

Beuth Hochschule für Technik Berlin ♦ FB VI	Name:	
MTA ♦ Medieninformatik	Matrikel-Nr.:	
WS 2013/14 ♦ 30.1.2014	Punkte:	15,5/20 Note: 2,0 2,0 16,0/20 2,0 2,0

Das Skript darf – wie vereinbart – nicht benutzt werden. Ergebnisse in die vorgesehenen Freiräume im Aufgabenblatt eintragen und begründen (Herleitung etc.), sonst keine Bewertung! Zum Bestehen sind 40% der erreichbaren Punkte erforderlich.

Bitte Handy abschalten!

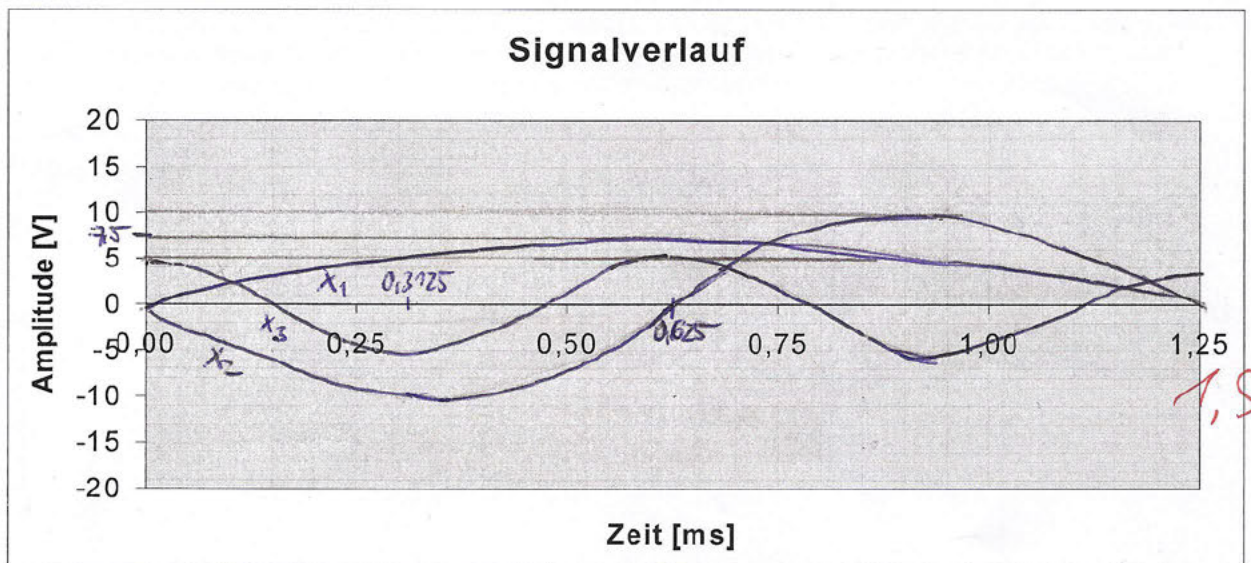
Aufgabe 1 (5 Punkte) Schwingungslehre

1.1 Im folgenden Diagramm sollen die drei Teilschwingungen der Zeitfunktion $x(t)$ eingezeichnet werden:

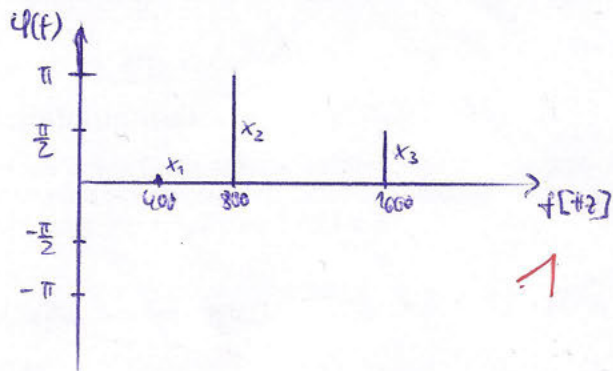
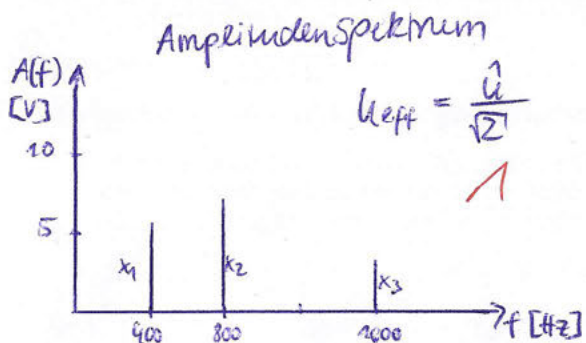
$$x(t) = x_1 \cdot \sin(2\pi \cdot f_0 \cdot t + \varphi_1) + x_2 \cdot \sin(2\pi \cdot 2 \cdot f_0 \cdot t + \varphi_2) + x_3 \cdot \sin(2\pi \cdot 4 \cdot f_0 \cdot t + \varphi_3)$$

