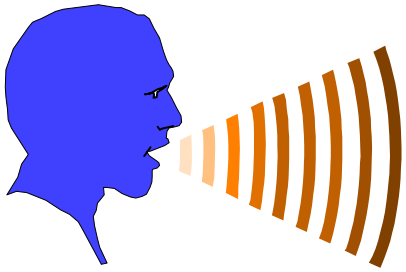
Physik & Musik



14

Mikrophon

2 Aufträge

Mikrophon

Bearbeitungszeit: 45 Minuten
Sozialform: Partnerarbeit
Voraussetzung: Posten 1: "Wie funktioniert ein KO ?"

Einleitung: Mikrophone und Lautsprecher

Sicherlich haben Sie schon mal ein Mikrophon in den Händen gehabt. Mit diesem Instrument sind Sie in der Lage Geräusche, Ihren Song, oder ähnliches aufzunehmen und z.B. auf einer Kassette zu verewigen. Doch wie funktioniert denn ein solches Gerät ?

Allgemein werden in Mikrophonen die Luftdruckwellen, also die Schallwellen in elektrische Spannungsschwingungen umgewandelt. Bei den meisten Mikrophonen geschieht diese Umwandlung mit Hilfe einer dünnen Membran, die von den Schallschwingungen in Bewegung gesetzt wird. Diese Bewegung erzeugt beim **Kristallmikrophon** und beim **Tauchspulenmikrophon** elektrische Wechselspannungen oder steuert beim **Kohlemikrophon** und beim **Kondensatormikrophon** einen elektrischen Strom im Takt der Schallschwingungen. Diese elektrischen Spannungen und Ströme sind meist so schwach, dass Sie zuerst stark verstärkt werden müssen um sie weiterverarbeiten zu können.

Somit haben wir auch schon die 4 typischen Vertreter von Mikrophonen kennengelernt:

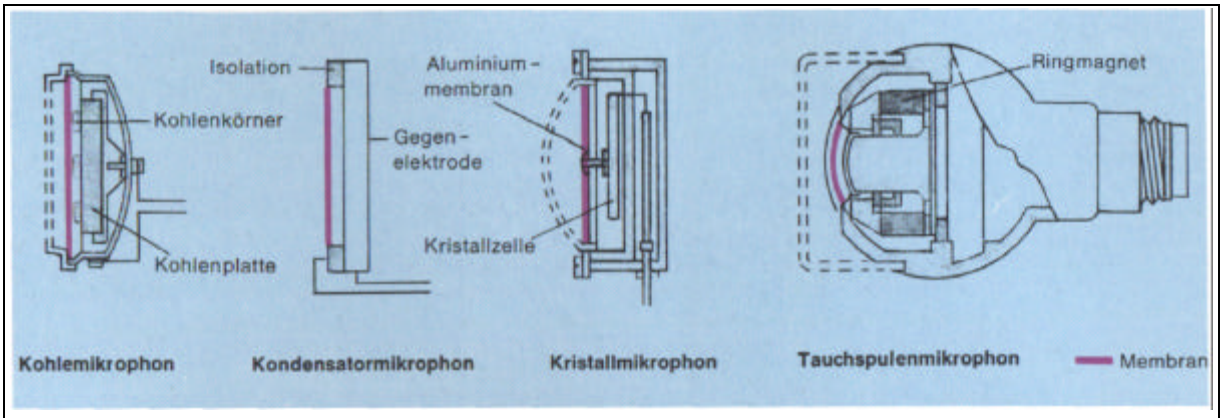


Abbildung 1: Schematischer Aufbau verschiedener Mikrophone (Bertelsmann Lexikothek, Band 6, 369)

Gehen wir nun aber von einem Mikrophon zum anderen und betrachten seine Funktionsweise:

1. Das Kohlemikrophon

Beim einfachen und billigen Kohlemikrophon befindet sich hinter der Membran Kohlegriess (d.h. grober Kohlenstaub), durch den ein elektrischer Gleichstrom fliessen kann. Der elektrische Widerstand der Kohle ist von der Stärke der Berührung der Kohlenkörner abhängig. Daher ändert der mit den Schallwellen schwankende Druck der Membran den

Widerstand der Kohle, und somit ändert sich auch der erzeugte Gleichstrom. Zwei Nachteile des Kohlemikrophon sollen hier aber nicht verschwiegen werden: Dieses Mikrophon verursacht ein starkes Rauschen und gibt nicht alle Frequenzen gleichmässig wieder.

