



## **Lehrbuch der Experimentalphysik**

**Lommel, Eugen von**

**Leipzig, 1908**

291. Zurückwerfung des Schalles

---

[urn:nbn:de:hbz:466:1-83789](https://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:hbz:466:1-83789)

Die Masse der Volumeneinheit (1 ccm) beträgt demnach  $s/773$  g oder

$$\frac{b s_0}{773 \cdot 76 (1 + \beta \vartheta)}.$$

Andererseits beträgt bei dem Barometerstand  $b$  der Druck auf 1 qem  $b \cdot 13,595$  g, wo letztere Zahl das spezifische Gewicht des Quecksilbers auf Wasser bezogen angibt: es ist also in Dynen (12) ausgedrückt

$$e = b \cdot 13,595 \cdot 981.$$

Setzt man diese Werte in die Newtonsche Formel ein, so erhält man die Fortpflanzungsgeschwindigkeit in Gasen:

$$V = \sqrt{13,595 \cdot 981 \cdot 773 \cdot 76 \cdot \frac{1 + \beta \vartheta}{s_0}}.$$

Diese Geschwindigkeit der Fortpflanzung ist vom Drucke unabhängig, da bei gleichbleibender Temperatur Druck und Dichte nach dem Mariotteschen Gesetz proportional sich ändern und daher  $b$  sich weghebt.

Aus der vorstehenden Formel ergibt sich die Schallgeschwindigkeit in Luft von  $0^\circ$  ( $\vartheta = 0$ ,  $s_0 = 1$ ) zu 279,91 m, also erheblich kleiner als aus den Versuchen. Wie Laplace später (1816) gezeigt hat, ist in der Newtonschen Formel der Umstand nicht berücksichtigt, daß in den verdichteten Teilen der Schallwelle die Temperatur erhöht, in den verdünnten Teilen erniedrigt wird; da bei dem geringen Leitungs- und Strahlungsvermögen der Luft diese Temperaturunterschiede innerhalb der kurzen Dauer einer Schwingung sich nicht ausgleichen können, so werden die Druckunterschiede, also die elastischen Kräfte, in dem Verhältnis  $c_p/c_v = 1,41$  der spezifischen Wärmen  $c_p$  und  $c_v$  bei konstantem Druck und bei konstantem Volumen vergrößert (127). Man hat also, um die Formel richtigzustellen, unter dem Wurzelzeichen noch mit  $c_p/c_v$  zu multiplizieren, und erhält für trockene atmosphärische Luft in naher Übereinstimmung mit der Erfahrung (in m ausgedrückt):

$$V = 332,4 \sqrt{1 + \beta \vartheta}.$$

Die Fortpflanzungsgeschwindigkeiten in den übrigen Gasen stehen im umgekehrten Verhältnis der Quadratwurzeln ihrer spezifischen Gewichte und im geraden Verhältnis der Quadratwurzeln aus den Werten von  $c_p/c_v$ .

Bei festen Körpern ist statt  $e$  der Elastizitätsmodul  $E$  (54) zu setzen, bei Flüssigkeiten ist  $e$  aus der Zusammendrückbarkeit abzuleiten.

**291. Zurückwerfung des Schalles.** Die Schallstrahlen werden nach ähnlichen Gesetzen zurückgeworfen und gebrochen (letzteres beim Übergang in Luft von anderer Dichte oder aus Luft in andere Körper) wie die Lichtstrahlen. Von einer ebenen Fläche werden die Schallstrahlen so zurückgeworfen, als kämen sie von einem Punkt, welcher auf der von der Schallquelle auf die Fläche gefallten Senkrechten ebensoweit hinter der Fläche liegt wie die Schallquelle vor ihr. Hieraus erklärt sich das Echo. Läßt man in einiger Entfernung von einer Mauer, einer Felswand, einem Waldrand usw. einen lauten Ruf erschallen, so hört man nach der Zeit, welche der Schall braucht, um nach der Wand und wieder zurück zum Standpunkt des Rufenden zu gelangen, den Ruf von der Wand zurückschallen. Die Wand wirft nämlich den Schall ebenso zurück wie ein Spiegel das Licht, und wir hören den zurückgeworfenen Schall gerade so,

als ob eine zweite Person, welche als Spiegelbild des Rufenden ebensweit hinter der zurückwerfenden Fläche steht, wie dieser vor ihr, zu gleicher Zeit den nämlichen Ruf ertönen ließe. Um eine Silbe auszusprechen, braucht man mindestens  $\frac{1}{5}$  Sekunde; steht man daher so weit von der Wand entfernt, daß der Schall zum Hin- und Rückweg  $\frac{1}{5}$  Sekunde gebraucht, so wird der zurückgeworfene Schall gerade in dem Augenblick zurückkehren, in welchem das Aussprechen einer Silbe vollendet ist. Da der Schall in einer Sekunde 340 m zurücklegt, muß man daher, um ein einsilbiges Echo zu vernehmen, mindestens 34 m von der Wand entfernt sein; steht man zwei-, drei-, vier- . . . mal soweit von der zurückwerfenden Fläche entfernt, so wird man zwei, drei, vier . . . Silben aussprechen können, ehe die erste zurückgekehrt, und sonach ein zwei-, drei-, vier- . . . silbiges Echo vernehmen können. Ist die Fläche weniger als 34 m entfernt, so wird der zurückgeworfene Schall schon eintreffen, ehe die Silbe vollständig ausgesprochen ist, und sich mit dieser teilweise vermischen. In Kirchen und großen Sälen macht sich dieser Nachhall oft störend bemerkbar. Sind mehrere zurückwerfende Flächen in verschiedenen Entfernungen vorhanden, so entsteht ein mehrfaches Echo. Am Lurleifelsen z. B. hört man einen Pistolschuß 17—20 mal mit wechselnder Stärke ähnlich dem Donnerrollen wiederholt.

