

Kuppelachslager. Bei einem Schenkel von 210 mm Durchm. und 260 mm Länge ergibt dies einen größten spezifischen Flächendruck in wagerechter Richtung von 52,5 kg/qcm. Daher schlug Obergethmann dreiteilige Lager nach Abb. 185 vor, bei denen die Lagerschalen rd. $\frac{3}{4}$ des Schenkels umfassen, wobei sich der spezifische Flächendruck auf 32,5 kg/qcm stellt. Zur Umgehung der Dreiteilung wird auch ein vergrößertes Breitspiegellager verwendet, bei dem die Lagerschale mit dem Weißmetallspiegel seitlich über die Achsmittle (nach Abb. 184) heruntergeführt wird. Die spezifischen Flächendrücke in senkrechter Richtung würden z. B. bei 17,5 t Achsdruck und einem Gewicht des Radsatzes nebst den dazugehörigen zwei halben Kuppelstangen von 3 t betragen:

$$\frac{17500 - 300}{2} : 21 \times 26 \cong 13,3 \text{ kg/qcm.}$$

unter Voraussetzung der oben angegebenen Achsschenkelmaße. Sie betragen also nur rd. $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{3}$ des wagerechten spezifischen Flächendrucks.

4. Gewichtsberechnung und Lastverteilung auf die Achsen.

Durch die Gewichtsberechnung wird etwa festgestellt:

- a) Leergewicht,
- b) Dienstgewicht,
- c) Lastverteilung auf die Achsen.

Leergewicht = Gewicht der leeren Lokomotive, ohne Kohlen auf dem Rost, ohne Wasser im Kessel, ohne Sand im Kasten, ohne Bedienungsmannschaft auf dem Führerstand, ohne Vorräte bei Tenderlokomotiven.

Dienstgewicht = Leergewicht nebst Wasser im Kessel (beim mittleren Wasserstand), Brennstoff auf dem Rost, Sand im Kasten, Mannschaft, Ausrüstung (Laternen, Signalscheiben, Werkzeuge usw.) nebst Wasser- und Kohlenvorräten bei Tenderlokomotiven.

Zur Gewichtsberechnung dient ein rechnerisches und ein graphisches Verfahren.

a) Rechnerisches Verfahren.

Die Achsdrücke werden aus den Gewichten der einzelnen Teile bestimmt, indem man die Gewichte $G_1, G_2, G_3, \dots, G_n$ mit ihren Hebelarmen $g_1, g_2, g_3, \dots, g_n$ von einer beliebigen Momentenlinie (meist in die Ebene der hinteren Pufferstoßfläche verlegt) multipliziert und aus der Beziehung¹⁾ $M = \sum G \cdot g = G_1 g_1 + G_2 g_2 + G_3 g_3 + \dots + G_n g_n$ die gewünschten Achsdrücke $G_1, G_2, G_3, \dots, G_n$ findet, wenn $g_1, g_2, g_3, \dots, g_n$ die Abstände von $G_1, G_2, G_3, \dots, G_n$ von der Momentenlinie sind.

¹⁾ M ist das vom Dienstgewicht der Lokomotive erzeugte Gesamtmoment.

Man teilt die Lokomotivgewichte ein:

- I. in die „ungefederten Teile“, d. h. die direkten oder toten Lasten. Es sind alle Teile, die nach Lösen der Stege beim Heben der Lokomotive noch auf den Achsbüchsen ruhen.
- II. in die „abgefederten Teile“, d. h. die indirekten Lasten. Es sind alle mit dem Rahmen fest verbundene Teile.

Ungefederte Teile sind:

Radsätze, Achsbüchsen, Tragfedern mit Bund, $\frac{3}{5}$ der Trieb- und Schwingenstangen, Anteil der Kuppelstangen.

Abgefederte Teile sind:

Kessel, grobe und feine Kesselausrüstungsteile, Regler und Rohre, Zylinder und Triebwerk, Steuerung, Rahmen und Zubehör, Führerhaus und Umlauf, Bekleidung und Schilder, Wasser- und Kohlenkasten (nur bei Tenderlokomotiven), Züge, Bremse, Dampfheizung, Gaseinrichtung, Ausrüstung, Vorräte und Besatzung, Spachtel und Farbe.

Beispiel: Gewichtsberechnung der E-Heißd.-G-Lok. der preuß. Staatsbahnen.