2. Das Kondensatormikrophon

Für hochwertige Wiedergabe eignet sich das Kondensatormikrophon. Es besteht aus einer dünnen, isoliert befestigten Membran und einer festen Metallplatte in ganz geringem Abstand zu ihr. Somit bildet dieser Aufbau einen Kondensator. Die elektrische Gleichspannung ist von der Entfernung der Platten abhängig und schwankt daher im Takt der die Membran bewegenden Schallwellen. Diese Spannungsschwankungen sind sehr klein, so dass sie sofort im Mikrophongehäuse verstärkt werden müssen.

3. Das Kristallmikrophon

Kristallmikrophone nutzen den sog. piezoelektrischen Effekt eines Kristalls aus. Dieser Effekt ist leicht zu verstehen: Wird der spezielle Kristall (Piezokristall) wegen Druckschwankungen in der Luft zusammengedrückt oder ausgedehnt, dann erzeugt er elektrische Spannungen. Diese Spannungen sind zwar recht klein, aber immer noch messbar.

4. Das Tauchspulenmikrophon

Trifft eine Schallwelle auf die Membran, so werden die auf eine Spule aufgewickelten Drähte durch das Magnetfeld bewegt. Über Induktion entsteht so eine messbare Spannung, die in ihrer Stärke von der Intensität der einfallenden Schallwellen abhängt.

Zusammenhang mit dem Lautsprecher

Lautsprecher funktionieren ähnlich wie Tauchspulenmikrophone, aber "umgekehrt": Ein elektrisches Signal wird über die Spule durch ein Magnetfeld geleitet. Somit entsteht über die Lorentzkraft eine Verschiebung der Membran, die eine Schallwelle erzeugen kann. Theoretisch könnte man einen gewöhnlichen Lautsprecher auch als Mikrophon verwenden.

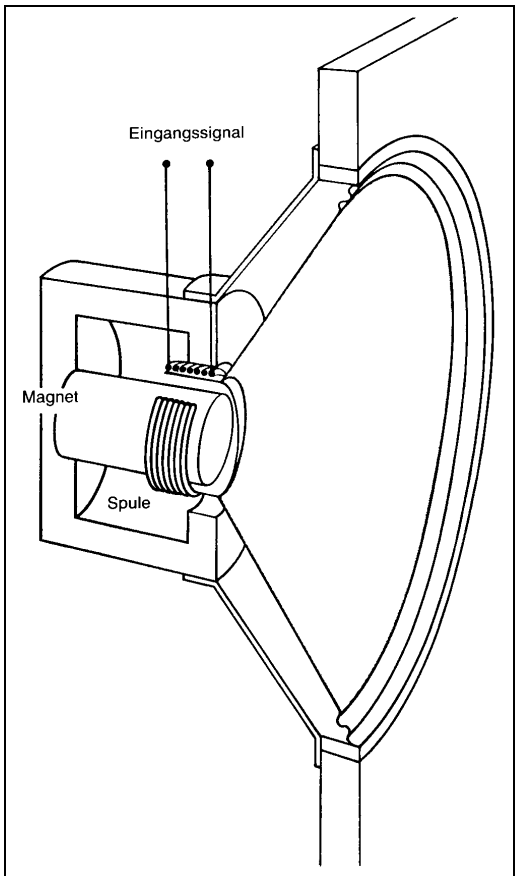


Abbildung 2: Querschnitt durch einen Lautsprecher (Physik der Musikinstrumente 157)

Organisation

Sie haben nun sicher die Einleitung gelesen. Das weitere Vorgehen sieht jetzt so aus: Es stehen Ihnen 2 Möglichkeiten zur Verfügung.

