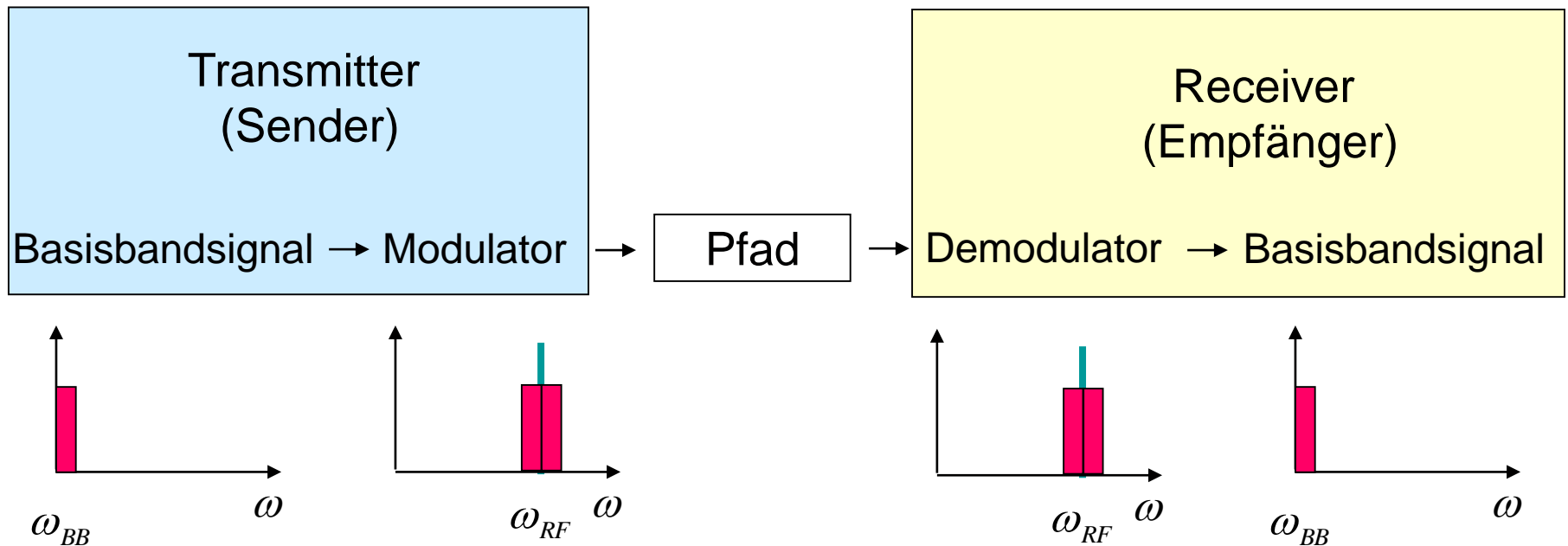


Überblick über (De-)Modulationsverfahren

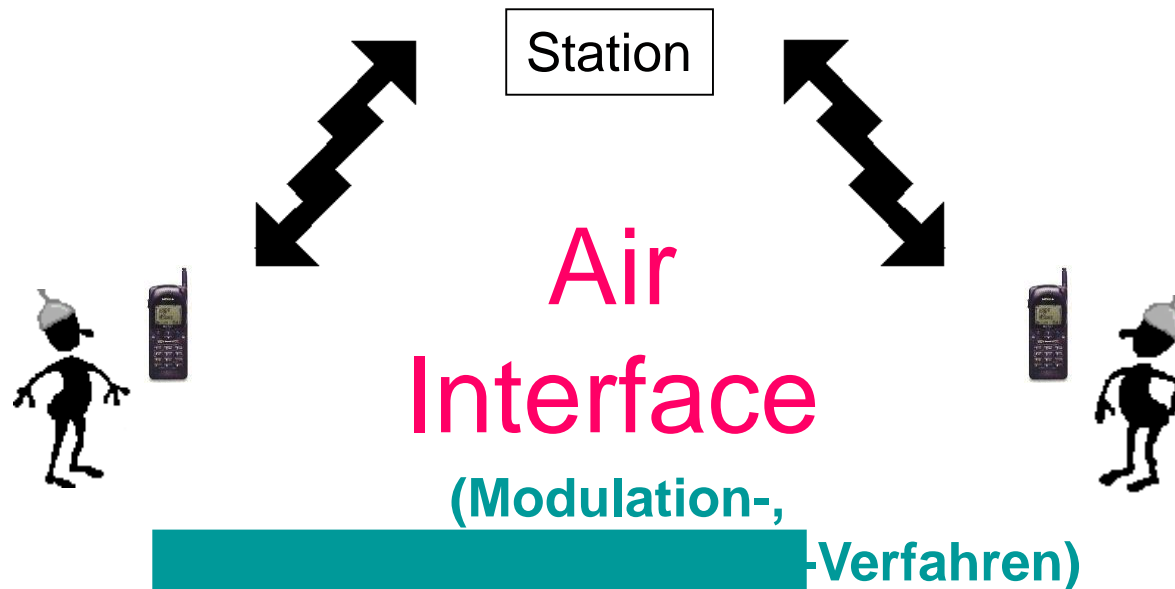


Auswahl eines „Air Interfaces“

Ihre Firma hat einen Frequenzbereich zugeteilt bekommen.
Ihr Chef verlangt, daß möglichst viele Gespräche für diesen
Frequenzbereich gleichzeitig übertragen werden können.



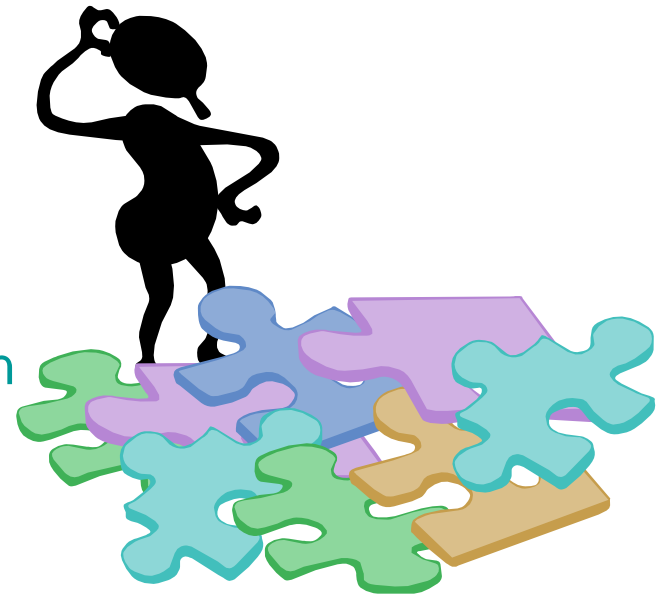
Ihre Aufgabe: -Auswahl eines „Air Interfaces“



Auswahl eines (De)Modulationsverfahrens

Ihre Aufgaben:

- Störgrößen bei Übertragung durch einen Funkpfad
 - Kenngrößen der (De)Modulationsarten
 - analoge (De)Modulationsverfahren
 - binäre digitale (De)Modulationsverfahren
 - quadratische digitale (De)Modulationsverfahren
- ⇒ Auswahl eines (De)Modulationsverfahren



Gliederung 1. Teil

ausführlich: Vorlesung Institut für Informationstechnik

:: Institut :: Forschung :: **Lehre** :: Aktuelles :: Kontakt

der Bundeswehr
Universität  München



Lehre M.Sc.

Vorlesungsankündigungen

Lehre B.Sc.

Lehre M.Sc.

Nachrichten- und Infor-
mationstheorie

Übertragungssicherheit

Kommunikationstechnik
II

**Mobile digitale Funksys-
teme und -netze**

Parameterschätzung und
Synchronisation

Methoden der Sprach-
und Bildverarbeitung

Nachrichtentechnische
Systeme

Begleitunterlagen

Abschlussarbeiten

Wahlpflichtfachvorlesung: Mobile digitale Funksysteme und -netze

- Grundlagen der Funkausbreitung und zeitvariantes Mobilfunkkanalmodell
 - Fadingstatistik (Rayleigh, Rice, Lognormal)
 - WSSUS-Modell, Delay Spread, Kohärenzbandbreite, Doppler Spread, Kohärenzzeit
- Kurzfassung der Grundlagen der digitalen Übertragungstechnik
- Digitale Modulationsverfahren im Mobilfunk
 - (PAM, QAM, OQAM, PSK, QPSK, OQPSK, FSK, CPFSK, MSK, CPM, GMSK) und
 - Deren Spektren
 - Deren Bitfehlerratencharakteristiken
- Entzerrung von frequenzselektiven Kanälen
- Einfache Darstellung von Prinzipien der Codierung
 - Blockcodierung – Hammingcodes
 - Faltungscodierung und Viterbidecoder
 - Erweiterung auf den Viterbientzerrer
 - Blockinterleaving
- Diversityverfahren und Zugriffsverfahren
- Systemplanungsaspekte
 - Zellenkonzept
 - Interferenz
 - Zeitsplittin
 - Aspekte der Verkehrstheorie
- Aufzeigen der vermittelten Grundlagen am Beispiel des Mobilfunksystems GSM900 (D-Netz) und DCS-1800 (E-Netz)

nicht mehr angeboten ??

Gliederung 1. Teil

Problemstellung

- Störgrößen bei Übertragung durch einen Funkpfad
- Mathematische Beschreibung der Störgrößen

■ Kenngrößen

- Übertragungsqualität, Rauschempfindlichkeit
- benötigte Bandbreite: „spectral efficiency“
- benötigter Senderverstärker: linear oder nicht linear? „power efficiency“

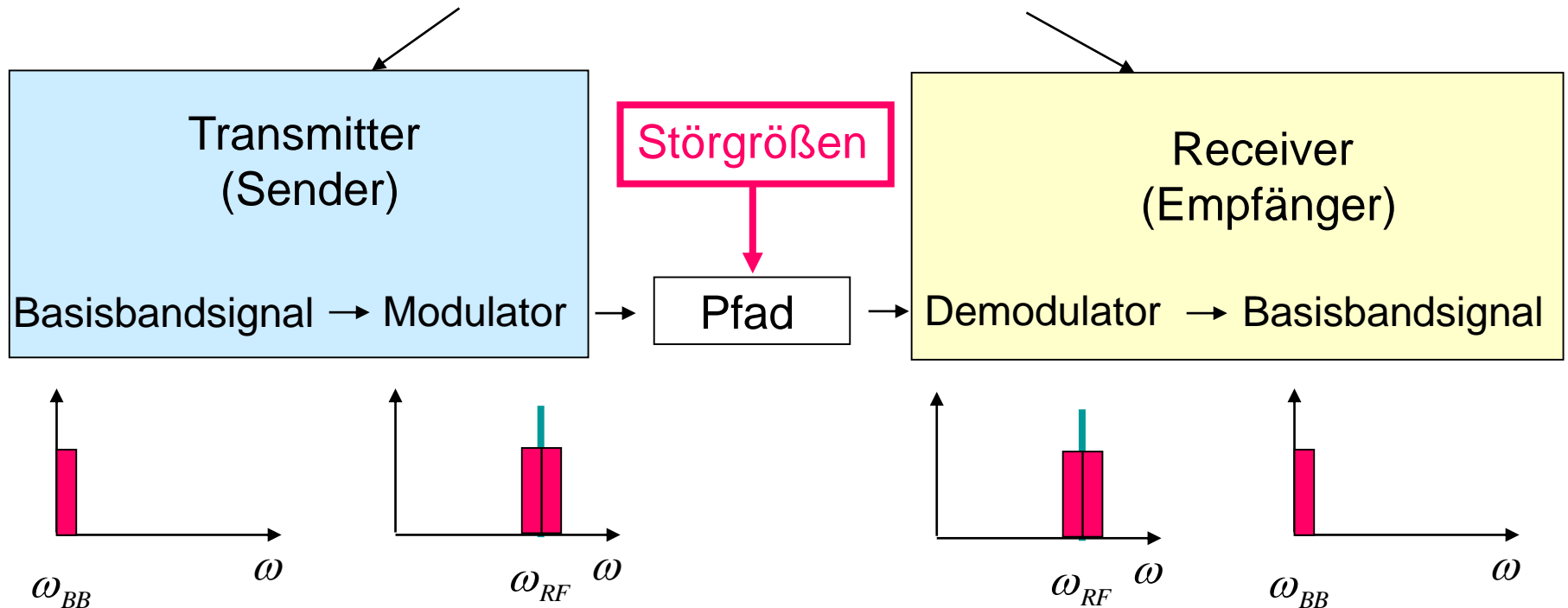
■ Modulationsverfahren

- Amplitudenmodulation/ „Amplitude Shift Keying (ASK)“
- Phasenmodulation/ „Phase Shift Keying (PSK)“
- Frequenzmodulation/ „Frequency Shift Keying (FSK)“

Problemstellung

„gute“ Verbindung
(möglichst gute Erfüllung aller Kenngrößen)

Modulationsverfahren und Demodulationsverfahren:



Störgrößen

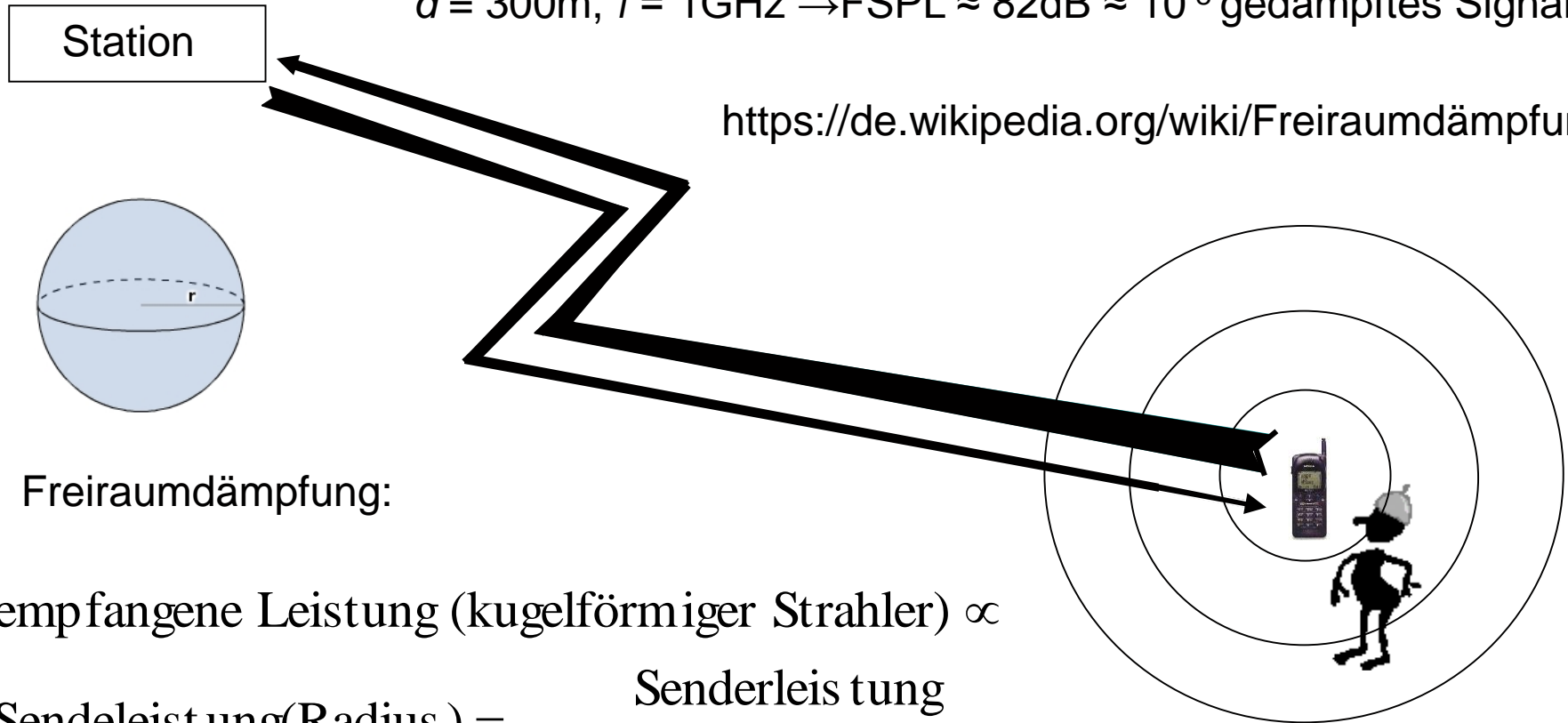
Störgrößen bei Übertragung durch einen Funkpfad:

-Dämpfung („Free Space Path Loss“) durch lange Übertragungswege

$$FSPL(dB) = 20 \cdot \log_{10}(d \text{ in m}) + 20 \cdot \log_{10}(f \text{ in Hz}) - 147,55$$

$$d = 300\text{m}, f = 1\text{GHz} \rightarrow FSPL \approx 82\text{dB} \approx 10^{-8} \text{ gedämpftes Signal}$$

<https://de.wikipedia.org/wiki/Freiraumdämpfung>



Freiraumdämpfung:

empfangene Leistung (kugelförmiger Strahler) \propto

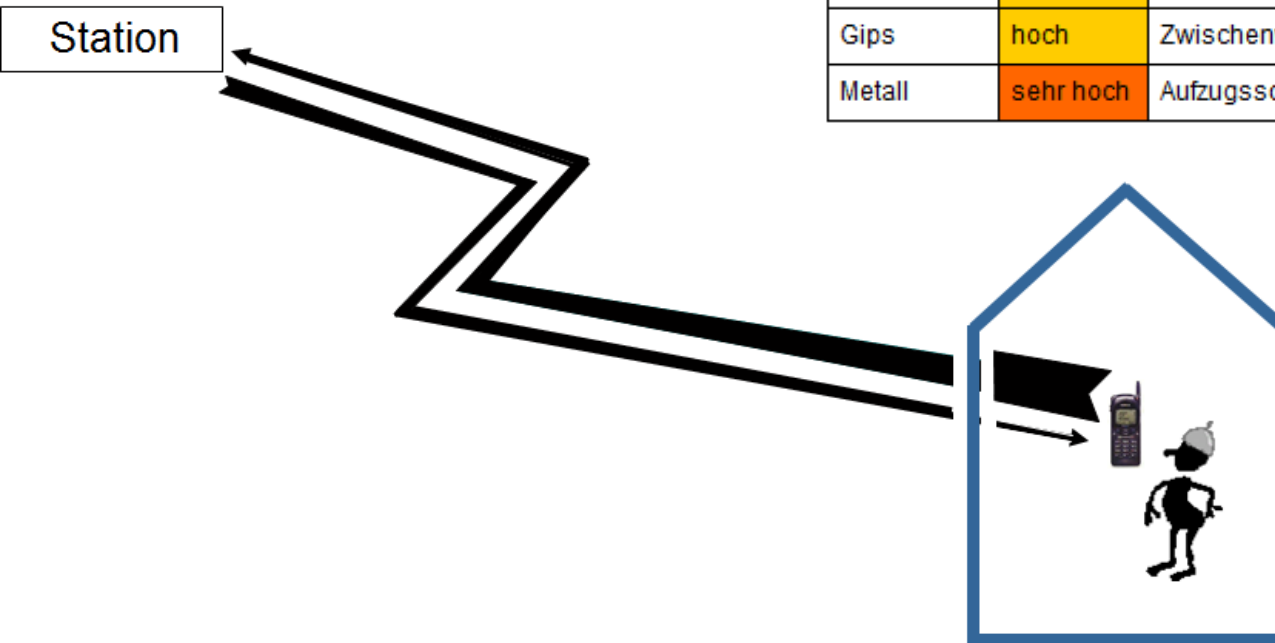
$$\text{Sendeleistung(Radius)} = \frac{\text{Senderleistung}}{\text{Kugeloberfläche(Radius}^2)}$$

Störgrößen

Störgrößen bei Übertragung durch einen Funkpfad:

-Dämpfung („path loss“)
durch Aufenthalt
in Häusern, Autos

Material	Dämpfung	Beispiele
Holz	gering	Möbel, Decken, Zwischenwände
Gips	gering	Zwischenwände ohne Metallgitter
Glas	gering	Fensterscheiben
Wasser	mittel	Mensch, feuchte Materialien, Aquarium
Mauersteine	mittel	Wände, Decken
Beton	hoch	massive Wände, stahlarmierte Betonwände
Gips	hoch	Zwischenwände mit Metallgitter
Metall	sehr hoch	Aufzugsschacht, Brandschutztüren, Stahlbetonkonstruktionen



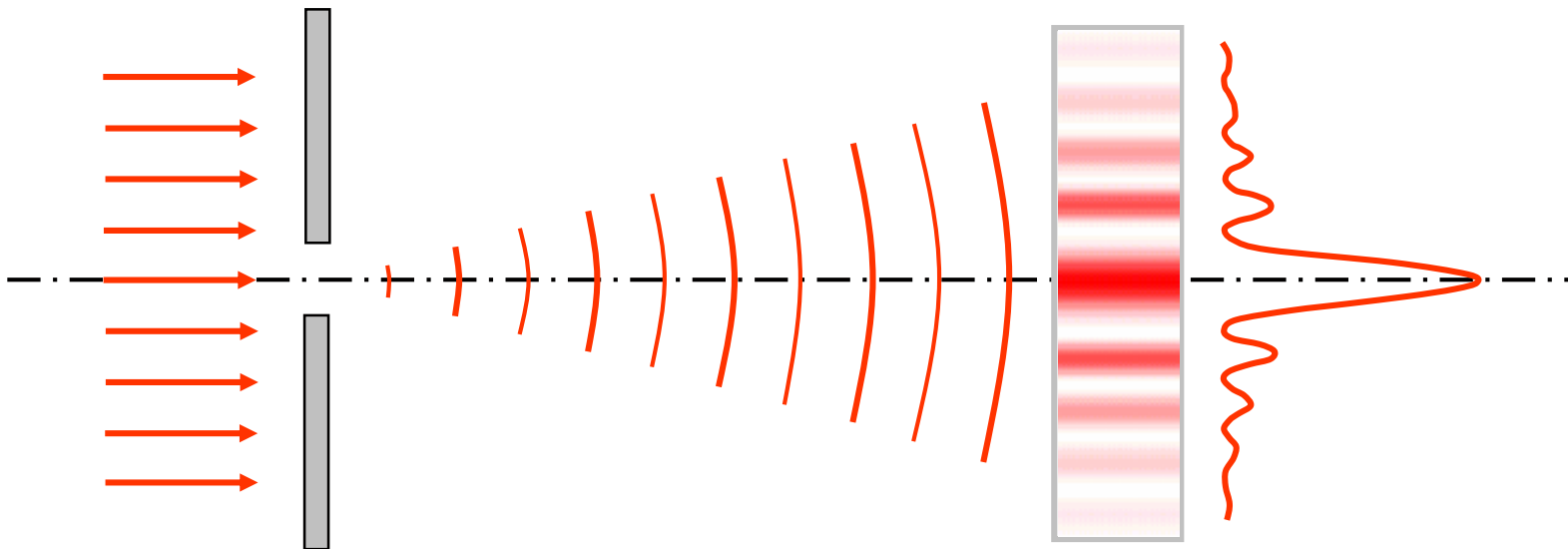
Auto: faradayscher Käfig



Störgrößen

Störgrößen bei Übertragung durch einen Funkpfad:

