

Einleitung

Periodische Signale

- Sinusförmig
- Oszilloskop
- Phasenwinkel
- Weitere Signale
- Frequenzvielfache
- Sägezahn
- Rechteck

Nicht-periodische Signale

Modulierte Signale

- AM
- SSB
- FM
- PM
- Hilfsträger

Referenzen

# AfuTUB-Kurs

## Technik Klasse A 11: Signale

DL0XK  
Amateurfunk Forschungs Gruppe der TU Kaiserslautern

<https://www.amateurfunk.uni-kl.de/home/>



This work is licensed under the *Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 License*.

Amateurfunkgruppe der Technische Universität Kaiserslautern, DL0XK, Stand: Wed Jun 5 21:02:37 2019 +0200  
basierend auf dem Kurs der Amateurfunkgruppe der Technische Universität Berlin (AfuTUB), DKØTU

# Einleitung

## Einleitung

### Periodische Signale

Sinusförmig

Oszilloskop

Phasenwinkel

Weitere Signale

Frequenzvielfache

Sägezahn

Rechteck

### Nicht-periodische Signale

### Modulierte Signale

AM

SSB

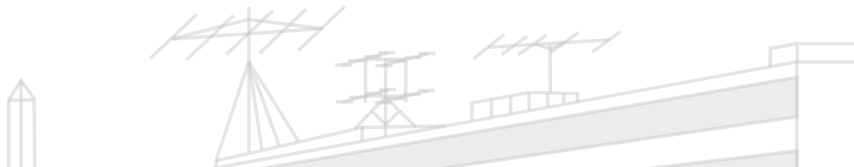
FM

PM

Hilfsträger

### Referenzen

## Generell: Was sind Signale?



# Signale

*„Auf dem Weg von der Quelle zum Ziel [...] ist die Information an einen physikalischen Träger gebunden. [...] Diese Kombination aus Träger und Getragendem bezeichnet man als Signal.“*

[Hoffmann, R.: Signalanalyse und -erkennung]

Dazu ein wenig Theorie für den Bereich der elektrischen Nachrichtenübertragung...

## Einleitung

### Periodische Signale

Sinusförmig

Oszilloskop

Phasenwinkel

Weitere Signale

Frequenzvielfache

Sägezahn

Rechteck

### Nicht-periodische Signale

### Modulierte Signale

AM

SSB

FM

PM

Hilfsträger

### Referenzen

# Signale

Nachrichtentechnik: Grundsätzliche Unterscheidung zwischen **periodischen** und **nicht-periodischen** Signalen.

Welche periodischen Signale kennt ihr?

## Einleitung

### Periodische Signale

Sinusförmig

Oszilloskop

Phasenwinkel

Weitere Signale

Frequenzvielfache

Sägezahn

Rechteck

### Nicht-periodische Signale

### Modulierte Signale

AM

SSB

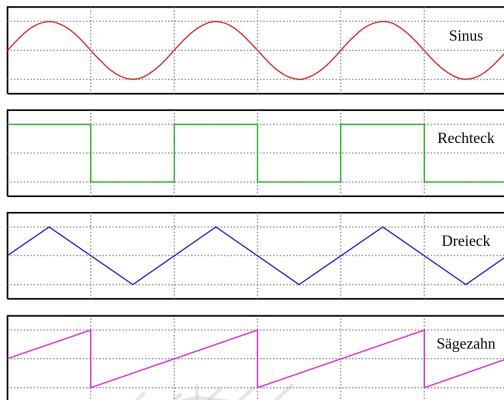
FM

PM

Hilfsträger

### Referenzen

# Periodische Signale



[3]

Abb. 1: Verschiedene periodische Wellenformen

## Einleitung

### Periodische Signale

- Sinusförmig
- Oszilloskop
- Phasenwinkel
- Weitere Signale
- Frequenzvielfache
- Sägezahn
- Rechteck

### Nicht-periodische Signale

### Modulierte Signale

- AM
- SSB
- FM
- PM
- Hilfsträger

### Referenzen

# Sinusförmige Signale

Fundamental: Schallwellen und elektromagnetische Wellen lassen sich als zusammengesetzte Sinus- und Cosinuswellen beschreiben

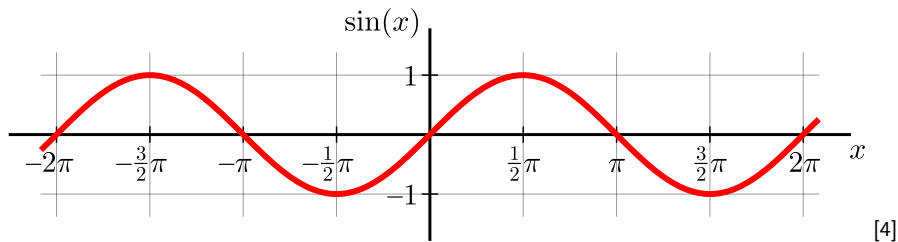


Abb. 2: Sinsuskurve

Entstehung von Sinus und Cosinus am Einheitskreis, z.B. durch einen Generator  
([↗](#) Animierte Grafik)

