

vollständig, d. h. es wird eine Mischung aus Dampf und einer geringen Menge unverdampfter Flüssigkeit in den Cylinder aufgenommen und komprimiert; dadurch wird die infolge der Kompression auftretende Überhitzung reduziert; bei einem entsprechenden Mischungsverhältnisse, also bei genügendem Flüssigkeitsgehalte, kann die Überhitzung auch gänzlich vermieden werden. Die Linie ad in Figur 25 stellt die unvollständige Verdampfung der Mischung, dc die adiabatische Kompression derselben dar, welche in diesem Falle die Substanz eben bis zum Zustande der Trockenheit verdichtet. Stellt hingegen die Linie as den ursprünglichen Zustand der Mischung dar, dann wird dieselbe durch die adiabatische Kompression sr bis zu einem gewissen Grade überhitzt, jedoch nicht so hoch, als dies bei vollständiger Verdampfung vor Beginn der Kompression der Fall wäre.

In Dr. Lindes Ammoniakkompressionsmaschinen wird in dieser Weise durch nasse Mischung Überhitzung verhindert; das Entropie-Temperaturdiagramm dieses Prozesses ist der Wesenheit nach identisch mit dem Linienzug $adcb$ in Figur 25. Andere Ammoniakmaschinen arbeiten hingegen mit Überhitzung; bei einzelnen wird die Wirkung der Überhitzung durch Kühlung des Cylinders mittels Wassermantel vermindert.

Zeichnet man einen Kreisprozeß $adcb$ Figur 25 für eine spezielle Substanz und die derselben entsprechenden Temperaturen, so ersieht man, daß die Fläche unter ad dem gesamten Betrage der während der Verdampfung der Arbeitssubstanz aufgenommenen Wärme entspricht; während des Überganges vom Kondensator A nach dem Kühler C nimmt die Arbeitssubstanz jedoch eine Wärmemenge mit sich, welche der Fläche unter der Linie ba entspricht. Die Differenz dieser beiden Flächen entspricht daher dem wirklichen Betrage der Kühlung. Bei einer Substanz, deren latente Wärme im Vergleiche mit der spezifischen Wärme groß ist, nähert sich der Kühleffekt dem Gesamteffekt, d. h. mit anderen Worten, bei einer solchen Substanz ist der umkehrbare Clausiusprozeß von dem Carnotschen Prozeß, welcher dem idealen Wirkungsgrade eines derartigen Kühlprozesses entspricht, nicht sehr viel verschieden. Von diesem Gesichtspunkte aus betrachtet ist das Ammoniak die beste der bisher in Kältemaschinen benützten Arbeitsflüssigkeiten. Bei Kohlensäure bildet die Fläche unter ba und namentlich dann, wenn sich die obere Grenztemperatur dem kritischen Punkte des Gases nähert, einen verhältnismäßig großen Abzug des gesamten Kühleffektes.

71. Leistungskoeffizient der Kältemaschinen. Vom thermodynamischen Standpunkte aus kann das Verhältnis

Wärme, entzogen dem kalten Körper
Aufgewendete Arbeit

der Beurteilung des Wertes einer Kältemaschine zu Grunde gelegt werden und sei daher „Leistungskoeffizient“ genannt. Bei gegebenen Temperaturgrenzen T_1 und T_2 läßt sich durch eine geringe Änderung der in § 22 benützten Argumente zeigen, daß keine Kältemaschine einen höheren Leistungskoeffizient besitzen kann als jene, welche im Sinne Carnots umkehrbar ist. Man denke sich eine Kältemaschine S durch eine andere Maschine R betätigt, wobei R umkehrbar, somit als Wärmemaschine zum Betriebe von S gedacht sei. Würde die Maschine S einen höheren Leistungskoeffizient besitzen als R , dann würde dieselbe von dem kalten Körper mehr Wärme aufnehmen, als die reversible Maschine R an denselben abgibt; die gekuppelte Maschine würde daher, obwohl selbsttätig arbeitend, im Widerspruche mit dem zweiten Gesetze (§ 2), dem kalten Körper fortdauernd Wärme entziehen. Umkehrbarkeit ist somit das Zeichen der Vollkommenheit nicht nur der Wärmemaschine sondern auch der Kältemaschine.

