

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

DK0TU

Amateurfunkgruppe der TU Berlin

<https://dk0tu.de>

WiSe 2017/18 – SoSe 2018



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

Amateurfunkgruppe der Technische Universität Berlin (AfuTUB), DKØTU, Stand: Mon Nov 27 15:22:16 2017 +0100

# Einleitung

## Generell: Was sind Signale?

AfuTUB-Kurs

DK0TU

### Einleitung

#### Periodische Signale

Sinusförmig

Oszilloskop

Phasenwinkel

Weitere Signale

Frequenzvielfache

Sägezahn

Rechteck

#### Nicht-periodische Signale

#### Modulierte Signale

AM

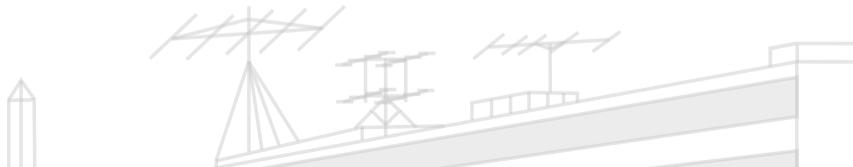
SSB

FM

PM

Hilfsträger

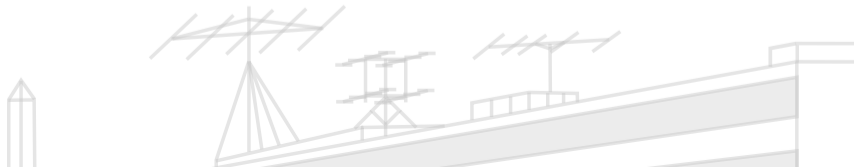
#### Referenzen



# Signale

Allgemein: Signale sind Zeichen. Ist ihre Bedeutung festgelegt können Nachrichten transportiert werden.

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

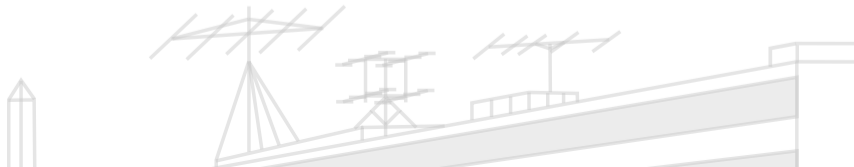
Hilfsträger

### 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

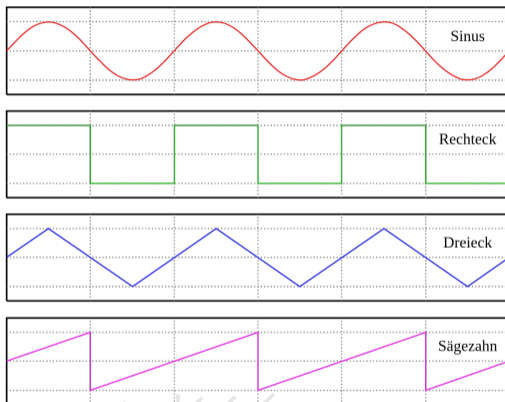
FM

PM

Hilfsträger

### Referenzen

# Periodische Signale



Verschiedene periodische Wellenformen (von Mik81 [↗](#) [©](#) [f](#) [©](#))

