

Experiment 27: Lautsprecher-Zerstörung



Abbildung 5-25.
Die Rückseite eines kleinen Lautsprechers



Abbildung 5-26.
Ein 5-cm-Lautsprecher, den gleich sein Schicksal ereilen wird

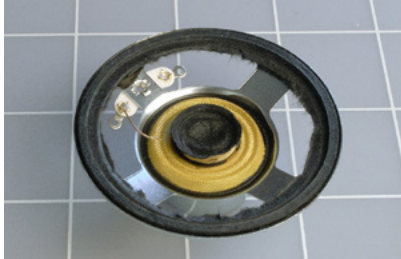


Abbildung 5-27.
Der Lautsprecher, bei dem die Membran entfernt wurde



Abbildung 5-28.
Die Schwingspule ist normalerweise innerhalb der Vertiefung des Magneten verborgen.

Du hast gesehen, dass Strom durch eine Spule genügend Magnetkraft entwickeln kann, um ein kleines Metallobjekt anzuziehen. Wie sieht es nun aus, wenn die Spule sehr leicht und das Objekt schwerer ist? In diesem Fall kann die Spule zum Objekt hin gezogen werden. Genau nach diesem Prinzip funktioniert ein Lautsprecher.

Um zu verstehen, wie ein Lautsprecher arbeitet, gibt es eigentlich keinen besseren Weg, als ihn auseinanderzunehmen. Vielleicht möchtest du kein Geld in diesen zerstörerischen, aber lehrreichen Prozess investieren – in diesem Fall kannst du auch ein defektes Radio auf einem Flohmarkt erwerben und dessen Lautsprecher ausbauen. Oder sieh dir einfach meine Fotos an, die das Ganze Schritt für Schritt veranschaulichen.

Das brauchst du

- Den billigsten Lautsprecher, den du bekommen kannst und der einen Durchmesser von mindestens 5 cm hat (1)
- Universalmesser (1)

Ablauf

Abbildung 5-25 zeigt einen kleinen Lautsprecher von hinten. Im versiegelten zylindrischen Teil ist ein Magnet eingelassen.

Drehe den Lautsprecher mit der Vorderseite nach oben (wie in Abbildung 5-26). Schneide mit einem scharfen Messer am äußeren Rand der Membran entlang. Dann schneidest du in der Mitte um die kreisförmige Abdeckkappe herum und entfernst den Ring aus schwarzem Papier, den du erzeugt hast.

In Abbildung 5-27 ist der von der Membran befreite Lautsprecher zu sehen. Das gelbe Gewebe in der Mitte (Spinne genannt) ist der flexible Teil, der normalerweise die Auf- und Abbewegung der Membran ermöglicht und gleichzeitig verhindert, dass sie seitlich abgelenkt wird.

Schneide um die Außenkante der Spinne herum, sodass du den versteckten Papierzylinder herausziehen kannst, um den eine Kupferspule – die Schwingspule – gewickelt ist, wie Abbildung 5-28 zeigt. Für das Foto habe ich die Spule umgedreht, damit sie besser zu erkennen ist.

Die beiden Enden der Schwingspule werden normalerweise über flexible Drähte mit den Anschlüssen auf der Rückseite des Lautsprechers verbunden. Im Magneten ist eine ringförmige Vertiefung eingearbeitet. Hier sitzt die bewegliche Schwingspule, die auf das angelegte elektrische Signal reagiert, indem sie eine nach oben bzw. unten wirkende Kraft als Reaktion auf das Magnetfeld ausübt. Dadurch vibriert die Membran des Lautsprechers und erzeugt Schallwellen.

Die großen Lautsprecher in deiner Stereoanlage funktionieren genauso. Sie haben nur größere Magneten und Spulen, die mehr Leistung verkraften (im Allgemeinen bis in den 100-W-Bereich).

Immer wenn ich so ein kleines Bauteil öffne, bin ich beeindruckt, wie präzise und filigran seine Einzelteile sind und dass eine so günstige Massenproduktion möglich ist. Ich stelle mir vor, wie erstaunt Faraday, Henry und die anderen Pioniere der Elektrotechnik wären, wenn sie die Bauteile sehen würden, die für uns heute selbstverständlich sind. Henry verbrachte Tage damit, Spulen von Hand zu wickeln, um Elektromagneten zu bauen, die weit weniger effizient waren als dieser billige Kleinlautsprecher.

HINTERGRUNDWISSEN

Die Entstehung der Lautsprecher

Wie bereits zu Beginn dieses Experiments erwähnt, bewegt sich eine Spule, wenn ihr Magnetfeld mit einem schweren oder feststehenden Objekt interagiert. Ist das Objekt ein Dauermagnet, ist die Wechselwirkung der Spule mit ihm stärker und die Bewegung entsprechend energischer. Auf diesem Prinzip beruht ein Lautsprecher.

