

B/R Rostanstrengung (Brenngeschwindigkeit) •  
 $B/R = 500; R = \frac{1519}{500} = 3,04 \text{ m}^2$  **Rostfläche**

H R Bei H/R = 50 ist die **Heizfläche**  $H = 50 \cdot 3,04 = 152 \text{ m}^2$   
 " H/R = 60 " " "  $H = 60 \cdot 3,04 = 183 \text{ m}^2$

c) Heißdampf, einstufige Dehnung.

Kesseldruck  $p_k = 13 \text{ at abs}$   
 Meist vorkommende Höchstleistung . . . . . 853 PSi  
 6% Zuschlag für höhere Leistungen . . . . . + 51 "  
 $\cong 904 \text{ PSi}$

$\mathfrak{D}/N_i$  Dampferverbrauch für die Leistungseinheit  
 1 PSi/st kostet an Dampf bei günstigster Füllung 7,0 kg ( $t_u = 325^\circ \text{ C}$ )  
 904 " kosten " " " " 6328 " (Arbeitsdampf)  
 Zuschlag für Heizung und Luftpumpe + 506 " (Heißdampf)

**Gesamtdampfverbrauch  $\mathfrak{D} = 6834 \text{ kg st}$**

$\mathfrak{D}/B$  Verdampfungsziffer  
 1 kg Kohle erzeugt 6,32 kg Heißdampf von  $t_u = 325^\circ \text{ C}$   
 1 " " " 7,0 " Sattedampf (Heißdampf)  
 Für den Arbeitsdampf (Heißdampf)  $= \frac{6328}{6,32} = 1002 \text{ kg/st Kohle}$   
 " " Heißdampf (Sattedampf)  $= \frac{506}{7,0} = 72 \text{ " "}$

**Gesamtkohlenverbrauch  $B = 1074 \text{ kg/st}$**

B R Rostanstrengung (Brenngeschwindigkeit)  
 $B/R = 500; R = \frac{1074}{500} = 2,15 \text{ m}^2$  **Rostfläche** (für die gesamte Dampfmenge)  
 etwa  $\frac{1}{10}$  dient zur Überhitzung:  $R_{\ddot{u}} = 0,215 \text{ m}^2$   
 "  $\frac{9}{10}$  " " Wasserverdampfung:  $R_w = 1,935 \text{ m}^2$

H/R	bei $H_w/R_w = 50$	bei $H_w/R_w = 60$
Wasserverdampfende Heizfläche $H_w =$	$50 \cdot 1,935 = 97 \text{ m}^2$	$60 \cdot 1,935 = 116 \text{ m}^2$
Überhitzerheizfläche $H_{\ddot{u}} \cong 30\% H_w =$	29 "	35 "
<b>Gesamtheizfläche <math>H_{gz} = H_w + H_{\ddot{u}} =</math></b>	<b>126 m<sup>2</sup></b>	<b>151 m<sup>2</sup></b>

## D. Berechnung schmalspuriger Dampflokomotiven.

Beziehung zwischen Triebachslast und Zugkraft hängt vor allem von den Witterungsverhältnissen ab.

Reibung zwischen Triebrad und Schiene  $\mu$ :

1. auf Flachlandstrecken mit schwachen Krümmungen

$\mu = \frac{1}{5} \div \frac{1}{6}$ , d. h. etwa  $200 \div 165 \text{ kg/t}$  für P-Lokomotiven  
 $\mu = \frac{1}{6} \div \frac{1}{7}$ , d. h. etwa  $165 \div 140 \text{ kg/t}$  für gemischte Lokomotiven;

**B/R** Rostanstrengung (Brenngeschwindigkeit)  
 $B/R = 500; R = \frac{1250}{500} = 2,52 \text{ m}^2 \text{ Rostfläche}$

**H/R** Bei  $H/R = 50$  ist die **Heizfläche**  $H = 50 \cdot 2,52 = 126 \text{ m}^2$   
 "  $H/R = 60$  " " "  $H = 60 \cdot 2,52 = 151 \text{ m}^2$

d) Heißdampf, zweistufige Dehnung.