$$x_1 = 7.5 \text{ V}, x_2 = 10 \text{ V}, x_3 = 5 \text{ V}, f_0 = 400 \text{ Hz}, \varphi_1 = 0, \varphi_2 = \pi, \varphi_3 = \pi/2$$

Berechnung siehe Anhang



1.2 Skizziere das Amplituden- und das Phasenspektrum von $x(t)$, Achsenbeschriftungen nicht vergessen!



Berechnung siehe Anhang

1.3 Berechne die Augenblickswerte der Amplitude von $x(t)$ für den Zeitpunkt $t = 0.25 \text{ ms}$!

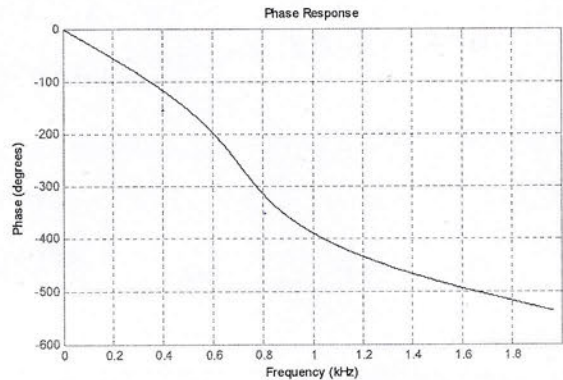
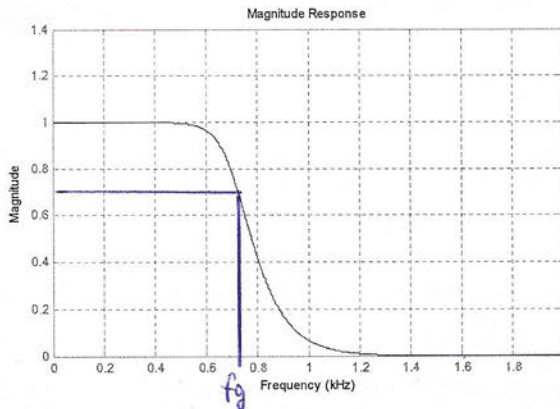
$t = 0,25 \text{ ms}$	$4,47 \text{ V}$	$+ -9,57 \text{ V}$	$+ -4,05 \text{ V}$	$= -9,15$
-----------------------	------------------	---------------------	---------------------	-----------

Berechnung siehe Anhang

1,5

Aufgabe 2 (5 Punkte) **Filterung**

2.1 Das Signal $x(t)$ aus Aufgabe 1 soll nun durch das folgende Filter (links Amplitudengang, rechts Phasengang) geschickt werden.



