

Beuth Hochschule für Technik Berlin ♦ FB VI	Name:	
Klausur MMT-Audio ♦ Informatik und Medien	Matrikel-Nr.:	
WS 2012 ♦ 25.1.2013	Punkte:	19/20 Note: 1,0

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.

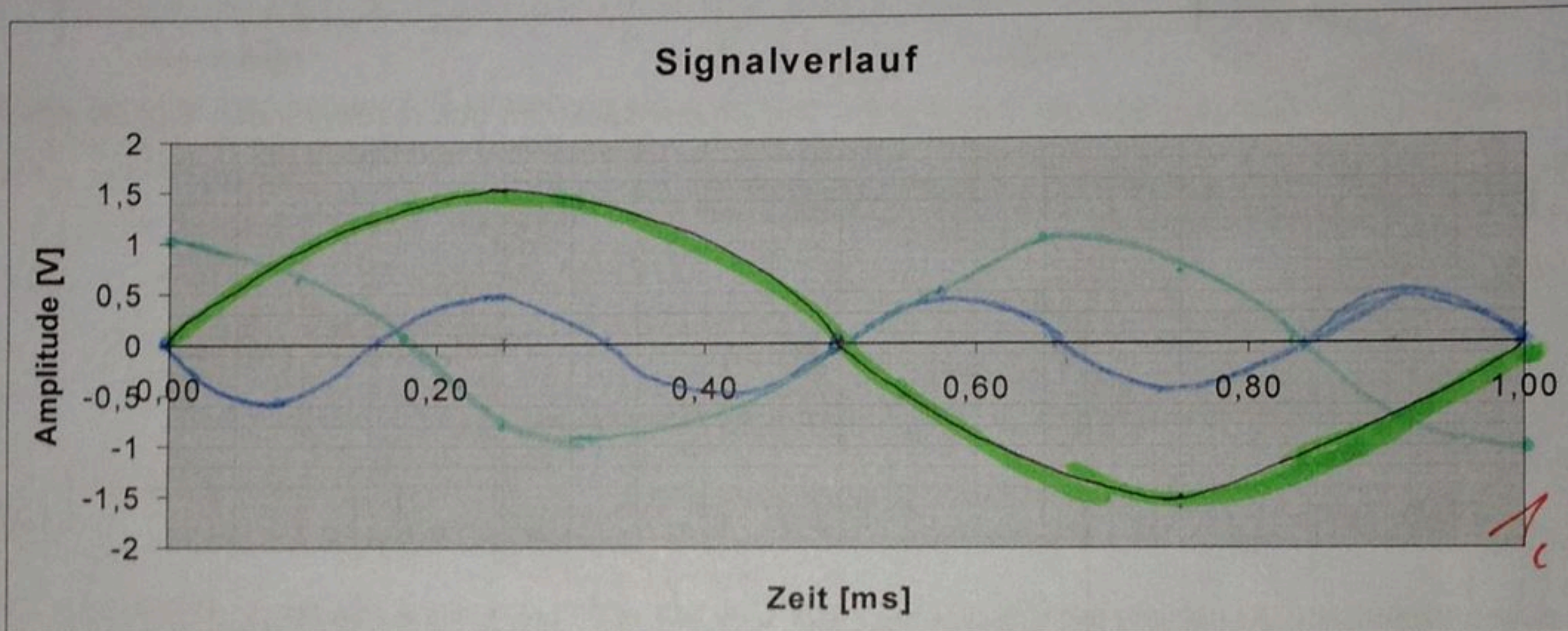
Bitte Handy abschalten!

Aufgabe 1 (5 Punkte) Schwingungslehre

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

$$x(t) = x_1 \cdot \sin(2\pi \cdot f_0 \cdot t + \varphi_1) + x_2 \cdot \sin(2\pi \cdot 1,5 \cdot f_0 \cdot t + \varphi_2) + x_3 \cdot \sin(2\pi \cdot 3 \cdot f_0 \cdot t + \varphi_3)$$

$$x_1 = 1,5 \text{ V}, x_2 = 1 \text{ V}, x_3 = 0,5 \text{ V}, f_0 = 1000 \text{ Hz}, \varphi_1 = 0^\circ, \varphi_2 = \pi/2, \varphi_3 = -\pi$$

