

in Arbeit umgesetzte Wärme
aufgenommene Wärme

ist

$$\frac{R(T_1 - T_2) \log_e r}{R T_1 \log_e r} = \frac{T_1 - T_2}{T_1} = 1 - \left(\frac{T_2}{T_1}\right). \quad (15)$$

Der Bruch $\frac{T_1 - T_2}{T_1}$ stellt zugleich jenen Teil der dem Prozesse zugeführten Wärme dar, welcher durch eine den Carnotschen Kreisprozeß genau befolgende Maschine in Arbeit umgesetzt werden könnte. Die Maschine nimmt eine bestimmte Wärmemenge von der Temperatur der Wärmequelle, proportional zu T_1 auf und weist eine gewisse Wärmemenge von der Temperatur des Receivers, proportional zu T_2 ab. Die Maschine arbeitet, indem sich die Arbeitsflüssigkeit von der Temperatur T_1 auf T_2 abkühlt, mit dem Temperaturgefälle T_1, T_2 ; dieses Arbeitsvermögen wird somit um so größer sein, je tiefer die Temperatur T_2 , bei welcher Wärme abgeführt wird, unter der Temperatur T_1 liegt, bei welcher Wärme aufgenommen wird.

20. Die Umkehrung des Carnotschen Kreisprozesses. Der in den vorigen Paragraphen betrachtete Kreisprozeß ist namentlich dadurch charakterisiert, daß sowol der Druck zu beiden Seiten des Kolbens als auch die Temperaturen zu beiden Seiten des Bodens stets einander gleich sind. Die Herstellung einer kalorischen Maschine, welche genau nach dem Schema des Carnotschen Prozesses arbeiten würde, ist aber ebensowenig denkbar, als es in der Praxis möglich ist, eine Maschine ohne alle Reibung herzustellen, daher immer ein Überschuß von Arbeit vorhanden sein muß, um sie in Bewegung zu erhalten. Diese technische Unvollkommenheit soll jedoch keineswegs hindern, die aus der Annahme einer vollkommenen kalorischen Maschine sich ergebenden theoretischen Folgerungen zu ziehen.

Die erste Folgerung ist nun die, daß sich der Gang einer solchen Maschine, beziehungsweise der Kreisprozeß derselben, umkehren lassen muß, so daß dasselbe Indikatorgramm $abcd$ (Fig. 12), aber in entgegengesetzter Richtung $adcba$ beschrieben wird.

Geht man von demselben Punkte a bei derselben Temperatur T_1 des Gases aus, dann setzt sich der Prozeß in umgekehrter Reihenfolge aus den vier Zustandsänderungen zusammen:

(1) B trete anstelle des Cylinderbodens; der Kolben bewege sich nach rechts. Das Gas expandiert adiabatisch nach der Kurve ad ; sobald d erreicht ist, ist die Temperatur auf T_2 gefallen.

(2) Man entferne B und setze an dessen Stelle C . Der Kolben bewegt sich weiter nach rechts bis zum Punkte c ; das Gas expandiert iso-

thermisch bei unveränderlicher Temperatur T_2 , indem es Wärme von C aufnimmt. Punkt d beschreibt die Isotherme dc .

(3) Man entferne nun C und setze an dessen Stelle wieder B ; der Kolben bewege sich, das Gas komprimierend zurück. Der Prozeß ist adiabatisch; die Kurve cb . Wenn b erreicht ist, hat auch die Temperatur wieder ihren Ausgangswert T_1 erreicht.

(4) Schließlich entferne man B , setze A an dessen Stelle und komprimiere das Gas weiter, bis der Ausgangspunkt a erreicht ist. Die Kompression erfolgt bei konstanter Temperatur, also isothermisch.

Während dieses Prozesses verrichtet die Maschine keine äußere Arbeit, sondern verbraucht Arbeit entsprechend der Diagrammfläche $adcb$, ausgedrückt durch $R(T_1 - T_2) \log_e r$. Geleistet wurde allerdings die Arbeit gleich der Fläche v_aadc , verbraucht hingegen die der größeren Fläche v_aabcc entsprechende Arbeit, es bleibt also ein Überschuß an verbrauchter oder negativer Arbeit, welcher von außen zugeführt werden mußte, durch den Prozeß jedoch in Wärme umgesetzt wurde. Während der zweiten Zustandsänderung mußte Wärme im Betrage $RT_2 \log_e r$ vom Receiver C aufgenommen werden, hingegen wurde während der vierten Operation Wärme im Betrage $RT_1 \log_e r$ an A abgeführt. Während der ersten und dritten Zustandsänderung findet keine Wärmeübertragung statt.

Die Wirkungsweise einer Maschine, welche nach diesem System arbeitet, ist in jeder Beziehung die Umkehrung der Wirkungsweise einer Maschine, welche nach dem in § 18 beschriebenen Schema arbeitet: Dieselbe Arbeit muß hier von außen auf die Maschine übertragen werden, welche sie früher nach außen abgab; dieselbe Wärmemenge wird hier auf A übertragen, die früher von A entnommen werden mußte und dieselbe Wärmemenge wird hier von C entnommen, welche früher an C abgegeben wurde.

Das Gesagte läßt sich folgendermaßen numerisch ausdrücken:

Carnots direkter Kreisprozeß.

Vom Gase geleistete Arbeit = $R(T_1 - T_2) \log_e r$;

von A entnommene Wärme = $RT_1 \log_e r$;

an C abgeführte Wärme = $RT_2 \log_e r$.

Carnots umgekehrter Kreisprozeß.

An das Gas abgegebene Arbeit = $R(T_1 - T_2) \log_e r$;

an A abgegebene Wärme = $RT_1 \log_e r$;

von C entnommene Wärme = $RT_2 \log_e r$.

Das schließliche Resultat ist somit: Verlust einer bestimmten Arbeitsmenge; Gewinn einer bestimmten Wärmemenge und Überführung derselben vom kälteren Körper von der Temperatur T_2 auf den wärmeren Körper von der Temperatur T_1 .