

Laborbericht 3

Tobias Mack

May 2021, Konstanz

Inhaltsverzeichnis

1	Introduktion	3
2	Bestimmung der Tonhöhe eines akustischen Signals	4
2.1	Motivation	4
2.2	Messwerte	5
2.3	Auswertung	6
2.3.1	Python Code der FFT	6
2.3.2	Plot der FFT	6
2.4	Interpretation	8
3	Quellen	9

1 Einführung

In dem folgenden Bericht wird das akustische Signal einer Ukulele analysiert. Dazu wurde eine Saite angeschlagen und versucht einen möglichst konstanten Ton aufzunehmen, um dann die Tonhöhe so genau wie möglich zu bestimmen.

Fourieranalyse und Akustik

2 Bestimmung der Tonhöhe eines akustischen Signals

2.1 Motivation

Das Ziel bei der Analyse eines akustischen Signals ist es, ein Frequenz- und Amplitudenspektrum zu berechnen, an dem man die einzelnen Frequenzen mit ihren jeweiligen Amplituden ablesen kann. Zuerst muss daher ein konstanter Ton mit einem akustischen Instrument erzeugt werden, den wir dann schließlich mit ausreichend hoher Amplitude aufnehmen und weiterverarbeiten. Zuerst stellen wir aus dem aufgenommenen Signal wenige Perioden dar, und bestimmen die Grundperiode (in ms) sowie die Grundfrequenz (in Hz). Zusätzlich werden die Signaldauer (in s), die Abtastfrequenz (in Hz), die Signallänge M (Anzahl der Abtastzeitpunkte) und das Abtastintervall Δt (in s) bestimmt. waawdas Anschließend berechnen wir mit der 'Schnellen Fourier-Transformation' die Fouriertransformierte des Signals. Daraus lässt sich schließlich das Amplituden- und Frequenzspektrum darstellen.

2.2 Messwerte

Das folgende Signal wurde aufgenommen:

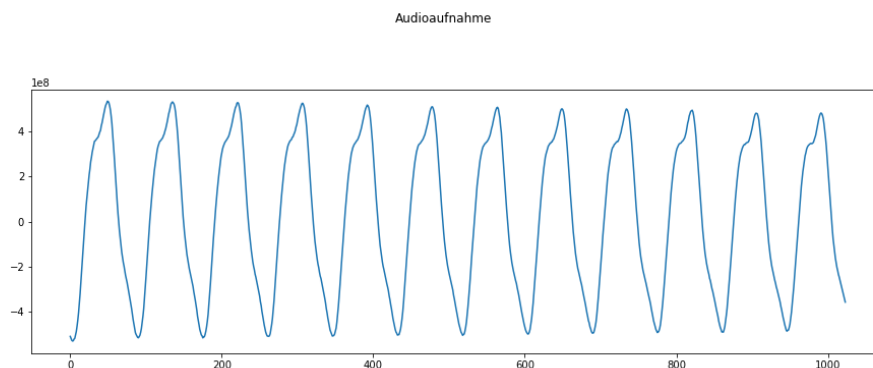


Abbildung 1: Audioaufnahme einer Ukulele

Bei der Aufnahme aus Abbildung 1 wurde eine Abtastrate von 44.1 kHz verwendet. Es wurden 1024 Abtastzeitpunkte genommen und somit können die folgenden Werte grafisch bestimmt bzw. berechnet werden, wobei gilt: $f = 1/T$

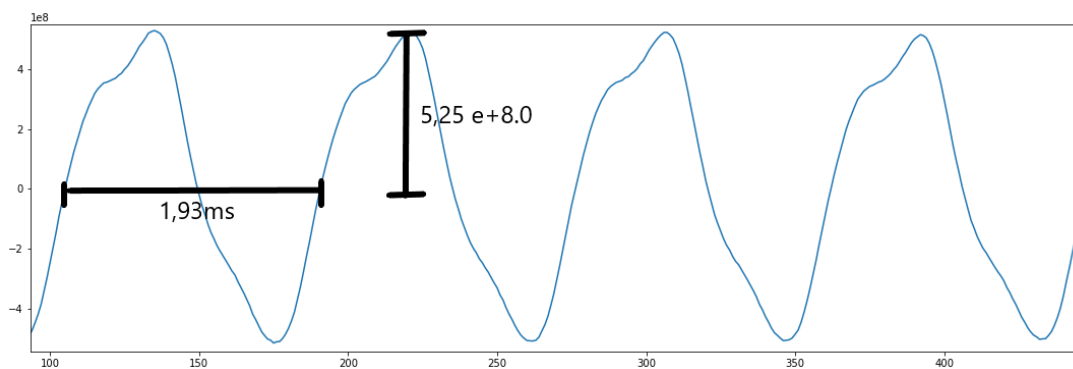


Abbildung 2: Bestimmung der Grundperiode des Signals

Grundperiode des Signals	1.93 ms
Grundfrequenz des Signals	518 Hz
Signaldauer	23.26 ms
Abtastfrequenz	44100 Hz
Signallänge M	1024
Abtastintervall Δt	0.023 ms

2.3 Auswertung

Nach der Signalaufnahme wurde die 'Schnelle Fourier-Transformation' angewandt und dargestellt.

