



**TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DRESDEN**

---

Fakultät Verkehrswissenschaften „Friedrich List“ Institut für Bahnfahrzeuge und Bahntechnik

---

Professur für Technik spurgeführter Fahrzeuge

# Fragen und Aufgaben zur Lernerfolgskontrolle im Fach Fahrodynamik

Dr.-Ing. Martin Kache

29. Juni 2020



## Hinweise

Bitte lesen Sie alle Fragen und Aufgabenstellungen sorgfältig durch. Die Fragen können in Stichpunkten beantwortet werden, sofern die Antworten eindeutig sind und der Inhalt dadurch nicht in unzulässiger Weise verkürzt wird.

Bitte bedenken Sie bei der Bearbeitung, dass im Kontext einer Prüfung/Klausur die folgenden Grundsätze gelten:

Die Lösungswege müssen vollständig und nachvollziehbar sein. Zwischenergebnisse und Berechnungsansätze werden auch gewertet.

Ungültige Ergebnisse müssen durchgestrichen werden.

Nicht eindeutige Ergebnisse können nicht bewertet werden.

Für die Bearbeitung der Rechenaufgaben sind außer einem Taschenrechner sowie der im Rahmen der Vorlesung zur Verfügung gestellten Formelsammlung keine weiteren Hilfsmittel zulässig.

Jegliche handschriftliche Ergänzungen in der Formelsammlung werden im Falle der Entdeckung bei stichprobenartigen Kontrollen als Betrugsversuch gewertet.

Die schriftliche Lernerfolgskontrolle besteht aus zwei Teilen, in denen die folgenden Punkte erreicht werden können:

- Fragenteil: 38 Punkte (52 %)
- Aufgabenteil: 35 Punkte (48 %)

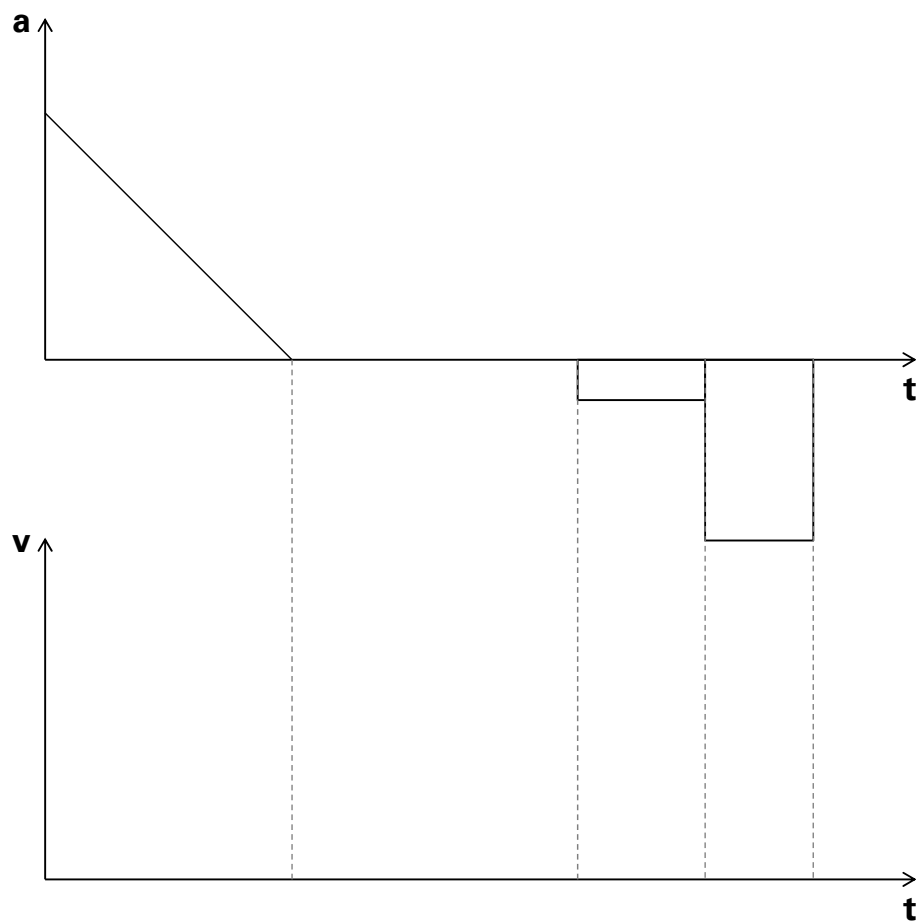
Bitte beachten Sie, dass die eigentliche Klausur eine Bearbeitungszeit von 90 min umfasst und deshalb umfangreicher ausfallen wird. Die Lernerfolgskontrolle dient dazu, dass Sie ein Gefühl für die Art der Fragen und Aufgabenstellungen bekommen. Thematische Prüfungsschwerpunkte sowie die generelle Punkteverteilung zwischen Verständnisfragen und Rechenaufgaben lassen sich daraus nicht ableiten.