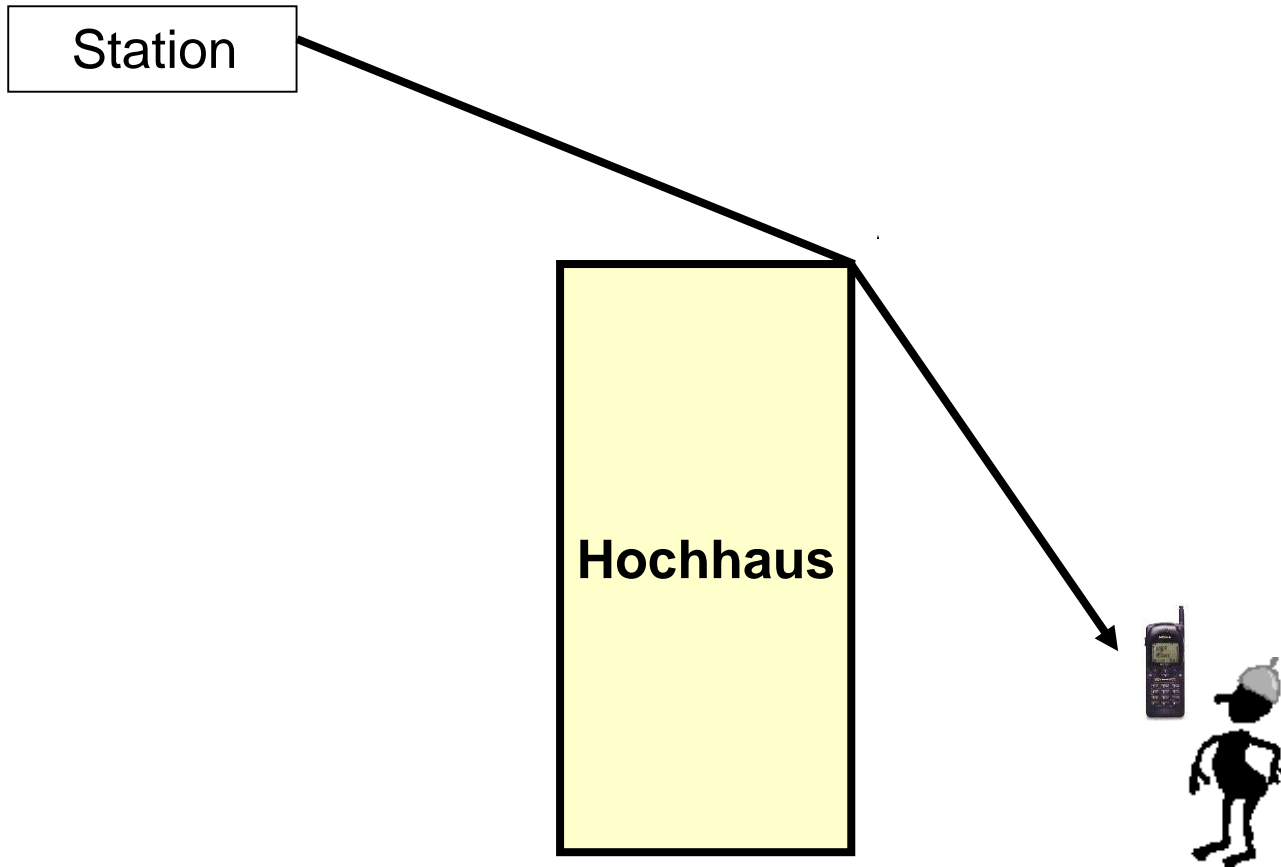
-Prinzip: Beugung durch Spalt (scharfe Kanten)



Störgrößen

Störgrößen bei Übertragung durch einen Funkpfad:

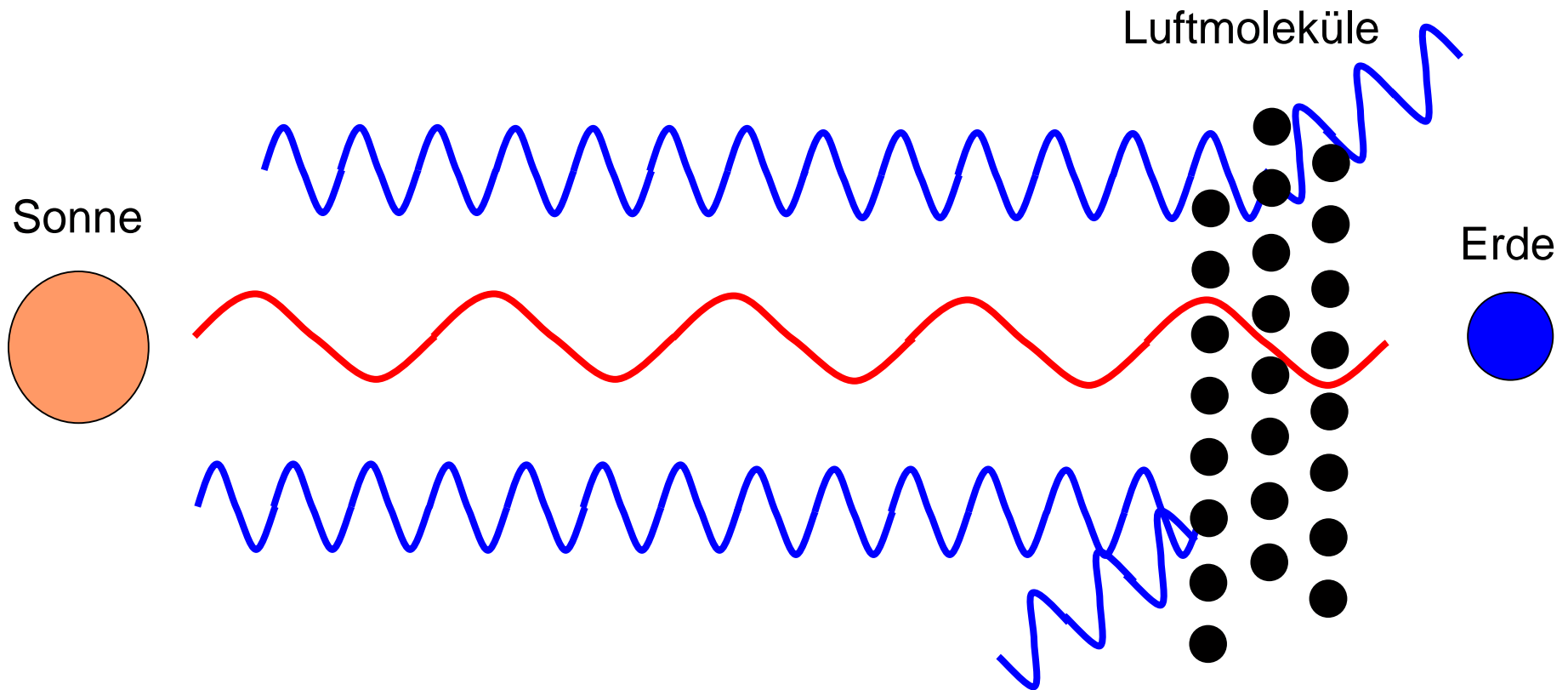
-Beugung durch Gebirge, Hochhäuser etc. (scharfe Kanten):



Störgrößen

Störgrößen bei Übertragung durch einen Funkpfad:

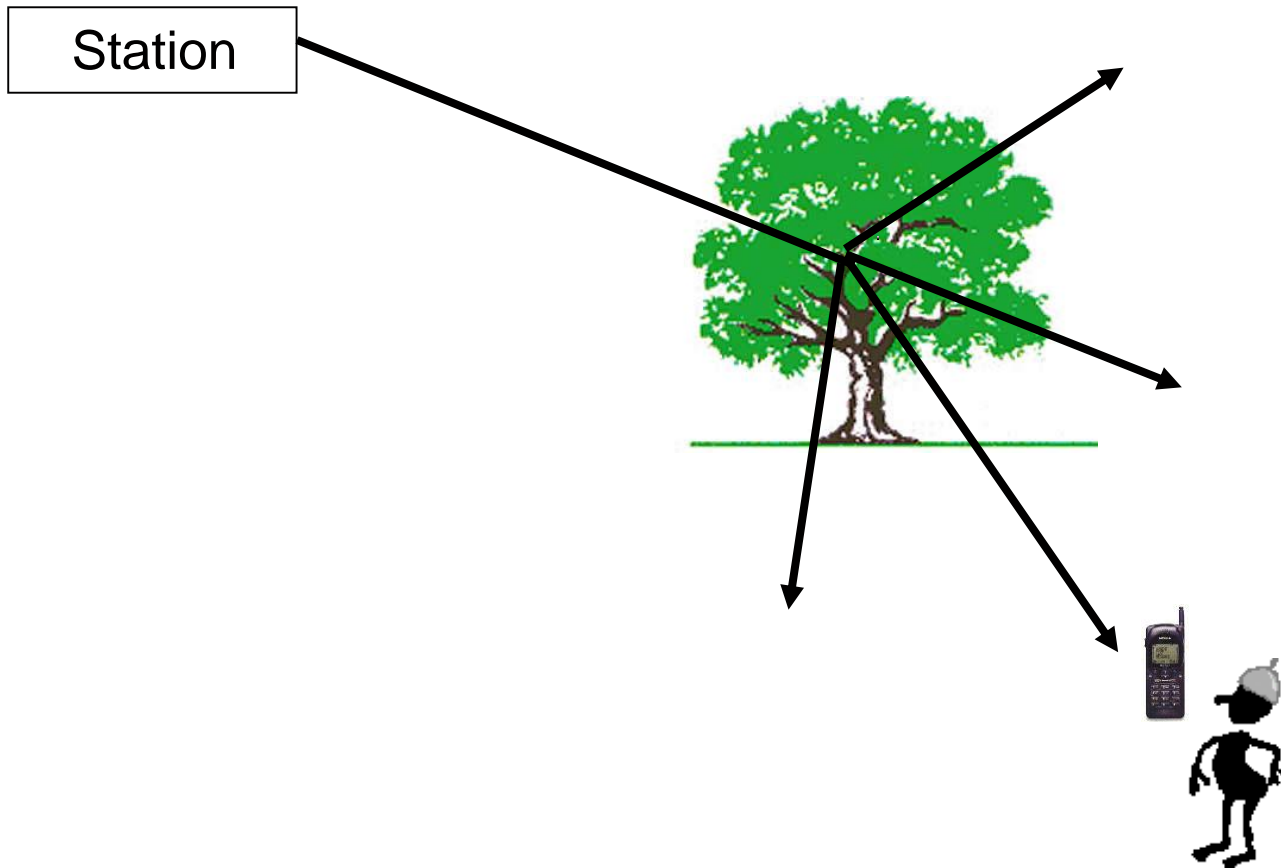
-wieso ist der Himmel blau?



Störgrößen

Störgrößen bei Übertragung durch einen Funkpfad:

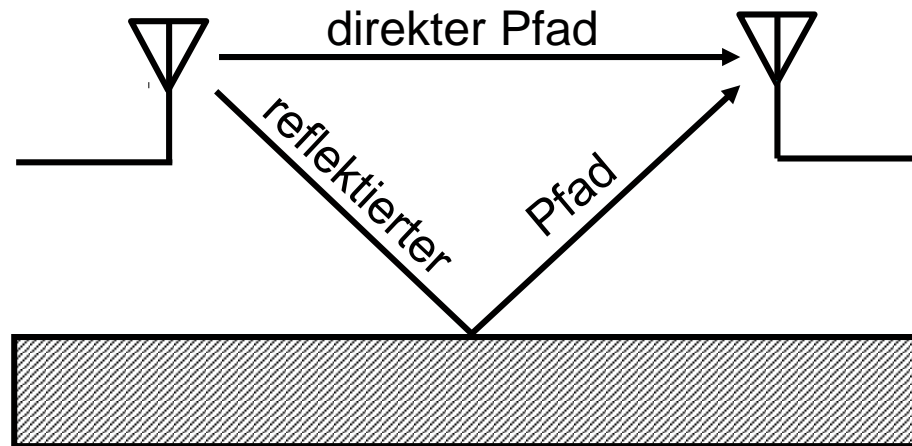
-Streuung durch Straßenschilder, Bäume, Belaubung, Regen etc.
(Ausdehnung $\ll \lambda$)



Störgrößen

Störgrößen bei Übertragung durch einen Funkpfad:

-Reflexionen durch Erdboden, Hochhäuser etc. (Ausdehnung $\gg \lambda$)

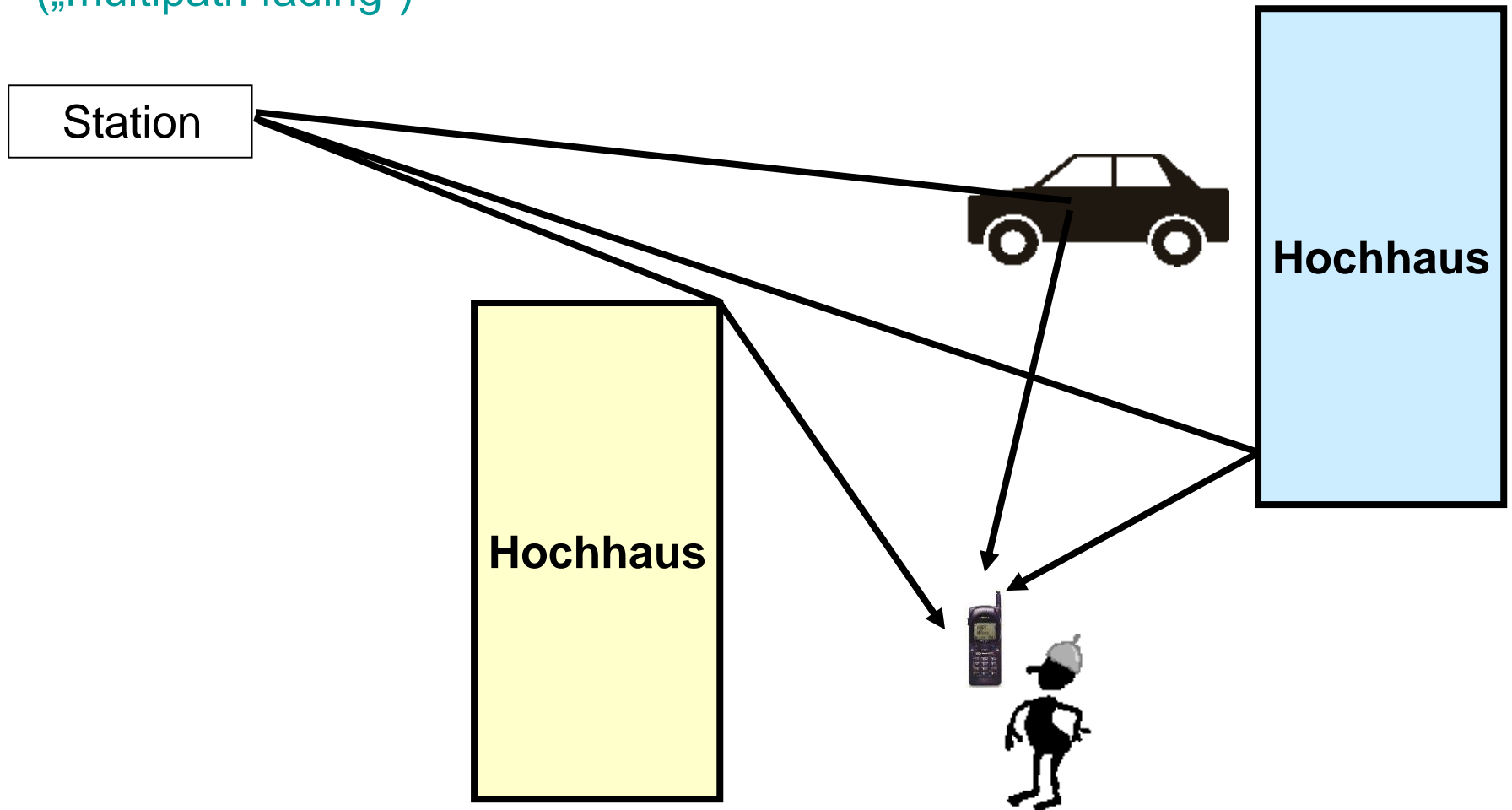


Verzögerung der reflektierten Welle

Störgrößen

Störgrößen bei Übertragung durch einen Funkpfad:

- Reflexionen durch Erdboden, Hochhäuser etc. (Ausdehnung $\gg \lambda$) („multipath fading“)



Störgrößen



„Hostile environment“:

- Dämpfung durch lange Übertragungswege, Aufenthalt in Häusern
- Beugung durch Gebirge, Hochhäuser etc. (scharfe Kanten)
- Streuung durch Straßenschilder, Bäume, Belaubung etc. (Ausdehnung $\ll \lambda$)
- Reflexionen durch Erdboden, Hochhäuser etc. (Ausdehnung $\gg \lambda$)
(multipath fading)
- Bewegung, Doppler-Effekt (z.Bsp. Autofahrt)
- Witterung (z.Bsp. Regenstreuung)
- Funkschatten (z.Bsp. Autofahrt in Tunnel)
-

⇒ **alle Störgrößen zusammengefasst:**

mathematische Beschreibung durch „path loss“ und durch Rauschen im Funkpfad „Additive White Gaussian Noise (AWGN)“

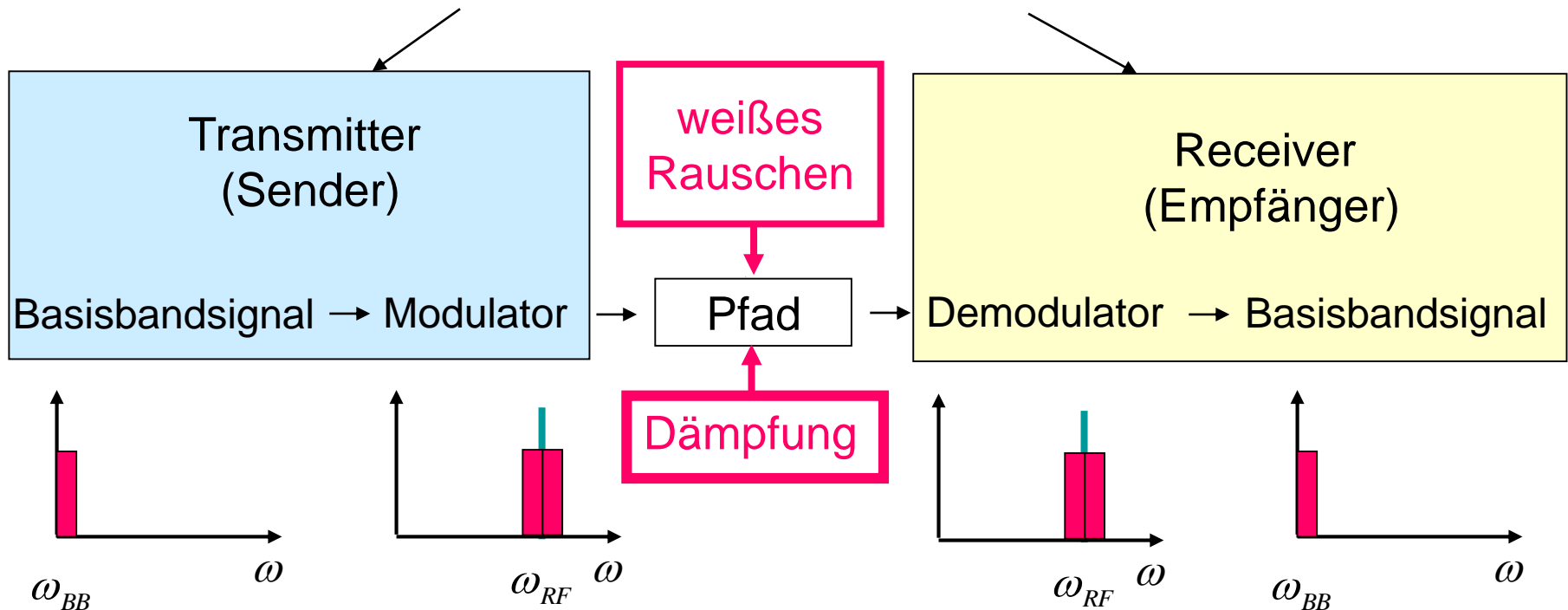
(mathematische Modellierung nicht vollständig, für diese Vorlesung wichtig !!)

Störgrößen

alle Störgrößen zusammengefasst:

Beschreibung durch „path loss“ und durch Rauschen im Funkpfad „Additive White Gaussian Noise (AWGN)“

Modulationsverfahren und Demodulationsverfahren:



Gliederung 1. Teil

■ Problemstellung

- Störgrößen bei Übertragung durch einen Funkpfad
- Mathematische Beschreibung der Störgrößen

Kenngrößen

- Übertragungsqualität, Rauschempfindlichkeit
- benötigte Bandbreite: „spectral efficiency“
- benötigter Senderverstärker: linear oder nicht linear? „power efficiency“

■ Modulationsverfahren

- Amplitudenmodulation/ „Amplitude Shift Keying (ASK)“
- Phasenmodulation/ „Phase Shift Keying (PSK)“
- Frequenzmodulation/ „Frequency Shift Keying (FSK)“

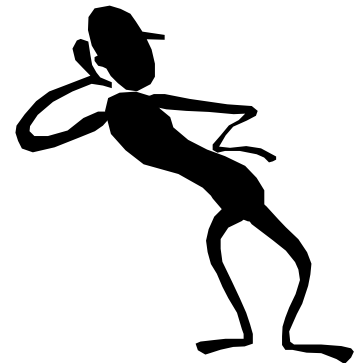
Kenngrößen SNR/BER

Übertragungsqualität:

Frage: wieviel „brauchbares“ Signal kommt beim Empfänger an bei einer gegebenen Dämpfung des Übertragungsweges („path loss“), „Additive White Gaussian Noise (AWGN)“ und bei einer gegebenen Sendeleistung?

