

Aufgabe 2 – Spektralanalyse von Audiofiles

Inhalt

1	Aufgabenstellung Übung 2 – Spektralanalyse von Audiofiles	2
2	Sourcecode Main.....	3
3	Sourcecode Frequenzanalyse.....	3
4	Sourcecode Spektrum	4
5	Sourcecode my_fft	5
6	Analyse Altsaxophon	5
6.1	Allgemeines	5
6.2	Zeitbereich.....	6
6.3	Spektrum	7
6.4	Analyse	7
6.4.1	Messung des Tones	7
6.4.2	Klangfarbe	7
7	Analyse Vokale	8
7.1	A.....	8
7.1.1	Zeitbereich.....	8
7.1.2	Spektrum	9
7.1.3	Sprachgrundfrequenz	9
7.1.4	Formantfrequenzen.....	10
7.2	I.....	10
7.2.1	Spektrum	10
7.2.2	Formantfrequenzen.....	11
7.3	U	11
7.3.1	Spektrum	11
7.3.2	Formantfrequenzen.....	11
7.4	Vokaldreieck.....	12
8	Vergleich: Instrument - Sprache.....	12
9	Fazit	12

1 Aufgabenstellung Übung 2 – Spektralanalyse von Audiofiles

Ziel dieser Aufgabe ist es, Audiofiles sowohl von Musikinstrumenten als auch von Menschen zu analysieren. Dabei soll das Zeitsignal, wie auch ein logarithmisches oder lineares Spektrum dargestellt werden. Mithilfe seiner Katalognummer hat jeder ein anderes Instrument zu analysieren. In der Analyse sollen Eigenschaften des Instruments herausgefunden werden. Wichtig dabei ist z.B. die Grundschiwingung, der Ton, die Klangfarbe und sonstige Auffälligkeiten.

1. Schreibe Sie eine Matlab Funktion, um ein normiertes logarithmisches oder lineares Spektrum für N Abtastzeitpunkte eines Zeitsignals zu berechnen. Die zu verwendende Fensterfunktion (windowtype) bzw. die Auswahl Linear/logarithmisch sollen dabei als Parameter übergeben werden können.

2. Schreiben Sie eine Matlabfunktion, die ein beliebiges Soundfile öffnen kann und ab einem bestimmten Position tstart (Angabe in s oder ms) im Soundfile für eine bestimmte Dauer duration (Angabe in s bzw. ms) eine Frequenzanalyse durchführt und sowohl Zeitsignal als auch Spektrum als getrennte Plots darstellt.

3. Führen Sie eine Spektralanalyse für das entsprechende Instrument (Katalognummer) durch. Experimentieren Sie zunächst mit verschiedenen Fenstertypen und Fensterlängen (30-150ms) und Positionen im Soundfile. Geben die jeweilige Frequenzauflösung bzw. spektrale Auflösung an. Die Fensterlänge muss so ausgewählt werden das innerhalb dieses Bereichs das Spektrum konstant ist und nicht mit der Zeit variiert! Achten Sie ebenso darauf, dass sie einen Startzeitpunkt wählen, an dem ein Signal vorhanden ist. Wähle die beste geeignete Darstellung für das Spektrum linear oder logarithmisch. Stellen Sie nur den Bereich des Spektrums dar, indem relevante Frequenzen vorhanden sind. Die gefunden Frequenzen sollen auch vermessen werden (Frequenz, Betrag im Amplitudenspektrum).

4. Analysieren und kommentieren Sie eigenständig die Ergebnisse. Beschreiben Sie verschiedene Aspekte (Klangfarbe), die ihnen beim Spektrum des jeweiligen Musikinstruments auffallen (Siehe Hinweise über Musikinstrumente). Finden sie heraus welcher Ton mit dem jeweiligen Instrument gespielt wurde.

5. Nehmen Sie mithilfe eines Soundrecorders eines lang gesprochen Vokals (a, i, o, u) auf. Führen sie von dieser Aufnahme ebenfalls eine Analyse im Zeit- und Frequenzbereich durch. (Fensterlänge 30-50ms). Bestimmen sie die Formantfrequenzen (F1, F2) der jeweiligen Selbstlaute. Wie groß ist die Sprachgrundfrequenz des Sprechers. Bestimmen Sie ihr persönliches Vokaldreieck. Wodurch unterscheidet sich das Spektrum eines gesprochenen Selbstlauts von dem eines Musikinstrumentes?

