

Pumpen sind bei der 1D + D + D1-Malletlokomotive der Eriebahn an jeder Kesselseite angeordnet. Sie werden an den Gleitbahnträgern des Hochdruckgestelles befestigt und von den Kreuzköpfen der Hochdruckzylinder durch einen Umsetzhebel angetrieben, der den Hub der Pumpen auf 254 mm herabsetzt. Regelung des Wasserzuflusses zur Pumpe durch ein Ventil im Führerhaus.

VII. Vorwärmer-Theorie.

a) Bestimmung der Wärmeersparnis bei Anwendung eines Vorwärmers.

Soll das Tenderwasser von 15° auf 100° erwärmt werden, so ist die Wärmeersparnis bei Vorwärmeranwendung folgende:

1. bei Sattedampf,

1 kg Sattedampf von 13 at abs enthält rund 669 WE; somit ist die aus dem Abdampf zurückgewonnene Wärme

$$\frac{100-15}{669} \cdot 100 = 12,7\% \text{ der in 1 kg Dampf enthaltenen oder}$$

$$\frac{100-15}{669-15} \cdot 100 \cong 13\% \text{ der 1 kg Dampf zugeführten Wärmemenge.}$$

2. bei Heißdampf,

1 kg Heißdampf von 13 at abs und 350° Überhitzungstemperatur enthält rd. 753 WE; somit ist die aus dem Abdampf zurückgewonnene Wärme

$$\frac{100-15}{753} \cdot 100 = 11,3\% \text{ bzw.}$$

$$\frac{100-15}{753-15} \cdot 100 = 11,5\% \text{ der in 1 kg enthaltenen bzw. 1 kg zugeführten Wärmemenge.}$$

β) Bestimmung, um wieviel Grad das Speisewasser durch den Abdampf der Knorr-Wasser- und Knorr-Luftpumpe vorgewärmt wird

Ausgeführt werden in der Regel bei der Knorr-Speisewasserpumpe

Dampfpumpenzyl.-Durchm. = 203 mm (250 l/min Leistung)

Wasserpumpenzyl.-Durchm. = 140 mm

Bei 80% Gütegrad der Pumpe und bei den angegebenen Pumpenabmessungen ergibt sich für die Förderung von 1000 Liter Wasser ein Dampfverbrauch der Pumpe von

$$\frac{100}{80} \cdot \frac{203^3}{140^3} = 2,62 \text{ cbm. Bei 5\%}$$

Wassergehalt (d. h. 95% Dampf und 5% Wasser) und 10 at abs Druck wiegt 1 cbm Dampf der Pumpe 5,3 kg und der gesamte Dampf $2,62 \cdot 5,3 = 13,85$ kg.

Der Wärmehalt dieses Dampfgemisches ist

$$(1-0,05) \cdot 13,85 \cdot 666 + (1-0,95) \cdot 13,85 \cdot 179 = 8900 \text{ WE.}$$

Mit dem Niederschlagwasser gehen $100 \cdot 13,85 = 1385$ WE verloren. Es verbleiben $8900 - 1385 = 7515$ WE, wodurch 1000 Liter Speisewasser von 15° um

$$\frac{7515}{1000} \cong 7^{\circ} \text{ erwärmt werden.}$$

γ) Bestimmung der Abdampfmenge, die dem Vorwärmer zugeführt werden muß, um 1 kg Wasser von $15 + 7 = 22^{\circ}$ auf 100° vorzuwärmen.

Der Wärmeinhalt i'' von 1 kg überhitztem Abdampf von 100° und 1 at abs Druck ist

$$i'' = 594,7 + 0,477 \cdot t - J^1) \cdot p = 594,7 + 0,477 \cdot 100 - 2,66 \cdot 1 = 645 \text{ WE.}$$

Bei Verdichtung des Dampfes zu Wasser von 100° erhält man $645 - 100 = 545$ WE, d. h. 1 kg Abdampf von 1 at abs vermag im Vorwärmer 545 WE an das Speisewasser abzugeben; also 1 kg Abdampf

erwärmt $\frac{545}{100 - 22} = 7$ kg vorgewärmtes Wasser auf 100° , so daß etwa

$\frac{1}{7}$ des Abdampfes dem Vorwärmer zugeführt und somit dem Blasrohr entzogen werden muß. Um den gleichen Unterdruck in der Rauchkammer zu erhalten, wäre also das Blasrohr enger zu machen. Indessen hat es sich gezeigt, daß bei den Sattdampflokomotiven nach Einbau der Vorwärmanlage die Dampferzeugung auch ohne Verengung des Blasrohres ausreichend bleibt, während bei den Heißdampflokomotiven die Lichtweite des Blasrohres um etwa 5% zu verringern ist, um eine willige Dampferzeugung zu sichern und den sachgemäßen Betrieb der Vorwärmanlage zu ermöglichen.

δ) Bestimmung der Vorwärmer-Heizfläche.

