

# Ruhr-Universität Bochum

Lehrstuhl für Verkehrswegebau

Prof. Dr.-Ing. M. Radenberg

## Modulprüfung

## Verkehrswegebau

Masterstudiengang UTRM

Mittwoch, den 27.03.2013 8:30 – 10:30 Uhr

Zugelassene Hilfsmittel:

Skripte und Mitschriften, Fachliteratur, Taschenrechner

| Aufgabe  | 1    | 2  | 3    | 4  | 5  | 6  | $\Sigma$ | %   |      |
|----------|------|----|------|----|----|----|----------|-----|------|
| Punkte   | 16,5 | 20 | 23,5 | 30 | 13 | 17 | 120      | 100 | Note |
| erreicht |      |    |      |    |    |    |          |     |      |

Name:

Matr. Nr:

In einem Streckenabschnitt beträgt die zulässige Geschwindigkeit 80 km/h. Der Streckenabschnitt wird ausschließlich von Reisezugwagen mit einer Länge von 500 m befahren. Der Vorsignalabstand beträgt 1100 m und der Abstand der Hauptsignale 5300 m. Als Durchrutschweg kann eine Länge von 110 m angenommen werden.

- a) Erläutern Sie kurz was unter dem Begriff „Sperrzeit“ im Eisenbahnwesen verstanden wird?
- b) Bitte berechnen Sie die Sperrzeit!
- c) Auf der eingleisigen Strecke herrscht zwischen 22:00 und 6:00 Uhr Nachtfahrverbot. Berechnen Sie die Leistungsfähigkeit bei einer Pufferzeit von 4 min.
- d) Auf der Strecke soll eine Langsamfahrstelle (La) mit  $V_{\max} = 30$  km/h eingerichtet werden. Aus wirtschaftlichen Gründen sollen jedoch mindestens 80 Züge/d diese Stelle passieren.

Wie lang darf die Langsamfahrstelle (La) unter diesen Bedingungen höchstens sein?

Nehmen Sie dafür an, dass der Bremsweg- und Beschleunigungsvorgang innerhalb des Zugfolgeabschnittes begonnen und abgeschlossen wird!

