

B. Erforderliche Angaben zum Lokomotiventwurf.

Man geht vom „Betriebsprogramm“, d. h. von bestimmten vorgeschriebenen Strecken-, Belastungs- und Geschwindigkeitsverhältnissen aus. Hiernach lassen sich berechnen die erforderliche Zugkraft Z , das Reibungs- bzw. Dienstgewicht G_r bzw. GL , sowie die Hauptabmessungen des Kessels (Heizfläche H und Rostfläche R) und des Triebwerkes (Durchmesser d und Hub s der Dampfzylinder, Durchmesser D der Kuppelräder).

Sind die Hauptabmessungen berechnet, mit ähnlichen guten Ausführungsarten verglichen und sodann berichtigt, so wird Rost- und Heizfläche des Kessels zeichnerisch verwicklicht und werden in Hand damit die wichtigsten Abmessungen des Kessels, seine Gesamtlänge und sein Durchmesser festgelegt. Darauf bestimmt man die Achsanordnung, d. h. den zur Aufnahme des Kessels und etwaiger Materialvorräte (nur bei Tenderlokomotiven) notwendigen Gesamtachsstand und die Gruppierung der Kuppel-, Trieb- und Laufachsen innerhalb des gefundenen Gesamtachsstandes. Hierbei ist Rücksicht zu nehmen auf die Vorschriften, die das Betriebsprogramm im einzelnen Falle gibt; z. B. ist für guten Lauf in den kleinsten vorkommenden Streckenkrümmungen bei der Auswahl und Anordnung der Achsen innerhalb des gewählten Achsstandes zu sorgen. Bewährte Ausführungen dienen hierbei wiederum als vorbildlich.

Sodann wird Rahmen, Triebwerk, Steuerung und möglichenfall vorkommende Drehgestelle oder Schleppachsen ausführlicher durchgebildet. Endlich ist auch noch, nach Fertigstellung des Entwurfes, eine Gewichtsberechnung der Einzelteile der Lokomotive erforderlich, aus der genau hervorgehen muß, ob die vorgeschriebenen Achsbelastungen eingehalten wurden.

Bei der Lokomotivberechnung sind folgende Vorschriften zu berücksichtigen:

1. Höchstgeschwindigkeit¹⁾, mit der die Lokomotive fahren darf; V_{gr} in km/st bzw. n_{gr} in der Minute, d. i. höchstzulässige Drehzahl der Triebräder in der Minute.

V_{gr} ist in der Regel auf einem Schild im Führerhaus angeschrieben. Der Triebraddurchmesser darf bei neuen Radreifen nur so groß gewählt werden, daß die minutlichen Drehzahlen in der Zusammenstellung 10 bei der größten zulässigen Fahrgeschwindigkeit nicht überschritten werden. Es muß ein enger Zusammenhang bestehen zwischen V , D und n ; denn es ist stets $V = D\pi n$ (ohne Bezeichnung) oder

$$V_{gr} \text{ km/st} = \frac{D_m \cdot \pi \cdot n_{gr}^{\text{minute}} \cdot 60}{1000}$$

¹⁾ B. O. § 66; T. V. § 102.

Verschiedene Einwände sind gegen Zusammenstellung 10 zu machen. Bezüglich der Lage der Zylinder ist es nicht gleichgültig, ob alle außen oder innen, oder ob zwei außen und einer oder zwei innen sitzen. Auch fehlt bei „zwei Zylinder außen und einer innen“ die Angabe des Kurbelwinkels: vermutlich ist der von 120° gemeint. Ferner scheint in Spalte 2 die Drehzahl $n = 320$ zu hoch, $n = 280$ bis 300 wäre besser. In Spalte 9 ist wohl die Drehzahl von 200 gegen 260 in Spalte 8 zu niedrig, wenn man beispielsweise eine D- mit einer 1C-Lokomotive vergleicht; denn, daß eine oder zwei Achsen gegen Spalte 8 mehr gekuppelt sind, bedingt nicht ein Sinken von $n = 260$ auf 200 . Auch fehlen in den T. V. die 1F-Lokomotiven. Für die 1F-Vierzylinder-Heißdampf-Verbundlokomotiven der österreichischen Staatsbahnen z. B. wird bei $D = 1,45$ m und $V_{gr} = 60$ km/st die größte Drehzahl $n_{gr} = 220$, wobei der Lauf noch sehr ruhig ist.

