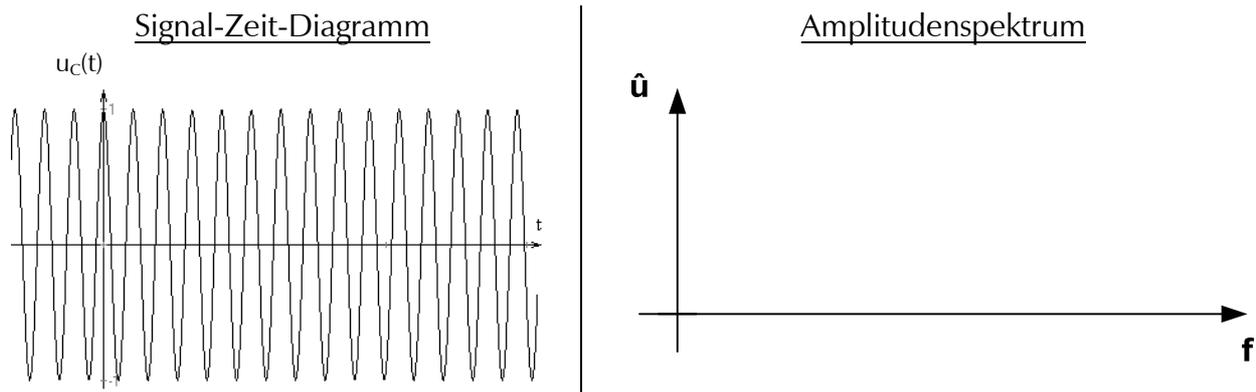


11. AM-Modulation

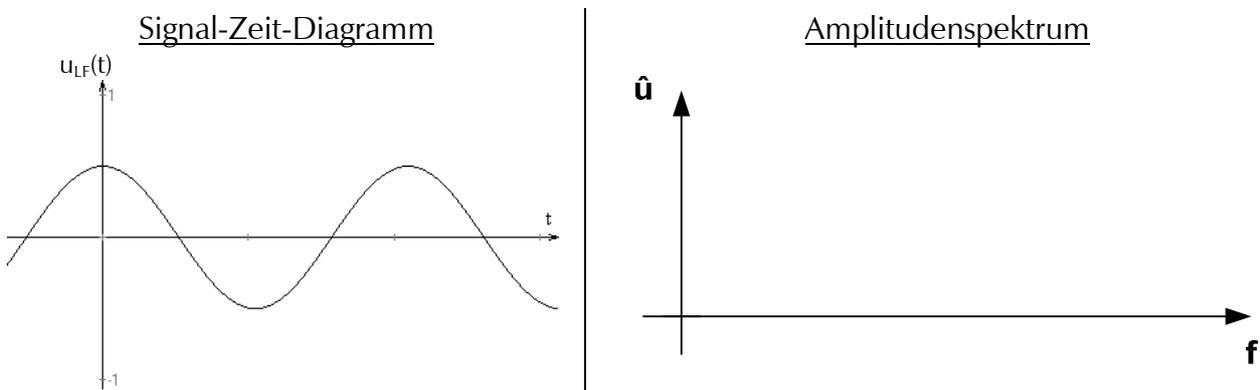
Ziel des Kapitels ist es sich mit dem technischen Vokabular der AM vertraut zu machen. Es wird nicht auf die Funktionsweise der AM-Modulatorschaltungen eingegangen.