Anfahrbeschleunigung der Güterzüge:  $0,3 \text{ m/s}^2$

Bremsverzögerung der Güterzüge:  $0,4 \text{ m/s}^2$

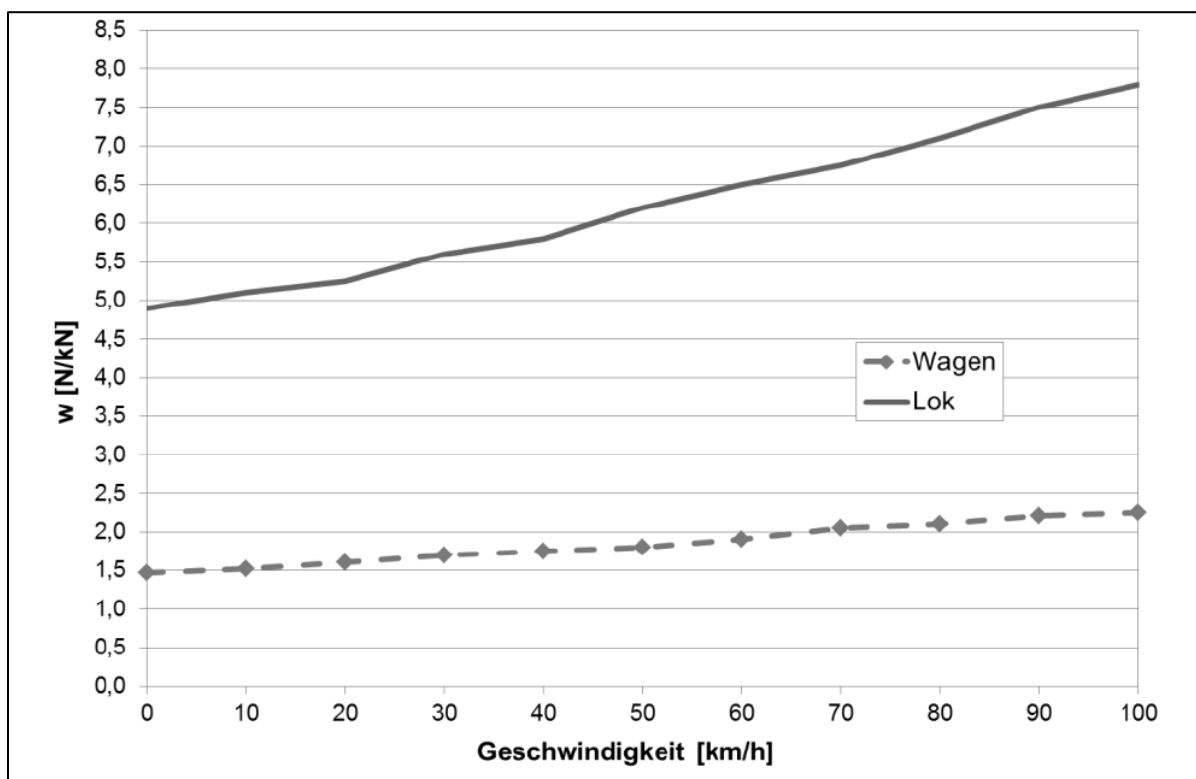
## Aufgabe 2

45 Punkte

Auf einer Eisenbahnstrecke sollen 45 Güterwagen verkehren. Jeder Wagen hat eine Masse  $m_w = 135$  t. Die Güterwagen sollen von elektrischen Lokomotiven gezogen werden. Die Lokomotiven haben eine Masse von 150 t und eine Höchstgeschwindigkeit von 100 km/h. Der Kraftschlussbeiwert  $\mu_H$  beträgt 0,45.

Bei einem Streckenwiderstand  $w_{Str} = 8$  ‰ muss eine Geschwindigkeit  $V = 60$  km/h möglich sein. Die Zugkraft am Treibrad wird bei dieser Geschwindigkeit von dem Kraftschlußbeiwert bestimmt.

Die speziellen Laufwiderstände  $w_L$  der Güterwagen und  $w_{Lok}$  der Lokomotive sind dem folgendem Diagramm zu entnehmen.



- Wie viele Lokomotiven werden unter den gegebenen Bedingungen gebraucht?
- Reichen die im Aufgabenteil a) berechneten Lokomotiven aus, um die gleiche Anzahl an Güterwagen zu ziehen, wenn ein Krümmungswiderstand infolge einer Kurvenfahrt mit einem Radius von 250 m hinzukommen würde?  
(Falls Sie Aufgabenteil a nicht lösen können, nehmen Sie 2 Lokomotiven an)!

### Aufgabe 3

23,5 Punkte

Zwischen zwei parallel verlaufenden Stammgleisen ( $r_{S1} = r_{S2}$ ;  $k_{S1} = 0,5$ ) ist eine Gleisverbindung des Typs EW 760 – 1:14 mit einem Zwischenbogen ( $r = 760$  m) geplant. Die Gleisverbindung ist in Bild 1 dargestellt.

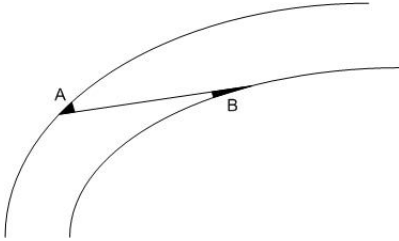


Bild 1: Gleisbogenverbindung zwischen zwei parallel verlaufende Stammgleise

a) Zeichnen Sie qualitativ das Krümmungsbild der Gleisverbindung von A nach B in Bild 2 ein. Geben Sie dabei die dazugehörigen Werte an und machen Sie deutlich bei welcher Weiche es sich um eine IBW oder ABW handelt. Geben Sie auch die Radien aller Elemente an.



