

AM & Excel & QucsStudio

- Thema
- Hörbereich
- Frequenz & Wellenlänge
- Sinuswelle
- Amplitudenmodulation
- Formelzeichen?
- Amplitudenmodulation
- Electronic notes
- Elektroniktutor
- AM-Funktion & Simulation
- Frequenzspektrum
- QucsStudio Amplitudenmodulation
- Excel
- Links
- Anhang: Sciencedirect
- Anhang: Wikipedia

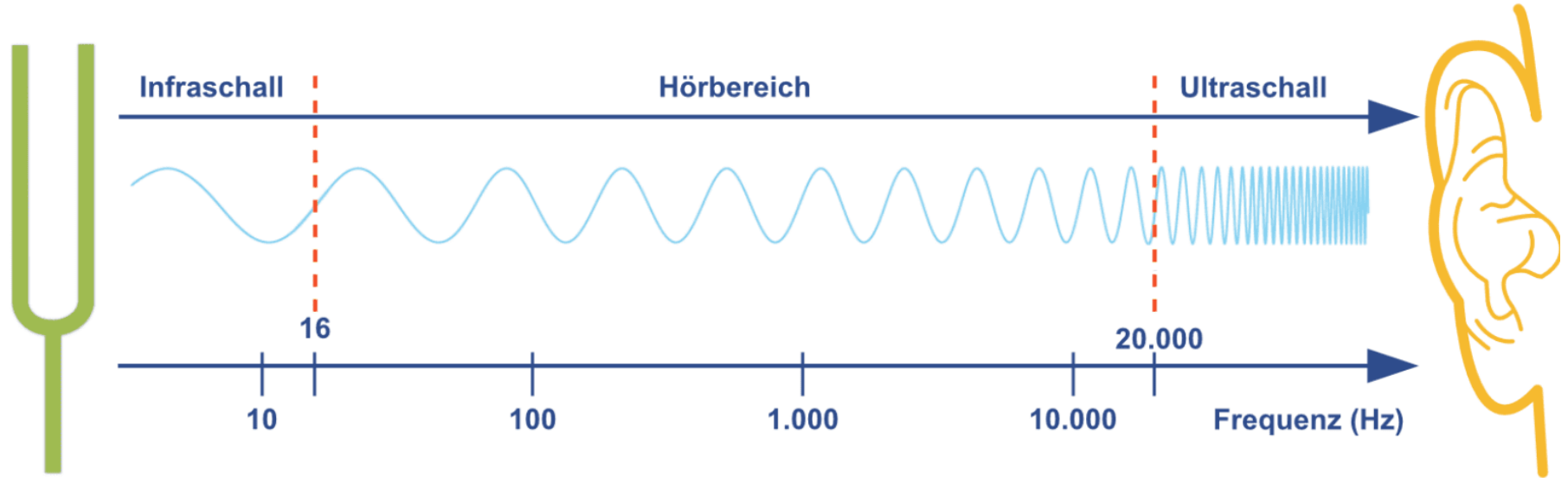
Thema

DL6OAA

$$V(t) = A * \sin(2 * \pi * f * t + \phi)$$

- Diskussion der Amplitudenformel anhand der Literatur.
- Deutsche & englische Formelsprache.
- Herleitung der Formeln.
- Animation der Funktionen mit Hilfe von Excel.
- Simulation mit QucsStudio.

Hörbereich



Frequenz & Wellenlänge

Menschliche Sprache	250 Hz bis 2000 Hz		
Idee	Menschliche Sprache direkt als elektromagnetische Frequenz übertragen?		
	Wellenlänge in Meter: $\lambda = c/f$ Lichtgeschwindigkeit: $c = 299792458 \frac{m}{s}$ $f = \text{Frequenz in Hz}$		
	$\lambda_{250 \text{ Hz}} = 1200 \text{ km}$ $\lambda_{2000 \text{ Hz}} = 33 \text{ km}$	So lange Antennen sind unrealistisch!	
		Weiterhin könnte es nur wenige Sender geben.	
Lösung	Geeignete Trägerfrequenz. Mittelwellen: Frequenzbereich 0,3 - 3 MHz Wellenlänge 100 – 10 m		