# Sinusförmige Signale

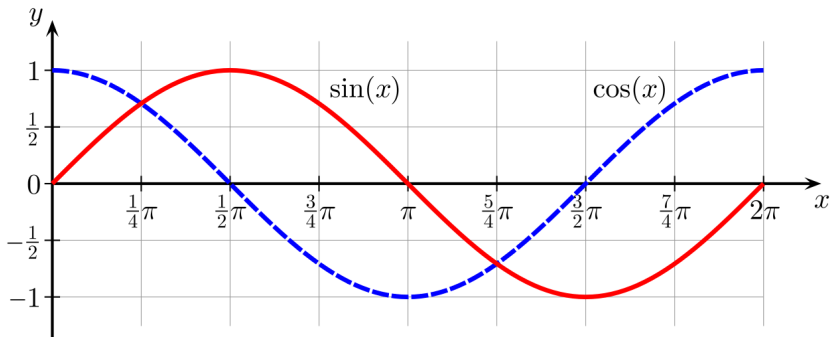


Abb. 3: SINUS und COSINUS-Graph der Funktionen  $\sin(x)$  und  $\cos(x)$ . Eine Periode von 0 bis  $2\pi$  ist dargestellt. Die  $x$ -Achse ist in  $\pi$ -Anteilen skaliert entsprechend 0 bis  $2\pi$  bzw.  $0^\circ$  bis  $360^\circ$

Was sind Amplitude, Scheitelwert, Spitze-Spitze-Wert, Periodendauer, Frequenz, Effektivwert?

## Einleitung

### Periodische Signale

- Sinusförmig
- Oszilloskop
- Phasenwinkel
- Weitere Signale
- Frequenzvielfache
- Sägezahn
- Rechteck

### Nicht-periodische Signale

### Modulierte Signale

- AM
- SSB
- FM
- PM
- Hilfsträger

### Referenzen

# Kenngrößen

## Einleitung

### Periodische Signale

Sinusförmig

Oszilloskop

Phasenwinkel

Weitere Signale

Frequenzvielfache

Sägezahn

Rechteck

### Nicht-periodische Signale

### Modulierte Signale

AM

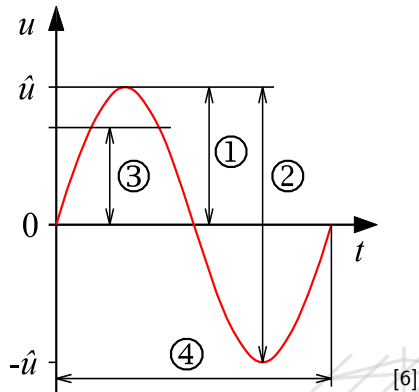
SSB

FM

PM

Hilfsträger

### Referenzen



## Begriffe

- ① Scheitelwert, Spitzenwert  $\hat{U}$
- ② Spitze-Spitze-Wert  $U_{SS} = 2 \cdot \hat{U}$
- ③ Effektivwert  $U_{eff} = \frac{\hat{U}}{\sqrt{2}} \approx 0,7 \cdot \hat{U}$
- ④ Periodendauer  $T = \frac{1}{f} = \frac{2\pi}{\omega}$   
mit Kreisfrequenz  $\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$

Abb. 4: Kenngrößen an sinusförmiger Wechselspannung



# Sinus

Welche Periodendauer hat europäische Netzspannung?

AfuTUB-Kurs

Technik A 11

Einleitung

Periodische Signale

Sinusförmig

Oszilloskop

Phasenwinkel

Weitere Signale

Frequenzvielfache

Sägezahn

Rechteck

Nicht-periodische  
Signale

Modulierte Signale

AM

SSB

FM

PM

Hilfsträger

Referenzen

# Sinus

## Einleitung

## Periodische Signale

Sinusförmig

Oszilloskop

Phasenwinkel

Weitere Signale

Frequenzvielfache

Sägezahn

Rechteck

Nicht-periodische  
Signale

## Modulierte Signale

AM

SSB

FM

PM

Hilfsträger

## Referenzen

Welche Periodendauer hat europäische Netzspannung?

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{50\text{Hz}} \approx 20\text{ms}$$

# Kurze Wiederholung Messtechnik: Oszilloskop

Wie hoch sind Spitze-Spitze-Spannung und Frequenz?

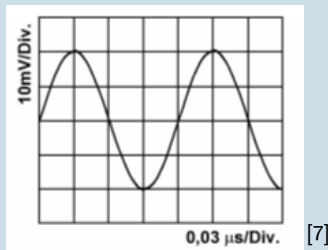


Abb. 5: TB605

## Einleitung

### Periodische Signale

Sinusförmig

Oszilloskop

Phasenwinkel

Weitere Signale

Frequenzvielfache

Sägezahn

Rechteck

### Nicht-periodische Signale

### Modulierte Signale

AM

SSB

FM

PM

Hilfsträger

### Referenzen

# Kurze Wiederholung Messtechnik: Oszilloskop

Wie hoch sind Spitze-Spitze-Spannung und Frequenz?