**Die Bearbeitungszeit beträgt 60 Minuten.**

Viel Erfolg!

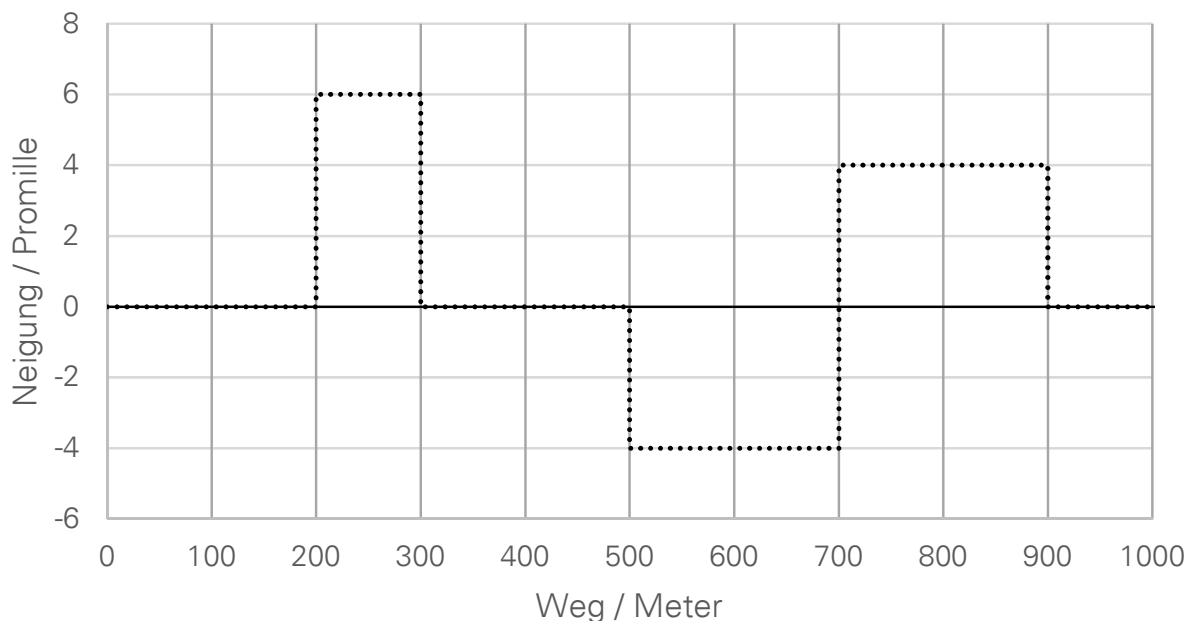
## Fragenteil

1. Welche Bewegungsart liegt hinsichtlich der Längsdynamik von Landfahrzeugen im Allgemeinen vor? (1 Punkt)
2. Leiten Sie von dem gegebenen Beschleunigungs-Zeit-Verlauf qualitativ den Geschwindigkeits-Zeit-Verlauf ab, unter der Annahme, dass es sich um ein vollständiges Fahrspiel handelt. (4 Punkte)



3. Wozu dient der „fahrtdynamische Massenfaktor“ in fahrdynamischen Berechnungen und wann muss er berücksichtigt werden? (2 Punkte)