Bild 2: Krümmungsbild der Gleisverbindung

b) Mit welcher Geschwindigkeit kann die Gleisverbindung befahren werden? Gehen Sie von einer max. Geschwindigkeit von 100 km/h in den Stammgleisen aus.

c) Nehmen Sie kritisch Stellung zu dieser Gleisverbindung und machen gegebenenfalls Änderungsvorschläge.

**Aufgabe 4****30 Punkte**

Das Tal zwischen A-Stadt und B-Stadt soll durch eine Brücke überquert werden. Dabei ist mit Hilfe einer Nutzwertanalyse zwischen einer kompletten Überquerung des gesamten Tals (Variante 1) und einer kurzen Brücke inkl. der Zufahrt bis dahin (Variante 2) zu entscheiden. In der folgenden Tabelle sind Ihnen die Kriterien und deren Gewichtung gegeben:

|               |  |            |
|---------------|--|------------|
| Oberziel      | Volkswirtschaftliche Kosten                        | Gewichtung |
|               |  |            |
| Indikatoren   | Bau- und Unterhaltungskosten [€]                   |            |
|               | Volkswirtschaftlicher Nutzen der Zeitersparnis [€] | 35 %       |
| Zielkriterien | Finanzen   |            |
|               | Infrastruktur                                      |            |
| Oberziel      | Sicherheit   | Gewichtung |
|               |  | 25 %       |
| Indikatoren   | Kurvigkeit [gon/km]                                |            |
|               | Unfallkosten [€]                                   | 70 %       |
| Zielkriterien | Streckenführung                                    |            |
|               | Unfallschäden                                      |            |

- a) Ergänzen Sie die Gewichtungen in obiger Tabelle.
- b) Die Baukosten für Variante 1 betragen 6 Mio. € und die jährlichen Unterhaltungskosten 0,2 Mio. €. Bei Variante 2 betragen die Baukosten 4 Mio. € und die jährlichen Unterhaltungskosten 0,15 Mio. €. Die Brücken werden für eine Nutzungsdauer von 30 Jahre geplant. Der Zinssatz beträgt 3 %. Berechnen Sie die daraus resultierenden jährlichen Kosten für Bau und Unterhaltung.