Messgröße analoge Verfahren: Signal-zu-Rausch-Verhältnis,
(Signal-to-Noise-Ratio SNR)

Messgröße digitale Verfahren: Bit Error Rate BER



Kenngrößen „spectral efficiency“

benötigte Bandbreite: „spectral efficiency“ :

Frage: welche Bandbreite benötigt das modulierte RF-Signal?



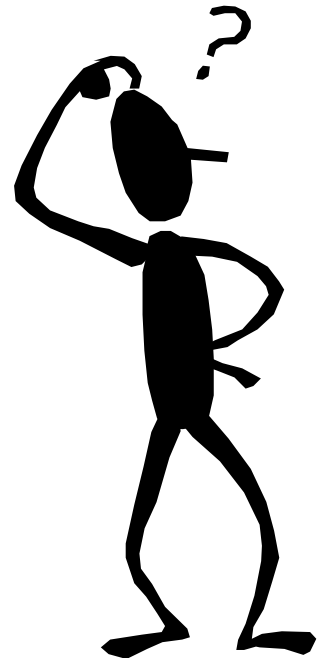
- sehr wichtig bei bandbegrenzten Funkpfaden (also immer!)
- meist entscheidender Faktor: „Modulationsindex“, „Modulationsfaktor“
- komplizierte analytische Ausdrücke

Kenngrößen

benötigter Sendeverstärker: „power efficiency“ :

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

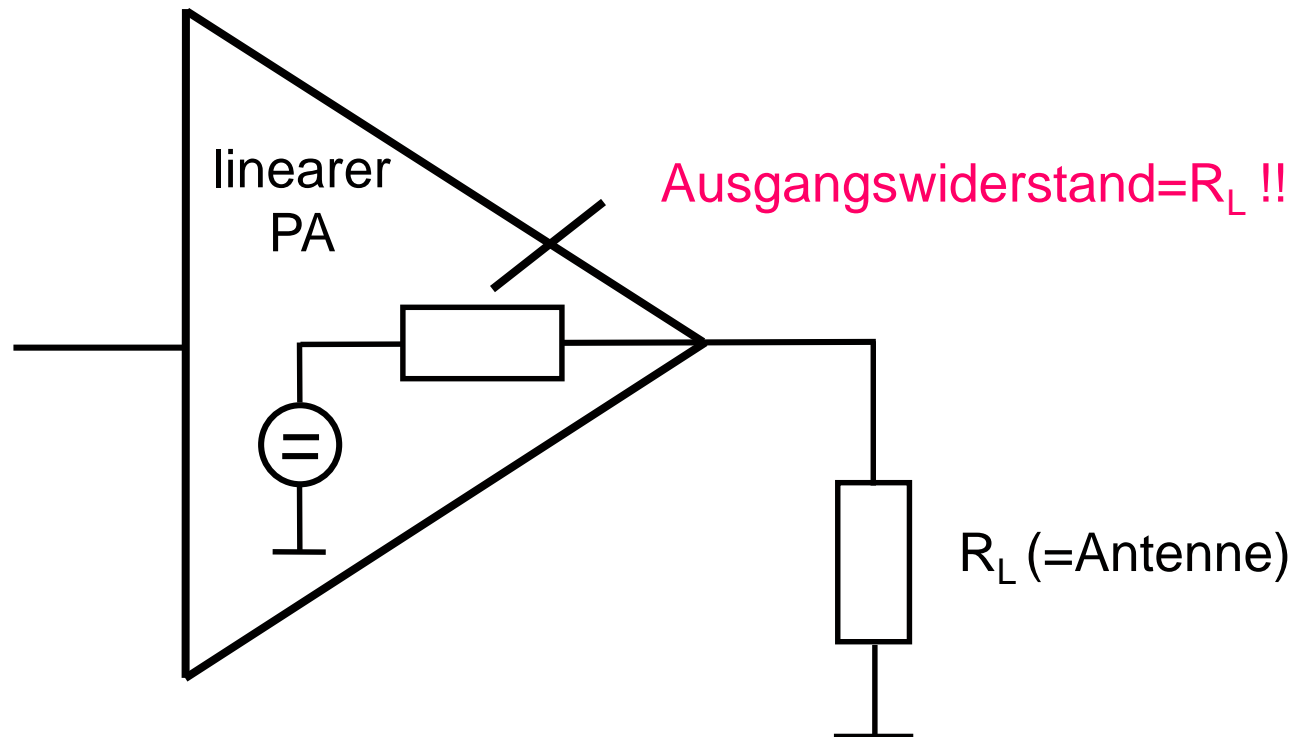
Unterschied linearer-nichtlinearer Sendeverstärker ??



Kenngrößen

benötigter Sendeverstärker: „power efficiency“ :

linearer Sendeverstärker: Leistungsanpassung !!

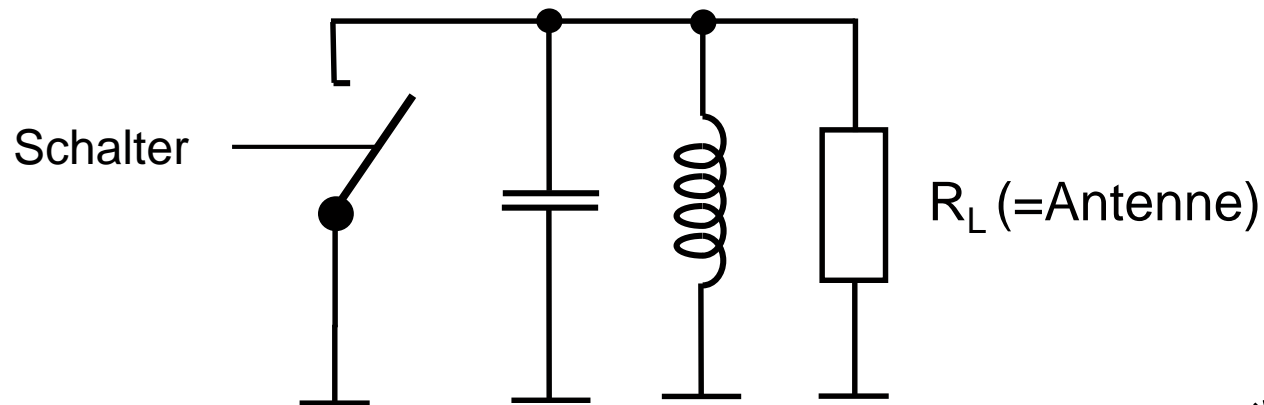


Wirkungsgrad maximal 50% (theoretisch)

Kenngrößen „power efficiency“

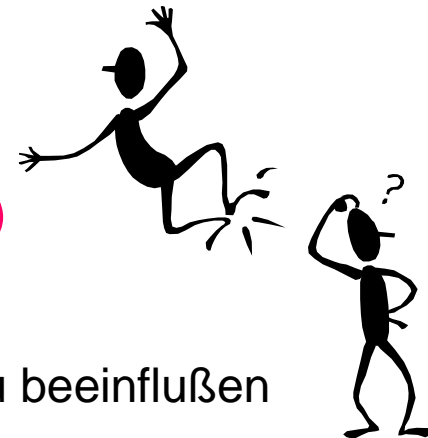
benötigter Sendeverstärker: „power efficiency“ :

nichtlinearer Sendeverstärker: keine Leistungsanpassung !!



Wirkungsgrad maximal 100% (theoretisch)

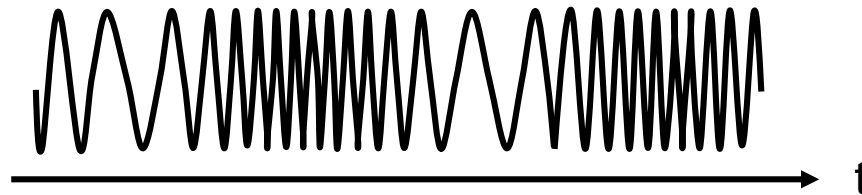
aber keine Möglichkeit die Amplitude des Ausgangssignals zu beeinflussen



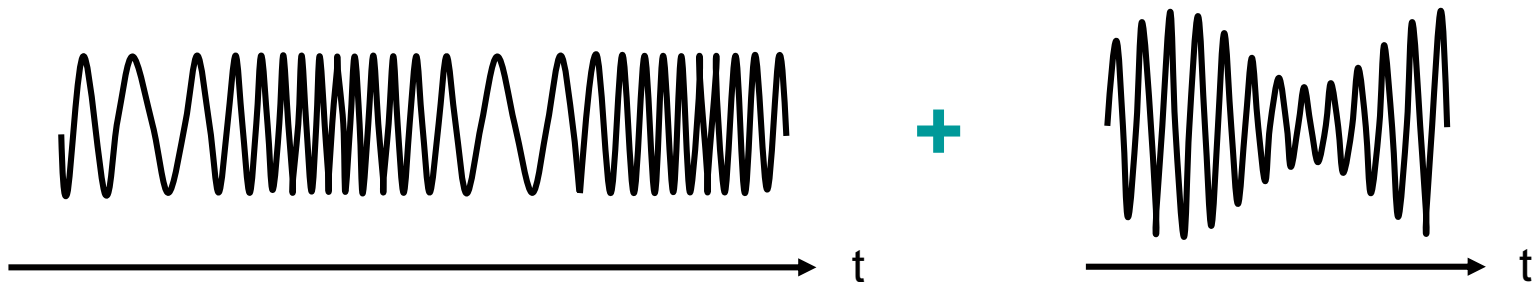
Kenngrößen „power efficiency“

benötigter Sendeverstärker: „power efficiency“ :

nichtlinearer Sendeverstärker: nur für Modulationsverfahren, die ein „constant-envelope“ Signal (gleiche Amplitude) erzeugen



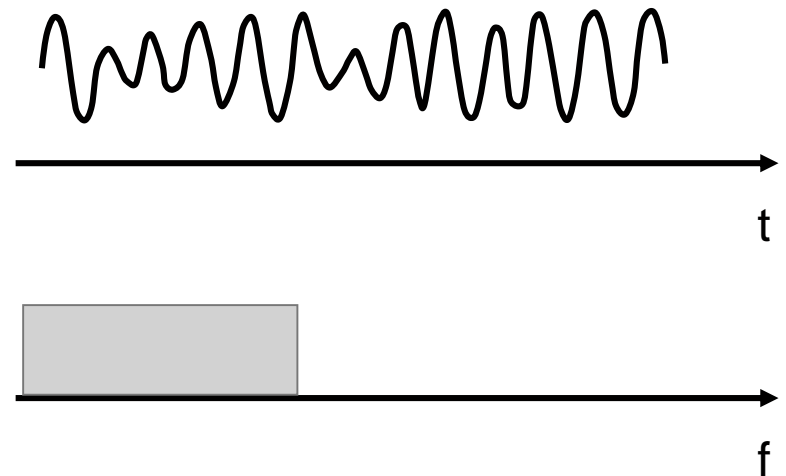
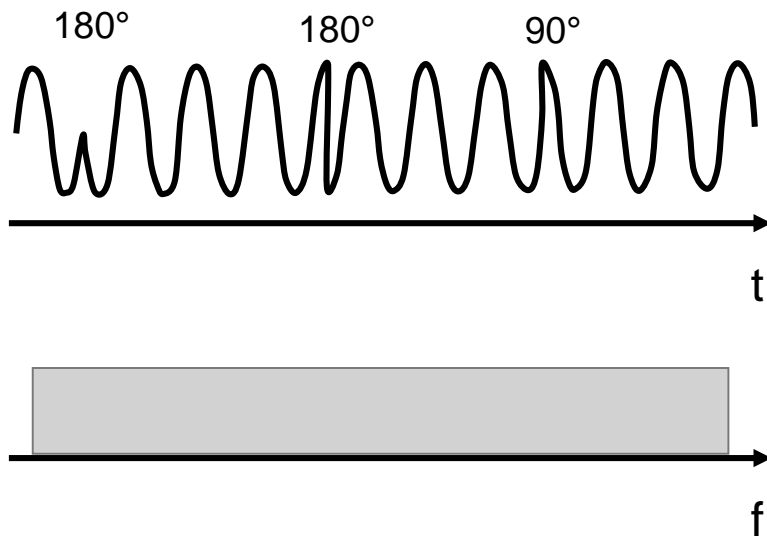
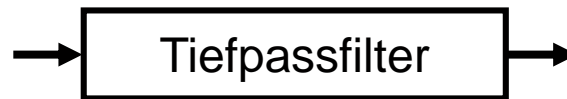
linearer Sendeverstärker: alle Modulationsverfahren auch „variable-envelope“ Signal (variable Amplitude)



Kenngrößen „power efficiency“

benötigter Sendeverstärker: „power efficiency“ :

variable-envelope Signal auch, wenn constant-envelope mit scharfen Phasenübergängen über einen Tiefpaß geschickt wird !!



Kenngrößen

Übertragungsqualität:

Frage: wieviel „brauchbares“ Signal kommt an bei einer gegebenen Dämpfung des Übertragungsweges („path loss“), „Additive White Gaussian Noise (AWGN)“ und bei einer gegebenen Sendeleistung?

Messgröße digitale Verfahren: Bit Error Rate (BER)

Ziel: möglichst kleine BER

benötigte Bandbreite: „spectral efficiency“ :

Frage: welche Bandbreite benötigt das modulierte RF-Signal?

Ziel: möglichst kleine Bandbreite

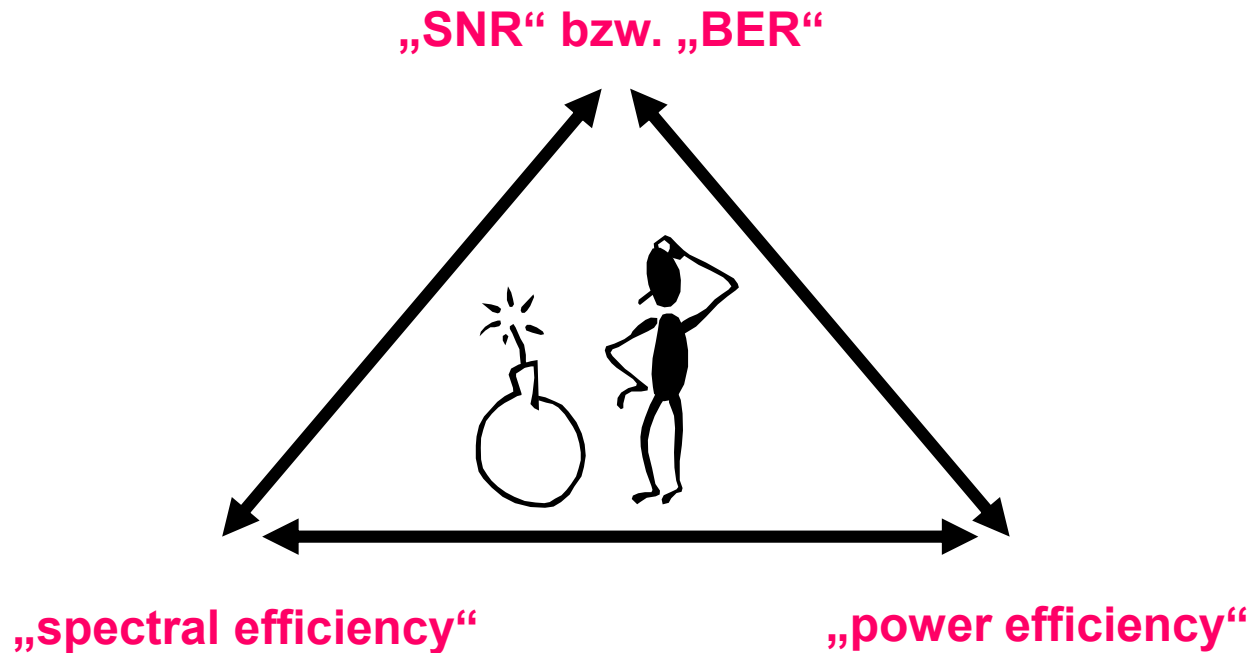
benötigter Sendeverstärker: „power efficiency“ :

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

Ziel: nichtlinearer Sendeverstärker

Kenngrößen

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



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

Gliederung 1. Teil

- Problemstellung
 - Störgrößen bei Übertragung durch einen Funkpfad
 - Mathematische Beschreibung der Störgrößen
- Kenngrößen
 - Übertragungsqualität, Rauschempfindlichkeit
 - benötigte Bandbreite: „spectral efficiency“
 - benötigter Senderverstärker: linear oder nicht linear? „power efficiency“



Modulationsverfahren

- Amplitudenmodulation/ „Amplitude Shift Keying (ASK)“
- Phasenmodulation/ „Phase Shift Keying (PSK)“
- Frequenzmodulation/ „Frequency Shift Keying (FSK)“

Analoge/Digitale Modulationsverfahren

Mobilfunk mittlerweile nur digitale Verfahren !!!

Die Unterschied zu analogen Verfahren drückt sich in der Namensgebung aus:

Analoge Verfahren:
(analoges Basisbandsignal)

Amplitudenmodulation
Phasenmodulation
Frequenzmodulation

Digitale Verfahren:
(digitales Basisbandsignal)

Amplitude Shift Keying (ASK)
Phase Shift Keying (PSK)
Frequency Shift Keying (FSK)

