

## FOURIERANALYSE UND AKUSTIK

### Versuch 3, Praktikum Signale, Systeme und Sensoren

In diesem Versuch wird die Fourieranalyse auf akustische Signale und Systeme angewandt. Die Vorüberlegungen, Schaltungen, Berechnungen und Ergebnisse sind zu protokollieren.

Lernziele:

- Umgang mit Mikrofonen und Lautsprechern
- Praktisches Verständnis der Fourierreihe und der Fourieranalyse
- Messung des Frequenzgangs von Lautsprechern

#### 1. Bestimmung der Tonhöhe eines akustischen Signals

Klangquellen:

- Musikinstrument (Mundharmonika)

Messaufgaben:

- Laden Sie die Konfiguration *Versuch\_3\_Ton.pssettings* in der Software *PicoScope*. Bei dieser Konfiguration wird davon ausgegangen, dass das Mikrofon an Kanal A angeschlossen ist.
- Erzeugen Sie einen konstanten Ton. Achten Sie darauf, dass das Signal eine genügend hohe Amplitude hat und die Perioden sich gleichmäßig wiederholen. Stoppen Sie die Messung und speichern die Daten als CSV-Datei ab.
- Stellen Sie mehrere Perioden des Signals graphisch dar. Bestimmen Sie anhand des Plots die Grundperiode (in ms) und die Grundfrequenz (in Hz) des Signals. Wie groß sind Signaldauer (in s), Abtastfrequenz (in Hz), Signallänge  $M$  (Anzahl der Abtastzeitpunkte) und Abtastintervall  $\Delta t$  (in s)?

- Berechnen Sie mithilfe der Funktion `numpy.fft.fft()` die Fouriertransformierte des Signals. Bestimmen Sie daraus das Amplitudenspektrum und stellen es ebenfalls graphisch dar. Achtung: die Frequenzachse des numerisch berechneten Spektrums ist nicht in der Einheit Hertz angegeben, sondern 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  $M \cdot \Delta t$  s. Die zugehörige Frequenz  $f$  in Hertz berechnet sich folglich aus

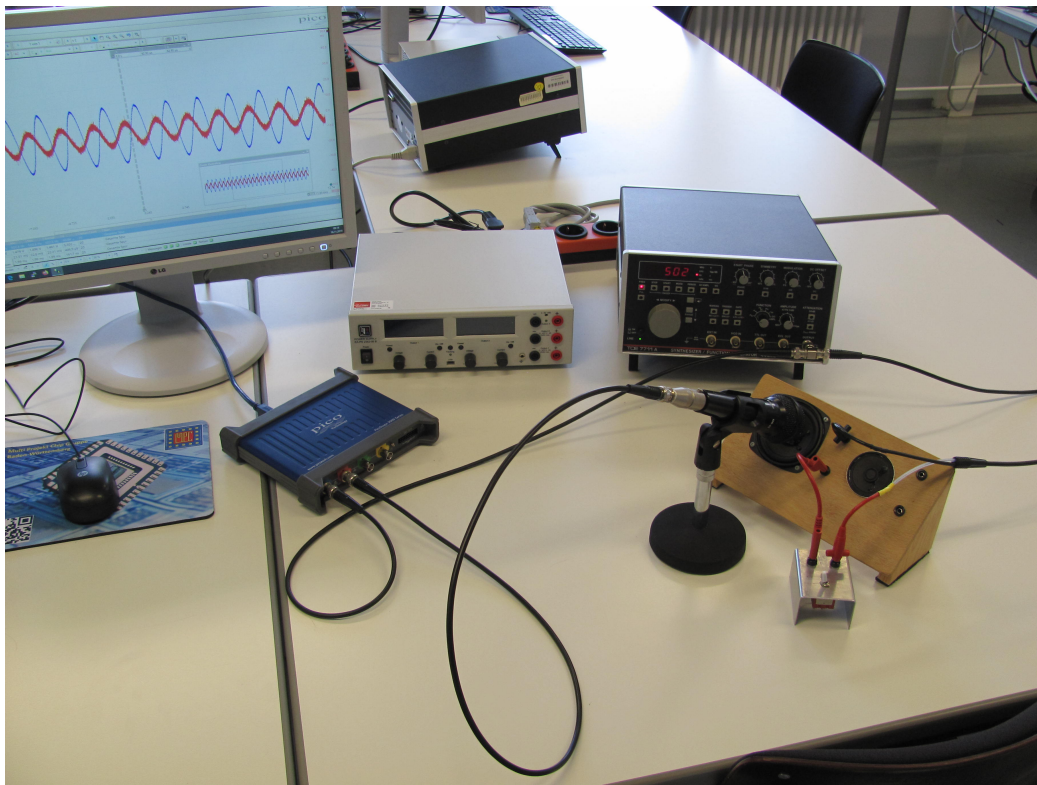
$$f = \frac{n}{M \cdot \Delta t}.$$

Stellen Sie mithilfe dieser Umrechnung das Amplitudenspektrum in Hertz dar.