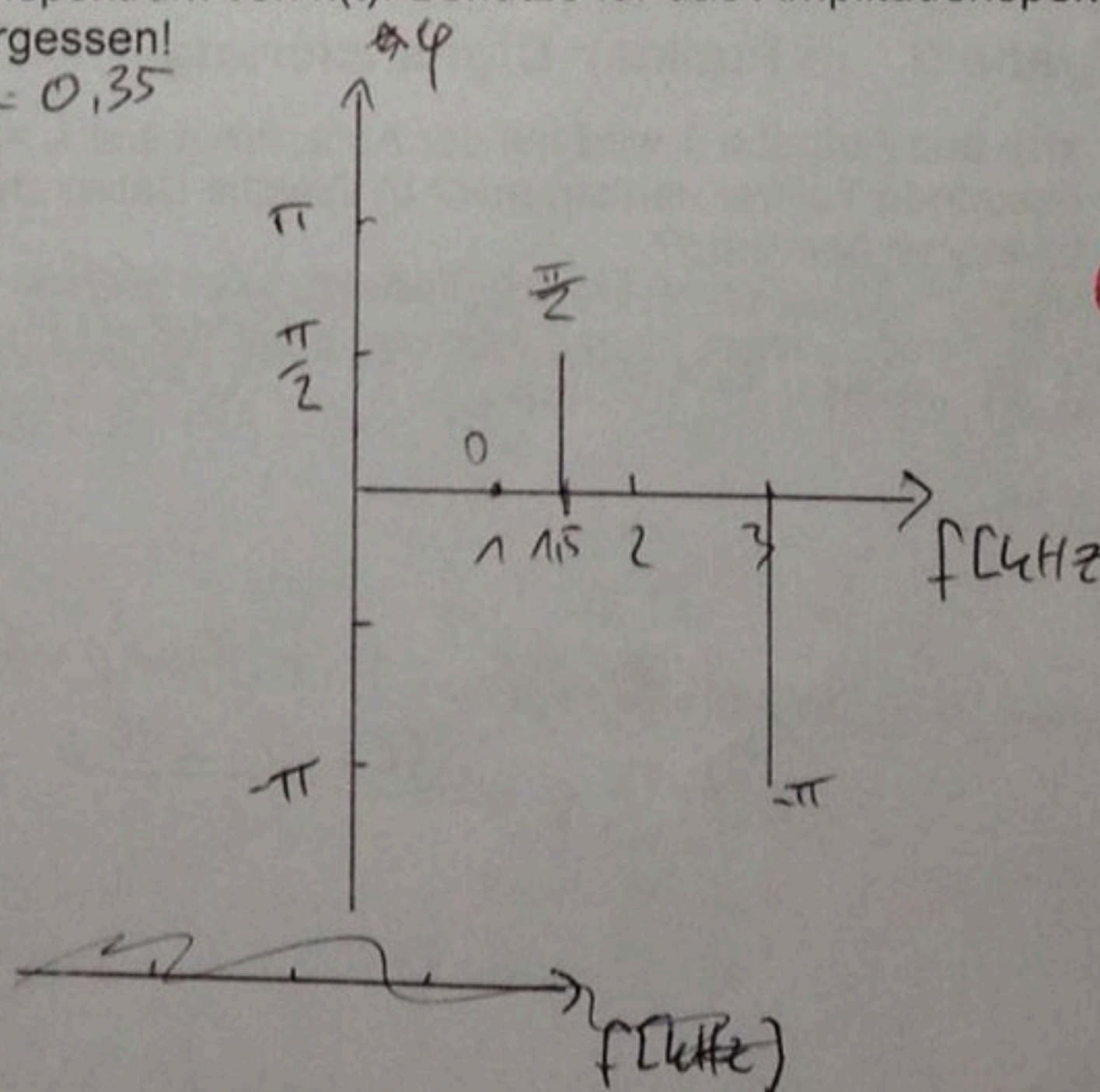
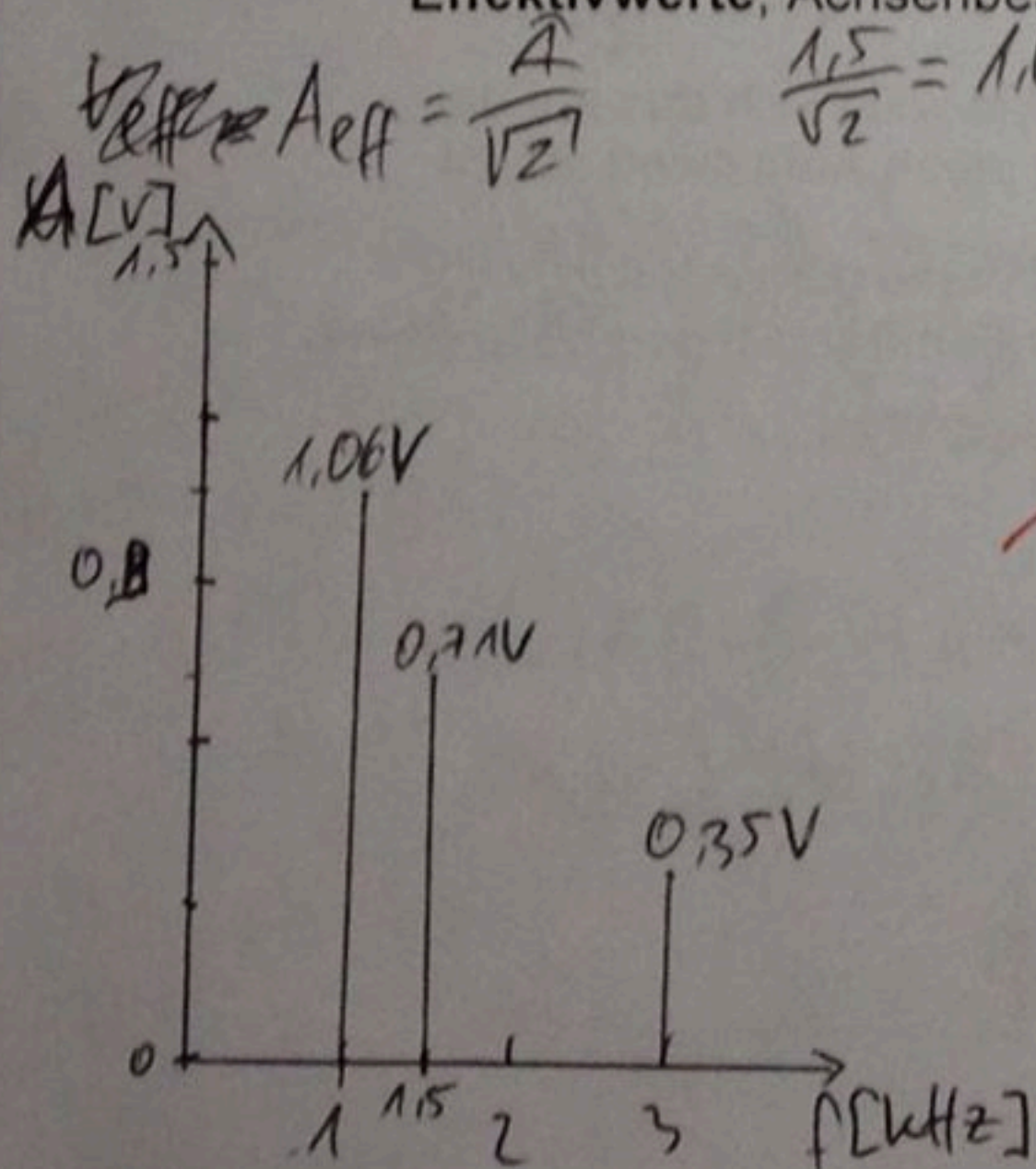