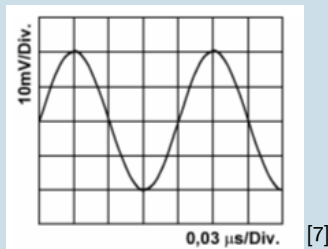


Abb. 5: TB605

$$U_{SS} = 40 \text{ mV}$$

$$f = \frac{1}{4 \cdot 0,03 \cdot 10^{-6} \text{ s}} \approx 8,33 \cdot 10^6 \text{ Hz} = 8,33 \text{ MHz}$$

## Einleitung

## Periodische Signale

Sinusförmig

Oszilloskop

Phasenwinkel

Weitere Signale

Frequenzvielfache

Sägezahn

Rechteck

## Nicht-periodische Signale

## Modulierte Signale

AM

SSB

FM

PM

Hilfsträger

## Referenzen

# Zeigerdarstellung

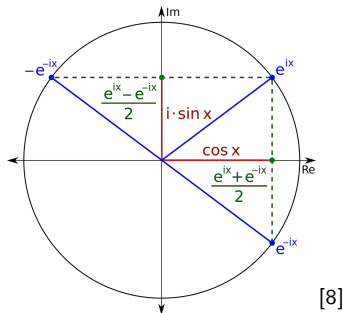


Abb. 6: Beziehung zwischen Sinus, Kosinus und Exponentialfunktion

Trigonometrische Zusammenhänge im Einheitskreis.

Animationen: [Wikimedia](#) und von [H. Krauß](#) (braucht Flash).

## Einleitung

### Periodische Signale

Sinusförmig

Oszilloskop

Phasenwinkel

Weitere Signale

Frequenzvielfache

Sägezahn

Rechteck

### Nicht-periodische Signale

### Modulierte Signale

AM

SSB

FM

PM

Hilfsträger

### Referenzen

# Phasenwinkel

Wie groß ist folgende Phasenverschiebung?

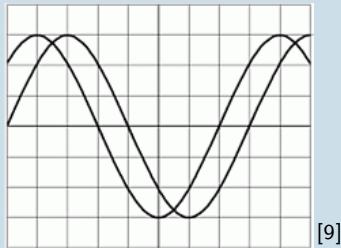


Abb. 7: TB612

AfuTUB-Kurs

Technik A 11

Einleitung

Periodische Signale

Sinusförmig

Oszilloskop

Phasenwinkel

Weitere Signale

Frequenzvielfache

Sägezahn

Rechteck

Nicht-periodische  
Signale

Modulierte Signale

AM

SSB

FM

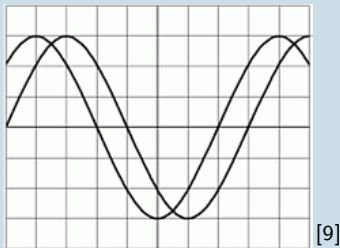
PM

Hilfsträger

Referenzen

# Phasenwinkel

Wie groß ist folgende Phasenverschiebung?



[9]

Abb. 7: TB612

$$\Delta\varphi = \frac{\pi}{4} = 45^\circ$$

AfuTUB-Kurs

Technik A 11

Einleitung

Periodische Signale

Sinusförmig

Oszilloskop

Phasenwinkel

Weitere Signale

Frequenzvielfache

Sägezahn

Rechteck

Nicht-periodische  
Signale

Modulierte Signale

AM

SSB

FM

PM

Hilfsträger

Referenzen

# Ableitung weiterer Signale

## Definition

Hat ein Signal nur eine einzige Frequenz, ist es ein sinusförmiges Signal. Alle anderen Signale bestehen aus einem Frequenzgemisch.

## Einleitung

### Periodische Signale

Sinusförmig

Oszilloskop

Phasenwinkel

Weitere Signale

Frequenzvielfache

Sägezahn

Rechteck

### Nicht-periodische Signale

### Modulierte Signale

AM

SSB

FM

PM

Hilfsträger

### Referenzen



# Ableitung weiterer Signale

Bedeutet alle möglichen periodischen Signale lassen sich aus Überlagerung von Sinussignalen ableiten:

- **Grundfrequenz**
- beliebige **ganzzahlige Vielfache** der Grundfrequenz (Oberwellen bzw. Harmonische)

Bereits vorgestellte Beispiele: Rechteck, Dreieck, Sägezahn

## Einleitung

### Periodische Signale

Sinusförmig

Oszilloskop

Phasenwinkel

Weitere Signale

Frequenzvielfache

Sägezahn

Rechteck

### Nicht-periodische Signale

### Modulierte Signale

AM

SSB

FM

PM

Hilfsträger

### Referenzen

# Harmonische und Oberwellen

Welche Frequenz hat die erste Harmonische von  $430.200\text{MHz}$ ?

AfuTUB-Kurs

Technik A 11

Einleitung

Periodische Signale

Sinusförmig

Oszilloskop

Phasenwinkel

Weitere Signale

Frequenzvielfache

Sägezahn

Rechteck

Nicht-periodische  
Signale

Modulierte Signale

AM

SSB

FM

PM

Hilfsträger

Referenzen



AFG  
AmateurfunkForschungsGruppe



DKØTU

15

# Harmonische und Oberwellen

Welche Frequenz hat die erste Harmonische von  $430.200\text{MHz}$ ?

Die erste Harmonische ist die Frequenz selbst.

Die erste Oberwelle bzw. zweite Harmonische liegt bei  $860.4\text{MHz}$

AfuTUB-Kurs

Technik A 11

Einleitung

Periodische Signale

Sinusförmig

Oszilloskop

Phasenwinkel

Weitere Signale

Frequenzvielfache

Sägezahn

Rechteck

Nicht-periodische  
Signale

Modulierte Signale

AM

SSB

FM

PM

Hilfsträger

Referenzen

# Harmonische und Oberwellen

Welche Frequenz hat die erste Harmonische von  $430.200\text{MHz}$ ?

Die erste Harmonische ist die Frequenz selbst.