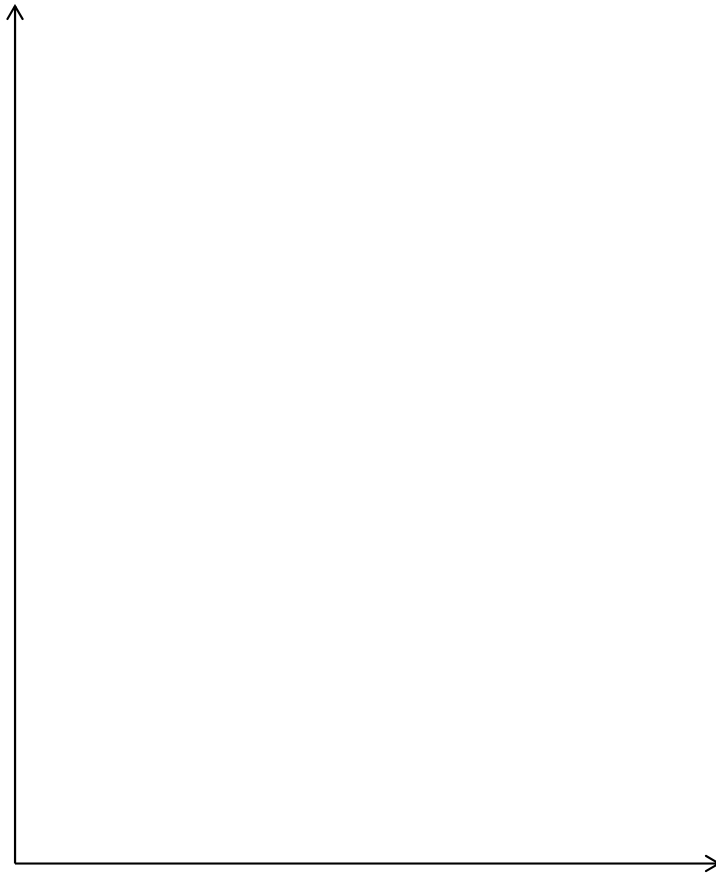
4. Wie verändert sich der fahrdynamische Massenfaktor eines Güterganzzuges qualitativ, wenn... **(3 Punkte)**
- ...alle Wagen entladen werden?
  - ...der gleiche Zug statt mit einer mit zwei Lokomotiven bespannt wird?
  - ...weitere Güterwagen gleicher Bauart und mit gleichem Beladungszustand angekuppelt werden?
5. Was ist der Unterschied zwischen Fahrwiderstand und Fahrzeugwiderstand? **(1 Punkt)**
6. Ein Zug mit einer Länge von 100 m weise eine weitgehend gleichmäßige Verteilung der Zugmasse über der Zuglänge auf. Er durchfahre einen 1000 m langen Streckenabschnitt, dessen nominelle Neigungen in der untenstehenden Abbildung eingetragen sind (punktierte Linie). Zeichnen Sie in das Diagramm die Neigung ein, die effektiv auf den Zugverband wirkt, wenn dieser die Strecke befährt und die Spitze des Zuges die gegebenen Wegpunkte passiert. Betrachten Sie den Zug dabei als homogenes Massenband. **(5 Punkte)**



7. Weisen Straßenfahrzeuge oder Schienenfahrzeuge einen geringeren spezifischen Rollwiderstand auf? **(1 Punkt)**
8. Nennen Sie 3 Maßnahmen, durch die der Luftwiderstand von Zügen verringert werden kann. **(3 Punkte)**
9. Kommentieren sie kurz, wie sich der Luftwiderstand im Tunnel in Abhängigkeit folgender Größen ändert **(3 Punkte)**:
- a) kleiner Tunneldurchmesser im Vergleich zu großem Tunneldurchmesser
  - b) kurzer Tunnel im Vergleich zu langem Tunnel
  - c) Tunnel mit glatten Wänden zu Tunnel mit unbehandelten Wänden (Felsgestein)

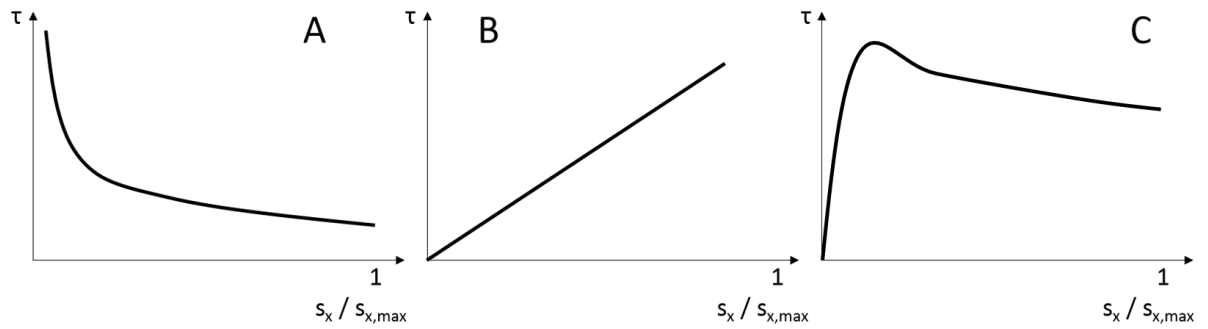
10. Zeichnen Sie die Zugkraftdiagramme zweier Lokomotiven mit gleicher Masse und gleichem mechanischen Aufbau aber unterschiedlicher Traktionsleistung in das untenstehende Diagramm und machen Sie Kraftschlussgrenze und Leistungsgrenze deutlich. Was ist die Übergangsgeschwindigkeit und welche Faktoren beeinflussen ihre Lage?