Die Idee wurde 1874 von Ernst Siemens, einem überaus produktiven deutschen Erfinder, vorgestellt. (Er baute 1880 außerdem den ersten mit Strom betriebenen Aufzug.) Heute ist die Siemens AG einer der größten Elektronikkonzerne der Welt.

Als Alexander Graham Bell 1876 das Telefon patentierte, benutzte er die Methode von Siemens, um hörbare Frequenzen im Hörer zu erzeugen. Von diesem Zeitpunkt an verbesserten sich die Geräte für die Klangwiedergabe allmählich in Bezug auf Qualität und Leistung, bis Chester Rice und Edward Kellogg von General Electric im Jahre 1925 eine Arbeit veröffentlichten, in der sie die grundlegenden Prinzipien darlegten, die noch heute beim Lautsprecherdesign gelten.

Auf Sites wie zum Beispiel Radiola Guy unter <http://bit.ly/radiolaguy> findest du Fotos von sehr schönen, frühen Lautsprechern, die eine Hornform aufwiesen, um den Wirkungsgrad zu erhöhen (siehe Abbildung 5-29). Als Tonverstärker leistungsfähiger wurden, war die Effizienz von Lautsprechern nicht mehr so wichtig im Vergleich zu hochwertiger Wiedergabe und geringen Herstellungskosten. Moderne Lautsprecher wandeln nur etwa 1 % der elektrischen Energie in akustische Energie um.



**Amplion small horn
radio speaker
model AR-114**

RadiolaGuy.com

Abbildung 5-29.

Dieses wunderschöne Amplion AR-114x zeigt, wie sich die Ingenieure in einer Ära, als die Leistung von Tonverstärkern noch ziemlich beschränkt war, um höchstmögliche Effizienz bemüht haben. Fotos von »Sonny, the RadiolaGuy«. Viele frühe Lautsprecher sind auf <http://www.radiolaguy.com> zu sehen. Einige stehen auch zum Verkauf.

Schall, Strom und Schall

An dieser Stelle nun eine verständliche Erklärung, wie Schall in Elektrizität und wieder zurück in Schall umgewandelt wird.

Stell dir vor, jemand schlägt mit einem Stock auf einen Gong, wie Abbildung 5-30 zeigt. Die flache Metallscheibe des Gongs vibriert vor und zurück und erzeugt dadurch Druckwellen, die das menschliche Ohr als Schall wahrnimmt. Jedem Wellenberg mit hohem Luftdruck folgt ein Wellental mit tiefem Luftdruck, und die Wellenlänge des Schalls ist die Entfernung zwischen einem Spitzenwert des Drucks und dem nächsten.

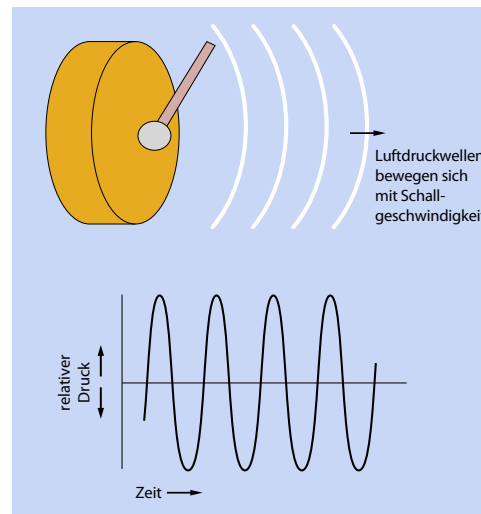


Abbildung 5-30.

Das Anschlagen eines Gongs bewirkt, dass seine flache Oberfläche vibriert. Die Vibrationen erzeugen Druckwellen in der Luft.

Die Frequenz des Schalls ist die Anzahl der Wellen pro Sekunde, die man üblicherweise in Hertz (Hz) ausdrückt.

Stell dir vor, dass wir eine sehr empfindliche kleine Membran aus dünnem Kunststoff so aufstellen, dass die Druckwellen auf sie treffen. Der Kunststoff wird durch die Wellen zu flattern beginnen, wie ein Blatt, das im Wind flattert. Stell dir weiter vor, dass wir eine winzige Spule aus sehr dünnem Draht an der Rückseite dieser Membran befestigen, sodass sie sich mitbewegt, und dass wir einen Dauermagneten in die Spule stecken. Dieser Aufbau ähnelt einem winzigen, höchst empfindlichen Lautsprecher, nur dass er nicht aus Strom Schall erzeugt, sondern aus Schall Strom erzeugt. Schalldruckwellen bringen die Membran dazu, entlang der Längsachse des Magneten zu schwingen, und das Magnetfeld ruft im Draht Spannungsänderungen hervor. Abbildung 5-31 veranschaulicht dieses Prinzip.