**Aufgabe 4****30 Punkte**

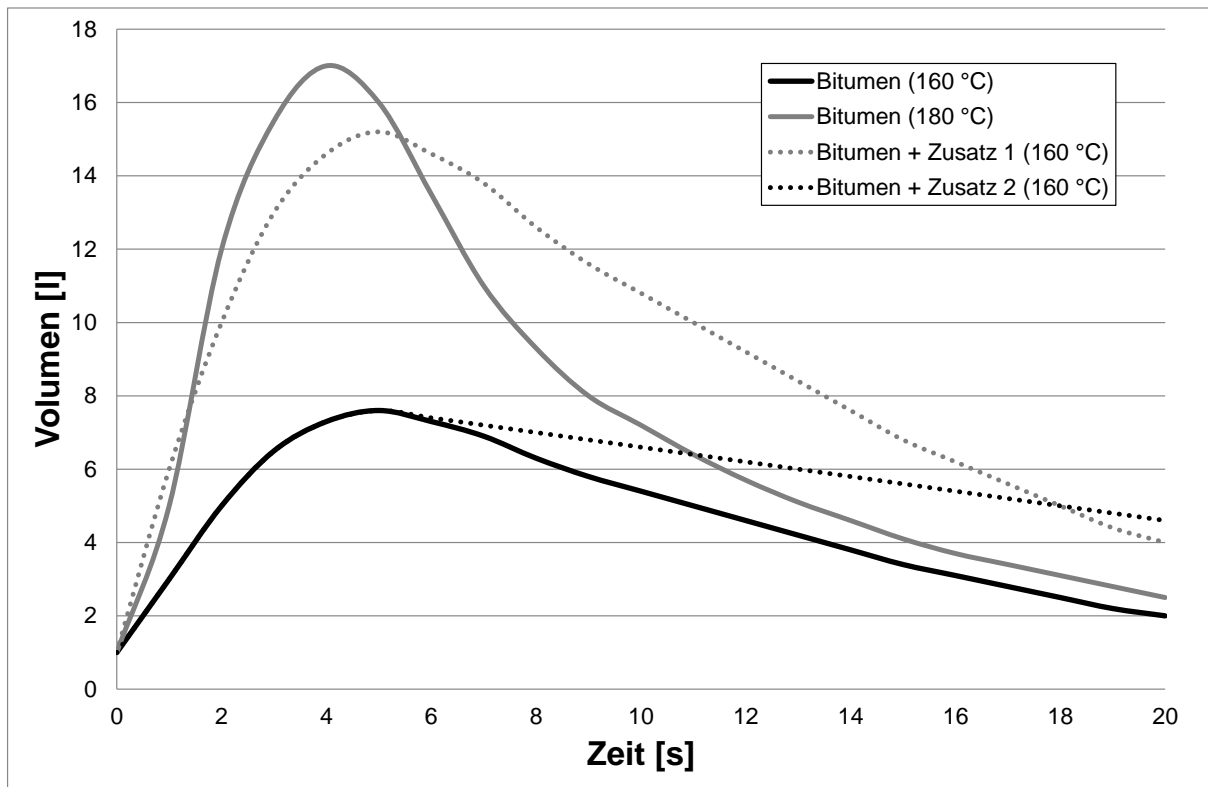
- c) Vervollständigen Sie die Zielertragmatrix mit den Werten, die Sie in Teil b) ermittelt haben.

| Variante     | Jährliche Bau- und Unterhaltungskosten | Volkswirtschaftlicher Nutzen der Zeitersparnis | Kurvigkeit | Jährliche Unfallkosten |
|--------------|--|--|------------|------------------------|
|              | [€/a]                                  | [€/a]  | [gon/km]   | [€/a]                  |
| Variante 1   |  | 3,0 Mio.                                       | 60         | 2,0 Mio.               |
| Variante 2   |  | 1,5 Mio.                                       | 80         | 3,0 Mio.               |
| Untergrenzen | 0,8 Mio.                               | 1,0 Mio.                                       | 100        | 5,0 Mio.               |
| Obergrenze   | 0,2 Mio.                               | 5,0 Mio.                                       | 50         | 1,0 Mio.               |

- d) Berechnen Sie, welche Variante nach der Nutzwertanalyse die vorteilhafteste ist.
- e) Zu welchen Zwecken (nennen Sie drei Beispiele) können Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen eingesetzt werden?

Sie erhalten zwei Zusätze zur Verbesserung der Eigenschaften von Schaumbitumen.

- a) Bestimmen Sie anhand der folgenden Grafik die Expansion und die Halbwertszeit der Schaumbitumen ohne Zusätze bei 160 und 180 °C und mit den Zusätzen bei 160 °C.



