

Stimmgabeln etwas verstimmt, so gehen diese Figuren wegen der nun wechselnden Phasendifferenz ineinander über. In gleicher Weise haben auch die anderen Konsonanzen charakteristische einfache Lichtfiguren, die bei Verstimmung der Stimmgabeln einen Wechsel zeigen.

§ 76. **Dopplers Prinzip.** Wenn die Entfernung zwischen einer Tonquelle und einem Beobachter rasch kleiner wird, so wird der Ton der ersteren höher. Dies ist leicht zu konstatieren bei dem Pfeifen einer sich nähernden Lokomotive. Von einer ruhenden Tonquelle aus gelangen nämlich in einer Sekunde eine bestimmte Zahl von Schallwellen ins Ohr des Beobachters; nähert sich aber die Tonquelle in einer Sekunde um x Meter, so kommen mehr Schallwellen zur Perzeption, nämlich auch die, welche sonst vom Beobachter noch x Meter entfernt wären. Entfernt sich die Tonquelle oder der Beobachter, so muß natürlich der Ton tiefer werden.

Wärmelehre.

A. Mechanische Wärmetheorie.

§ 77. **Wesen der Wärme.** Unter Wärme versteht man dasjenige Agens, welches bestimmte Nervenendigungen so reizt, daß wir eine Temperaturempfindung haben. Früher nahm man einen Wärmestoff zwischen den Körpermolekülen an, der unter Umständen austreten, „frei werden“ könne. Dagegen sprechen aber viele Tatsachen. Graf RUMFORD zeigte zuerst, daß durch Rotation eines Kolbens in einem dicht anschließenden metallischen Hohlzylinder, also durch mechanische Arbeit, eine unbegrenzte Wärmemenge erzeugt werden kann; auch hat das Metall vor und nach der Reibung dieselbe Wärmekapazität, d. h. Fähigkeit, Wärme aufzunehmen. Nach der stofflichen Theorie könnte aber in den durch Druck verkleinerten Intermolekularräumen nicht mehr so viel Wärme aufgenommen werden wie vorher. Noch entscheidender war der Versuch von DAVY: Er brachte in einem Raume von 0° zwei Eisstücke allein dadurch zum Schmelzen, daß er sie aneinanderrieb. Hier ist sogar die Wärmekapazität des entstandenen Wassers größer als die des Eises. Durch diese und andere Versuche wurde festgestellt, daß Wärme kein Stoff ist, sondern ebenso wie Schall und Licht auf Molekularbewegung beruht.

Während aber beim Schall die Moleküle gleichmäßig schwingen, ist die Bewegung bei Wärme und Licht eine ungeordnete. 20—400 Billionen Schwingungen in einer Sekunde werden als Wärme empfunden, bis 800 Billionen Schwingungen als Licht. Zwischen Wärme und Licht besteht also nur ein quantitativer Unterschied, wie schon die bekannte Erscheinung zeigt, daß z. B. Eisen beim fortgesetzten Erwärmen schließlich rot-, dann weißglühend wird. Es geht also hier dunkle Wärme kontinuierlich in leuchtende über. Auch die Fortpflanzung der Wärme durch Strahlung ist völlig der des Lichtes analog.