Die im Führerhaus angeschriebenen höchsten Geschwindigkeiten und Drehzahlen für einige Lokomotivarten der preußisch-hessischen Staatsbahnen, die gemäß den T. V. zulässigen n_{gr} und die mit diesen aus D und der Bestimmungsgleichung errechneten V_{gr} enthält Zusammenstellung 9. Die Personenzuglokomotive in Reihe 9 und die Güterzuglokomotive in Reihe 14 laufen also schneller als dies nach T. V. zulässig ist. Die Angaben der Zusammenstellung 10 sind demnach teilweise änderungsbedürftig.

Zusammenstellung 9.

V_{gr} im Führerhause bei den preußisch-hessischen Staatsbahnen.

1 Nummer	2 Bauart	3 D m	4		5		6		7	
			angeschrieben		zulässig nach T.V.					
			V_{gr} km/st	n_{gr}	V_{gr} km/st	n_{gr}				
1	2B -Heißd.-2 Zyl. Zwill. S-Lok. S_6	2,10	110	278	127	320				
2	2B1-Sattd.-4 „ Verb. „ „ S_7	1,98	100	268	134	360				
3	2B1- „ -4 „ „ „ „ S_9	1,98	110	295	134	360				
4	2C -Heißd.-Vierling „ „ S_{10}	1,98	110	295	134	360				
5	2C - „ -4 Zyl. Verb. „ „ S_{10}^1	1,98	110	295	134	360				
6	2C - „ -Drilling „ „ S_{10}^2	1,98	110	295	119	320				
7	1C -Heißd.-2 Zyl. Zwill. P-Lok. P_6	1,60	75-90	249-299	84	280				
8	2C - „ -2 „ „ „ „ P_8	1,75	100	303	106	320				
9	1D1- „ -Drilling „ „ P_{10}	1,75	120	364	106	320				
10	D -Heißd.-2 Zyl. Zwill. G-Lok. G_8	1,35	50	196	51	200				
11	1D - „ -Drilling „ „ G_8^3	1,40	65	246	68	260				
12	D -Sattd.-2 Zyl. Zwill. „ „ G_9	1,25	45	191	47	200				
13	E -Heißd.-2 „ „ „ „ G_{10}	1,40	60	227	61	230				
14	1E - „ -Drilling „ „ G_{12}	1,40	65	246	60	230				

Zusammen-
Höchste Umdrehungszahlen n_{gr} der

Mindestens eine Achse unter oder hinter der Feuerbüchse und mit Laufachse, **hinteres** Dreh- oder Deichselgestell

	1	2	3	4	5	6	7
Zylinder außen oder zwei Zylinder außen und ein Zylinder innen	Lokomotive mit vorderem Drehgestell			Lokomotive mit vorderer Laufachse oder vorderem Deichselgestell			
	freier Trieb- achse od. 2 gek. Achsen od. 3 gek. Achsen	4 gek. Achsen	5 gek. Achsen	freier Trieb- achse od. 2 gek. Achsen od. 3 gek. Achsen	4 gek. Achsen	5 gek. Achsen	
$n =$	320	260	230	280	260	230	
	13	14	15	16	17		
Zylinder innen oder je zwei Zylinder innen und außen mit gegenläufi- gem Triebwerk	wie 2	wie 3 und 4		wie 5	wie 6 und 7		
$n =$	360	280		310	280		

Anmerkung: Für Lokomotiven, die zur beliebigen Verwendung in beiden räder zulässig, die der Radfolge in der betreffenden Fahr-

Je nach Art des Dienstes kommt die zulässige Höchstgeschwindigkeit mehr oder weniger oft vor. Daß V_{gr} und n_{gr} für die Berechnung der Triebräder ausschlaggebend sind, zeigt die Beziehung: $\pi \cdot D \cdot n_{gr} \cdot 60 = V_{gr} \cdot 1000$ zur Bestimmung von D aus den bekannten größten Werten von V und n . Man nimmt n möglichst hoch, aber nicht so hoch an, daß Störungen entstehen. Hohes V_{gr} bedingt hohes n , sonst treten Schwierigkeiten wegen zu großer für D errechneter Werte ein; Lokomotiven für hohes V_{gr} müssen ihrer Bauart nach hohe n vertragen. Wenn beispielsweise n nur 200 sein dürfte, so wäre bei $V_{gr} = 100$ bzw. 120, $D = 2,65$ m bzw. 3,19 m.