1.2 Berechne die Augenblickswerte der Amplitude von $x(t)$ für den Zeitpunkt $t = 0,75 \text{ ms}$!

$t = 0,75 \text{ ms}$	$(-1,5)$	$+ 0,71$	$+ (-0,5)$	$= -1,29$
-----------------------	----------	----------	------------	-----------

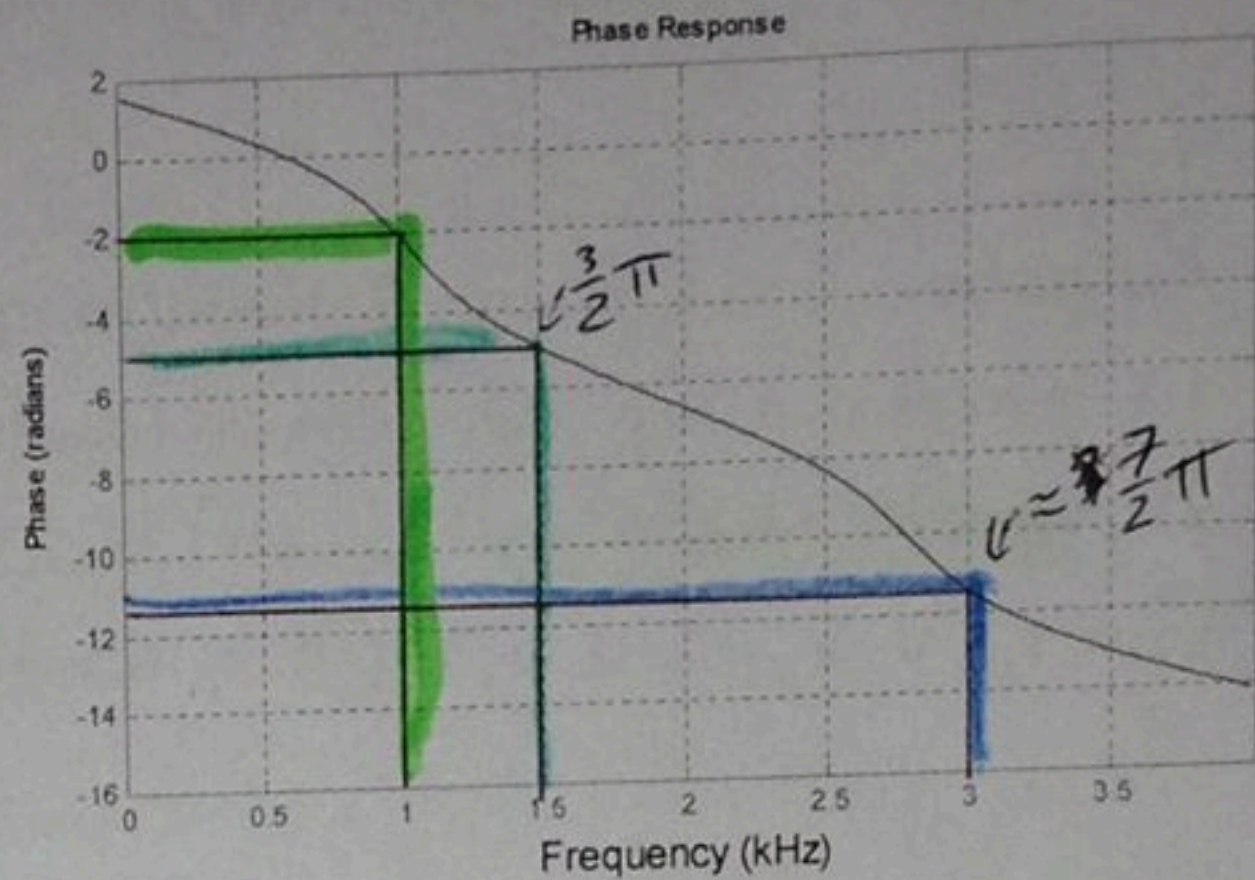
