

32. Beziehung zwischen Druck und Volumen des gesättigten Dampfes. Die Tabelle I giebt das Volumen v in Kubikmetern von 1 kg gesättigten Dampfes für jede beliebige Spannung.

Das Volumen der Gewichtseinheit gesättigten Dampfes für irgend eine Spannung ist im Wege des Experimentes schwer direkt zu messen. Es kann jedoch auf Grundlage anderer Eigenschaften des Dampfes unter Benützung eines Verfahrens berechnet werden, welches im nächsten Abschnitt (§ 50) beschrieben werden soll. Die Werte von v obiger Tabelle I wurden auf Grund dieses Verfahrens ermittelt; sie stehen in vollkommen befriedigender Übereinstimmung mit den bis heute vorliegenden direkten Beobachtungen der Dampfdichte*). Innerhalb der gewöhnlichen in der Technik vorkommenden Druckgrenzen kann die Beziehung zwischen Druck und Volumen genügend genau durch die einfache Gleichung

$$pv^\mu = \text{const.}$$

dargestellt werden. Ist der Druck in Atmosphären (zu 10 333 kg pro Quadratmeter) gegeben, dann ist zu setzen $\mu = 1,0646$ und für die Konstante der rechten Seite der Wert 1,7049, somit

$$pv^{1,0646} = 1,7049^{**}). \quad (2)$$

Rankine benützte den für logarithmische Berechnung bequemen Exponenten $\mu = \frac{17}{16}$; für p in Pfunden pro Quadratfuß und v in Kubikfuß pro Pfund nimmt die Konstante den abgerundeten Wert 69 000 an, somit für englisches Maß und Gewicht

$$pv^{\frac{17}{16}} = 69\,000. \quad (2a)$$

Studierenden kann es nur wärmstens empfohlen werden, nach den Tabellenwerten die Kurven zu zeichnen, welche die Beziehungen zwischen den Temperaturen und den entsprechenden Spannungen, beziehungsweise zwischen diesen und den Volumen gesättigten Dampfes graphisch darstellen; es lassen sich auf diese Art obige Beziehungen speziell auch für solche Temperaturen ermitteln, welche zwischen den Beobachtungstempe-

*) Die Werte von v in Tabelle I stehen auch in genügender Übereinstimmung mit den von Rankine in seiner Arbeit „*Treatise on the Steam-Engine*“ gegebenen Werten. Rankine bestimmte dieselben unter Benützung des oben angedeuteten Rechnungsverfahrens; seine Zahlen bedurften jedoch in Bezug auf den in der betreffenden Gleichung des § 50 vorkommenden Wertes von J (mechanisches Wärmeäquivalent) insofern einer Korrektur, als Rankine seiner Berechnung $J = 772$ zu Grunde gelegt hatte, während nunmehr $J = 778$ Fußpfund angenommen wird (siehe § 2); Rankines Zahlen mußten somit im Verhältnisse $\frac{788}{772}$ erhöht werden. — Die berechneten Werte von v sind unter Bezug auf die bezügliche Formel in § 50 nahezu proportional zu J .

**) *Technische Thermodynamik* von Zeuner, II. Bd. 3. Aufl., Leipzig 1890.

raturen liegen. Um genaue Resultate zu erzielen, muß für die Darstellung der Kurven ein entsprechend großer Maßstab gewählt werden; Regnault hat seiner Abhandlung*) solche Kurven in sehr großem Maßstabe beigelegt. Man ersieht auch aus dem Verlaufe der Druckkurve, daß das Verhältnis der Änderung des Druckes in Beziehung zur Änderung der Temperatur, d. i. $\frac{dp}{dt}$ mit der Temperaturzunahme rasch wächst und daher in den oberen Partien der Temperaturreihe eine verhältnismäßig kleine Temperaturerhöhung in einem Dampfkessel eine bedeutende Drucksteigerung zur Folge hat. Das Sieden oder Kochen des Wassers in einem unverschlossenen Gefäße ist nur ein spezieller Fall der Dampfbildung unter konstantem Druck. Der konstante Druck ist jener der Atmosphäre (1,0333 kg pro qcm oder 14,7 englische Pfund pro Quadratzoll englisch bei normalem Barometerstand), somit die Temperatur, bei welcher Wasser siedet, ungefähr 100° C. oder 212° F.

33. Wärme erforderlich zur Bildung von Dampf unter konstantem Druck. Bei Besprechung der Dampfbildung unter konstantem Druck (§ 29) wurde als Beispiel ein Versuch vorausgesetzt, bei welchem 1 kg Wasser von der Anfangstemperatur t_0 zuerst bis zum Siedepunkt erhitzt und dann unter fortwährender Wärmezufuhr und unter konstantem Druck in Dampf verwandelt wird; dieser Druck bestimmt zugleich die Temperatur des Siedepunktes. Es sei nun an dieser Stelle die für den in Rede stehenden Prozeß erforderliche Wärmemenge bestimmt.

Während des ersten Stadiums der Temperaturzunahme von t_0 auf t wird noch kein Dampf gebildet; die Wärmezufuhr dient nur zur Erwärmung des Wassers. Nachdem die spezifische Wärme des Wassers nahezu konstant ist, wird während dieses ersten Stadiums eine Wärmemenge nahezu gleich $(t - t_0)$ Wärmeinheiten, entsprechend einer Arbeit $J(t - t_0)$ kgm aufgebraucht werden. Diese Bestimmung besitzt hinlängliche Genauigkeit für gewöhnliche praktische Berechnungen. Genau genommen ist jedoch die zugeführte Wärmemenge im allgemeinen etwas größer als dieser Wert, denn Regnaults Versuche zeigen, daß die spezifische Wärme des Wassers bei höheren Temperaturen etwas, wenn auch in sehr geringem Maße zunimmt. Um nun die Wärmemenge $(t - t_0)$ zu berechnen, pflegt man von einer bestimmten, frei gewählten Anfangstemperatur t_0 auszugehen und wählt der Einfachheit wegen zumeist $t_0 = 0^{\circ}$ C. (32° F.), d. h. mit anderen Worten, man rechnet gewöhnlich die Wärmeaufnahme vom Nullpunkt

*) Eine vollständige Zusammenstellung sämtlicher Arbeiten Regnaults über den Wasserdampf findet sich in den *Mémoires de l'Académie des sciences de l'Institut de France*, t. XXI, 1847.