

Beuth Hochschule für Technik Berlin • FB VI	Name:	
Klausur MMT-Audio • Informatik und Medien	Matrikel-Nr.:	
WS 2011/2012 • 27.1.2012	Punkte:	15,5/20 Note: 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.

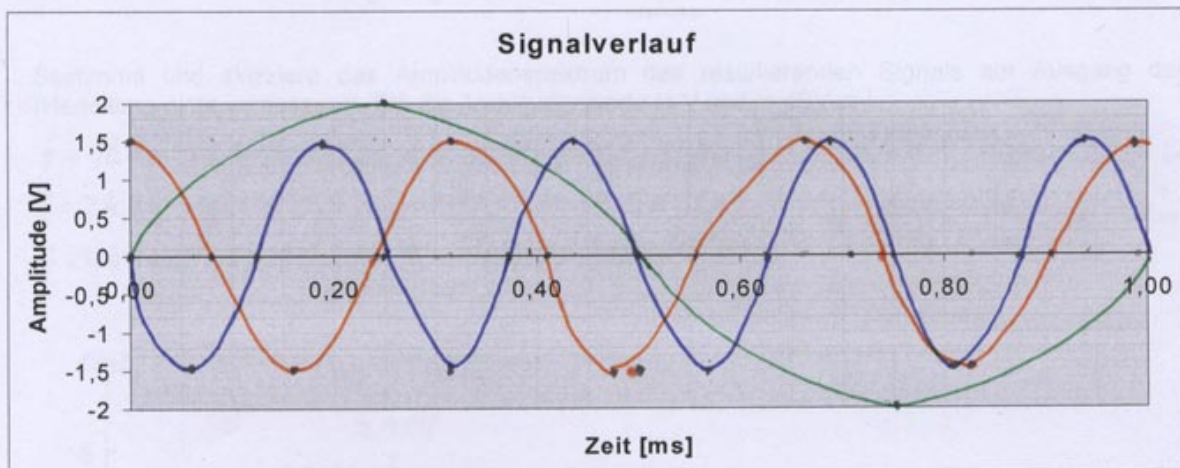
Bitte Handy abschalten!

Aufgabe 1 (4 Punkte) Schwingungslehre

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

$$x(t) = \hat{x}_1 \cdot \sin(2\pi \cdot f_0 \cdot t + \varphi_1) + \hat{x}_2 \cdot \sin(2\pi \cdot 3 \cdot f_0 \cdot t + \varphi_2) + \hat{x}_3 \cdot \sin(2\pi \cdot 4 \cdot f_0 \cdot t + \varphi_3)$$

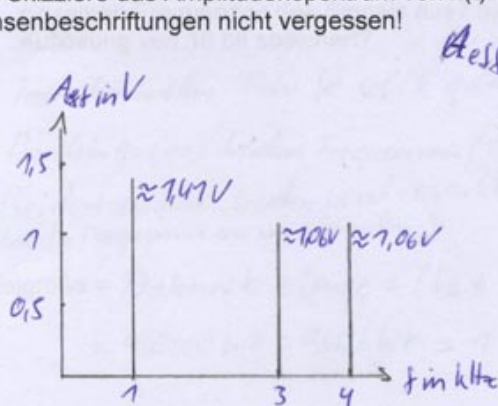
$$\hat{x}_1 = 2V \quad \hat{x}_2 = 1,5V \quad \hat{x}_3 = 1,5V \quad f_0 = 1000\text{Hz} \quad \varphi_1 = 0 \quad \varphi_2 = \frac{\pi}{2} \quad \varphi_3 = -\pi$$