6. Dokumentieren sie ihre Ergebnisse und Analysen in einem MS-Word Dokument.

2 Sourcecode Main

```
% Name: Stefan Grubmüller 03 5BHEL
% Datum: 29.01.21

% Aufgabenstellung Übung 2 - Spektralanalyse von Audiofiles
% Ziel dieser Aufgabe ist es, Audiofiles sowohl von Musikinstrumenten als
auch
% von der Sprache zu analysieren.
% Es soll das Zeitsignal, als auch ein logarithmisches / lineares Spektrum
% dargestellt werden.

% Analyse des Vokals 'A'
frequenzanalyse('C:/Users/stefa/Documents/a.m4a', 2.5, 0.05);
% Analyse eines Altsaxophons
% frequenzanalyse('C:/Users/stefa/Documents/altsax1.wav', 2, 0.03);
```

3 Sourcecode Frequenzanalyse

```
% Name: Stefan Grubmüller 03 5BHEL
% Datum: 29.01.21

% Frequenzanalyse
% function:
%   Analysiert ein Audiofile
% parameter:
%   audiofile...zu analysierende audioile
%   tstart...Startpunkt der Analyse
%   duration....Länge der Analyse
function [] = frequenzanalyse(audiofile, tstart, duration)

    frequenzbereich = [0 2e3];

    % File wird in den Vektor eingelesen
    % y=Abgetastete Punkte
    % Fs=Abtastfrequenz
    [y, Fs] = audioread(audiofile);

    file_duration = length(y) / Fs;
    % Start/Stop-Index für neuen Ausschnitts
    % Start- und Endwerte für normiertes Signal
    tstop = tstart + duration;
    i_start = Fs * tstart;
    i_stop = Fs * tstop;

    y_new = y(i_start+1:i_stop+1);
    % Normierung des neuen Ausschnittes
    y_max = abs(max(y_new));
    y_min = abs(min(y_new));
    m = max([y_max, y_min]);
    n = y_new./m;    %Normiertes Signal

    % Frequenzanalyse
    t = tstart:1/Fs:tstart+((length(y_new)-1)*1/Fs);

    % Hanningfester gewählt weil geringster Leakageeffekt
    [S, f] = spektrum(n, Fs, 'hanning', 1);

    % Analyse im Zeitbereich
```

```

figure(1);
plot(t, n);
xlim([tstart, tstop]);
xlabel("Zeit [s]");
ylabel("Amplitude [1]");

% Analyse im Frequenzbereich - Diagram 2
figure(2);
plot(f, S);
xlabel("Frequenz[Hz]");
ylabel("Spektrum");
xlim(frequenzbereich);
end

```

4 Sourcecode Spektrum

```

% Name: Stefan Grubmüller 03 5BHEL
% Datum: 29.01.21

% spektrum
% function:
%   Liefert je nach Fenster ein lineares / logarithmisches Spektrum
% parameter:
%   S -> Spektrum (auf fs/2 beschränkt)
%   f -> Frequenzvektor zur Ausgabe
%
%   s -> Zeitsignal
%   fs-> Abtastrate des Zeitsignales
%   windowtype -> Fenstertyp
%   linlog -> 0 ... linear; 1 ... logarithmisch
function [S_mag, f] = spektrum(s, fs, windowtype, linlog)

% Anzahl der Punkte
N = length(s);
% Auswahl des Fensters
switch windowtype
case 'hanning'
    w = window(@hanning, N); % Erzeugen eines Hanning Fensters
otherwise
    w = rectwin(N); % Rechteckfenster
end
s = s.*w'; % Fensterrung des Zeitsignals

[S_mag, f] = my_fft(s, fs, N);
if linlog
    S_mag = 20 * log10(S_mag);
end
end

```

5 Sourcecode my_fft

```
% Name: Stefan Grubmüller 03 5BHEL
% Datum: 29.01.21

% my_fft
% function:
%   berechnet fast furier transformation
% parameter:
%   S_mag    ...normiertes Betragsspektrum
%   f        ...dazupassender Frequenzvektor
%   fs       ...Abtastrate
%   N        ... Anzahl der Werte für FFT
function [S_mag f] = my_fft(s,fs,N)

    S_mag = fft(s,N);
    S_mag = abs(S_mag);           % Betragsspektrum
    cutoff = ceil(N/2);          % Cutoff frequency (Nyquist Frequenz)
    S_mag = S_mag(1:cutoff);     % Betragsspektrum 0 -fs/2
    S_mag = S_mag / cutoff;      % Amplitudenkorrektur
    f = (0:cutoff-1) * fs / N;   % Frequenzvektor

end
```