1. Sie können sich mit dem Richtmikrophon vertraut machen. Das Richtmikrophon ist eine interessante Variante eines Mikrophons, mit dem man gezielt in eine Richtung hören kann.
2. Oder Sie lernen ein Ultraschallmikrophon kennen, und ‘spielen’ dann damit. Ultraschall ist normaler Schall, aber mit so hohen Frequenzen, dass wir Menschen ihn nicht mehr hören können.

Sie sollten nun mindestens eines dieser 2 Anwendungen auswählen und bearbeiten. Selbstverständlich dürfen Sie auch beide durchforschen.

Richtmikrophon

Das Gerät, das Sie in diesem Posten verwenden werden, erinnert etwas an James-Bond-Filme. Nun, ganz so gut wie es im Film dargestellt wird, funktioniert das vorhandene Mikrophon wahrscheinlich nicht; immerhin ist aber der Effekt der Richtungsabhängigkeit des Mikrophons einigermassen feststellbar. Und es ist erstaunlich, wie einfach so etwas funktioniert. Das angewandte Prinzip wird nämlich nicht nur in der Akustik für Richtmikrophone verwendet, sondern findet vor allem auch in der Optik, z.B. für Teleskope, und heute immer mehr in der Telekommunikation weitverbreitete und alltägliche Anwendung.

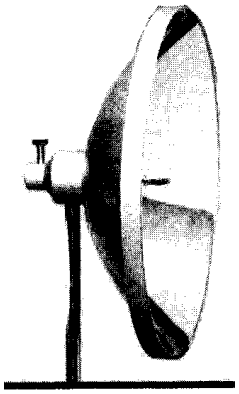


Abbildung 1: Parabolspiegel (Phywe 133)

Durch eine parabolische Fläche werden die einfallenden Schalldruckwellen in einen Punkt fokusiert, dem Brennpunkt. Dort befindet sich eine ganz normales Mikrophon. Die richtungsabhängige Empfindlichkeit des Mikrophons wird also einzig und allein durch den Parabolreflektor und dessen Eigenschaft, parallel einfallende Wellen im Brennpunkt zu konzentrieren herbeigeführt. Das Mikrophon an sich weist keine speziellen Eigenschaften auf.

Arbeitsauftrag (Richtmikrophon)

Tragen Sie bitte alle Ergebnisse an den dafür vorgesehenen Stellen auf dem Arbeitsblatt ein!

1. Sehen Sie sich das Richtmikrophon genau an. Versuchen Sie die vier Komponenten, die für die Funktionsfähigkeit nötig sind, zu identifizieren und deren Rolle im Richtmikrophon stichwortartig zu erklären.

2. Auf dem beiliegenden Arbeitsblatt haben Sie ein Bild mit einem vereinfachten, parabelförmigen Reflektor. Nehmen Sie an, man würde mit einer Lampe gerade in die "Schüssel" leuchten; zeichnen Sie den entsprechenden Strahlengang ein.

   Hinweis: Verwenden Sie das bekannte Reflexionsgesetz (Einfallswinkel = Ausfallswinkel), das auch in der Akustik gilt. So werden Sie den korrekten Strahlengang herausfinden können.

3. Wohin würden Sie nun im Bild von Aufgabe 2 das Mikrophon setzten? Warum?

4. Nun werden Sie vor die Aufgabe gestellt, den Brennpunkt des am Posten vorhandenen grösseren Parabolspiegels zu finden. Dazu haben sie eine 1.5 V-Glühlampe zur Verfügung. Mit diesem Hilfsmittel sollte es Ihnen möglich sein, den Brennpunkt zu finden, ohne den Spiegel vermessen zu müssen. Schreiben Sie auf, wie Sie vorgegangen sind.

   Hinweis: Überlegen Sie sich, was passiert, wenn Sie die Lampe in den Brennpunkt geführt haben.