Die erste Oberwelle bzw. zweite Harmonische liegt bei  $860.4\text{MHz}$

Merke:  $n$ -te Oberwelle =  $n + 1$ -te Harmonische

AfuTUB-Kurs

Technik A 11

Einleitung

Periodische Signale

Sinusförmig

Oszilloskop

Phasenwinkel

Weitere Signale

Frequenzvielfache

Sägezahn

Rechteck

Nicht-periodische  
Signale

Modulierte Signale

AM

SSB

FM

PM

Hilfsträger

Referenzen

# Harmonische und Oberwellen – Beispiel: Instrumentensaite

## Einleitung

### Periodische Signale

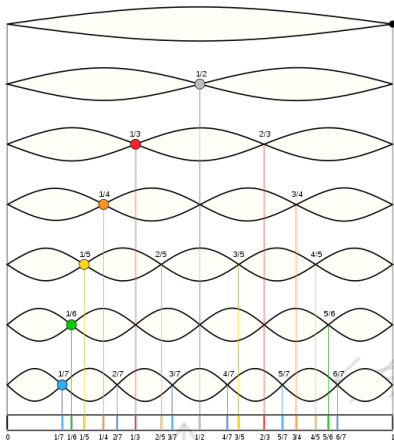
- Sinusförmig
- Oszilloskop
- Phasenwinkel
- Weitere Signale
- Frequenzvielfache
- Sägezahn
- Rechteck

### Nicht-periodische Signale

### Modulierte Signale

- AM
- SSB
- FM
- PM
- Hilfsträger

### Referenzen



[10]

## Harmonische

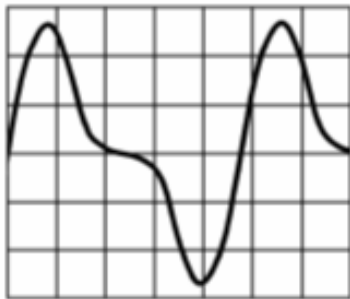
- 1. Harmonische = Grundfrequenz
- 2. Harmonische = Doppelte Grundfrequenz
- 3. Harmonische = Dreifache Grundfrequenz
- ...

## Oberwelle

- 1. Oberwelle = Doppelte Grundfrequenz
- 2. Oberwelle = Dreifache Grundfrequenz
- ...

# Sägezahn

Grundwelle + alle Harmonische reduzierter Amplitude:



- 1. Harmonische,  $\frac{1}{1}$  Amplitude (Bsp. 2kHz)
- 2. Harmonische,  $\frac{1}{2}$  Amplitude (Bsp. ?)
- 3. Harmonische,  $\frac{1}{3}$  Amplitude
- ...

Abb. 9: TB705

## Einleitung

### Periodische Signale

Sinusförmig

Oszilloskop

Phasenwinkel

Weitere Signale

Frequenzvielfache

Sägezahn

Rechteck

### Nicht-periodische Signale

### Modulierte Signale

AM

SSB

FM

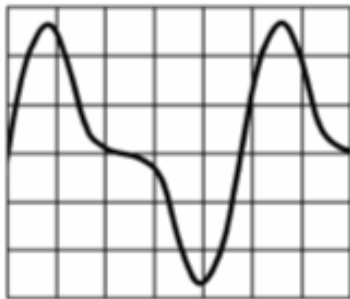
PM

Hilfsträger

### Referenzen

# Sägezahn

Grundwelle + alle Harmonische reduzierter Amplitude:



- 1. Harmonische,  $\frac{1}{1}$  Amplitude (Bsp. 2kHz)
- 2. Harmonische,  $\frac{1}{2}$  Amplitude (Bsp. 4kHz)
- 3. Harmonische,  $\frac{1}{3}$  Amplitude
- ...

Abb. 9: TB705

## Einleitung

### Periodische Signale

Sinusförmig

Oszilloskop

Phasenwinkel

Weitere Signale

Frequenzvielfache

Sägezahn

Rechteck

### Nicht-periodische Signale

### Modulierte Signale

AM

SSB

FM

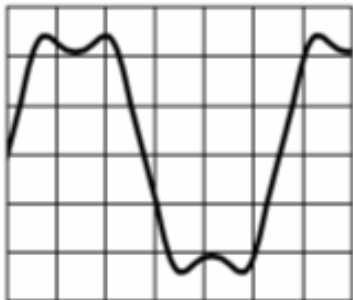
PM

Hilfsträger

### Referenzen

# Rechteck

Grundwelle + ungeradzahlige Harmonische:



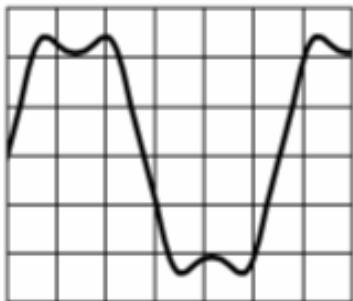
- 1. Harmonische,  $\frac{1}{1}$  Amplitude (Bsp. 2kHz)
- 3. Harmonische,  $\frac{1}{3}$  Amplitude (Bsp. ?)
- 5. Harmonische,  $\frac{1}{5}$  Amplitude
- ...

Abb. 10: TB706



# Rechteck

Grundwelle + ungeradzahlige Harmonische:



- 1. Harmonische,  $\frac{1}{1}$  Amplitude (Bsp. 2kHz)
- 3. Harmonische,  $\frac{1}{3}$  Amplitude (Bsp. 6kHz)
- 5. Harmonische,  $\frac{1}{5}$  Amplitude
- ...