Kesseldruck  $p_k = 15 \text{ at abs}$

Meist vorkommende Höchstleistung . . . . . 853 PS i  
 6% Zuschlag für höhere Leistungen . . . . . + 51 "  
 $\cong 904 \text{ PSi}$

**D/Ni** Dampfverbrauch für die Leistungseinheit  
 1 PSi/st kostet an Dampf bei günstigster Füllung 6,8 kg ( $t_{\ddot{u}} = 325^\circ \text{C}$ )  
 904 " kosten " " " " 6057 " (Arbeitsdampf)  
 " Zuschlag für Heizung und Luftpumpe + 506 " (Heizdampf)  
**Gesamtdampfverbrauch**  $D = 6563 \text{ kg/st}$

**D/B** Verdampfungsziffer  
 1 kg Kohle erzeugt 6,32 kg Heißdampf von  $t_{\ddot{u}} = 325^\circ \text{C}$   
 1 " " " 7,0 " Sattdampf (Heizdampf)  
 Für den Arbeitsdampf (Heißdampf) =  $\frac{6057}{6,32} = 958 \text{ kg/st Kohle}$   
 " " Heizdampf (Sattdampf) =  $\frac{506}{7,0} = 72 \text{ " "}$   
**Gesamtkohlenverbrauch**  $B = 1030 \text{ kg/st}$

**B/R** Rostanstrengung (Brenngeschwindigkeit)  
 $B/R = 500; R = \frac{1030}{500} = 2,06 \text{ m}^2 \text{ Rostfläche}$  (für die gesamte Dampfmenge)  
 etwa  $\frac{1}{10}$  dient zur Überhitzung:  $R_{\ddot{u}} = 0,206 \text{ m}^2$   
 "  $\frac{9}{10}$  " " Wasserverdampfung:  $R_w = 1,854 \text{ "}$

<b>H/R</b>	bei $H_w/R_w = 50$	bei $H_w/R_w = 60$
Wasserverdampfende Heizfläche $H_w =$	$50 \cdot 1,854 = 93 \text{ m}^2$	$60 \cdot 1,854 = 111 \text{ m}^2$
Überhitzerheizfläche $H_{\ddot{u}} \cong 30\% H_w =$	28 "	33 "
<b>Gesamtheizfläche</b> $H_{\ddot{g}z} = H_w + H_{\ddot{u}} =$	121 $\text{m}^2$	144 $\text{m}^2$

2. auf Hügellandstrecken mit starken Krümmungen

$\mu \leq \frac{1}{7}$ , d. h. etwa 140 kg/t in der Regel

$\mu \leq \frac{1}{8}$ , d. h. 125 kg/t unter ungünstigen Verhältnissen.

Triebraddurchmesser  $D_{\text{mm}}$ , abhängig von  $V_{\text{gr}}$  km/st

$D_{\text{mm}} = s_{\text{mm}} \pm 0,1 \cdot s_{\text{mm}}$ , worin

$s$  = Spurweite

+ gilt für leichtere Züge

- " " schwerere "

Ausgeführt wird der Triebraddurchmesser:

$D > 1000 \text{ mm}$  (bis zu  $1600 \text{ mm}$ ) bei P-Lokomotiven von  
 $s = 1000$  und  $1067 \text{ mm}$  Spur,

$D = 700$  bis  $1000 \text{ mm}$  bei Tenderlokomotiven beliebiger Spur,  
 $D$  bis  $450 \text{ mm}$  herab bei Förderbahnen.

Widerstände vgl. S. 47.

Leistung am Radumfang

$$N_e^{\text{PS}} = \frac{Z_e^{\text{kg}} \cdot V^{\text{km/st}}}{270} = \frac{w_{gz}^{\text{kg/t}} \cdot G^t \cdot V^{\text{km/st}}}{270}$$

$w_{gz}^{\text{kg/t}}$  = gesamter Widerstand

$G^t$  = Zuggewicht einschl. Lokomotive

Heizfläche : Rostfläche (H : R).

Richtet sich nach der gewünschten Leistung und dem verwendeten Brennstoff.

$\frac{H}{R} = 45$  bis  $60$  (ausnahmsweise bis  $40$ ).