5. Nun stellen Sie ein Mikrophon so gut wie möglich in den eben gefundenen Brennpunkt und schliessen über einen Vorverstärker einen Kopfhörer an. Während Ihr Partner an verschiedenen Orten im Raum spricht, stellen Sie fest, ob eine minimale richtungsabhängige Intensität der aufgenommenen Geräusche vorhanden ist. Falls dies nicht der Fall ist, haben Sie vielleicht den Brennpunkt noch nicht genügend gut getroffen. Natürlich nehmen Sie bei Gelegenheit einen Rollenwechsel vor.

6. Zuletzt können Sie das von Ihnen „gebaute“ Richtmikrophon mit dem bereits vorhandenen vergleichen. Welches erbringt die bessere Leistung?

Arbeitsblatt (Richtmikrophon)

1. Die vier Komponenten des Richtmikrophons

   a) _____ Funktion: _____

   b) _____ Funktion: _____

   c) _____ Funktion: _____

   d) _____ Funktion: _____

2. Vervollständigen Sie den Strahlengang.

3. Wohin stellen Sie das Mikrophon?

_____

   Warum?

_____

4. Wie haben Sie den Brennpunkt gefunden?

_____

_____

_____

Ultraschallmikrophon

Bisher haben wir uns mit Mikrophonen und Lautsprechern befasst, bei welchen wir den Schall auch hören können. Das ist klar, denn wer kann schon so hoch singen, dass man es nicht mehr hören kann ?

Nun lernen wir aber ein Mikrophon und einen Lautsprecher kennen, die mit solch hohen Frequenzen arbeiten, dass wir beim besten Willen nichts mehr hören können. Vielleicht haben Sie sogar schon den Posten 6 (Hundepfeife und Sirene) bearbeitet. Dort liegt eine Hundepfeife auf, mit der man ebenfalls solch hohe Frequenzen erzeugen kann.

Die Fledermaus orientiert sich mittels Ultraschall
(Akad PH 210, 28)

Schall mit Frequenzen oberhalb unserer Hörmöglichkeit werden **Ultraschall** genannt. Die Frequenzen liegen also oberhalb von 20 kHz.

Ultraschall kommt häufiger vor als man annimmt. Z.B. orientieren sich die Fledermäuse mittels Ultraschall. Auch Schiffe gebrauchen Ultraschall um mit Hilfe des Echolots die Wassertiefe zu bestimmen. Und in der Medizin wird Ultraschall zur Diagnostik gebraucht.

In den folgenden Aufgaben werden Sie selber mit Ultraschall arbeiten.

Arbeitsauftrag (Ultraschallmikrophon)

Tragen Sie bitte alle Ergebnisse an den dafür vorgesehenen Stellen auf dem Arbeitsblatt ein!

1. **Ultraschallfrequenz des Lautsprechers ermitteln**

Sehen Sie sich die zwei Ultraschallinstrumente an. Versuchen Sie herauszufinden welches das Mikrophon (empfangen = engl. receive) ist, und welches der Lautsprecher (senden = engl. transmit) ist.

Verbinden Sie den Ultraschallsender mit dem Funktionsgenerator LEADER. Nun schliessen Sie den Ultraschallempfänger an den Kathodenstrahloszilloskop HAMEG an. Falls Sie mit den KO-Einstellungen Probleme haben können Sie die folgenden Werte verwenden:

- Kabel in Kanal 1 (**CH I**) einstecken.
- **CH I** auf **DC** stellen.
- Beim Drehknopf daneben auf **20 mV/cm** wechseln.
- Den **TIMEBASE**-Regler auf **0.1 ms/cm** drehen.
- Nun noch den **Trigger** (links von TIMEBASE) auf **LINE** und **CH I** einstellen (eingedrückt).

Jetzt kann es losgehen. Der Sender und der Empfänger arbeiten hauptsächlich auf einem kleinen Frequenzbereich. Bei diesem kleinen Bereich ist die Schallamplitude gross. Treffen wir ihn aber nicht, so wird trotzdem Schall erzeugt, aber mit sehr viel kleinerer Amplitude. Die Instrumente haben also einen Resonanzbereich. Diesen wollen wir nun bestimmen.