Unabhängig von der Bauart der Lokomotive sind je nach Art der zu betreibenden Strecken für Hauptbahnen nach der B. O. nur bestimmte, in den Abbildungen 20 und 21 angegebene Höchstgeschwindigkeiten zulässig.

stellung 10.

Lokomotiven nach den Bauarten.

oder ohne hintere		Feuerbüchse überhängend		
8	9	10	11	12
Lok. ohne vordere Laufachse		Lokomotive mit beliebiger Lage der Zylinder und		
mit freier Triebachse oder 2 gek. Achsen oder 3 gek. Achsen	mit 4 gek. Achsen oder 5 gek. Achsen	2 oder 3 gek. Achsen u. mit vord. Laufachse vord. Dreh- od. Deichselgestell	2 oder 3 gek. Achsen u. ohne vord. Laufachse vord. Dreh- od. Deichselgestell	4 oder 5 gek. Achsen mit u. ohne vord. Laufachsen
260	200	240	220	180
18	19	20		
wie 8	wie 9	Lokomotive mit Triebdrehgestellen, mit oder ohne überhängende Feuerbüchse und mit beliebiger Lage der Zylinder		
280	250	200		

Fahrrichtungen bestimmt sind, ist jeweils jene Umdrehungszahl der Trieb- richtung entspricht.

2. Größte Anfahrbeschleunigung, p_{a-gr} in m/sek^2 .

Die Anfahrbeschleunigung darf zwecks leichter Handhabung des Zuges nicht zu klein werden; sie ist besonders im Ortsverkehr wichtig. Eine gewisse Größe p_a ist nötig, um die verlangte Höchstzahl von Zügen in einer Stunde fahren zu können. Ist beispielsweise ein Zug mit Lokomotive 350 t schwer, so wird die durch die Anfahrbeschleunigung bedingte Zugkraft bei

$$p_a = 0,2 m/sek^2; \quad Z_p \text{ kg} = 350 \cdot 1000 \cdot 0,2; \quad g = 7000 \text{ kg},$$

$$p_a = 0,3 m/sek^2; \quad Z_p \text{ „} = 350 \cdot 1000 \cdot 0,3; \quad g = 10500 \text{ „}$$

für $g = 10 m/sek^2$, p_a ist

- bei Güterzuglokomotiven = 0,04 bis 0,05 m/sek^2
- „ Personen- und Schnellzug-Lokomotiven = 0,06 „ 0,07 m/sek^2
- „ Stadtbahnlokomotiven = 0,15 „ 0,30 m/sek^2

je nach der verlangten kürzesten Zugfolge. Kurze Abstände der Haltestellen bedingen hohes p_a ; bei Verschiebelokomotiven ist $p_a = 0,1$, bis $0,2 \text{ m/sek}^2$.

3. Kleinster Krümmungshalbmesser, R_{kl} in m der vorliegenden Strecke.

R_{kl} wirkt auf die Lokomotivbauart (Krümmungsbeweglichkeit). R_{kl} gibt ferner Veranlassung, die in die Rechnung eingestellte erforderliche Zugkraft zu vergrößern (Krümmungswiderstand). Berechnung erfolgt nach R ö c k l¹⁾.

4. Höchster zulässiger Raddruck.²⁾

Er beträgt nach der B. O. für stillstehende Lokomotiven bei den preußisch-hessischen Staatsbahnen im allgemeinen höchstens 7 t, bei Lokomotiven mit Gegengewichten und Drehgestellen oder einstellbaren Achsen nach den T. V. 7,5 t, auf Strecken mit hinreichender

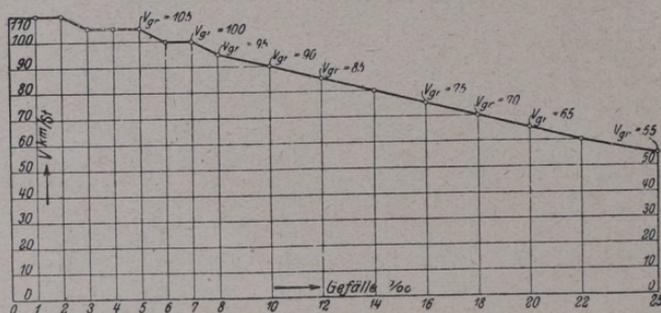


Abb. 20. Zulässige Höchstgeschwindigkeiten im Gefälle.