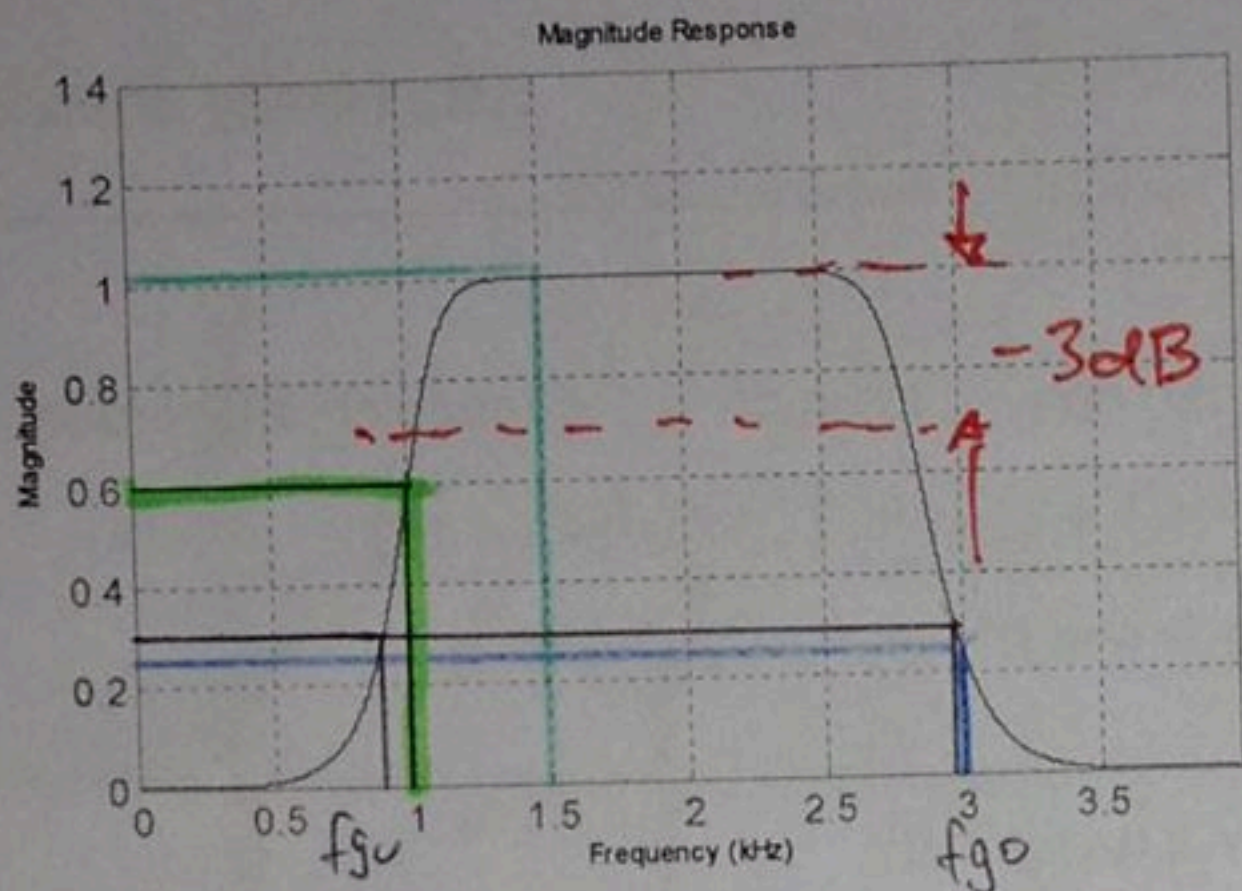
$$x(0,75) = 1,5 \text{ V} \sin(2\pi \cdot \frac{1}{\text{ms}} \cdot 0,75 \text{ ms}) + 1 \text{ V} \sin(2\pi \cdot \frac{1,5}{\text{ms}} \cdot 0,75 \text{ ms} + \frac{\pi}{2}) + 0,5 \text{ V} \sin(2\pi \cdot \frac{3}{\text{ms}} \cdot 0,75 \text{ ms} - \pi)$$