1.2 Berechne die Augenblickswerte der Amplitude von $x(t)$ für den Zeitpunkt $t = 0,2$ ms!

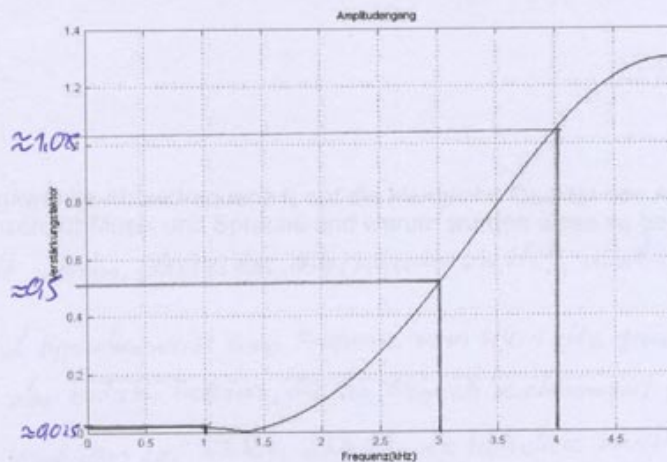
$t = 0,2$ ms	1,9	+ (-1,21)	+ 1,43	= 2,12
--------------	-----	-----------	--------	--------

1.3 Skizziere das Amplitudenspektrum von $x(t)$. Benutze für das Amplitudenspektrum die **Effektivwerte**, Achsenbeschriftungen nicht vergessen!



Aufgabe 2 (4 Punkte) Filterung

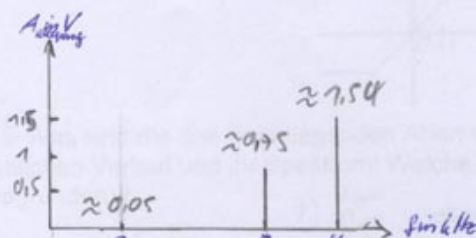
2.1 Das Signal $x(t)$ aus Aufgabe 1 soll nun durch das folgende Filter (Amplitudengang) geschickt werden.



Bestimme und skizziere das Amplitudenspektrum des resultierenden Signals am Ausgang des Filters (Herleitung nicht vergessen!). Gib die Amplitudenwerte in V und in dBV an!

$f = 1 \text{ kHz} : 2 \text{ V} * 0,025 = 0,05 \text{ V} \approx -26,02 \text{ dB(V)}$
 $f = 3 \text{ kHz} : 1,5 \text{ V} * 0,15 = 0,225 \text{ V} \approx -27,5 \text{ dB(V)}$
 $f = 4 \text{ kHz} : 1,5 \text{ V} * 1,025 \approx 1,5375 \text{ V} \approx -1,54 \text{ dB(V)}$

$\hookrightarrow \text{dBV} = 20 \log_{10} \left(\frac{u}{u_0} \right) \quad u_0 = 1 \text{ V}$
 $\hat{A} * \text{Verstärkung} = \text{Ausgang}$
1,5



2.2 Um was für einen Filtertyp handelt es sich?

Um einen Hochpassfilter

Aufgabe 3 (7 Punkte) Digitalisierung, Klänge

3.1 $x(t)$ aus Aufgabe 1 wird a) mit der Abtastfrequenz $f_a = 6 \text{ kHz}$ abgetastet. Wie wirkt sich dies auf die einzelnen Frequenzen des Signals aus? b) Wie groß ist die Datei, wenn man 10 Sekunden mit einer Auflösung von 16 bit speichert?

~~Für die ersten~~ Für f_a sollte gelten: $f_a > 2 * f_{\text{max}}$ (Abtasttheorem) 0,5
 Bei den ersten beiden Frequenzen (1 kHz) wird das Theorem eingehalten.
 Bei den anderen beiden wird es verletzt, weswegen Fehler bei der Abtastung entstehen und das die Frequenzen verzerrt werden.

Dateigröße = Datenrate * Länge = $(f_a * N * K) * t = (6000 \text{ Hz} * 16 \text{ bit} * 1) * 10 \text{ s}$
 $= 960000 \text{ bit} = 960 \text{ kbit} = 120 \text{ kB}$ 0,5

3.2 Was versteht man unter der Dynamik eines Audiosystems? Wie unterscheiden sich hierbei analoge und digitale Systeme?

3.3 Wie wirkt sich die gewählte Abtastfrequenz f_a auf die klangliche Qualität des Audiosignals aus? Was sind typische Abtastfrequenzen für Musik und Sprache und warum wurden diese so gewählt?