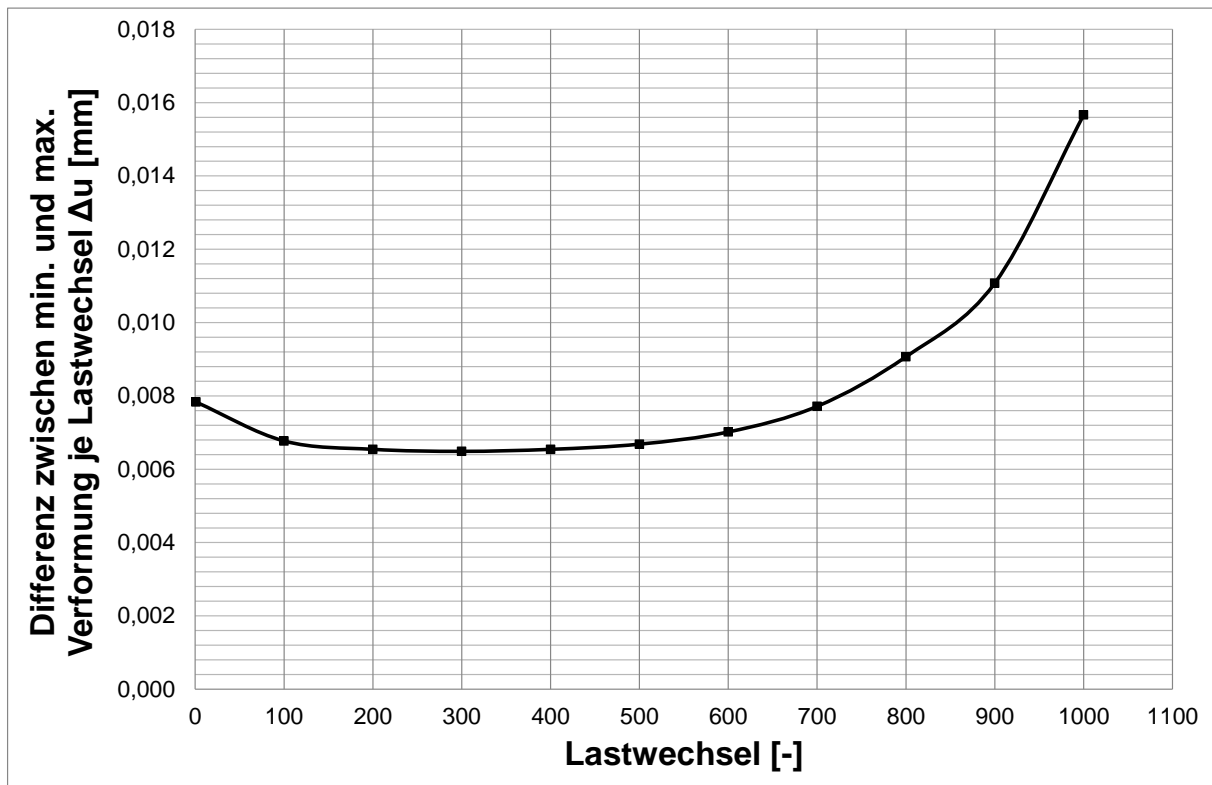
- b) Welche Veränderungen der Eigenschaften bewirken die beiden Additive?  
 c) Überprüfen Sie, welches der Bitumen die Kriterien an Schaumbitumen (min. Expansion = 10fache; min Halbwertszeit = 10 Sekunden) erfüllt? Falls keines: Schlagen Sie einen Zusatz vor, durch dessen Modifikation Sie bei 180 °C ausreichende Eigenschaften erwarten (Begründung!)?

In dem folgenden Diagramm ist die Differenz zwischen min. und max. Verformung je Lastwechsel ( $\Delta u$ ) eines Spaltzugschwellversuchs in Abhängigkeit von der Lastwechselzahl aufgetragen. Sie sollen daraus (entgegen der üblichen Vorgehensweise) sowohl den E-Modul als auch die Ermüdungslastwechselzahl bestimmen.

Die Differenz zwischen oberem und unterem Schwellwert der Kraft  $\Delta F$  beträgt 12400 N.

Die Höhe des Probekörpers beträgt 45,9 mm.

Die Temperatur beträgt 10 °C und die Belastungsfrequenz 10 Hz.



- Berechnen Sie die Querdehnzahl.
- Geben Sie den dyn. E-Modul entsprechend AL Sp-Asphalt 09 an.
- Berechnen Sie den dyn. E-Modul zwischen dem 0. und dem 1000. Lastwechsel alle 100 Lastwechsel. Bestimmen Sie gemäß AL Sp-Asphalt 09 (Kriterium der Makrorissbildung) die Lastwechselzahl (in 100er Schritten), bei der das Versagen eintritt.