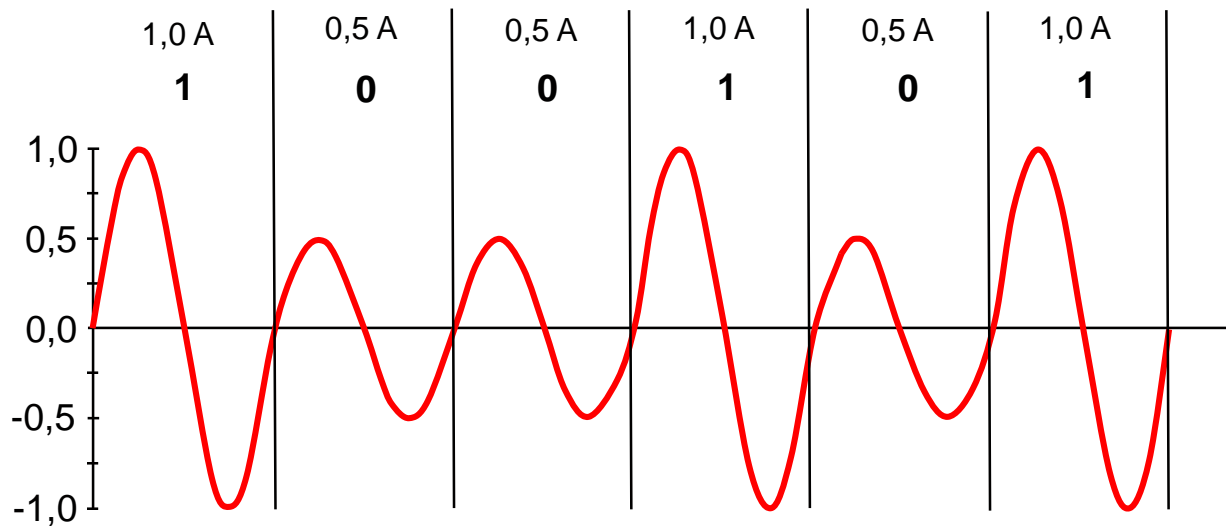
Shift Keying = Umtastung

Digitale Verfahren

Amplitude Shift Keying im Zeitbereich

$$V_{ASK}(t) = A_{RF} \cdot [1 + m \cdot V_{BB}(t)] \cdot \cos \omega_{RF}(t)$$

Modulationsindex



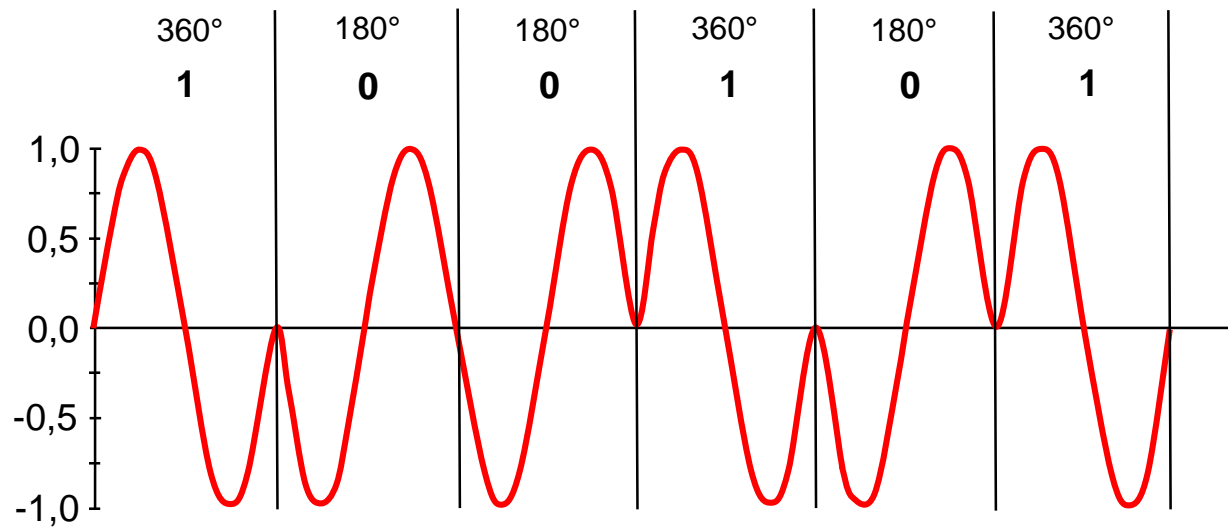
Beispiel: $m=0,5$

Digitale Verfahren

Phase Shift Keying im Zeitbereich

$$V_{PSK}(t) = A_{RF} \cdot \cos[\omega_{RF}(t) + m \cdot V_{BB}(t)]$$

↙
Modulationsindex

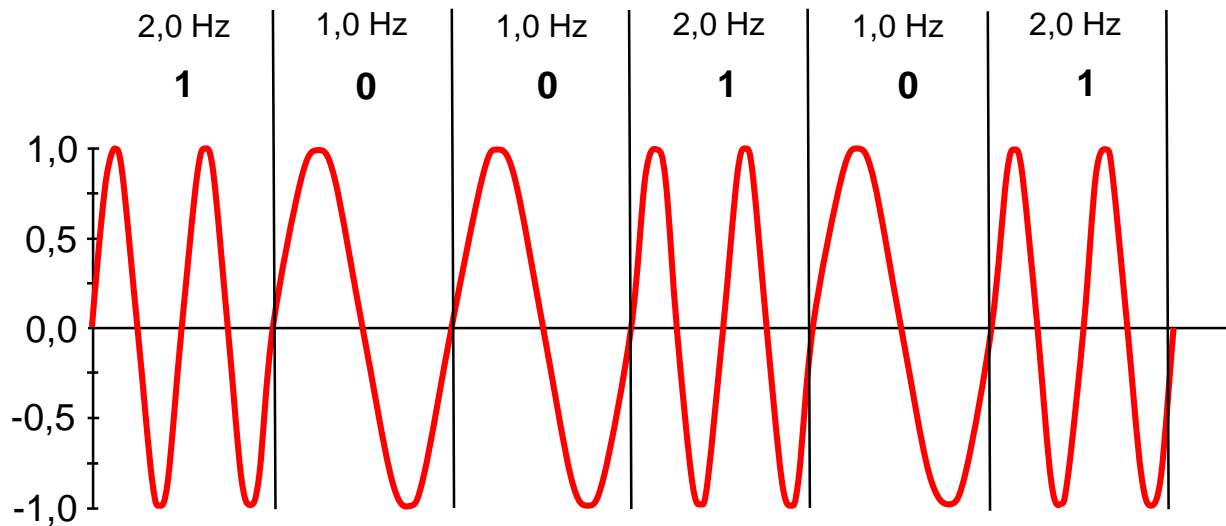


Digitale Verfahren

Frequency Shift Keying im Zeitbereich

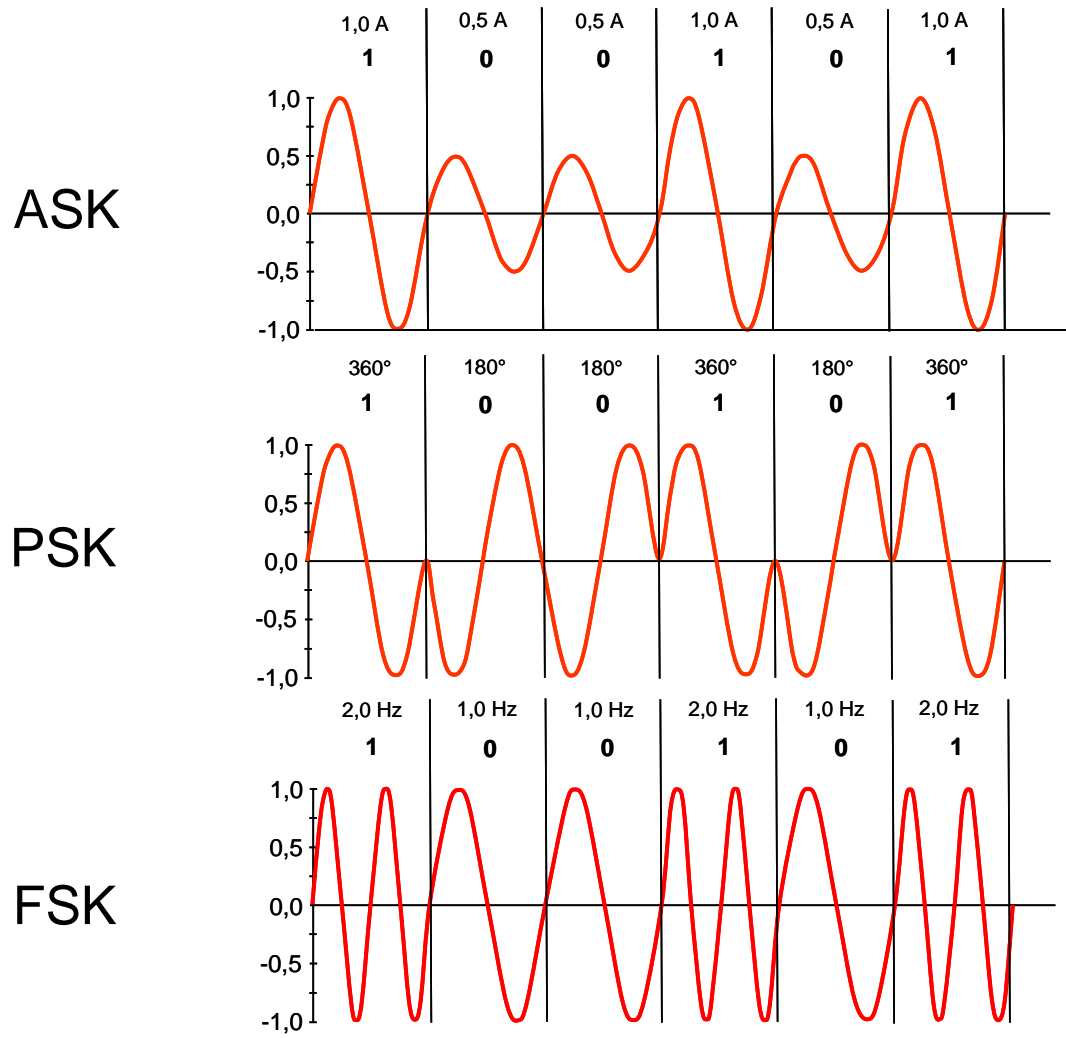
$$V_{FSK}(t) = A_{RF} \cdot \cos \left[\omega_{RF}(t) + m \cdot \int_{-\infty}^t V_{BB}(t) dt \right]$$

↙
Modulationsindex



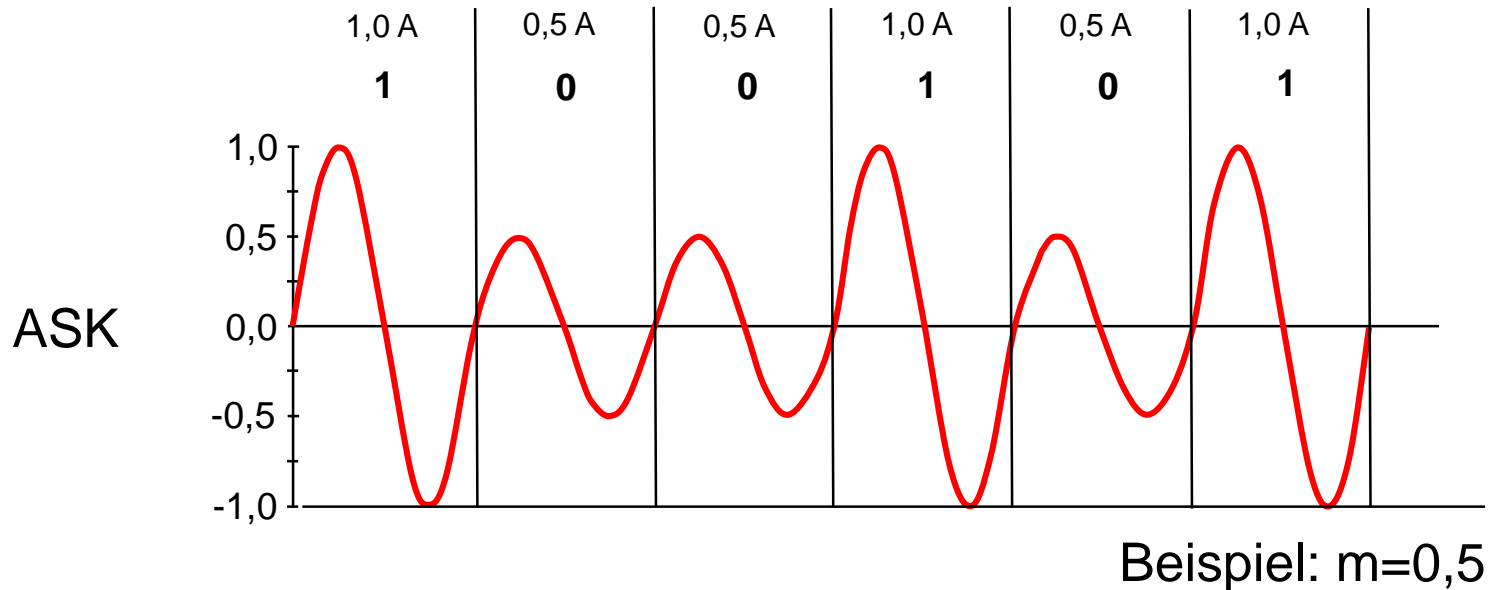
Digitale Verfahren

Beurteilen Sie die Verfahren ASK, PSK und FSK nach ihrer „power efficiency“ (linearer/nichtlinearer Sendeverstärker) !!



Digitale Verfahren

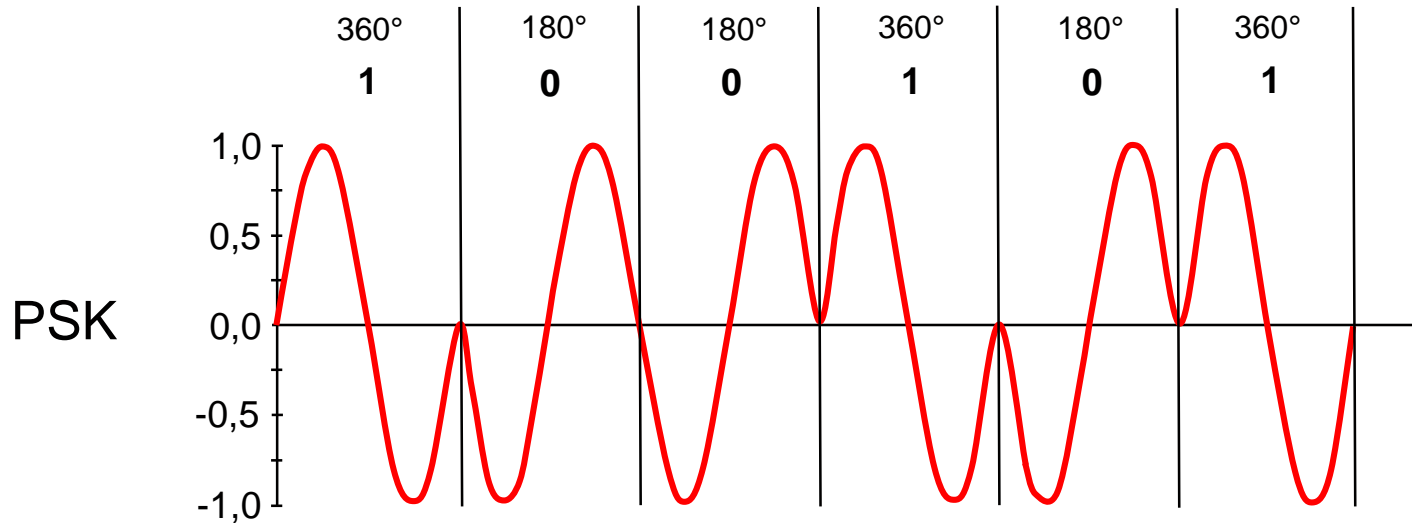
Antwort für ASK:



ASK erzeugt ein variable-envelope Signal \Rightarrow linearer Sendeverstärker

Digitale Verfahren

Antwort für PSK:



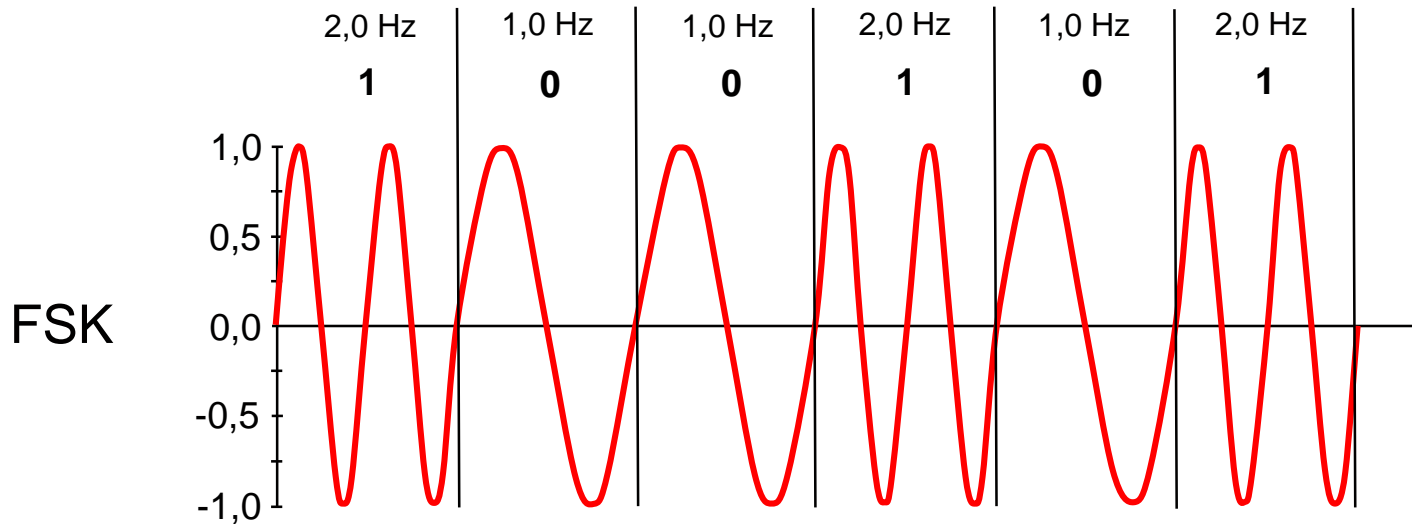
PSK erzeugt ein constant-envelope Signal \Rightarrow nichtlinearer Sendeverstärker
aber Tiefpaßfilter (unvermeidlich in Übertragungspfad !):

PSK + Tiefpaßfilter erzeugen ein variable-envelope Signal
 \Rightarrow linearer Sendeverstärker !!



Digitale Verfahren

Antwort für FSK:



FSK erzeugt ein constant-envelope Signal \Rightarrow nichtlinearer Sendeverstärker

Gliederung 1. Teil (Digitale Verfahren)

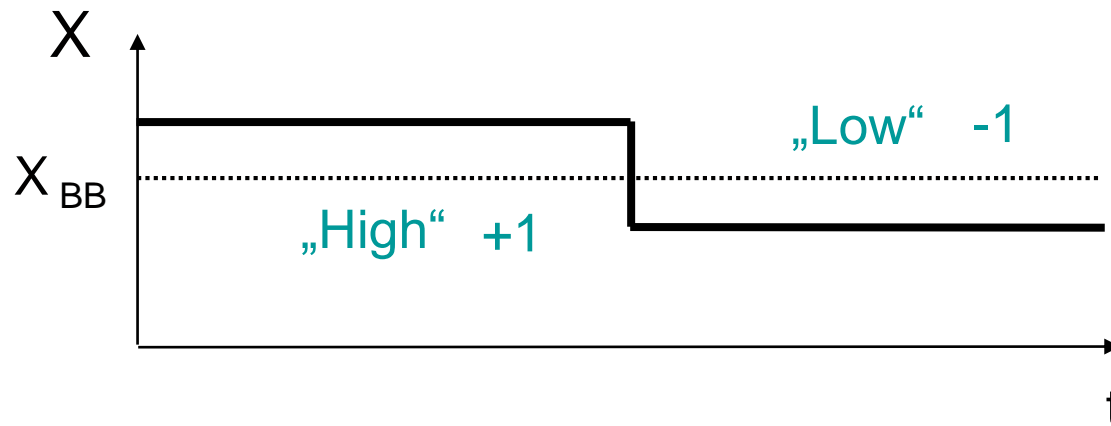
Digitale binäre Verfahren

- Digitale Demodulation
 - „Binary Amplitude Shift Keying“
 - „Binary Phase Shift Keying“
 - „Binary Frequency Shift Keying“, „Binary Minimum Shift Keying“
 - Vergleich „Binary Phase/Frequency Shift Keying“
 - „non-coherent detection“ ?
- Vorbemerkung: „Intersymbol interference (ISI)“
 - Was ist „ISI“?
 - Nyquist-Kriterium, Nyquist-Filter
 - Alternative: Gauß-Filter
 - „(Gaussian) Minimum Shift Keying“
 - Zusammenfassung der 1. Teiles

Erklärung digitale „binäre“ Verfahren

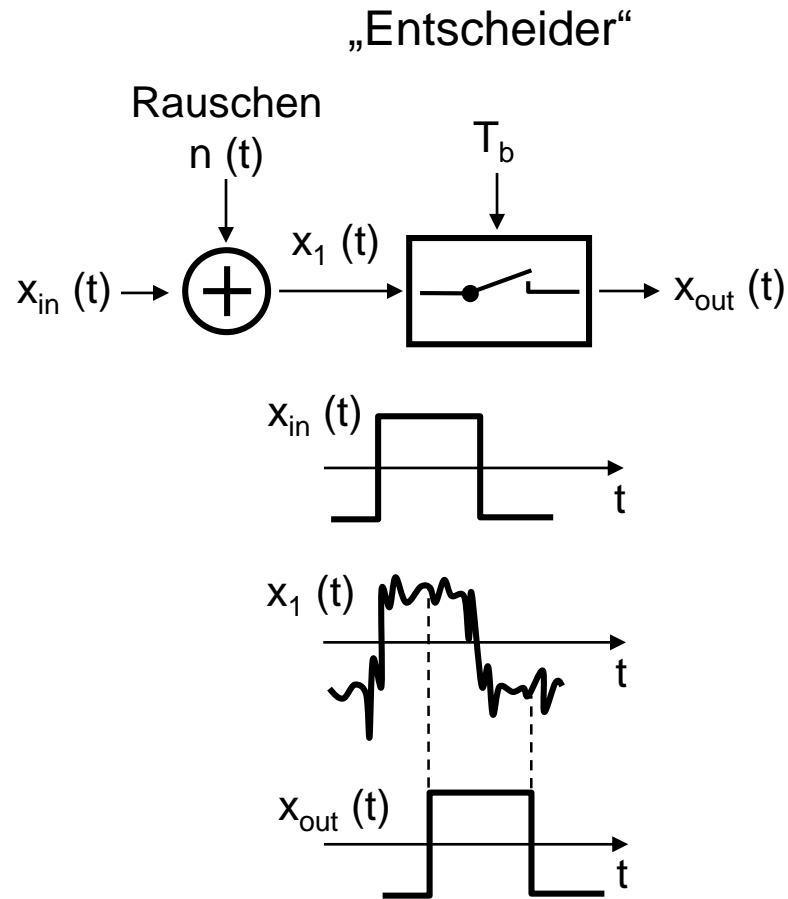
Als Ausgangssignal im Basisband wird ein „binäres (=zweistufiges)“ digitales Signal genommen, also eine Abfolge von „High“ und „Low“-Signalen:

Beispiel:



Digitale Demodulation

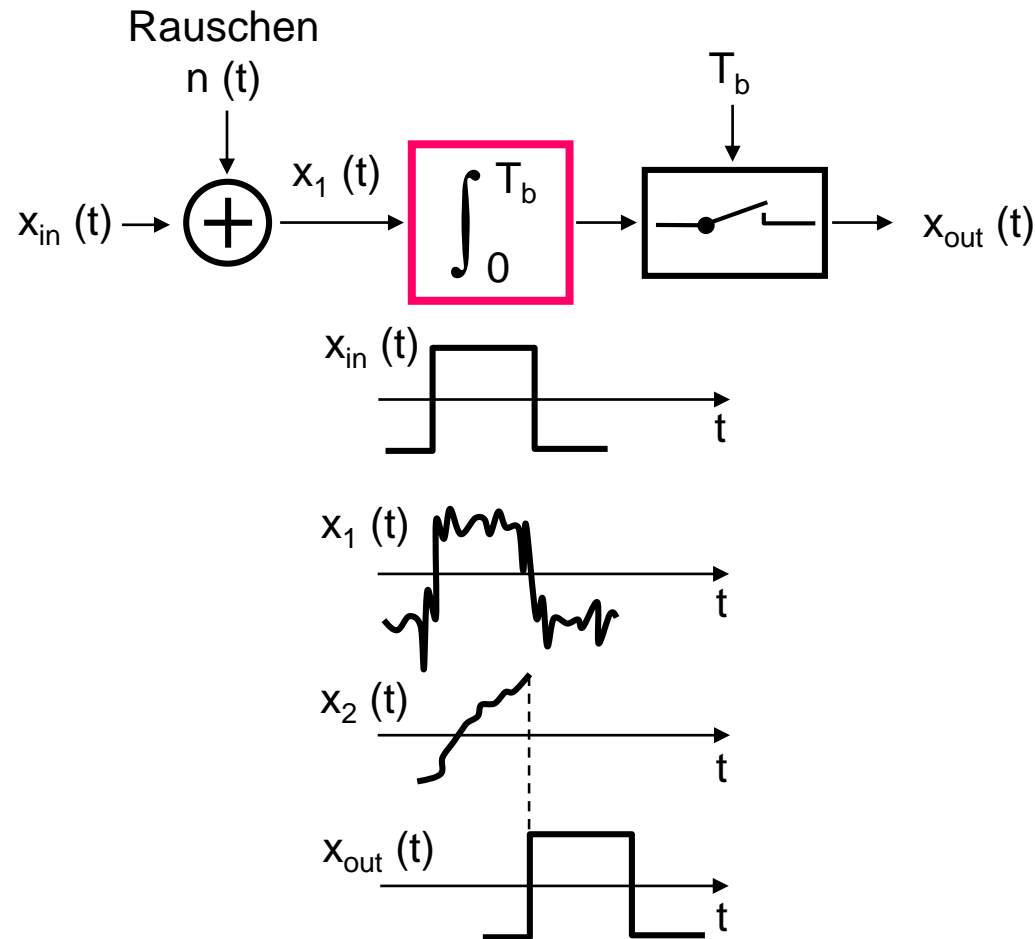
konventionelle digitale Demodulation:



Digitale Demodulation

optimierte digitale Demodulation: statistisches Rauschen \Rightarrow Integration !!
 \Rightarrow BER besser

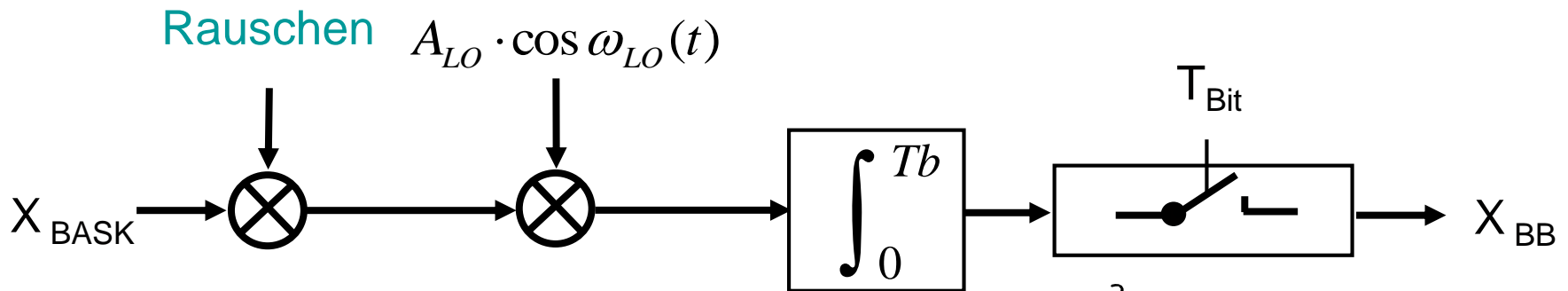
Integration durch „matched Filter“ neben anderen Bedingungen



Digitale Demodulation

bei optimierter Demodulation nötig:

Demodulation durch Mischung mit $A_{LO} \cdot \cos \omega_{LO}(t) = A_{RF} \cdot \cos \omega_{RF}(t)$



Startpunkt ??



