

Wege ermittelten Zahlenwerte von J abhängig und nachdem ω sehr klein ist, auch nahezu proportional zu J sind, worauf bereits an früherer Stelle (siehe Fußnote § 32) hingewiesen wurde.

51. Ausdehnung obiger Resultate auf andere Veränderungen der physikalischen Zustände. In der Gleichung (2) ist der Vordersatz immer positiv, weil v , das Volumen der Gewichtseinheit Dampf, stets größer ist als das Volumen ω der Gewichtseinheit Wasser. Es muß somit die rechte Seite der Gleichung, somit $\frac{dT}{dp}$ auch positiv sein, das heißt mit anderen Worten, die Erhöhung des Druckes, unter welchem sich Dampf entwickelt, erhöht den Siedepunkt. Die Gleichung kann aber auch in umgekehrter Weise angewendet werden, sobald der Betrag gegeben ist, um welchen sich das Volumen des Wassers bei seiner Verwandlung in Dampf vergrößert; man kann dann daraus $\frac{dT}{dp}$, die Erhöhung der Siedetemperatur bei zunehmender Pressung berechnen.

Die Betrachtung, welche zu der obigen Gleichung geführt hat, ist allgemein anwendbar, also in keiner Weise auf Dampf allein beschränkt. Die Maschine, deren Indikatordiagramm in Fig. 19 skizziert ist, kann ebensogut irgend eine andere Substanz als Arbeitsflüssigkeit besitzen. Die isothermische Linie der ersten Operation, während welcher Wärme aufgenommen wird, stellt in ganz allgemeiner Weise die Änderung des Volumens irgend einer Arbeitssubstanz dar, welche sich vollzieht, während dieselbe ihren physikalischen Zustand ändert. In dem früher erörterten Beispiele veränderte sich die Arbeitssubstanz aus dem flüssigen in den dampfförmigen Zustand. Man könnte aber ebensogut eine feste Substanz voraussetzen, welche zuerst auf die Temperatur T gebracht wurde, bei welcher sie zu schmelzen beginnt; die Ausdehnung der Substanz beim Übergange aus dem festen in den flüssigen Zustand bildet die erste Operation in dem Kreisprozesse; die Substanz verrichtet, indem sie sich unter Überwindung eines konstanten Widerstandes ausdehnt, äußere Arbeit. Man erkennt daraus, daß die früher aufgestellte Gleichung im allgemeinen durch die Beschaffenheit der Arbeitssubstanz unberührt bleibt, daher für irgend eine Umwandlung des Zustandes irgend welcher Arbeitssubstanz in der allgemeinen Form geschrieben werden kann

$$U - U' = \frac{J\lambda}{T} \cdot \frac{dT}{dp}, \quad (3)$$

worin U' das Volumen der Masseneinheit der Substanz im ursprünglichen Zustande, U das Volumen derselben nach vollzogener Umwandlung bedeutet. λ ist die während der Umwandlung des Zustandes verbrauchte

Wärme (die latente Wärme der Schmelzung oder Verdampfung, je nach der Art der Umwandlung), und $\frac{dT}{dp}$ ist jener Betrag, um welchen die Umwandlungstemperatur (Schmelzpunkt oder Siedepunkt) durch Änderung der Pressung, unter welcher sich der Prozeß vollzieht, beeinflußt wird.

Wenn sich ein fester Körper beim Schmelzen ausdehnt, dann ist U größer als U' , daher muß $\frac{dT}{dp}$ positiv sein; in diesem Falle muß somit unter Anwendung von Druck der Schmelzpunkt erhöht werden. Zieht sich hingegen die Substanz beim Schmelzen zusammen, dann ist $U - U'$ negativ und T muß im Verhältnis zu p abnehmen; der Schmelzpunkt muß daher in diesem Falle bei Anwendung von Druck erniedrigt werden. Als ein Beispiel hierfür diene das Eis. Von dem bekannten Betrage, um welchen sich das Eis zusammenzieht, wenn es schmilzt, machte zuerst James Thomson (1849) unter Anwendung auf obige Gleichung (3) Gebrauch, um zu zeigen, daß der Schmelzpunkt des Eises bis zu einem bestimmten Grade erniedrigt werden muß, wenn dasselbe unter Druck zum Schmelzen gebracht werden soll; dieses Resultat wurde später durch einen Versuch seines Bruders Lord Kelvin richtig gestellt. Der Betrag, um welchen die Temperatur des Schmelzpunktes erniedrigt werden muß, beträgt nach diesen Forschungen für jede Atmosphäre angenähert $0,0135^\circ \text{ F}$ ($0,0075^\circ \text{ C}$).* Diese Zahl ergibt sich durch folgende Betrachtung: Ein Pfund Wasser ändert, wenn es gefriert, sein Volumen von 0,016 auf 0,0174 Kubikfuß und gibt hierbei 142 Wärmeeinheiten ab. Aus Gleichung (3) folgt

$$\frac{dT}{dp} = \frac{(U - U')T}{J\lambda} = \frac{(0,0174 - 0,016) \cdot 493}{778 \cdot 142} = 0,00000625.$$

Wenn somit $dp =$ (eine Atmosphäre) 2160 Pfund pro Quadratfuß, dann ist

$$dT = 0,00000625 \times 2160 = 0,0135^\circ \text{ F}.$$

52. Trocknung des Dampfes durch Drosselung. Wenn trockener Dampf ohne Arbeit zu verrichten und ohne Wärmeaufnahme oder -abgabe expandiert, dann wird derselbe überhitzt, feuchter Dampf hingegen getrocknet. Die Ursache dieser Erscheinung liegt darin, daß die totale Wärme des Dampfes (H) bei geringerem Druck kleiner ist, als bei höherem Druck. Eine derartige Expansion kann immer dann beobachtet werden, wenn Dampf durch ein enges Rohr oder eine Öffnung aus einer Kammer, in welcher der Druck z. B. p_1 ist, in eine andere Kammer, deren Druck p_2 ist, überströmt; solche Fälle kommen speziell bei Dampfmaschinen vielfach vor, indem der Dampf auf dem Wege vom Kessel zum Cylinder

*) Siehe Lord Kelvins *Collected Papers*, Vol. I, S. 156 und 165.