11.1 Amplitudenspektrum eines AM-Signals

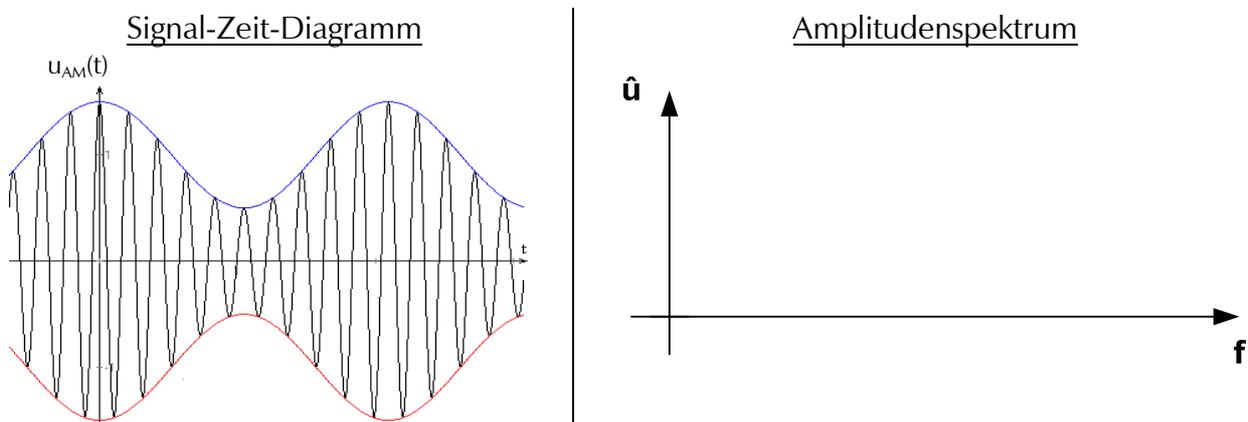
11.1.1 Amplitudenspektrum eines Trägers (engl.: carrier)



