

Dynamik

Phase 1a

$$v_{\ddot{u}} = \frac{P_{\ddot{u}} \cdot \eta}{F_r} \quad [\text{m/s}]$$

$P_{\ddot{u}}$: Leistung des Zuges [kW] = [KNm/s]
 η : Wirkungsgrad
 F_r : Kraft die der Zug erzeugt [KN]

$v_{\ddot{u}}$ = Geschwindigkeit bei Übergang von konstanter Beschleunigung zu nicht konstanter Beschleunigung

wenn a_{max} gegeben:

$$F_{\ddot{u}} = \frac{a_{1a} \cdot G_{\text{ges}} \cdot \rho}{9,81}$$

sonst:

$$F_{\ddot{u}} = F_r - \Sigma W \quad [\text{KN}]$$

F_r : Kraft die der Zug erzeugt [KN]
 μ : Reibungskoeffizient, Kraftschlussbeiwert []
 G_{Lok} : Lokgewicht, bzw. Zuggewicht bei Triebwagen [KN]
 ω : Faktor der antreibende Achsen berücksichtigt [%]
bei Lok $\omega=1$
 $F_{\ddot{u}}$: Resultierende Beschleunigungskraft [KN]

$$F_r = \mu \cdot G_{\text{Lok}} \cdot \omega \quad [\text{KN}]$$

$$a_{1a} = \frac{F_{\ddot{u}} \cdot 9,81}{G_{\text{ges}} \cdot \rho} \quad [\text{m/s}^2]$$

$F_{\ddot{u}}$: Resultierende Beschleunigungskraft [KN]
 ρ : Massenfaktor
→ bei Zügen (1,06 – 1,11)
→ bei Triebwagen (1,06 – 1,2)

$$t_{1a} = \frac{v_{\ddot{u}} - v_0}{a_{1a}} \quad [\text{s}]$$

$v_{\ddot{u}}$: siehe oben [m/s]
 v_0 : 0 wenn Zug anfährt [m/s]
 a_{1a} : konstante Beschleunigung [m/s²]

t_{1a} = Zeit bis wann $v_{\ddot{u}}$ erreicht wird

$$s = \frac{v_{\ddot{u}} + v_0}{2} \cdot t_{1a} \quad [\text{m}]$$

$v_{\ddot{u}}$: siehe oben [m/s]
 v_0 : 0 wenn Zug anfährt [m/s]
 t_{1a} : siehe oben [s]

Phase 1b

$$F_t = \frac{\eta \cdot P_{\ddot{u}}}{v_{\max}} \text{ [KN]}$$

F_r : Kraft die der Zug erzeugt [KN]
 $P_{\ddot{u}}$: Leistung des Zuges [kW] = [KNm/s]
 v_{\max} : maximale Geschwindigkeit [m/s²]
 v [km/h] : 3,6 = v [m/s]

$$F_{\ddot{u}} = F_t - \Sigma W$$

$F_{\ddot{u}}$: Resultierende Beschleunigungskraft [KN]

$$a_{1b} = \frac{F_{\ddot{u}} \cdot 9,81}{G_{\text{ges}} \cdot \rho} \text{ [m/s}^2\text{]}$$

$$\bar{a} = \frac{a_{1a} + a_{1b}}{2} \text{ [m/s}^2\text{]}$$

a_{1a} : siehe Phase 1a [m/s²]

$$t_{1b} = \frac{v_{\max} - v_{\ddot{u}}}{\bar{a}} \text{ [s]}$$

v_{\max} : maximale Geschwindigkeit [m/s²]

$$s = \frac{v_{\max} + v_{\ddot{u}}}{2} \cdot t_{1b} \text{ [m]}$$

Phase 2

$$t_2 = \frac{s}{v_{\max}} \text{ [s]} \quad F_{\ddot{u}} \text{ ist in Phase 2} = 0 \text{ (da } a=0\text{)} \rightarrow \text{kein durchdrehen der Räder}$$

$$v_{\max} = \frac{\eta \cdot P_{\ddot{u}}}{\Sigma W} \text{ [m/s]} \text{ (da } F_{\ddot{u}} = 0\text{)}$$