(6 Punkte)



11. Was muss getan werden, um von der Summe der Fahrwiderstandskräfte auf die zu ihrer Überwindung erforderliche Leistung schließen zu können? (1 Punkt)

12. Welche der folgenden Abbildungen zeigt einen möglichen Verlauf der Kraftschluss-Schlupf-Funktion im Rad-Schiene-Kontakt? (1 Punkt)



13. Nennen Sie 2 Faktoren, von denen der zwischen Rad und Schiene zur Verfügung stehende Kraftschluss abhängig ist. (2 Punkte)

14. Welche Arten der Leistungsübertragung von dieselgetriebenen Fahrzeugen kennen Sie? (3 Punkte)

15. Nennen Sie je 2 Vor- und Nachteile, die die hydromechanische Leistungsübertragung bietet. (2 Punkte)

## Aufgabenteil

1. In den entsprechenden Regelwerken wird für Züge eine sogenannte „Haltebremse“ gefordert. Diese soll ein Festhalten des Zuges in Steigungen bis 40 ‰ ermöglichen, wobei ausschließlich die Radsätze des Triebfahrzeuges abgebremst werden dürfen. Die Kraftschlussausnutzung ist dabei zwingend auf maximal  $\tau=0,25$  zu limitieren. Alle Radsätze der Lokomotive werden abgebremst.

a) Überprüfen Sie, ob eine Lokomotive mit einer Masse von 86 t unter Berücksichtigung der angegebenen Randbedingungen einen Fernverkehrszug mit einer Masse von 400 t in 40 ‰ halten kann. Gehen Sie bezüglich der Fahrzeugwiderstandskräfte von folgenden Annahmen aus:

- Eigenwiderstand der Lokomotive:

$$F_{WFT} = 1,43 + 0,84 \cdot \frac{v}{100} + 2,80 \cdot \left( \frac{v+15}{100} \right)^2$$

- spezifischer Wagenzugwiderstand des Reisezuges:

$$f_{WFW} = 0,0015 + 0,0022 \cdot \left( \frac{v}{100} \right)^2$$

- b) Ermitteln sie die maximale Wagenzugmasse, die von der Lokomotive allein in der Steigung gehalten werden könnte.
- c) Geben Sie für den oben betrachteten Zug (Wagenzugmasse  $m_W=400$  t) die Grenzneigung an, ab der sich der Fahrzeugverband selbständig in Bewegung setzen würden, wenn er ungebremst abgestellt wird.

(13 Punkte)

2. Von einer elektrischen Lokomotive ist das Zug- und Bremskraftdiagramm gegeben (siehe Abbildung auf S. 11)

Ferner ist bekannt, dass die Lokomotive eine Masse von 85 t aufweist und dass sich ihr Triebfahrzeugwiderstand mit der folgenden Gleichung abschätzen lässt:

$$F_{WFT} = 1,5 + 0,8 \frac{v}{100} + 3,0 \left( \frac{v + 15}{100} \right)^2$$

- a) Welche (Treibrad-)Leistung weist die Lokomotive auf?
- b) Ist das Fahrzeug in der Lage, einen Containerzug (Wagenzugmasse: 2560 t) in einer langgezogenen Steigung von 9,5‰ zu transportieren, ohne dass die Geschwindigkeit unter 60 km/h absinkt?
- Für den Güterzug kann folgende Wagenzugwiderstandskraft angesetzt werden:

$$F_{WFW} = 22,22 + 26,75 \cdot \left( \frac{v}{100} \right)^2$$

- c) Der beschriebene Güterzug fährt mit einer konstanten Geschwindigkeit von 80 km/h eine 10 km lange Steigung von 5,78 ‰ herauf. Welche Energie muss dafür aus der Oberleitung bezogen werden, wenn der Gesamtwirkungsgrad des Triebfahrzeuges 0,875 beträgt und für die Hilfsbetriebe (Lüfter, Pumpen, etc.) eine zusätzlicher Leistungsbezug von 150 kW veranschlagt wird?
- d) An die Steigung schließt sich ein 8 km langer Gefälleabschnitt mit einer Neigung von -8,2 ‰ an, die ebenfalls mit 80 km/h befahren wird. Wieviel Energie kann dabei in die Oberleitung zurückgespeist werden, wenn der Leistungsbedarf für die Hilfsbetriebe 90 kW beträgt und der Gesamtwirkungsgrad der Lokomotive 0,75?

