



## PHYSIKLABOR FÜR SCHÜLER AN DER UNI WUPPERTAL

### VERSUCHSANLEITUNGEN: WAS HAT DIE MUSIK ZU TUN MIT DER PHYSIK?

NAME:

SCHULE:

**Vorbemerkung:** Wir werden von den vorgeschlagenen Aufgaben in der vorhandenen Zeit keineswegs alle bearbeiten können. Die nicht bearbeiteten Experimente könntest Du vielleicht später einmal – an der Schule mit dem Fachlehrer oder auch an der Hochschule – durchführen.

#### 1. Experiment: Messung der Schallgeschwindigkeit

a) Schließe die beiden Mikrofone am USB-Anschluss an. Starte das Programm UniLab - Schallgeschwindigkeit. Schließe das Fenster „Einstellungen“. Lege die Mikrofone im Abstand von 2 m auf den Tisch (ggf. Maßband benutzen). Starte die Aufnahmebereitschaft durch Drücken der Uhr in der obersten Menü-Leiste. Welches ist das „Start“-Mikrofon? Tippe dazu mit dem Fingernagel leicht auf die flache, obere Seite des Mikrofongehäuses. Dasjenige Mikrofon, bei dem zwei Oszillogramme (von lat. oszillare und griechisch γραμμά „Das durch die Schwingung Geschriebene“) gezeichnet werden, ist das Startmikrofon und heißt ab jetzt: Mikrofon Nr. 1.

b) Starte die Uhr wieder neu (nicht speichern!) – das geht ggf. schneller, wenn Du F9 und dann die Taste N drückst - und schlage die zwei Schallstöcke etwa 30 cm jenseits des ersten Mikrofons so aneinander, dass der Schall zuerst beim ersten und dann beim zweiten Mikrofon vorbeikommt. Wie groß ist die Verzögerung? Welchen Wert erhält man für die Schallgeschwindigkeit (= Schallweg/benötigte Zeit)?

$$\text{Schallgeschwindigkeit } c = \frac{\text{zurückgelegterWeg}}{\text{benötigteZeit}} =$$

Einheit nicht vergessen!

#### 2. Experiment: Messung der Länge des Nachhalls im Raum

Betrachte ein Oszillogramm über einen etwas längeren Zeitraum. Drücke dazu die Werkzeugkiste auf der obersten Menüleiste zweimal. Stelle den Wert **xAnzahl** im Fenster MESSPARAMETER durch mehrmaliges Drücken des Rechtspfeils **auf 8000** (und damit die Messzeit auf 800 ms (Wieviel Sekunden sind das?)) Wiederhole das Anschlagen der Schallstöcke. Wie lang ist in unserem Raum der Nachhall (das ist die Zeit, bis es nach einem Knall wieder leise ist)? Versuche ein kürze-



res Geräusch bzw. kürzeren Knall herzustellen (z.B. Klatschen, mit der Zunge schnalzen, mit dem Fingernagel auf das Stimmgabelgehäuse schlagen). Ergebnis?

Nachhallzeit  $t =$

Einheit nicht vergessen!

**3. Experiment: a) Aufzeichnung des Oszillogramms eines Lautsprecher- bzw. Stimmgabeltons  
b) Bestimmung der Frequenz des Tons**

Drehe den Lautstärkeknopf des Funktionsgenerators (Drehknopf ganz rechts am Funktionsgenerator) bis zum Anschlag gegen den Uhrzeiger. Stelle im Fenster MESSPARAMETER den Trigger auf 300 mV. Sobald nun das Mikrofon eine höhere Spannung als 300 mV liefert, läuft der Strahl los. Stelle das Fenster xAnzahl mit den Pfeiltasten wieder auf 250 (d.h. die Messzeit auf 25 ms). Schalte den Funktionsgenerator an. Stelle etwa 600 Hz und den Klangknopf (links neben Lautstärkeknopf) auf sinusförmige Schwingung ( $\sim$ ) ein. Halte das Mikrofon Nr. 1 ca. 5 cm vor das Lautsprecherloch und drücke die Uhr. Beobachte das sinusförmige Oszillogramm

**Drehe den Lautstärkeregler bei diesem und allen folgenden Versuchen nur so weit auf, dass Du das Nachbarsteam nicht störst, aber der Trigger „ausgelöst“ wird und das Oszillogramm geschrieben wird. Wenn nicht mehr nötig, drehe die Lautstärke sofort wieder auf Null!**

a) Ändere etwas die Lautstärke. Was ändert sich im Oszillogramm?

Die Lautstärke eines Tons entspricht im Oszillogramm der

.....

b) Ändere den Klang, indem Du den Klangknopf links neben dem Lautstärkeknopf auf die mittlere bzw. linke Stellung bringst. Was ändert sich im Oszillogramm?

Ein „Ton“ hat ein sinusförmiges Oszillogramm. Das, was ein nicht sinusförmiges Oszillogramm hat, heißt

.....

c) Verändere die Tonhöhe. Ergebnis? Es ändert sich die

.....

d) Stelle 1000 Hertz (Hz) am Signalgenerator ein. Welches ist dann der zeitliche Abstand (die „Schwingungsdauer  $T$ “ der Schwingungsmaxima?