Phase 3

$$t_3 = \text{vorgegeben}$$

$$a = \frac{\Sigma W \cdot 9,81}{G_{\text{Zug}} \cdot \rho} \text{ [m/s}^2\text{]}$$

$$v_3 = v_{\max} - a \cdot t \text{ [m/s]}$$

$$s = \frac{v_{\max} + v_3}{2} \cdot t_3 \text{ [m]}$$

Phase 4

wenn Bremsverzögerung gegeben:

$$F_{\ddot{u}} = \frac{a_4 \cdot G_{\text{ges}} \cdot \rho}{9,81}$$

sonst:

$$F_{\ddot{u}} = F_r + \Sigma W$$

$$F_r = \mu \cdot G_{\text{Lok}} \cdot \omega \quad [\text{KN}]$$

$F_{\ddot{u}}$: Resultierende Bremskraft [KN]
ρ : Massenfaktor
F_r : Kraft die der Zug erzeugt [KN]
μ : Reibungskoeffizient, Kraftschlussbeiwert []
G_{Lok} : <u>Lok</u> gewicht, bzw. Zuggewicht bei Triebwagen [KN]
ω : Faktor der bremsende Achsen berücksichtigt [%] bei Lok $\omega=1$

$$a_4 = \frac{F_{\ddot{u}} \cdot 9,81}{G_{\text{ges}} \cdot \rho} \quad [\text{m/s}^2]$$

$F_{\ddot{u}}$: Resultierende Beschleunigungskraft [KN]
ρ : Massenfaktor

$$t_4 = \frac{v_3 - v_0}{a_4} \quad [\text{s}]$$

$$s = \frac{v_3 + v_0}{2} \cdot t_4 \quad [\text{m}]$$

v_3 : wenn keine Phase 3 $\rightarrow v_3 = v_{\text{max}}$ [m/s]
v_0 : 0 wenn Zug anhält [m/s]
t_4 : siehe oben [s]

Allgemein:

$$v_{\text{max}} = \sqrt{2 \cdot s \cdot a_4} \quad [\text{m/s}]$$

s : Strecke [m]
a_4 : Beschleunigung [m/s²]

$$v_{\text{max}} = \sqrt{\frac{2 \cdot s_{\text{ges}} \cdot a_{1a} \cdot a_4}{a_{1a} + a_4}} \quad [\text{m/s}]$$

w_c = Rollwiderstand

w_s = Neigungswiderstand

w_r = Krümmungswiderstand

Gleisverziehung

Gleisverziehung ohne Überhöhung, ohne Übergangsbogen, mit Zwischengeraden

Länge der Gleisverziehung (inkl. Zwischengerade)

$$l_{vz} = v_e \cdot \sqrt{2 \cdot \Delta e + 0,16} \quad [\text{m}]$$

Länge der Zwischengeraden

$$l_g = 0,4 \cdot v_e \quad [\text{m}]$$

Halbmesser des Gleisbogen (Radius)

$$r = \frac{v_e^2}{2} \quad [\text{m}]$$

Gleisverziehung mit Überhöhung, mit Übergangsbogen, mit Zwischengeraden

Länge Übergangsbogen = Länge Überhöhungsrampe

$$l_R = 10 \cdot v_e \cdot \frac{\Delta u}{1000} \quad [\text{m}]$$

Δu : Überhöhungsdifferenz [mm]
 v_e : Entwurfsgeschwindigkeit [km/h]

Länge Kreisbogen

$$l_k = \frac{C^\circ \cdot \pi \cdot r}{180} \quad [\text{m}]$$

C° : Zentriwinkel [°]

Länge der Zwischengeraden

$$l_G = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,1 \cdot v_e \\ 6\text{m} \end{array} \right. \quad [\text{m}]$$

v_e : Entwurfsgeschwindigkeit [km/h]

