

# 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**]  
 $\eta$ : 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**]  
 $\rho$ : Reibungskoeffizient, Kraftschlussbeiwert [ ]  
 $G_{\text{Lok}}$ : Lokgewicht, bzw. Zuggewicht bei Triebwagen [**KN**]  
 $\omega$ : Faktor der antreibende Achsen berücksichtigt [%]  
bei Lok  $\omega=1$   
 $F_{\ddot{u}}$ : Resultierende Beschleunigungskraft [**KN**]

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

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

$F_{\ddot{u}}$ : Resultierende Beschleunigungskraft [**KN**]  
 $\rho$ : 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/s<sup>2</sup>**]

$t_{1a}$  = 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/s<sup>2</sup>]  
 $v$  [km/h] : 3,6 =  $v$  [m/s]

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

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

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

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

$a_{1a}$ : siehe Phase 1a [m/s<sup>2</sup>]

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

$v_{max}$ : maximale Geschwindigkeit [m/s<sup>2</sup>]

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

## Phase 2

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

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

## Phase 3

$$t_3 = \text{vorgegeben}$$

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

$$v_3 = v_{max} - a \cdot t_3 \text{ [m/s]}$$

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

## 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]  
 $\rho$ : Massenfaktor  
 $F_r$ : Kraft die der Zug erzeugt [KN]  
 $\mu$ : Reibungskoeffizient, Kraftschlussbeiwert [ ]  
 $G_{\text{Lok}}$ : Lokgewicht, bzw. Zuggewicht bei Triebwagen [ KN]  
 $\omega$ : 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]  
 $\rho$ : 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/s<sup>2</sup>]

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

$w_c$  = Rollwiderstand

$w_s$  = Neigungswiderstand

$w_r$  = Krümmungswiderstand

## Gleisverziehung

### **Gleisverziehung ohne Überhöhung, ohne Übergangsbogen, mit Zwischengeraden**

Länge der Gleisverziehung (inkl. Zwischengerade)

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

Länge der Zwischengeraden

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

Halbmesser des Gleisbogen (Radius)

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

### **Gleisverziehung mit Überhöhung, mit Übergangsbogen, mit Zwischengeraden**

Länge Übergangsbogen = Länge Überhöhungsrampen

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

$\Delta u$ : Überhöhungsdifferenz [mm]  
 $v_e$ : Entwurfsgeschwindigkeit [km/h]

Länge Kreisbogen

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

$C^\circ$ : Zentriwinkel [°]

Länge der Zwischengeraden

$$l_G = \max \begin{cases} 0,1 \cdot v_e \text{ [m]} \\ 6m \end{cases}$$

$v_e$ : Entwurfsgeschwindigkeit [km/h]

### **Abrückemaß**

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

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

### **Länge der Überhöhungsrampen (Regelwert):**

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

$u$  = Regelüberhöhung

### **Länge der Gleisverziehung**

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

$v_e$  in [km/h]  
 $\Delta e$  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

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

$u_{f,\text{zul.}}$ : 150 für  $R > 1000\text{m}$   
 $u_{f,\text{zul.}}$ : 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

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

$s_w = 1500$  (Normalspur)

Mindestradius

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

## 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

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

### 3) Rucknachweis (bei Fahrt in Zweigleis)

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

(→Vergleich mit Diagramm 3/22)

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