



Hochschule Konstanz
Technik, Wirtschaft und Gestaltung

Signale, Systeme und Sensoren

FOURIERANALYSE UND AKUSTIK

Kiattipoom Pensuwan, Thanh Son Dang

Konstanz, 5. Dezember 2018

Zusammenfassung

Thema:	FOURIERANALYSE UND AKUSTIK	
Autoren:	Kiattipoom Pensuwan	ki851pen@htwg-konstanz.de
	Thanh Son Dang	th851dan@htwg-konstanz.de
Betreuer:	Prof. Dr. Matthias O. Franz	mfranz@htwg-konstanz.de
	Jürgen Keppler	juergen.keppler@htwg-konstanz.de
	Simon Christofzik	si241chr@htwg-konstanz.de

Im ersten Versuch wird ein Musikinstrument(Mundharmonika) gespielt und die Ton aufgenommen, daraus kann man die Grundfrequenz bestimmen und die Beziehung zwischen Zeitbereich und Frequenzbereich eines Signals besser kennenlernen. Im zweiten Versuch werden mehrere generierten Signale mit verschiedenen Frequenzen aufgenommen und Phasengang(Verzögerung von Ausgangssignal) und Amplitudengang(Verhältnis zwischen die Amplitude von Eingang und Ausgangssignal) betrachtet.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	III
Tabellenverzeichnis	IV
1 Bestimmung der Tonhöhe eines akustischen Signals	1
1.1 Fragestellung, Messprinzip, Aufbau, Messmittel	1
1.2 Messwerte	2
1.3 Auswertung	2
1.4 Interpretation	3
2 Frequenzgang von Lautsprechern	4
2.1 Fragestellung, Messprinzip, Aufbau, Messmittel	4
2.2 Messwerte	5
2.3 Auswertung	6
2.4 Interpretation	8
Anhang	10
A.1 Quellcode	10
A.1.1 Quellcode Versuch 1	10
A.1.2 Quellcode Versuch 2	11

Abbildungsverzeichnis

1.1	Das aufgenommene Signal der Mundharmonika	2
1.2	Das Spektrum von dem aufgenommenen Signal der Mundharmonika	3
2.1	Beispiel: Ein-Ausgangssignal mit Höchstpunkten bei Frequenz 200Hz von dem großen Lautsprecher	5
2.2	Beispiel: Ein-Ausgangssignal mit Höchstpunkten bei Frequenz 1kHz von dem kleinen Lautsprecher	5
2.3	Bode-Diagramm von dem großen Lautsprecher	8
2.4	Bode-Diagramm von dem kleinen Lautsprecher	8

Tabellenverzeichnis

1.1	2
2.1	Großer Lautsprecher	6
2.2	Kleiner Lautsprecher	7

1

Bestimmung der Tonhöhe eines akustischen Signals

1.1 Fragestellung, Messprinzip, Aufbau, Messmittel

Auslesen des Signals von einer Mundharmonika aus dem Oszilloskop mithilfe der Python und der Toolbox TekTDS2000. Zum Aufnehmen wird ein dynamisches Mikrofon benötigt.

Das Signal soll so auf dem Oszilloskop dargestellt werden, dass mehrere Periode abgebildet werden. Dann wird das aufgenommene Signal in Python graphisch dargestellt. Anhand des Plots bestimmt man die Grundperiode(in ms), und die Grundfrequenz(in Hz) des Signals.

Signaldauer(in s), Abtastfrequenz(in Hz), Signallänge M (Anzahl der Abtastzeitpunkte) und Abtastintervall Δt (in s) sollen daher abgeleitet werden.

Bei diesem Versuch haben wir Note G gespielt.

Mithilfe der Funktion `numpy.fft.fft()` kann man die Fouriertransformierte des Signals berechnen. Daraus wird das Amplitudenspektrum bestimmt und grafisch dargestellt.

