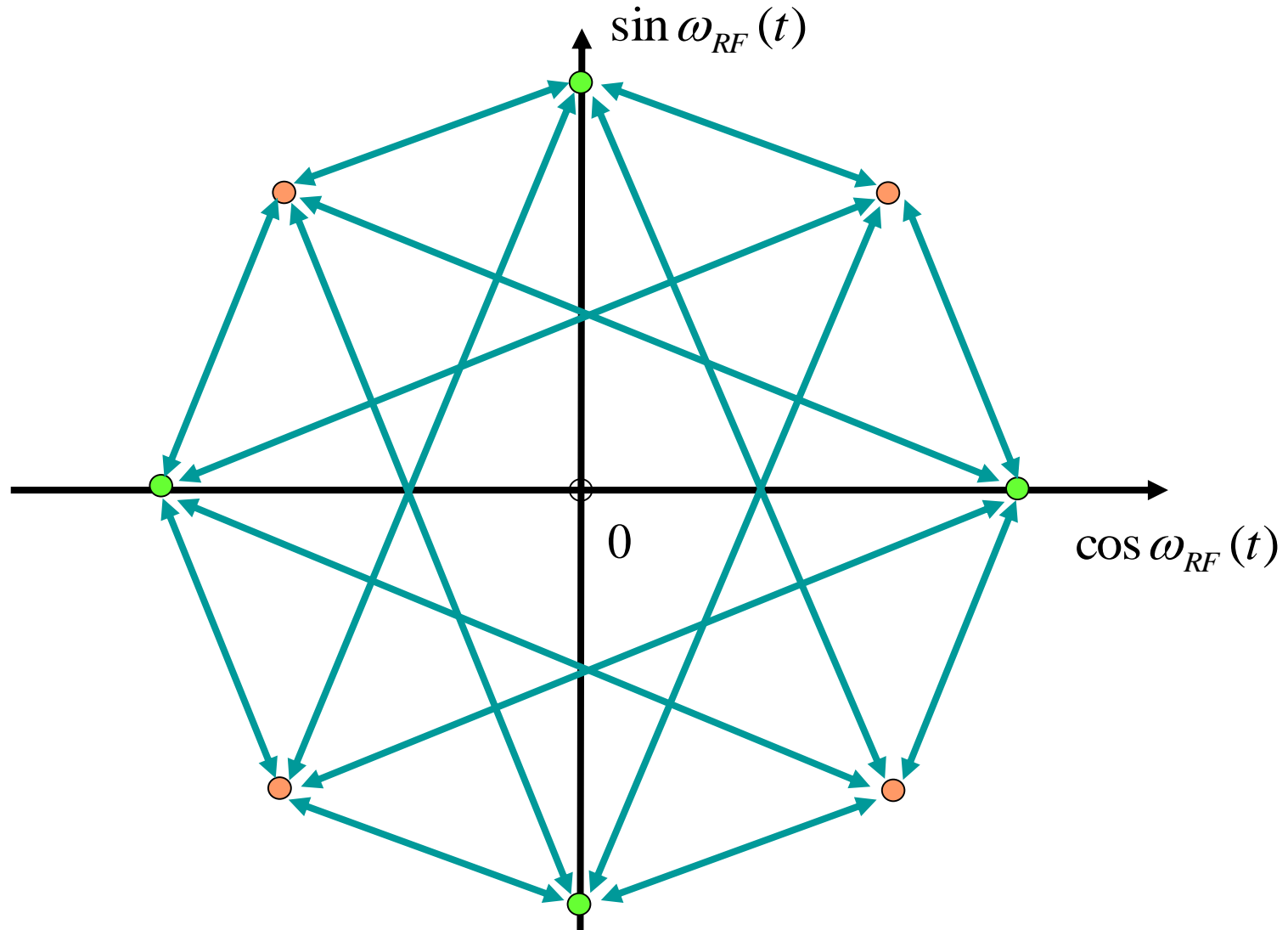
$\pi/4$ -QPSK Modulation

Realisierung: Aufteilung der Daten im Basisband in vier Datenströme A,B,C und D, auf die paarweise im Abstand von $2 \cdot T_{\text{bit}}$ zugegriffen wird



$\pi/4$ -QPSK Modulation

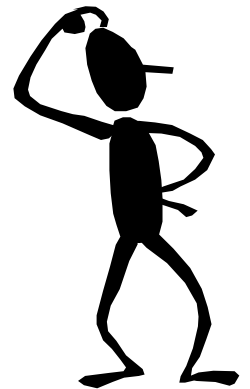
mögliche Phasen-Übergänge bei $\pi/4$ -QPSK: max. $\pm 135^\circ$!!