6 Analyse Altsaxophon

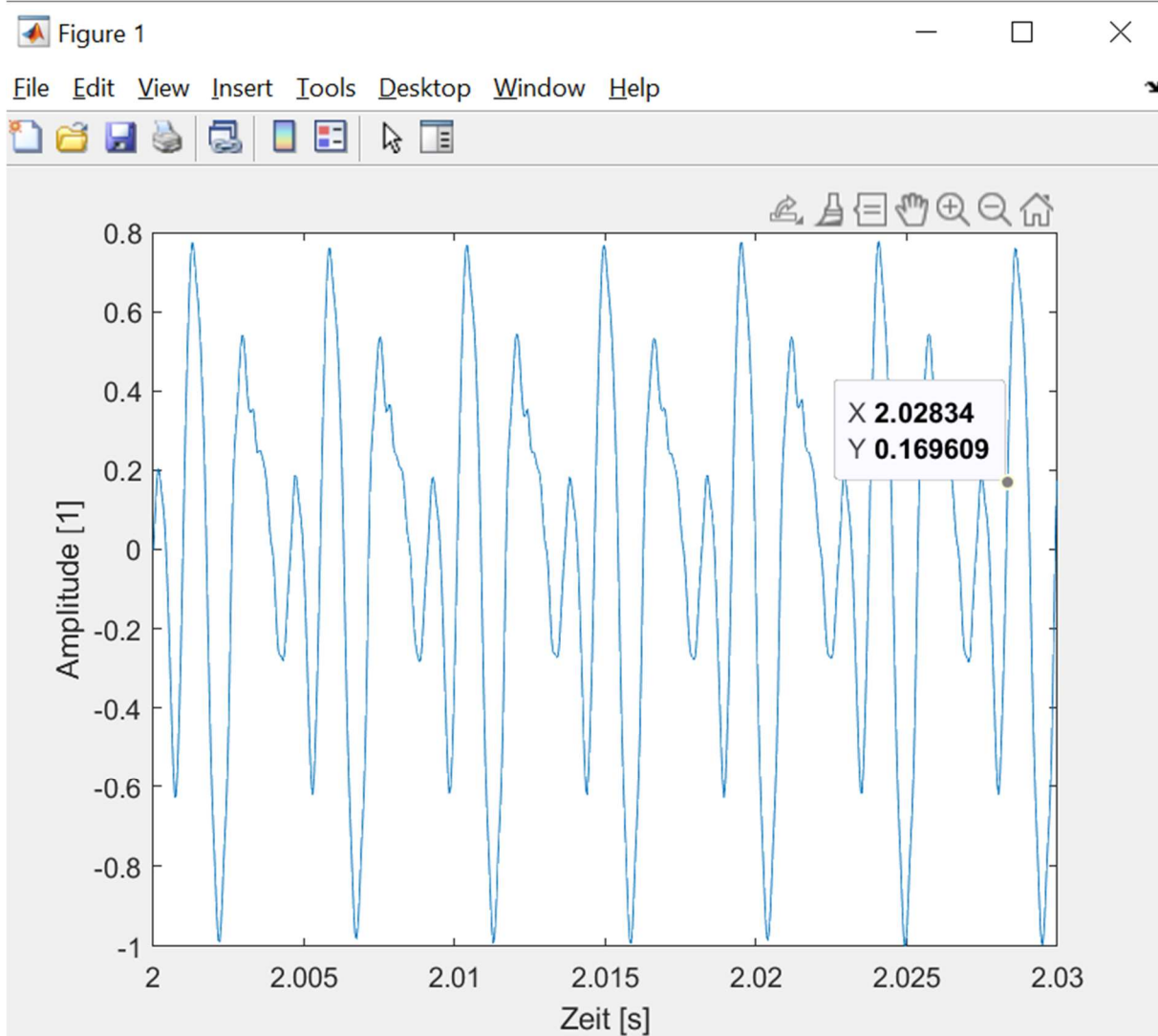
6.1 Allgemeines

Für diese Analyse wurde als Instrument das Altsaxophon gewählt. Auf dem rechten Bild ist der genauere Aufbau dieses zu erkennen. Das Altsaxophon ist ein Saxophon der hohen Lage in Es und gehört zur Gruppe der Holzblasinstrumente. Als transponierendes Musikinstrument klingt es eine große Sexte tiefer als notiert, das heißt ein klingendes es1 wird für das Altsaxophon (9 Halbtöne höher) als c2 notiert. Tonumfang: des0 – a2

Für die Analyse wurde die Audiodatei altsax1.wav verwendet.