- aber wegen Startpunkt des „matched filters“ :

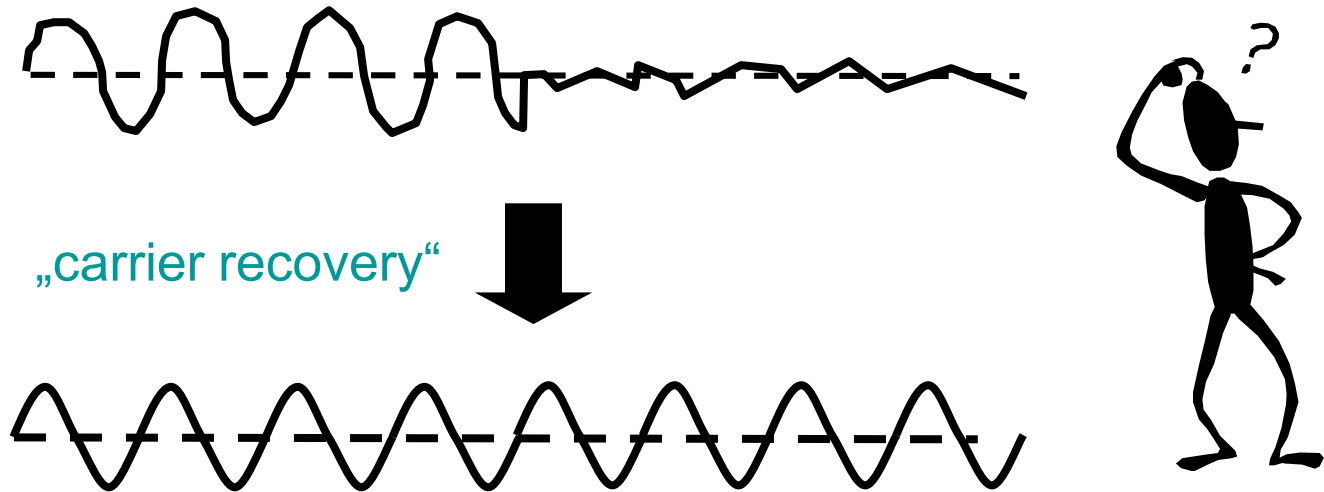
muß einen gemeinsamen Startpunkt für $\cos_{RF}(t)$ und $\cos_{LO}(t)$ besitzen

(„coherent detection“) \Rightarrow „carrier recovery“ (frequenz- und phasenrichtig !!)

\Rightarrow erhöhter Schaltungsaufwand !!

Digitale Demodulation

„carrier recovery“ (frequenz- und phasenrichtig !!)



- ⇒ erhöhter Schaltungsaufwand (z.Bsp. Phase-Locked-Loop) !!
- ⇒ erhöhter Leistungsverbrauch bei Handys
- ⇒ kürzere Standby- und Sprechzeiten
- ⇒ wenn möglich vermeiden („non-coherent detection“) !!

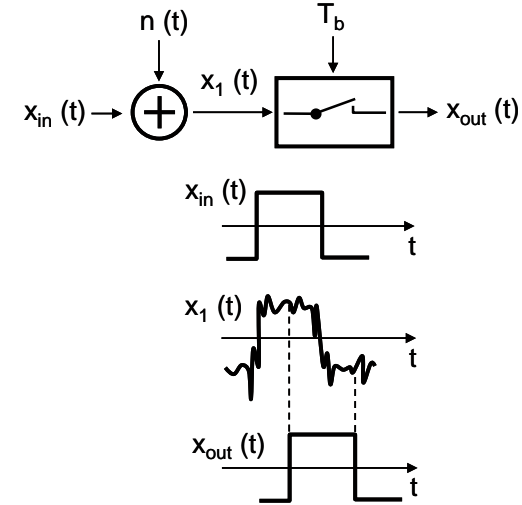
Digitale Demodulation

konventionelle digitale Demodulation:

non-coherent detection

⇒ kein Schaltungsaufwand
für „carrier recovery“

⇒ BER schlechter, für „Handy“ bevorzugt

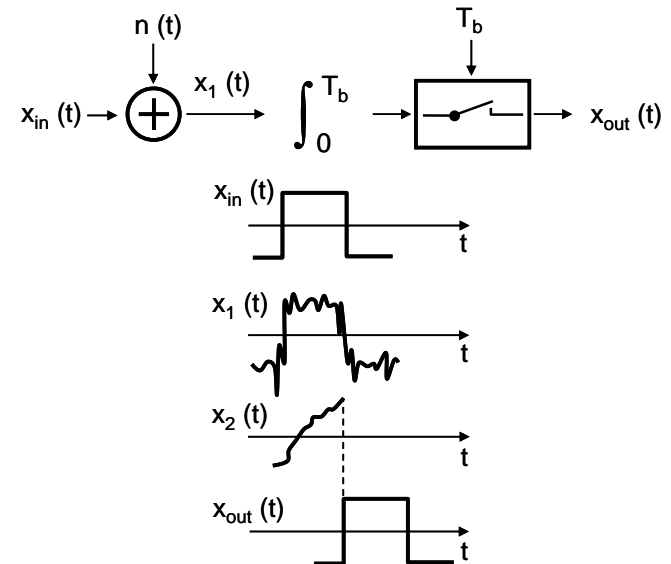


optimierte digitale Demodulation:

coherent detection

⇒ Schaltungsaufwand
für „carrier recovery“

⇒ BER besser, für „Handy“ nachteilig



Gliederung 1. Teil (Digitale Verfahren)

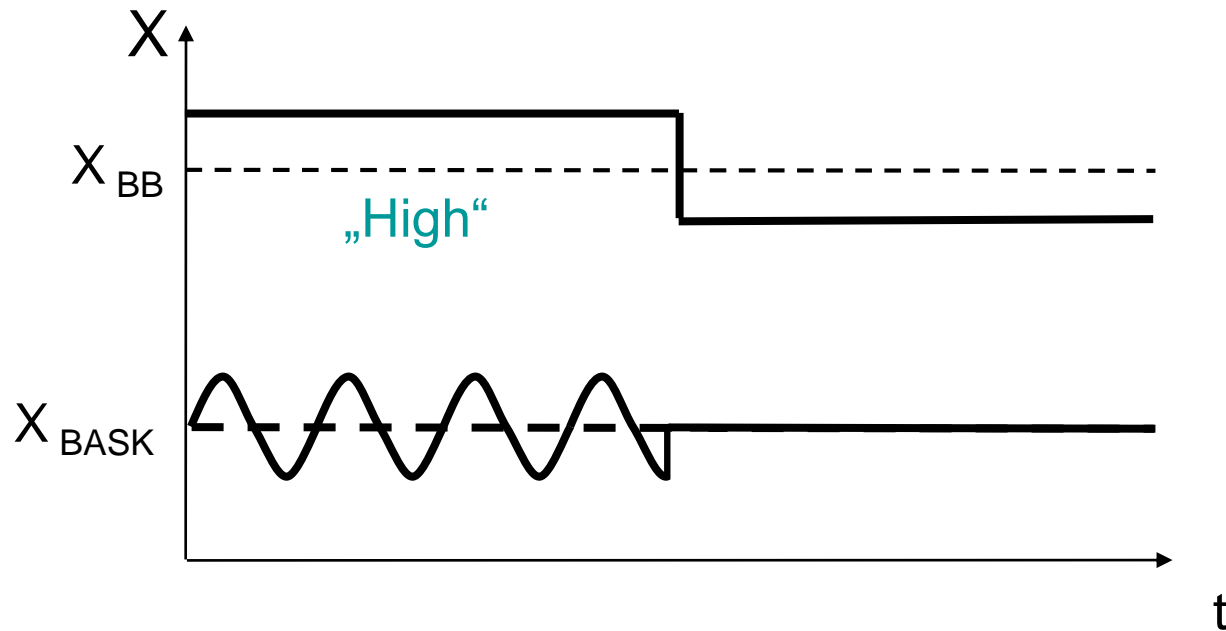
- Digitale binäre Verfahren
 - Digitale Demodulation
 - „Binary Amplitude Shift Keying“
 - „Binary Phase Shift Keying“
 - „Binary Frequency Shift Keying“, „Binary Minimum Shift Keying“
 - Vergleich „Binary Phase/Frequency Shift Keying“
 - „non-coherent detection“ ?
- Vorbemerkung: „Intersymbol interference (ISI)“
 - Was ist „ISI“?
 - Nyquist-Kriterium, Nyquist-Filter
 - Alternative: Gauß-Filter
 - „(Gaussian) Minimum Shift Keying“
- Zusammenfassung der 1. Teiles

BASK Modulation

Prinzip des Binary Amplitude Shift Keying (BASK) im Zeitbereich:

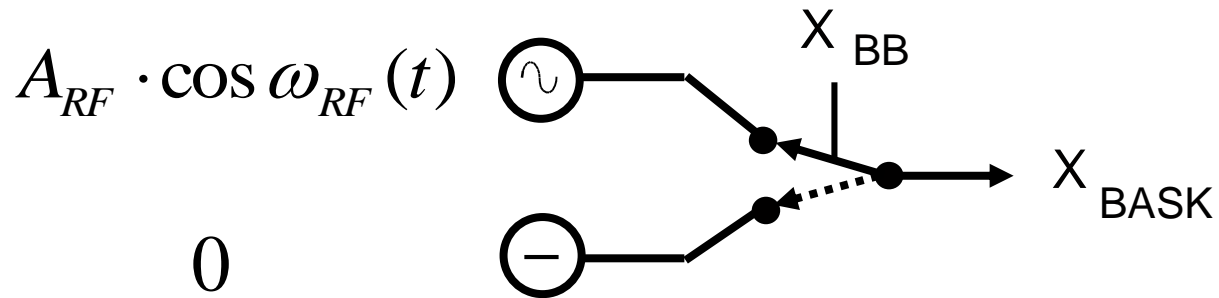
„High“ $X_{BASK}(t) = A_{RF} \cdot \cos \omega_{RF}(t)$

„Low“ $X_{BASK}(t) = 0$

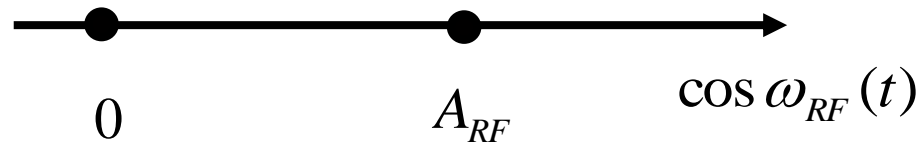


BASK Modulation

Prinzip der Modulation:



Signal-Darstellung:

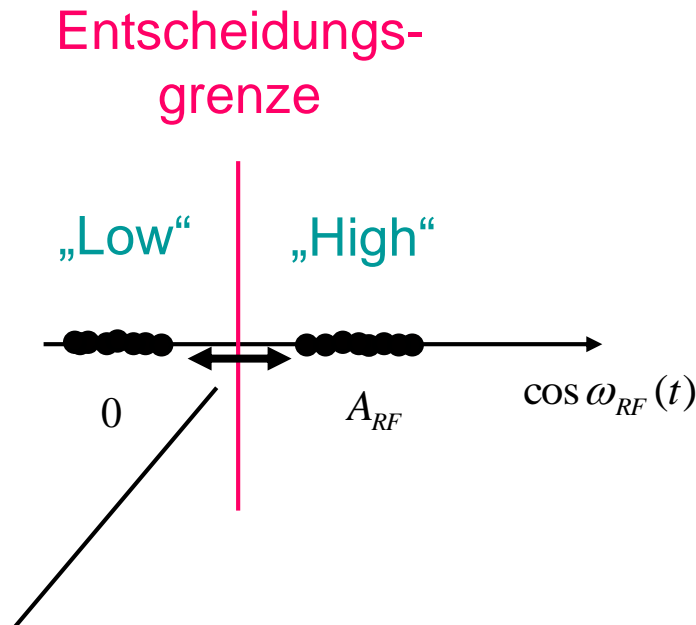


BASK Demodulation

Frage: wieso ist die Modulation („High“, „Low“) so gewählt worden ?

Antwort: bei einer solchen Modulation ist der Abstand der „High“ und „Low“ repräsentierenden modulierten Signale am höchsten, bei kleineren Werten nimmt er ab

⇒ niedrigste Bit Error Rate (BER) bei einer solchen Modulation !

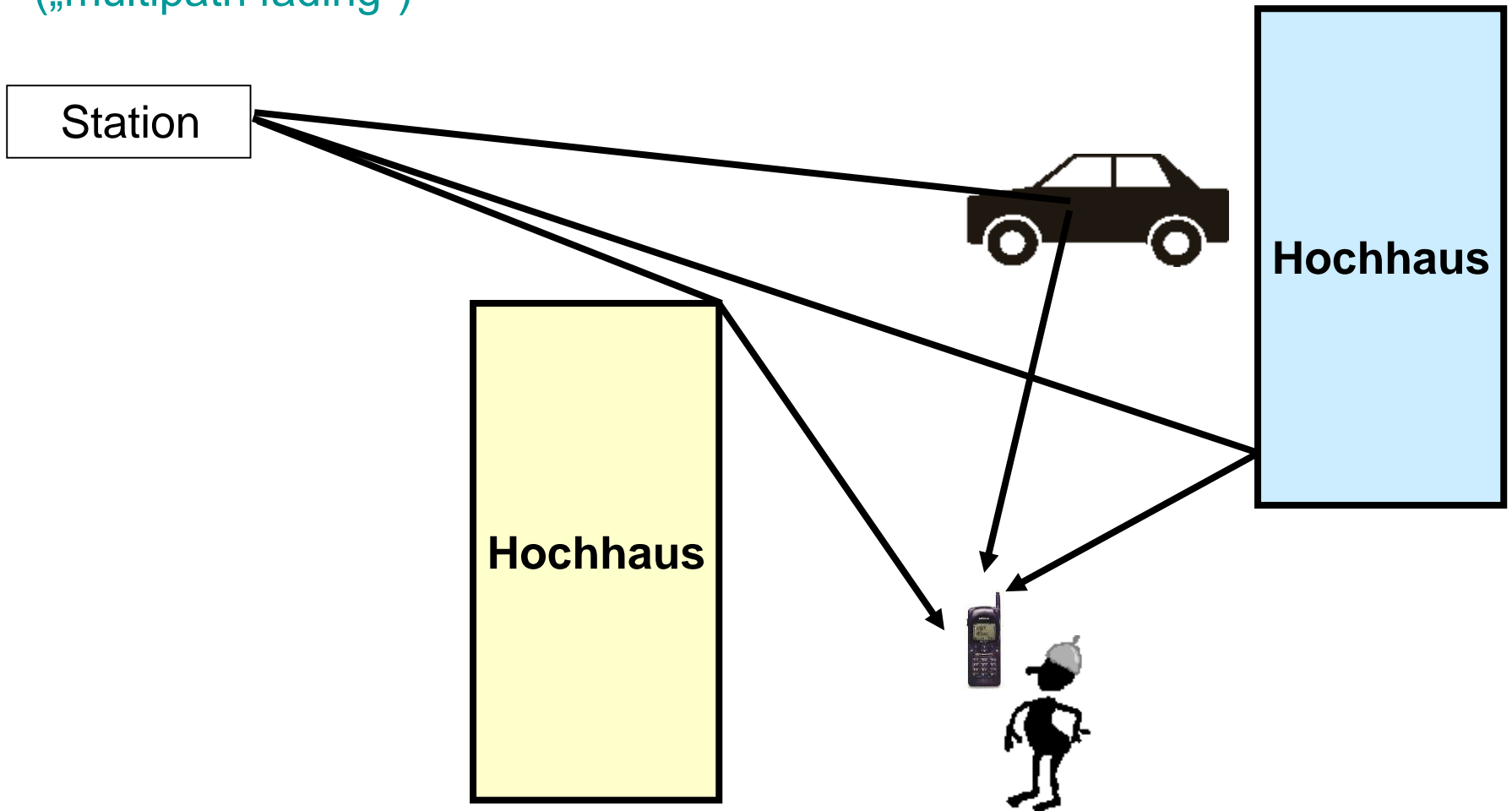


Höchster Signalabstand ⇒ niedrigste BER !

Störgrößen

Störgrößen bei Übertragung durch einen Funkpfad („path“):

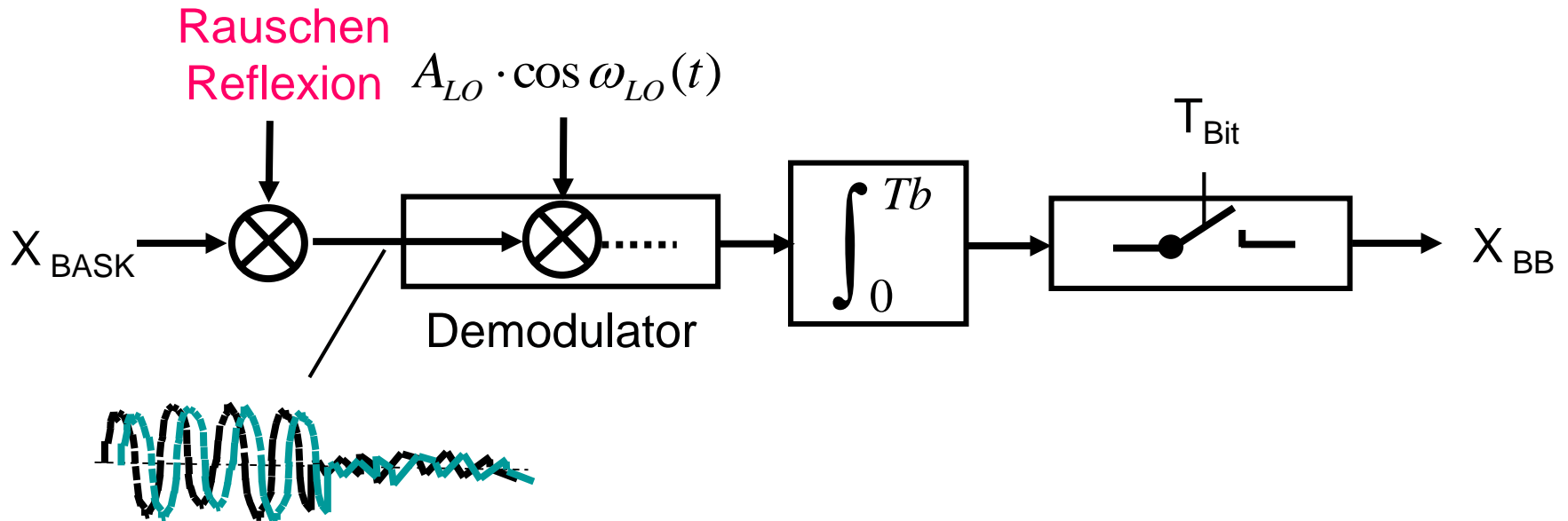
-Reflexionen durch Erdboden, Hochhäuser etc. (Ausdehnung $\gg \lambda$)
(„multipath fading“)



Digitale Verfahren BASK

Beurteilung des „Binary Amplitude Shift Keying (BASK):

- „hostile environment“: Reflexion (Zeitverzögerung) an Hochhäusern etc.



gewünschtes + **reflexiertes** Signal ergibt „schwächeres“ Signal, deren Auswirkung bei BASK eine sichere Detektion verhindern können

⇒ **bedingt für Handys geeignet** („guter“ Funkpfad)!!