Sinuswelle

Quelle

Vortrag Workshop (Zusammengestellt von DL6OAA)

Komponenten einer Sinuswelle

$$V(t) = A * \sin(2 * \pi * f * t + \phi)$$

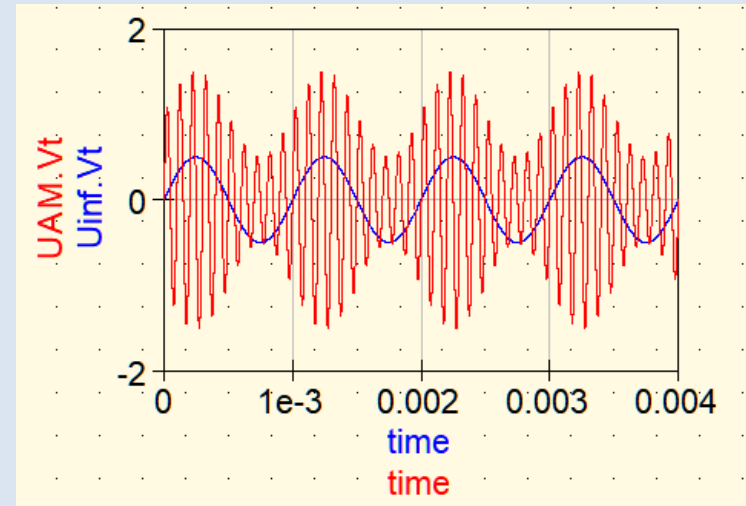
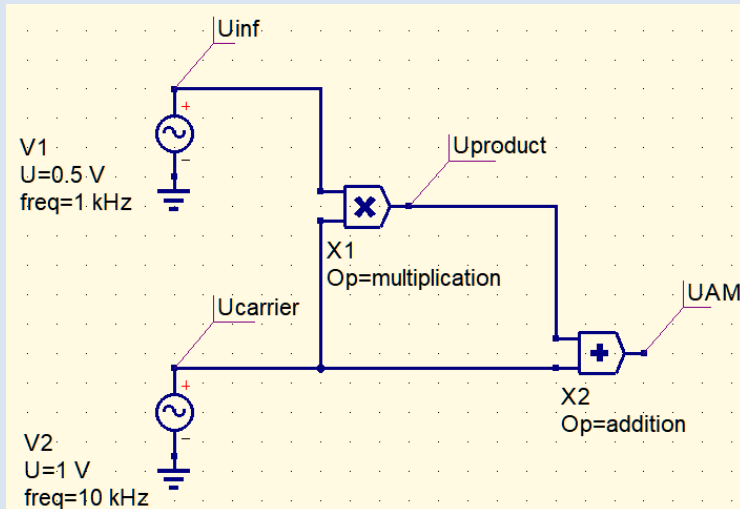
Modulationsmöglichkeiten:

Amplitudenmodulation (AM)

Frequenzmodulation (FM)