1.2 Messwerte

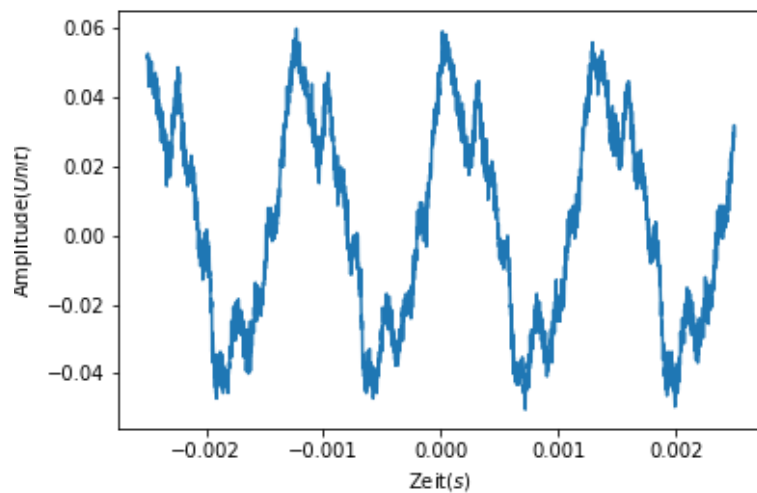


Abbildung 1.1: Das aufgenommene Signal der Mundharmonika

1.3 Auswertung

	Ergebnis
Grundperiode in ms	1.244
Grundfrequenz in Hz	803.8585
Signaldauer in s	0.005
Abtastfrequenz in Hz	500000
Signallänge M	2500
Abtastintervall in s	0.000002

Tabelle 1.1

Die Frequenzachse des numerisch berechneten Spektrums ist in der Einheit Anzahl Schwingungen innerhalb der gesamten Signaldauer, d.h. der n -te Eintrag im Spektrum $f[n]$ entspricht n Schwingungen innerhalb der Gesamtlänge des Signals von $M \Delta t$ s. Die zugehörige Frequenz f in Hertz berechnet sich folglich aus

$$f = \frac{n}{M \cdot \Delta t}$$

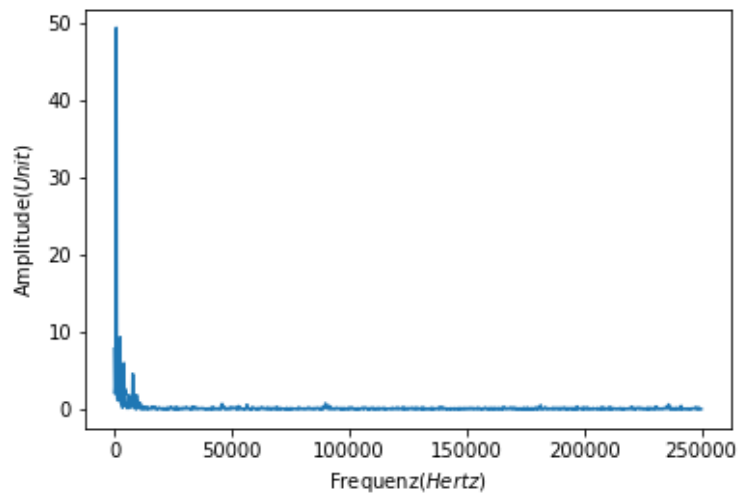


Abbildung 1.2: Das Spektrum von dem aufgenommenen Signal der Mundharmonika

Den Code davon bitte den Anhang A.1.1 sehen.

1.4 Interpretation

Die Note G sollte normalerweise ungefähr die Frequenz 770 Hz haben. Wir haben aber 803 Hz(ca. Note G#) berechnet. Das könnte sein, dass wir nicht ganz genau G gespielt haben, weil beim Spielen einer Mundharmonika auch in gleiche Öffnung mit unterschiedlicher Weise(blasen oder ziehen, mit gedrücktem Schieber oder nicht) man unterschiedliche Noten bekommen würde.