§ 78. **Wärme und mechanische Arbeit.** Da Wärme eine, wenn auch unsichtbare Form der Bewegung ist, so müssen zwischen ihr und anderen Arten der Bewegung Beziehungen existieren. So war schon lange bekannt, daß durch mechanische Arbeit, z. B. Reibung, Wärme entsteht. Aber erst ROBERT MAYER fand, daß die Umwandlung sichtbarer Bewegung in unsichtbare (d. h. eben Wärme) stets nach unwandelbaren Gesetzen erfolgt. Gleichzeitig und unabhängig von ihm war JOULE durch viele mühsame Versuche zu demselben Resultate gekommen. Bezeichnet 1 Meterkilogramm die Arbeit, die nötig ist, um 1 kg 1 m zu heben, und 1 Kalorie die Wärmemenge, die nötig ist, 1 kg Wasser von 0° auf 1° zu erwärmen [§ 98], so ist nach diesen beiden Forschern 1 Kalorie äquivalent 427 Meterkilogrammen (1. Hauptsatz der mechanischen Wärmetheorie). Will man also Wärme in Arbeitsmaß, durch das mechanische Äquivalent, ausdrücken, so multipliziert man mit 427; will man Arbeit durch ihr thermisches Äquivalent ausdrücken, so dividiert man durch 427. Diese Beziehung zwischen Wärme und Arbeit ist offenbar ein Spezialfall des großen Gesetzes von der Erhaltung der Energie; von hier war übrigens MAYER dabei auch ausgegangen. Während nun Arbeit beliebig in Wärme verwandelt werden kann, gilt für die Umkehrung dieses Satzes die Einschränkung, daß Wärme nur dann in Arbeit übergeführt werden kann, wenn sie dabei von einem wärmeren auf einen kälteren Körper übergeht (2. Hauptsatz der mechanischen Wärmetheorie.) Da nun alle Körper beständig durch Strahlung und Leitung Wärme verlieren, so bleibt immer weniger Wärme zur Zurückverwandlung in Arbeit übrig, und schließlich muß ein Zeitpunkt kommen, wo alle Arbeit erloschen ist, der absolute Tod. CLAUSIUS drückte diesen Gedanken so aus: Die Entropie der Welt strebt einem Maximum zu, indem er mit Entropie¹ den in

¹ ἐντροπία umwenden, verwandeln.

Wärme übergeführten Teil des gesamten Energievorrates bezeichnete, der eben nicht mehr in Arbeit zurückverwandelt werden kann.

§ 79. **Wärme durch chemische Vorgänge.** Mehr noch als durch mechanische Arbeit entsteht auf der Erde Wärme durch chemische Prozesse. Besonders kommen hier die Verbindungen von Körpern mit Sauerstoff, d. h. also Verbrennungen, in Betracht. So entsteht z. B. bei der Verbrennung von 1 kg Wasserstoff eine Wärme von 34 000 Kalorien. Diese ist der Ausdruck dafür, daß vorher getrennte Moleküle, die eine große Affinität zu einander besitzen, mit großer Heftigkeit aneinanderprallen und in stürmische Schwingungen geraten. Auf der Verbrennung der eingeführten Nahrungsmittel resp. der Körperbestandteile beruht die Eigentemperatur der Organismen, die auch den sogenannten Kaltblütern zukommt.

§ 80. **Sonnenwärme.** In letzter Linie stammt alle Erdwärme von der Sonne ab. Um nur zwei Beispiele anzuführen, werden durch die Sonnenstrahlen mit Hilfe des Chlorophylls in den Pflanzen die komplizierten Verbindungen aufgebaut, durch deren Verbrennung der tierische Organismus seine Wärme erhält, und auf dieselbe Quelle sind die unermesslichen Wärmevorräte zurückzuführen, die in den Steinkohlenlagern aufgespeichert sind. Über die Entstehung der Sonnenwärme gibt es natürlich nur Hypothesen. Viele nehmen mit KANT-LAPLACE an, daß durch Rotation von Nebelmassen glühende Weltkörper entstanden seien, die sich allmählich von der Rinde zum Zentrum abkühlen. Während die Sonne noch im ersten Stadium ist, hat sich die Erde bis auf einen feurigen Kern schon abgekühlt, und im Monde ist dieser Prozeß bereits ganz beendigt. Jedenfalls kann die Verdichtung, welche diese Abkühlung begleiten muß, mit Recht als ungeheuer große Wärmequelle angesehen werden. Die Sonnenwärme wird aber wahrscheinlich auch dadurch, trotz der großen Ausstrahlung, erhalten, daß fortwährend ungezählte kleine Weltkörper, Asteroiden, in sie hineinstürzen, wobei natürlich mechanische Arbeit in Wärme übergeht.

B. Ausdehnung durch Wärme.

§ 81. **Ausdehnungskoeffizient.** Mit wenigen Ausnahmen werden alle Körper durch Wärme ausgedehnt und umgekehrt durch Kälte zusammengezogen. Am meisten dehnen sich die Gase aus, weniger die flüssigen, und am wenigsten die festen Körper. Die Zahl, welche