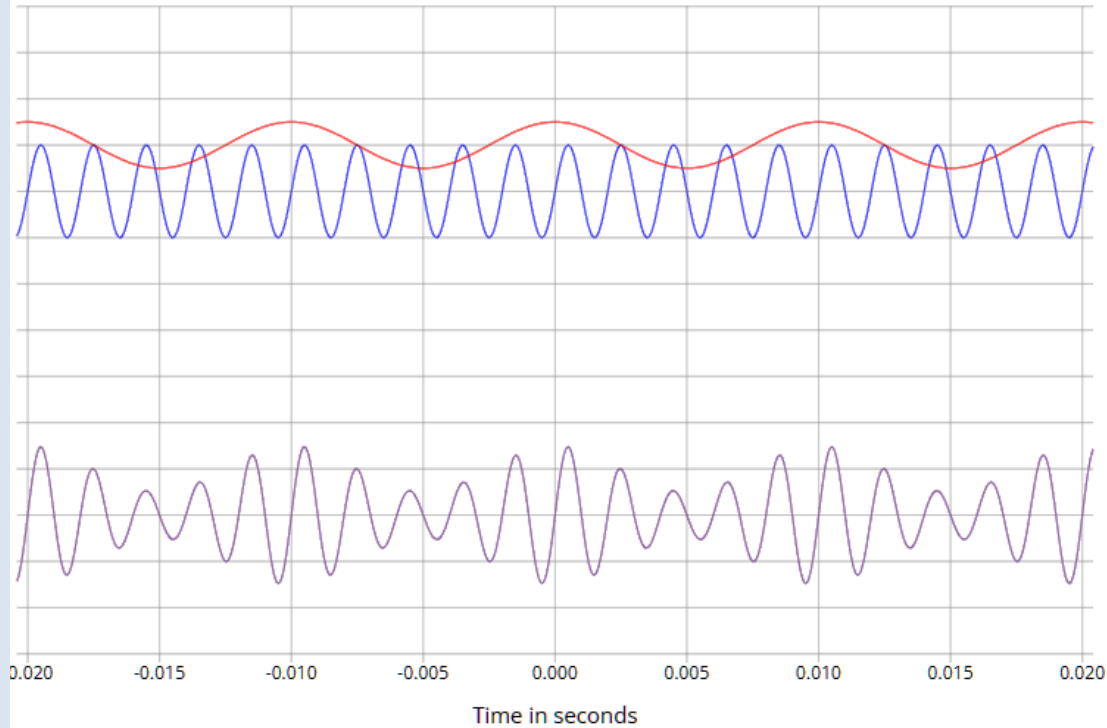
Phasenmodulation (PM)

QucsStudio



Amplitudenmodulation

f_1 Träger
 f_2 Signal
 A_2 Amplitude
Signal



f_1
500.0 Hz
[Slider bar]

f_2
100.0 Hz
[Slider bar]

A_2
0.50
[Slider bar]

Zoom
[Slider bar]

Overlay waves
☒

Sound on/off
☒

Quelle: <https://academo.org/demos/amplitude-modulation/>

Formelzeichen?

Kritik der Notation!

Englische Notation!

$$V(t) = A * \sin(2 * \pi * f * t + \phi)$$

Siehe als Quelle

https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_common_physics_notations

Spannung
„V“ und „U“

Im englischen wird die elektrische Spannung mit dem Formelzeichen „V“ statt „U“ bezeichnet.
Das widerspricht den abgeleiteten SI-Basisgrößen.
Die Einheit ist allerdings auch „V“.

Amplitude „A“

Im englischen wird die Amplitude mit dem Formelzeichen „A“ bezeichnet.

Wikipedia

$$u_{NF} = \hat{U}_{NF} \times \cos(\omega t)$$

Wechselspannungen sollen als kleines „u“ geschrieben werden.
Maximalwerte werden mit einem Dach über dem Formelzeichen gekennzeichnet:
Die Amplitude als großes \hat{U} oder \hat{u} .

Funktion nicht als „ $u_T(t)$ “ dargestellt.

Electronic notes

C is the carrier amplitude
 ϕ is the phase
C to "1" and ϕ to "0"

Carrier-function:
 $c(t) = C \sin(\omega_c t + \phi)$

ω_c c = index carrier
 $\omega_c = 2\pi * f_c$

M is the carrier amplitude?
 ϕ is the phase
 ϕ to "0"

Modulating signal:
 $m(t) = M \sin(\omega_m t + \phi)$

ω_m m = index mudulated signal
 $\omega_m = 2\pi * f_m$

A is amplitude of the
waveform

Overall modulated signal for a single tone:
 $y(t) = [A + m(t)] * c(t)$

Welche „waveform“ ?