Gliederung 1. Teil (Digitale Verfahren)

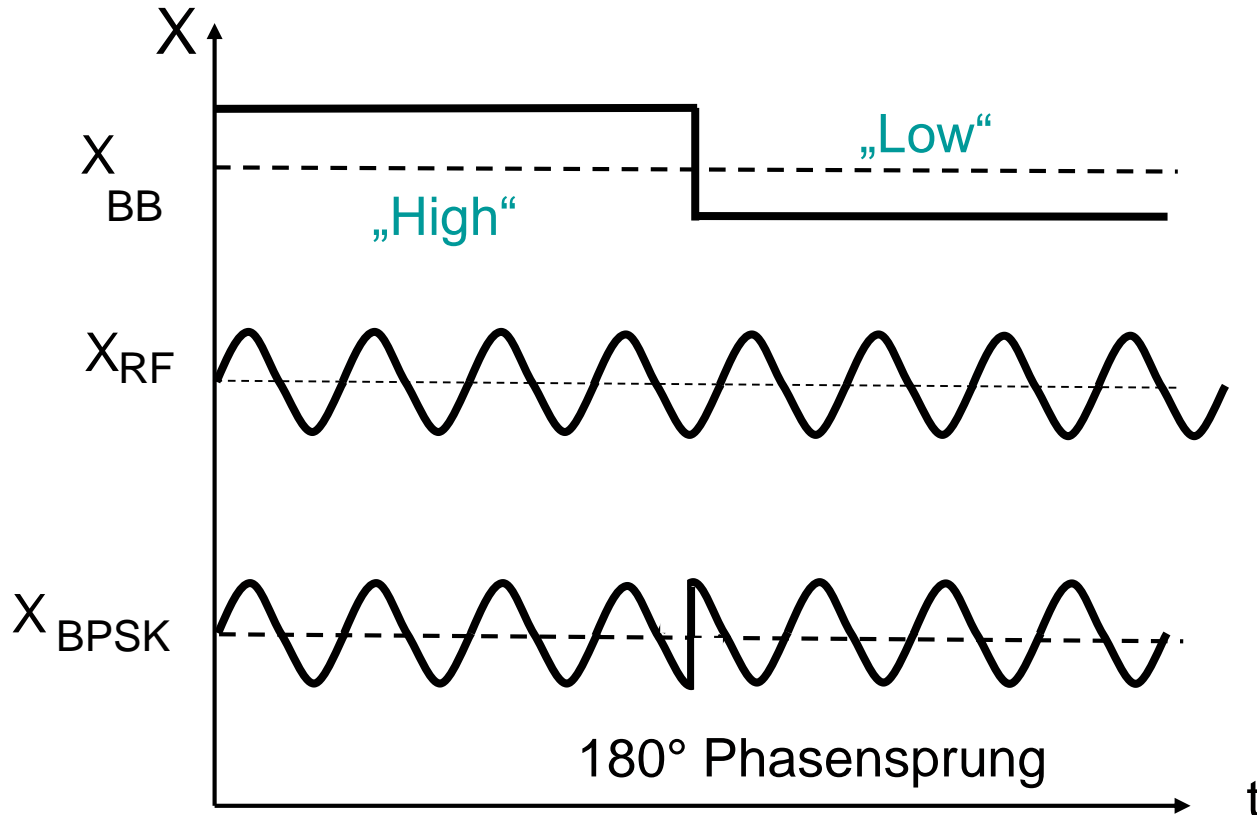
- Digitale binäre Verfahren
 - Digitale Demodulation
 - „Binary Amplitude Shift Keying“
 - „Binary Phase Shift Keying“
 - „Binary Frequency Shift Keying“, „Binary Minimum Shift Keying“
 - Vergleich „Binary Phase/Frequency Shift Keying“
 - „non-coherent detection“ ?
- Vorbemerkung: „Intersymbol interference (ISI)“
 - Was ist „ISI“?
 - Nyquist-Kriterium, Nyquist-Filter
 - Alternative: Gauß-Filter
 - „(Gaussian) Minimum Shift Keying“
- Zusammenfassung der 1. Teiles

BPSK Modulation

Prinzip des Binary Phase Shift Keying (BPSK) im Zeitbereich:

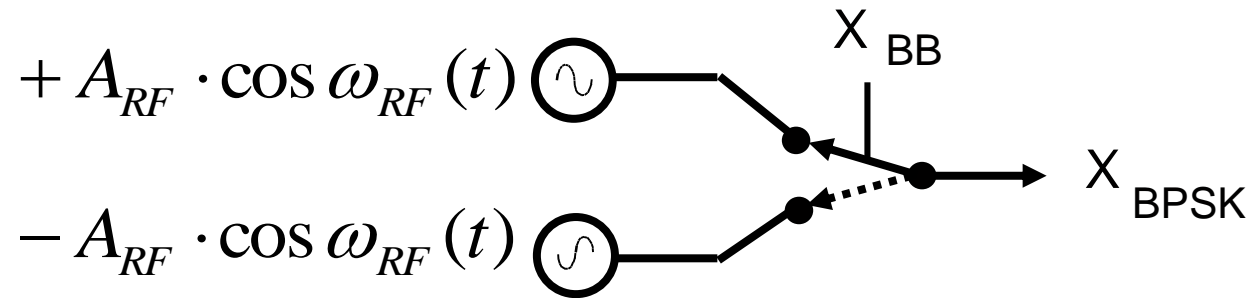
„High“ $X_{BPSK}(t) = +A_{RF} \cdot \cos[\omega_{RF}(t)]$

„Low“ $X_{BPSK}(t) = -A_{RF} \cdot \cos[\omega_{RF}(t)]$

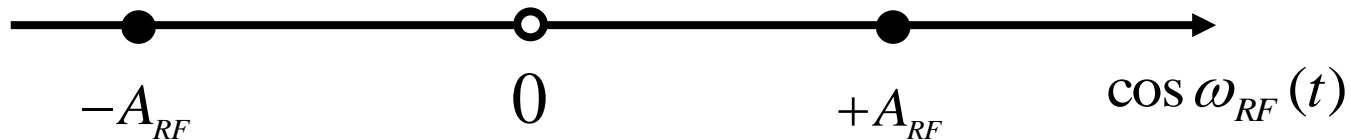


BPSK Modulation

Prinzip der Modulation:



Signal-Darstellung:

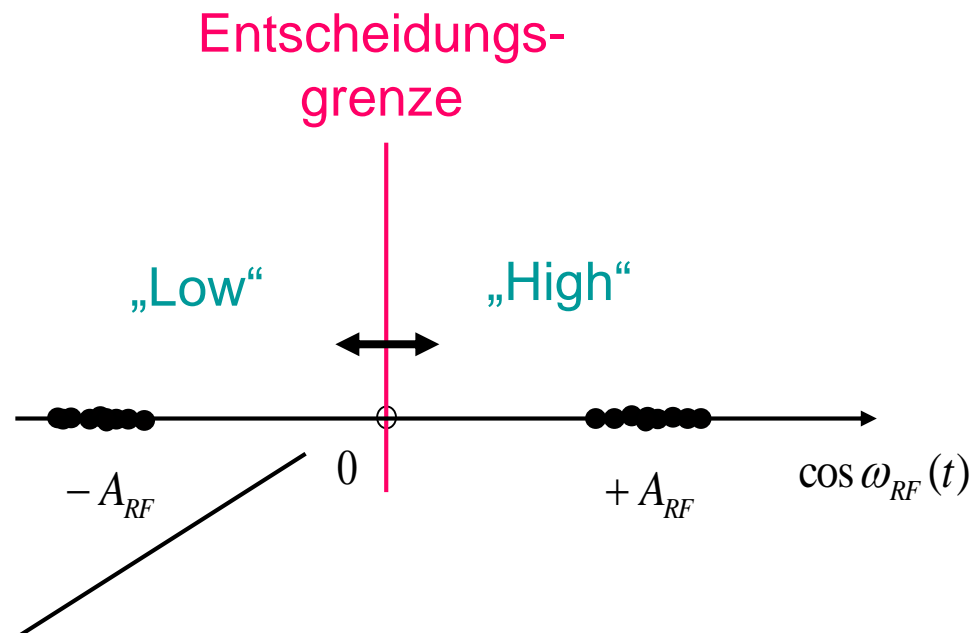


BPSK Demodulation

Frage: wieso ist der Modulation („High“, „Low“) so gewählt worden ?

Antwort: bei einer solchen Modulation ist der Abstand der „High“ und „Low“ repräsentierenden modulierten Signale am höchsten, bei kleineren Phasenwerten nimmt er ab

⇒ niedrigste Bit Error Rate (BER) bei einer solchen Modulation !

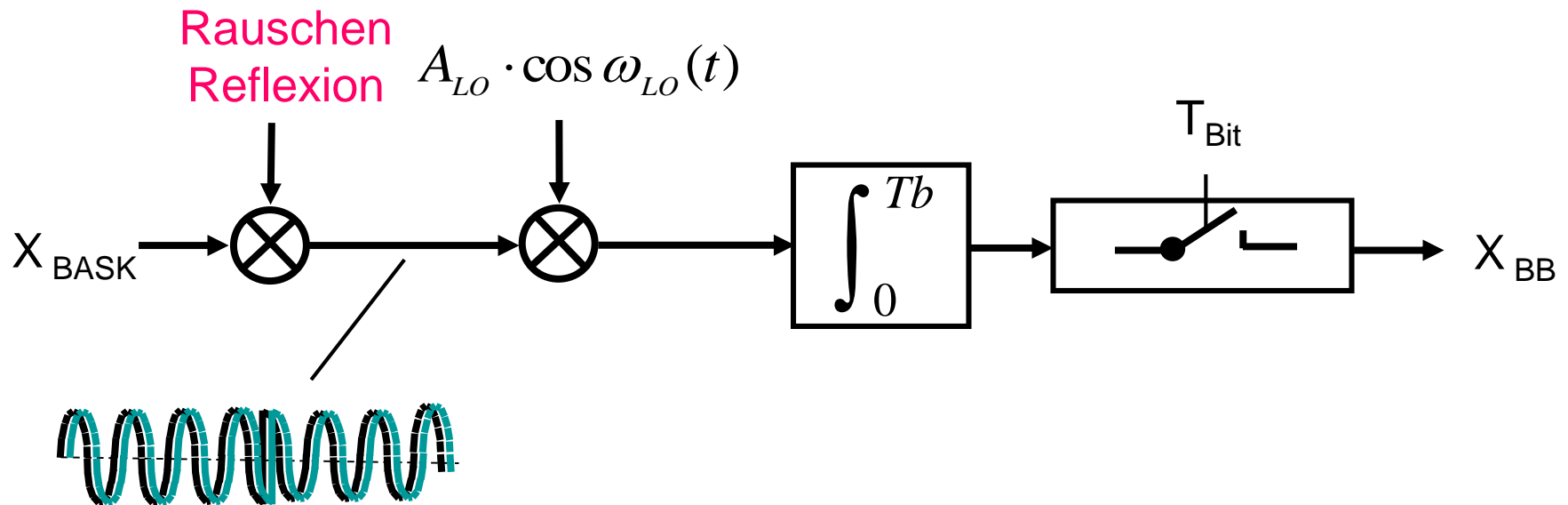


Höchster Signalabstand ⇒ niedrigste BER !

Digitale Verfahren BPSK

Beurteilung des „Binary Phase Shift Keying (BPSK):

- „hostile enviroment“: Reflexion (Zeitverzögerung) an Hochhäusern etc.



gewünschtes + reflexiertes Signal ergibt „schwächeres“ Signal, deren Auswirkung bei BPSK gering sind

⇒ für Handys geeignet !!

Gliederung 1. Teil (Digitale Verfahren)

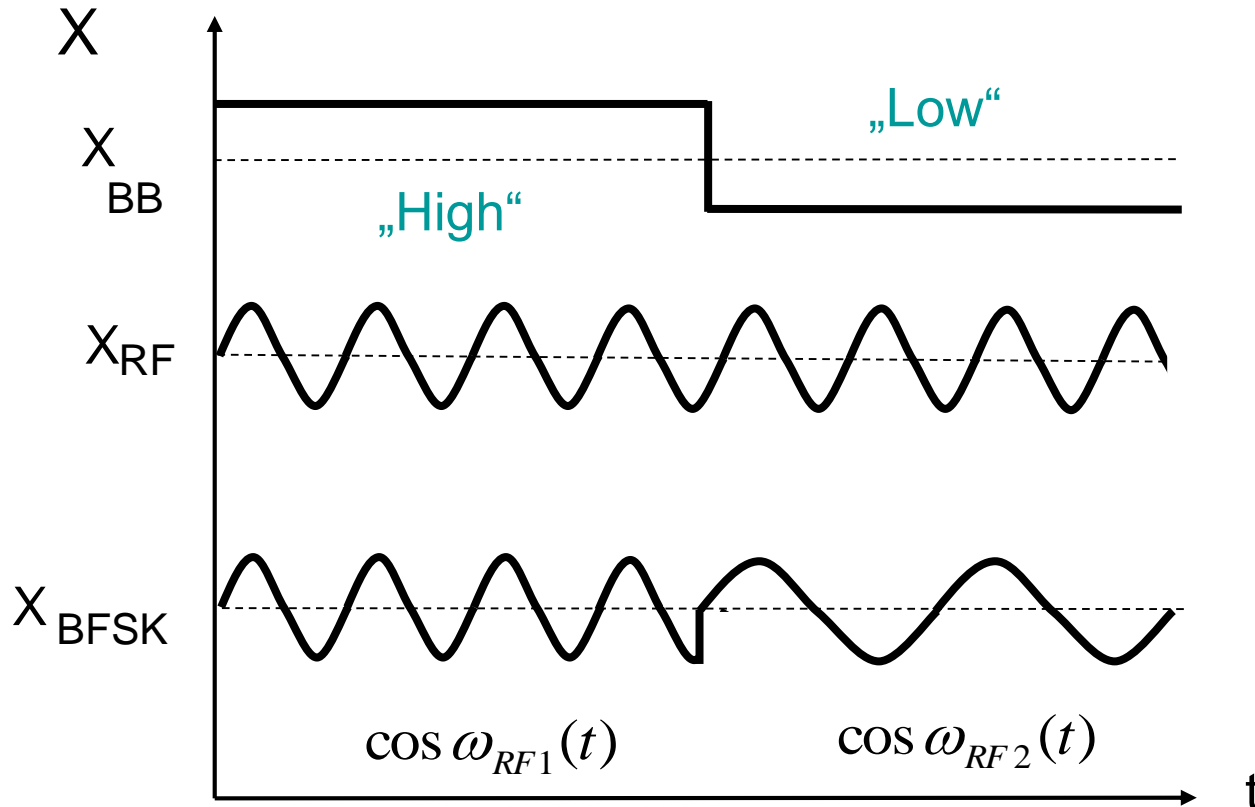
- Digitale binäre Verfahren
 - Digitale Demodulation
 - „Binary Amplitude Shift Keying“
 - „Binary Phase Shift Keying“
 - „Binary Frequency Shift Keying“, „Binary Minimum Shift Keying“
 - Vergleich „Binary Phase/Frequency Shift Keying“
 - „non-coherent detection“ ?
- Vorbemerkung: „Intersymbol interference (ISI)“
 - Was ist „ISI“?
 - Nyquist-Kriterium, Nyquist-Filter
 - Alternative: Gauß-Filter
 - „(Gaussian) Minimum Shift Keying“
- Zusammenfassung der 1. Teiles

BFSK Modulation

Prinzip des Binary Frequency Shift Keying (BFSK) im Zeitbereich:

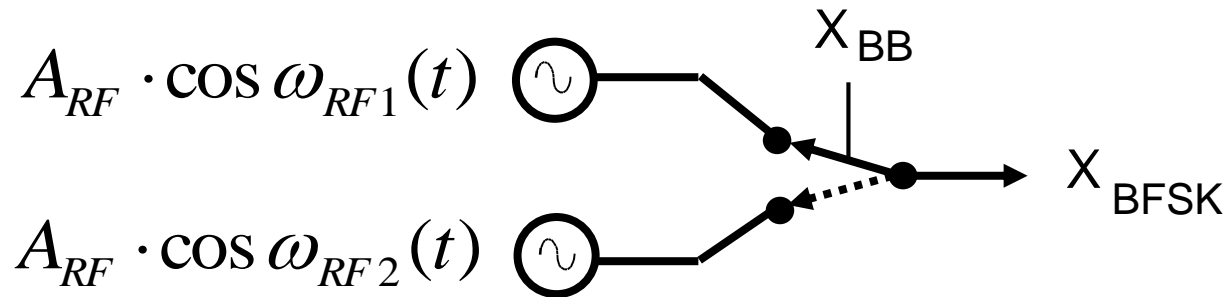
„High“ $X_{BFSK}(t) = A_{RF} \cdot \cos[\omega_{RF1}(t)]$

„Low“ $X_{BFSK}(t) = A_{RF} \cdot \cos[\omega_{RF2}(t)]$

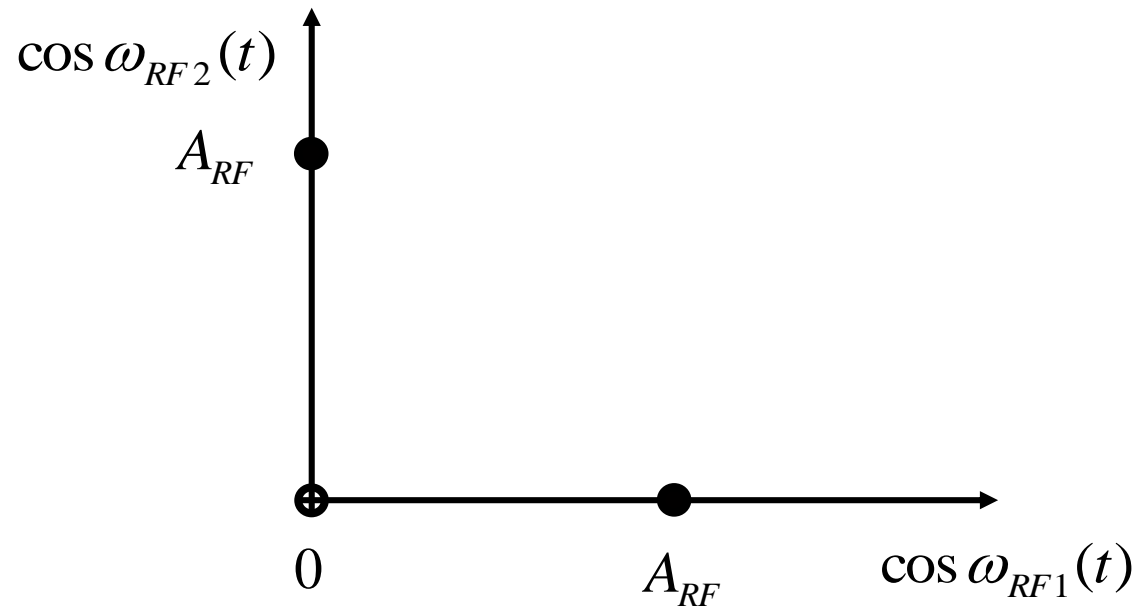


BFSK Modulation

Prinzip der Modulation:



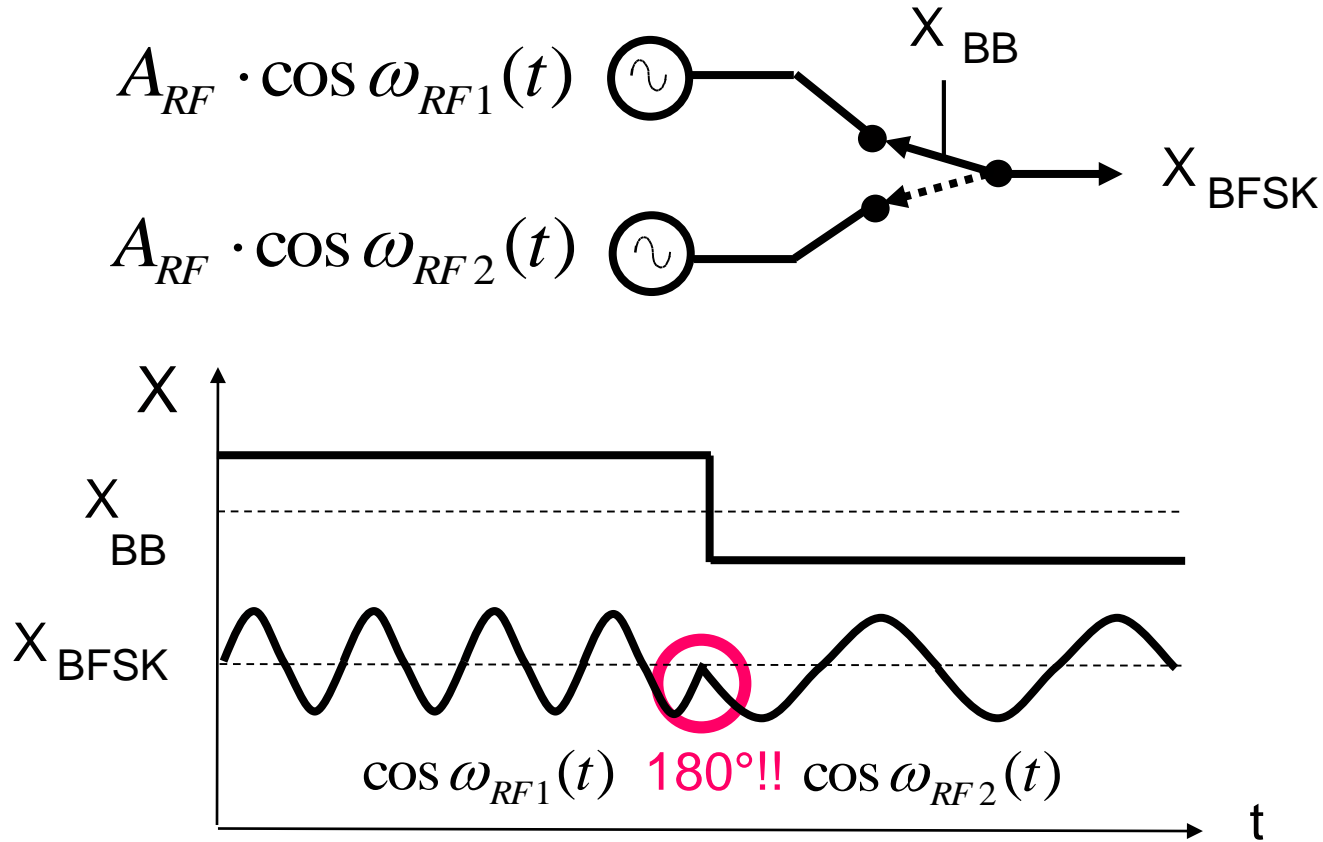
Signal-Darstellung:



BFSK Modulation

möglich: „scharfe“ Phasen-Übergänge (schlecht für die Übertragung)!!