[12]

Abb. 10: TB706

## Einleitung

### Periodische Signale

Sinusförmig

Oszilloskop

Phasenwinkel

Weitere Signale

Frequenzvielfache

Sägezahn

Rechteck

### Nicht-periodische Signale

### Modulierte Signale

AM

SSB

FM

PM

Hilfsträger

### Referenzen

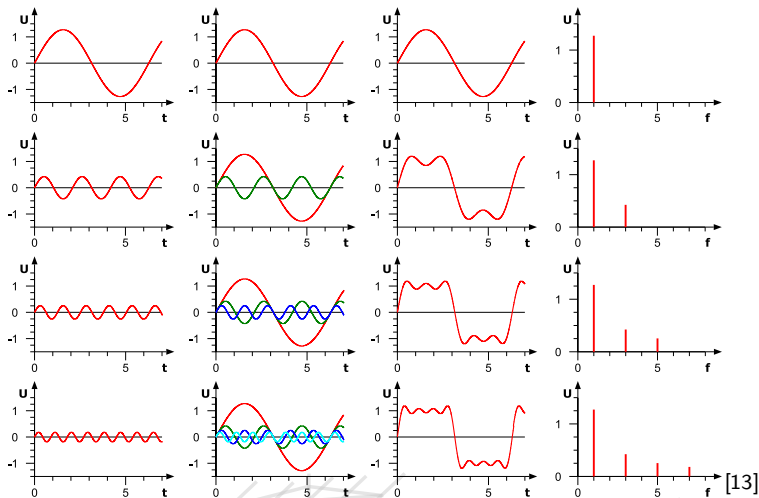


Abb. 11: Fourieranalyse eines Rechtecksignals

Einleitung

Periodische Signale

- Sinusförmig
- Oszilloskop
- Phasenwinkel
- Weitere Signale
- Frequenzvielfache
- Sägezahn
- Rechteck

Nicht-periodische Signale

Modulierte Signale

- AM
- SSB
- FM
- PM
- Hilfsträger

Referenzen

# Nicht-periodische Signale

## Definition

Signale, die sich nicht regelmäßig wiederholen werden nicht-periodische Signale genannt.

## Einleitung

### Periodische Signale

Sinusförmig

Oszilloskop

Phasenwinkel

Weitere Signale

Frequenzvielfache

Sägezahn

Rechteck

### Nicht-periodische Signale

### Modulierte Signale

AM

SSB

FM

PM

Hilfsträger

### Referenzen

# Nicht-periodische Signale

Dies können nicht wiederkehrende Signale beliebiger Form sein, z.B. Impulse.

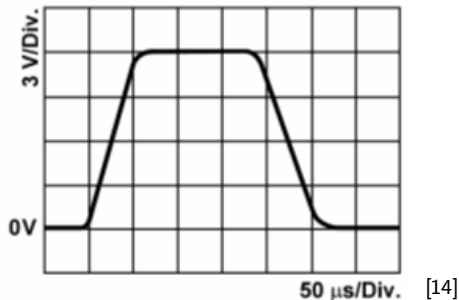


Abb. 12: TB702a

Messung Impulsdauer oder Pulsbreite bei ca. 50% der Amplitude.  
Wie breit ist das Signal im Beispiel?

# Nicht-periodische Signale

Dies können nicht wiederkehrende Signale beliebiger Form sein, z.B. Impulse.

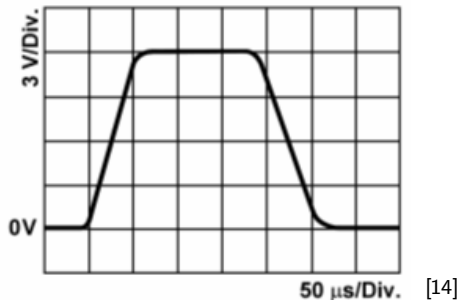


Abb. 12: TB702a

Messung Impulsdauer oder Pulsbreite bei ca. 50% der Amplitude.  
Wie breit ist das Signal im Beispiel? Antwort: 0,2ms

## Einleitung

### Periodische Signale

- Sinusförmig
- Oszilloskop
- Phasenwinkel
- Weitere Signale
- Frequenzvielfache
- Sägezahn
- Rechteck

### Nicht-periodische Signale

### Modulierte Signale

- AM
- SSB
- FM
- PM
- Hilfsträger

### Referenzen

# Nicht-periodische Signale (nicht prüfungsrelevant)

## Einleitung

### Periodische Signale

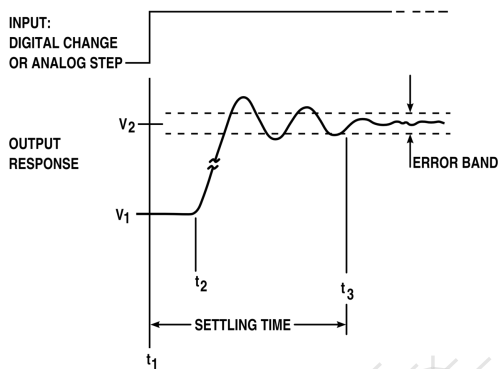
- Sinusförmig
- Oszilloskop
- Phasenwinkel
- Weitere Signale
- Frequenzvielfache
- Sägezahn
- Rechteck

### Nicht-periodische Signale

### Modulierte Signale

- AM
- SSB
- FM
- PM
- Hilfsträger

### Referenzen



Zur Messung von Impulsantworten oder Übergangsfunktionen (Sprungantwort) spielen Dirac-Impuls und Heaviside-Funktion eine große Rolle.

