

Bezeichnungen und Tabelle für  $v$  und  $t_s$  s. S. 350. Für die Berechnung von  $v_1$  für Gleichung 3 sind die Temperaturen oder Nassen des Admissionsdampfes in die Formeln 11 bis 13 einzuführen.

$k$  ist für anfangs nassen Dampf nach Zeuner  $= 1,035 + 0,1 x$ .

Für überhitzten und während der Expansion überhitzt bleibenden Dampf ist  $k$  bei den heute geltenden Werten für die spezifische Wärme des Dampfes einigermäßen konstant  $= 1,3$  (früher rechnete man mit 1,33).

### Näherungsverfahren für überhitzten Dampf.

**13.** Das Verfahren wird jedoch bei dem am häufigsten vorkommenden Fall des anfangs überhitzten Dampfes ziemlich umständlich, weil bei den üblichen Überhitzungs- und Expansionsgraden der Dampf während der Expansion aus dem Überhitzungsgebiet in das Sättigungsgebiet übergeht und weil sich beim Übergang plötzlich das Expansionsgesetz ändert. Man könnte für Dampf, welcher während der Expansion in das Sättigungsgebiet übergeht, so vorgehen, daß man zunächst die Arbeit im Überhitzungsgebiet ermittelt, nachdem man das spezifische Volumen und den Druck festgestellt hat, bei welchem der Übergang stattfindet,<sup>1)</sup> und von da ab mit Benutzung der Tabelle und Skala S. 353 die Arbeit im Sättigungsgebiet bestimmt.

**14.** Um die Umständlichkeit zu vermeiden, wird weiter unten (Art. 17 bis 28) ein anderes Verfahren zur Ermittlung von  $C_a$  angegeben werden, welches sowohl für gesättigten als auch für überhitzten Dampf anwendbar ist und sich auf die Molliersche JS-Tafel stützt. Da dasselbe jedoch dem in Art. 8 bis 11 für gesättigten Dampf behandelten an Einfachheit nachsteht und auch nicht gestattet, unmittelbar von einem gegebenen oder angenommenen  $p_i$  auszugehen, sei hier noch ein Näherungsverfahren mit einer rechnerempirischen Ersparnisformel (14) für überhitzten Dampf angegeben, welches von dem adiabatischen Satttdampfverbrauch ausgeht. Die Formel gilt mit den angegebenen Konstanten zunächst nur für Maschinen mit Kondensation. Für Auspuffmaschinen und Maschinen mit höherem

<sup>1)</sup> Die Bestimmung des Übergangspunktes im  $p-v$ -Diagramm als Schnittpunkt von Expansionslinie und Sättigungslinie ist bei dem flachen Schnitt beider Linien zu ungenau. Man bestimmt den Übergangspunkt entweder rechnerisch durch Vereinigung der Gleichung der Adiabate mit der der Sättigungslinie (Grenzkurve) oder einfacher mit Hilfe des Mollierschen JS-Diagramms, in welchem der Schnitt steiler ist wie im  $p-v$ -Diagramm.

Gegendruck für Abdampfverwertung muß die Ermittlung anderer Konstanten vorbehalten bleiben und einstweilen auf das zweite Verfahren (Art. 17 u. ff.) verwiesen werden.

Man bestimmt zunächst den adiabatischen Verbrauch  $C_{as}$  an gesättigtem Dampf nach Art. 8 bis 11, findet den adiabatischen Wärmeverbrauch  $W_{as}$  durch Multiplikation mit dem  $\lambda$  des Admissionsdampfes und berechnet die Wärmeersparnis durch Überhitzung<sup>1)</sup> in Prozenten mittels der nachfolgenden Ersparnisformel:

$$E = \frac{t_u}{100} \left( 2,5 + 22 \frac{p_i - 0,3}{p + 10} \frac{t_u}{100} \right). \quad (14)$$

Nach Abzug dieses Prozentsatzes von dem Wärmeverbrauch  $W_{as}$  findet man  $W_{au}$  und durch Division durch den Wärmeinhalt  $i$  des überhitzten Dampfes den adiabatischen Verbrauch an überhitztem Dampf.

**15.** Für die Bedingungen der Hauptaufgabe mit  $t = 320$ ;  $t_s$  gemäß Tabelle S. 350 bei 7 Atm. = 164;  $t_u = 320 - 164 = 156$  wird:

$$E = \frac{156}{100} \left( 2,5 + 22 \frac{2,6 - 0,3}{7 + 10} \frac{156}{100} \right) = 11,12 \text{ } \%. :$$

Der Dampfverbrauch bei normaler Belastung wurde gefunden in Art. 11  $C_{as} = 5,62$ ; mit  $\lambda$  (laut Tabelle S. 350) = 662 ist der Wärmeverbrauch  $W_{as} = 5,62 \cdot 662 = 3720,4$  WE; hiervon werden bei Überhitzung auf  $320^\circ$  gespart 11,12 % oder  $0,1112 \cdot 3720,4 = 413,7$  WE. Der adiabatische Wärmeverbrauch wird also bei Überhitzung auf  $320^\circ$  sein  $W_a = 3720,4 - 413,7 = 3306,7$  WE.