Richtig: A ist die Amplitude vom Carrier

Substituting c(t) and m(t):
 $y(t) = [A + M \cos(\omega_m t + \phi)] * \sin(\omega_c t)$

Quelle: [Amplitude Modulation AM: Theory & Equations » Electronics Notes \(electronics-notes.com\)](https://electronics-notes.com/)

Elektroniktutor

Funktionsgleichung HF-Trägersignal:

$$u_T(t) = \hat{u}_T \times \cos(\Omega t)$$

Funktionsgleichung NF-Modulationssignal:

$$u_S(t) = \hat{u}_S \times \cos(\omega t)$$

Zum Nutzsignal einen Gleichanteil \hat{u}_T addieren:

$$u_{AM}(t) = [\hat{u}_T + \hat{u}_S \times \cos(\omega t)] \dots$$

Dann mit einer hochfrequenten Trägerschwingung "cosΩt" multiplizieren:

$$u_{AM}(t) = [u_T + u_S \times \cos(\omega t)] \times \cos(\Omega t)$$

Modulationsgrad:

$$m = \hat{u}_S / \hat{u}_T \quad \text{for} \quad „0“ \leq m \leq „1“$$

$$u_{AM}(t) = [\hat{u}_T + \hat{u}_T \times m \times \cos(\omega t)] \times \cos(\Omega t)$$

$$u_{AM}(t) = \hat{u}_T \cos(\Omega t) + \hat{u}_T \times m \times \cos(\omega t) \times \cos(\Omega t)$$

Quelle: [Amplitudenmodulation \(elektroniktutor.de\)](http://amplitudenmodulation.elektroniktutor.de)

AM-Funktion & Simulation

$$u_{AM}(t) = \hat{u}_T \cos(\Omega t) + \hat{u}_T \times m \times \cos(\omega t) \times \cos(\Omega t)$$

QucsStudio:

Multiplikation von Signal " $\cos(\omega t)$ " mit Träger " $\cos(\Omega t)$ "

1. Modulationsprodukt:

$$\hat{u}_T \times m \times \cos(\omega t) \times \cos(\Omega t)$$

2. Addition

$$u_{AM}(t) = \hat{u}_T \cos(\Omega t) + \hat{u}_T \times m \times \cos(\omega t) \times \cos(\Omega t)$$

QucsStudio

Wechselspannungsquelle V1
 $U=0,5 \text{ V}$; $f_{\text{inf}}=1 \text{ kHz}$ ($m=0,5/1$)

Wechselspannungsquelle V2
 $U=1,0 \text{ V}$; $f_{\text{carrier}}=10 \text{ kHz}$

Beispiele nach: QucsStudio; Tutorial Teil 1; Gunthard Kraus; S. 178 ff

Frequenzspektrum

$$u_{AM}(t) = \hat{u}_T \cos(\Omega t) + \hat{u}_T \times m \times \cos(\omega t) \times \cos(\Omega t)$$

Trigonometrie

$$\cos \alpha \cos \beta = \frac{1}{2} (\cos(\alpha - \beta) + \cos(\alpha + \beta))$$

$$\text{Es ist auch: } \sin \alpha \sin \beta = \frac{1}{2} (\cos(\alpha - \beta) - \cos(\alpha + \beta))$$

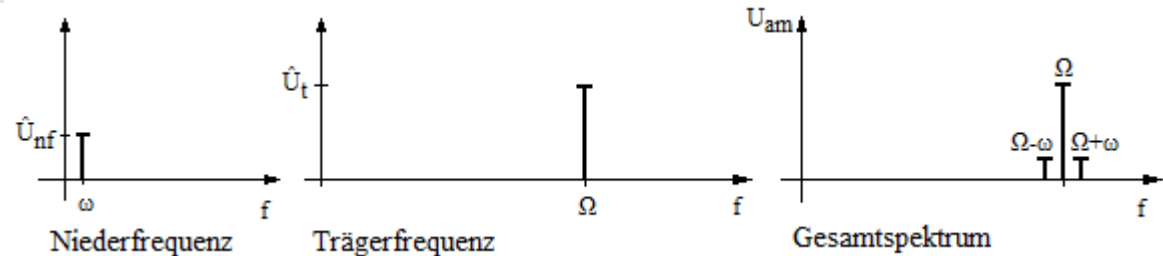
$$u_{AM}(t) = \hat{u}_T \cos(\Omega t) + \frac{\hat{u}_T \times m}{2} \times \cos((\Omega - \omega)t) + \frac{\hat{u}_T \times m}{2} \times \cos((\Omega + \omega)t)$$