Wenn eine umkehrbare Kältemaschine ihre gesamte Wärme Q_C bei der Temperatur T_2 aufnimmt und dieselbe im Betrage Q_A bei der Temperatur T_1 abführt, dann ist $\frac{Q_C}{T_2} = \frac{Q_A}{T_1}$ und der Leistungskoeffizient

$$\frac{Q_C}{W} = \frac{Q_C}{Q_A - Q_C} = \frac{T_2}{T_1 - T_2}.$$

Daraus folgt, und diese Folgerung ist für die Praxis von größter Wichtigkeit, je näher liegend die Grenztemperaturen gewählt werden, desto besser, denn desto größer wird der Leistungskoeffizient. Um eine große Masse irgend einer Substanz um nur einige Grade abzukühlen, wird ein viel kleinerer Energieaufwand erforderlich sein, als für die Abkühlung von z. B. $\frac{1}{10}$ dieser Masse um zehnmahl mehr Grade, obgleich die der Masse in beiden Fällen entzogene Wärme die gleiche ist. Wenn man daher eine große Menge Wasser oder Luft abkühlen will, so ist es rationeller, die ganze Menge durch eine innerhalb der gewünschten Temperaturgrenzen arbeitende Kältemaschine abzukühlen, als nur einen Teil derselben innerhalb weiterer Grenzen zu kühlen und dann mit dem ungekühlten Rest zu mischen. Es ist dies nur ein spezieller Fall eines allgemein gültigen Prinzipes, auf welches bereits in früheren Fällen hingewiesen wurde, daß jede Mischung oder Berührung von Substanzen ungleicher Temperaturen thermodynamisch schädlich ist, weil ein derartiger Wärmeaustausch nicht umkehrbar ist. Eine Eismaschine zum Beispiel sollte somit mit einer unteren Grenztemperatur arbeiten, welche nur um so

viel niedriger wäre als 0° C, daß die Wärme von dem zu gefrierenden Wasser mit genügender Schnelligkeit auf die Arbeitsflüssigkeit übergeht.

72. Umgekehrte Joulemaschine. Die Bell-Colemankältemaschine. Es wurde bereits früher (§ 68) diese Umkehrung der Joulemaschine mit der Bemerkung erwähnt, daß nach diesem Arbeitsprinzip gebaute Maschinen an Bord von Ozeandampfern vielfach benützt wurden und auch heute noch benützt werden, um in den Räumen für die Aufbewahrung des Fleisches entsprechende Kälte zu erzielen. Die Maschine wirkt in der Weise, daß sie aus der Kältekammer Luft ansaugt, diese komprimiert, die Kompressionswärme durch einen Kühler so weit als möglich entzieht und dann die Luft auf die Spannung in der Kammer expandieren läßt; die Temperatur derselben ist nun niedriger wie jene der Luft in der Kammer, infolge der Wärmeabfuhr während der Kompression. Die auf diese Weise abgekühlte Luft wird in die Kammer zurückgeleitet und im Wege dieses kontinuierlich fortgesetzten Prozesses die Temperatur in der Kammer trotz der fortwährenden Wärmeleitung von außen hinreichend kalt erhalten. Die Wände der Kältekammer sind mit einer dicken Schicht eines schlecht wärmeleitenden Stoffes überzogen, um die für die Kälteerzeugung erforderliche Arbeit so weit als möglich zu reduzieren. Die Skizze Figur 36 zeigt den schematischen Zusammenhang der Organe einer solchen Maschine. C ist die kalte Kammer, deren Inneres atmosphärische oder eine hiervon wenig verschiedene Spannung besitzt. A ist der Kühler, bestehend aus einem System enger von zirkulierendem Wasser umgebener Röhren. Die Kompression findet in M , die Expansion in N statt. M nimmt Luft aus C von der Temperatur T_2 während des Aushubes und komprimiert dieselbe während eines Teiles des Einhubes, bis die Spannung des Kühlers A erreicht ist. Diese beiden Operationen stellen die Linien fc und cb des Indikatordiagrammes Figur 37 dar. Die Kompression cb hat die Erhöhung der Temperatur über jene von A zur Folge; wenn nun die Pumpe M die komprimierte Luft während des restlichen Einhubes bc nach A schafft, fällt die Temperatur derselben und eine Wärmemenge

$$C_p(T_b - T_a)$$

wird an A abgegeben, wenn T_b die Endtemperatur der Kompression und T_a (statt T_1) die Temperatur des Kühlers A ist. Während dieses Prozesses entnimmt der Cylinder N eine gleiche Luftmenge von der Temperatur T_a oder T_1 aus A und expandiert dieselbe auf die Spannung der Kammer C ; diese beiden Operationen sind im Diagramm durch die Linien ea und ad dargestellt. Mit Ende der Expansion ist die Temperatur der