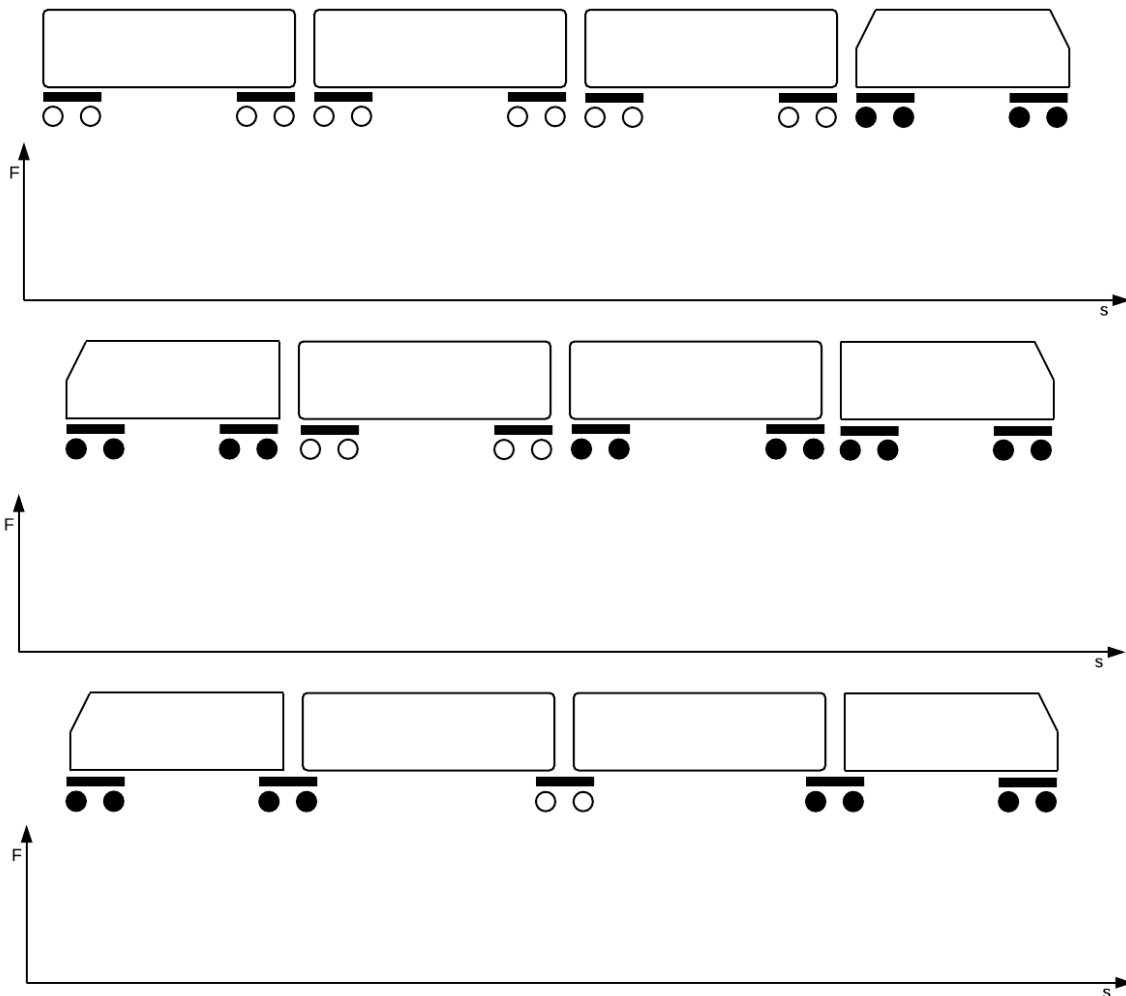


Schienenfahrzeugtechnik I – Übung 1

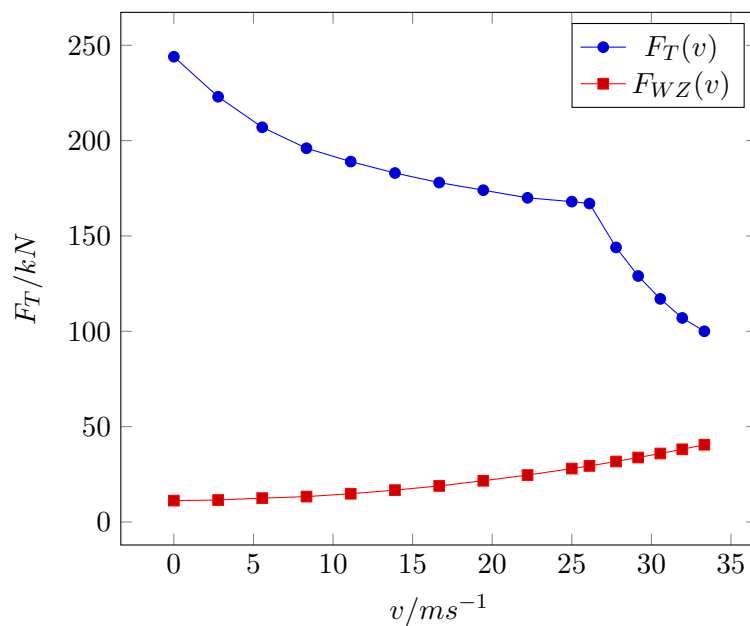
Einführung in die Zugdynamik

Aufgabe 1 (Zugkraftkennlinie). Tragen Sie qualitativ die Längskräfte der unten gezeigte Züge ein.



Aufgabe 2 (Zugkraftkennlinie). Eine Lokomotive der BR 143 der DB AG zieht einen Wagenzug. Die technischen Daten der Fahrzeuge sind:

- Triebfahrzeug:
 - Masse $m_L = 82 \text{ t}$
 - Rotierende Masse $m_{DL} = 16 \text{ t}$
- Wagenzug:
 - Masse $m_W = 500 \text{ t}$
 - Rotierende Masse $m_{DW} = 24 \text{ t}$

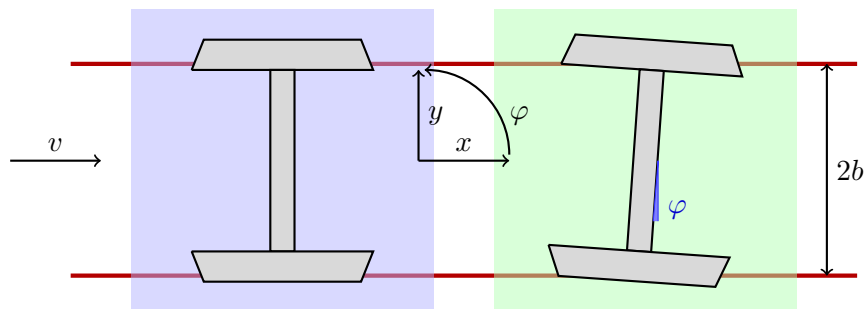


- a) Zeichnen Sie die Widerstandskurven des Zugverbands (bestehend aus Lokomotive und Wagenzug) für Streckenneigungen $i_k = (1, 2, 4)\%$ in das $F - v$ -Diagramm ein. Der Fahrwiderstand des Triebfahrzeugs ist zu vernachlässigen.
- b) Bestimmen Sie die Höchstgeschwindigkeiten $v_{max,k}$ in den jeweiligen Streckenneigungen.
- c) Bestimmen Sie das Beschleunigungsvermögen des Zugverbands in der Ebene und in 1% Streckenneigung für $v = 90 \text{ km/h}$.
- d) Bestimmen Sie die kinetische Energie des Zugverbands bei $v = 120 \text{ km/h}$ und bestimmen Sie für einen mittleren Fahrwiderstand von $F_{W,m} = 20 \text{ kN}$ in einer Steigung von 1% die Steighöhe bis $v = 0$ gilt.

Einführung in die Spurführung

Aufgabe 3 (Erarbeitung Klingel'sche Formel). Bearbeiten Sie folgende Aufgabe in Kleingruppen (2-3 Studierende).