11.1.2 Amplitudenspektrum eines Nutzsignals

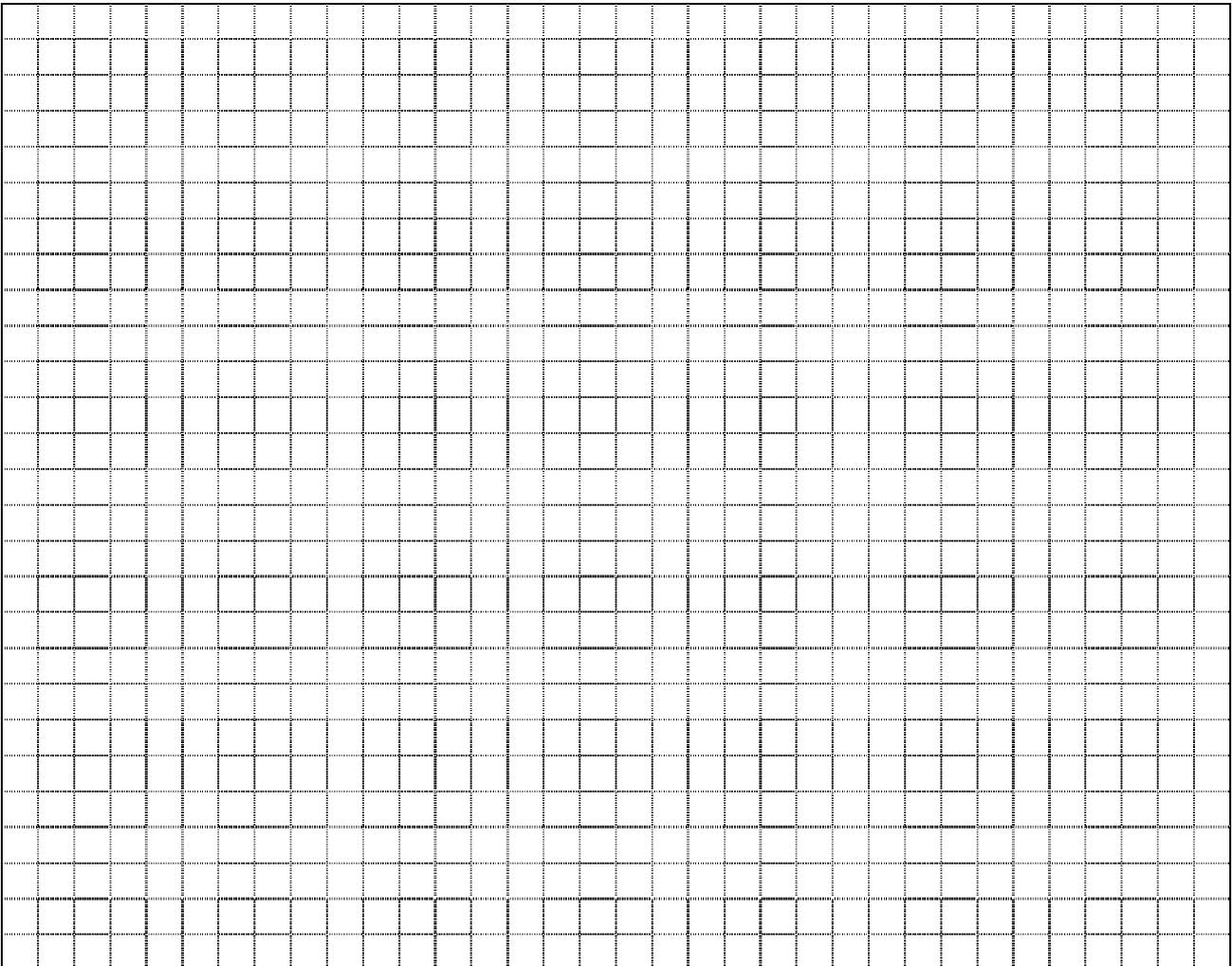
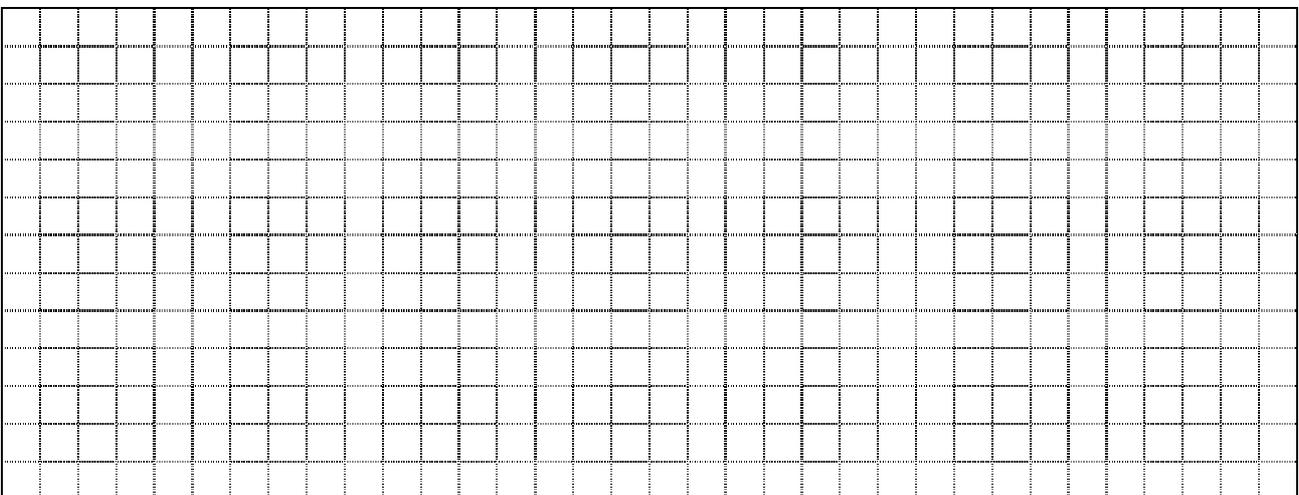