Bestimme und skizziere das Amplituden- und Phasenspektrum des resultierenden Signals am Ausgang des Filters! **Bitte beachte, dass der Phasengang in Grad angegeben ist!** Resultierendes Amplituden- und Phasenspektrum am Ausgang des Filters (Herleitung nicht vergessen!):

$V = \text{Verstärkung}$

$$U_{a1} = U_{e1} \cdot V(f=400\text{Hz}) = 7,5\text{V} \cdot 1 = 7,5\text{V}$$

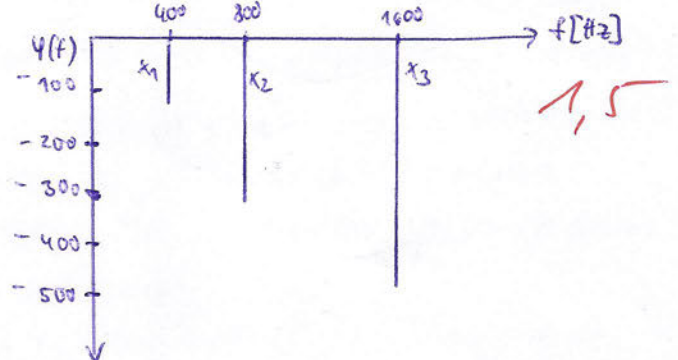
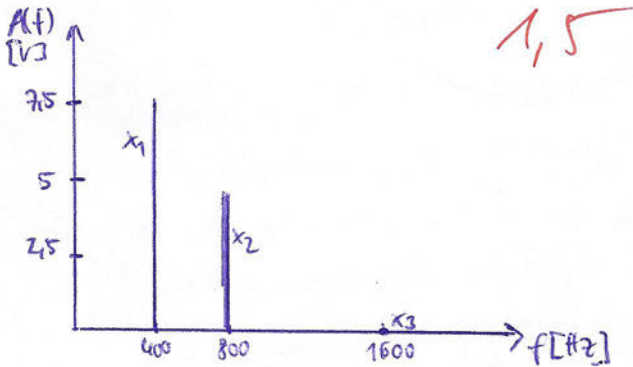
$$U_{a2} = U_{e2} \cdot V(f=800\text{Hz}) = 10\text{V} \cdot 0,4 = 4\text{V}$$

$$U_{a3} = U_{e3} \cdot V(f=1600\text{Hz}) = 5\text{V} \cdot 0 = 0\text{V}$$

$$\varphi_{a1} = \varphi_{e1} + V(f=400\text{Hz}) = 0 - 120 = -120$$

$$\varphi_{a2} = \varphi_{e2} + V(f=800\text{Hz}) = \pi - 320 = -316,86$$

$$\varphi_{a3} = \varphi_{e3} + V(f=1600\text{Hz}) = \frac{\pi}{2} - 490 = -488,43$$



2.2 Um was für einen Filtertyp handelt es sich, und was ist seine Grenzfrequenz f_g (im Amplitudengang markieren)?

Um einen Tiefpassfilter \uparrow . Grenzfrequenz f_g 0,750 Hz. \uparrow Berechnung siehe Anhang

Aufgabe 3 (5 Punkte) **Digitalisierung, Schallausbreitung**

3.1 $x(t)$ aus Aufgabe 1 soll nun bei einer geeigneten Frequenz f_a abgetastet werden. Wähle f_a (begründen) und zeige, ob das Signal bei 16 bit Auflösung (natürlich unkomprimiert!) über eine Modem-Leitung bei 32 kbit/s übertragen werden könnte. Falls du a) nicht lösen kannst, setze $f_a=5\text{kHz}$ an.

Abtasttheorem: $f_a > 2 \cdot f_{\text{max}}$

\neq Damit das Abtasttheorem eingehalten wird muss $f_a > 3,2\text{ kHz}$ sein.

Also nehmen wir an $f_a = 3,5\text{ kHz}$. $0,5$

$$\text{Datenrate} = f_a \cdot N \cdot K = 3,5\text{ kHz} \cdot 16\text{ bit} \cdot 1 = 56\text{ kbit/s}$$

\downarrow Anzahl bits \downarrow Kanäle \downarrow 1000 R/S \downarrow Modem

$$3,2\text{ kHz} \cdot 16\text{ bit} = 51,2\text{ kbit/s}$$

Selbst wenn die Abtastfrequenz f_a nur minimal über $3,2\text{ kHz}$ liegen würde, könnte das Signal nicht über eine 32 kbit/s ~~Modem-~~ Leitung übertragen werden.