Stehen sich zwei Hohlspiegel gegenüber, und bringt man in den Brennpunkt des einen eine Taschenuhr, so hört ein Beobachter, der sein Ohr in den Brennpunkt des anderen Spiegels bringt, selbst in beträchtlicher Entfernung deutlich das Ticken der Uhr; die von letzterer ausgehenden Schallstrahlen werden nämlich von dem ersten Spiegel in paralleler Richtung auf den zweiten geworfen und von diesem in seinem Brennpunkt gesammelt. Läßt man die vom ersten Spiegel zurückkommenden parallelen Strahlen auf eine Glasplatte fallen, so werden sie von dieser unter gleichen Winkeln zurückgeworfen und können durch Drehen der Platte nach jeder beliebigen Richtung gelenkt werden.

Auf die Zurückwerfung des Schalles gründen sich auch das Sprachrohr und das Hörrohr. Das Sprachrohr ist ein mit Mundstück versehenes, nach vorn sich trichterförmig erweiterndes Rohr aus Blech, Pappe oder Guttapercha, durch welches die hineingesprochenen Worte auf größere Entfernung hörbar gemacht werden. Die von dem Mundstück ausgehenden Schallstrahlen werden nämlich an der Wand des Rohres so zurückgeworfen, daß sie dasselbe sämtlich nahezu in der Richtung, nach welcher das Rohr gewendet ist, verlassen und nun, ohne sich durch Ausbreitung abzuschwächen, gesammelt in die Ferne dringen. Durch ein Sprachrohr von 1,5—2 m Länge und 15—25 cm Öffnung, wie sie auf Schiffen gebräuchlich sind, kann man sich auf 1500—1900 m Entfernung verständlich machen. Das Hörrohr hat die umgekehrte Aufgabe, die in seinen Trichter eintretenden Schallstrahlen durch Zurückwerfen in der in

den Gehörgang gesteckten engen Mündung zu vereinigen und dadurch für Schwerhörige ein deutlicheres Hören zu vermitteln. Das Stethoskop ist ein Hörrohr für Ärzte zum Behorchen (Auskultieren) der Atem- und Herzgeräusche.

Ein im Mittelpunkt eines kugelförmigen Raumes erzeugter Schall wird von allen Seiten wieder nach diesem Mittelpunkt zurückgeworfen. Schallwellen, welche von dem einen Brennpunkt einer Ellipse ausgehen, werden an ihr so zurückgeworfen, daß sie in dem anderen Brennpunkte gleichzeitig zusammentreffen; in einem Saal, dessen Wände elliptisch gewölbt sind, wird man daher die an dem einen Brennpunkt leise gesprochenen Worte am andern deutlich vernehmen, während im ganzen übrigen Raume nichts gehört wird. Gebäude, welche absichtlich oder zufällig so gebaut sind, daß das, was an einem Punkt in ihrem Innern leise gesprochen wird, nur an einem bestimmten anderen Punkt gehört werden kann, nennt man Sprachgewölbe. — Säle für Parlamente und Konzerte müssen akustisch, d. h. so gebaut sein, daß die von der Rednerbühne oder dem Orchester ausgehenden Schallwellen nach dem Zuhörerraum zurückgeworfen werden und keine anderen unzweckmäßigen oder störenden Zurückwerfungen erleiden.

Die Schallwellen werden nicht nur an festen Wänden, sondern auch überall da zurückgeworfen, wo sie in ein Mittel von anderer Beschaffenheit, z. B. aus dichterer in dünner Luft oder umgekehrt, überzugehen genötigt sind. Bei Tage wird der Schall viel weniger weit gehört als bei Nacht, weil im ersteren Falle der Schall durch die zahlreichen Zurückwerfungen, welche er an den ungleich erwärmten und deswegen ungleich dichten auf- und absteigenden Luftströmen erleidet, geschwächt wird, während er sich in der gleichmäßig erwärmten Nachtluft ungehindert fortpflanzt. Tyndall hat beobachtet, daß die Nebelsignale, welche an den Küsten zur Warnung der Seefahrer durch Dampfpfeifen oder große Sirenen gegeben werden, bei nebeligem Wetter viel weiter zu hören sind als bei klarer Luft, weil letztere durch die Sonnenstrahlen ungleich erwärmt und dadurch für den Schall weniger durchlässig oder gleichsam durch eine „akustische Wolke“ getrübt ist.

**292. Verschiedenartige Schallempfindungen. Sirene.** Die Schallempfindungen sind sehr mannigfaltiger Art, und dementsprechend ist unsere Sprache sehr reich an Bezeichnungen, um deren Eigenart auszudrücken. Durch eine einzelne heftige Erschütterung wird ein Knall hervorgebracht; durch eine unregelmäßige Aufeinanderfolge von Erschütterungen entstehen die Geräusche (Rauschen, Brausen, Prasseln, Rasseln, Plätschern, Knistern, Klirren, Knirschen usw.). Ein Klang oder Ton dagegen wird durch eine regelmäßige in gleichen Zeitabschnitten sich wiederholende (periodische) oder „schwingende“ Bewegung des tönenden Körpers hervorgebracht. Man kann z. B. einen Klang hervorbringen durch ein Kartenblatt, das man gegen den Rand eines