Aus dem Spektrum kann man die Grundfrequenz ablesen, da bei der der Höchstpunkt von dem Graph liegt. Diese Grundfrequenz beträgt 800 Hz. Und die Amplitude von dieser Fourierkomponente ergibt sich 49.466575158710356.

2

Frequenzgang von Lautsprechern

2.1 Fragestellung, Messprinzip, Aufbau, Messmittel

Mikrofon mit Oszilloskop bei Kanal 1, Lautsprecher(groß und klein) bei Kanal 2 verbinden. Generator(Quelle von den Lautsprechern) generiert Sinus in Form von Sinusschwingung verschiedener Frequenz.

Die Frequenz kann bei Generator eingestellt werden(100,200,300,400,500,700,850 Hz, 1, 1.2, 1.5, 1.7, 2 kHz, 3, 4, 5, 6, 10 kHz). Für jede Frequenz, die man misst, muss die Spannung auf 1,5 V eingestellt werden, damit die Amplitude von Eingangssignal nicht ändert.

Eingangssignal(von den Lautsprechern) und Ausgangssignal(von dem Mikrofon) sind zu protokollieren. Beide Lautsprechern müssen den gleichen Abstand zum Mikrofon haben und das beide Kanäle auf *AC coupling* gestellt sind.

Die Amplituden- und Phasengang sind grafisch darzustellen. Daher wird mithilfe von matplotlib(mit der Funktion `semilogx()`) ein Bode-Diagramm erstellt werden. Die zugehörigen Angaben werden entsprechend in Dezibel und Phasenwinkel umgewandelt.

2.2 Messwerte

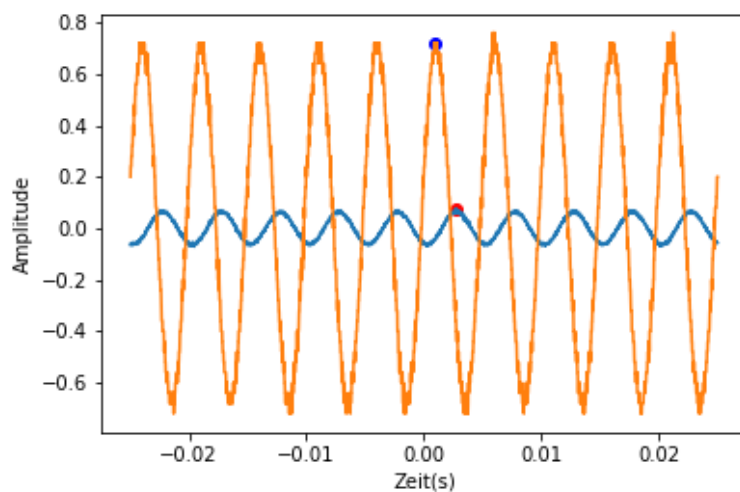


Abbildung 2.1: Beispiel: Ein-Ausgangssignal mit Höchstpunkten bei Frequenz 200Hz von dem großen Lautsprecher

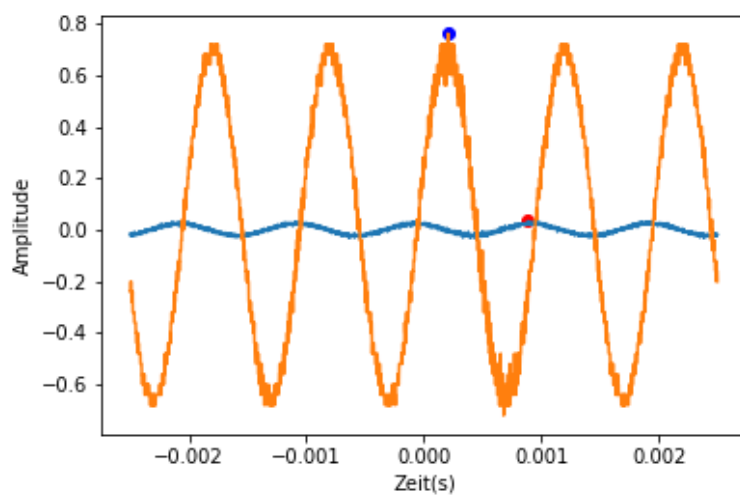


Abbildung 2.2: Beispiel: Ein-Ausgangssignal mit Höchstpunkten bei Frequenz 1kHz von dem kleinen Lautsprecher