Praxis: **Sprungantwort aus Rechteck** - überführbar zu Impulsantwort.

[15]

Abb. 13: High accuracy settling time measurements

# Modulation

Bekanntes Wissen aus Technik Klasse E Lektion 14:

Modulation ist das „Aufprägen“ von Signalen auf einen periodischen Träger durch Mischung/Multiplikation. Mischung sorgt immer für Spiegelfrequenzen.

Im einfachen reellen Fall betrachtet (Formel nicht prüfungsrelevant):

$$u = \hat{u} \cdot \sin(\omega t + \varphi)$$

Welche Parameter lassen sich modulieren?

## Einleitung

### Periodische Signale

Sinusförmig

Oszilloskop

Phasenwinkel

Weitere Signale

Frequenzvielfache

Sägezahn

Rechteck

### Nicht-periodische Signale

### Modulierte Signale

AM

SSB

FM

PM

Hilfsträger

### Referenzen

# Modulierte Signale

## Definition

Eine Kombination aus einem sinusförmigen Signal, weiteren sinusförmigen Signalen oder nicht-sinusförmigen Signalen oder Impulsen wird modulierte Signal genannt. Es ist keine Kombination aus Harmonischen.

Veränderbare Kenngrößen eines Signals:

- Amplitude
- Frequenz
- Phase

Verschiebung eines Signals in einen anderen Frequenzbereich.

## Einleitung

### Periodische Signale

Sinusförmig

Oszilloskop

Phasenwinkel

Weitere Signale

Frequenzvielfache

Sägezahn

Rechteck

### Nicht-periodische Signale

### Modulierte Signale

AM

SSB

FM

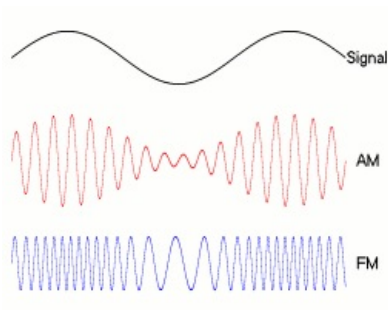
PM

Hilfsträger

### Referenzen



# Modulationsarten (Wdh.)



## Amplitudenmodulation

- Zweiseitenbandmodulation
- Einseitenbandmodulation
- jeweils mit und ohne Träger

## Winkelmodulation

- Frequenzmodulation
- Phasenmodulation

Abb. 14: Illustration von Frequenz- und Amplitudenmodulation

### Einleitung

### Periodische Signale

Sinusförmig

Oszilloskop

Phasenwinkel

Weitere Signale

Frequenzvielfache

Sägezahn

Rechteck

### Nicht-periodische Signale

### Modulierte Signale

AM

SSB

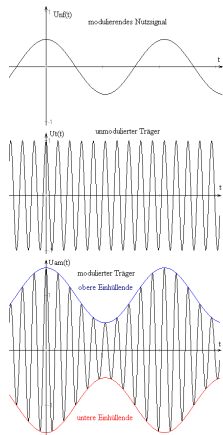
FM

PM

Hilfsträger

### Referenzen

# Amplitudenmodulation



[17]

Abb. 15: Beispiel zur Amplitudenmodulation ( $m=0,5$ )

- niederfrequentes Signal wird als Hüllkurve auf den Träger geprägt  
→ einfache Gleichrichtung zur Demodulation
- gleiche Information in jedem Seitenband
- nur maximal 18% der Sendeleistung überträgt Information
- Bandbreite doppelt so groß wie maximale Modulationsfrequenz  
 $B = 2 \cdot f_{modmax}$
- starke Störungsanfälligkeit

## Einleitung

### Periodische Signale

Sinusförmig

Oszilloskop

Phasenwinkel

Weitere Signale

Frequenzvielfache

Sägezahn

Rechteck

### Nicht-periodische Signale

### Modulierte Signale

AM

SSB

FM

PM

Hilfsträger

### Referenzen

# Amplitudenmodulation

Arten:

- AM mit Träger ( $> 2 \cdot \text{NF-Bandbreite}$ )
- AM ohne Träger aka DSB ( $> 2 \cdot \text{NF-Bandbreite}$ )
- SSB: LSB/USB ( $\approx \text{NF-Bandbreite}$ )

Woraus ergeben sich die Bandbreiten?