11.1.3 Amplitudenspektrum des amplitudenmodulierten Signals



Beweis des AM-Amplitudenspektrums:

Das Amplitudenspektrum des obigen AM-Signals lässt sich mathematisch beweisen.

**Beobachtungen:**

Zeichne das Amplitudenspektrum des Nutzsignals, des Trägers und des AM-Signals in ein einziges Diagramm ein, wenn das Nutzsignal ein beliebiges Audiosignal ist.



Definitionen:

Man bezeichnet mit Basisband (engl.: baseband) den Frequenzbereich des Nutzsignals. Die untere Grenzfrequenz des Nutzsignals ist immer 0Hz.

Man bezeichnet als Seitenbänder man die Frequenzbereiche, die durch die Modulation in unmittelbarer Umgebung einer Trägerfrequenz erzeugt werden. Man unterscheidet das untere Seitenband (engl.: LSB, lower side band) und das obere Seitenband (engl.: USB, upper side band).

Man bezeichnet mit Bandbreite eines Signals (engl.: signal bandwidth) die Differenz aus der größten und der kleinsten in einem Signal enthaltenen Frequenz.

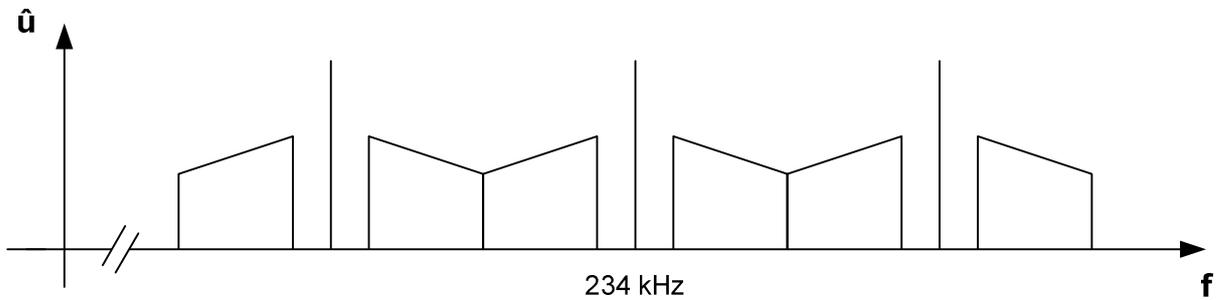
Man bezeichnet mit Kanalbreite (engl.: channel bandwidth) die für eine modulierte Signal reservierte Bandbreite.

Aufgabe 2:

- Beschrifte das Amplitudenspektrum aus Aufgabe 1 mit den eben eingeführten Begriffen.
- Berechne die Bandbreite des Nutzsignals in Aufgabe 1?
- Gib die benötigte Kanalbreite an um das Nutzsignal aus Aufgabe 1 vollständig mittels Amplitudenmodulation zu übertragen.

RTL France sendet ab Beidweiler (Luxemburg) im Langwellenband auf einer Frequenz von 234 kHz.

- a) Gib die Werte der zwei angrenzenden Trägerfrequenzen an, ohne dass sich die Spektren der Stationen überschneiden. Die Kanalbreite sei die wie in Aufgabe 2.



- b) Das Frequenzband das für die Rundfunkübertragung im Langwellenbereich vorgesehen ist, geht von 148,5 kHz bis 283,5 kHz. Berechne die Anzahl an Rundfunkstationen die im Langwellenbereich senden könnten wenn die Kanalbreite eines Senders der aus Aufgabe 2 entspräche.
- c) Vergleiche dein Resultat aus dem Punkt b) mit dem Auszug der aus der Liste der Langwellensender auf der folgenden Seite. Welche Schlussfolgerung ergibt sich daraus?

Auszug aus der Liste der Langwellensender:

216 kHz	<u>Radio Monte Carlo</u>	 <u>Monaco</u>	<u>Roumoules</u>	Directional aerial, 3 300 metre high guyed steel lattice masts, 330 metre high guyed steel lattice mast as backup aerial	1200 kW	Transmitter site extraterritorial, exclusive of Monaco
225 kHz	<u>Polskie Radio Program 1</u>	 <u>Poland</u>	<u>Solec Kujawski</u>	Directional aerial, 2 guyed radio masts fed on the top, heights 330 m and 289 m	1000 kW	Earlier transmitter site <u>Konstantynów</u>
234 kHz	<u>RTL</u>	 <u>Luxembourg</u>	<u>Beidweiler</u>	Directional aerial, 3 guyed grounded steel lattice masts, 290 m high, with vertical cage aerials	2000 kW	Spare transmitter site <u>Junglinster</u>
	<u>Radio 1</u>	 <u>Russia</u>	<u>Krasnyy Bor transmitter</u>	Omnidirectional aerial, 271.5 metres tall guyed mast with cage antenna	1200 kW	May be inactive at present
243 kHz (DRM)	<u>DR Kalundborg</u>	 <u>Denmark</u>	<u>Kalundborg</u>	Semi-directional Alexanderson aerial 153/333 degrees, two grounded 118 m steel lattice radiating towers with interconnecting top wire capacitance	300 kW	AM suspended 2007, reduced-power DRM from October 2008
252 kHz	<u>Chaîne 1</u>	 <u>Algeria</u>	<u>Tipaza</u>	Omnidirectional aerial, single guyed lattice steel mast, height 355 m	1500 kW	French programme; during night-time half transmitter-power
	<u>RTÉ Radio 1</u>	 <u>Ireland</u>	<u>Clarkestown</u>	Omnidirectional aerial, guyed steel lattice mast, insulated against ground, height 248 m	500 kW	Now the only AM transmitter for RTÉ Radio 1. Decreases power at night to 100kW.
261 kHz	<u>Transmitter Burg</u>	 <u>Germany</u>	<u>Burg</u>	Omnidirectional aerial, cage aerial on 324 m high guyed, grounded steel lattice mast, 210 m high steel tube mast, insulated against ground	200 kW	Inactive at the moment, formerly used by <u>Radio Wolga</u> and <u>Radio-ropa Info</u>
	<u>Radio Rossii</u>	 <u>Russia</u>	<u>Taldom</u>	Omnidirectional aerial, central mast, 275 metre tall, surrounded by 5 guyed masts on a circle around	2500 kW	Most powerful transmitter in the world
	<u>Radio Horizont</u>	 <u>Bulgaria</u>	<u>Vakarel</u>	One of the few Blaw-Knox Towers in Europe, 215m high	75 kW	