**16.** Um den Dampfverbrauch zu bestimmen, muß man den Wärmeinhalt  $i$  des Dampfes im Überhitzungszustand kennen; man findet ihn, indem man zu dem Wärmeinhalt des gesättigten Dampfes bei 7 Atm. die Überhitzungswärme hinzuzählt. Wegen der Veränderlichkeit der spezifischen Wärme wird die Rechnung ohne Hilfstabellen umständlich. Näherungsweise kann man mit einer mittleren spezifischen Wärme von 0,53 bei höheren Überhitzungen rechnen; dann wird:

$$i = \lambda + 0,53 (t - t_s) = 662 + 0,53 \cdot 156 = 745 \text{ WE.}$$

Man kann den Wärmeinhalt auch mit der Mollierschen Formel, welche nicht auf den Wärmeinhalt im Sättigungszustande Bezug

<sup>1)</sup> Die Formel liefert nur die Ersparnis in der verlustlosen Maschine, die man analog den bisherigen Benennungen als adiabatische Ersparnis bezeichnen könnte; die beträchtlichen Ersparnisse durch Verminderung des inneren Wärmeaustauschs bei Verwendung von überhitztem Dampf werden unter den Wärmeverlusten (Art. 105, 106, 108 bis 112) behandelt werden.

nimmt, berechnen: Nach Hütte, 21. Aufl. Bd. I S. 440 und der Tabelle für  $\mathfrak{S}$  auf S. 438 ist nach Mollier:

$$i = 594,7 + 0,477 t - \mathfrak{S} p; \quad (15)$$

mit  $\mathfrak{S}$  laut Tabelle = 0,55 wird  $i = 594,7 + 0,477 \cdot 320 - 0,55 \cdot 7 = 743,5$  WE. Mit dem letzteren Wert möge gerechnet werden. Dividiert man den adiabatischen Wärmeverbrauch durch den Wärmeinhalt von 1 kg Dampf, so erhält man den adiabatischen Dampfverbrauch:

$$C_a = \frac{3306,7}{743,5} = 4,45 \text{ kg/PS gegenüber } C_{a_s} = 5,62 \text{ kg/PS.}$$

Maßgebend für die Ökonomie ist natürlich der Wärmeverbrauch 3306,7 gegenüber 3720,4 WE.

Wesentlich geringer ist die Ersparnis bei Maschinen mit hohem Anfangsdruck und weitgehender Expansion (Verbundmaschinen). Für das am Ende von Art. 11 gerechnete Beispiel ergibt sich bei einer Temperatur des eintretenden Dampfes von  $320^\circ$  mit  $t_s$  entsprechend einem Druck von 12 Atm. = 186,9<sup>0</sup>;  $t_n = 320 - 186,9 = 133,1^\circ$ ;

$$E = \frac{133,1}{100} \left( 2,5 + 22 \frac{2,0 - 0,3 \frac{133,1}{100}}{12 + 10} \right) = 6,34 \text{ } \%.$$

#### Zweites Verfahren für überhitzten Dampf mit dem JS-Diagramm.

**17.** Die neueren Wärmediagramme, insbesondere das sogenannte JS-Diagramm von Mollier und das TS-Diagramm, haben sich für die Berechnung der Dampfzustände in Dampfturbinen als außerordentlich wertvoll erwiesen. Für die Beurteilung der Vorgänge in Kolbendampfmaschinen haben sie bisher noch keine ausgedehnte Verwendung gefunden.

Man begnügt sich meist damit, den sogenannten thermodynamischen Wirkungsgrad mit Hilfe der Diagramme festzustellen, den man findet, wenn man im JS-Diagramm von dem Zustande des Admissionsdampfes senkrecht herunter mißt nach dem niedrigsten Druck im Zylinder (zuweilen wird auch der Kondensatordruck zugrunde gelegt) und mit der so gefundenen Arbeit dividiert in die beim Versuch tatsächlich mit 1 kg Dampf geleistete indizierte Arbeit.

Der thermodynamische Wirkungsgrad hat für die Beurteilung der Kolbendampfmaschine kaum irgendwelchen Wert, seine Aufstellung und Vergleichung für Kolbenmaschinen verschiedener Art muß als eine müßige Vergleichsspielerei bezeichnet werden; denn die Kolbendampfmaschine arbeitet nun einmal mit abgebrochener Expansion, und es werden durch die Angabe des thermodynamischen Wirkungsgrades die eigentlichen Verluste mit dem unausgenutzten Teil der Expansionsarbeit, dessen Größe für sich feststellbar ist,