## Einleitung

### Periodische Signale

Sinusförmig

Oszilloskop

Phasenwinkel

Weitere Signale

Frequenzvielfache

Sägezahn

Rechteck

### Nicht-periodische Signale

### Modulierte Signale

AM

SSB

FM

PM

Hilfsträger

### Referenzen

# Einseitenbandmodulation (SSB)

- ein Seitenband unterdrücken
- halbiert die Bandbreite (vereinfacht)
- Bandbreite ist nun so groß wie das NF-Signal

Für den Betrieb interessant: Lower Side Band (LSB) bei  $< 10\text{MHz}$ , Upper Side Band (USB) bei  $> 10\text{MHz}$

## Einleitung

### Periodische Signale

Sinusförmig

Oszilloskop

Phasenwinkel

Weitere Signale

Frequenzvielfache

Sägezahn

Rechteck

### Nicht-periodische Signale

### Modulierte Signale

AM

SSB

FM

PM

Hilfsträger

### Referenzen

# Einseitenbandmodulation (SSB)

## Einleitung

### Periodische Signale

- Sinusförmig
- Oszilloskop
- Phasenwinkel
- Weitere Signale
- Frequenzvielfache
- Sägezahn
- Rechteck

### Nicht-periodische Signale

### Modulierte Signale

- AM
- SSB
- FM
- PM
- Hilfsträger

### Referenzen

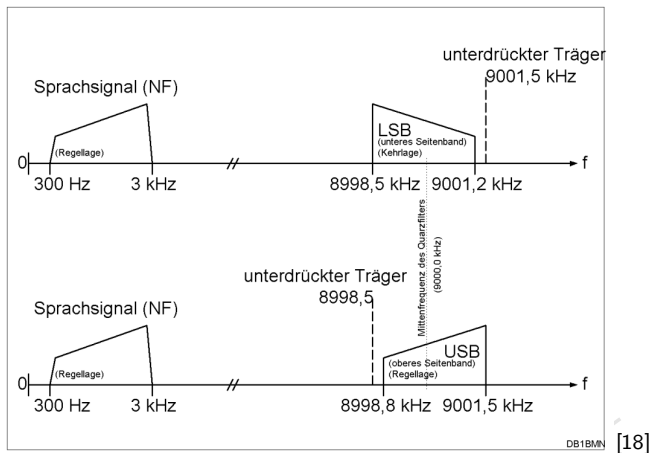


Abb. 16: Verfahren zur Erzeugung eines SSB-Signals nach der Filtermethode (stark vereinfacht).

# Frequenzmodulation

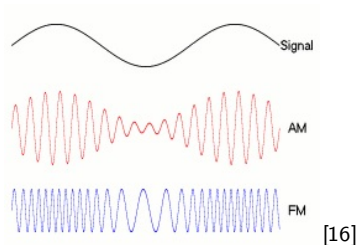


Abb. 17: Illustration von Frequenz- und Amplitudenmodulation

- wird im VHF / UHF Bereich & 10m angewandt
- vor allem bei mobilem Funkbetrieb
- findet auch bei Packet-Radio Anwendung
- Information steckt in der Frequenz
- Amplitude bleibt konstant

## Einleitung

### Periodische Signale

Sinusförmig

Oszilloskop

Phasenwinkel

Weitere Signale

Frequenzvielfache

Sägezahn

Rechteck

### Nicht-periodische Signale

### Modulierte Signale

AM

SSB

FM

PM

Hilfsträger

### Referenzen

# Modulationsindex

Verhältnis von Frequenzhub zu Modulationsfrequenz

## Modulationsindex

$$m = \frac{\Delta f_T}{f_{mod}}$$

$m < 2$  Schmalband-FM (NFM)

$m \geq 2$  Breitband-FM (WFM)

## Modulationsindex

Amateurfunk:  $m = \frac{3\text{kHz}}{3\text{kHz}} = 1$

UKW-Hörfunk (mono):  $m = \frac{75\text{kHz}}{15\text{kHz}} = 5$

# Bandbreite bei FM

- FM erzeugt Seitenbänder
- Im Amateurfunk wird ein geringer Hub verwendet, der die höchste vorkommende Niederfrequenz nicht überschreitet

## Ungefähre Bandbreite (Carson Bandbreite)

$$B = 2 \cdot (\Delta f_T + f_{mod \max})$$

## Bandbreite

Amateurfunk:  $B = 2 \cdot (3\text{kHz} + 3\text{kHz}) = 12\text{kHz}$

UKW-Hörfunk (mono):  $B = 2 \cdot (75\text{kHz} + 15\text{kHz}) = 180\text{kHz}$

### Einleitung

#### Periodische Signale

Sinusförmig

Oszilloskop

Phasenwinkel

Weitere Signale

Frequenzvielfache

Sägezahn

Rechteck

#### Nicht-periodische Signale

#### Modulierte Signale

AM

SSB

FM

PM

Hilfsträger

#### Referenzen



# FM Vor- & Nachteile

## Vorteile

- Störungsfester, da die Amplitude konstant bleibt – Störimpulse werden nicht demoduliert

## Nachteile

- benötigt mehr Bandbreite
- nur der stärkste Sender kann empfangen werden

### Einleitung

#### Periodische Signale

Sinusförmig

Oszilloskop

Phasenwinkel

Weitere Signale

Frequenzvielfache

Sägezahn

Rechteck

#### Nicht-periodische Signale

#### Modulierte Signale

AM

SSB

FM

PM

Hilfsträger

#### Referenzen

# Phasenmodulation

... ist wie die Frequenzmodulation eine Winkelmodulation und dieser sehr ähnlich.

*In der Prüfung spielt sie keine Rolle – Beispiel: PSK31*

## Einleitung

### Periodische Signale

Sinusförmig

Oszilloskop

Phasenwinkel

Weitere Signale

Frequenzvielfache

Sägezahn

Rechteck

### Nicht-periodische Signale

### Modulierte Signale

AM

SSB

FM

PM

Hilfsträger

### Referenzen

# Modulation mit Hilfsträger

Nutzsignal wird auf eine niederfrequente Zwischenfrequenz moduliert und danach auf AM oder FM.