Abrückemaß

$$f = \frac{l_R^2}{24 \cdot r} \quad [\text{m}]$$

l_r : Regellänge Übergangsbogen [m]
 r : Radius [m]

Länge der Überhöhungsrampe (Regelwert):

$$l_r = \frac{10 \cdot v_e \cdot u}{1000} \quad [\text{m}]$$

u = Regelüberhöhung

Länge der Gleisverziehung

$$l_{vz} = v_e \cdot \sqrt{2 \cdot \Delta e + 0,16} \quad [\text{m}]$$

v_e in [km/h]
 Δe in [m]

Überhöhung:

Ausgleichende Überhöhung

$$u_0 = \frac{11,8 \cdot v^2}{r} \text{ [mm]}$$

v = Geschwindigkeit [km/h]
 r = Bogenradius [m]

Regelüberhöhung

$$u = 0,6 \cdot u_0 \text{ [mm]} < 160 \text{ (Schotterbett)}$$

Bei einer Weiche wird die Regelüberhöhung für das Stammgleis berechnet.

Mindestüberhöhung

	$a = 0,65 \text{ m/s}^2$	$a = 0,85 \text{ m/s}^2$	$a = 1,0 \text{ m/s}^2$
Regelspur ($s = 1500\text{mm}$)	$u_{\min} = \frac{11,8 \cdot v^2}{r} - 100$	$u_{\min} = \frac{11,8 \cdot v^2}{r} - 130$	$u_{\min} = \frac{11,8 \cdot v^2}{r} - 150$
Meterspur ($s = 1060\text{mm}$)	$u_{\min} = \frac{8,3 \cdot v^2}{r} - 70$	$u_{\min} = \frac{8,3 \cdot v^2}{r} - 92$	$u_{\min} = \frac{8,3 \cdot v^2}{r} - 108$

Maximal zulässige Geschwindigkeit

$$v_{\text{zul}} = \sqrt{\frac{r}{11,8} \cdot (u_{\text{vorh.}} + u_{\text{f,zul.}})} \text{ [km/h]}$$

$u_{\text{f,zul.}}$: 150 für $R > 1000\text{m}$
 $u_{\text{f,zul.}}$: 130 für $R < 1000\text{m}$
 $u_{\text{vorh.}}$: negativ bei ABW! [mm]

Entwurfsgeschwindigkeit

$$v_e = \sqrt{\frac{r}{7,1} \cdot u_{\text{vorh.}}} \text{ [km/h]}$$

gilt da $u_f = 0$

Querbeschleunigung

$$a = \frac{u_{\text{f,zul.}} \cdot 9,81}{s_w} \text{ [m/s}^2\text{]}$$

$s_w = 1500$ (Normalspur)

Mindestradius

$$r_{\min} = 11,8 \cdot \frac{v^2}{u_{\text{vorh.}} + u_{\text{f,zul.}}} \text{ [m]}$$

Bedingung für Bogenweichen

1) geometrischer Zusammenhang

$$\text{IBW: } r_z = \frac{r_s \cdot r_0}{r_0 + r_s} > \max r_z \text{ (siehe 5/05)}$$

$$\text{ABW: } r_z = \frac{r_s \cdot r_0}{|r_s - r_0|}$$

r_s = Radius des Stammgleises [m]
 r_0 = Radius der Weichengrundform [m]

2) Fliehkraftnachweis

$$v_{\text{zul}} = \sqrt{\frac{r}{11,8} \cdot (u_{\text{vorh.}} + u_{\text{f,zul.}})} \text{ [km/h] (zul } u_f \rightarrow \text{ siehe 5/06)}$$

3) Rucknachweis (bei Fahrt in Zweiggleis)

$$\Delta u_f = \left(\frac{11,8 \cdot v^2}{r_1} - u_1 \right) + \left(\frac{11,8 \cdot v^2}{r_2} - u_2 \right) \text{ [mm]}$$

(→Vergleich mit Diagramm 3/22)

- : bei Korbbogen
+ : bei Gegenbogen
v: Geschwindigkeit (Werte sind gleich) [m/s]