Wärmeübergang zwischen Vorwärmer-Heizfläche, Dampf und Wasser:

$$Q^{\text{WE}} = k \cdot F \cdot \tau$$

Hierin ist

F = Vorwärmer-Heizfläche in qm,

Q = stündlich übergehende Wärmemenge in WE,

τ = mittlerer Temperaturunterschied zwischen Dampf- und Wasserwärme in $^{\circ}$ Celsius,

k = Wärme-Durchgangszahl

$$\tau \text{ folgt aus}^2) \quad \tau = \frac{(t_1' - t_1'') - (t_2'' - t_2'')}{\ln \frac{t_1' - t_2'}{t_1'' - t_2''}}, \text{ worin}$$

t_1' = Temperatur des Abdampfes beim Eintritt in den Vorwärmer,

t_1'' = Temperatur des Abdampfes beim Austritt aus dem Vorwärmer,

t_2' = Temperatur des Wassers beim Eintritt in den Vorwärmer,

t_2'' = Temperatur des Wassers beim Austritt aus dem Vorwärmer.

Im vorliegenden Fall kann $t_1' = t_1''$ gesetzt werden, so daß

$$\tau = \frac{t_2'' - t_2'}{\ln \frac{t_1' - t_2'}{t_1' - t_2''}}, \text{ und für } t_1' = 100^{\circ}, t_2' = 15^{\circ} \text{ und } t_2'' = 85^{\circ}$$

$$\tau = \frac{85 - 15}{\ln \frac{100 - 15}{100 - 85}} = \frac{70}{\ln \frac{85}{15}} = 40,3^{\circ}$$

k folgt aus

$$k = \frac{k_0}{1 + k_0 \cdot \frac{d}{l}}, \text{ worin}$$

¹⁾ J ist eine Hilfsgröße; vgl. Hütte, 22. Aufl., I, S. 420.

²⁾ Vgl. Hütte, 22. Aufl., I, S. 388.

$k_0 = 1700 \sqrt[3]{w}$, wenn w die Geschwindigkeit des Wassers in den Vorwärmerrohren (Formel gültig für w zwischen 0,05 und 2,0 m/sek)

d = Rohrwandstärke in m,

l = Wärmeleitzahl der Wand in WE,

$l = 56$ für Eisen,

$l = 50$ bis 100 für Messing,

$l = 320$ für Kupfer.

Wenn angenommen wird

$w = 1,0$ m/sek, so daß $k_0 = 1700$

Messingrohre von 13/16 mm Durchmesser, so daß $d = 0,0015$ m

Wärmeleitzahl im Mittel $l = 75$ WE, dann wird

$$k = \frac{1700}{1 + 1700 \cdot \frac{0,0015}{75}} = 1644$$

$$\text{Somit wird } F_{qm} = \frac{Q}{1644 \times 40,3} = \frac{QWE}{66253}$$

Wenn H_w^{qm} die wasserverdampfende Kesselheizfläche bei Heißdampflokomotiven und $\frac{\mathcal{D}}{H_w} \cong 60$ kg die stündliche Dampferzeugung auf 1 qm von H_w , so sind die an das Speisewasser im Vorwärmer übergegangenen Wärmeeinheiten

$$Q = \mathcal{D} \cdot H_w \cdot (85 - 15) = 60 \cdot 70 H_w = 4200 \cdot H_w, \text{ so daß}$$

$$\text{Vorwärmerheizfläche } F_{qm} = \frac{4200 \cdot H_w}{66253} = 0,063 \cdot H_w.$$

Berücksichtigt man Schlammbeleg im Vorwärmer, wodurch der Wirkungsgrad von F schnell sinkt, so ist zu dem berechneten F noch ein Zuschlag zu machen von 10 bis 20%, so daß

Vorwärmerheizfläche $F_{qm} = 0,069$ bis $0,076 H_w^{qm}$, d. h. die Vorwärmerheizfläche wird **6,9 bis 7,6%** der wasserverdampfenden Kesselheizfläche.

Ist z. B. die indizierte stündliche Dauerleistung einer Lokomotive 1500 PS_i und der Dampfverbrauch für 1 PS_i-st etwa 7,0 kg, so werden stündlich an Wasser verbraucht 10500 kg. Diese 10500 kg/st werden im Vorwärmer von 15 auf 100° erwärmt. Somit ist die hierzu verbrauchte stündliche Wärmemenge $QWE = 10500 \cdot 85 = 892500$, und es wird

$$F = \frac{Q}{66253} = \frac{892500}{66253} = 13,5 \text{ qm.}$$

7. Verbesserung des Dampfes.

Die nachteiligen Wirkungen unreinen nassen Dampfes sind bei der Dampflokomotive besonders groß. Die hohe Beanspruchung des Dampfkessels, schlechtes Speisewasser, die Erschütterungen der Lokomotive beim Fahren u. a. begünstigen die Entstehung nassen und unreinen Dampfes, während die Betriebssicherheit, vor allem die Verhütung der gefürchteten Wasserschläge, reinen, trockenen Dampf erfordert. Die bisher üblichen dampfreinigenden Vorrichtungen (Wasserabscheider) werden meist nach äußerst einfachen und Jahrzehnte alten Bauweisen hergestellt und erfüllen ihren Zweck nur sehr unvollkommen, so daß man oft auf ihre Anwendung ganz verzichtet.