

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

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)
 $B/R = 500; R = \frac{1074}{500} = 2,15 \text{ m}^2 \text{ Rostfläche (für die gesamte Dampfmenge)}$
 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 "
Gesamtheizfläche $H_{gz} = H_w + H_{\ddot{u}} =$	126 m²	151 m²

D. Berechnung schmalspuriger Dampflokomotiven.

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

Reibung zwischen Triebad und Schiene μ :

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: $R_w = 1,854 \text{ "}$

H/R 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 "

Gesamtheizfläche $H_{\ddot{g}z} = H_w + H_{\ddot{u}} =$ | 121 m^2 | 144 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_{mm} , abhängig von $V_{\text{gr}} \text{ km/st}$

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

s = Spurweite

+ gilt für leichtere Züge

- " " schwerere "

Ausgeführt wird der Triebraddurchmesser:

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

$D = 700$ bis 1000 mm bei Tenderlokomotiven beliebiger Spur,
 D bis 450 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 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.

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

ΣP = 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_{gr}
 = $0,65$ vom Kesseldruck für Z_{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.

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

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

Zylinderdurchmesser (für einstufige Dehnung)

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

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

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 Kohlevorräten 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 Kohlevorrat 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 Dampflokotiven.²⁾

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 δ_i für die 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 ϵ_{g} bestimmt werden, sodann die N_i -Schaulinie für alle etwa vorkommenden Fahrgeschwindigkeiten. V' ist die „wirtschaftlich beste“ Fahrgeschwindigkeit,³⁾ d. h. die Fahrgeschwindigkeit, bei der mit einem

¹⁾ 1 t Kohlen erfordern einen Raum von etwa 1,25 cbm.

²⁾ Gl. Ann. 1918, Bd. 82, S. 123. ³⁾ Organ 1915, S. 116.