## Einleitung

### Periodische Signale

Sinusförmig

Oszilloskop

Phasenwinkel

Weitere Signale

Frequenzvielfache

Sägezahn

Rechteck

### Nicht-periodische Signale

### Modulierte Signale

AM

SSB

FM

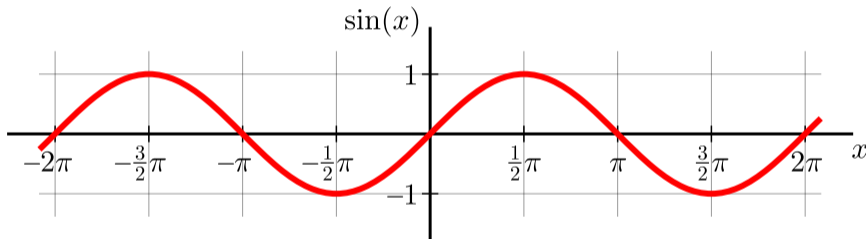
PM

Hilfsträger

### Referenzen

# Sinusförmige Signale

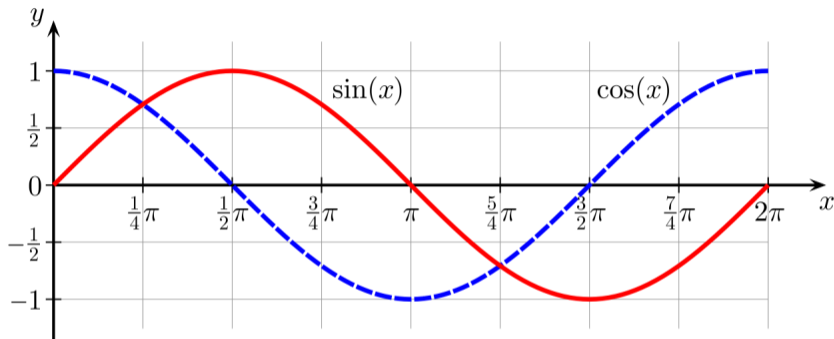
Fundamental: Schallwellen und elektromagnetische Wellen lassen sich als zusammengesetzte Sinus- und Cosinuswellen beschreiben




Sinuskurve (von Geek3 [↗](#) [©](#) [f](#) [©](#))

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

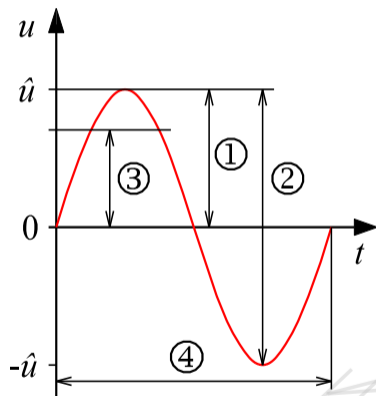
# Sinusförmige Signale



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  $360^\circ$  (von Geek3 © )

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

# Kenngrößen



Kenngrößen an sinusförmiger Wechselspannung (von Saure )

## 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  $\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$



## Einleitung

## Periodische Signale

Sinusförmig

Oszilloskop

Phasenwinkel

Weitere Signale

Frequenzvielfache

Sägezahn

Rechteck

Nicht-periodische  
Signale

## Modulierte Signale

AM

SSB

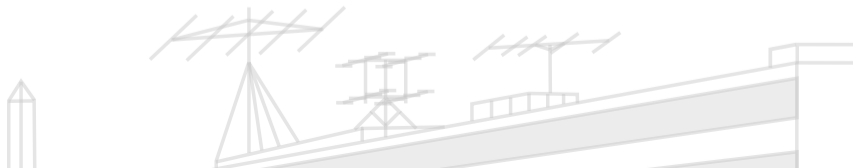
FM

PM

Hilfsträger

## Referenzen

<b>TB609</b>	<b>Der Spitzen-Spitzen-Wert der häuslichen 230-V-Stromversorgung ist</b>
A	163 Volt.
B	325 Volt.
C	650 Volt.
D	460 Volt.



<b>TB609</b>	<b>Der Spitzen-Spitzen-Wert der häuslichen 230-V-Stromversorgung ist</b>
A	163 Volt.
B	325 Volt.
C ✓	650 Volt.
D	460 Volt.

$230V \cdot \sqrt{2} \cdot 2$  – Darauf achten, ob vielleicht nach Spitzenwert gefragt ist.

Generell bei Leistungsberechnungen mit Wechselströmen: Effektivwert nehmen!

# Sinus

Welche Periodendauer hat europäische Netzspannung?

AfuTUB-Kurs

DK0TU

Einleitung

Periodische Signale

Sinusförmig

Oszilloskop

Phasenwinkel

Weitere Signale

Frequenzvielfache

Sägezahn

Rechteck

Nicht-periodische  
Signale

Modulierte Signale

AM

SSB

FM

PM

Hilfsträger

Referenzen

# Sinus

Welche Periodendauer hat europäische Netzspannung?

