

Dieses Resultat kann als Kontrolle für die Richtigkeit der Diagrammlinien benützt werden, indem die von denselben eingeschlossene Fläche der geleisteten Arbeit entsprechen soll.

In gleicher Weise wie im vorhergehenden angenommen wurde, daß die Arbeitsflüssigkeit in  $a$  nur aus Wasser und in  $b$  nur aus Dampf besteht, kann man sich den Prozeß  $ab$  auch durchgeführt denken als teilweise Verdampfung einer Mischung aus Wasser und Dampf. Die aufgenommene Wärme wäre in diesem Falle  $(q_b - q_a)L$  und da der Kreisprozeß umkehrbar ist, ergibt sich die Diagrammfläche durch die Gleichung

$$\text{area } abcda = \frac{L(q_b - q_a)(T_1 - T_2)}{T_1}.$$

#### 44. Wirkungsgrad einer vollkommenen Dampfmaschine.

**Grenzen der Temperatur.** Wenn der im vorhergehenden beschriebene Arbeitsprozeß praktisch durchführbar wäre, dann hätte man eine mit gesättigtem Dampf arbeitende, thermodynamisch vollkommene Dampfmaschine. Wie bei allen vollkommenen Wärmemaschinen würde auch bei dieser idealen Dampfmaschine der Wirkungsgrad nur von den Grenztemperaturen abhängig sein, zwischen welchen der Arbeitsprozeß verläuft, sonst von nichts. Das Verhältnis der von einer solchen Maschine in Arbeit verwandelten Wärme zu der dem Prozesse zugeführten Wärme wäre daher von diesen beiden Temperaturen und somit von den beiden Pressungen abhängig, bei welchen der Dampf erzeugt, beziehungsweise kondensiert wurde.

Es ist daher von Interesse, die Temperaturgrenzen, zwischen welchen Dampfmaschinen zu arbeiten vermögen, einer näheren Betrachtung zu unterziehen. Die Temperatur der Kondensation ist durch den Umstand begrenzt, daß die abzuführende Wärme von irgend einer stetig und reichlich zu erneuernden Substanz absorbiert werden muß, damit die Temperatur  $T_2$  möglichst konstant erhalten werden kann; gewöhnlich wird Wasser für diesen Zweck benützt, somit ist die untere Temperaturgrenze  $T_2$  durch die Temperatur der verwendbaren Wassermenge bestimmt.

Die obere Temperatur  $T_1$  und somit auch die Pressung  $p_1$  wird praktisch begrenzt durch die bei hohen Dampfspannungen auftretenden mechanischen Schwierigkeiten hinsichtlich der Dichtung, Schmierung und der sonstigen baulichen Durchführung der Maschine. Durch ganz spezielle Konstruktionen von Kessel und Maschine nützte L. Perkins Spannungen bis 500 Pfund englisch pro Quadratzoll (ca. 35 kg/qcm) aus; bei Maschinen und Kesseln der gewöhnlichen Konstruktion arbeitet man jedoch nur mit Spannungen von ca. 15 kg/qcm abwärts.

Die obere Temperaturgrenze ist daher für Wasserdampf ca.  $200^{\circ}\text{C}$  ( $T_1 = 473^{\circ}$ ). Eine Dampfmaschine vermag daher selbst unter den günstigsten Voraussetzungen aus den hohen Temperaturen, unter welchen Wärme bei der Verbrennung von Kohle erzeugt wird, verhältnismäßig wenig Nutzen zu ziehen. Vom Standpunkte der Thermodynamik ist der unvermeidliche Temperaturabfall zwischen der Feuerung und dem Kessel der wunde Punkt des Dampfbetriebes. Die Verbrennung erfolgt unter hohen Temperaturen, aber ein großer Teil der erzeugten Wärme muß geopfert werden, bevor noch die Umwandlung derselben in Arbeit beginnen kann.

Nimmt man die Kondensationstemperatur mit ca.  $15^{\circ}\text{C}$  als untere Grenze an, dann hängt der Wirkungsgrad einer mit gesättigtem Dampf arbeitenden idealen Dampfmaschine von dem Werte der Spannung  $p_1$  (der absoluten Erzeugungsspannung des Dampfes) auf folgende Weise ab:

Vollkommene Dampfmaschine mit Kondensation bei  $15^{\circ}\text{C}$ :

$p_1$ in kg/qcm	3	6	9	12	15
Absolute Temperatur $T_1$	405,8	431	447,4	460	470
Höchster idealer Wirkungsgrad	0,29	0,332	0,355	0,374	0,387

Diese Werte des Wirkungsgrades können jedoch in Wirklichkeit niemals erreicht werden. Verschiedene Gründe wirken zusammen, daß keine Dampfmaschine thermodynamisch vollkommen sein kann; einzelne Ursachen dieser Unvollkommenheit können prinzipiell nicht beseitigt werden. Die obigen Zahlen können jedoch als Anhaltspunkte für einen Vergleich der Leistungsfähigkeit verschiedener Wärmekraftmaschinen benutzt werden, sowie aus denselben der Vorteil hoher Dampfspannungen in thermodynamischer Beziehung resultiert.

**45. Wirkungsgrad einer ohne Expansion arbeitenden Dampfmaschine.** Als Gegensatz der in § 43 behandelten idealen oder vollkommenen Dampfmaschine soll im folgenden der Kreisprozeß einer mit Vollfüllung arbeitenden Maschine untersucht werden, unter Voraussetzung wärmedichter Cylinder und Zugrundelegung der Textfigur 14. Das vom Dampf eingenommene Volumen ist somit in diesem Falle gleich dem Hubvolumen des Kolbens. Die Wirkungsweise einer solchen Maschine kann auf folgende Weise dargestellt werden:

1.  $A$  trete an Stelle des Cylinderbodens; das Wasser verdampfe unter der Temperatur  $T_1$  und dem Drucke  $p_1$ . Die pro kg der Arbeitsflüssigkeit aufgenommene Wärmemenge sei gleich  $L_1$ .

2. An Stelle der Wärmequelle  $A$  trete der Kondensator  $C$ . Hier-