Aus der Formel kann man das entstandene Frequenzspektrum ablesen. Das modulierte Signal enthält das (konstante) Trägersignal: $\hat{u}_T \cos(\Omega t)$

Seitenbänder

Linkes Seitenband: $(\Omega - \omega)$

Rechts Seitenband: $(\Omega + \omega)$



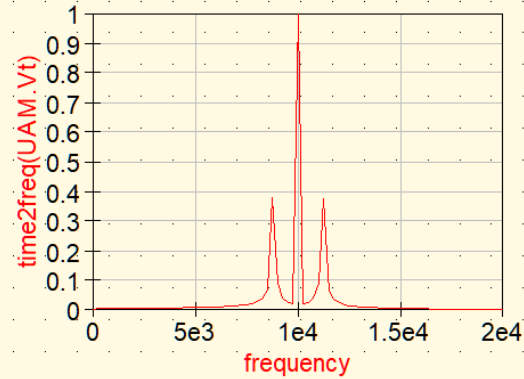
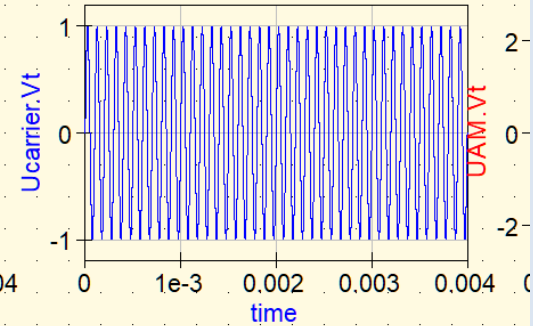
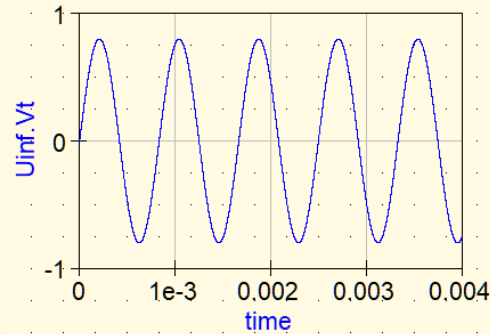
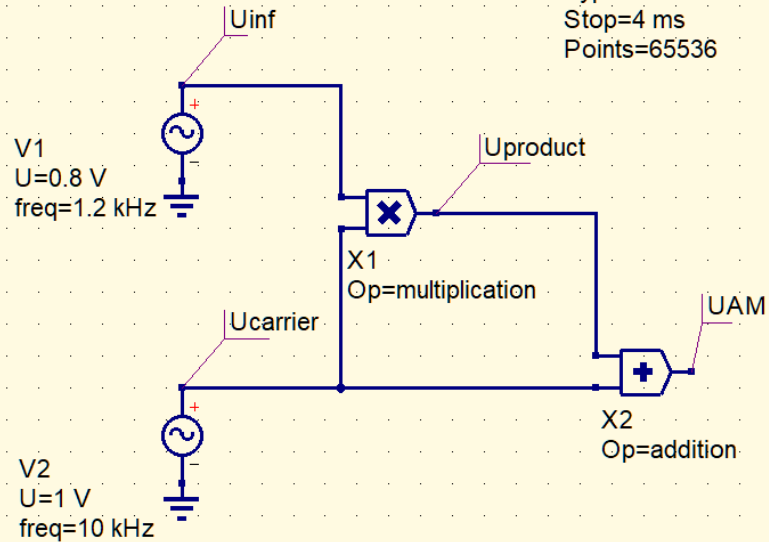
Quelle: <https://de.wikipedia.org/wiki/Amplitudenmodulation>