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

## 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?

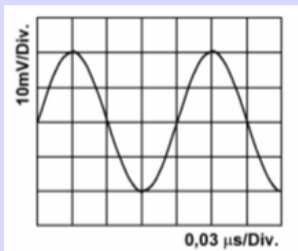


Abb. 5: TB606 (von BNetzA ↗ )

## 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?

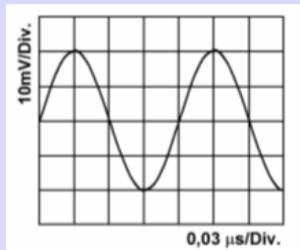
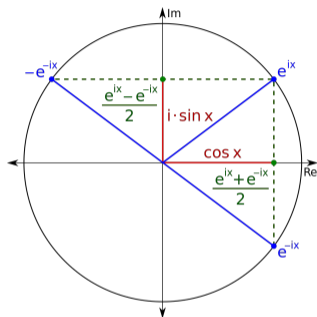



Abb. 5: TB606 (von BNetzA ↗ )

$$U_{SS} = 40mV$$

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

# Zeigerdarstellung



Beziehung zwischen Sinus, Kosinus und Exponentialfunktion (von Quartl )

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?

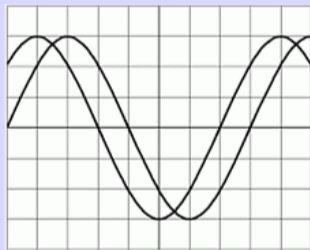


Abb. 7: TB612 (von BNetzA ↗ )

## 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?

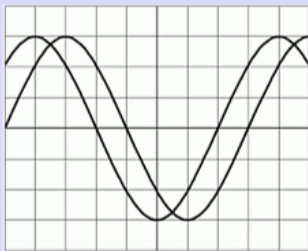


Abb. 7: TB612 (von BNetzA ↗ )