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



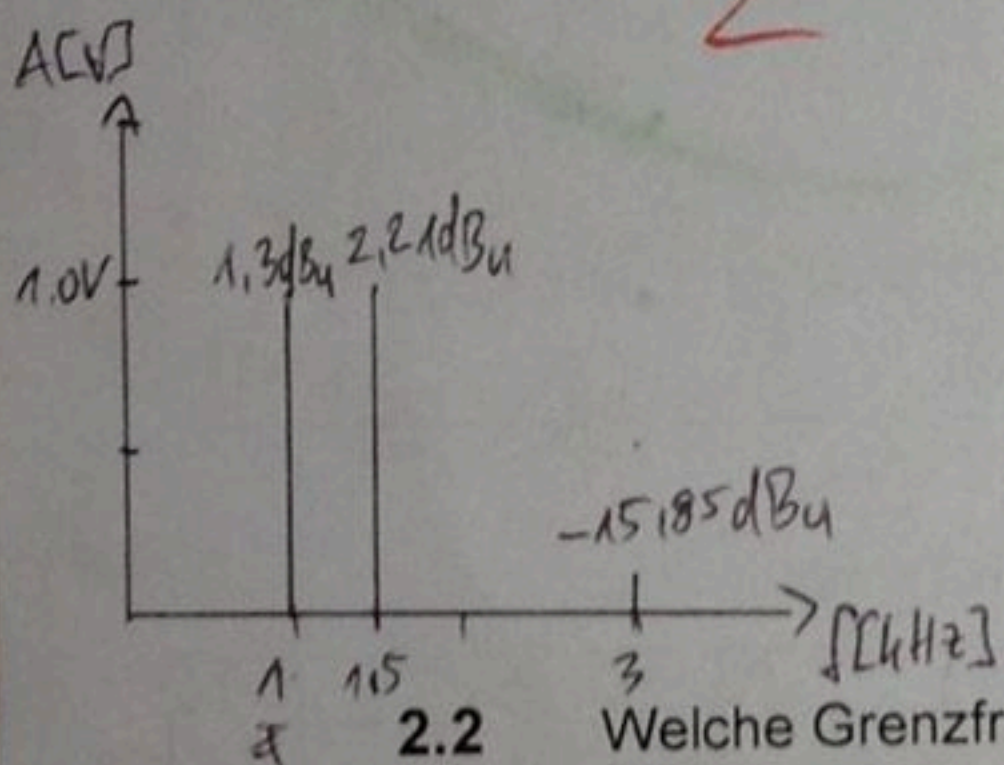
Aufgabe 2 (5 Punkte) Filterung

2.1 Das Signal $x(t)$ aus Aufgabe 1 soll nun durch das folgende Filter (Amplituden- und Phasengang) geschickt werden. Beachte dabei, dass die Verstärkung in dB und die Phasenverschiebung in Radiant angegeben ist!

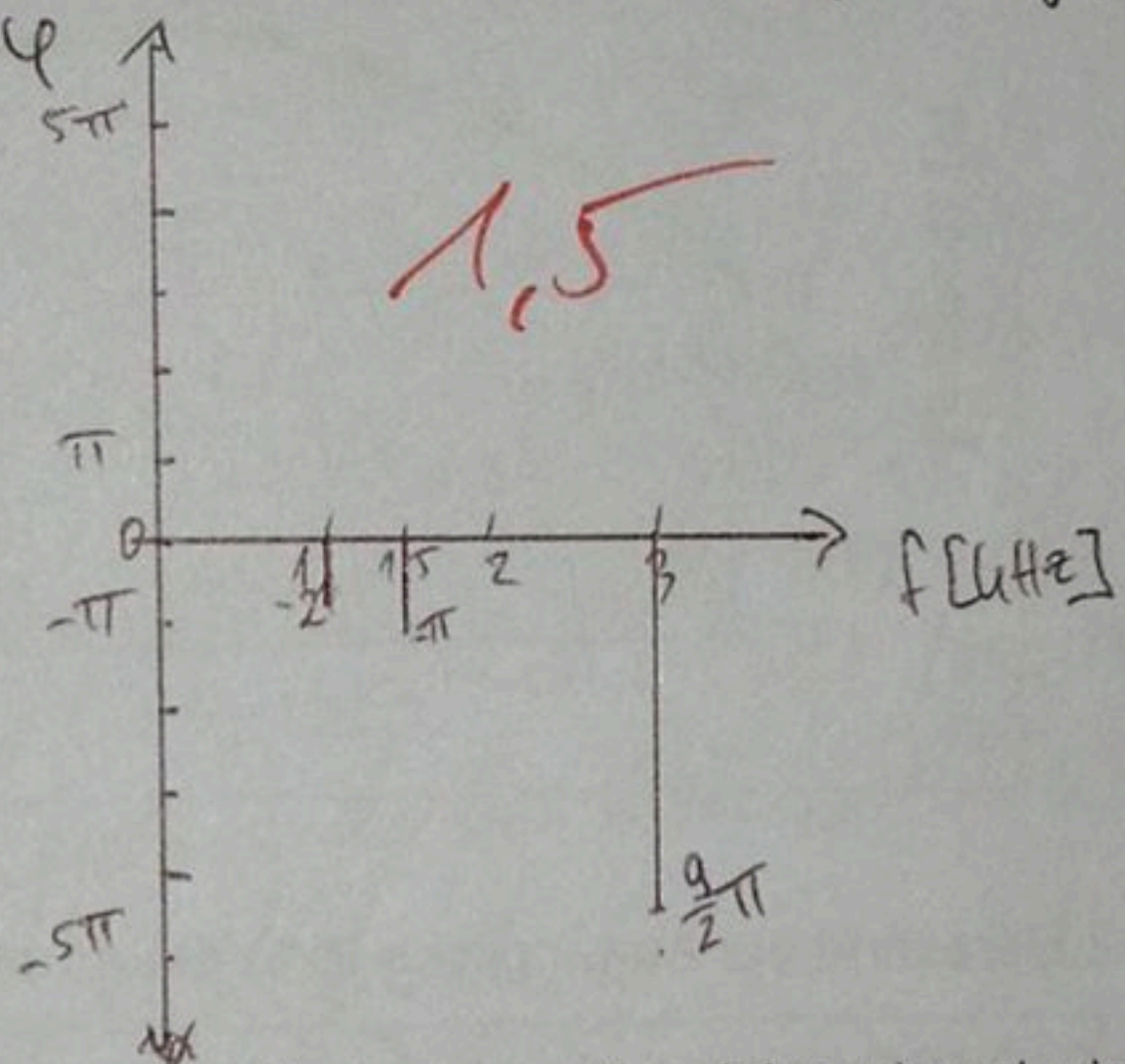


Bestimme und skizziere das Amplituden- und Phasenspektrum des resultierenden Signals am Ausgang des Filters (Herleitung nicht vergessen!). Gib die Amplitudenwerte in V und in dBu an! $dBu = 20 \log_{10}(\frac{u}{u_0})$ $u_0 = 0.775V$