Halten Sie nun den Sender dem Empfänger gegenüber. Am besten wählen Sie zuerst eine kurze Distanz, z.B. 5-10 cm.

Nachdem Sie den Funktionsgenerator und den KO angeschaltet haben, sollten Sie am KO mindestens eine Linie sehen. Jetzt erhöhen Sie langsam die Frequenz am Funktionsgenerator. Beginnen Sie bei 10 Hz, und gehen Sie bis 1MHz.

Bei welcher Frequenz sind die Mikrophone in Resonanz ?

2. Stellen Sie nun die gefundene Resonanzfrequenz am Funktionsgenerator ein. Wir wollen jetzt herausfinden, wie die Schallamplitude vom Abstand der Mikrophone abhängt.
   Messen Sie die Amplitude am KO bei einigen Distanzen zwischen 0 cm und 25 cm. Tragen Sie die Resultate auf dem Graphen ein. Dabei können Sie die Einheiten der Amplitude selber wählen. Am Schluss verbinden Sie die erhaltenen Punkte.

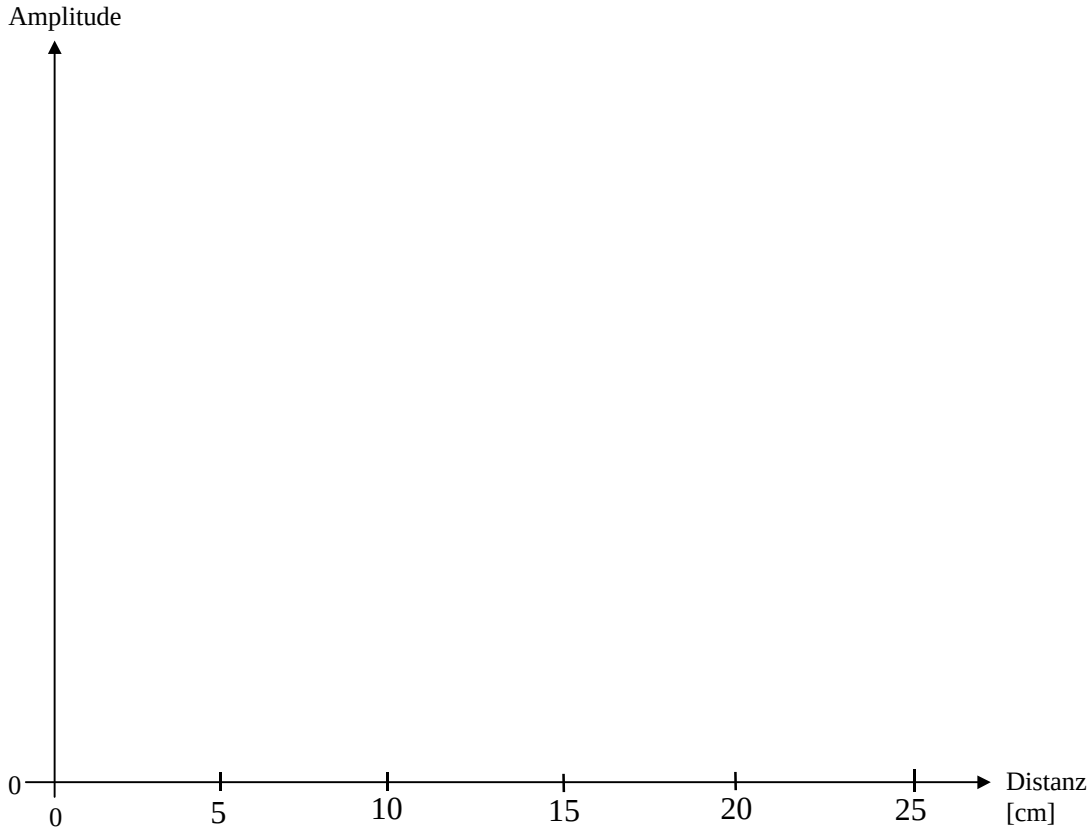
3. Lesen Sie nun folgendes aus Ihrem Graphen: Bei welcher Distanz ist die Amplitude nur noch halb so hoch wie das Maximum ?