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

## 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

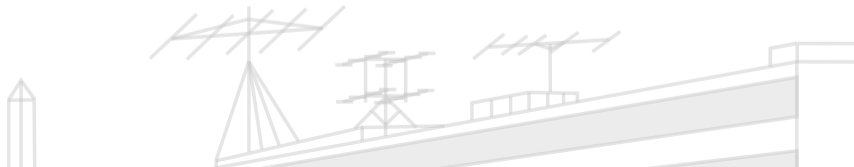
SSB

FM

PM

Hilfsträger

#### Referenzen

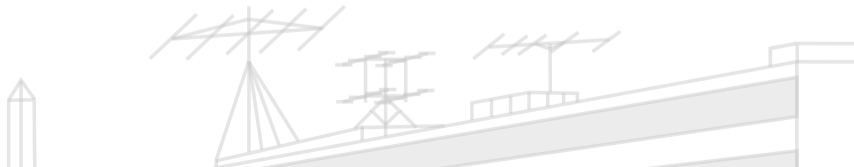


# Ableitung weiterer Signale

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



# Harmonische und Oberwellen

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

## Einleitung

### Periodische Signale

Sinusförmig

Oszilloskop

Phasenwinkel

Weitere Signale

Frequenzvielfache

Sägezahn

Rechteck

### Nicht-periodische Signale

### Modulierte Signale

AM

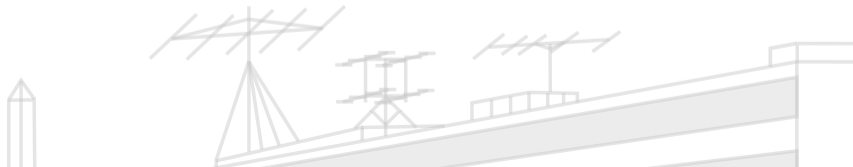
SSB

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  $860.4\text{MHz}$

## Einleitung

### Periodische Signale

Sinusförmig

Oszilloskop

Phasenwinkel

Weitere Signale

Frequenzvielfache

Sägezahn

Rechteck

### Nicht-periodische Signale

### Modulierte Signale

AM

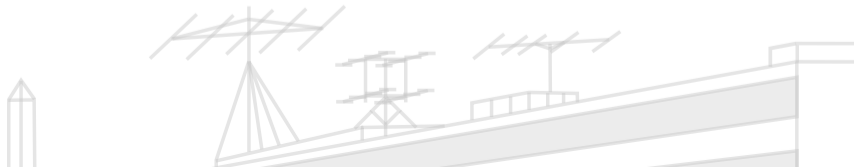
SSB

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

## Einleitung

### Periodische Signale

Sinusförmig

Oszilloskop

Phasenwinkel

Weitere Signale

Frequenzvielfache

Sägezahn

Rechteck

### Nicht-periodische Signale

### Modulierte Signale

AM

SSB

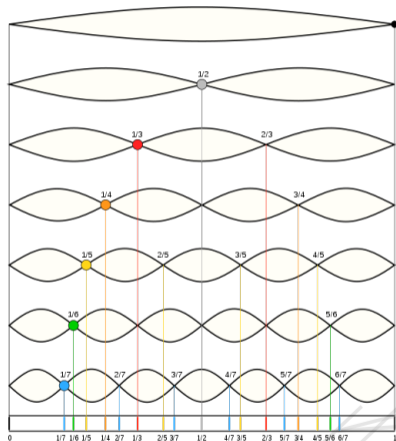
FM

PM

Hilfsträger

### Referenzen

# Harmonische und Oberwellen – Beispiel: Instrumentensaite




## Harmonische

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

## Oberwelle

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

Harmonie (von Y. Landman, verändert durch W axell) 

## Einleitung

## Periodische Signale

Sinusförmig

Oszilloskop

Phasenwinkel

Weitere Signale

Frequenzvielfache

Sägezahn

Rechteck

Nicht-periodische  
Signale

## Modulierte Signale

AM

SSB

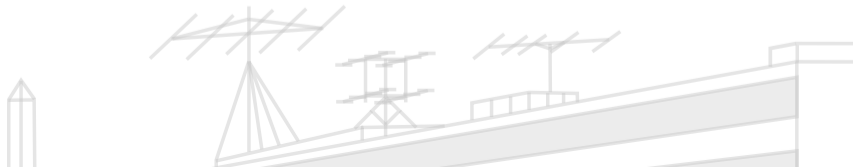
FM

PM

Hilfsträger

## Referenzen

<b>TA116</b>	<b>Die zweite ungeradzahlige Harmonische der Frequenz 144,690 MHz ist</b>
A	145,000 MHz
B	289,380 MHz
C	434,070 MHz
D	723,450 MHz





## Einleitung

## Periodische Signale

Sinusförmig

Oszilloskop

Phasenwinkel

Weitere Signale

Frequenzvielfache

Sägezahn

Rechteck

Nicht-periodische  
Signale

## Modulierte Signale

AM

SSB

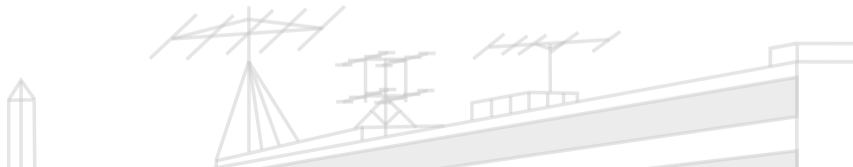
FM

PM

Hilfsträger

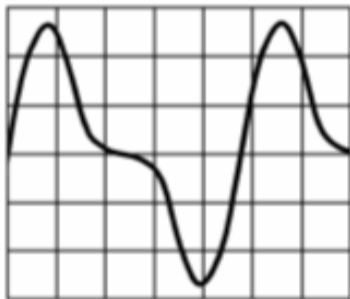
## Referenzen

<b>TA116</b>	<b>Die zweite ungeradzahlige Harmonische der Frequenz 144,690 MHz ist</b>
A	145,000 MHz
B	289,380 MHz
C ✓	434,070 MHz
D	723,450 MHz



# Sägezahn

Grundwelle + alle Harmonische reduzierter Amplitude:

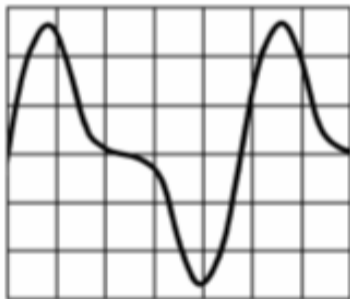


- 1. Harmonische,  $\frac{1}{1}$  Amplitude (Bsp. 2kHz)
- 2. Harmonische,  $\frac{1}{2}$  Amplitude (Bsp. ?)
- 3. Harmonische,  $\frac{1}{3}$  Amplitude
- ...

TB705 (von BNetzA ↗ )

# Sägezahn

Grundwelle + alle Harmonische reduzierter Amplitude:

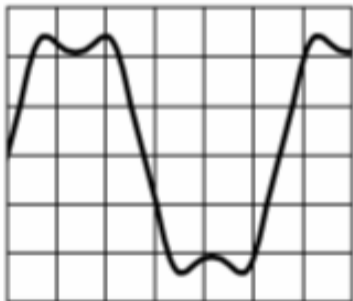


- 1. Harmonische,  $\frac{1}{1}$  Amplitude (Bsp. 2kHz)
- 2. Harmonische,  $\frac{1}{2}$  Amplitude (Bsp. 4kHz)
- 3. Harmonische,  $\frac{1}{3}$  Amplitude
- ...

TB705 (von BNetzA ↗ )

# Rechteck

Grundwelle + ungeradzahlige Harmonische:

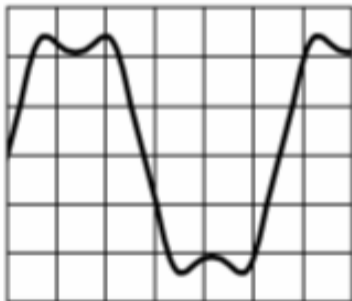


- 1. Harmonische,  $\frac{1}{1}$  Amplitude (Bsp. 2kHz)
- 3. Harmonische,  $\frac{1}{3}$  Amplitude (Bsp. ?)
- 5. Harmonische,  $\frac{1}{5}$  Amplitude
- ...

TB706 (von BNetzA ⚡ )

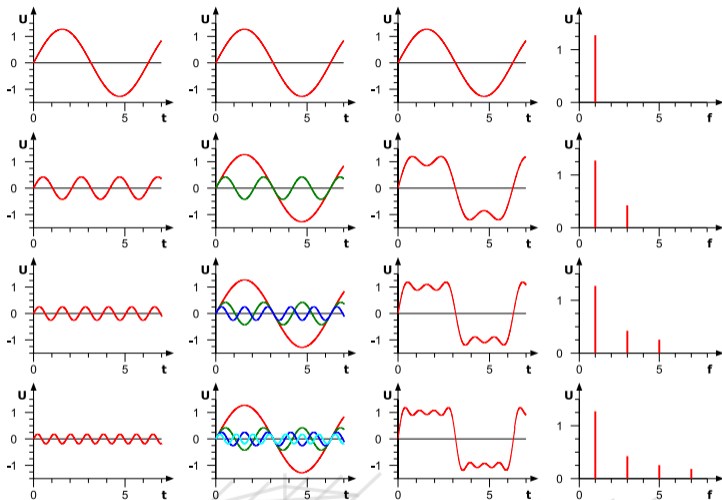
# Rechteck

Grundwelle + ungeradzahlige Harmonische:



TB706 (von BNetzA ⚡)

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



Fourieranalyse eines Rechtecksignals (von René Schwarz )

## 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

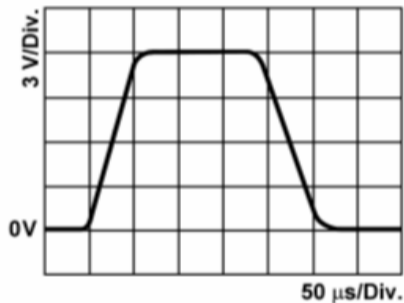
PM

Hilfsträger

### Referenzen

# Nicht-periodische Signale

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



TB702a (von BNetzA ☞ )