3.2 Beschreibe, was Schall ist und wie er sich ausbreitet. Wie ist der Zusammenhang zwischen der Frequenz einer Schwingung und ihrer Wellenlänge? Wie groß ist der Abstand zwischen zwei Wellenbergen bei der tiefsten Frequenz aus Aufgabe 1?

Schall ist die Ausbreitung von akustischen Signalen. Er breitet sich in Wellenform aus. ^{was ist das?} Je niedriger die Frequenz einer Schwingung ist, desto größer ist die Wellenlänge. Und je höher die Frequenz einer Schwingung ist, desto kleiner ist die Wellenlänge.

Aus Aufgabe 1 ist die tiefste Frequenz 400 Hz. Da liegt der Abstand zwischen zwei Wellenbergen bei 2,5 ms. das ist T 0,5

Druckschwankung, 20 Hz < f < 20000 Hz

$$v = f \cdot \lambda \quad \lambda = \frac{340 \frac{m}{s}}{400 \frac{1}{s}} = 0,85 m$$

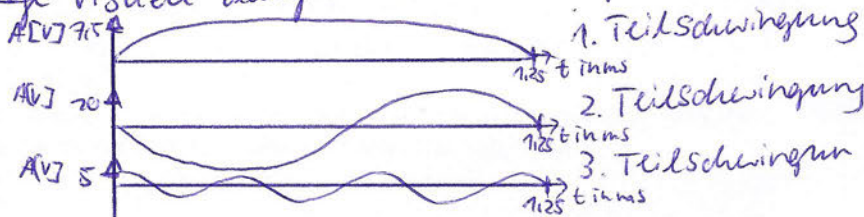
3.3 Ab welcher Abtastfrequenz kann Musik ohne wahrnehmbare klangliche Verluste digitalisiert werden und wieso?

Ab einer Abtastfrequenz von über 40 kHz. Standard bei Musik sind 44,1 kHz, da die Frequenz das Abtasttheorem $f_a > 2f_{max}$ einhält und über dem Doppelten der maximal hörbaren Frequenz $f_{max} \approx 20 kHz$ des Menschen liegt.

0,5

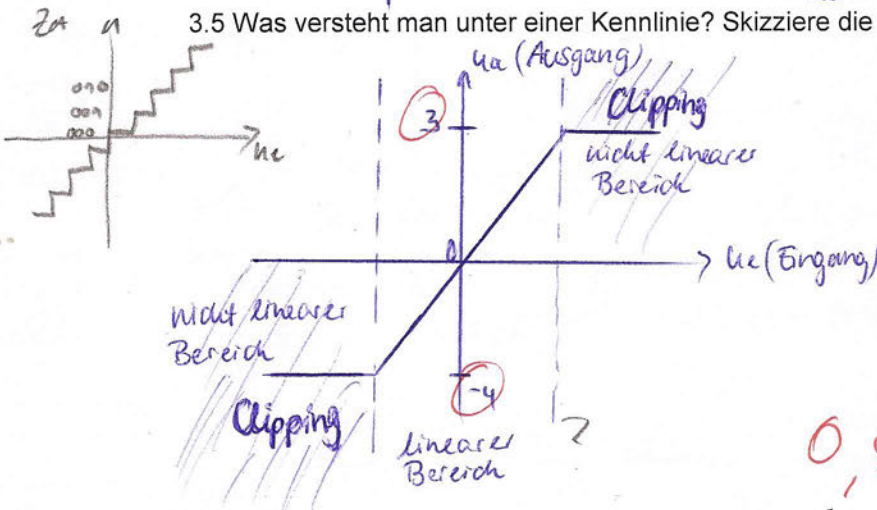
3.4 Was ist ein Spektrum, was ein Spektrogramm? Wie würde das Signal x(t) in Aufgabe 1 als Spektrogramm dargestellt erscheinen?

Ein Spektrum zeigt alle Werte auf, die in einem Signal vorkommen, z.B. Amplitudenspektrum zeigt alle Amplituden der einzelnen Schwingungen des Signals auf. ~~Das~~ wird in einem Spektrogramm ~~lange~~ visuell dargestellt.



