

Hierin bedeuten:

- L_1 das Gewicht auf den Lokomotiv- und Tenderlaufachsen in t,
 L_2 das Gewicht auf den gekuppelten Achsen in t,
 D den Kuppelraddurchmesser in m,
 F die Windäquivalentfläche \cong 8 bis 9 qm,
 $a = 5,5$ für Zweikuppler,
 $a = 7,0$ „ Dreikuppler,
 $a = 8,0$ „ Vierkuppler,
 $a = 8,8$ „ Fünfkuppler.

VII. Strahl¹⁾.

Nur für Lokomotiven unter Dampf und für Dauerleistungen, also bei Anstrengung bis zur Grenze der Verdampfungsfähigkeit.

$$w_i^{\text{kg/t}} = 2,5 + 0,067 \cdot \left(\frac{V}{10}\right)^2 + \left[a + 0,116 \cdot \frac{V}{D_m} \right] \cdot \left(\frac{G_r}{G_{L+T}}\right)^t$$

Hierin bedeuten:

- D den Kuppelraddurchmesser in m,
 G_r das Lokomotivgewicht auf den gekuppelten Achsen in t,
 G_{L+T} das betriebsfähige Gesamtgewicht von Lokomotive
 nebst Tender in t,
 $a = 2,5$ für Zweikuppler,
 $a = 4,0$ „ Dreikuppler,
 $a = 5,5$ „ Vierkuppler,
 $a = 7,0$ „ Fünfkuppler.

Tafel I²⁾ zeigt eine Übersicht älterer und neuerer Widerstandsformeln, ihre Formen und Benutzungsarten nebst Literaturangaben. In Abb. 19 sind die für einen bestimmten D-Zug nach verschiedenen Widerstandsformeln errechneten Gesamtwiderstände vergleichsweise aufgetragen.

4. Widerstände für Schmalspurlokomotiven.

$$w_{gz}^{\text{kg/t}} = w_l^{\text{kg/t}} + w_s^{\text{kg/t}} + w_k^{\text{kg/t}} = \text{Lauf-, Steigungs- und Krümmungswiderstand.}$$

Der Luftwiderstand (sonst ein Bestandteil von w_l) wird bei den vorkommenden geringen Geschwindigkeiten vernachlässigt.

$$w_l = 2,4 + \frac{V^2}{1000} \quad (\text{nach „Clark“}); \quad w_s = s \text{ ‰};$$

$$w_k = \frac{400}{R_m - 20} \quad \text{für 1000mm Spur,}$$

$$w_k = \frac{300}{R_m - 10} \quad \text{für 750mm Spur,}$$

$$w_k = \frac{200}{R_m - 5} \quad \text{für 600mm Spur und weniger.}$$

¹⁾ Anstrengung der Dampflokomotiven, Strahl, S. 30.

²⁾ Vgl. Anhang.

Zusammenstellung 8.

Fahrwiderstände W_{kg} für Gesamt-Zuggewicht $G_{Gz} = 1000 \text{ t}$,

$$V_{Gz}^2 = 2,5 + \frac{V^2}{x}$$

errechnet nach den „vereinfachten Widerstandsformeln“ $w_{Gz}^{kg/t} = 2,5 + \frac{V^2}{x}$