Beispiel:

1kHz Tonsignal mit Morsecode wird auf den Mikrofoneingang eines FM-Senders gelegt → *Frequenzmodulation mit Tastung eines modulierten Hilfsträgers F2A*

## Einleitung

### Periodische Signale

Sinusförmig

Oszilloskop

Phasenwinkel

Weitere Signale

Frequenzvielfache

Sägezahn

Rechteck

### Nicht-periodische Signale

### Modulierte Signale

AM

SSB

FM

PM

Hilfsträger

### Referenzen

# Sendarten: Schlüsselzeichen I

*Wiederholung aus BV09*

## Modulationsart des Hauptträgers

- A Amplitudenmodulation
- J SSB (AM, Seitenband mit unterdrücktem Träger)
- F Winkelmodulation, Frequenzmodulation

## Signalart

- 1 Einkanaliges quantisiertes Signal ohne Hilfsträger
- 2 Einkanaliges quantisiertes Signal mit einem Hilfsträger
- 3 Einkanaliges Analogsignal

### Einleitung

### Periodische Signale

Sinusförmig

Oszilloskop

Phasenwinkel

Weitere Signale

Frequenzvielfache

Sägezahn

Rechteck

### Nicht-periodische Signale

### Modulierte Signale

AM

SSB

FM

PM

Hilfsträger

### Referenzen

# Sendarten: Schlüsselzeichen II

## Informationsart

- A Morsetelegrafie
- B Telegrafie für maschinellen Empfang (Teletype)
- C Fax
- D Daten, Telemetrie, Fernsteuerung
- E Telefonie, Rundfunk
- F Fernsehsignal

## Einleitung

### Periodische Signale

Sinusförmig

Oszilloskop

Phasenwinkel

Weitere Signale

Frequenzvielfache

Sägezahn

Rechteck

### Nicht-periodische Signale

### Modulierte Signale

AM

SSB

FM

PM

Hilfsträger

### Referenzen

# Sendarten: Beispiele

## Beispiele für Sendarten

A1A CW

F2A CW via FM-Hilfsträger

F3E FM

J3E SSB

J2B RTTY

J2B Pactor

[↗ Übersichtliche Liste](#)

### Einleitung

#### Periodische Signale

Sinusförmig

Oszilloskop

Phasenwinkel

Weitere Signale

Frequenzvielfache

Sägezahn

Rechteck

#### Nicht-periodische Signale

#### Modulierte Signale

AM

SSB

FM

PM

Hilfsträger

#### Referenzen

# Referenzen/Links

[1] DARC Online-Lehrgang Klasse A:

<https://www.darc.de/der-club/referate/ajw/lehrgang-ta/a11/>


[2] Fragenkatalog Bundesnetzagentur Technik Klasse A:

[https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Telekommunikation/Unternehmen\\_Institutionen/Frequenzen/Amateurfunk/Fragenkatalog/TechnikFragenkatalogKlasseAf252rId9014pdf.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=3](https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Telekommunikation/Unternehmen_Institutionen/Frequenzen/Amateurfunk/Fragenkatalog/TechnikFragenkatalogKlasseAf252rId9014pdf.pdf?__blob=publicationFile&v=3)


Abbildungen:

[3] Periodische Wellenformen: 

[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Waveforms\\_de.svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Waveforms_de.svg)

[4] Sinuskurve: 

<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sine.svg>

[5] Sinus/Cosinus-Funktion: 

[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sine\\_cosine\\_one\\_period.svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sine_cosine_one_period.svg)

[6] Wechselspannung: 

<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sinusspannung.svg>

Einleitung

Periodische Signale

Sinusförmig

Oszilloskop

Phasenwinkel

Weitere Signale

Frequenzvielfache

Sägezahn

Rechteck

Nicht-periodische  
Signale

Modulierte Signale

AM





SSB

FM

PM

Hilfsträger


Referenzen

- [7] TB605:  
<https://www.bundesnetzagentur.de/amateurfunk/>
- [8] sin/cos/exp-Beziehung:   
[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sine\\_Cosine\\_Exponential\\_qrt1.svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sine_Cosine_Exponential_qrt1.svg)
- [9] TB612:  
<https://www.bundesnetzagentur.de/amateurfunk/>
- [10] Saitenschwingung:   
<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Moodswingerscale.svg>
- [11] TB705:  
<https://www.bundesnetzagentur.de/amateurfunk/>
- [12] TB706:  
<https://www.bundesnetzagentur.de/amateurfunk/>
- [13] Fourier-Analyse:   
[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Fourier\\_synthesis.svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Fourier_synthesis.svg)
- [14] TB702a:  
<https://www.bundesnetzagentur.de/amateurfunk/>
- [15] Settling Time:   
[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:  
High\\_accuracy\\_settling\\_time\\_measurements\\_figure\\_1.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:High_accuracy_settling_time_measurements_figure_1.png)




[16] FM/AM-Modulation: 

<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Amfm3-en-de.gif>

[17] AM-Modulation: 

<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Amplitudenmodulation3.png>

[18] SSB-Modulation: 

<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ssb-de.png>

## Einleitung

## Periodische Signale

Sinusförmig

Oszilloskop

Phasenwinkel

Weitere Signale

Frequenzvielfache

Sägezahn

Rechteck

Nicht-periodische  
Signale

## Modulierte Signale

AM

SSB

FM

PM

Hilfsträger

## Referenzen