Das Spektrum
das ist ein Oszillogramm

3.5 Was versteht man unter einer Kennlinie? Skizziere die Kennlinie eines 3-Bit A/D-Wandlers!



$2^3 = 8$, Wertebereich 3 bis -4

es fehlt die Erklärung, was eine Kennlinie ist

Kennlinie stellt den Zusammenhang zwischen Ausgangs- und Eingangsspannung dar. Im nicht-linearen Bereich wird das Ausgangssignal nicht mehr verändert, wenn das Eingangssignal erhöht / verringert wird, ab einem bestimmten Wert

0,5

3.4.

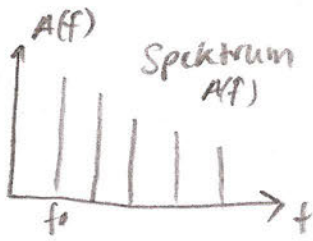


Abbildung von Amplitude in
Abhängigkeit von der Frequenz

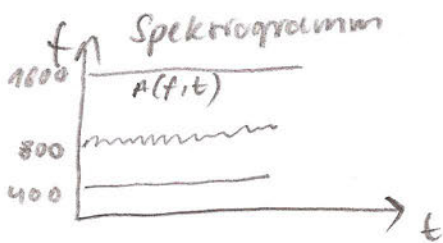
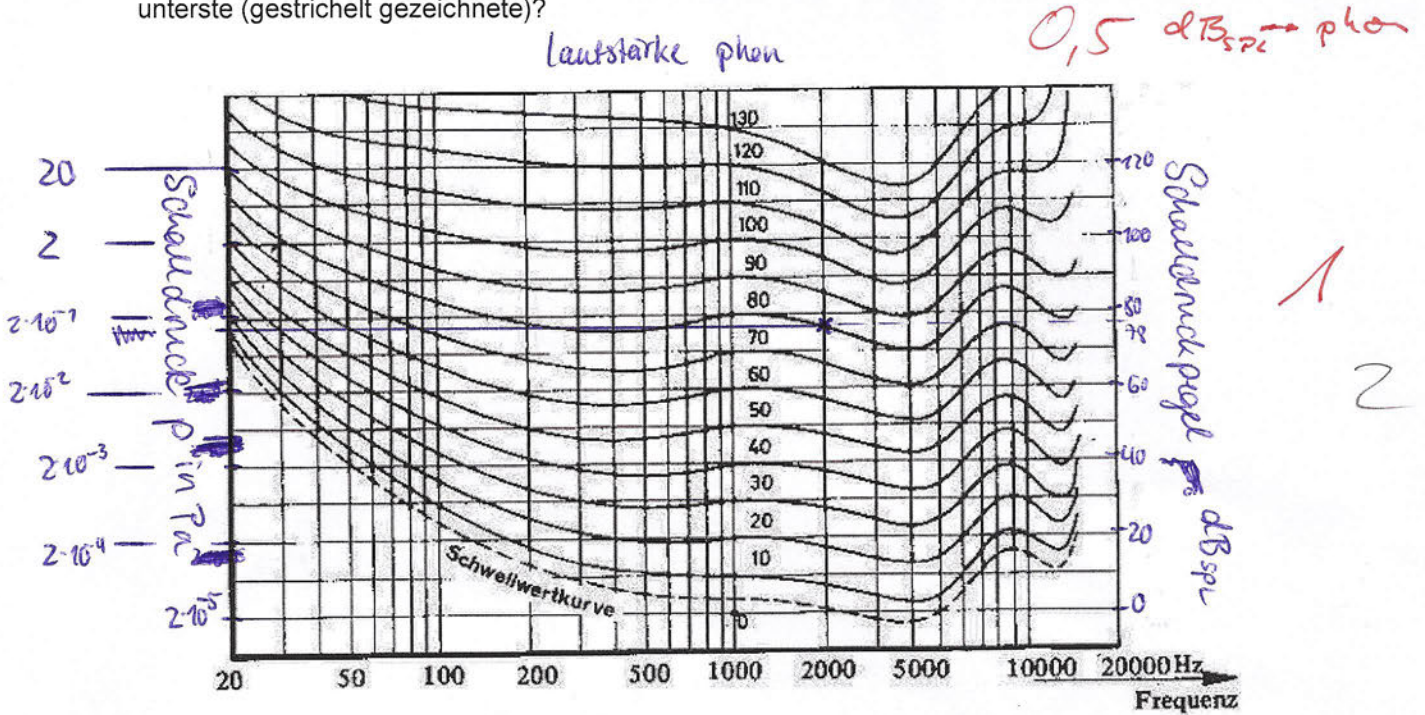


