

schied, daß bei konstantem Volumen das Gas keine Arbeit verrichtet, während Erwärmung bei konstantem Drucke Expansion des Gases und daher eine Arbeitsleistung zur Folge hat, welche das Produkt aus der Pressung und der Volumszunahme bildet. Erwärmt man die Gewichtseinheit (1 kg) Gas bei konstantem Drucke p von der absoluten Temperatur T_1 auf T_2 und bezeichne v_1 das Volumen bei der Temperatur T_1 , v_2 jenes bei T_2 , dann ergibt sich:

$$\text{Aufgenommene Wärme} = c_p (T_2 - T_1).$$

$$\text{Geleistete Arbeit} = p (v_2 - v_1) = R (T_2 - T_1).$$

Die Differenz $(c_p - R) (T_2 - T_1)$ ist der Betrag, um welchen die innere Energie des Gases während des Prozesses vermehrt wurde. Dieser Gewinn an innerer Energie würde ganz der gleiche sein, wenn die Temperatur des Gases auf irgend eine andere Weise von T_1 auf T_2 geändert worden wäre, wie sich aus nachfolger Betrachtung ergibt.

11. Die innere Energie eines Gases. Gesetz 4 (Joule). Expandiert ein Gas ohne äußere Arbeit zu verrichten und ohne Wärme aufzunehmen oder abzugeben, somit ohne Änderung seiner inneren Energie, dann bleibt dessen Temperatur ungeändert.

Diese Tatsache ergab sich aus den Versuchen Joules. Er verband ein mit komprimiertem Gas gefülltes Gefäß durch ein mittelst Hahn abschließbares Rohr mit einem zweiten, jedoch leeren Gefäße. Beide Gefäße wurden in einen mit Wasser gefüllten Trog versenkt, um die gleiche Temperatur annehmen zu können. Nun wurde der Hahn geöffnet, das Gas strömte in das zweite Gefäß über und verteilte sich expandierend zwischen beiden Gefäßen, ohne Arbeit zu verrichten. Die Messung der Temperaturen ergab, daß das Wasser im Troge seine Temperatur nicht geändert hatte; auch die Temperatur des Gases blieb ungeändert; es wurde somit weder Wärme aufgenommen noch abgegeben und auch keine Arbeit geleistet.

Nachdem das Gas weder Wärme gewonnen noch verloren und auch keine Arbeit geleistet hatte, blieb seine innere Energie mit Ende des Versuches die gleiche wie zu Beginn desselben. Druck und Volumen änderten sich, die Temperatur blieb dieselbe. Daraus folgt, daß die innere Energie einer gegebenen Gasmenge nur von der Temperatur, nicht aber vom Druck und dem Volumen desselben abhängig ist, oder mit anderen Worten, eine Änderung des Druckes und des Volumens ohne gleichzeitige Änderung der Temperatur bringt keine Veränderung der inneren Energie hervor. Wenn daher eine Temperaturänderung eine Änderung der inneren Energie hervorruft, so ist diese unabhängig von der Beziehung zwischen Druck

und Volumen während des Prozesses und nur abhängig von dem Betrage, welchen die Temperaturänderung hervorbrachte.

Spätere Versuche Joules und Lord Kelvins ergaben, daß bei Luft und anderen eigentlichen Gasen ein schwacher Temperaturabfall bei der Expansion ohne Arbeitsverrichtung eintritt*); es findet somit eine, wenn auch sehr geringe Abweichung vom Jouleschen Gesetze statt, welches, wie bereits an früherer Stelle erwähnt, gleich den übrigen hier erörterten Gesetzen nur für ein ideales Gas streng richtige Anwendung finden kann.

Um die Energiemenge zu bestimmen, welche bei Temperaturerhöhung einem Gase zugeführt oder bei Temperaturabnahme entzogen wird, kann man sowohl die Erwärmung bei konstantem Volumen als auch die Erwärmung bei konstantem Drucke in Betracht ziehen, da ja die innere Energie nur von der Temperatur allein abhängig ist.

Wenn daher irgend eine Substanz erwärmt wird, tritt die Beziehung ein:

Zugeführte Wärme = Geleistete Arbeit + Zunahme an innerer Energie.

Setzt man den Fall der Erwärmung bei konstantem Volumen voraus und nimmt man an, daß eine Gewichtseinheit (1 kg) eines Gases in dieser Weise von der absoluten Temperatur T_1 auf T_2 erwärmt werde, dann ist die zugeführte oder aufgenommene Wärme

$$c_v (T_2 - T_1).$$

Nachdem keine äußere Arbeit verrichtet wurde, dient diese Wärmemenge in ihrer Gänze zur Erhöhung der inneren Energie; die Energieänderung wird aber für die gegebene Temperaturänderung immer die gleiche sein, mag die Temperaturänderung T_1 auf T_2 auf welche Weise immer erfolgen. Der obige Ausdruck

$$c_v (T_2 - T_1)$$

bestimmt daher die Änderung der inneren Energie, welche die Gewichtseinheit eines Gases erfährt, wenn sich die Temperatur desselben auf irgend eine Weise von T_1 auf T_2 ändert, gleichgiltig, wie sich Volumen und Druck während des Prozesses ändern.

12. Beziehung zwischen den beiden spezifischen Wärmen.

Wir sind nun in der Lage, eine Beziehung zwischen den beiden spezifischen Wärmen c_v und c_p aufstellen zu können. Nach früher (§ 10) läßt sich

*) Siehe Lord Kelvins gesammelte Werke Vol. I, S. 333. Der wenn auch sehr kleine Temperaturabfall bei Austritt eines komprimierten Gases durch eine zusammengeschnürte Öffnung bildet die Basis des Lindeschen Regenerativprozesses zur Erlangung außerordentlich niedriger Temperaturen, welches Verfahren Linde erfolgreich zur Verflüssigung von Luft und der Trennung des Sauerstoffes der Luft vom Stickstoff angewendet hat.