Betrachten Sie einen Einzelradsatz mit konischem Radprofil, zunächst in Querrichtung verschoben:



1. Bestimmen Sie die Quergleitgeschwindigkeit abhängig von v und φ .
 - Vereinfachen Sie so, dass die Abhängigkeit von φ linear ist.
2. Differenzieren Sie, um die Querbeschleunigung zu erhalten. Annahme: v konstant.
3. Bestimmen Sie die Winkelgeschwindigkeit $\dot{\varphi}$ des Radsatzes um die Hochachse abhängig von
 - Rollradiendifferenz Δr ,
 - halbem Radstand b sowie
 - Winkelgeschwindigkeit des Radsatzes ω .
4. Vereinfachen Sie für kegelförmige Radsätze Δr .
5. Leiten Sie die homogene lineare Differenzialgleichung der Bewegung in y -Richtung aus den oben gefundenen Beziehungen her.
 - Welche Eigenschaften hat diese Differenzialgleichung?
 - Welche (wichtigen) Aspekte haben Sie vernachlässigt?
6. Bestimmen Sie Eigenkreisfrequenz und die Wellenlänge der Bewegung.
 - Welche Beobachtungen können Sie machen?

Kraftschluss und Schlupf

Aufgabe 4 (Kraftschlussausnutzung). Ein dreiteiliger Triebzug wird beschleunigt und gebremst. Die Daten des Triebzugs sind:

- Achsformel Bo' Bo' + 2' 2' + Bo' Bo'
- $m_{W,i} = 40t$
- Zusätzliche rotierende Massen (anteilig von $m_{W,i}$):
 - Treibachsen $\rho_T = 0,15$
 - Laufachsen $\rho_L = 0,08$
- Beschleunigungsvermögen: $a_{max} = 1,5 \frac{m}{s^2}$
- Verzögerung der Schnellbremse: $b_{max} = 1,2 \frac{m}{s^2}$

Bestimmen Sie:

- Treibachsbremskräfte (Lauf- und Treibachsen) und Kraftschlussausnutzung während einer Schnellbremsung
- Treibachszugkraft und Kraftschlussausnutzung während der maximalen Beschleunigung
- Die Bremse muss an zwei Drehgestellen (1 Laufdrehgestell, 1 Triebdrehgestell) auf Grund eines Fehlers abgesperrt werden. Bestimmen Sie die verbleibende Verzögerung sowie die Kraftschlussausnutzung, für die die Bremsleistung konstant gehalten werden könnte.

Aufgabe 5. Ein Güterwagen (Masse leer $m_L = 30t$, Masse unter maximaler Beladung $m_B = 80t$, rotierende Masse $m_R = 3,2t$) erreicht eine maximale Verzögerung $b_{max} = 0,7 \frac{m}{s^2}$. Bestimmen Sie:

- Treibachsbremskraft und Kraftschlussausnutzung während einer Schnellbremsung des beladenen Wagens
- Kraftschlussausnutzung während einer Schnellbremsung des unbeladenen Wagens unter der Annahme einer konstanten Bremskraft am Radumfang
- Treibachsbremskraft des unbeladenen Wagens für eine Kraftschlussausnutzung von 0, 1.

Bremskurven

Aufgabe 6 (Bremsarten). Ein zweistufiges Bremsmodell nutzt folgende Stufen, um einen Bremsprozess mit Füllzeit t_f und Verzögerung \bar{a} zu modellieren:

- Konstantfahrt für eine Dauer von $\frac{1}{2}t_f$
 - Konstante Verzögerung \bar{a} von $\frac{1}{2}t_f$ bis zum Stillstand des Fahrzeugs
- Skizzieren Sie die Bremskurven im v-s-Diagramm, wobei der Unterschied zwischen den Bremsarten herausgestellt werden soll.
 - Welchen Einfluss hat eine längere Füllzeit auf
 - die zulässige Höchstgeschwindigkeit im Vorsignal-Hauptsignal-System?
 - die Längsdruckkräfte während einer Bremsung?