Steigung	x	Fahrwiderstände W in kg für V in km/st										
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
1 : ∞	1 500	2 570	2 770	3 100	3 570	4 170	4 900	5 770	6 770	7 900	9 170	10 570
	2 000	2 550	2 700	2 950	3 300	3 750	4 300	4 950	5 700	6 550	7 500	8 550
	2 500	2 540	2 660	2 860	3 140	3 500	3 940	4 460	5 060	5 740	6 500	7 340
	3 000	2 535	2 635	2 800	3 035	3 335	3 700	4 135	4 635	5 200	5 835	6 535
	3 500	2 530	2 615	2 755	2 955	3 215	3 530	3 900	4 330	4 815	5 355	5 955
4 000	2 525	2 600	2 725	2 900	3 125	3 400	3 750	4 100	4 525	5 000	5 525	
1 : 500	1 500	4 570	4 770	5 100	5 570	6 170	6 900	7 770	8 770	9 900	11 170	12 570
	2 000	4 550	4 700	4 950	5 300	5 750	6 300	6 950	7 700	8 550	9 500	10 550
	2 500	4 540	4 660	4 860	5 140	5 500	5 940	6 460	7 060	7 740	8 500	9 340
	3 000	4 535	4 635	4 800	5 035	5 335	5 700	6 135	6 635	7 200	7 835	8 535
	3 500	4 530	4 615	4 755	4 955	5 215	5 530	5 900	6 330	6 815	7 355	7 955
4 000	4 525	4 600	4 725	4 900	5 125	5 400	5 750	6 100	6 525	7 000	7 525	
1 : 400	1 500	5 070	5 270	5 600	6 070	6 670	7 400	8 270	9 270	10 400	11 670	13 070
	2 000	5 050	5 200	5 450	5 800	6 250	6 800	7 450	8 200	9 050	10 000	11 050
	2 500	5 040	5 160	5 360	5 640	6 000	6 440	6 960	7 560	8 240	9 000	9 840
	3 000	5 035	5 135	5 300	5 535	5 835	6 200	6 635	7 135	7 700	8 335	9 035
	3 500	5 030	5 115	5 255	5 455	5 715	6 030	6 400	6 830	7 315	7 855	8 455
4 000	5 025	5 100	5 225	5 400	5 625	5 900	6 250	6 600	7 025	7 500	8 025	
1 : 300	1 500	5 900	6 100	6 435	6 900	7 510	8 235	9 100	10 100	11 235	12 500	13 900
	2 000	5 885	6 035	6 285	6 635	7 085	7 635	8 285	9 035	9 885	10 835	11 885
	2 500	5 875	5 995	6 195	6 475	6 835	7 275	7 795	8 395	9 075	9 835	10 675
	3 000	5 870	5 970	6 135	6 370	6 670	7 035	7 440	7 940	8 535	9 170	9 870
	3 500	5 865	5 950	6 090	6 290	6 560	6 865	7 235	7 665	8 150	8 690	9 290
4 000	5 860	5 935	6 060	6 235	6 460	6 735	7 055	7 435	7 860	8 335	8 860	

1 : 200	1 500	7 570	7 770	8 100	8 570	9 170	9 900	10 770	11 770	12 900	14 170	15 570
	2 000	7 550	7 700	7 950	8 300	8 750	9 300	9 950	10 700	11 550	12 500	13 550
	2 500	7 540	7 660	7 860	8 140	8 500	8 940	9 460	10 060	10 740	11 500	12 340
	3 000	7 535	7 635	7 800	8 035	8 335	8 700	9 135	9 635	10 200	10 835	11 535
	3 500	7 530	7 615	7 755	7 955	8 215	8 530	8 900	9 330	9 815	10 355	10 955
4 000	7 525	7 600	7 725	7 900	8 125	8 400	8 750	9 100	9 525	10 000	10 525	
1 : 150	1 500	9 235	9 435	9 770	10 230	10 830	11 570	12 430	13 430	14 570	15 730	17 230
	2 000	9 220	9 370	9 620	9 970	10 420	10 970	11 620	12 370	13 220	14 170	15 220
	2 500	9 210	9 330	9 530	9 810	10 170	10 610	11 130	11 730	12 410	13 170	14 010
	3 000	9 200	9 300	9 470	9 700	10 000	10 370	10 800	11 200	11 870	12 400	13 200
	3 500	9 195	9 280	9 420	9 620	9 880	10 195	10 565	10 995	11 480	12 020	12 620
4 000	9 190	9 265	9 390	9 565	9 790	10 065	10 415	10 765	11 190	11 665	12 190	
1 : 100	1 500	12 570	12 770	13 100	13 570	14 170	14 900	15 770	16 770	17 900	19 170	20 570
	2 000	12 550	12 700	12 950	13 300	13 750	14 300	14 950	15 700	16 550	17 500	18 550
	2 500	12 540	12 660	12 860	13 140	13 500	13 940	14 460	15 060	15 740	16 500	17 340
	3 000	12 535	12 635	12 800	13 035	13 335	13 700	14 135	14 635	15 200	15 835	16 535
	3 500	12 530	12 615	12 755	12 955	13 215	13 530	13 900	14 330	14 815	15 355	15 955
4 000	12 525	12 600	12 725	12 900	13 125	13 400	13 750	14 100	14 525	15 000	15 525	
1 : 60	1 500	19 270	19 470	19 800	20 270	20 870	21 600	22 470	23 470	24 600	25 870	27 297
	2 000	19 220	19 370	19 620	19 970	20 420	20 970	21 620	22 370	23 220	24 170	25 220
	2 500	19 210	19 330	19 530	19 810	20 170	20 610	21 130	21 730	22 410	23 170	24 010
	3 000	19 200	19 300	19 470	19 700	20 000	20 370	20 800	21 200	21 870	22 400	23 200
	3 500	19 195	19 280	19 420	19 620	19 880	20 195	20 565	20 995	21 480	22 020	22 620
4 000	19 190	19 265	19 390	19 565	19 790	20 065	20 415	20 765	21 190	21 665	22 190	
1 : 40	1 500	27 570	27 770	28 100	28 570	29 170	29 900	30 770	31 770	32 900	34 170	35 570
	2 000	27 550	27 700	27 950	28 300	28 750	29 300	29 950	30 700	31 550	32 500	33 550
	2 500	27 540	27 660	27 860	28 140	28 500	28 940	29 460	30 060	30 740	31 500	32 340
	3 000	27 535	27 635	27 800	28 035	28 335	28 700	29 135	29 635	30 200	30 835	31 535
	3 500	27 530	27 615	27 755	27 955	28 215	28 530	28 900	29 330	29 815	30 355	31 055
4 000	27 525	27 600	27 725	27 900	28 125	28 400	28 750	29 100	29 525	30 000	30 525	