6.2 Zeitbereich

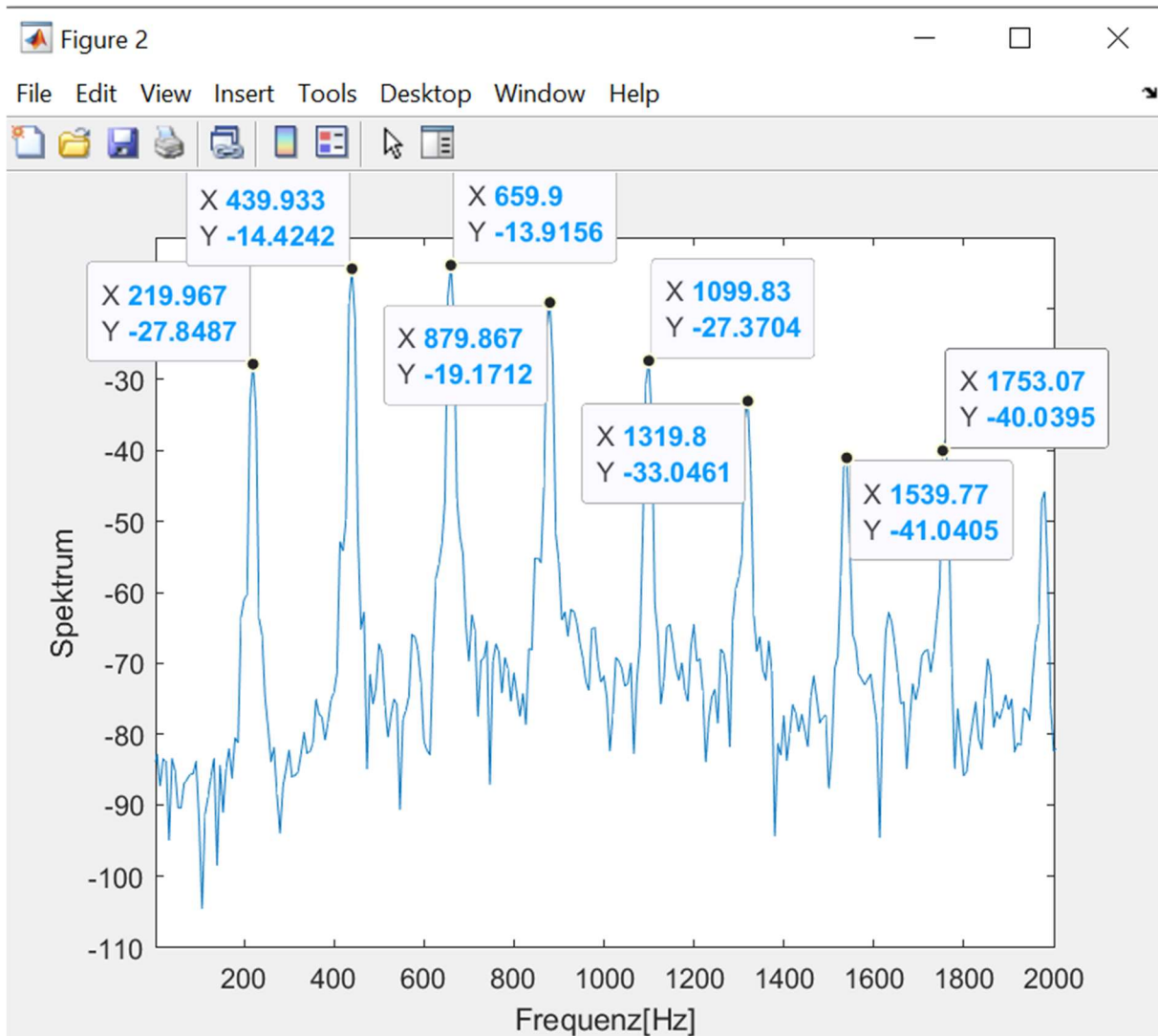


Zeitsignal *altsax1.wav*

Verwendeter Zeitbereich:

```
frequenzanalyse('C:/Users/stefa/Documents/altsax1.wav', 2, 0.03);
```

6.3 Spektrum



Spektrum *altsax1.wav*

Verwendeter Zeitbereich:

```
frequenzanalyse('C:/Users/stefa/Documents/altsax1.wav', 2, 0.15);
```

Bemerkung: Es wurde für die Darstellung ein logarithmisches Spektrum gewählt um dieses besser darzustellen.

6.4 Analyse

6.4.1 Messung des Tones

Aufgrund der Frequenz der ersten Oberwelle (219.97Hz) kann geschlossen werden, dass gerade ein A3 (220Hz / englische Notation) gespielt wurde.

