

Die von jeder einzelnen Maschine geleistete Arbeit ist daher die gleiche, nämlich

Arbeitsäquivalent der aufgenommenen Wärme \times Wirkungsgrad

$$= q \frac{\Delta T}{T_1} \cdot J.$$

Rankines Darlegung ist daher in folgender Weise zu verstehen: Läßt man Wärme durch irgend eine in gleiche Intervalle geteilte Temperaturreihe und zwar von der höchsten bis zur niedrigsten Temperatur derart passieren, daß hierbei Arbeit in der denkbar günstigsten Weise verrichtet wird, dann verrichtet auch jedes dieser Temperaturintervalle die gleiche Arbeit.

49. Absolute Temperatur. Lord Kelvins Skala. Den bisherigen Betrachtungen wurde als Temperaturskala die Skala eines idealen Gasthermometers zu Grunde gelegt, d. h. mit anderen Worten, es wurden jene Temperaturintervalle als gleich angenommen, welche gleichen Ausdehnungen eines vollkommenen Gases bei Expansion unter konstantem Druck entsprechen; diese Beziehung zwischen Temperatur und Volumen wird durch die bekannte Gleichung ausgedrückt: $p v = R T$ und für $p = \text{const.}$: $v = R T$ (§§ 7, 8, 9). Nachdem andererseits die atmosphärische Luft in ihrem Verhalten einem vollkommenen Gase sehr nahe kommt, so wird obiger Bedingung durch ein gewöhnliches Luftthermometer praktisch entsprochen.

Von dieser Definition der Temperatur ausgehend, fanden wir unter Anwendung des Carnotschen Prinzipes, daß eine reversible Maschine, welche zwischen den durch eine Wärmequelle A und einem kalten Wärmefahrer C bedingten Grenztemperaturen arbeitet, eine Wärmemenge Q_A beziehungsweise Q_C von der Wärmequelle aufnimmt, beziehungsweise an den Receiver C abgibt, welche Wärmemengen den bezüglichen absoluten Grenztemperaturen proportional sind; wobei vorausgesetzt wird, daß diese Temperaturen unter Beziehung auf das vollkommene Gasthermometer bestimmt wurden.

Man könnte daher die Temperatur auf einem ganz anderen Wege bestimmen und würde trotzdem zu derselben Skala gelangen. Denkt man sich nämlich die Temperatur von A und C durch zwei Zahlen ausgedrückt, welche proportional sind der von der reversiblen Maschine aufgenommenen und abgegebenen Wärme, während dieselbe mit A als Wärmequelle und C als Wärmereceiver arbeitet, dann erhält man eine Skala, welche von den Eigenschaften eines Gases oder irgend einer wirklichen oder imaginären Substanz vollkommen unabhängig ist. Diese Methode der Bestim-

mung der absoluten Temperatur beziehungsweise der Bestimmung einer Skala der absoluten Temperatur wurde von Lord Kelvin in Vorschlag gebracht; die so erhaltene Skala stimmt somit mit der Skala eines vollkommenen Gasthermometers überein.

Lord Kelvins Methode kann auch auf andere Weise erklärt werden. Geht man von einer beliebigen Temperatur aus und bildet man eine Reihe von Temperaturintervallen derart, daß jede einzelne Maschine einer Reihe von reversiblen Maschinen, welche innerhalb eines solchen Temperaturintervalles arbeitet, die gleiche Arbeit verrichtet, dann werden auch die Temperaturintervalle als gleiche zu bezeichnen sein; es muß dabei vorausgesetzt werden, daß die von der ersten Maschine obiger Reihe abgegebene Wärme Wärmefangnahme der zweiten Maschine bilde u. s. f. Dieser Weg ist eigentlich nur eine andere Form der im vorigen Paragraph gegebenen Rankineschen Darlegung des zweiten Gesetzes.