$f_1: 1.5V \cdot 0.6 = 0.9V$ $f_2: 1V \cdot 1 = 1V$ $f_3: 0.5V \cdot 0.25 = 0.125V$ $\varphi + \Delta\varphi$
 $f \cdot Verstärkung$



$\varphi_1 = 0 + (-2) = -2$
 $\varphi_2 = \frac{\pi}{2} + (\frac{3}{2}\pi) = 2\pi$
 $\varphi_3 = -\pi + (-\frac{7}{2}\pi) = -\frac{9}{2}\pi$



2.2 Welche Grenzfrequenzen f_{gu} und f_{go} hat das Filter (im Amplitudengang einzeichnen) und wie lange braucht eine Frequenz von 1 kHz, um durch das Filter zu laufen (im Phasengang einzeichnen)?

f_{gu} 0,8 kHz und f_{go} 2,9 kHz. Laufzeit ungefähr 0,32 0,5 ms.

$\Delta t = T_0 \cdot \frac{\Delta\varphi}{2\pi}$
 $= 1ms \cdot \frac{4\pi}{2\pi} = 0,32$

Aufgabe 3 (5 Punkte) Digitalisierung

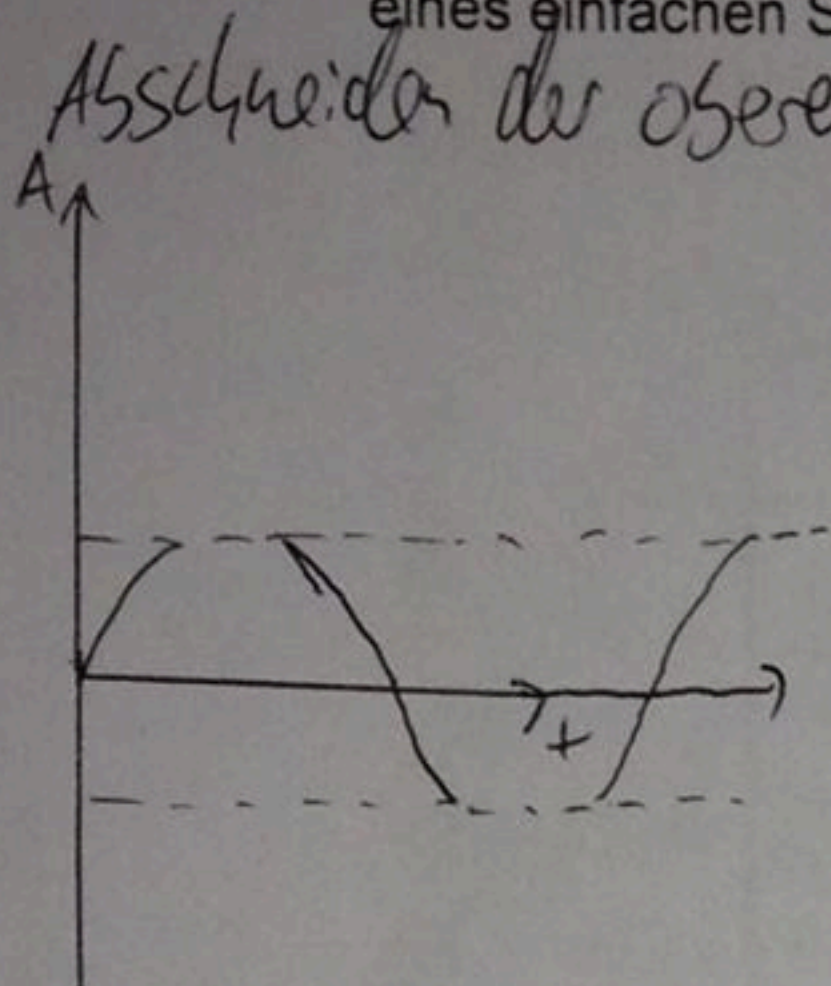
3.1 $x(t)$ aus Aufgabe 1 wird mit der Abtastfrequenz $f_a = 2,5$ kHz abgetastet. Wie wirkt sich das auf die einzelnen Teilfrequenzen aus? b) Welche Datenrate entsteht, wenn man jeden Abtastwert mit 24 bit/stereo überträgt?

a) Frequenz 1 (1kHz) kommt ganz normal durch, Frequenz 2+3 werden verzerrt da das Abtasttheorem ($f_a > 2 \cdot f_{max}$) nicht eingehalten wird. Es kommt zum Aliasing bei der zweiten Frequenz.

Datenrate = Abtastrate ~~...~~ bit-Kanäle ~~...~~
 $= \frac{2500}{s} \cdot 24bit \cdot 2 = \frac{5000 \cdot 24bit}{s} = 120000 \frac{bit}{s} = 120 \frac{kbit}{s} = 115 \frac{kbyte}{s}$

$\frac{1}{f_0} = \frac{360}{360} = \frac{1}{2\pi} = \frac{1}{2\pi} \cdot 1ms = 1$

3.2 Was versteht man unter Clipping (Skizze!)? Welche Auswirkungen hat das Clipping auf das Spektrum eines einfachen Sinussignals? Was versteht man in diesem Zusammenhang unter dem Klirrfaktor?



Abschneiden der oberen Amplituden durch Übersteuerung.
 Bei einem einfachen Sinus entstehen beim Clipping unerwünschte andere Frequenzen, Obertöne, das sogenannte Klirren. Klirrfaktor ist das Verhältnis von normalem Signal zu Störgeräuschen.

