# Lehrbuch der Experimentalphysik

**Lommel, Eugen von**

**Leipzig, 1908**

294. Absolute Schwingungszahlen

tischen Tonleiter die Intervalle nicht einander gleich, ein Übelstand, der es unmöglich macht, von jedem beliebigen Ton als Grundton aus in gleicher Weise aufzusteigen. Schreitet man z. B. in reinen Terzen fort, so kommt man zu einer unreinen Oktave, ebenso beim Fortschreiten in reinen Quinten. Da aber die Oktave die vollkommenste Konsonanz bildet, deren Unreinheit am unangenehmsten empfunden wird, so opfert man lieber die Reinheit der übrigen Töne, indem man sie, wie die Musiker sagen, etwas ober- oder unterhalb ihrer von der diatonischen Tonleiter geforderten Höhe „schweben" läßt, und hält die Reinheit der Oktaven mit Strenge aufrecht. Eine solche Ausgleichung heißt Temperatur. Die gleichschwebende Temperatur, welche die einfachste und verbreitetste ist und bei allen musikalischen Instrumenten mit fester Stimmung (z. B. dem Piano) angewandt wird, nimmt alle Intervalle einander gleich; da in der chromatischen Tonleiter 12 Tonstufen vorhanden sind, so muß das Intervall eines Halbtones so gewählt werden, daß es, zwölfmal wiederholt, zur reinen Oktave führt, d. h. zu einer Schwingungszahl, welche doppelt so groß ist wie diejenige des Grundtones; wenn also $x$ das gesuchte Intervall bezeichnet, so muß $x^{12} = 2$ sein. Dieses Intervall wird daher ausgedrückt durch die Zahl $\sqrt[12]{2} = 1{,}05946$. Man gelangt so zur gleichschwebenden Tonleiter mit folgenden Schwingungsverhältnissen (die reinen Verhältnisse der diatonischen Tonleiter stehen in Klammern daneben):

| | | | |
|---|---|---|---|
| *C* . . . . . | 1,00000 | *G* (1,500) . . | 1,49831 |
| *Cis* . . . . | 1,05946 | *Gis* . . . . | 1,58740 |
| *D* (1,125) . . | 1,12246 | *A* (1,667) . . | 1,68179 |
| *Dis* . . . . | 1,18921 | *B* . . . . | 1,78180 |
| *E* (1,250) . . | 1,25992 | *H* (1,875) . . | 1,88775 |
| *F* (1,333) . . | 1,33484 | *c* . . . . . | 2,00000 |
| *Fis* . . . . | 1,41421 | | |

in welcher jede Schwingungszahl aus der des vorhergehenden Halbtones durch Multiplikation mit der Zahl 1,05946 erhalten wird.

294. **Absolute Schwingungszahlen.** Bisher wurden bloß die Schwingungsverhältnisse der Töne innerhalb einer Oktave, nicht aber ihre absoluten Schwingungszahlen in Betracht gezogen. Kennt man aber für einen dieser Töne die absolute Schwingungszahl, d. h. die Anzahl seiner Schwingungen in einer Sekunde, so kennt man sie für alle, weil ja die Schwingungsverhältnisse bekannt sind.

Zur Bestimmung absoluter Schwingungszahlen kann die Sirene dienen. Gesetzt, man wollte die Schwingungszahl einer Stimmgabel ermitteln, so gibt man der Sirene eine solche Umdrehungsgeschwindigkeit, daß eine ihrer Löcherreihen denselben Ton gibt wie die Stimmgabel; aus der am Zählwerk abgelesenen Anzahl der Umdrehungen pro Sekunde und der Anzahl der Löcher ergibt sich alsdann die Anzahl der Schwingungen der Stimmgabel in einer Sekunde.

Als Grundlage für die Stimmung der musikalischen Instrumente wird in der Regel der sog. **Kammerton** (das eingestrichene *a*) gewählt, welches durch eine Normalstimmgabel angegeben wird. Während früher für diesen Kammerton in den verschiedenen Ländern verschiedene Schwingungszahlen gebräuchlich waren, ist seit 1885 durch internationale Vereinbarung die Schwingungszahl für das temperierte *a* zu 435 festgesetzt worden. Für die Rechnung sehr bequem ist die **physikalische Stimmung**, welche das eingestrichene *c* zu 256, das temperierte *a* sonach zu 430,5 Schwingungen annimmt. Hiernach ergeben sich für die in der folgenden kleinen Tabelle näher bezeichneten Grundtöne der in der Musik benutzten Oktaven die beigefügten absoluten Schwingungszahlen:

| Oktavlage | | Internationale Stimmung | Physikalische Stimmung |
|---|---|---|---|
| Subkontra-*C* . . . . . . | $c_{-3}$ | 16,2 | 16 |
| Kontra-*C* . . . . . . . | $c_{-2}$ | 32,3 | 32 |
| Großes *C* . . . . . . . | $c_{-1}$ | 64,7 | 64 |
| Kleines *C* . . . . . . . | $c_0$ | 129,3 | 128 |
| Eingestrichenes *C* . . . | $c_1$ | 258,7 | 256 |
| Zweigestrichenes *C* . . | $c_2$ | 517,3 | 512 |
| Dreigestrichenes *C* . . . | $c_3$ | 1034,6 | 1024 |

Das Subkontra-*C* von 16 Schwingungen bildet die untere Grenze der Wahrnehmbarkeit für das menschliche Ohr; die obere Grenze liegt zwischen $c_7$ und $c_8$ (bei 17—20 000 Schwingungen). Das menschliche Gehör umfaßt sonach 10 Oktaven. Die in der Musik gut brauchbaren Töne liegen zwischen 40 und 4000 Schwingungen, was einem Intervall von etwa 7 Oktaven entspricht.

295. **Wellenlänge.** Wenn die Schwingungszahl eines Tones bekannt ist, läßt sich auch sehr leicht seine Wellenlänge in Luft angeben. **Alle Töne**, hohe und tiefe, **pflanzen sich** nämlich in der Luft **mit der gleichen Geschwindigkeit** von 340 m in einer **Sekunde fort**; denn, wenn etwa die hohen Töne den tiefen voraneilten oder umgekehrt, so müßte ein aus einiger Entfernung angehörtes Musikstück als unerträgliches Durcheinander erscheinen, weil die zu demselben Taktschlag gehörigen hohen und tiefen Töne nicht gleichzeitig das Ohr des Hörers erreichen würden. Da nun jede ganze Schwingung auch eine ganze Welle erzeugt, so müssen auf die Strecke von 340 m so viele Wellen gehen, als in einer Sekunde Schwingungen stattfinden. Die Länge einer Welle findet man daher, indem man die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalles durch die Schwingungszahl dividiert. Für den Ton $a_1$ von 435 Schwingungen z. B. ergibt sich die Wellenlänge $= {}^{340}/_{435} = 0{,}782$ m $= 782$ mm.

296. **Pfeifen.** Eine schwingende Stimmgabel, frei in die Luft gehalten, gibt nur einen sehr schwachen kaum hörbaren Ton. Der Ton wird aber kräftig gehört, wenn man die Stimmgabel vor die