Zulässiger Achsdruck 14 000 kg

I. Gewichte (teils errechnet, teils durch Wiegen bestimmt).

a) Nicht abgefederte Lasten

I. Kuppelachse	2 692 kg
II. Kuppelachse	2 839 „
III. Triebachse	4 202 „
IV. Kuppelachse	2 839 „
V. Kuppelachse	2 692 „

Zusammen 15 264 kg

β) Abgefederte Lasten

	Gewichte	Momente ¹⁾
Kessel	17 111 kg	78 311 250 mkg
Grobe Kesselausrüstungsteile	2 828 „	12 085 050 „
Überhitzer	2 143 „	15 126 200 „
Regler und Ausströmröhr	693 „	5 097 450 „
Feine Kesselausrüstungsteile	761 „	2 094 550 „
Rahmen	13 013 „	74 258 150 „
Triebwerk	6 360 „	55 945 600 „
Schutzdach mit Bekleidung	2 455 „	7 083 350 „
Bremse	1 010 „	4 680 400 „
Westinghouse Bremse	1 146 „	4 516 800 „
Dampfheizung	129 „	593 600 „
Anstrich	250 „	125 000 „
Füllung	6 980 „	33 772 000 „
Zusammen	54 879 kg	293 689 400 mkg

¹⁾ Momente in bezug auf die Ebene der hinteren Pufferstoßfläche.

Somit sind für die betriebsfähige Lokomotive:

Nicht abgefedertes Gewicht	15 264 kg
Abgefedertes Gewicht	54 879 kg
Gesamtgewicht (betriebsfähig)	70 143 kg
Vorräte und Besatzung —	6 980 kg
Leergewicht	63 163 kg

II. Lastverteilung der betriebsfähigen Lokomotive (Abb. 186).

Federlänge $l = 950$ mm. Folglich Länge des Ausgleichhebels $l = a + b = 1500 - 950 = 550$ mm, wenn a und b die beiden Ausgleichsheel-Teillängen vom Drehpunkt aus gerechnet, und wenn der Abstand je zweier nebeneinander liegender Kuppelräder 1500 mm.

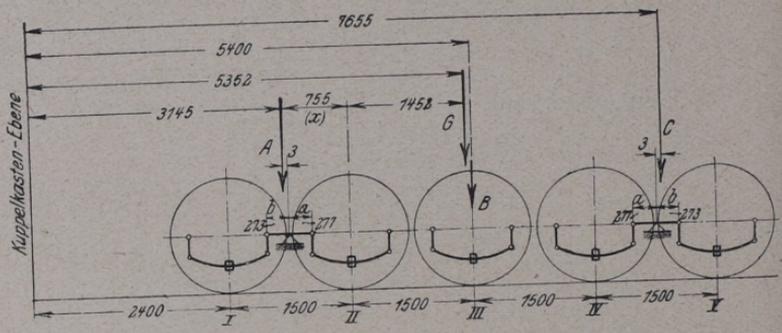


Abb. 186. Lastverteilung der preußischen G₁₀-Lokomotive.

Sollen auf Achse I im Dienst 14 000 kg lasten, so ist die abgefederte Last $14\,000 - 2\,692 = 11\,308$ kg;
 sollen auf Achse II im Dienst 14 000 kg lasten, so ist die abgefederte Last $14\,000 - 2\,839 = 11\,161$ kg.

Somit ist $\frac{11\,308}{11\,161} = \frac{a}{b}$, d. h. aus den beiden Gleichungen für $a + b$ und für $\frac{a}{b}$ ergibt sich:

$$b = 273 \text{ mm}, a = 277 \text{ mm}.$$

Ferner ist $x = \frac{1500 \times 277}{273 + 277} = 755$ mm, oder der ideelle Stützpunkt des Ausgleichhebels liegt für den hinteren Ausgleichsheel $755 - \left(\frac{1}{2} + a\right) = 3$ mm hinter, für den vorderen 3 mm vor dem Drehpunkte des Ausgleichhebels. Der Schwerpunkt des in den Federn hängenden Teiles der Lokomotive liegt von der Bezugsebene entfernt:

$$\frac{293\,689\,400}{54\,879} = 5352 \text{ mm}.$$

Mithin ist $A \cdot 3145 + B \cdot 5400 + C \cdot 7655 = G \cdot 5352 = 293\,689\,400$.