Die Skala des Luftthermometers wäre in voller Übereinstimmung mit Kelvins absoluter Skala, wenn die im II. Abschnitt angeführten Gesetze §§ 10 und 11 auf atmosphärische Luft vollkommen genau anwendbar wären und zwar das Regnaultsche Gesetz, demgemäß die spezifische Wärme bei konstantem Druck konstant ist, und das Gesetz von Joule, demzufolge die Temperatur eines Gases unverändert bleibt, wenn sich dasselbe ohne Arbeit zu verrichten und ohne Wärmefangnahme resp. -abgabe ausdehnt. Die Versuche, durch welche Joule dieses Gesetz nachweist, wurden bereits an früherer Stelle (§ 11) erörtert; außerdem wurde auf die späteren Versuche hingewiesen, welche von Lord Kelvin erdnen und im Verein mit Joule durchgeführt wurden, indem Luft durch einen porösen Stöpsel oder Spund langsam hindurchgedrückt wurde, um zu untersuchen, ob sich damit die Temperatur der Luft ändere; diese Experimente zeigten, daß die Luft nicht mit vollkommener Genauigkeit das Joulesche Gesetz befolge; die Abweichungen sind jedoch so unbedeutend, daß für alle praktischen Zwecke die Skala des Luftthermometers übereinstimmend mit der absoluten Skala angenommen werden kann*).

Wirkliche Luftthermometer können auf zweierlei Art für den Gebrauch eingerichtet sein: Entweder in der Art, daß der Druck konstant erhalten wird und das Volumen, den Änderungen der Temperatur entsprechend, sich vergrößert oder verkleinert, oder in der Weise, daß man das Volumen konstant erhält, indem sich der Druck mit der Temperatur ändert; die Temperatur, proportional dem Drucke, wird sodann aus den diesbezüglichen

*) Ein Vergleich der beiden Skalen auf Grund der Versuche von Joule und Lord Kelvin wurde 1879 von Rowland veröffentlicht; siehe *Proceedings of the American Academy*; ferner Professor Peabodys *Thermodynamics of the Steam-Engine*, Kapitel VI.

Ablesungen direkt ermittelt. Diese letztere Methode ist die gebräuchlichere und zweckmäßigere; man nennt so eingerichtete Thermometer Luftthermometer von konstantem Volumen. Die Luft muß vollkommen trocken sein, indem bei dem geringsten Feuchtigkeitsgehalt derselben das Volumen in dem einen und der Druck in dem anderen Falle nicht mehr proportional der Temperatur sind.

50. Berechnung der Dichte gesättigten Dampfes. Bei Erörterung der physikalischen Eigenschaften des gesättigten Dampfes (§ 32) wurde erwähnt, daß das Volumen von 1 kg gesättigten Dampfes in der dritten Rubrik der Tabelle I nicht durch direkte Versuche ermittelt, sondern auf Grund anderer bekannter Eigenschaften des Dampfes berechnet wurde. Um dieses Verfahren zu erklären, müssen wir auf die in § 43 besprochene ideale Dampfmaschine zurückgreifen, in welcher Carnots Kreisprozeß mit einer Mischung aus Wasser und Dampf als Arbeitssubstanz durchgeführt gedacht ist.

Wir erhielten das Indikatordiagramm Fig. 14, aus zwei Kurven konstanten Druckes (Isothermen) verbunden durch zwei adiabatische Linien. Die pro kg der Arbeitssubstanz aufgenommene Wärme war L , und nachdem die Maschine umkehrbar ist, berechnet sich der Wirkungsgrad derselben mit

$$\frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

und daraus die geleistete Arbeit, beziehungsweise die Fläche des Diagramms, mit

$$\frac{L(T_1 - T_2)}{T_1}$$

in Wärmeeinheiten, somit in kgm durch Multiplikation mit dem Arbeitsäquivalent J .

Nun denke man sich diese Maschine zwischen zwei ungemein nahe liegenden Temperaturen arbeitend; wir wollen diese Temperaturen T und $T - \delta T$ bezeichnen, wobei δT das kleine Temperaturintervall ist, innerhalb welchem die Maschine arbeitet. Der obige Ausdruck für die geleistete Arbeit in kgm geht dann über in

$$\frac{JL\delta T}{T}$$

Das Indikatordiagramm ist nun ein langer schmaler Strëifen (Fig. 19). Seine Länge ab ist $v - \omega$, wenn v das Volumen von 1 kg Dampf und ω das Volumen von 1 kg Wasser (0,001 cbm) bezeichnet. Seine Höhe ist δp , wenn δp die Differenz des Druckes in ab und cd bedeutet; nachdem der Dampf in cd als auch in ab gesättigt ist, so ist δp , mit anderen