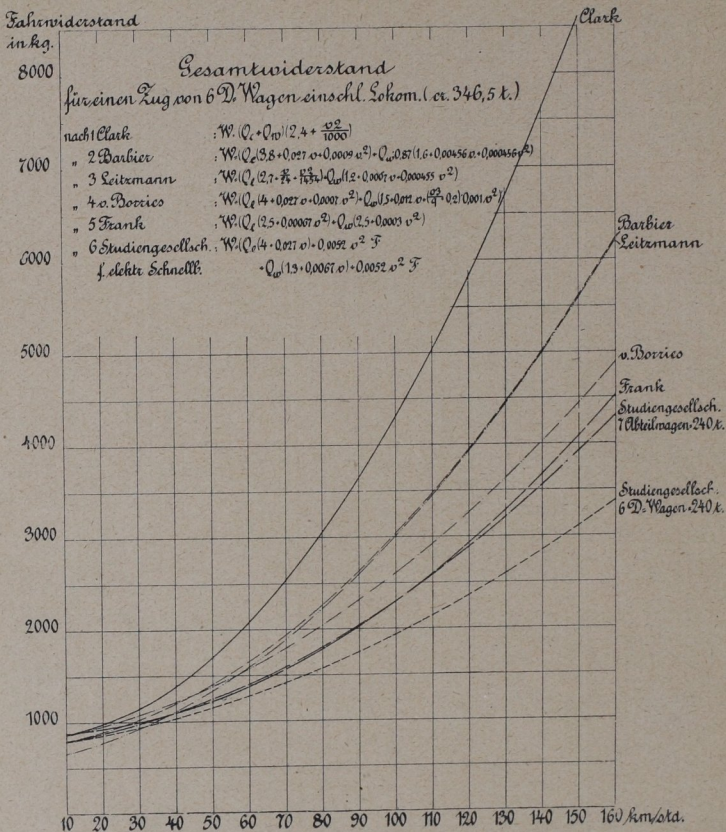


Abb. 19. Laufwiderstand für bestimmten Zug, berechnet nach verschiedenen Widerstandsformeln.

Für Schmalspur fehlt es an Versuchen. Man rechnet häufig nach folgender Tabelle: ¹⁾

Spur mm	Wagen w_w	Lokomotiven w_l	Krümmung w_k
1000	$2,6 + 0,0003 \cdot V^2$	$2,7 \cdot \sqrt{a + 0,0015 \cdot V^2}$	400 : (R - 20)
750	$2,7 + 0,0002 \cdot V^2$	$2,8 \cdot \sqrt{a + 0,001 \cdot V^2}$	350 : (R - 10)
600	$2,8 + 0,0002 \cdot V^2$	$2,9 \cdot \sqrt{a + 0,0008 \cdot V^2}$	200 : (R - 5)

Hierin ist $a = 3$ für schwere Güterzuglokomotiven,
 $a = 2$ für Personenzuglokomotiven.

¹⁾ Vgl. Hütte, 22. Aufl., Bd. III, S. 718.