2.3 Auswertung

Da die beide Signal nicht gleichzeitig kommen, entsteht eine Phasenverschiebung. Die haben wir hergeleitet, indem wir die Höchstpunkt vom Ausgangssignal finden und mit dem direkt vorher liegenden Höchstpunkt vom Eingangssignal vergleichen. Die Differenz von beiden Höchstpunkten sind die Phasenverschiebung in Sekunde. Die Amplitudengang gibt für jede Frequenz an, wie die einzelnen Sinusschwingungen verstärkt oder abgeschwächt werden. Die Amplituden werden grob mit Höchstpunkt bestimmt.

Frequenz	Amplitudengang	Phasenverschiebung
100 Hz	0.03567568	0.00962
200 Hz	0.10105263	0.00186
300 Hz	0.06842105	0.00174
400 Hz	0.05263158	0.0016
500 Hz	0.04315789	0.00118
700 Hz	0.031	0.00104
850 Hz	0.03263158	0.0008
1000 Hz	0.04631579	0.000564
1200 Hz	0.03684211	0.00052
1500 Hz	0.03368421	0.000496
1700 Hz	0.03684211	0.000502
2000 Hz	0.03333333	0.000402
3000 Hz	0.033	0.00031
4000 Hz	0.03692308	0.000033
5000 Hz	0.029	0.0000584
6000 Hz	0.02888889	0.0000728
10000 Hz	0.02842105	0.0000988

Tabelle 2.1: Großer Lautsprecher

Frequenz	Amplitudengang	Phasenverschiebung
100 Hz	0.02105263	0.00907
200 Hz	0.02947368	0.00072
300 Hz	0.03	0.00063
400 Hz	0.04421053	0.000762
500 Hz	0.08315789	0.00066
700 Hz	0.06	0.000986
850 Hz	0.05263158	0.000764
1000 Hz	0.04421053	0.000684
1200 Hz	0.03263158	0.000634
1500 Hz	0.03263158	0.00064
1700 Hz	0.03157895	0.000486
2000 Hz	0.03263158	0.000426
3000 Hz	0.03578947	0.000318
4000 Hz	0.02631579	0.000018
5000 Hz	0.034	0.000056
6000 Hz	0.02210526	0.000028
10000 Hz	0.027	0.000013

Tabelle 2.2: Kleiner Lautsprecher

Zeit in Phasenwinkel umwandeln:

$$\varphi_H = -\Delta t \cdot f \cdot 360^\circ$$

Amplitudengang in Dezibel umwandeln:

$$20 \cdot \log_{10}(\text{Amplitudengang})$$

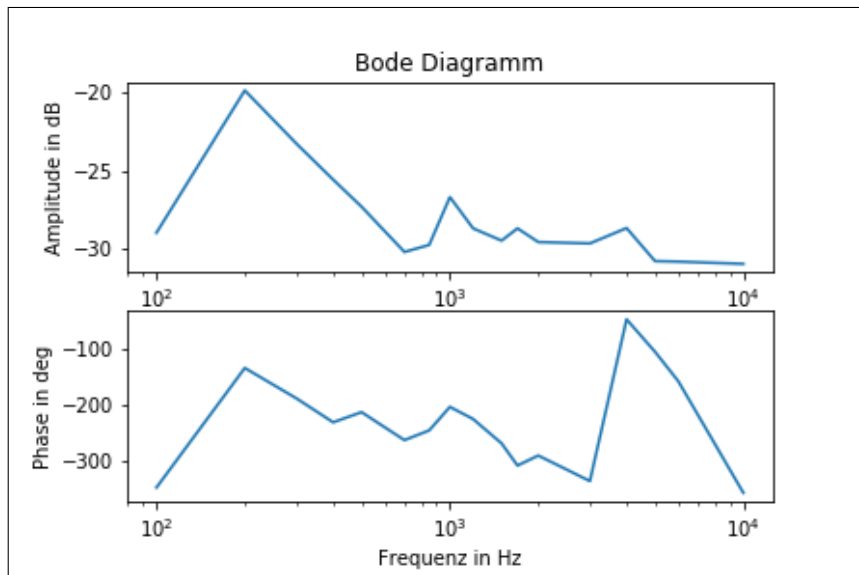


Abbildung 2.3: Bode-Diagramm von dem großen Lautsprecher

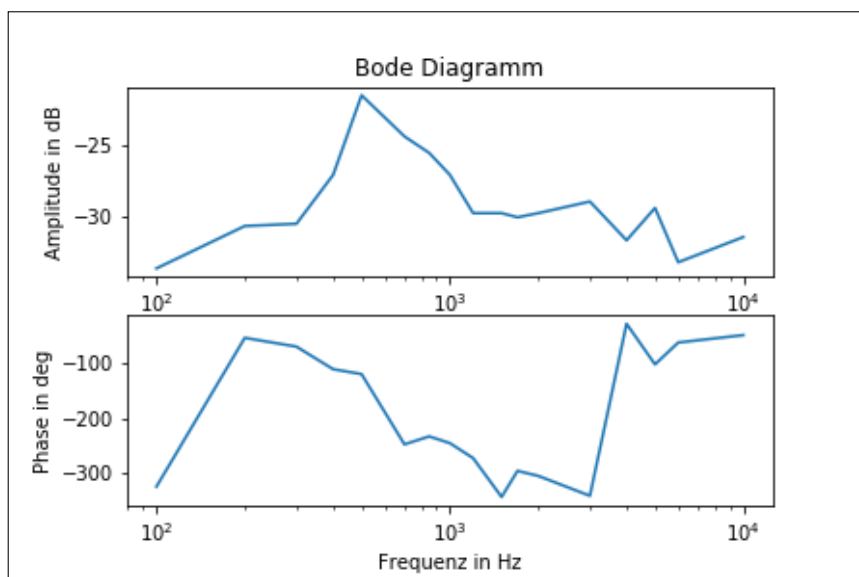


Abbildung 2.4: Bode-Diagramm von dem kleinen Lautsprecher

Den Code davon bitte den Anhang A.1.2 sehen.

2.4 Interpretation

Bei der Tabelle von dem Amplitudengang kann man einsehen, dass die Veränderung von Amplituden am Anfang groß ist aber danach tendenziell absteigt, da bei zu klein Frequenz

die Geräusch nicht laut genug ist. Bei wachsenden Frequenzen braucht immer mehr Energie, dass die Geräusche leiser werden. Bei zu kleinen Frequenzen(100-200Hz) und zu großen Frequenzen (5000-10000Hz)sind die Phasengang im Bode-Diagramm sind nicht wie erwartet(aufsteigend, absteigend dann wieder aufsteigend, große überraschende Sprünge). Der Grund dafür könnte sein, dass die Lautsprecher bei zu groß oder zu klein Frequenzen nicht richtig annehmen können.

