

Übungen zur Akustik – Lösungen Serie 4

1. Zusammen gehören die Diagramme A und 3, sowie B und 1. Begründungen:

- Das Frequenzdiagramm 2 passt sicher zu keinem Schalldruckdiagramm, denn es enthält lediglich eine einzelne Frequenz. Eine solche Frequenzanalyse gehört zu einer einzelnen, reinen Sinusschwingung, wie sie z.B. beim Pfeifen oder durch eine Stimmgabel erzeugt wird.
- Die beiden Schalldruckdiagramme A und B zeigen dieselbe Grundperiodizität, nämlich knapp $T_0 \approx 7 \text{ ms} = 0.007 \text{ s}$. Daraus folgt für die Grundfrequenz:

$$f_0 = \frac{1}{T_0} \approx \frac{1}{0.007 \text{ s}} = 143 \text{ Hz} \approx 150 \text{ Hz}$$

Damit scheidet auch das Frequenzspektrum 4 aus, dessen Grundfrequenz bei 200 Hz liegt.

- Die letzte Unterscheidung ist an zwei Merkmalen der Schalldruckdiagramme festzumachen:
 - Das Schalldruckdiagramm A beinhaltet zeitlich feinere Schwankungen als B. D.h., im Frequenzspektrum zum Schalldruckdiagramm A müssen höhere Obertonfrequenzen vorhanden sein.
 - Müsste man die beiden Schalldruckdiagramme je grob durch eine einzelne Sinusschwingung approximieren, so wäre dies beim Schalldruckdiagramm B eine Sinuskurve mit der Grundperiodizität T_0 . Die Grundschiwingung ist also dominant. Anders beim Schalldruckdiagramm A. Dort ist eher eine Sinusschwingung mit der halben Periodizität dominant. D.h., die 1. Oberschwingung muss sehr ausgeprägt sein!

Beide Argumente sprechen deutlich dafür, dass das Schalldruckdiagramm A zum Frequenzspektrum 3 gehört, während das Schalldruckdiagramm B das Frequenzspektrum 1 aufweist.

2. (a) Die gehörte Tonhöhe entspricht derjenigen des Pfeiftons, den man hören würde, wenn nur die Grundfrequenz f_0 klingen würde. Es kann aber sein, dass diese selber gar nicht im Klang mitschwingt. Man sollte besser sagen: Die gehörte Tonhöhe entspricht derjenigen eines Pfeiftons mit der Frequenz des grössten gemeinsamen Teilers der mitschwingenden Frequenzen.

Die Lautstärke, mit der die einzeln Frequenzen im Gesamtklang enthalten ist, ist durch die Höhe des jeweiligen Peaks gegeben.

Die Klangfarbe des gehörten Tons ergibt sich aus der Zusammensetzung resp. Gewichtung der verschiedenen enthaltenen Frequenzen.

(b) Die Zuordnungen sind: A ↔ 3, B ↔ 5, sowie C ↔ 2. Begründungen:

- Aus den drei Schalldruckdiagrammen lässt sich jeweils die Periode T_0 einer Grundschiwingung ablesen. Bei Diagramm A findet man $T_{0,A} \approx 3.1 \text{ ms}$. Bei B und C scheinen die Perioden gleich zu sein, nämlich $T_{0,B} = T_{0,C} \approx 4.5 \text{ ms}$. Daraus folgt für die Grundfrequenzen f_0 :

$$A: f_{0,A} = \frac{1}{T_{0,A}} \approx \frac{1}{0.0031 \text{ s}} = 323 \text{ Hz}$$

$$B\&C: f_{0,B} = f_{0,C} = \frac{1}{T_{0,B}} \approx \frac{1}{0.0045 \text{ s}} = 222 \text{ Hz}$$

Die Frequenzspektren zeigen als Grundtonfrequenzen jeweils eine dieser beiden Frequenzen. Zu $f_{0,A}$ gehören die Spektren 1, 3 und 4, zu $f_{0,B}$ resp. $f_{0,C}$ die Spektren 2, 5 und 6.

- Damit ist aber bereits klar, dass das Schalldruckdiagramm B zum Frequenzspektrum 5 gehört, denn ein rein sinusförmiges Schalldruckdiagramm gehört zu einer einzigen Frequenz.
- Das Schalldruckdiagramm A passt zum Frequenzspektrum 3, denn man sieht ganz deutlich, dass die zweite Oberschwingung mit 3 Schwingungen pro Grundperiode besonders dominant ist und nur von der deutlich weniger ausgeprägten Grundschiwingung überlagert wird.
- Zum Schalldruckdiagramm C gehört schliesslich das Frequenzspektrum 2. Die Grundschiwingung ist dominant. Das ganze Muster folgt deutlich dieser Schwingung. Daneben ist aber auch die 4. Oberschwingung mit 5 Schwingungen pro Periode besonders deutlich sichtbar.