THEORIE

Schall, Strom und Schall (Fortsetzung)

Dies ist ein sogenanntes *Tauchspulmikrofon*. Es gibt andere Möglichkeiten, ein Mikrofon zu bauen, aber diese Konstruktion ist am einfachsten zu verstehen. Natürlich erzeugt es nur eine sehr geringe Spannung, doch wir können sie mit einem Transistor oder einer Reihe von Transistoren verstärken, wie Abbildung 5-32 andeutet.

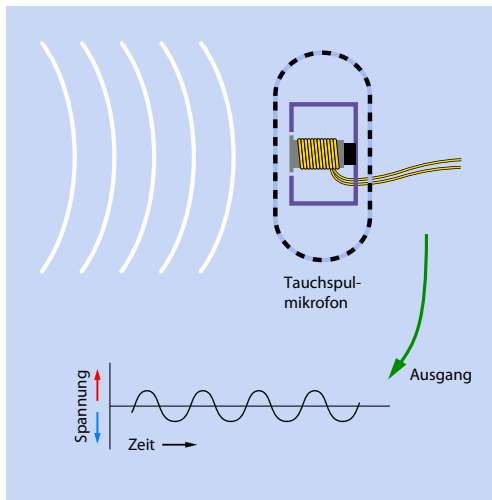


Abbildung 5-31.

Schallwellen, die auf ein Tauchspulmikrofon treffen, regen die Membran zu Schwingungen an. Die Membran ist mit einer Spule an einer Manschette um einen Magneten verbunden. Die Bewegung der Spule induziert kleine Ströme.

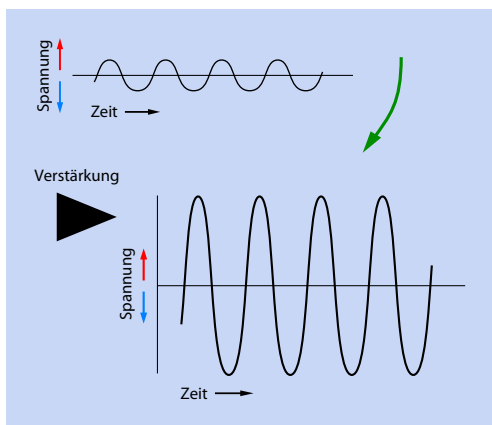


Abbildung 5-32.

Die schwachen Signale vom Mikrofon passieren einen Verstärker, der ihre Amplitude vergrößert und dabei die Frequenz und die Wellenform beibehält.

Dann können wir das Ausgangssignal in die Spule um den Hals eines Lautsprechers einspeisen, und der Lautsprecher erzeugt dann erneut die Druckwellen in der Luft, wie Abbildung 5-33 zeigt.

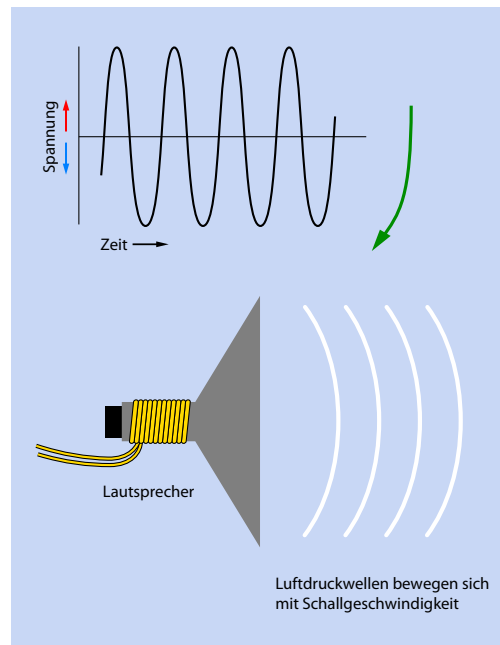


Abbildung 5-33.

Das verstärkte elektrische Signal wird durch eine Spule um den Hals einer Lautsprechermembran geleitet. Das vom Stromfluss induzierte Magnetfeld lässt die Membran vibrieren, wodurch wieder der ursprüngliche Schall entsteht.

Irgendwo auf diesem Weg zeichnen wir vielleicht den Schall auf und geben ihn später wieder. Doch das Prinzip bleibt gleich. Schwieriger ist es schon, das Mikrofon, den Verstärker und den Lautsprecher so zu konstruieren, dass sie die Wellenformen bei jedem Schritt *genau* wiedergeben. Dies ist eine erhebliche Herausforderung, weshalb eine fehlerfreie Schallwiedergabe nur schwer zu erreichen ist.