$\frac{\sqrt{A_2^2 + A_3^2 + \dots + A_n^2}}{\sqrt{A_0^2 + A_1^2 + \dots + A_n^2}}$ ist die Formel für Klirrfaktor.
 Clipping entsteht, wenn so übersteuert wird, dass keine Zahl mehr für die obersten Werte verfügbar ist.

3.3 Wozu benötigt man bei der A/D-Wandlung ein Anti-Aliasingfilter? Welche Sperrfrequenz f_s müsste dieses bei der Abtastfrequenz in Aufgabe 3.1 haben und was hätte dies für die einzelnen Frequenzen des Signals aus Aufgabe 1 für Folgen?

Damit kein Aliasing, also eine Verzerrung der Freq., eintritt, bei denen das Abtasttheorem nicht eingehalten würde. Diese werden vorher rausgefiltert (Tiefpass).

$$f_s = \frac{1}{T} = \frac{2,5 \text{ kHz}}{2} = 1,25 \text{ kHz}$$

Die Freq. ab 1,25 kHz (1,5 kHz & 3 kHz) würde vor der Wandlung rausgefiltert und würden gar nicht abgetastet werden.

3.4 Wie viele Amplitudenstufen können bei einer 8bit-A/D-Wandlung abgebildet werden (Ausrechnen!) und in welchem Zahlenbereich liegen dann die Amplituden des digitalisierten Audiosignals?

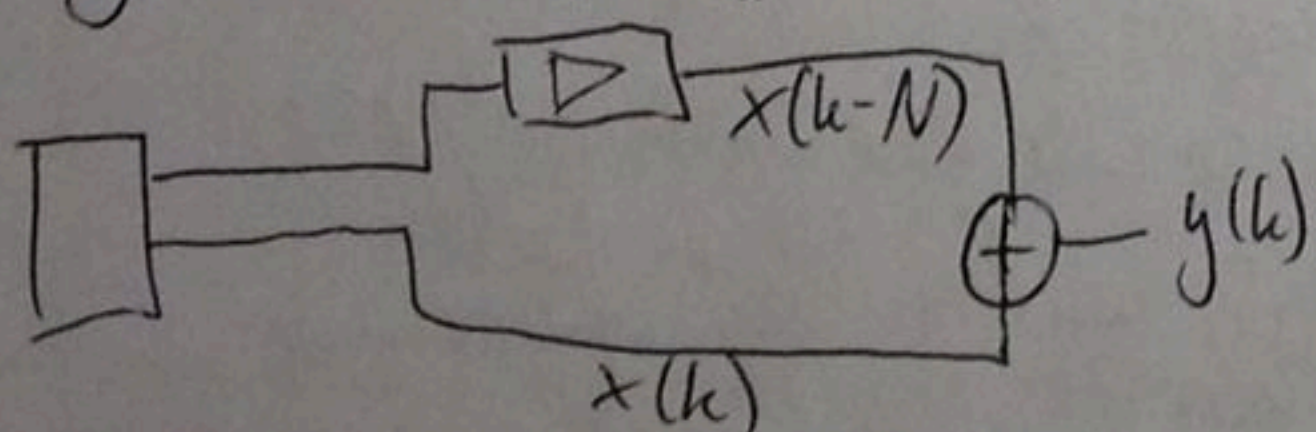
$$\text{Amplitudenstufen} = 2^{\text{bit}} \Rightarrow 2^8 = 256$$

Die Amplituden liegen im Bereich -128 bis 127.

3.5 Wie kann man einen einfachen Echoeffekt realisieren (Aufgabe 3 der MTA-Übung!)? Skizziere die Struktur des diskreten Systems, das wir verwendet haben, und schreibe das dazugehörige Programm auf!

Jedem man auf den aktuellen Wert ein vorher liegendes Wert addiert.