Leistungsfähigkeit auf  $1 \text{ qm}$  Heizfläche  $\left(\frac{N_i}{H}\right)$

$$\frac{N_i}{H} = 3 \text{ bis } 4,5 \text{ PS/qm}$$

Heizfläche: Kuppelachslast, abhängig von Bauart und Verwendungszweck. Um so größer, je größer die Fahrgeschwindigkeit im Verhältnis zur verlangten Zugkraft.

$$\frac{P}{2} = \text{Raddruck}$$

$\Sigma P$  = Kuppelachslast (Lokomotiv-Reibungsgewicht)

$\frac{H}{\Sigma P} \leq 4,5 \text{ qm/t}$  bei P-Lokomotiven

$\frac{H}{\Sigma P} = 1,8$  bis  $2,4 \text{ qm/t}$  bei Tenderlokomotiven mit gemischtem Dienst.

Zylinderabmessungen (Durchmesser  $d$ , Kolbenhub  $s$ )

$$d_{\text{cm}} = \sqrt{\frac{Z_{\text{kg}} \cdot D_{\text{mm}}}{p_1 \text{ kg/qcm} \cdot s_{\text{mm}}}} \quad \text{Hierin ist}$$

$p_1$  = Nutzdampfdruck =  $0,5$  vom Kesseldruck für  $Z_{\text{gr}}$   
 =  $0,65$  vom Kesseldruck für  $Z_{\text{mg}}$

$s = 0,45 \cdot D$  bis  $0,55 \cdot D$

$s$  um so kleiner, je kleiner  $D$ , damit zwischen Stangenkopf und Schiene genügend Raum (gesetzlich vorgeschrieben) bleibt.

Kohlen- und Wasserkasten; bezüglich der Größe in erster Linie abhängig von der verlangten Lokomotivleistung.

Außerdem abhängig:

- von der Strecken-Beschaffenheit,
- von der Lokomotiv-Bauart,
- von der zulässigen Achsbelastung,

Beim Unterbringen der erforderlichen Vorratsräume ist darauf zu achten, daß sich die Abnahme des Gewichtes an Wasser und Kohle einigermaßen gleichmäßig auf die Kuppelachsen verteilt.

### Berechnungsbeispiel.

Aufgabe: Eine Lokomotive zu entwerfen, die imstande ist, auf einer 60 km langen 1 m - spurigen Bahnstrecke mit andauernden Steigungen von  $25 \frac{0}{100}$  und häufigen Krümmungen von 120 m Halbmesser zu befördern:

- 1) Güterzüge von 100 t Last mit 15 km/st Geschwindigkeit auf den Höchststeigungen
- 2) gemischte Züge von 60 t Last mit 35 km/st auf diesen Steigungen und in der Ebene mit 45 km/st Geschwindigkeit

$$\text{Zulässiger Raddruck } \frac{P}{2} = 6000 \text{ kg (12 t Achsdruck).}$$

Für die gewünschten Zugleistungen ist eine Lokomotive mit 3 gekuppelten Achsen erforderlich. Folglich wäre das Lokomotiv-Dienstgewicht  $2 \times 3 \times 6000 = 36000 \text{ kg} = 36 \text{ t}$ .

Es ist zu 1):

$$W_{gz}^{\text{kg}} = (100 + 36) \cdot \left( 2,4 + \frac{15^2}{1000} + 25 + \frac{400}{120-20} \right) = 4300 \text{ kg.}$$

Da  $\mu = \frac{1}{7} \cong 140 \text{ kg/t}$ , so darf das Reibungsgewicht nicht kleiner sein als  $\frac{4300}{140} = 30,7 \text{ t}$ .

Da der Oberbau bis zu 12 t Achsdruck zuläßt, so sind  $\frac{30,7}{12} = 2,56$ , d. h. Lokomotiven mit drei Kuppelachsen zur Erfüllung der Leistung unter 1) erforderlich.

Es ist zu 2):

Da die Lokomotive gleichzeitig zur Beförderung gemischter Züge mit größerer Geschwindigkeit —  $V = 45 \text{ km/st}$  in der Ebene — bestimmt ist, da ferner die Entfernung zweier Wasser- und Kohlenstationen voneinander es notwendig macht, daß größere Vorräte während der Fahrt mitgeschleppt werden, so ist eine Laufachse vorzusehen. Durch sie wird erreicht: ein Tragen der Gewichtsmassen, hinreichende Krümmungsläufigkeit bei Verschiebbarkeit der Achse und ruhigerer Gang, verhältnismäßig großer Gesamt-Achsstand bei geringem festem Achsstand.

Der Dampfdruck soll 12 at betragen.