Arbeitsblatt (Ultraschallmikrophon)

1. Bei welcher Frequenz sind die Ultraschallmikrophone in Resonanz ?

   Bei ..... kHz.

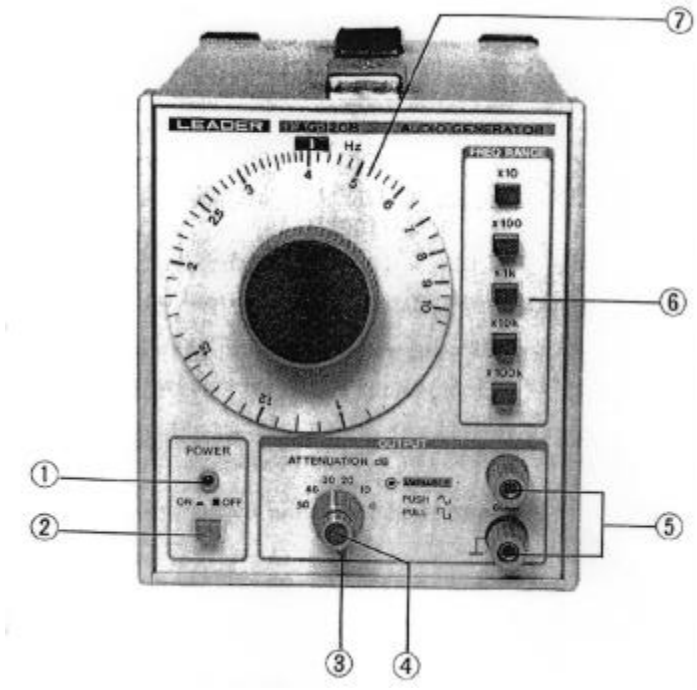
2. Tragen Sie die Punkte ein:



3. Wo ist die Amplitude nur noch halb so hoch wie das Maximum ?

_____

Kurzanleitung für den Funktionsgenerator LEADER



Der Funktionsgenerator erzeugt Spannungsschwingungen. Sie können die Frequenz der Schwingung einstellen und sie können die Form der Schwingung wählen.

Einstellen der Frequenz

Die Frequenz wird durch die Tasten FREQ RANGE und den Drehknopf links eingestellt. Die Zahl auf dem Drehknopf (oben bei der Markierung) multipliziert mit der Zahl über der gedrückten Taste ergibt die Frequenz in Hertz.

<u>Beispiel:</u>

Der Drehknopf steht auf 4. Die Taste x10k ist gedrückt

Die Frequenz ist 4 * 10 kHertz = 40 kHertz = 40'000 Hertz

Es werden also 40'000 Schwingungen pro Sekunde erzeugt.

Mit dem Drehknopf ATTENUATION können Sie die ***Amplitude („Stärke“) des Signals*** einstellen.

Wahl der Schwingungsform

Bei diesem Funktionsgenerator können Sie nur zwischen zwei Schwingungsformen wählen:

- Sinusschwingungen
- Rechtecksschwingungen

Sie können mit dem roten Knopf auf dem Drehknopf ATTENUATION zwischen diesen beiden Formen wechseln. Ist der Knopf herausgezogen, erhalten Sie eine Rechtecksschwingung, ist er hineingedrückt, eine Sinusschwingung.

Materialliste

- Richtmikrophon mit Parabolreflektor, Verstärker und Kopfhörer.
- Grösserer Parabolspiegel, aus Material, das Licht reflektiert.
- 1 Lämpchen.
- Mikrophon, Vorverstärker, Kopfhörer.
- 1 Ultraschallsender und -empfänger (beide auf gleicher Resonanzfrequenz).
- Massstab.
- Kabel.
- KO HAMEG.
- Funktionsgenerator LEADER.