$$y(k) = x(k) + a \cdot x(k-N)$$



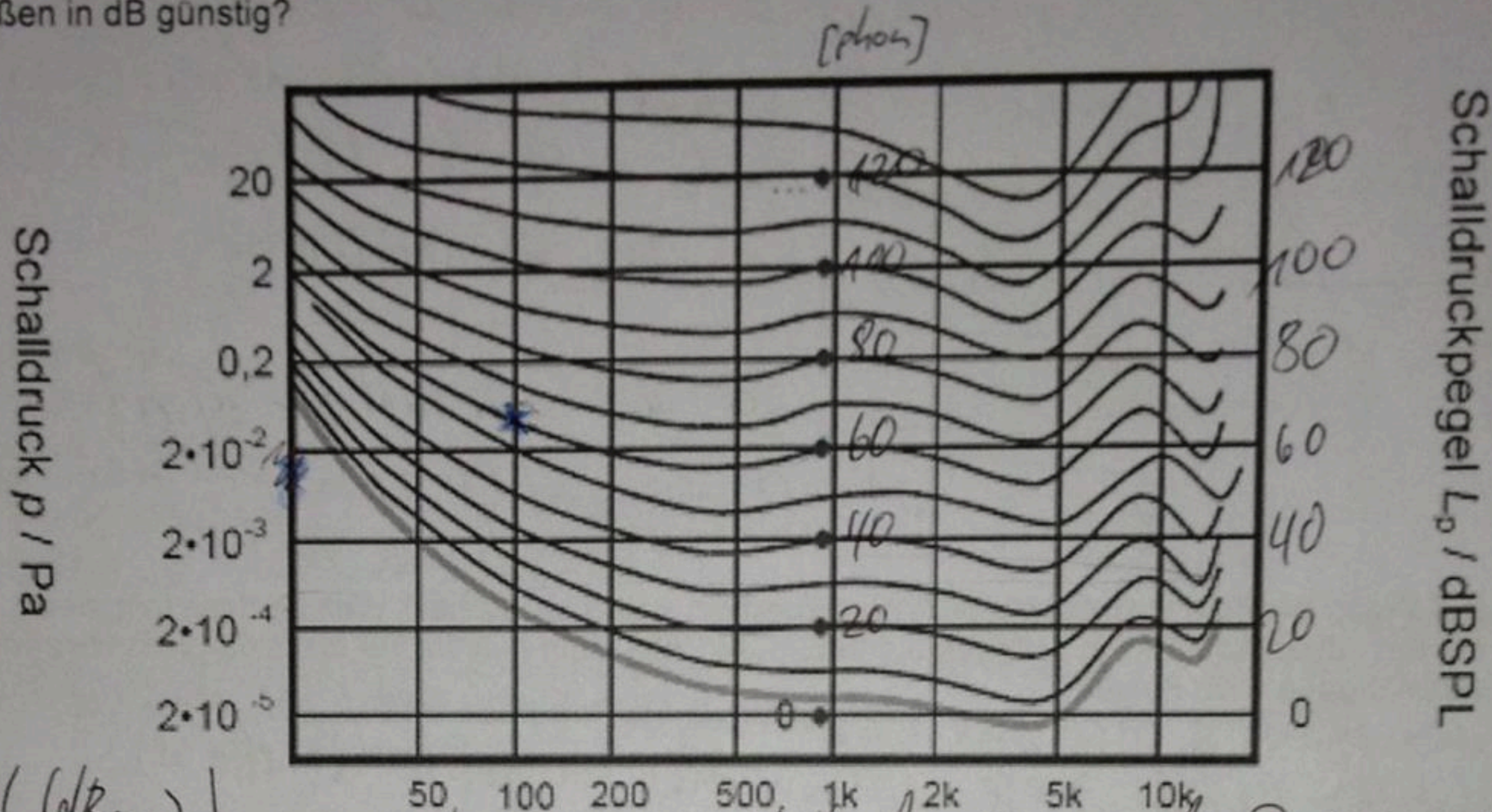
Programm: Länge L, a (Echofaktor)

```

N = L - a;
for (i=0; i < L; i++) {
    if (i > N) {
        newWave[i] = wave[i] + a * wave[i - N];
    }
    else {
        newWave[i] = wave[i];
    }
}
    
```

Aufgabe 4 (5 Punkte) Audiotechnik (Psychoakustik, Klangerzeugung):

4.1 Erkläre an Hand des unten stehenden Diagramms, wie man aus dem Schalldruck den Schalldruckpegel und aus diesem die Lautstärke berechnet! Wieso ist die Darstellung von wahrnehmungsrelevanten Größen in dB günstig?



Schalldruckpegel (dB SPL)
 $= 20 \log_{10} \left(\frac{p}{p_0} \right)$
 $p_0 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ Pa}$
 dB SPL = [Lautstärke [phon]]
 bei 1 kHz

phon kann man mithilfe der Kurven des Diagramms ablesen. Jede Kurve hat für sich die gleiche subjektive Lautstärke. Man sucht den Schalldruck bei der Freq. und guckt, auf welcher phon-Linie sich der befindet. dB ist günstig, da die Wahrnehmung oft logarithmisch funktioniert. +10 dB SPL = Verdoppelung der Lautstärke. Dies entspricht einer Verdreifung des Schalldrucks.

4.2 Welchen Schalldruck p hat ein 100Hz-Ton der Lautstärke 60 phon (Ausrechnen)? Markiere diesen Wert im Diagramm!

60 phon-Linie finden, bis 100 Hz verfolgen, dB SPL ablesen.

$dB_{SPL} \approx 68 \text{ dB}_{SPL} \quad 68 \text{ dB}_{SPL} = 20 \log_{10} \left(\frac{x}{2 \cdot 10^{-5}} \right)$

$\Rightarrow 10 \frac{68}{20} \cdot 2 \cdot 10^{-5} \text{ Pa} = p = 2511.89 \cdot 2 \cdot 10^{-5} \text{ Pa} = 0,05 \text{ Pa}$

4.3 Stell dir vor, du besuchst ein Open-Air-Konzert. Welche Instrumente/Klänge sind beim Näherkommen zuerst zu hören, welche erst unmittelbar vor der Bühne und wie ist dieses Phänomen zu erklären?

Tiefe Instrumente (Bass/Cello etc) bzw. der Bass ist zuerst zu hören. Erst spät zu hören sind ganz hohe Klänge so wie die Flöte oder eine Geige. Dies liegt daran, dass tiefe Frequenzen lange Wellenlängen haben. Und Schall breitet sich mit kurzen Wellenlängen schlechter aus, da es schwerer durch Objekte geht, die dichter als größer als die Wellenlänge sind.

~~68 = 20 \log_{10} \left(\frac{x}{2 \cdot 10^{-5}} \right)~~
~~10 \frac{68}{20} \cdot 2 \cdot 10^{-5} = x~~
~~10 \cdot 2 \cdot 10^{-5} = x~~