(22 Punkte)



Abbildung 0.1: Zug- und Bremskraft-Diagramm der betrachteten Lokomotive

# Lösungshinweise (Rechenaufgaben)

## Aufgabe 1

### Aufgabenteil a)

- genereller Ansatz:

$$F_{B,\text{erf}} \leq F_{B,\text{max}} \quad (1 \text{ Punkt})$$

- $F_{WFT}(0 \text{ km/h}) = 1,49 \text{ kN}$  (1 Punkt)
- $f_{WFW}(0 \text{ km/h}) = 0,0015$  (1 Punkt)
- $F_{WS}(40 \text{ ‰}) = 191 \text{ kN}$  (1 Punkt)
- $F_{B,\text{erf}}(0 \text{ km/h}) = 183 \text{ kN}$  (1 Punkt)
- $F_{B,\text{max}} = m_T g \tau$  (Ansatz) (1 Punkt)
- $F_{B,\text{max}} = 211 \text{ kN}$  (1 Punkt)
- Wegen  $F_{B,\text{erf}} \leq F_{B,\text{max}}$  w. A. kann der Zug von der Lokomotive allein in 40 ‰ gehalten werden. (1 Punkt)

### Aufgabenteil b)

- genereller Ansatz:

$$m_W = \frac{F_{B,\text{max}} + F_{WFT}(0) + m_T g i}{-g \cdot (f_{WFW} + i)} \quad (2 \text{ Punkte: Gleichung [1 P] und Herleitung [1 P]})$$

- Die Lokomotive könnte max. 473 t allein in 40 ‰ halten. (1 Punkt)

## Aufgabe 2

### Aufgabenteil a)

- genereller Ansatz:

$$P_T = F_T(v) \cdot v|_{v \geq v_{\ddot{u}}} \quad (1 \text{ Punkt})$$

- Wahl eines sinnvollen Wertepaares (1 Punkt)
- $P_T \approx 5600 \text{ kW}$  (1 Punkt)

### Aufgabenteil b)

- genereller Ansatz:

$$F_{T,\text{erf}}(60 \text{ km/h}) \leq F_{T,\text{vorh}}(60 \text{ km/h}) \quad (1 \text{ Punkt})$$

- $F_{T,\text{vorh}}(60 \text{ km/h}) \approx 276 \text{ kN}$  (1 Punkt)
- $F_{WFT}(60 \text{ km/h}) = 3,7 \text{ kN}$  (1 Punkt)
- $f_{WFW}(60 \text{ km/h}) = 31,9 \text{ kN}$  (1 Punkt)

- $F_{WS}(9,5\text{‰}) = 246,5 \text{ kN}$  (1 Punkt)
- $F_{T,erf}(0 \text{ km/h}) = 282,1 \text{ kN}$  (1 Punkt)
- Wegen  $F_{T,erf} \leq F_{T,vorh}$  f. A. kann der Zug in dieser Steigung nicht mit  $v \geq 60 \text{ km/h}$  befördert werden. (1 Punkt)

### Aufgabenteil c)

- genereller Ansatz:

$$W_S = W_{S,T} + W_{Hi} = \frac{F_{T,erf} \cdot v \cdot t}{\eta_{Tfz}} + P_{Hi} \cdot t \quad (1 \text{ Punkt})$$

- $F_{WFT}(80 \text{ km/h}) = 4,9 \text{ kN}$  (0,5 Punkte)
- $f_{WFW}(80 \text{ km/h}) = 39,3 \text{ kN}$  (0,5 Punkte)
- $F_{WS}(5,78\text{‰}) = 150 \text{ kN}$  (0,5 Punkte)
- $F_{T,erf}(80 \text{ km/h}) = 194 \text{ kN}$  (0,5 Punkte)
- $t = 450 \text{ s}$  (1 Punkt)
- $W_{Hi} = 18,75 \text{ kWh} = 67,5 \text{ MJ}$  (1 Punkt)
- $W_{S,T} = 615,9 \text{ kWh} = 2217,2 \text{ MJ}$  (1 Punkt)
- $W_S = 634,6 \text{ kWh} = 2284,6 \text{ MJ}$  (1 Punkt)

### Aufgabenteil d)

- genereller Ansatz:

$$W_{B,netto} = W_B \cdot \eta_{Tfz} - P_{Hi} \cdot t \quad (1 \text{ Punkt})$$

- $F_{B,erf}(80 \text{ km/h}) = 168,7 \text{ kN}$  (1 Punkte)
- $F_{B,erf} > F_{B,max}$  (Begrenzung  $F_B$  der elektrodynamischen Bremse auf max. 150 kN (gemäß Diagramm)) (1 Punkt)
- $t = 360 \text{ s}$  (1 Punkt)
- $W_{B,netto} = 241 \text{ kWh} = 867,6 \text{ MJ}$  (1 Punkt)