Die abgefederte Last der Triebachse III ist

$$P_3 = 14\,000 - 4202 = \mathbf{9798\text{ kg}}; \text{ demnach:}$$

$$A \cdot 3145 + 9798 \cdot 5400 + C \cdot 7655 = 293\,689\,400$$

$$A \cdot 3145 + C \cdot 7655 = 293\,689\,400 - 52\,909\,200 = 240\,780\,200$$

$$A + B + C = G = 54\,879\text{ kg}$$

$$A + C = G - B = 54\,879 - 9798 = 45\,081\text{ kg}$$

$$C = 45\,081 - A$$

$$A \cdot 3145 + (45\,081 - A) \cdot 7655 = 240\,780\,200$$

$$A \cdot 3145 + 345\,095\,055 - 7655 \cdot A = 240\,780\,200$$

$$A = 104\,314\,855 : 4510 = 23\,130\text{ kg}$$

$$C = 45\,081 - 23\,130 = 21\,951\text{ kg}$$

Diese verteilen sich, wenn $P_1 \dots P_5$ die abgefederten Lasten bedeuten:

$$(23\,130 - P_2) \cdot 273 = P_2 \cdot 277$$

$$P_2 = \mathbf{11\,480\text{ kg}}$$

$$P_1 = 23\,130 - 11\,480 = \mathbf{11\,650\text{ kg}}$$

$$(21\,951 - P_5) \cdot 277 = P_5 \cdot 273$$

$$P_5 = \mathbf{11\,055\text{ kg}}$$

$$P_4 = 21\,951 - 11\,055 = \mathbf{10\,896\text{ kg}}$$

a) Lastverteilung (Dienstgewicht) berechnet:

	I	II	III	IV	V
abgefederte Lasten	11 650 kg	11 480 kg	9 798 kg	10 896 kg	11 055 kg
nicht abgefed. Lasten	2 692 "	2 839 "	4 202 "	2 839 "	2 692 "
zusammen	14 342 kg	14 319 kg	14 000 kg	13 735 kg	13 747 kg
	= 70 143 kg				

β) Lastverteilung durch Wiegen festgestellt:

	I	II	III	IV	V
Leergewicht	12 415	12 660	13 450	13 315	13 280 = 65 120 kg
Dienstgewicht	14 145	14 250	14 505	14 235	14 600 = 71 735 kg

b) Graphisches Verfahren.

Die einzelnen Gewichte werden im Kräftemaßstab aneinander angetragen. Von den Endpunkten der Gewichte werden nach einem beliebigen, außerhalb der so erhaltenen Linie gelegenen Punkte Strahlen gezogen. Sodann zieht man Parallele zu diesen Verbindungslinien, bis sie sich mit den Verlängerungen der Gewichte schneiden. Die Parallelen ergeben das Seileck. Durch den Schnittpunkt der verlängerten äußersten Seillinien erhält man so die Schwerpunktslage.

Bei Ausführung tut man gut, nicht alle Gewichte der Lokomotive auf einmal zu einem Seileck zu vereinigen, sondern erst nach Auffindung gruppenweise gefundener sog. „Teilkkräfte“ aus diesen die „Gesamtkräfte“ zu bilden. Damit beim Verbrauch von Wasser und Kohle bei Tenderlokomotiven eine möglichst gleichmäßige Lastverteilung stattfindet, sollen bei diesen Maschinengattungen die Vorräte, wenn irgend möglich, mit dem Gesamtschwerpunkt zusammenfallen.

c) **Schwerpunkts- und Gewichtangaben** von Lokomotivteilen.
I. Kessel.

Schwerpunkt des Kessels mit Wasser:

Etwa in Mitte zwischen Rauchkammer-Rohrwand und Hinterkessel-Rückwand (Abb. 187).

Kesselgewicht abhängig von der Heizfläche (Hw + Hü):
Ohne grobe und feine Ausrüstungsteile.