2.3.1 Python Code der FFT

```
fourierTransform = np.fft.fft(decoded)  
absFourierTransform = np.abs(fourierTransform)  
powerSpectrum = np.square(absFourierTransform)  
frequency = np.linspace(0, SAMPLEFREQ/2, len(powerSpectrum))
```

(1)

2.3.2 Plot der FFT

Die folgende Grafik zeigt die Fouriertransformierte des Signals. Auf der x-Achse sind die Frequenzen in Hz abgebildet. Auf der y-Achse die zugehörigen Amplituden.

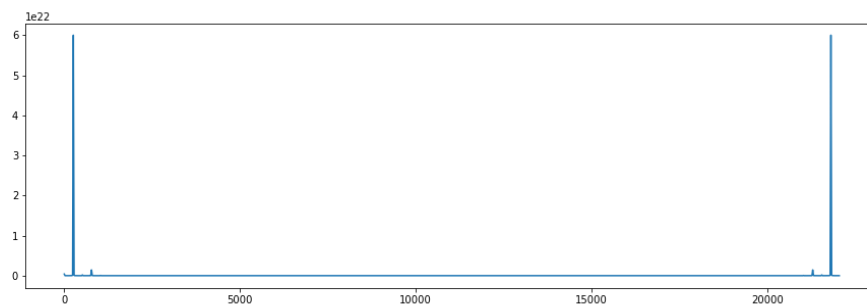


Abbildung 3: Fouriertransformierte des Signals

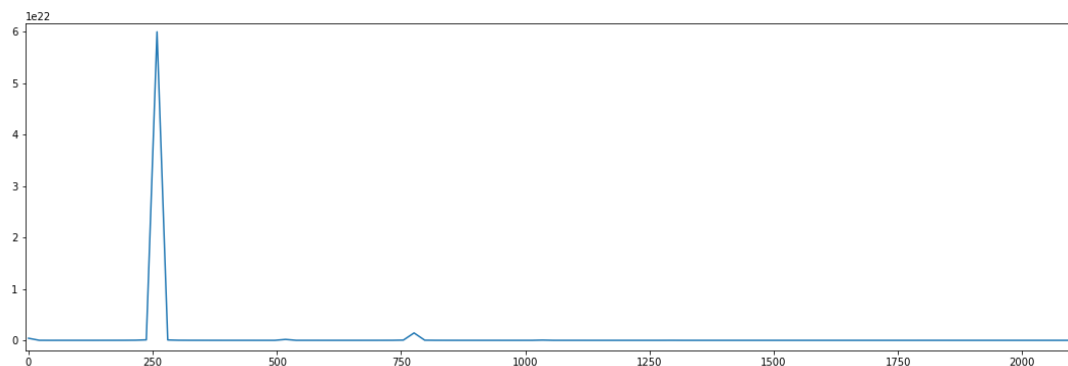


Abbildung 4: Ausschnitt aus dem Frequenzspektrum

Aus Abbildung 4 kann man nun die Frequenz des Grundtons ablesen. Sie beträgt 258.63 Hz mit einer Amplitude von $5.991 \cdot 10^{22}$. Der einzig deutlich zu erkennende Oberton ist bei 778 Hz, was dem exakt dreifachen Wert des Grundtons entspricht. Somit haben wir hier die sog. dritte Harmonische oder den 2. Oberton. Bei dem doppelten Wert des Grundtons, also bei 516 Hz ist auch ein leichter Ausschlag zu erkennen, was auf die zweite Harmonische hindeutet.

2.4 Interpretation

Ein musikalischer Ton ist im Gegensatz zu einem physikalischen Sinuston gekennzeichnet durch eine sog. harmonische Obertonreihe: Gleichzeitig mit dem Grundton erklingen die zugehörigen Obertöne. Ihre Frequenz ist stets ein Vielfaches des Grundtons. Grundton und zugehörige Obertöne werden als die „Harmonischen“ des musikalischen Tones bezeichnet.

Diese Obertöne konnten bei einem einfachen Saitenanschlag der Ukulele nachgewiesen werden.

3 Quellen

Prof. Dr. Franz, Moodle Unterlagen

https://en.wikipedia.org/wiki/Fast_Fourier_transform

<https://en.wikipedia.org/wiki/Overtone>