Zusammenfassung QPSK Modulation

QPSK-Modulation und ihre Unterarten

- QPSK: -maximale Phasen-Übergänge +/- 180°
 -non-coherente Demodulation möglich
- $\pi/4$ -QPSK: -maximale Phasen-Übergänge +/- 135°
 -non-coherente Demodulation möglich
- Offset-QPSK: -maximale Phasen-Übergänge +/- 90°
 -non-coherente Demodulation nicht möglich!



Gliederung

- **Rückblick: Problemstellung, Kenngrößen**
- **Digitale quadratische Verfahren**
 - Prinzip des quadratischen Verfahrens
 - „Quadrature Phase Shift Keying (QPSK)“ und seine Unterarten



I/Q-Generation

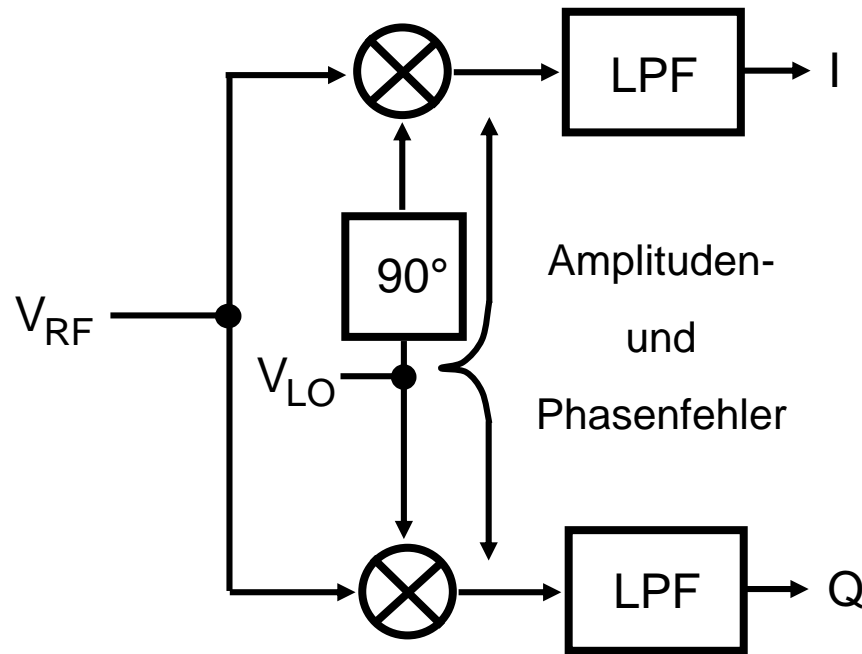
- **Zusammenfassung**
- **Literaturhinweise**

I/Q-Modulation

Fehler bei der I/Q-Erzeugung:

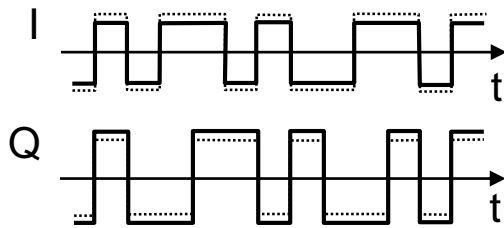
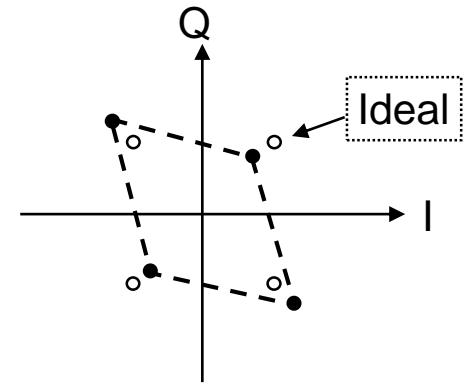
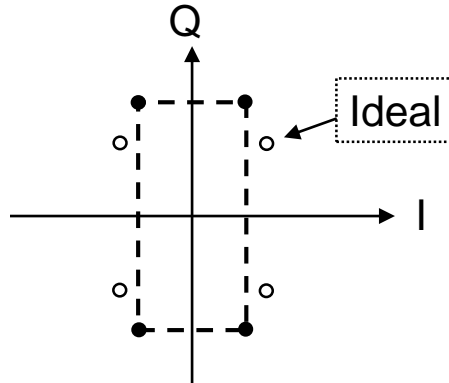
LO-Signal soll auf cos und sin (entspricht 90°Drehung) aufgeteilt werden