Größe der Heizfläche	Feuerbüchse	
	rund	flach (Belpaire)
	Kesselgewicht G_k in kg 10 qm Heizfläche	
bis rd. 50 qm Heizfläche (12 at) . . .	900 kg/10 qm	1000 kg/10 qm
" " 100 " " (12 ") . . .	880 " "	950 " "
" " 150 " " (14 ") . . .	860 " "	920 " "
" " 200 " " (14 ") . . .	840 " "	880 " "

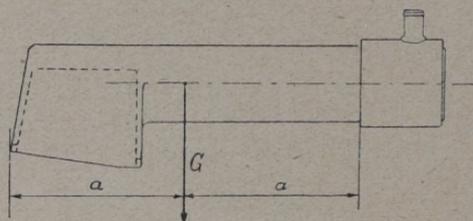


Abb. 187. Kesselschwerpunkt.

Überschlägiges Kesselgewicht G_k in kg in Anlehnung an Kramár.¹⁾

Es setzt sich zusammen aus den Gewichten

G_1 des Stehkessels mit Feuerbüchse und Verankerungen

G_2 des Langkessels ohne Rohre

G_3 der Rauchkammer

G_4 der Rauchkammer-Rohrwand

G_5 des Domes

so daß $G_k = G_1 + G_2 + G_3 + G_4 + G_5$. Hierin ist zu setzen

$$G_1 = 250 + 435,6 \cdot H_f$$

$$G_2 = 0,0255 \cdot p \cdot H_r \cdot (8,33 - 0,016 H_r) \sqrt{H_r}$$

$$G_3 = 29,5 \sqrt{H_r}$$

$$G_4 = 0,2 (12,1 H_r - 37,2 \sqrt{H_r})$$

$$G_5 \cong 300 - 600$$

worin H_f = wasserberührte Heizfläche der Feuerbüchse = feuerberührte Heizfläche der Feuerbüchse + 3% in qm.

H_r = wasserberührte Heizfläche der Heizrohre = feuerberührte Heizfläche der Heizrohre + 10% + Überhitzerheizfläche in qm

p = größter Kesseldruck in kg/qcm.

¹⁾ Organ 1906, S. 12.

Kesselgewichte von Lokomotiven der Reichseisenbahn; Gewichte für vollständige Kessel mit kupferner Feuerbüchse, Heiz- und Rauchrohre, Regler, Rauchkammer, Feuertür und Überhitzer, ohne Verkleidung und sonstige Ausrüstung:

S_{10}	22 500 kg	G_8	17 700 kg	G_{10}	21 500 kg	T_{14}	19 200 kg
S_{10}^1	24 570 kg	G_8^1	20 100 kg	G_{12}	28 800 kg	T_{16}	18 000 kg
S_{10}^2	22 500 kg	G_8^2	26 500 kg	T_{10}	16 500 kg	T_{16}^1	18 000 kg
P_8	21 500 kg	G_4^3	26 500 kg	T_{12}	14 300 kg	T_{18}	19 900 kg

Kesseleinzelheiten.

	S_{10}^1	P_8	G_{10}	G_2^1
Kessel ohne Rohre	14 850	13 750	13 750	13 000
Siederohre	2 170	2 030	2 030	1 660
Rauchrohre	1 510	1 340	1 340	1 460
Überhitzereinrichtung	2 400	2 100	2 100	2 160
Regler mit Zug und Rohr	380	360	360	360
Rost	950	890	890	970
Kesselausrüstung	370	350	350	350
Rauchkammertür	470	390	390	420
Feuertür Marcotty	160	160	160	160
Schornstein	160	170	170	150
Aschkasten mit Zug	520	850	850	920

II. Rahmen.

Schwerpunkt einer Rahmenseite etwa in Rahmen-Längsmittle.

III. Radsätze.

Es betragen bei 75 mm Radreifenstärke, Regelspur, D = Rad-durchm. in mm die Gewichte

eines Triebradsatzes: $G = (D + 1600)$ kg,

bei Kropfachsen rd. 400 bis 600 kg Zuschlag.

eines Kuppelradsatzes: $G = (1,4 D + 350)$ kg

eines Laufradsatzes: $G = (1,2 D)$ kg.

IV. Betriebslasten.

Wasser im Kessel für 1 qm-Heizfl. (bei mittlerem Wasserstand):

in kleinen Kesseln 36 bis 40 l/qm

in mittleren Kesseln 33 bis 36 l/qm

in größeren Kesseln 30 bis 33 l/qm

Kohlen auf dem Rost: für 1 qm Rost 100 bis 150 kg;

Sand im Sandkasten: 200 bis 400 kg;

Führer und Heizer: zusammen 150 kg;

Bei Tenderlokomotiven: Wasser und Kohle in den Behältern.