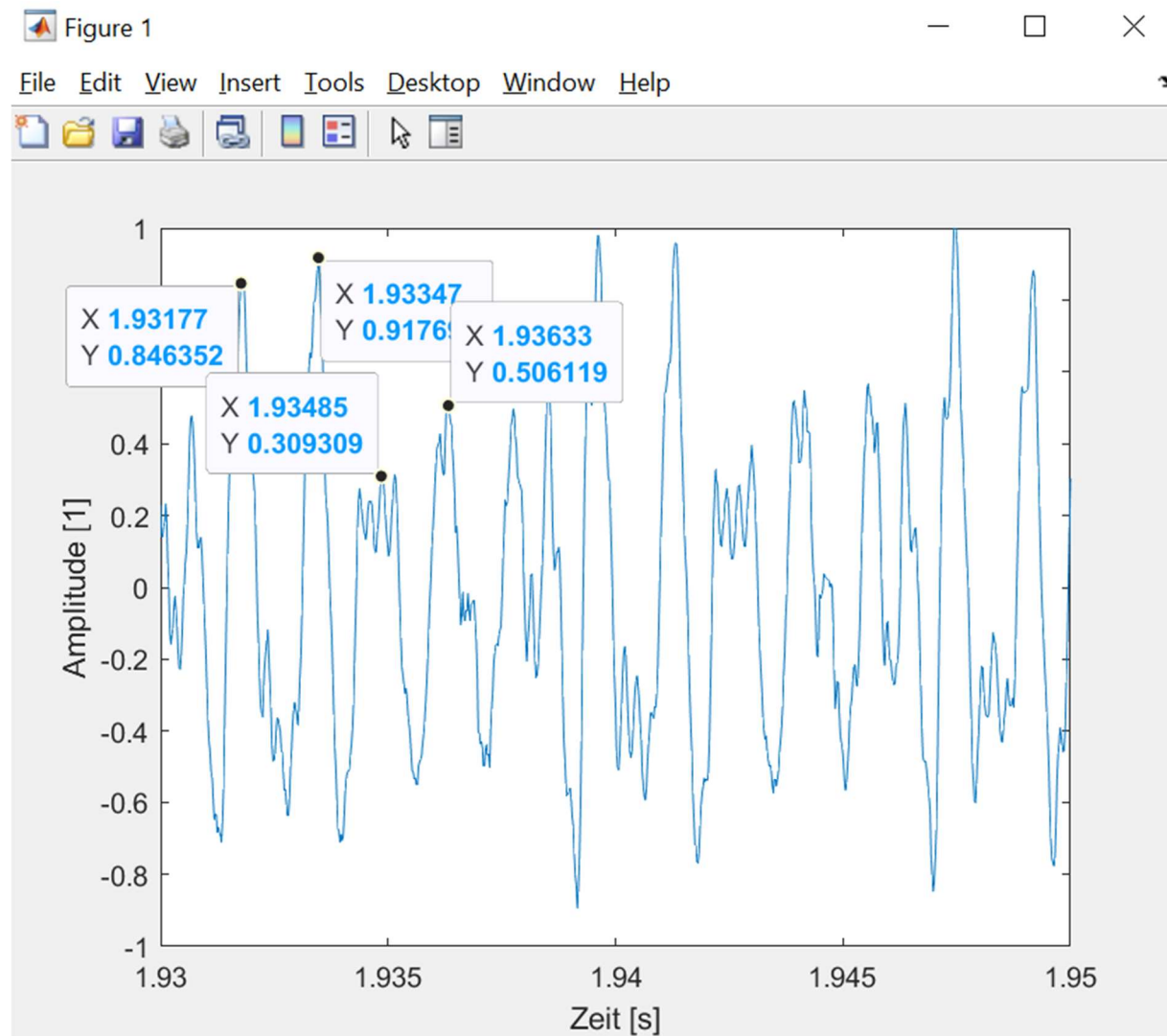
6.4.2 Klangfarbe

Aufgrund eines breiten, tiefen Spektrums wird dieses Instrument wahrscheinlich einen warmen Klang besitzen.