Abbildung von Frequenz in
Abhängigkeit von der Zeit

Aufgabe 4 (5 Punkte) **Audiotechnik (Psychoakustik, Klangbeschreibung, MP3):**

4.1 Das folgende Diagramm zeigt den Zusammenhang zwischen Schalldruck in Pascal, Schalldruckpegel in dB und Lautstärke in Phon. Wie sind diese Größen miteinander verknüpft? Vervollständige das Diagramm entsprechend. Was beschreiben die geschwungene Kurven im Diagramm, insbesondere die unterste (gestrichelt gezeichnete)?

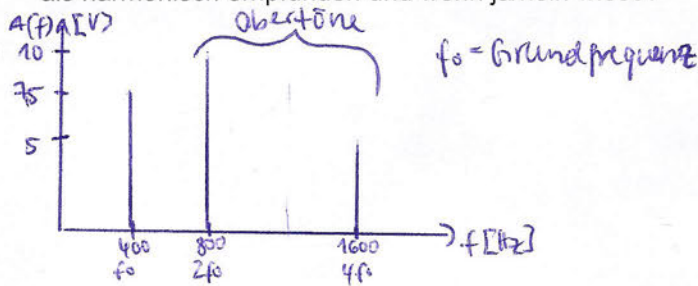


4.2 Welcher Schalldruck in Pascal ist erforderlich, um bei der Frequenz 2000 Hz eine Lautstärke von 80 Phon zu erzeugen? Ist dieser Druck kleiner, größer oder genau gleich wie bei 1000 Hz (begründen)? Markiere den betreffenden Punkt im Diagramm!

Schalldruck $p = 2 \cdot 10^{-4}$ Pa
 $p = 2 \cdot 10^{-4.1}$ Pa
 $78 \text{ dB SPL} = 20 \cdot \log_{10} \left(\frac{p}{p_0} \right)$ $p_0 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ Pa}$
 $p = 10^{\frac{78}{20}} \cdot p_0$
 $p = 10^{3.9} \cdot 2 \cdot 10^{-5} = 0,16 \text{ Pa} = 2 \cdot 10^{-1.1}$

Der Schalldruck ist bei 2000 Hz kleiner als bei 1000 Hz, da bei Verdopplung der Frequenz der Schalldruck abnimmt, da sich die Wellen logarithmisch bewegen.

4.3 Interpretiere das Signal aus Aufgabe 1 als Klang mit Grundfrequenz und Obertönen. Wird dieses Signals als harmonisch empfunden und wenn ja/nein wieso?

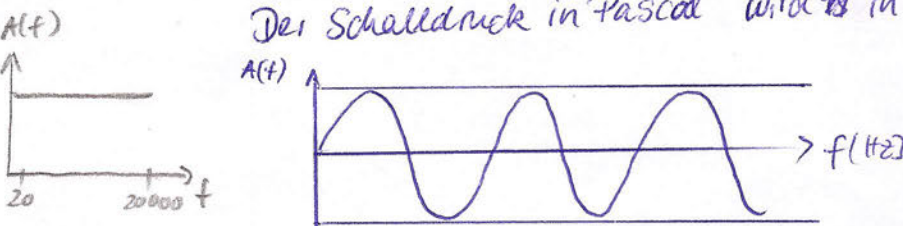


Das Signal wird nicht als harmonisch empfunden, da der Unterschied zwischen den Amplituden zu groß und nicht gleichmäßig ist.