QucsStudio Amplitudenmodulation

Tutorial S180ff
Amplitudenmodulation

Transienten
Simulation

TR1
Type=lin
Stop=4 ms
Points=65536



Excel

Idee	Funktion: " $u_{AM}(t) = \hat{u}_T \cos(\Omega t) + \hat{u}_T \times m \times \cos(\omega t) \times \cos(\Omega t)$ " in Excel. Animation mit Hilfe von Formularsteuerlementen.	
Tabelle: Aufgabe	Diskussion von „ $V(t) = A * \sin(2 * \pi * f * t + \phi)$ “.	
Tabelle1	Trigonometrische Funktionen $f(x) = \sin(x)$ mit Gradmaß.	
Tabelle2	Trigonometrische Funktionen $f(x) = \sin(x)$ mit Gradmaß & Bogenmaß.	
Tabelle3	Einfluss von Parametern.	
Tabelle3 (2)	Animation von: Phasenverschiebung in Richtung x-Achse.	
(3)	Verschiebung in Richtung y-Achse.	
(4)	Streckung/Stauchung.	
Tabelle4	Produktkomponenten	„ $\hat{u}_T \times m \times \cos(\omega t)$ “ und „ $\cos(\Omega t)$ “
Tabelle5	Produkt	„ $\hat{u}_T \times m \times \cos(\omega t) \times \cos(\Omega t)$ “
Tabelle 6 & 7	Produkt & Addition	„ $\cos(\Omega t) + \hat{u}_T \times m \times \cos(\omega t) \times \cos(\Omega t)$ “

Links

[Amplitude Modulation | Academo.org - Free, interactive, education.](#)

[Amplitude Modulation AM: Theory & Equations » Electronics Notes](#)

[Amplitude Modulation - an overview | ScienceDirect Topics](#)

[Amplitudenmodulation – Wikipedia](#)

[Amplitudenmodulation](#)

[Kurze Beschreibung der mathematischen Funktionen — Qucs Help 0.0.18 Dokumentation](#)

[Sinusoidal Waveforms or Sine Wave in an AC Circuit](#)

[qucsstudio - Tutorial, Teil 1, \(Time Domain und Frequency Domain Simulationen\), Version 1.6 als pdf-File, 250 Seiten, vom 10. März 2019](#)

[qucsstudio - Tutorial, Teil 2 \(Harmonic Balance Simulationen\), Version 1.0 als pdf-File, 51 Seiten, vom 10. März 2019](#)

Anhang: Sciencedirect

Original $e(t) = [A_0 + a s(t)] \cos \omega_c t$

Lesbarer $e(t) = [A_0 + a * s(t)] * \cos(\omega_c * t)$

Ergänzt
 a = maximum amplitude of modulating function
 A_0 = amplitude of unmodulated carrier
 ω_c = (angular speed of carrier)
 ω_s = (angular speed of signal)

Angenommen $s(t) = \cos(\omega_s * t)$

Modulation index:

$$m_a = a/A_0 \quad \text{for} \quad „0“ \leq m_a \leq „1“$$

$$e(t) = A_0 [1 + m_a * s(t)] * \cos(\omega_c * t)$$

Ergänzt: $e(t) = A_0 [1 + m_a * \cos(\omega_s * t)] * \cos(\omega_c * t)$

Quelle: [Amplitude Modulation - an overview | ScienceDirect Topics](#)

Anhang: Wikipedia

Man erhält ein modulierte Signal, wenn man zum Nutzsignal:

$$u_{NF} = \hat{U}_{NF} \times \cos(\omega t)$$

einen Gleichanteil \hat{U}_T addiert:

$$u_{AM} = [\hat{U}_T + \hat{U}_{NF} \times \cos(\omega t)] \dots$$

und anschließend beides mit einer hochfrequenten Trägerschwingung
"cosΩt" multipliziert:

$$u_{AM} = [\hat{U}_T + \hat{U}_{NF} \times \cos(\omega t)] \times \cos(\Omega t)$$

Modulationsgrad:

$$m = \hat{U}_{NF} / \hat{U}_T \quad \text{for} \quad „0“ \leq m \leq „1“$$

Ergänzt:

$$u_{AM} = [\hat{U}_T + \hat{U}_T \times m \times \cos(\omega t)] \times \cos(\Omega t)$$

$$u_{AM} = \hat{U}_T [1 + m \times \cos(\omega t)] \times \cos(\Omega t)$$

QucsStudio

$$u_{AM} = \hat{U}_T \times \cos(\Omega t) + \hat{U}_T \times m \times \cos(\omega t) \times \cos(\Omega t)$$

Quelle: [Amplitudenmodulation – Wikipedia](#)