Beispiel mit 2 Oszillatoren:



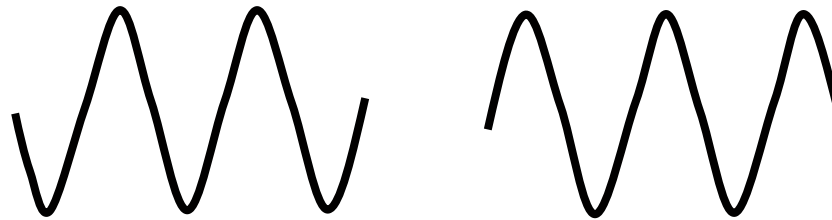
abhängig von $\omega_{RF1}(t)$ und $\omega_{RF2}(t)$!!

BFSK Modulation

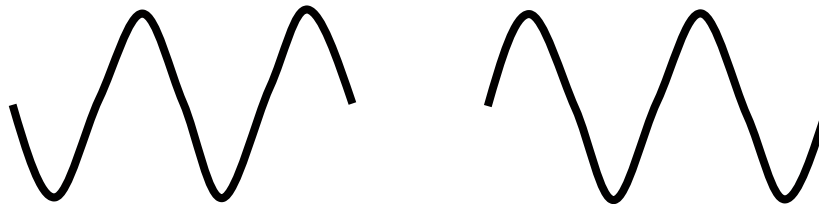
Mindest-Bedingung für phasenübergangslose BFSK-Übertragung:

- $\omega_{RF1}(t)$ und $\omega_{RF2}(t)$: minimaler Abstand wegen „spectral efficiency“ \Rightarrow
- $\omega_{RF1}(t)$ und $\omega_{RF2}(t)$: einen halben Zyklus mehr/weniger !
- zwei invertierte Pulse für $\omega_{RF1}(t)$ bzw. $\omega_{RF2}(t)$
- Zugriff auf die „passenden“ Pulse

$\cos \omega_{RF1}(t)$



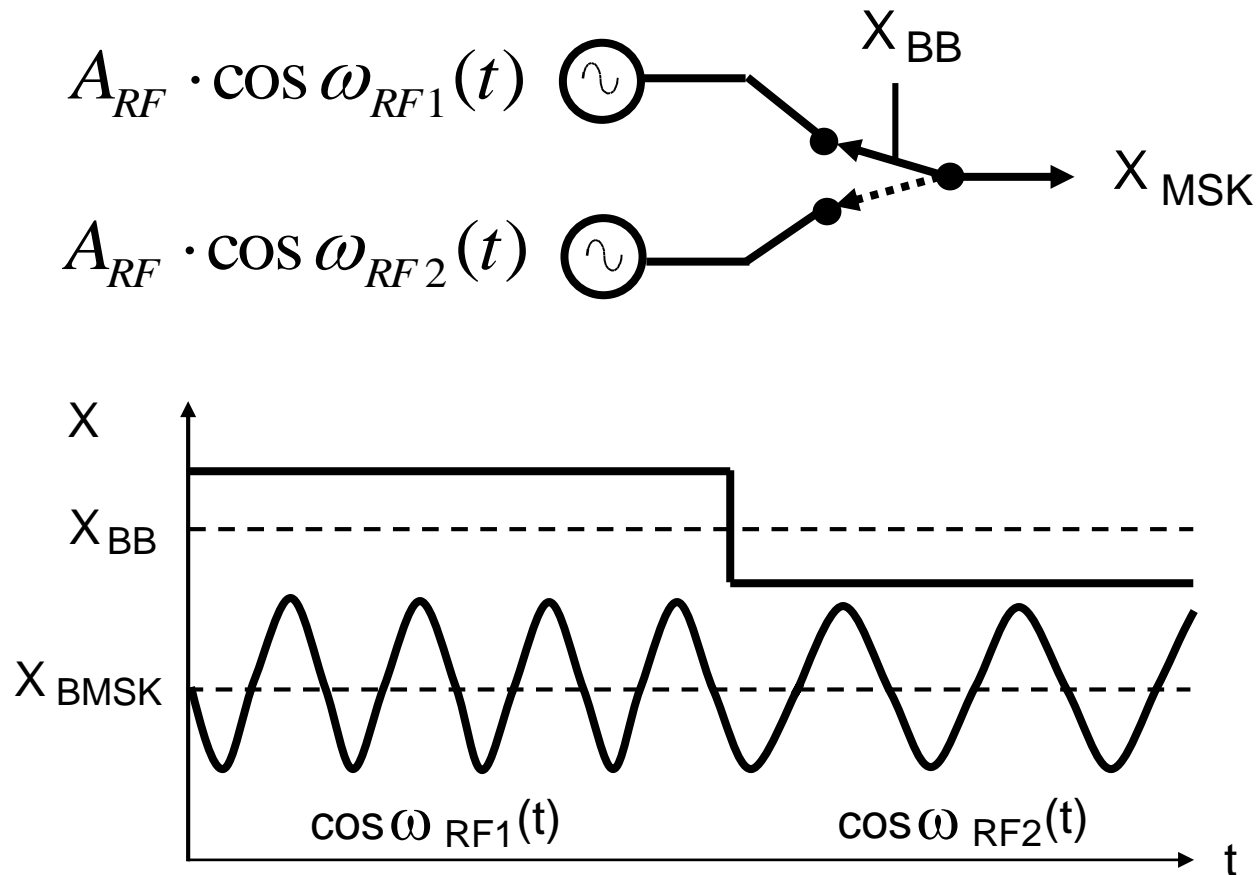
$\cos \omega_{RF2}(t)$



BMSK Modulation

phasenübergangslose BFSK-Modulation:

“Minimum Shift Keying (MSK) (auch „Fast Frequency Shift Keying (FFSK))

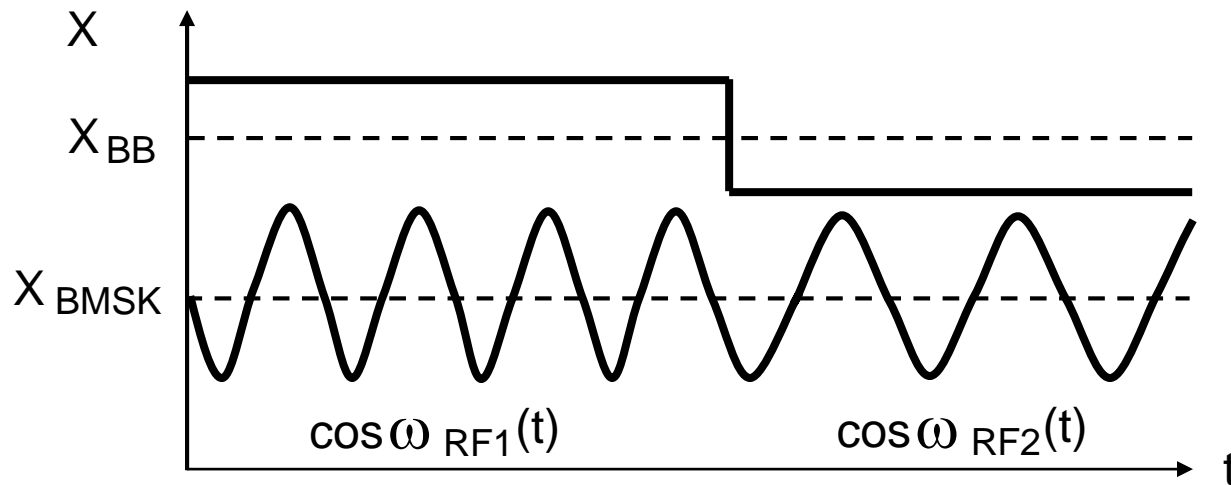


BMSK Modulation

Prinzip des Binary Minimum Shift Keying (BMSK) im Zeitbereich:

$$X_{BMSK}(t) = A_{RF} \cdot \cos \left[\omega_{RF}(t) + \int_{-\infty}^t 0,5 \cdot X_{BB}(t) dt \right]$$

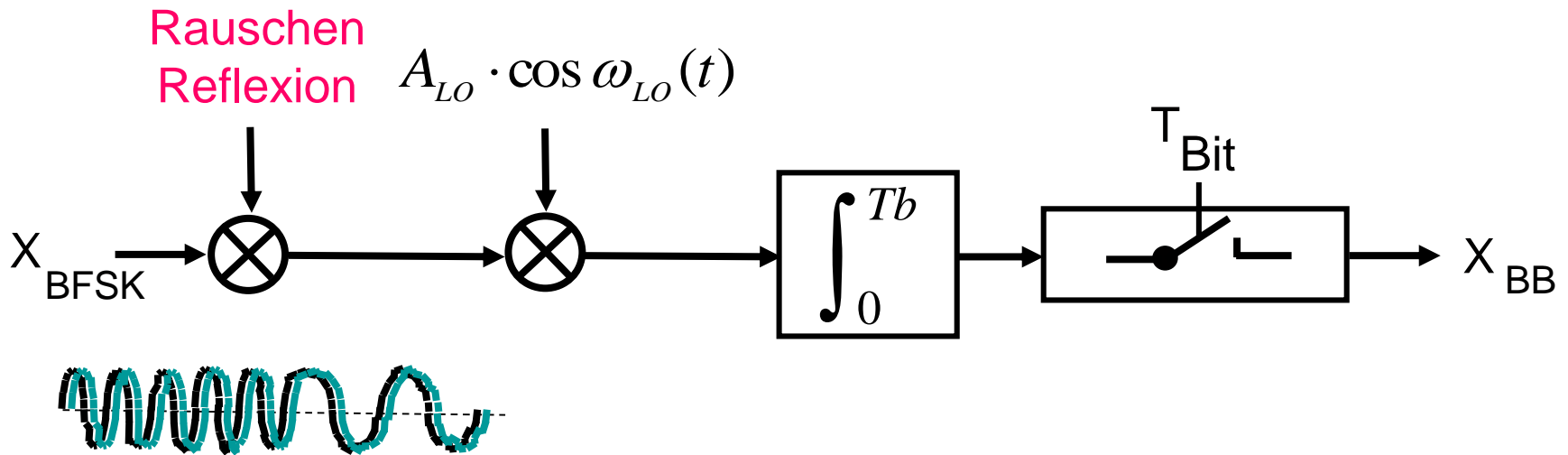
Modulationsindex
 $m=0,5$



Digitale Verfahren BMSK

Beurteilung des „Binary Minimum Shift Keying (BMSK):

- „hostile enviroment“: Reflexion (Zeitverzögerung) an Hochhäusern etc.



gewünschtes + reflexiertes Signal ergibt „schwächeres“ Signal, deren Auswirkung bei BFSK gering sind

⇒ für Handys geeignet !!

Gliederung 1. Teil (Digitale Verfahren)

- Digitale binäre Verfahren
 - Digitale Demodulation
 - „Binary Amplitude Shift Keying“
 - „Binary Phase Shift Keying“
 - „Binary Frequency Shift Keying“, „Binary Minimum Shift Keying“
 - Vergleich „Binary Phase/Frequency Shift Keying“
 - „non-coherent detection“ ?
- Vorbemerkung: „Intersymbol interference (ISI)“
 - Was ist „ISI“?
 - Nyquist-Kriterium, Nyquist-Filter
 - Alternative: Gauß-Filter
 - „(Gaussian) Minimum Shift Keying“
- Zusammenfassung der 1. Teiles

Digitale Verfahren

„Binary Phase Shift Keying“ vs. „Binary Frequency Shift Keying“
bzw. „Minimum Shift Keying“:

(BPSK)

(BFSK, MSK)

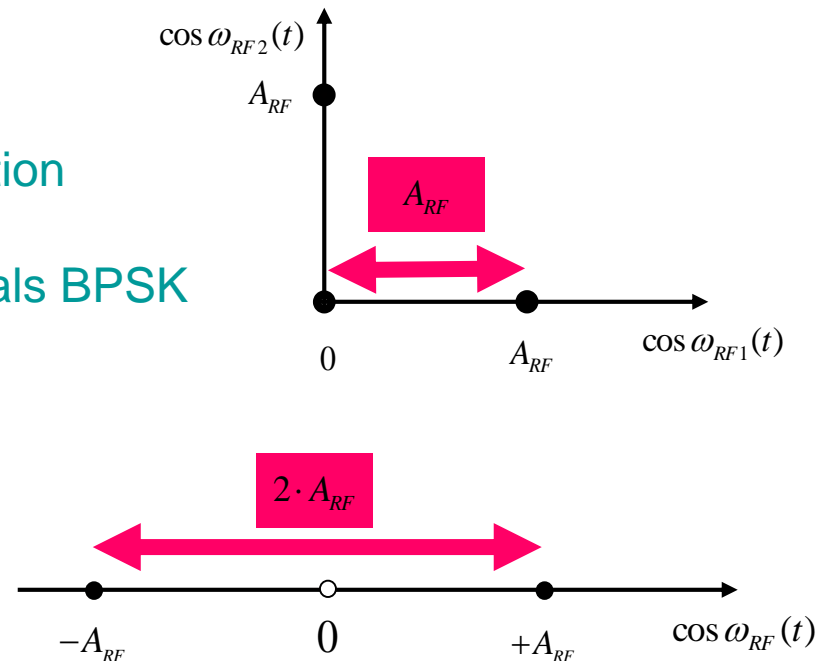
- „Bit Error Rate“ : unter gleichen Bedingungen hat BPSK die halbe BER als BFSK („3dB-Vorteil“ der BPSK)

Grund:

BER ist von der für die Demodulation verwandten Amplitude abhängig

⇒ bei BFSK die halbe Amplitude als BPSK

⇒ „3dB-Vorteil“ der BPSK



Digitale Verfahren

„Binary Phase Shift Keying“ vs. „Binary Frequency Shift Keying“
bzw. „Minimum Shift Keying“:

(BPSK)

(BFSK, MSK)

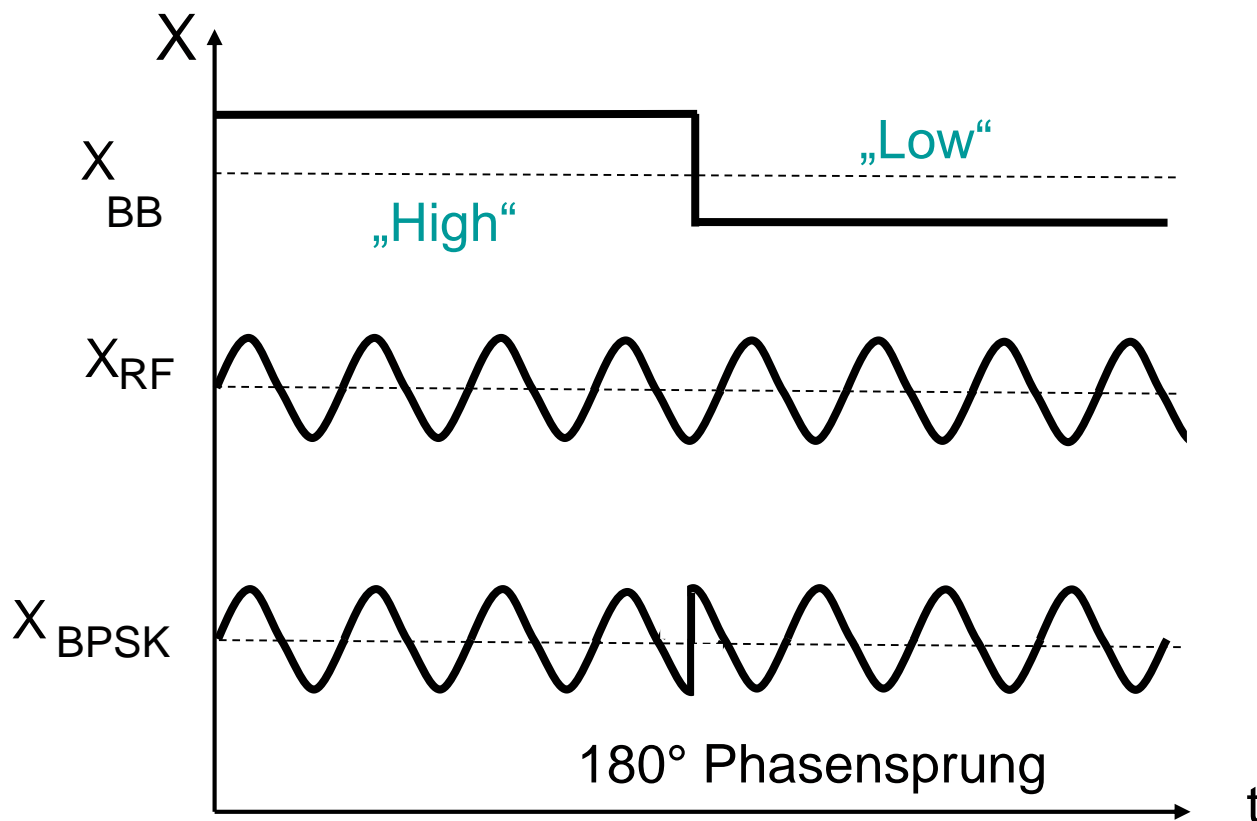
- „Bit Error Rate“ : unter gleichen Bedingungen hat BFSK die doppelte BER als BPSK („3dB-Vorteil“ der BPSK)
- „spectral efficiency“: schwierige Ausdrücke bei BPSK und BFSK \Rightarrow BPSK ist BFSK überlegen
- „power efficiency“: im Prinzip: linearer Senderverstärker bei BPSK, nichtlinearer Senderverstärker bei MSK

Gliederung 1. Teil (Digitale Verfahren)

- Digitale binäre Verfahren
 - Digitale Demodulation
 - „Binary Amplitude Shift Keying“
 - „Binary Phase Shift Keying“
 - „Binary Frequency Shift Keying“, „Binary Minimum Shift Keying“
 - Vergleich „Binary Phase/Frequency Shift Keying“
 - „non-coherent detection“ ?
- Vorbemerkung: „Intersymbol interference (ISI)“
 - Was ist „ISI“?
 - Nyquist-Kriterium, Nyquist-Filter
 - Alternative: Gauß-Filter
 - „(Gaussian) Minimum Shift Keying“
- Zusammenfassung der 1. Teiles

BPSK Modulation

Problem: Phasenmodulation bedeutet Phasendifferenz zum zeitlichen Anfangspunkt, damit immer auf zeitlichen Anfangspunkt bezogen, deshalb immer „coherent detection“ !!



DPSK Demodulation

Trick zur Vermeidung der „coherent detection“:

„**Differential (Binary) Phase Shift Keying (DPSK)**“

Prinzip: Startbit nötig (Sender/Empfänger bekannt)!

ein Basisbandsignal (z.Bsp. „High“=„1“) als nächstes Bit \Rightarrow

keine Änderung des DPSK modulierten Signales

anderes Basisbandsignal („Low“=0) als nächstes Bit \Rightarrow

Änderung des DPSK modulierten Signales

\Rightarrow nicht mehr auf zeitlichen Anfangspunkt bezogen



Wechsel im Basisband bedeutet

0 auf 0

0 auf 1

1 auf 0

1 auf 1

Wechsel im DPSK:

ja

nein

ja

nein

aber: wegen Verzicht auf „Matched Filter“ größere BER als BPSK !!