11.2 Modulationsgrad

Der Modulationsgrad ist ein Maß für die Lautstärke des übertragenen Audiosignals. Er ist wie folgt definiert:

$$m = \frac{\hat{u}_{LF}}{\hat{u}_C}$$

\hat{u}_{LF} ist der Scheitelwert einer der beiden Hüllkurven in Volt [V]

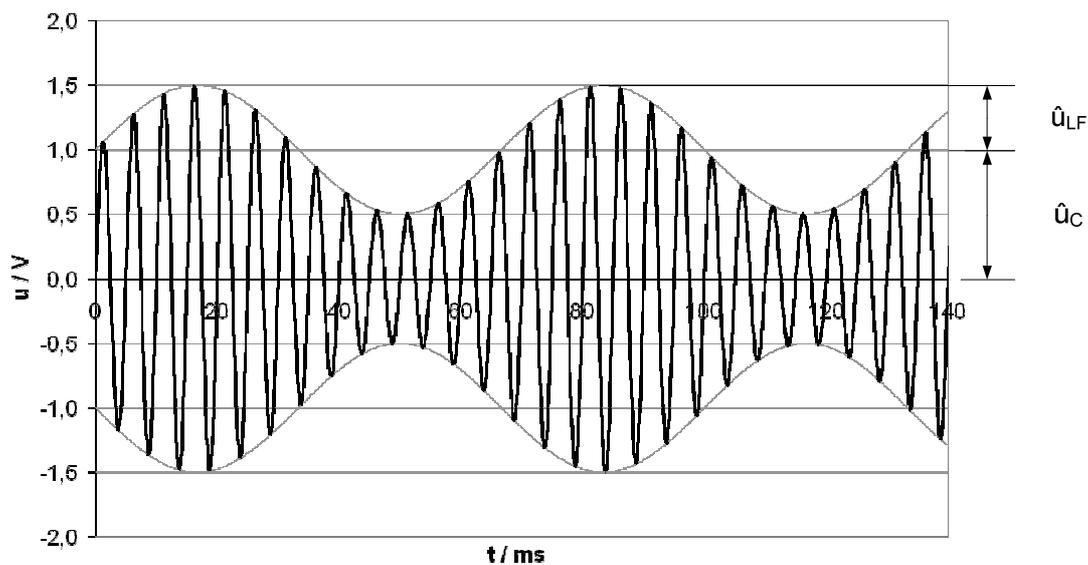
\hat{u}_C ist der Scheitelwert des Trägers in Volt [V]

m ist der Modulationsgrad (ohne Einheit)

Der Modulationsgrad wird manchmal in Prozent ausgedrückt. $m=1 \hat{=} m=100\%$.