Stärke des Oberbaues und der Brücken 8 t. Für andere Länder gelten andere Vorschriften. Die Gattung S_{10}^1 hat bei den preußisch-hessischen Staatsbahnen mit 8,7 t den höchsten Triebdruck.

In England sind bis rd. 10 t Raddruck ausgeführt, in den Vereinigten Staaten von Amerika bis 15,3 t.

5. Beschränkung der größten erreichbaren Zugkraft³⁾ Z_{gr} durch die Wagenkupplung. Schraubenspindelkupplung des V. D. E. V.:

Durchmesser der Schraubenspindel zuweilen außen 42 mm, im Kern 33 mm. Diese Kupplung genügt nur für 12 000 kg Zugkraft. Teilweise hat man bereits den Kerndurchmesser der Spindel auf 42 mm erhöht, so daß die Kupplung für Zugkräfte bis 22 000 kg ausreicht. Als Baustofffestigkeit ist zu wählen: 45 bis 50 kg/qmm für 33 mm und 35 bis 40 kg/qmm für 42 mm Kerndurchmesser der Spindel.

¹⁾ Vgl. S. 35.

²⁾ B. O. §§ 16, 29 und Anlage B; T. V. § 64.

³⁾ T. V. Blatt VIII.

6. Fester Achsstand der Lokomotiven¹⁾; hängt von R_{kl} ab. Er richtet sich nach beistehender Zusammenstellung:

R	Achsstand	R	Achsstand
m	m	m	m
180	3,2	300	4,1
210	3,5	400	4,8
250	3,8	500	5,4

7. Umgrenzungslinie der festen Teile²⁾.

Die voll ausgezogene Umgrenzungslinie in Abb. 22 ist bei Festlegung aller Breiten- und Höhenabmessungen bei Lokomotiven für Haupt- und vollspurige Nebenbahnen maßgebend (nicht die „Umgrenzung des lichten Raumes“).

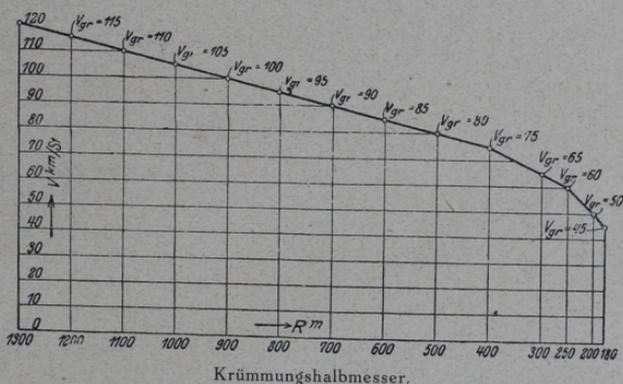


Abb. 21. Zulässige Höchstgeschwindigkeiten in Krümmungen.

Für Haupt- und vollspurige Nebenbahnen.

Nach T. V. § 86 (Abb. 22) gilt:

- Die festen Teile der Lokomotiven dürfen bei Mittelstellung im geraden Gleise höchstens die mit — Linien gezeichnete Umgrenzung erreichen.
- Lokomotivschornsteine dürfen über die obersten Linien der Umgrenzung nach a bis zu der mit —X—X— Linien gezeichneten Umgrenzung hinausragen. Es empfiehlt sich, sie dann so einzurichten, daß sie auf die Umgrenzung nach a eingeschränkt werden können. Signalscheiben und Signallaternen dürfen bis zu der mit —o—o— Linien gezeichneten Umgrenzung reichen.

¹⁾ T. V. § 87.

²⁾ B. O. § 28; T. V. § 86; gültig für deutsche Bahnen.

die durch die Radreifen gedeckten Teile bis auf 50 mm, die übrigen vorbezeichneten Teile bis auf 60 mm über S. O. Für Lokomotiven, die auf Zahnstangen übergehen sollen, ist die untere Umgrenzung nach den in Abb. 22 b angegebenen Linien einzuschränken.