DPSK Demodulation

Trick zur Vermeidung der „coherent detection“:
„**Differential (Binary) Phase Shift Keying (DPSK)**“

- Beispiel:

Startbit

Basisband-Daten: 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

DPSK-Daten: 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1

Basisband	DPSK:
0 auf 0	ja
0 auf 1	nein
1 auf 0	ja
1 auf 1	nein

DPSK Demodulation

Trick zur Vermeidung der „coherent detection“:
„**Differential (Binary) Phase Shift Keying (DPSK)**“

- Beispiel:

Startbit

Basisband-Daten: 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1

DPSK-Daten: 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1

Basisband	DPSK:
0 auf 0	ja
0 auf 1	nein
1 auf 0	ja
1 auf 1	nein

DPSK Demodulation

Trick zur Vermeidung der „coherent detection“:
„**Differential (Binary) Phase Shift Keying (DPSK)**“

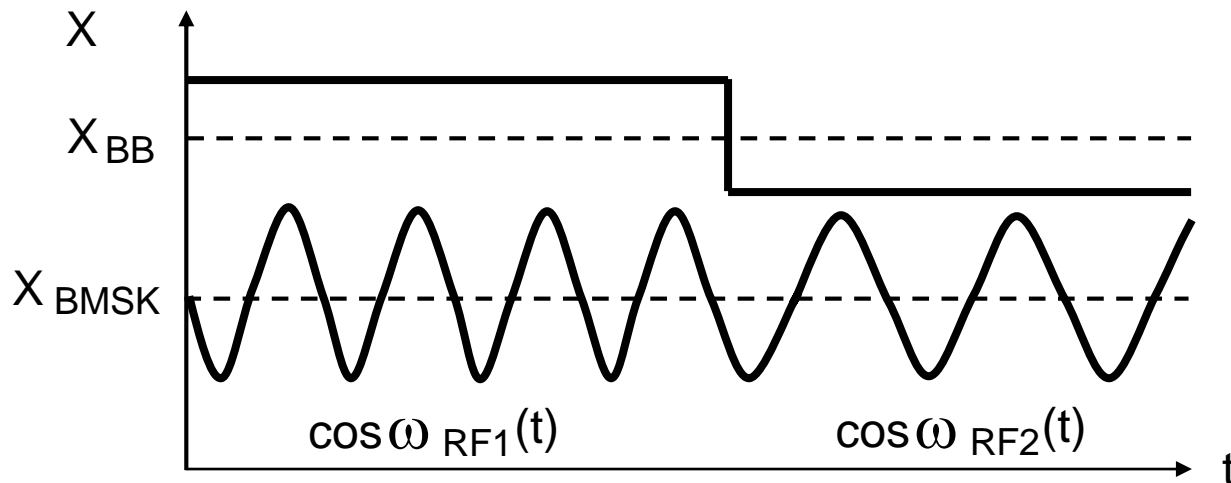
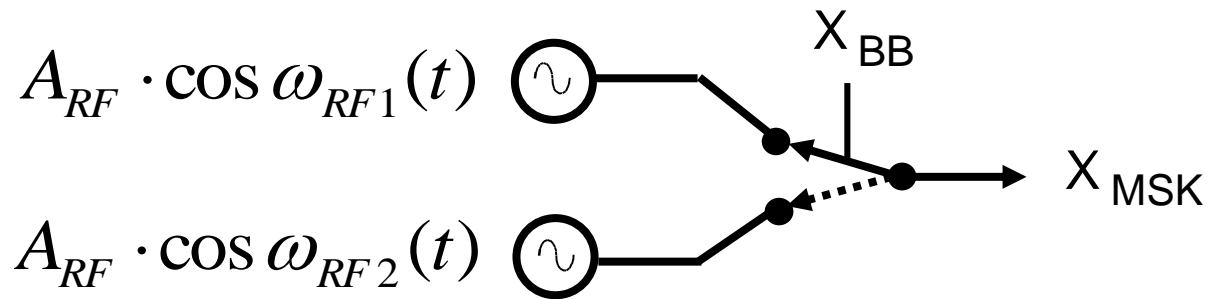
- Beispiel:

Startbit
Basisband-Daten: 0 1 1 1 0 0 1 1 0 1
DPSK-Daten: 1 0 0 0 0 1 0 0 0 1 1

Basisband	DPSK:
0 auf 0	ja
0 auf 1	nein
1 auf 0	ja
1 auf 1	nein

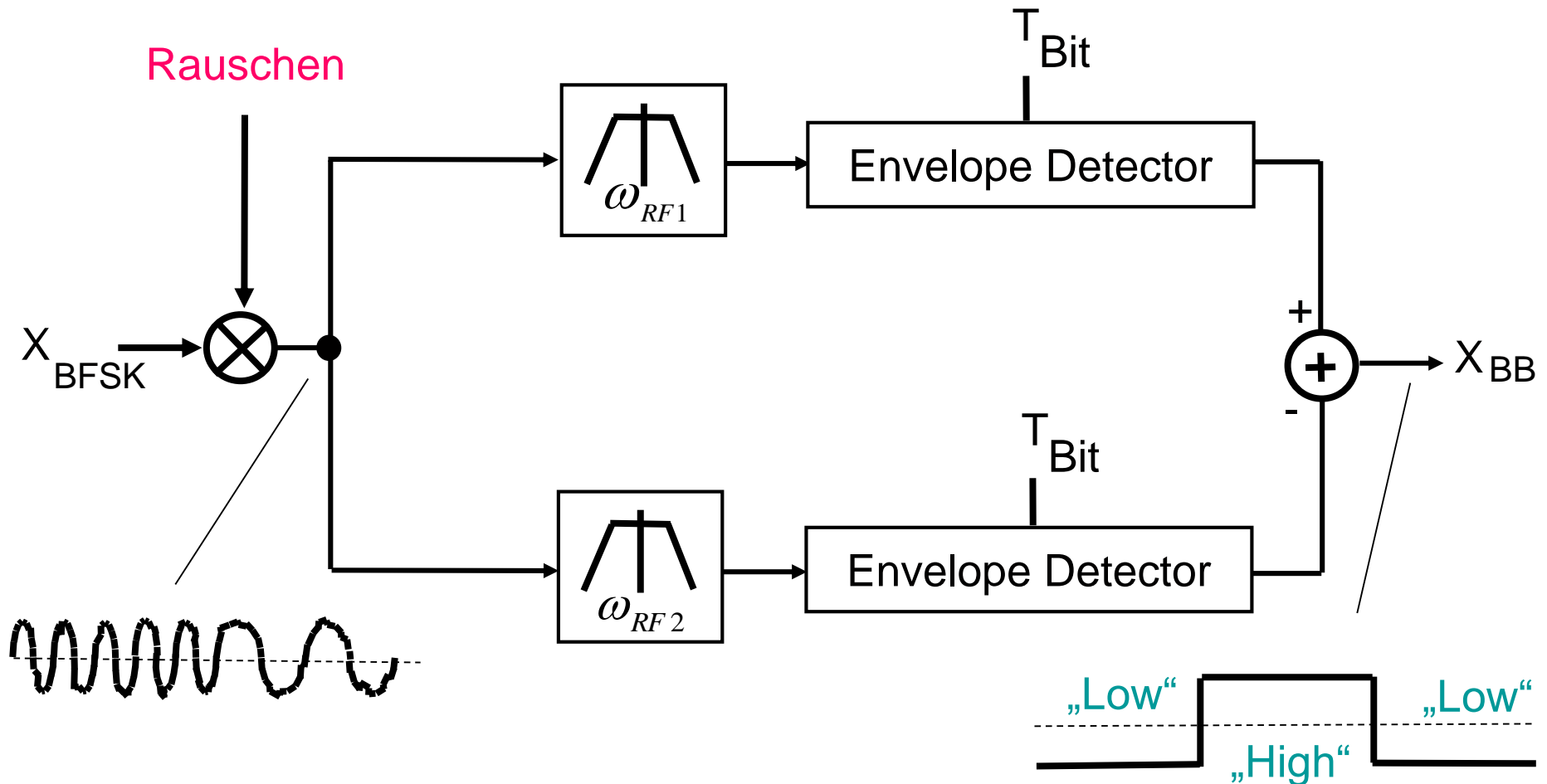
BMSK Modulation

Frage: Haben Sie eine Idee zur nicht-kohärenten Demodulation von BMSK-Signalen ??



BMSK Demodulation

Lösung: „Non-coherent Detection“ durch Bandpaß-Filter und Hüllkurven-Detektion („Envelope Detector“) während T_{Bit} :



Gliederung 1. Teil (Digitale Verfahren)

■ Digitale binäre Verfahren

- Digitale Demodulation
- „Binary Amplitude Shift Keying“
- „Binary Phase Shift Keying“
- „Binary Frequency Shift Keying“, „Binary Minimum Shift Keying“
- Vergleich „Binary Phase/Frequency Shift Keying“
- „non-coherent detection“ ?

Vorbemerkung: „Intersymbol interference (ISI)“

- Was ist „ISI“?
- Nyquist-Kriterium, Nyquist-Filter
- Alternative: Gauß-Filter
- „(Gaussian) Minimum Shift Keying“

■ Zusammenfassung der 1. Teiles

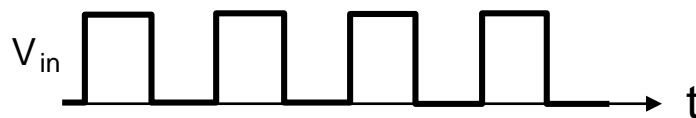
„Intersymbol interference (ISI)“

„Intersymbol interference (ISI)“:

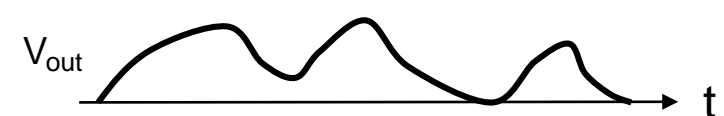
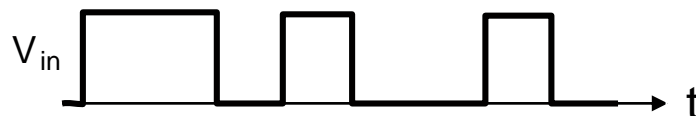
- tritt bei der Übertragung von Rechteckimpulsen über einen Tiefpaß auf
- Tiefpaß unvermeidlich in Übertragungspfad
- Bit (bzw. „Symbol“) wird durch die vorhergegangenen Bits (oder Symbole) beeinflusst



regelmäßig



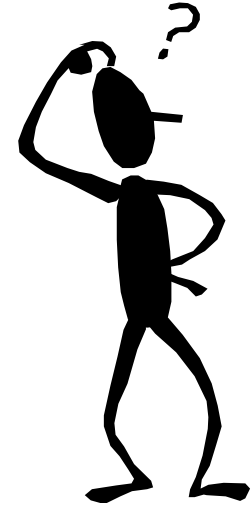
unregelmäßig



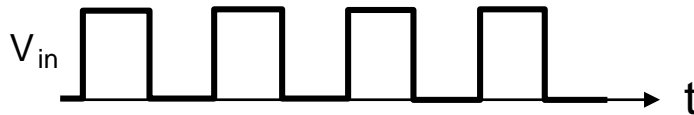
Intersymbol interference ISI !!!

„Intersymbol interference (ISI)“

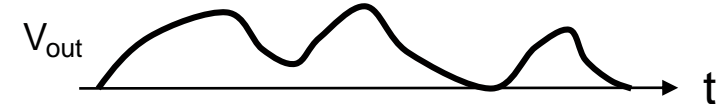
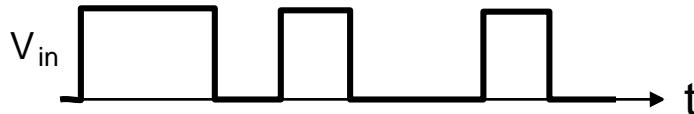
- „Intersymbol interference (ISI)“:
- Abhilfe ??????



regelmäßig



unregelmäßig



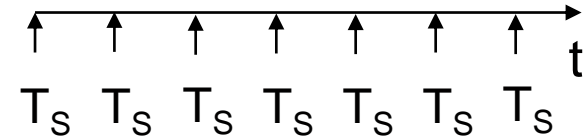
Intersymbol interference ISI !!!

„Intersymbol interference (ISI)“

Voraussetzung: feste Abtastzeitpunkte T_s

(immer gegeben bei digitalem Signal:

Entscheidung „1“ oder „0“)

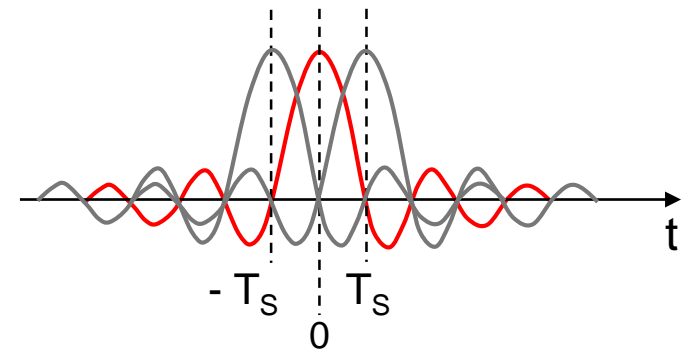


Nyquist-Kriterium zur Vermeidung von ISI:

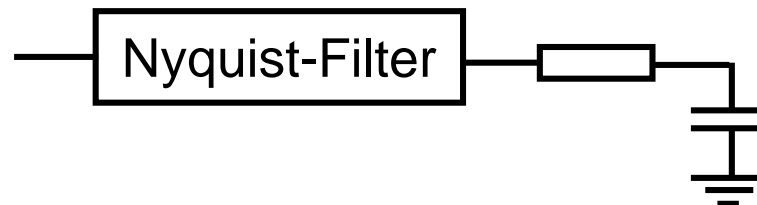
- Bit-Filter, so daß gilt:

"Bit = 1" für zugeordnetes T_s

"Bit = 0" für nicht - zugeordnete T_s

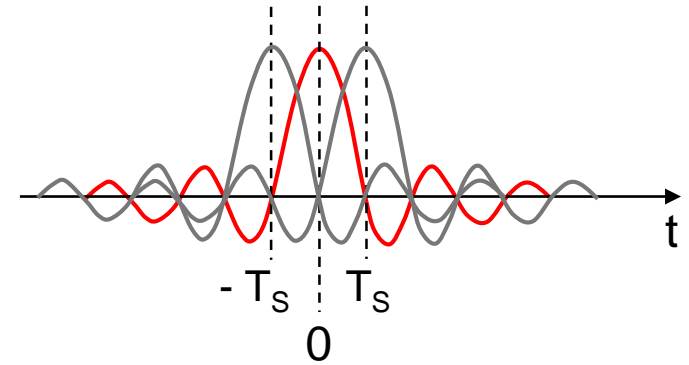
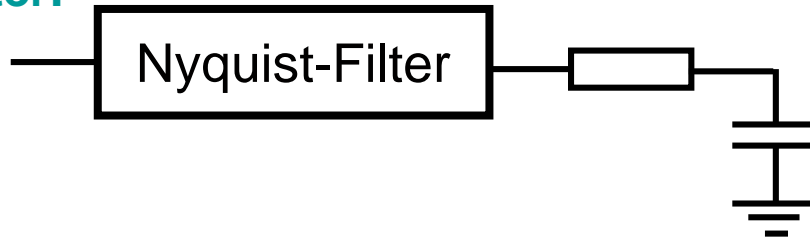


Nyquist-Filter: erfüllt Nyquist-Kriterium „pulse shaping“ !!



„Intersymbol interference (ISI)“

Verschiedene Arten von Nyquist-Filter:

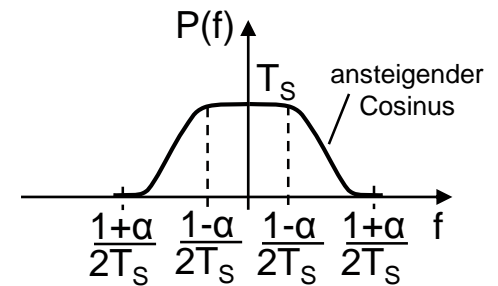
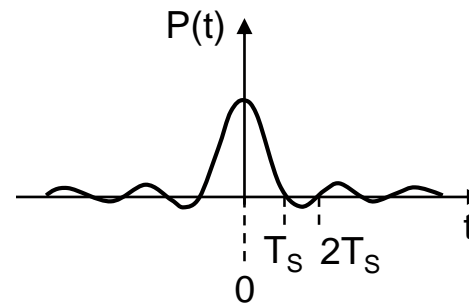


beliebt im Mobilfunk:

"Raised - Cosine - Filter"

oder

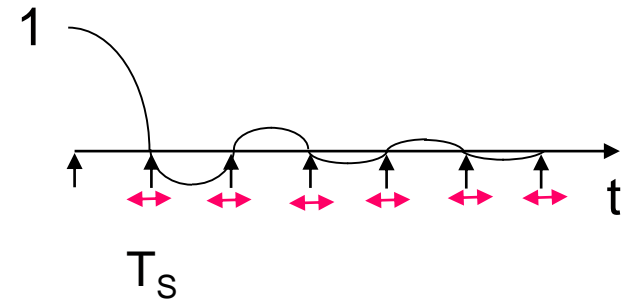
$\sqrt{\text{Raised - Cosine - Filter}}$



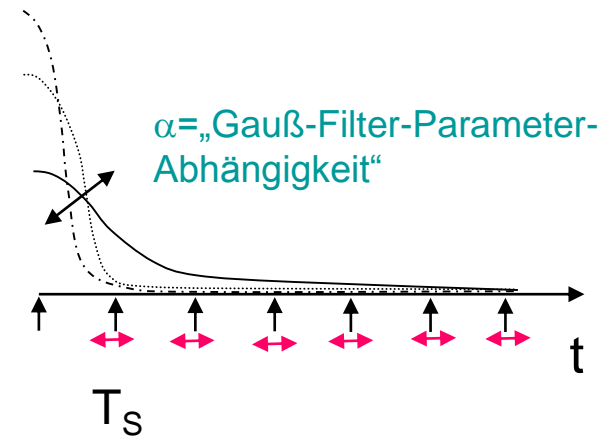
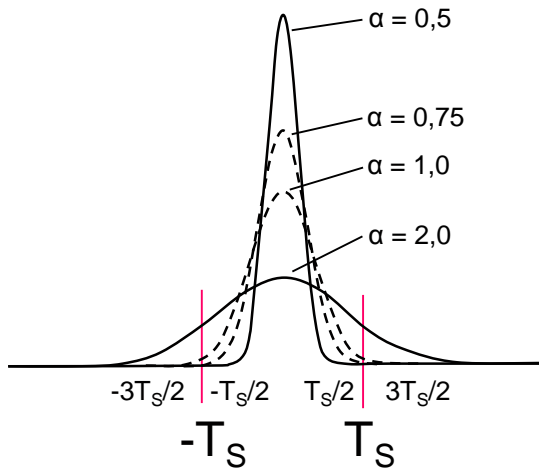
„Intersymbol interference (ISI)“

Nachteil von Nyquist-Filter:

Null-Durchgänge liefern erhöhte Störempfindlichkeit durch „Jittern“ der Abtastzeitpunkte T_S !



Alternative: Gauß-Filter

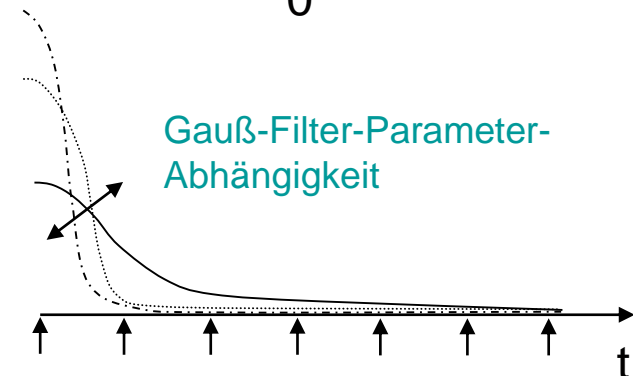
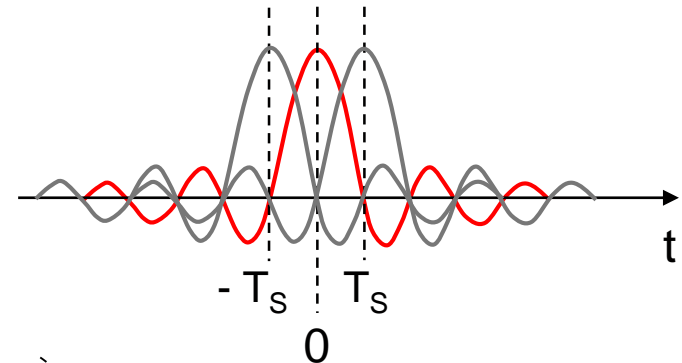


(erfüllt das Nyquist-Kriterium nicht, „Reste“ von ISI)

„Intersymbol interference (ISI)“

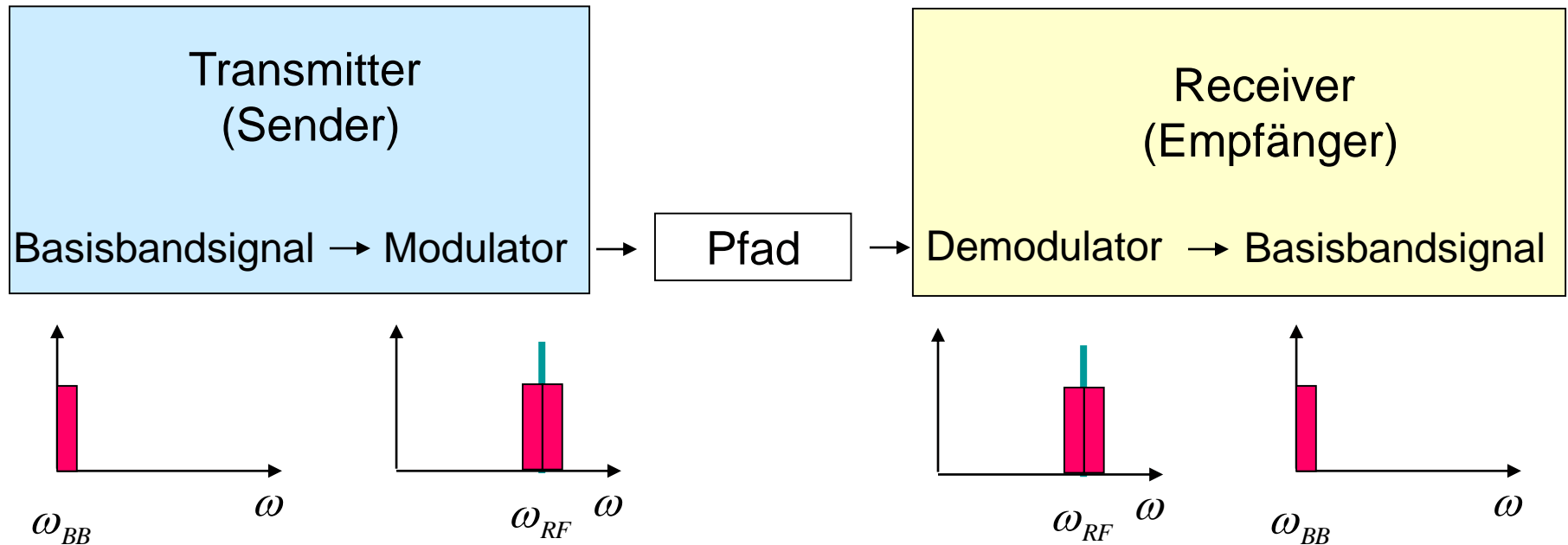
Zusammenfassung von „Intersymbol interference (ISI)“ :

- Was ist „ISI“ ?
- Nyquist-Kriterium
- Pulse shaping durch Nyquist-Filter
aber: Jittern von $T_s \equiv$ Null-Durchgänge !!
- Alternative: Gauß-Filter



ISI und (De-)Modulationsverfahren

Möglichkeiten zur Vermeidung von ISI bei der Übertragung:



vor Modulator/nach Demodulator:

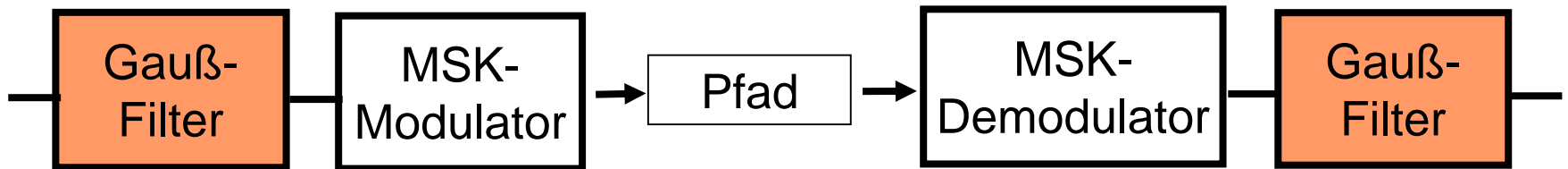


GMSK (De-)Modulation

besonders gut geeignet:

Gauß-Filter und MSK-(De-)Modulation

wegen guter „spectral efficiency“ und „power efficiency“
angewandt u.a. im „GSM“-Mobilfunkverfahren



Zusammenfassung

- Problemstellung
- Störgrößen, Kenngrößen
- Analoge Verfahren
- Digitale binäre Verfahren
- Vorbemerkung: „Intersymbol interference (ISI)“
- Zusammenfassung
- Literaturhinweise

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