Triebradurchmesser  $D_{\text{mm}} = 1000 + 0,1 \cdot 1000 = 1100 \text{ mm}$

Kolbenhub  $s_{\text{mm}} = 0,5 D_{\text{mm}} = 550 \text{ mm}$

Zylinderdurchmesser (für einstufige Dehnung)

$$d_{\text{cm}} = \sqrt{\frac{4300 \cdot 1100}{0,5 \cdot 12 \cdot 550}} \cong 40 \text{ cm}$$

Leistung  $N_e^{\text{PS}} = \frac{4300 \cdot 15}{270} \cong 240 \text{ PS}$

Diese Leistung ist zu erhöhen, da sie auch bei z. B. 20 km/st Geschwindigkeit dauernd ausgeübt werden soll, auf

$$N_e = \frac{4300 \cdot 20}{270} \cong 320 \text{ PS}_e$$

$$N_i = \frac{N_e}{\eta} = \frac{N_e}{0,9} \cong 355 \text{ PS}_i$$

Heizfläche:

$$\text{Gewählt } \frac{N_i}{H} \cong 4,2 \text{ PS/qm, so daß } H = \frac{355}{4,2} = 84 \text{ qm.}$$

$$\text{Rostfläche: } \frac{H}{R} = 50, \quad R = \frac{84}{50} = 1,7 \text{ qm.}$$

Da die Lokomotive als Tenderlokomotive entworfen wird, so ist für Unterbringung von Wasser- und Kohlenvorräten auf der Maschine Sorge zu tragen. Hierfür werden zugrunde gelegt:

Wasserverbrauch 35 kg/tkm } bei guter westfälischer Steinkohle  
 Kohlenverbrauch 4,3 kg/tkm } von etwa  $7\frac{1}{2}$  facher Verdampfung.  
 Wasserstationsentfernung 20 km voneinander; Kohle wird an den  
 Endpunkten der Bahnlinie eingenommen.

Folglich müssen mitgeführt werden:

$$\text{an Wasser } \frac{Z_{\text{kg}}}{1000} \cdot 20 \cdot 35 = 3010 \text{ kg mindestens}$$

$$\text{an Kohlen } \frac{Z_{\text{kg}}}{1000} \cdot 60 \cdot 4,3 = 1110 \text{ kg mindestens.}$$

Da am Ende der Fahrt nicht der ganze Wasser- und Kohlenvorrat erschöpft sein darf, so wird ausgeführt:

$$\begin{array}{l} \text{Inhalt der Wasserkästen} \quad \dots \quad 3,5 \text{ cbm} \\ \text{Fassungsraum der Kohlenkästen} \quad 1,2 \text{ t}^1). \end{array}$$

## E. Arbeitslagen von Dampflokomotiven.<sup>2)</sup>

Bei jeder Veränderung — z. B. bzgl. der Verbrennung im Kessel, der Füllung in den Zylindern oder der Geschwindigkeit während der Fahrt — ändert sich die Arbeitsentwicklung, oder verschiebt sich die sogen. „Arbeitslage“ der Lokomotive.

Zur Festsetzung der Arbeitslagen einer bestimmten Lokomotive muß man kennen: I) die Werte der Leistungen  $N_i$ , II) die Werte der Zylinderdrücke  $p_{mi}$  und der Zugkräfte  $Z_i$ , III) die Werte des Dampfverbrauchs  $\delta_i$  für die  $\text{PS}_i$ -st.

$$\text{I. Werte der Leistungen } N_i^{\text{PS}} = (Z_i \cdot V) : 270 = (p_{mi} \cdot C_i) \cdot (V : 270).$$

Zunächst soll  $N_{i\text{-gr}}$  einer vorhandenen Lokomotive bei  $V'$  und  $\epsilon_{\text{g}}$  bestimmt werden, sodann die  $N_i$ -Schaulinie für alle etwa vorkommenden Fahrgeschwindigkeiten.  $V'$  ist die „wirtschaftlich beste“ Fahrgeschwindigkeit,<sup>3)</sup> d. h. die Fahrgeschwindigkeit, bei der mit einem

<sup>1)</sup> 1 t Kohlen erfordern einen Raum von etwa 1,25 cbm.

<sup>2)</sup> Gl. Ann. 1918, Bd. 82, S. 123. <sup>3)</sup> Organ 1915, S. 116.