

gleichem Druck konstant ist. Die spez. Wärme des überhitzten Dampfes dagegen ist abhängig vom Druck und der Temperatur. Die Schwankungen sind in der Nähe des Sättigungszustandes recht beträchtlich; die Werte von c_p wachsen allgemein mit der Spannung und fallen anfangs mit der Temperatur, um bei weiterer Temperaturzunahme annähernd proportional zu derselben anzusteigen, wie aus Fig. 183 ersichtlich.

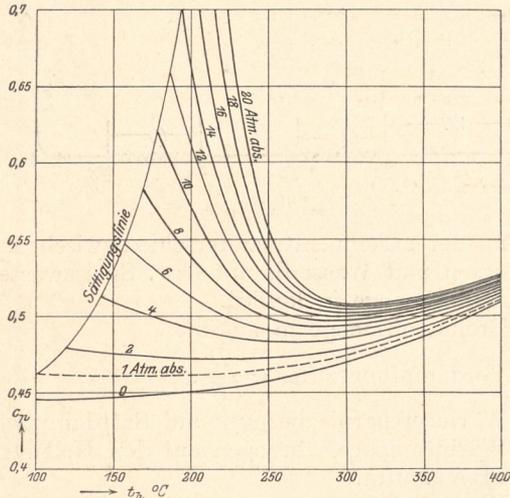


Fig. 183.

Diese Abbildung ist den Veröffentlichungen von Knoblauch und Jakob¹⁾ entnommen, welche durch eingehende Versuche die Werte c_p für den Bereich von 0 bis 20 at und vom Sättigungszustand bis 400° C festgestellt haben.

Wegen der Veränderlichkeit des Wertes von c_p muß man, um die zur Erwärmung einer Dampfmenge von t_1 ° auf t_2 ° nötige Wärmemenge zu berechnen, den Mittelwert von c_p für den Temperaturbereich von t_1 bis t_2 kennen. Solche Mittelwerte sind nach der erwähnten Quelle in folgender Zahlentafel enthalten.

Zahlentafel Nr. 48.

Mittlere spezifische Wärme für die Überhitzung von t_s ° auf t_h °.

| $t_h = 100^\circ$ | 1 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|-------|-------|
| $p = \begin{cases} \text{at abs.} \\ \text{at Überdr.} \end{cases}$ | 0 | 1 | 3 | 5 | 7 | 9 | 11 | 13 | 15 | 17 | 19 |
| $t_s = \dots\dots\dots$ | 99 | 120 | 143 | 158 | 169 | 179 | 187 | 194 | 200 | 206 | 211 |
| $t_h = 100^\circ$ | 0,463 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 150 | 0,462 | 0,478 | 0,515 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 200 | 0,462 | 0,475 | 0,502 | 0,530 | 0,560 | 0,597 | 0,635 | 0,677 | [0,751] | — | — |
| 250 | 0,463 | 0,474 | 0,495 | 0,514 | 0,532 | 0,552 | 0,570 | 0,588 | 0,609 | 0,635 | 0,664 |
| 300 | 0,464 | 0,475 | 0,492 | 0,505 | 0,517 | 0,530 | 0,541 | 0,550 | 0,561 | 0,572 | 0,585 |
| 350 | 0,468 | 0,477 | 0,492 | 0,503 | 0,512 | 0,522 | 0,529 | 0,536 | 0,543 | 0,550 | 0,557 |
| 400 | 0,473 | 0,481 | 0,494 | 0,504 | 0,512 | 0,520 | 0,526 | 0,531 | 0,537 | 0,542 | 0,547 |

Für Überschlagsrechnungen kann man $c_p = 0,54$ verwenden, während der früher viel gebrauchte Wert $c_p = 0,48$ nur für überhitzten Dampf von atmosphärischer Spannung gelten kann.