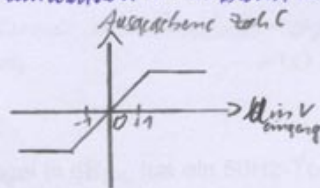
Die f_a so gewählt werden, dass es das Abtasttheorem verletzt, würden wir das Signal verzerrt wahrnehmen.

In der Musik wird typischerweise eine Frequenz von 44,1 kHz gewählt, da dieser Wert größer ist, als das doppelte der höchsten Frequenz, die der Mensch wahrnimmt (20 kHz).

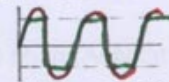
Bei Sprache ist ein Wert von ca. 22 kHz üblich, da sich diese meist im Niederfrequenzbereich befindet und so Dateigrößen gering gehalten werden können. 0,5

3.4 Was ist Clipping (3. Audioübung!)? Skizziere grob die Kennlinie eines A/D-Wandlers (also den Zusammenhang zwischen eingehender Audiospannung und ausgegebener Zahl) und erkläre, was bei einer Übersteuerung des Wandlers mit dem Spektrum einer anliegenden reinen Sinusschwingung passiert.

Clipping tritt auf, wenn ein Audiosignal aufgenommen oder so stark verstärkt wird, dass der Wandler die Amplitude nicht mehr umwandeln kann. Dann wird das Signal an der höchsten/niedrigsten Stelle des Darstellungsbereichs gekappt.



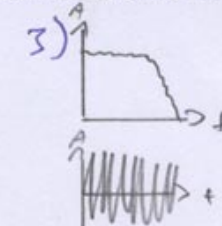
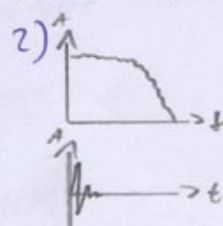
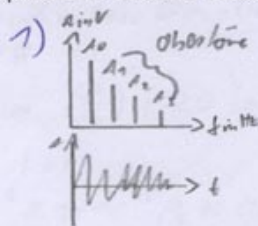
Bei Übersteuerung mit einer reinen Sinusschwingung, werden die Spitzen der Schwingung hochgedrückt.



1 Spektrum?

3.5 Was sind die drei grundlegenden Arten von Klängen, die wir kennengelernt haben? Skizziere ihren zeitlichen Verlauf und ihr Spektrum! Welche dieser drei Arten finden sich im Klang eines Ventilators wieder (begründen)?

- 1) harmonische Klänge
- 2) impulsartige Klänge
- 3) rauschartige Klänge



0,5

Bei einem Ventilator findet sich der rauschartige Klang wieder, da keine bestimmte Frequenz feststellbar ist und im zeitlichen Verlauf das Geräusch konstant laut bleibt.

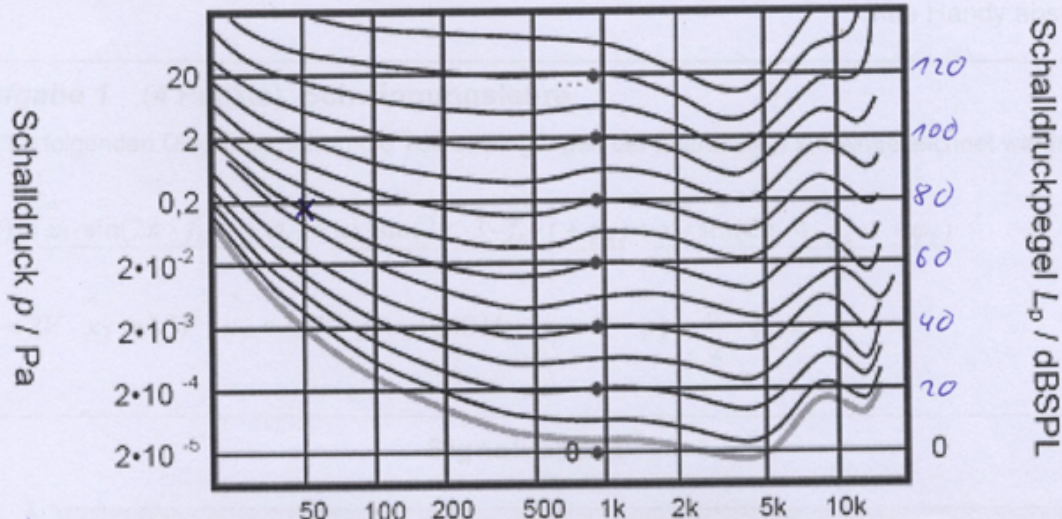
3.6 Welche Eigenschaften des Schallsignals nutzt das Gehör zur Ortung der Schallquelle?