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

## Einleitung

### Periodische Signale

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

### Nicht-periodische Signale

### Modulierte Signale

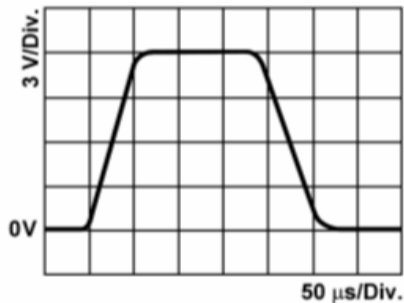
- AM
- SSB
- FM
- PM
- Hilfsträger

### Referenzen



# Nicht-periodische Signale

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



TB702a (von BNetzA ↗ )

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

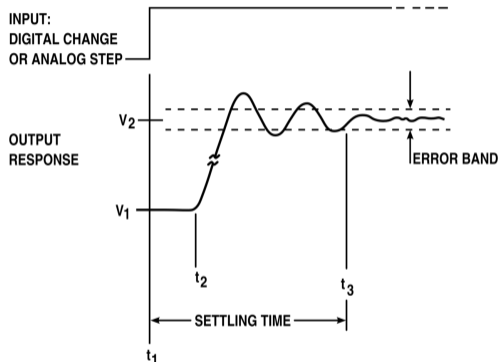
FM

PM

Hilfsträger

### Referenzen

# Nicht-periodische Signale (nicht prüfungsrelevant)



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

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

## Einleitung

### Periodische Signale

Sinusförmig

Oszilloskop

Phasenwinkel

Weitere Signale

Frequenzvielfache

Sägezahn

Rechteck

### Nicht-periodische Signale

### Modulierte Signale

AM

SSB

FM

PM

Hilfsträger

### Referenzen

High accuracy settling time measurements

(von Howard K. Schoenwetter  )

# 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.

# Modulationsarten (Wdh.)

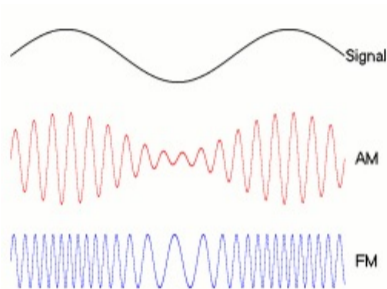


Illustration von Frequenz- und Amplitudenmodulation (von Berserkerus [@](#))

© (i) (cc)

## Amplitudenmodulation

- Zweiseitenbandmodulation
- Einseitenbandmodulation
- jeweils mit und ohne Träger

## Winkelmodulation

- Frequenzmodulation
- Phasenmodulation

### Einleitung

### Periodische Signale

Sinusförmig

Oszilloskop

Phasenwinkel

Weitere Signale

Frequenzvielfache

Sägezahn

Rechteck

### Nicht-periodische Signale

### Modulierte Signale

AM

SSB

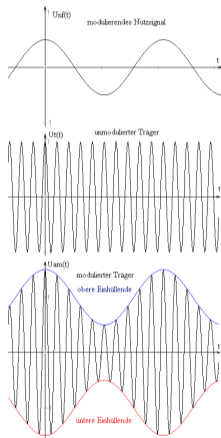
FM

PM

Hilfsträger

### Referenzen

# Amplitudenmodulation



Beispiel zur  
Amplitudenmodulation ( $m=0,5$ ) (von Erico  
Billich ☞ ☹ ☺ ☻)

- 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

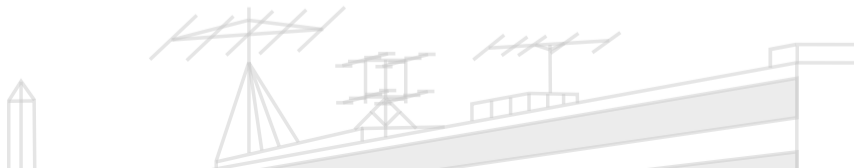
### Referenzen

# Amplitudenmodulation

Arten:

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

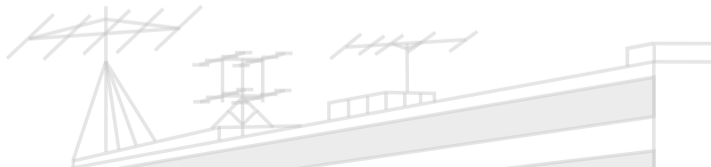
SSB

FM

PM

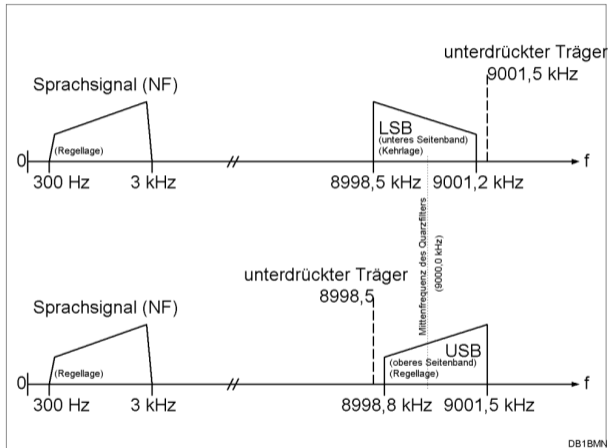
Hilfsträger

### Referenzen





# Einseitenbandmodulation (SSB)



Verfahren zur Erzeugung eines SSB-Signals nach der Filtermethode (stark vereinfacht). (von

# Frequenzmodulation

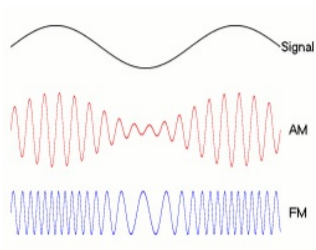


Illustration von Frequenz- und Amplitudenmodulation (von Berserkerus )

- 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

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

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

### 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

## Einleitung

## Periodische Signale

Sinusförmig

Oszilloskop

Phasenwinkel

Weitere Signale

Frequenzvielfache

Sägezahn

Rechteck

Nicht-periodische  
Signale

## Modulierte Signale

AM

SSB

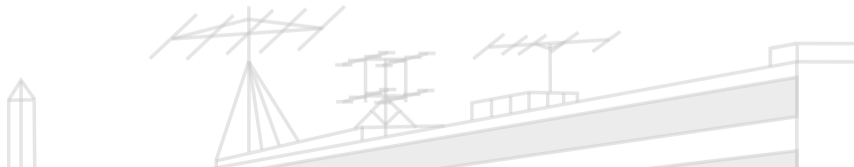
FM

PM

Hilfsträger

## Referenzen

<b>TE207</b>	<b>Ein zu großer Hub eines FM-Senders führt dazu,</b>
A	dass Verzerrungen auf Grund gegenseitiger Auslöschung der Seitenbänder auftreten.
B	dass die HF-Bandbreite zu groß wird.
C	dass Verzerrungen auf Grund unerwünschter Unterdrückung der Trägerfrequenz auftreten.
D	dass die Sendeendstufe übersteuert wird.



## Einleitung

## Periodische Signale

Sinusförmig

Oszilloskop

Phasenwinkel

Weitere Signale

Frequenzvielfache

Sägezahn

Rechteck

Nicht-periodische  
Signale

## Modulierte Signale

AM

SSB

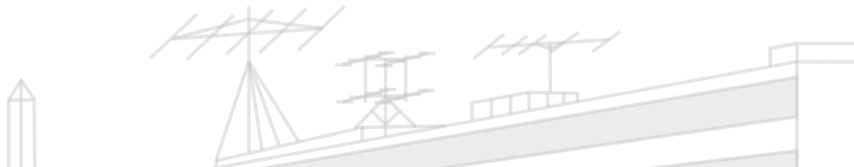
FM

PM

Hilfsträger

## Referenzen

<b>TE207</b>	<b>Ein zu großer Hub eines FM-Senders führt dazu,</b>
A	dass Verzerrungen auf Grund gegenseitiger Auslöschung der Seitenbänder auftreten.
B ✓	dass die HF-Bandbreite zu groß wird.
C	dass Verzerrungen auf Grund unerwünschter Unterdrückung der Trägerfrequenz auftreten.
D	dass die Sendeendstufe übersteuert wird.