Aufgabe 4:

Gegeben ist folgendes Signal-Zeit-Diagramm:



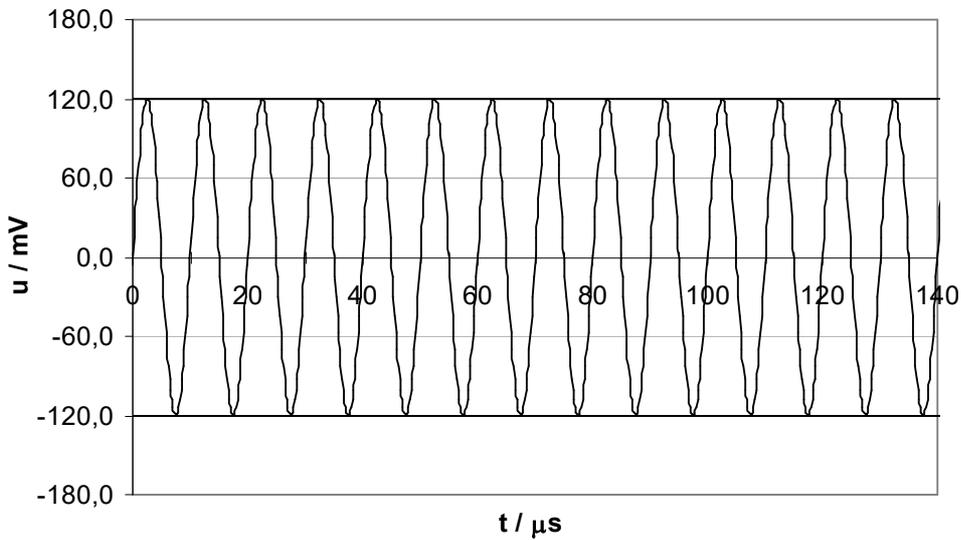
- Bestimme den Scheitelwert einer der beiden Hüllkurven.
- Bestimme den Scheitelwert des Trägers.
- Bestimme den Modulationsgrad in Prozent.

Merke:

Je größer der Modulationsgrad ist,
umso lauter ist das übertragene Audiosignal.

Aufgabe 5:

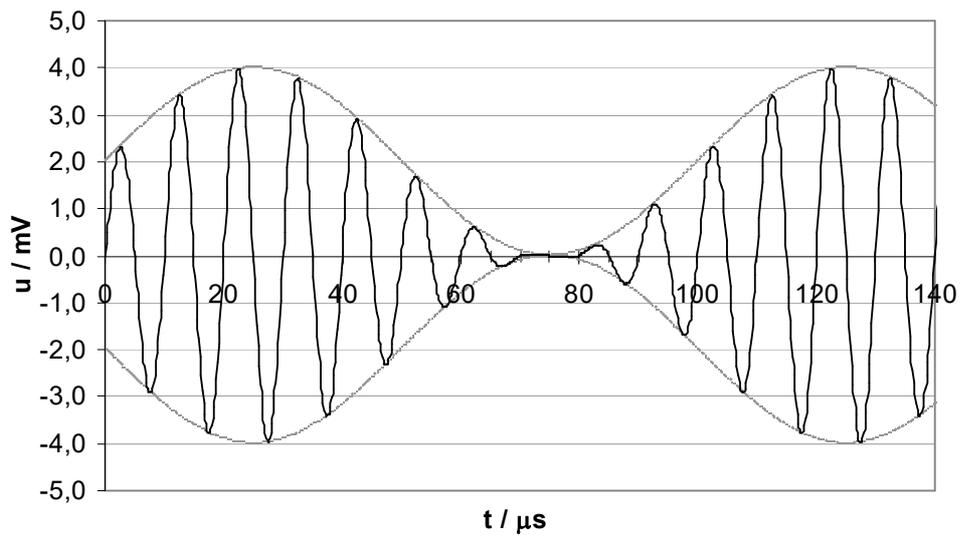
Bestimme den Modulationsgrad folgender Signale:



$\hat{u}_{LF} =$ _____

$\hat{u}_C =$ _____

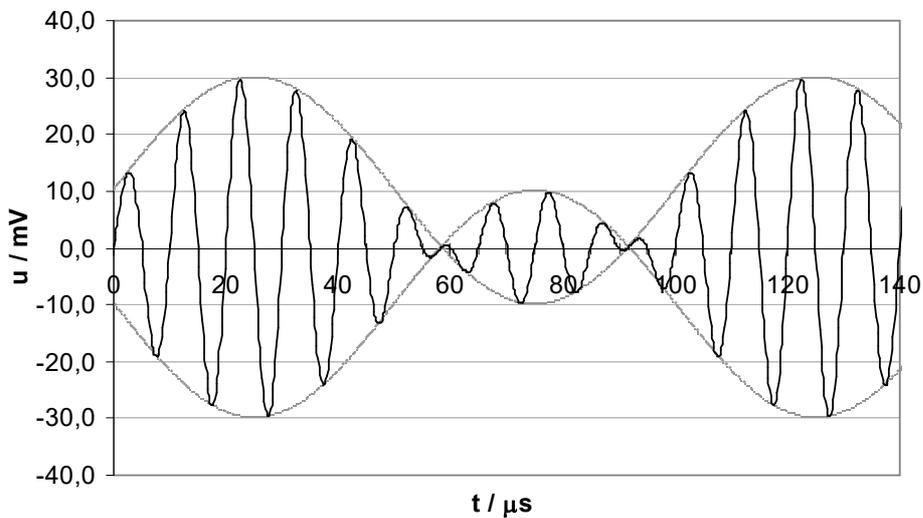
$m =$ _____



$\hat{u}_{LF} =$ _____

$\hat{u}_C =$ _____

$m =$ _____



$\hat{u}_{LF} =$ _____

$\hat{u}_C =$ _____

$m =$ _____

Definition:

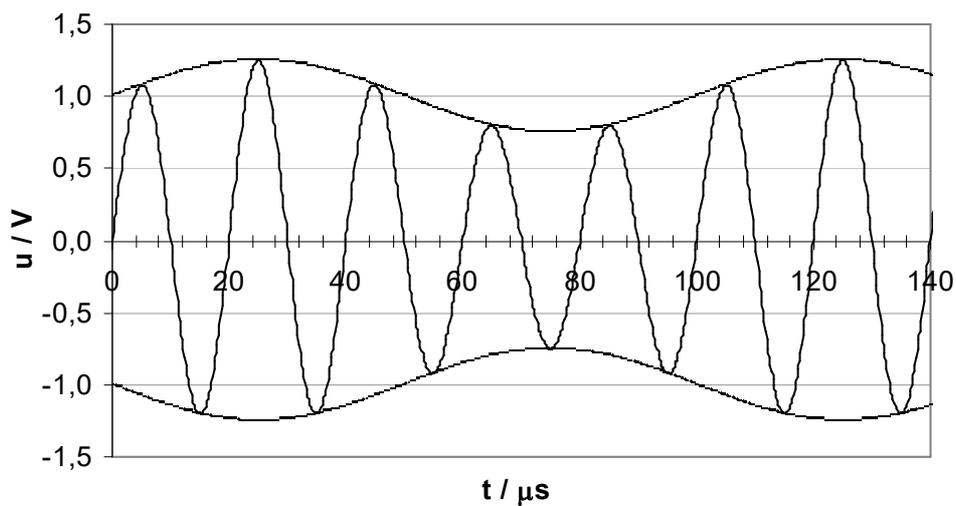
Man spricht von Übermodulation wenn der Modulationsgrad größer als 100% ist. In diesem Fall kann der Demodulator das Nutzsignal nicht mehr korrekt aus dem AM-Signal rekonstruieren. Das demodulierte Signal wird verzerrt sein. Aus diesem Grund wird der Modulationsgrad in der Rundfunktechnik (LW, MW, SW) freiwillig auf 70% begrenzt.

Aufgabe 6:

Welches der drei Signale in Aufgabe 5 ist übermoduliert? Begründe deine Antwort.

Aufgabe 7:

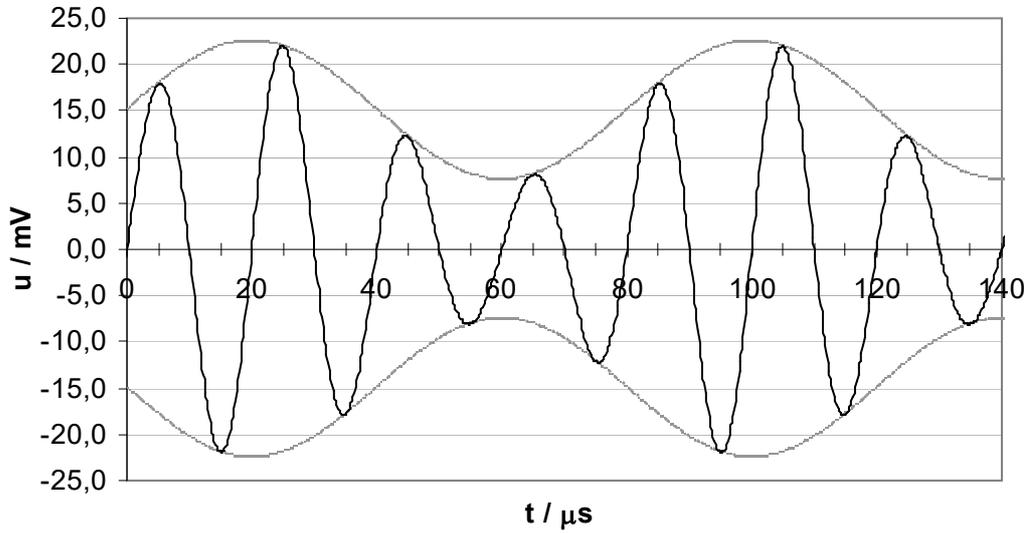
Gegeben ist folgendes Signal-Zeit-Diagramm:



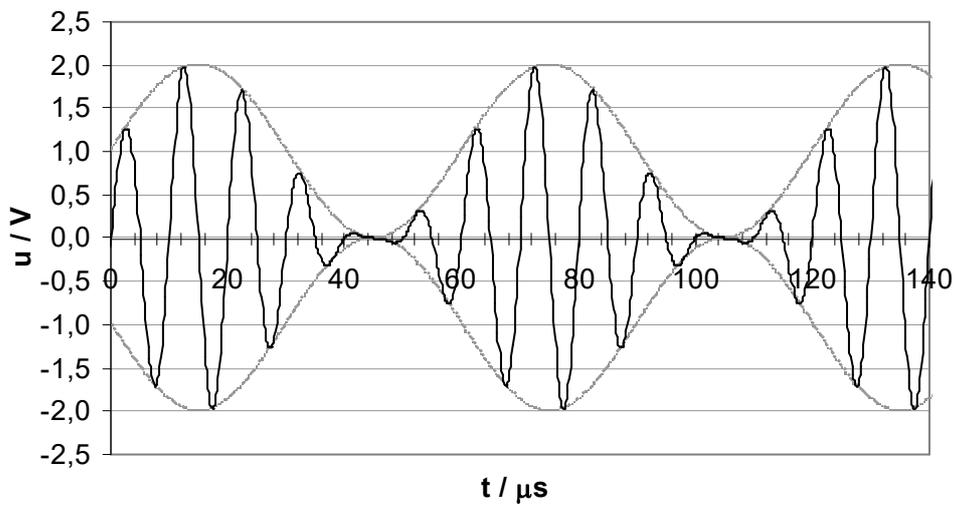
- Bestimme die Frequenz des Trägers.
- Bestimme die Frequenz des Nutzsignals.
- Bestimme den Modulationsgrad.

Zeichne die Amplitudenspektren der folgenden Signale. Trage für jede Spektrallinie den genauen Wert der Frequenz und der Amplitude ein.

a)



b)



11.3 Verteilung der Leistung in einem AM-Signal

Aufgabe 9:

Angenommen der Sender in Beidweiler (2000kW) sendet als Nutzsignal einen Sinus mit einer Frequenz von 1kHz und einem Modulationsgrad von 100% aus. Die Leistung von 2000kW ist die Summe der Leistungen aller Spektrallinien welche der Sender gerade produziert.

a) Berechne die Leistung welche in jedem Seitenband enthalten ist.

Hilfestellung:

- Wie groß darf die Amplitude der Hüllkurve maximal werden, ohne dass es zur Übermodulation kommen kann? Wie groß sind in dem Fall die Amplituden der Spektrallinien in den Seitenbändern (siehe Beweis des AM-Amplitudenspektrums)?
- Wenn die Spannung an einem ohmschen Widerstand halbiert wird, dann wird die aufgenommene Leistung _____ mal kleiner.
- Gleichungen sind ein tolles Werkzeug um solche Probleme zu lösen.

b) Zeichne das Spektrum $P=f(f)$ dieser Situation.

c) Zeichne das Spektrum $L_p=f(f)$ dieser Situation.