Zunächst die Eigenschaft, dass Schall nicht durch Objekte kann, die größer als seine Wellenlänge ist. (Schall ist die wellenartige Ausbreitung von Druckveränderung.) Also kann man ihn nicht hören, bzw. nur Teil-frequenzen bei einer harmonischen Quelle. Dadurch können wir feststellen, ob sich vor der Quelle ein Objekt befindet.

Dadurch kann man auch bestimmen, ob sich das Objekt links oder rechts befindet, da gewisse Frequenzen das andere Ohr nicht erreichen können. 0,5

Aufgabe 4 (5 Punkte) **Audiotechnik (Psychoakustik):**

4.1 Erkläre die Bedeutung der geschwungenen Kurven im unten stehenden Diagramm! Was ist der Zusammenhang zwischen Schalldruck/Schalldruckpegel auf der einen Seite und Lautstärke auf der anderen, und worin besteht der fundamentale Unterschied zwischen diesen Größen? In wie weit spiegelt die Grafik die Dynamik des menschlichen Gehörs wider (vgl. Aufgabe 3.2)?



• Schalldruckpegel: *phon*
 • objektive physikalische Größe
 • Lautstärke:
 • subjektive Wahrnehmungsgröße
 Vereinbarung: *dB SPL* phon bei 1kHz

$dB_{SPL} = 20 \log_{10} \left(\frac{p}{p_0} \right)$ $p_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ (Hörschwelle)
 • *log* weist auf, dass es einen großen Wertebereich gibt
 • relatives Maß \rightarrow die menschliche Wahrnehmung ist relativ
 • 2 Linien im Abstand von $20 dB_{SPL}$ wirkt wie Verdopplung der Lautstärke

2

4.2 Welchen Schalldruckpegel in dB_{SPL} hat ein 50Hz-Ton der Lautstärke 60 phon (Antwort begründen)? Markiere diesen Wert im Diagramm!

*60 phon Linie finden
 Punkt finden, wo sie sich mit der 50 Hz-Linie trifft
 dB_{SPL} ablesen ≈ 78*

$78 dB_{SPL} = 20 \log_{10} \left(\frac{p}{p_0} \right) \quad | : 20 \quad | * 10^x$
 $10^{3,8} = \frac{p}{p_0} \quad | * p_0$
 $p = 10^{3,8} * 2 \cdot 10^{-5} Pa \approx 0,176 Pa$

4.3 Welche Eigenschaften des menschlichen Gehörs sagt das perzeptive Modell bei MP3 zur Datenreduktion vorher?

*Das menschliche Gehör hat eine spektrale Verdeckung. Das heißt, dass es ~~höre~~ ^{Frequenzen} außerhalb der Hörschwelle nicht mehr wahrnimmt und diese zur Datenreduktion entfernt werden können.
 Eine weitere Eigenschaft ist die zeitliche Verdeckung, bei der kein 2. Ton, der kurz nach dem 1. gespielt kurz nachdem * vorherigen Ton gespielt wurde, nicht wahrgenommen wird.
 Dieser kann auch*