- Identifizieren Sie die Grundfrequenz im Spektrum und berechnen Sie aus der gefundenen Wellenzahl die Frequenz in Hz. Welche Amplitude hat diese Fourierkomponente?

## 2. Frequenzgang von Lautsprechern

Messaufbau:



Generator: Sinus,  $u_{1ss} = 1.5$  V

Frequenzen:  $f = 100, 200, 300, 400, 500, 700, 850$  Hz, 1, 1.2, 1.5, 1.7, 2 kHz, 3, 4, 5, 6, 10 kHz

Achtung: Bauen Sie einen Schalter in eine der Zuführungsleitungen zum Lautsprecher ein.

Achten Sie beim Aufbau darauf, immer den Pluspol an die untere Lautsprecherklemme anzuschließen, damit bei allen Lautsprechern und Gruppen ein vergleichbarer Phasengang gemessen wird. Schalten Sie den Lautsprecher nur während der Messung ein.

Messaufgaben:

- Laden Sie die Konfiguration *Versuch\_3\_Frequenz.pssettings* in der Software *PicoScope*. Bei dieser Konfiguration wird davon ausgegangen, dass der Frequenzgenerator an Kanal A und das Mikrofon an Kanal B angeschlossen ist.
- Bestimmen Sie für jeden der beiden Lautsprecher die Amplitude und die Phasenverschiebung des akustischen Ausgangssignales, indem Sie sowohl Eingangs- als auch das Mikrofonsignal auf dem Oszilloskop darstellen. Speichern Sie eines der Diagramme zur Dokumentation ab und tragen Sie Phasenverschiebung und Amplitude in eine Tabelle ein. Beachten Sie dabei, dass beide Lautsprecher den gleichen Abstand zum Mikrofon haben, und dass beide Kanäle auf *AC* gestellt sind, da uns der Gleichanteil hier nicht interessiert. Wichtig: zur Schonung der Nerven aller Beteiligten schalten Sie bitte den Lautsprecher nur kurzzeitig ein. Die Messungen stoppen Sie manuell, danach schalten Sie den Lautsprecher aus! Stellen Sie dabei das Eingangssignal konstant auf  $u_{1ss} = 1.5$  V ein, d.h. überprüfen Sie bei jeder Frequenz mit dem Oszilloskop unter Belastung (d.h. Eingeschaltet!), ob die Amplitude noch stimmt, und regeln Sie ggf. nach.
- Übertragen Sie die Daten der Tabellen in Numpy-Arrays und stellen Sie Amplituden- und Phasengang graphisch dar.
- Erstellen Sie für beide Lautsprecher mithilfe von `matplotlib` ein Bode-Diagramm. Stellen Sie dazu beide Diagramme mit der Funktion `semilogx()` halblogarithmisch dar und berechnen Sie die zugehörigen Angaben in Dezibel nach der Formel aus der Vorlesung und den Phasenwinkel nach der Formel:

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

Beachten Sie hierbei, dass bei höheren Frequenzen die Phasenverschiebung größer als  $360^\circ$  wird, d.h. größer als eine Periode des Signals. Dieser Vorgang kann nur durch Vergleich mit der Phase der nächsttieferen Frequenz festgestellt werden, indem man annimmt, dass bei einem Lautsprecher keine plötzlichen Phasensprünge vorkommen (was zu hörbaren Verzerrungen führen würde).

Diskutieren Sie, warum die Bode-Diagramme die gefundene Form aufweisen. Beachten Sie dabei das Datenblatt des Mikrofons. Welcher Frequenzbereich ist dem Datenblatt zufolge überhaupt sinnvoll zu messen? Interpretieren Sie die Unterschiede beider Lautsprecher in dem von Ihnen gefundenen sinnvollen Messbereich.

---

Damit sind Ihre Messungen abgeschlossen. Lassen Sie sich unbedingt, bevor Sie den Laborraum verlassen, vom Betreuer alle Messblätter durch eine Unterschrift bestätigen!

---