7 Analyse Vokale

7.1 A

7.1.1 Zeitbereich

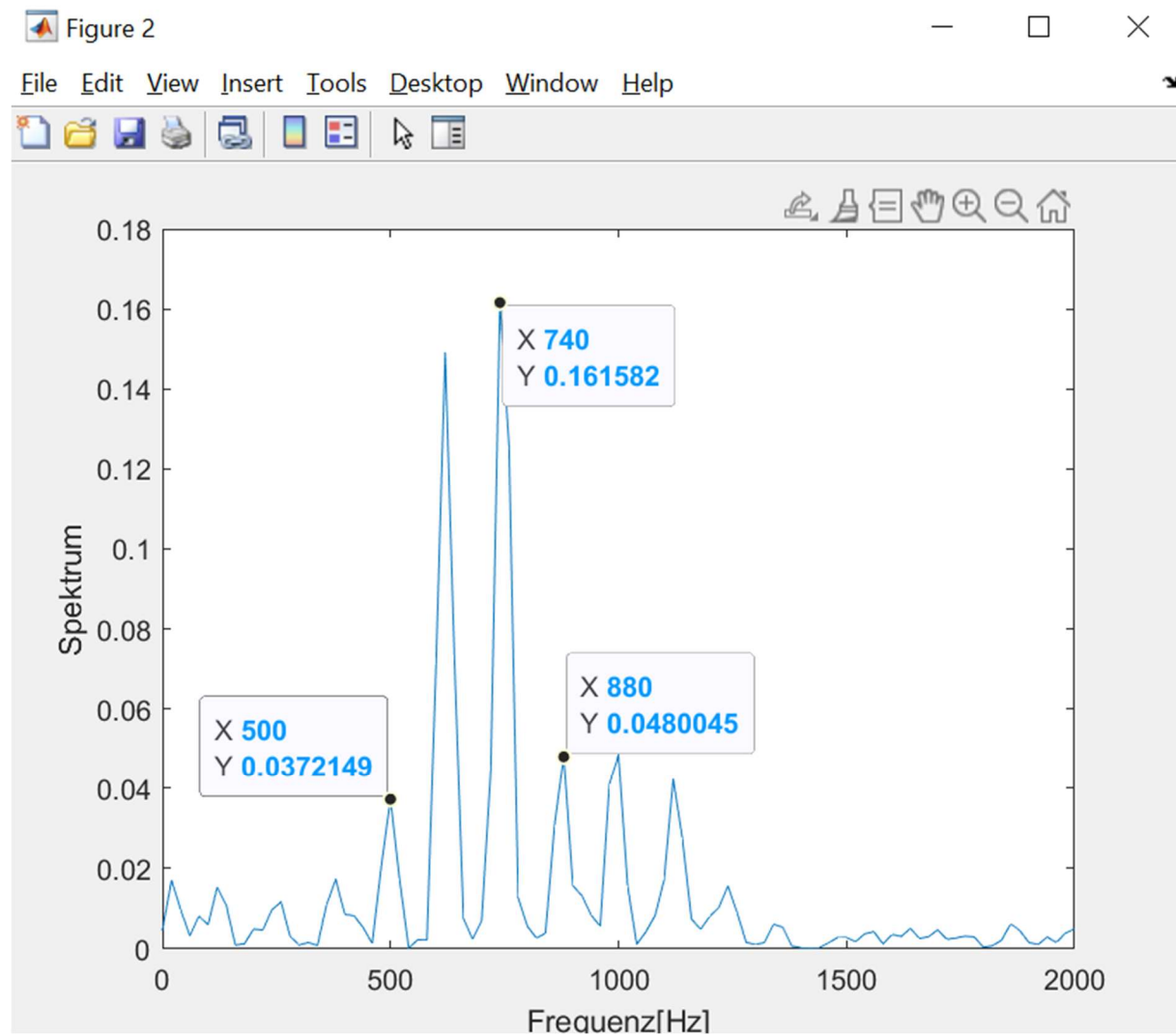


Zeitbereich Vokal ,A‘

Verwendeter Zeitbereich:

```
Frequenzanalyse('C:/Users/stefa/Documents/a.m4a', 1.93, 0.02);
```


7.1.2 Spektrum



lineares Spektrum Vokal ‚A‘

Verwendeter Zeitbereich:

```
frequenzanalyse('C:/Users/stefa/Documents/a.m4a', 2.5, 0.05);
```

Bemerkung: Es wurde für die Darstellung ein lineares Spektrum verwendet.

7.1.3 Sprachgrundfrequenz

Aus der Formel:

$$\text{Frequenz} = \frac{1}{\text{Periodendauer}}$$

Ergibt sich:

$$\frac{\text{Anzahl Perioden}}{\text{Periodendauer}} = \frac{3}{1,93633 - 1,93177} = 574,7\text{Hz}$$

7.1.4 Formantfrequenzen

Aus dem Spektrum kann man folgende Formantfrequenzen ablesen:

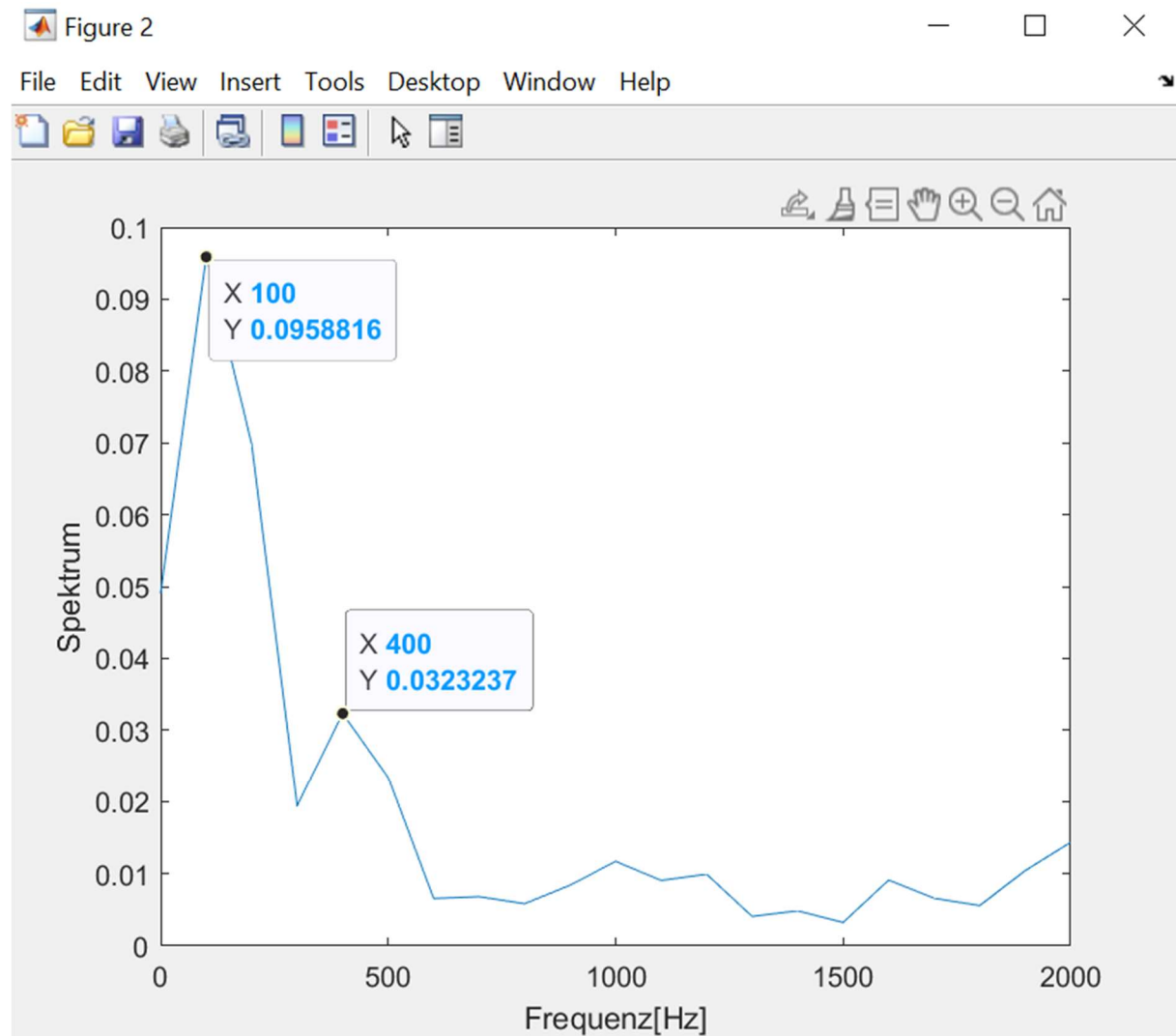
F0 = 500Hz

F1 = 740Hz

F2 = 880Hz

7.2 I

7.2.1 Spektrum



lineares Spektrum Vokal ,I'

Verwendeter Zeitbereich:

```
frequenzanalyse('C:/Users/stefa/Documents/i.m4a', 2, 0.01);
```

Bemerkung: Es wurde für die Darstellung ein lineares Spektrum verwendet.

7.2.2 Formantfrequenzen

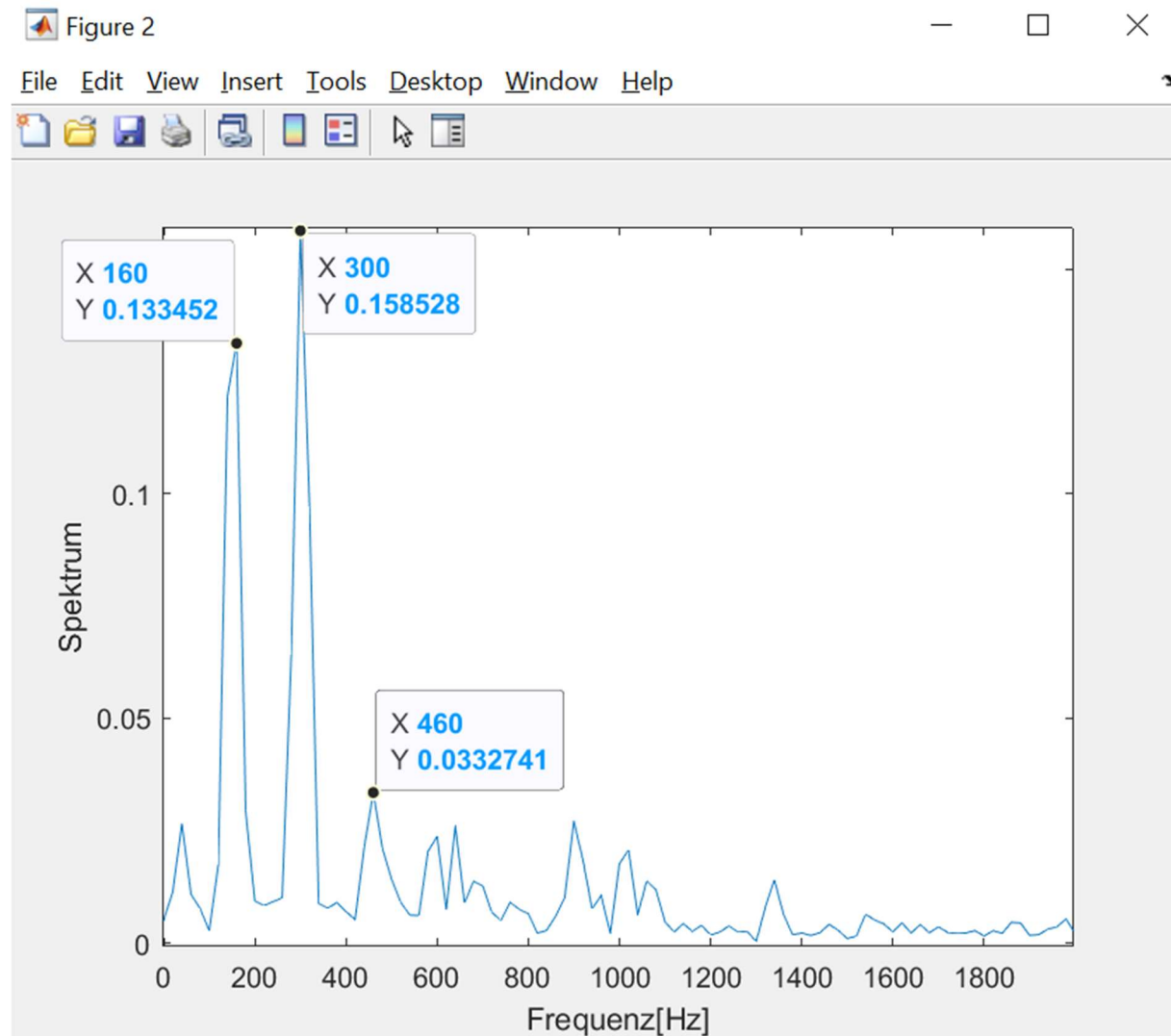
Aus dem Spektrum kann man folgende Formantfrequenzen ablesen:

F1 = 100Hz

F2 = 400Hz

7.3 U

7.3.1 Spektrum



lineares Spektrum Vokal ,U‘

Verwendeter Zeitbereich:

```
frequenzanalyse('C:/Users/stefa/Documents/u.m4a', 2, 0.05);
```

Bemerkung: Es wurde für die Darstellung ein lineares Spektrum verwendet.

7.3.2 Formantfrequenzen

Aus dem Spektrum kann man folgende Formantfrequenzen ablesen:

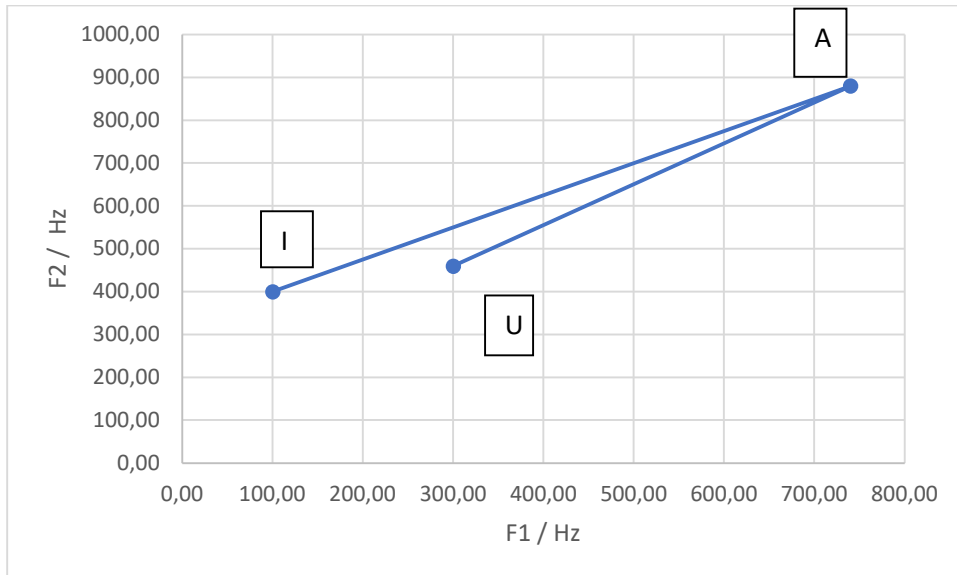
F0 = 160Hz

F1 = 300Hz

F2 = 460Hz

7.4 Vokaldreieck

In einem akustischem Vokaldreieck werden die einzeln ausgesprochenen Vokale über den ersten und zweiten Formanten dargestellt, um diese zu beschreiben.



Bemerkung: Die Vokale ,E' bzw. ,O' wurden nicht analysiert, da sie für die Erstellung eines akustischen Vokaldreiecks nicht essenziell sind.

8 Vergleich: Instrument - Sprache

Durch die Analyse des Altsaxophons sowie der einzelnen selbst eingesprochenen Vokale kann man erkennen, dass das Spektrum des Altsaxophons viele Oberwellen über das ganze Band verstreut besitzt. Im Gegenzug dazu findet man nur einige wenige Obewellen im Spektrum der Vokale und diese in einem engen Frequenzbereich.

9 Fazit

Durch diese Übung wurde der Umgang mit Mathlab wiederholt. Außerdem wurde das Verständnis für das Entwickeln digitaler Filter erweitert, zudem wurde einem die Entwicklung von Audiofiltern erklärt. Aus dieser Übung kann viel Erfahrung mitgenommen werden, da diese ein breites Basiswissen erfordert hat.