Abstand $f_0 \rightarrow 2f_0 \Rightarrow 2,5 \text{ V}$
 $2f_0 \rightarrow 4f_0 \Rightarrow 5 \text{ V}$
 Es fehlt ein Oberton für die Harmonie

4.4 Skizziere den Amplitudengang eines idealen Mikrofons! Was geschieht in einem Mikrophon prinzipiell für eine Wandlung?

Der Schalldruck in Pascal wird in Spannung U umgewandelt.



Die Amplitude müsste sich zwischen einem maximalen und minimalen Wert bewegen und diese nicht über- oder unterschreiten, damit es nicht zu un-schönen Verzerrungen und Rauschen kommt.

alle Frequenzen sollen bei der Umwandlung gleich behandelt werden

$$T = \frac{1}{f}$$

1.1

$x_1 = 7,5 \text{ V}$	$f_1 = 400 \text{ Hz}$	$\varphi_1 = 0$	$T_1 = 0,0025 \text{ s} = 2,5 \text{ ms}$
$x_2 = 10 \text{ V}$	$f_2 = 800 \text{ Hz}$	$\varphi_2 = \pi$	$T_2 = 0,00125 \text{ s} = 1,25 \text{ ms}$
$x_3 = 5 \text{ V}$	$f_3 = 1600 \text{ Hz}$	$\varphi_3 = \pi/2$	$T_3 = 0,000625 \text{ s} = 0,625 \text{ ms}$

1.2. $u_{eff} = \frac{1}{\sqrt{2}}$

$$u_{eff1} = 7,5 \text{ V} / \sqrt{2} \approx 5,3 \text{ V}$$

$$u_{eff2} = 10 \text{ V} / \sqrt{2} \approx 7,07 \text{ V}$$

$$u_{eff3} = 5 \text{ V} / \sqrt{2} \approx 3,54 \text{ V}$$

1.3. ~~$x(0,25 \text{ ms})$~~
 ~~$x_1 \sin(2\pi \cdot 400 \text{ Hz} \cdot t)$~~

1.3. $x(t=0,25 \text{ ms}) =$

① $x_1 \cdot \sin(2\pi \cdot 400 \text{ Hz} \cdot 0,25 \text{ ms} + 0)$
 $= 7,5 \text{ V} \cdot \sin(2\pi \cdot 400 \frac{\text{Hz}}{\text{s}} \cdot \frac{0,25}{1000} \text{ s} + 0) = 4,41 \text{ V}$

② $x_2 \cdot \sin(2\pi \cdot 2 \cdot 400 \text{ Hz} \cdot 0,25 \text{ ms} + \pi)$
 $= 10 \text{ V} \cdot \sin(2\pi \cdot 2 \cdot 400 \text{ Hz} \cdot \frac{0,25}{1000} \text{ s} + \pi) = -9,51 \text{ V}$

③ $x_3 \cdot \sin(2\pi \cdot 4 \cdot 400 \text{ Hz} \cdot 0,25 \text{ ms} + \pi/2)$
 $= 5 \text{ V} \cdot \sin(2\pi \cdot 4 \cdot 400 \text{ Hz} \cdot \frac{0,25}{1000} \text{ s} + \pi/2) = -4,05 \text{ V}$

2.2

-3 dB \rightarrow Lautstärkelunterschied zu ~~hören~~ hören

$$-3 \text{ dB} = 20 \cdot \log_{10}(V) \quad V = \text{Verstärkung}$$

$$V = 10^{-\frac{3}{20}}$$

$$\approx 0,708$$

da den Wert für Grenzfrequenz f_g ablesen

4.1

Der Schalldruck und der Schalldruckpegel sind physikalische Größen und objektiv. Die Lautstärke ist subjektiv. Bei 10 phon nimmt der Mensch eine Lautstärkenverdoppelung wahr.

Bei ~~1 kHz~~ 1 kHz sind phon und dB SPL gleich.

Die untere gestrichelte Linie stellt die Hörschwelle des menschlichen Gehörs dar.

Die geschwungenen Kurven allg. beschreiben den Zusammenhang zwischen Schalldruck und Schalldruckpegel. Das System ist logarithmisch aufgebaut, wie das Gehör auch Signale wahrnimmt.

neu!