Sehr ähnlich sind die in B. O. § 28 angegebenen Bestimmungen.

Für Lokalbahnen.

Für Lokomotiven und Tender regelspuriger Lokalbahnen gilt nach T. V. § 86: Bei schmalspurigen Bahnen muß die Umgrenzungslinie von 100 mm bis 1 m über S. O. überall einen Abstand von 30 mm, von 1 m Höhe an einen Abstand von 100 mm von der Umgrenzung des lichten Raumes haben. Bei reinen Zahnradbahnen dürfen die Zähne

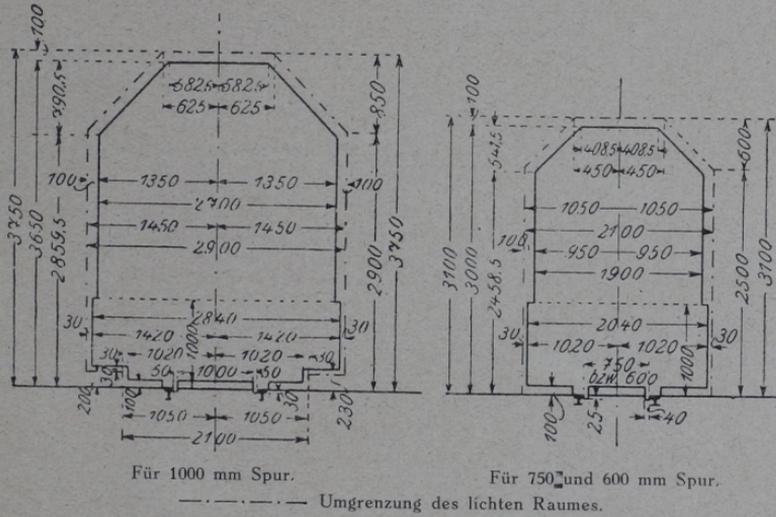


Abb. 23. Umgrenzung von Schmalspurlokomotiven.

der Zahnräder auch unter S. O., bei gemischten Zahnradbahnen dagegen nur bis 15 mm über S. O. herabreichen. Umgrenzung von Lokomotiven mit 1000, 750 und 600 mm Spur zeigt Abb. 23.

8. Spurweite¹⁾.

Im geraden Gleise (zwischen den Fahrkanten 14 mm unter Schienenoberkante gemessen) bei Hauptbahnen und vollspurigen Neben- und Lokalbahnen in Deutschland 1,435 m (entstanden aus 4' 8 1/2"), bei schmalspurigen Nebenbahnen 1,00 m oder 0,75 m; bei Lokalbahnen ist auch 0,60 m zulässig. Abweichungen bis 10 mm über und 2 mm unter 1,435 m sind als Folge des Betriebes zulässig.

Spurweiten in anderen Ländern. Außer dem Gebiet des V. D. E. V. ist Vollspur vorwiegend in der Schweiz, Italien, Frankreich, England, Dänemark, Schweden, Balkanhalbinsel, Polen, Anatolische

¹⁾ B. O. § 9; T. V. § 2.

Bahn, China, Ägypten, Australien, Nord-Amerika. Größere Spurweiten sind in Rußland (1,524 m = 5'); Irland, Brasilien, Australien (1,600 m = 5'3"); Spanien, Portugal, Chile, Argentinien, Ostindien (1,676 m = 5'6"). Schmalere Spurweiten sind in Norwegen, Japan, Java, Kapland, Südastralien (1,067 = 3'6", alte englische Kapspur), französische Kolonien, Hedjaz-Bahn (1050 mm); Meterspur in der ganzen Welt verbreitet.

9. Länge der ohne Erneuerung der Vorräte zu durchfahrenden Strecke (nur für Tenderlokomotiven und Tender), d. h. Abstand der vorhandenen Wasser-¹⁾ und Kohlenstationen.

Wasser- und Kohlenverbrauch von Lokomotiven

a) in bezug auf die Streckenlänge (für 1 km);

Wasserverbrauch 0,1 bis 0,15 cbm/km (kleiner bei Personen- und Schnellzug-, größer bei Güterzuglokomotiven) + 10 bis 15 % Zuschlag für Verluste beim Speisen, für Heizung, Luftpumpe usw.