B. Erzeugungswärme i' der Überhitzung.

Diese ist, wenn man von trocken gesättigtem Wasserdampf ausgeht,

$$i' = c_p(t_h - t_s). \tag{31}$$

Enthält aber der Dampf übergerissenes Wasser oder ist auf dem Wege vom Kessel zum Überhitzer infolge

¹⁾ Z. Ver. deutsch. Ing. 1907, S. 128.

Wärmeabgabe der Rohrwandung eine bestimmte Menge Kondensat entstanden, so muß damit gerechnet werden, daß dieses Wasser im Überhitzer erst wieder verdampft und dann auch die daraus entstandene Dampfmenge mit überhitzt werden muß.

In nachfolgendem soll angenommen werden, daß das etwa im Dampf enthaltene Wasser auf seinem Wege zum Überhitzer nicht wesentlich unter die Temperatur der dem Drucke entsprechenden Flüssigkeitswärme abgekühlt wird, daß also für die Verdampfung im Überhitzer nur noch die dem Arbeitsdrucke entsprechende Verdampfungswärme in Frage kommt. Nach Zahlentafel Nr. 3 sind hierfür — nach oben abgerundet — etwa 500 WE erforderlich, die demnach aufzuwenden wären, um 1 kg des im Naßdampf enthaltenen Wassers im Überhitzer nachverdampfen zu können.

Da in der Regel der Wassergehalt w des Dampfes in v. H. der Sattedampfmenge ausgedrückt wird, so ist die für die Verdampfung von w aufzuwendende Wärmemenge bei D kg Dampfgewicht:

$$Q = \frac{D \cdot w}{100} \cdot 500 \tag{32}$$

und die vom Überhitzer überhaupt aufzunehmende Wärme:

$$Q = D \left(\frac{w}{100} \cdot 500 + c_p(t_h - t_s) \right) = D[5 \cdot w + c_p(t_h - t_s)]. \tag{33}$$

Beispiel 14. Es soll 1 kg trockner, gesättigter Dampf von 12 at Überdruck auf 350° C überhitzt werden; wieviel Erzeugungswärme für den überhitzten Dampf ist hierfür erforderlich?

$$i' = c_p(t_h - t_s) = 0,533(350 - 190,6) = 85,2 \text{ WE.}$$

Beträgt aber der Wassergehalt des Dampfes 2 v. H., so sind

$$Q = D[5w + c_p(t_h - t_s)] = 1[5 \cdot 2 + 0,533(350 - 190,6)] = 95,2 \text{ WE aufzuwenden.}$$

Da die Verdampfung des überhitzten Wassers eine immerhin erhebliche Wärmemenge erfordert, wodurch die eigentliche Leistung des Überhitzers beeinträchtigt wird, so ist es ratsam, dafür Sorge zu tragen, daß der Wassergehalt der zu überhitzenden Dampfmenge so niedrig wie möglich gehalten wird. Andererseits kann es sehr oft erwünscht sein, wenn beispielsweise der Überhitzer hohen Gastemperaturen ausgesetzt ist, daß ein geringerer Wassergehalt im Sattedampf enthalten ist, der dann, dem vorderen Teil der Heizfläche zugeführt, zur Schonung der Überhitzerwandungen beiträgt. In letzterem Falle muß natürlich die Heizfläche des Überhitzers entsprechend groß gewählt werden.

C. Die Gesamtwärme i_h des Heißdampfes

setzt sich zusammen aus der

$$\text{Erzeugungswärme } i_s \text{ des Sattedampfes} \\ + \text{Erzeugungswärme } i' \text{ der Überhitzung,}$$

demnach ist

$$i_h = i_s + i' \tag{34}$$

oder

$$i_h = i_s + c_p(t_h - t_s). \tag{35}$$

In nebenstehender Zahlentafel Nr. 49 ist die Gesamtwärme für 1 kg überhitzten Dampfes für verschiedene Drücke und Temperaturen zusammengestellt, mit Benutzung des Wertes c_p nach Zahlentafel Nr. 48.