Anhang

A.1 Quellcode

A.1.1 Quellcode Versuch 1

```
1 #from TekTDS2000 import *
2 import numpy as np
3 import matplotlib.pyplot as plt
4 #scope = TekTDS2000()
5
6 data = np.genfromtxt("harleybentonrichtig.csv", delimiter=",")
7 datas = data[:,1]
8 dataz = data[:,0]
9
10 ind = np.argmax(datas)
11 print(ind)
12 ind2 = np.argmax(datas[ind + 1:]) + ind + 1
13 print(ind2)
14 periode = dataz[ind2] - dataz[ind]
15 print("grper", periode)
16 gfre = 1/periode
17 print("grfre", gfre)
18
19 sigdauer = 0.005 #5ms
20 ablen = len(data) #Signallänge
21 abin = sigdauer / ablen #abtastintervall
22 abfr = 1 / abin #abtastfrequenz
23 print("Signaldauer: ", sigdauer)
24 print("Abtastfrequenz: ", abfr)
25 print("Signallänge: ", ablen)
26 print("Abtastintervall: ", abin)
27
28
```

```

29 Y = abs(np.fft.fft(datas)) # fft computing and normalization
30 schw = np.argmax(Y)
31 Y = Y[range(1250)]
32 plt.xlabel('Frequenz($Hertz$)')
33 plt.ylabel('Amplitude($Unit$)')
34 x = np.linspace(0,abfr/2,1250,endpoint = True)
35 plt.plot(x,abs(Y))
36 plt.savefig("Spektrum.png")
37 plt.show()
38
39 plt.xlabel('Zeit($s$)')
40 plt.ylabel('Amplitude($Unit$)')
41 plt.plot(dataaz,datas)
42
43 print('Grundfrequenz: ', schw/(ablen * abin))
44 print('Amplitude: ', np.max(Y))

```

A.1.2 Quellcode Versuch 2

```

1 import numpy as np
2 import matplotlib.pyplot as plt
3
4 def verschieb(hz):
5     per = int((1/hz)/zeitUnit)
6
7     ind1 = np.argmax(data1)
8     if (ind1 - per) < 0:
9         ind1 = ind1 + per
10    ind2 = ind1 - per + np.argmax(data2[ind1-per:ind1])
11
12    verschiebung = dataaz[ind1] - dataaz[ind2]
13    plt.plot(dataaz[ind1],data1[ind1],"ro")
14    plt.plot(dataaz[ind2],data2[ind2],"bo")
15    print('Verschiebung: ' + str(verschiebung) + 's')
16    return(verschiebung)
17
18 amp = np.zeros(17)
19 phase = np.zeros(17)
20
21 index = [100,200,300,400,500,700,850,1000,1200,1500,1700,
22         2000,3000,4000,5000,6000,10000]

```



```

23 c = 0
24 for i in index:
25     data = np.genfromtxt(str(i) + "Hzk.csv", delimiter=",")
26     data1 = data[:,1]
27     data2 = data[:,2]
28     dataz = data[:,0]
29     zeitUnit = dataz[1]-dataz[0]
30     phase[c] = round(verschieb(i),10)
31     amp[c] = np.max(data1)/np.max(data2)
32
33     c = c + 1
34     plt.ylabel('Amplitude')
35     plt.xlabel('Zeit(s)')
36     plt.plot(dataz,data1)
37     plt.plot(dataz,data2)
38     if (i == 1000):
39         plt.savefig("gross1000Hzk.png")
40     plt.show()
41
42     print('-----Amplitude-----')
43     print(amp)
44     plt.title('Amplitudengang')
45     plt.plot(index,amp)
46     plt.show()
47     print('-----Verschiebung-----')
48     print(phase)
49     plt.title('Phasengang')
50     plt.plot(index,phase)
51     plt.show()
52
53     db = 20*np.log10(amp)
54     Phasenwinkel = -phase*index*360
55     print('-----')
56     print(db)
57     print('-----')
58     print(Phasenwinkel)
59     plt.subplot(2,1,1)
60     plt.title('Bode Diagramm')
61     plt.semilogx(index,db)
62     plt.ylabel('Amplitude in dB')
63     plt.subplot(2,1,2)
64     plt.semilogx(index,Phasenwinkel)

```

```
65 plt.ylabel('Phase in deg')
66 plt.xlabel('Frequenz in Hz')
67 plt.savefig("bodediagrammkl.png")
```