⇒ mögliche Amplituden- und Phasenfehler

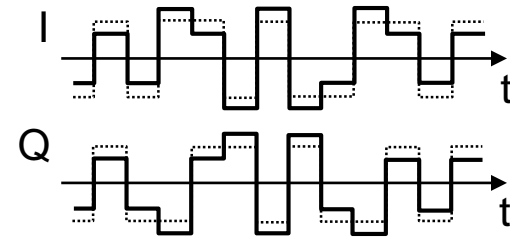


I/Q-Modulation

Fehler bei der I/Q-Erzeugung am Beispiel QPSK



Verstärkungsfehler



Phasenfehler

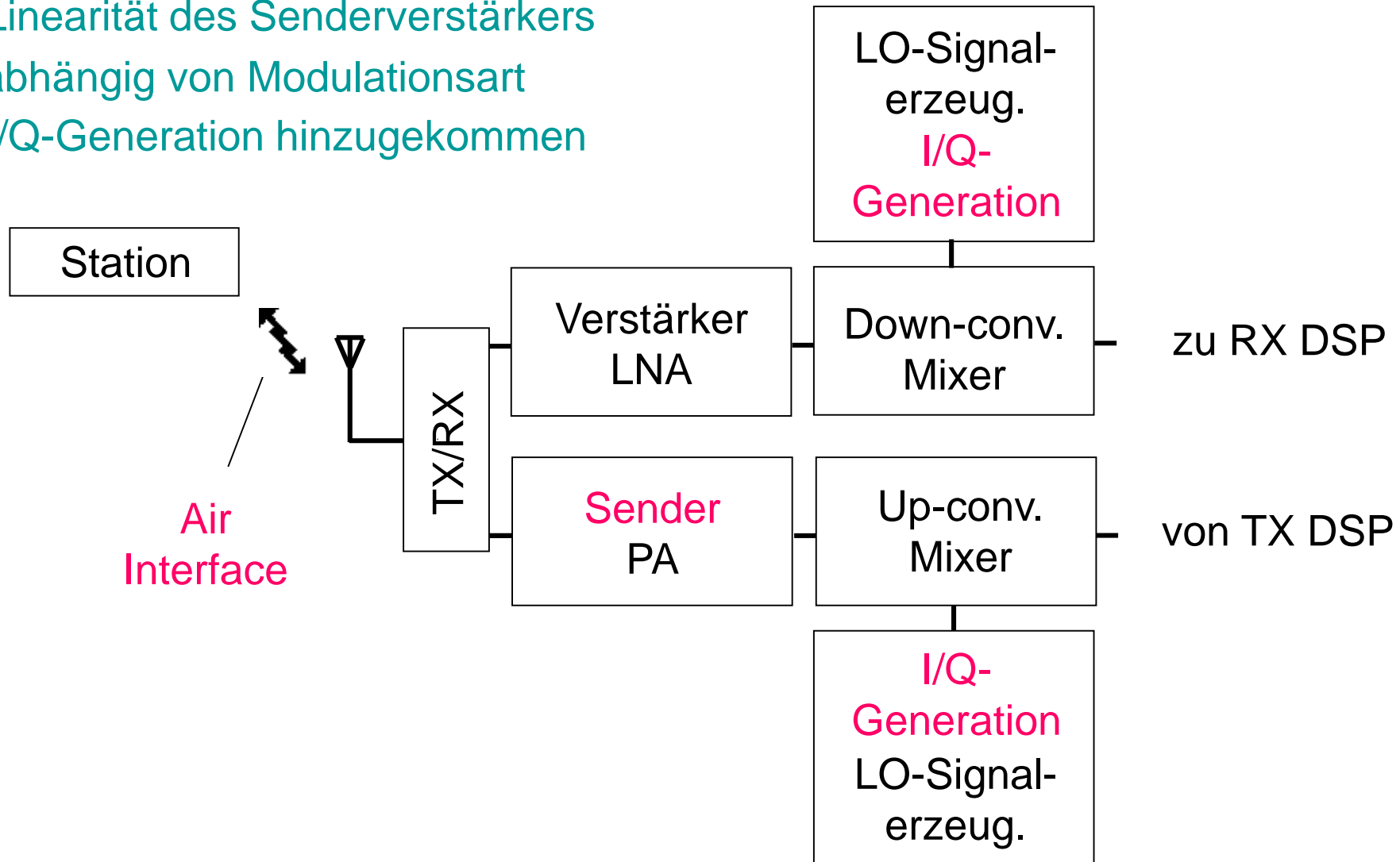
Fazit: „saubere“ Detektion:

Verstärkungsfehler (gain error) und Phasenfehler (phase error) minimieren

Wirkung auf Schaltungstechnik:

Wirkung des „Air Interface“ bzw. Modulationsart auf die Schaltungstechnik:

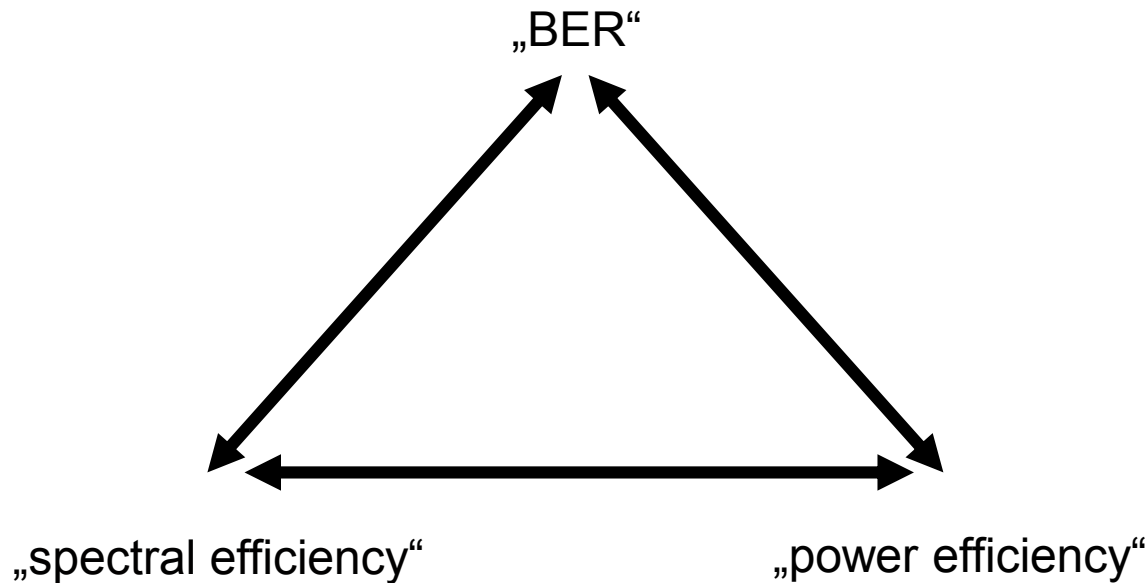
- Linearität des Senderverstärkers abhängig von Modulationsart
- I/Q-Generation hinzugekommen



Zusammenfassung (De-)Modulation-Verfahren

Widersprüchliche Anforderungen an ein (De-)Modulations-Verfahren:

„coherent“ vs. „non-coherent“ detection



QPSK, Offset-QPSK, $\pi/4$ -QPSK

GMSK (I/Q)



→ ein (De-)Modulations-Verfahren kann nicht alle Anforderungen optimal erfüllen, Kompromiß je nach „Härte“ der Anforderungen !!

verschiedene Mobilfunk-Standards ⇒ verschiedene Modulationsverfahren !!

Literaturhinweise

Bücher:

-B. Razavi, „RF Microelectronics“ ,Prentice Hall, 2011,
ISBN 0-13-713473-8

-T.S. Rappaport, „Wireless Communications“, Prentice Hall, 2002,
ISBN 0-13-042232-0

- E.A. Lee, D.G. Messerschmidt, „Digital Communication“, Kluwer,
1994, ISBN 0-79239-391-0