Bei  $f = 1000$  Hz beträgt die Schwingungsdauer

$T =$  ..... (Einheit?)

Wir finden: Je höher ein Ton ist, desto mehr Schwingungen pro Sekunde führt der Schwingungsgeber aus. Die Frequenz  $f$  errechnet man, indem man den Wert  $1/\text{Schwingungsdauer } T$  bildet.

$$f = 1/T$$



#### 4. Messung der Tonhöhe oder der „Frequenz“ eines Tones durch Fourier-Analyse.

- a) Beende das laufende Programm (Änderungen nicht speichern). Starte das Programm „Fourieranalyse“. Stelle in MESSPARAMETER eine Messzeit von 25 ms ein (xAnzahl auf 250). Stelle am Lautsprecher 1000 Hz (= Knopf oben links auf 1k, großer Knopf auf 1) ein. Der Klangregler steht auf der rechten Stellung. Drücke im Messprogramm den Reiter „Standard“ links unter der Uhr und starte die Uhr.
- b) Drücke nun den Reiter „Frequenzspektrum“. Welche Frequenz liest Du ab? Verdopple die Frequenz: Ergebnis? (maximal richtig messbare Frequenz etwa 3000 Hz).
- c) Stelle die Frequenz 440 Hz ein. Dieser Ton heißt bei Musikern „Kammerton a<sup>1</sup>“. Versuche, ohne auf den Bildschirm zu schauen, die doppelte Frequenz, nämlich 880 Hz zu treffen. Wie heißt dieses Tonintervall bei Musikern? Verdopple noch mal nur nach Gehör! Welchen Wert liest Dein Teamkollege/-kollegin ab?  
(Idealwert wäre 4 x 440 Hz= 1760 Hz) Ergebnis:

#### 5. Stimmen von Musikinstrumenten

- a) Stelle im Fenster MESSPARAMETER den Wert von xAnzahl = 8000 ein. Gehe mit Rechtsklick auf den Wert 1000 auf der x-Achse und gebe in dem sich öffnenden Fenster MAXIMUM den Wert 1000 ein. Schließe das Fenster. Starte die Uhr. Schlage die Stimmgabel an. Versuche mit dem Lautsprecher denselben Ton zu treffen. Was passiert, wenn Dir das gut gelingt?
- b) Stelle den Lautsprecher auf ca. 1000 Hz. Schlage die Stimmgabel wieder an und dämpfe sie danach mit der Hand auf Null ab. Versuche nun, den Lautsprecher auf denselben Ton einzustellen. Schlage jetzt die Stimmgabel wieder an. Hörst Du Schwebungen? Wie schnell? Wenn die Schwebung langsam ist, kannst Du auch gut Musikinstrumente stimmen, denn vor jedem Konzert wird – in der Regel von der Oboe – der Kammerton gespielt und alle Musiker müssen sich danach richten.

#### 6. Beobachtung von Obertönen

- a) Stelle die x-Skala (durch Rechtsklick auf die 1000 in dem Fenster MAXIMUM) wieder auf 5000 Hz. Sprich stets 2 Sekunden lang die Vokale a, e, i, o, u ins Mikrofon, beobachte bei jedem die Obertonreihe, die stets gleichen Abstand auf der x-Achse hat. Welche Vokale haben viele Obertöne: dies sind die hell klingenden Vokale. Probiere den Klang einzelner Töne von unterschiedlichen Musikinstrumenten aus.

Ergebnis: Obertöne haben immer doppelte, dreifache, vierfache, n-fache Frequenz des Grundtons.

- b) Untersuche Obertöne von Geräuschen (z.B. Maultrommel, Trommel, Panflöte, dunkles und helles Zischen, etc. Ergebnis?

Am meisten Obertöne hatte:

- c) Wie hoch ist der Oberwellengehalt beim Pfeifen?



d) Welche Frequenz hat der höchste Ton des Klaviers? Warum hören wir so viel höhere Töne, ohne dass sie als Noten in Musikstücken vorkommen?

### 7. Vibrato und Dopplereffekt und noch vieles andere....

a) Stelle ein Amplitudenvibrato (also eine Schwebung) mit Stimmgabeln her. Wie erkennt man das Vibrato im Oszillogramm?

b) Vergleiche das Amplitudenvibrato mit dem von Musikinstrumenten. Wie wird es z.B. bei einer Harmonika hergestellt? Folgende Musikinstrumente konnten ein Amplitudenvibrato erzeugen:

c) Wie kann ein Frequenzvibrato mit dem „Dopplereffekt“ hergestellt werden?

d) Stelle ein Frequenzvibrato mit einer sich bewegenden Stimmgabel her. Erkläre das Frequenzvibrato an Hand des Doppler-Versuches von Wasserwellen. Mit welchen Musikinstrumenten kann man ein Frequenzvibrato spielen?

e) Versuche mit dem Lautsprecher startend vom Ton c die Oktave zu spielen. Suche dann den Dreiklang (c, e, g, c). In welchem Verhältnis stehen die Dreiklangfrequenzen?

f) In welchem Verhältnis stehen die Halbtöne auf der Klaviertastatur? Erkläre dieses mit der „temperierten“ Stimmung nach Johann Sebastian Bach.