Kohlenverbrauch im Mittel 15 kg/km bei Personen- und Schnellzuglokomotiven und 20 kg/km bei Güterzuglokomotiven.

b) in bezug auf 1 Psi-st (stündlicher Dampf- und Kohlenverbrauch für 1 Psi), vgl. Seite 73 bis 77.

10. Art des zu verfeuernden Brennstoffes. Wesentlich hierbei ist:

a) Sein Heizwert; hierdurch wird die Verdampfungsziffer²⁾ und die Größe der Rostfläche beeinflusst.

Die Heizwerte für 1 kg Brennstoff in WE sind etwa:

h = 7 975 Westfälischer Anthrazit,	
h = 7 750 Steinkohlenbriketts,	
h = 7 650 Westfälische Steinkohle (Ruhrkohle),	
h = 7 100 Saar-, schlesische und sächsische Kohle,	
h = 7 000 Gaskoks,	
h = 6 500 Belgische Grußkohle,	
h = 5 200 Bayerische Molassekohle (Braunkohle),	
h = 4 800 Braunkohlenbriketts,	
h = 3 600 Sächsische Braunkohle,	
h = 3 800 Torf,	
h = 4 100 Holz,	
h = 10 500 Masut	} flüssige Brennstoffe,
h = 11 000 Petroleum	
h = 7 890 Waleskohle	} englische Kohlen.
h = 7 270 Newcastle-Kohle	
h = 6 940 Schottische Kohle	

Holz wird vielfach in Nord-Schweden verfeuert. Verheizt werden etwa 1 m lange Scheite aus trockenem Kiefern- oder Birkenholz. 1 t guter Steinkohle entspricht etwa 2 t Holz. Nachteile sind: großer Funkenauswurf; große Anstrengung für das Heizpersonal, weil der Heizwert des Holzes geringer als der der Steinkohle.

¹⁾ Glasers Annalen 1914, Bd. 75, S. 60.

²⁾ Vgl. S. 77/78.

Torffeuerung. Nordische Länder verwenden Holz und Torf gemischt: $\frac{1}{3}$ Holz und $\frac{2}{3}$ Torf bis zu $\frac{1}{2}$ Holz. Zu unterscheiden ist der gute Preßtorf vom minderwertigen normalen Stichtorf. Brennstoffverbrauch liegt zwischen 5,2 und 6,4 kg/PS-st.

Argentinien heizte z. B. aus Kohlenmangel während des Krieges mit Mais und Weizen.

- b) Die Art seiner Flammenbildung, d. h. ob der Brennstoff kurz- oder langflammig. Hierdurch wird die Tiefe des Feuerraumes beeinflusst.

C. Berechnung regelspuriger Dampflokomotiven.

1. Allgemeines.

Bezeichnungsweisen für die Lokomotivberechnung.

Bezeichnungen.

Geschwindigkeit	V	km/st. v m/sek
Beschleunigung	p	m/sek ²
Umdrehungszahl	n	i. d. min.
Halbmesser der Gleisbogen	R	m
Widerstand für die Einheit der Last	w	kg/t
Widerstand des Zuges	W	kg
Druck	p	at
Mittlere Zahl an WE zur Erhöhung der Wärme von 1 kg Dampf um 1° C	c	WE/kg ⁰
Wärmegrad	t	°C
Heizwert	h	WE
Wärmeinhalt von 1 kg Dampf	i'	WE/kg
Verdampfungsziffer { Sattdampf	z	kg/kg
{ Heißdampf	z'	kg/kg
Rauminhalt von 1 kg Dampf	v	cbm/kg
Kolbenhub	s	m
Durchmesser der Zylinder	d	cm
Gewicht	G	t
Druck der Triebachsen auf die Schienen	P	t
Rostfläche	R	qm
Heizfläche	H	qm
Zugkraft	Z	kg
Leistung	N	PS
Kohlenverbrauch	B	kg/st
Dampfverbrauch	D	kg/st
Durchmesser der Triebräder	D	m
Hub-Inhalt der Auspuffzylinder	J	l
Grad der Ausnutzung	a	