Aufgabe 7 (Längsdruckkräfte). In einem Zugverband, der ansonsten frei von Längszug- und -druckkräften ist, befinden sich zwei Gelenktragwagen der Bauart Sggrss (LüP = 27 m). Die verbauten Steuerventile der Wagen liegen ungünstig verteilt im Rahmen der Toleranzen gemäß UIC 540 in Bremsstellungen G bzw. P, sodass im vorderen Wagen die kürzeste und im hinteren Wagen die längste Füllzeit erreicht wird. Bestimmen Sie die auftretenden Längsdruckkräfte unter folgenden Annahmen:

- Durchschlagsgeschwindigkeit $v_{SB} = 250 \frac{m}{m}$
- Linearer Aufbau der Bremskraft von 0 auf $F_{B,max}$ innerhalb der Füllzeit t_f
- Masse der Wagen $m_W = 60t$, rotierende Masse $m_D = 2,5t$
- Bremskraft am Radumfang $F_B = 60kN$

Fahrwiderstand

Aufgabe 8 (Fahrwiderstand nach Strahl und Sauthoff). a) Berechnen Sie die benötigte Energie für je $s = 100\text{km}$ Streckenfahrt mit v_{max} :

- Gemischter Güterzug, $v_{max} = 80 \frac{\text{km}}{\text{h}}$, $m_W = 4000\text{t}$
 - Widerstandsgleichung nach Strahl:

$$f_{WW} = 1,6\text{‰} + 5,7\text{‰} \left(\frac{v}{100 \frac{\text{km}}{\text{h}}} \right)^2 \quad (1)$$

- Reisezug, $v_{max} = 160 \frac{\text{km}}{\text{h}}$, $m_W = 350\text{t}$, $n_W = 7$
 - Widerstandsgleichung nach Sauthoff:

$$f_{WW} = 1,6\text{‰} + 0,25\text{‰} \left(\frac{v}{100 \frac{\text{km}}{\text{h}}} \right) + \frac{683\text{N}(2,7 + n_W)}{m_W g} \left(\frac{v + 12 \frac{\text{km}}{\text{h}}}{100 \frac{\text{km}}{\text{h}}} \right)^2 \quad (2)$$

b) Berechnen Sie die benötigte Energie für das Beschleunigen der Züge auf v_{max} unter Berücksichtigung des Fahrwiderstands gemäß der Gleichungen (1) bzw. (2) sowie einer konstanten Beschleunigung von

- $a = 0,1 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ für den Güterzug
- $a = 0,3 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ für den Personenzug

Der Widerstand des Triebfahrzeugs ist zu vernachlässigen.

Längsdynamik

Aufgabe 9 (Massenband/Massenpunktmodell). Ein siebenteiliger Triebzug ($m_w = 50\text{t}$, $l_w = 25\text{m}$) fährt auf einer Strecke, die der Vorschrift

$$h(x) = \begin{cases} 0, & x < 5000 \\ -100 \cos \frac{x-5000}{5000} + 100, & x \geq 5000 \end{cases}$$

entspricht. Hierbei wird die Position der Zugspitze x in m gemessen.

- Bestimmen Sie die maximale Streckenneigung i_{max} der Strecke.
- Bestimmen Sie den Punkt, an dem $E_{pot} > 0$ gilt im Massenband- bzw. Massenpunktmodell.
- Bestimmen Sie für $x = 7000$ die Neigungswiderstandskraft des Zugverbands, jeweils im Massenband- bzw. Massenpunktmodell.

Aufgabe 10 (Kuppelstoß/Crash). Ein dreiteiliger Metro-Triebzug ($m_w = 50\text{t}$) soll mit einer automatischen Mittelpufferkupplung ausgestattet werden, die Kuppeln mit $v = 4 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ zulässt. Der maximale Hub der Frontkupplung sei auf $s_{max} = 50\text{mm}$ begrenzt, die Zwischenkupplungen seien starr. Das stehende Fahrzeug ist während des Kuppelns mit der selbsttätigen Bremse gebremst.

- a) Welche Kraft muss über den Verzögerungsweg durchschnittlich herrschen, um die dieses Kuppeln zuzulassen? Hierbei sei die Energie ausschließlich über die Kupplung verzehrt.
- b) Was geschieht mit dem stehenden Fahrzeug?
- c) Welche Verzögerung herrscht unter dem Annahmen von Aufgabe a) im fahrenden Fahrzeug?
- d) Bei einem Crash mit einem baugeichen Fahrzeug mit $v = 18 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ stehen Energieverzehrelemente mit einem Hub von $s = 200\text{mm}$ zur Verfügung. Welche Verzögerung und welche Kraft stellt sich ein?