<b>TE203</b>	<b>Was gilt in etwa für die Bandbreite <math>B</math> eines FM-Signals, wenn der Modulationsindex <math>m &gt; 2</math> wird? (<math>f_{mod}</math> sei die Modulationsfrequenz und <math>\Delta f</math> der Hub.)</b>
A	$f_{mod} < \Delta f$ . Die Bandbreite wird im wesentlichen durch $\Delta f$ bestimmt; $B \approx 2 \cdot \Delta f$ .
B	$f_{mod} > \Delta f$ . Die Bandbreite wird im wesentlichen durch $f_{mod}$ bestimmt; $B \approx 2 \cdot f_{mod}$ .
C	$f_{mod} > \Delta f$ . Die Bandbreite wird im wesentlichen durch $m \cdot \Delta f$ bestimmt; $B \approx m \cdot \Delta f$ .
D	$f_{mod} < \Delta f$ . Die Bandbreite wird im wesentlichen durch $m \cdot f_{mod}$ bestimmt; $B \approx m \cdot f_{mod}$ .

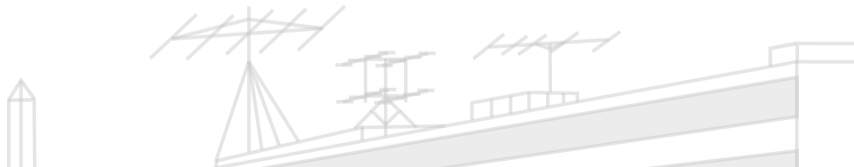


<b>TE203</b>	<b>Was gilt in etwa für die Bandbreite <math>B</math> eines FM-Signals, wenn der Modulationsindex <math>m &gt; 2</math> wird? (<math>f_{mod}</math> sei die Modulationsfrequenz und <math>\Delta f</math> der Hub.)</b>
A ✓	$f_{mod} < \Delta f$ . Die Bandbreite wird im wesentlichen durch $\Delta f$ bestimmt; $B \approx 2 \cdot \Delta f$ .
B	$f_{mod} > \Delta f$ . Die Bandbreite wird im wesentlichen durch $f_{mod}$ bestimmt; $B \approx 2 \cdot f_{mod}$ .
C	$f_{mod} > \Delta f$ . Die Bandbreite wird im wesentlichen durch $m \cdot \Delta f$ bestimmt; $B \approx m \cdot \Delta f$ .
D	$f_{mod} < \Delta f$ . Die Bandbreite wird im wesentlichen durch $m \cdot f_{mod}$ bestimmt; $B \approx m \cdot f_{mod}$ .

# 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

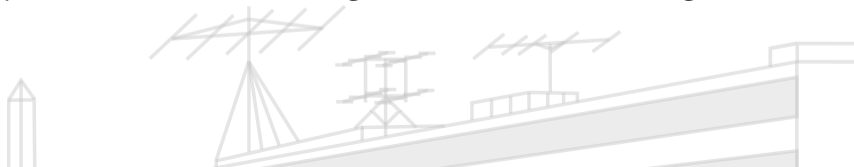
### Referenzen

# 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  $F_{2A}$*



## Einleitung

### Periodische Signale

Sinusförmig

Oszilloskop

Phasenwinkel

Weitere Signale

Frequenzvielfache

Sägezahn

Rechteck

### Nicht-periodische Signale

### Modulierte Signale

AM

SSB

FM

PM

Hilfsträger

### Referenzen

# Sendeararten: 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

# 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)

## Einleitung

### Periodische Signale

Sinusförmig

Oszilloskop

Phasenwinkel

Weitere Signale

Frequenzvielfache

Sägezahn

Rechteck

### Nicht-periodische Signale

### Modulierte Signale

AM

SSB

FM

PM

Hilfsträger

### Referenzen