

# Ruhr-Universität Bochum

Lehrstuhl für Verkehrswegebau

Prof. Dr.-Ing. M. Radenberg

## Modulprüfung WP28

### Verkehrswegebau

Masterstudiengang Bauingenieurwesen (PO 09)

Mittwoch, den 24.9.2014 08:30 – 11:30 Uhr

Zugelassene Hilfsmittel:

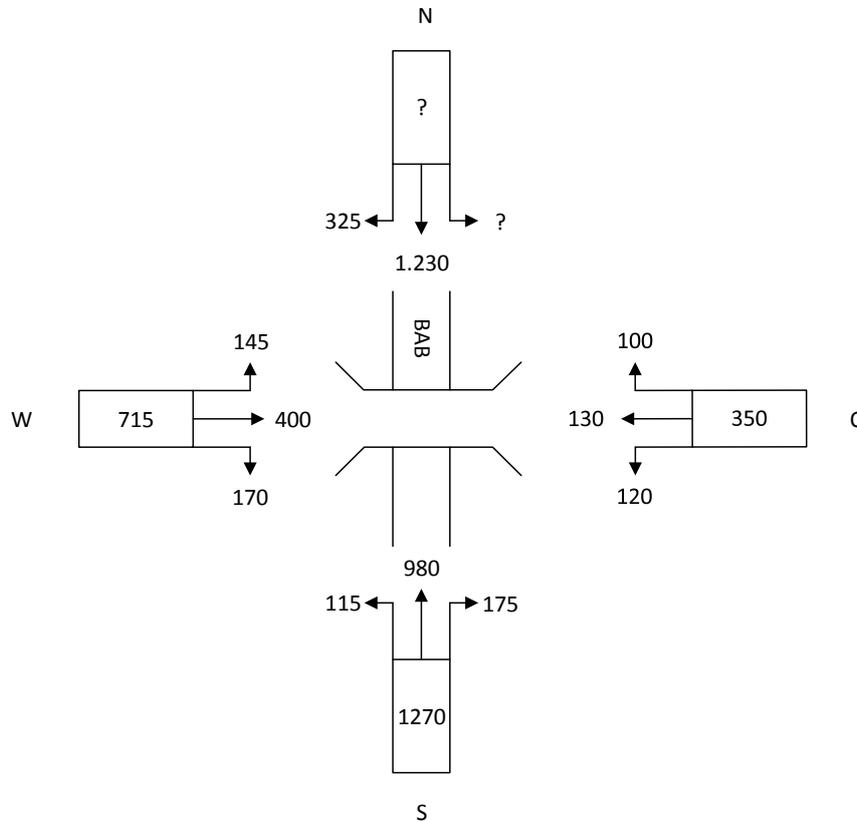
Skripte und Mitschriften, Fachliteratur, Taschenrechner

| Aufgabe  | 1  | 2  | 3 | 4  | 5  | 6 | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 | $\Sigma$ | %   |      |
|----------|----|----|---|----|----|---|----|----|----|----|----|----|----------|-----|------|
| Punkte   | 15 | 25 | 5 | 10 | 15 | 5 | 15 | 49 | 11 | 10 | 10 | 10 | 180      | 100 | Note |
| erreicht |    |    |   |    |    |   |    |    |    |    |    |    |          |     |      |

Name:

Matr. Nr.:

Eine Anschlussstelle soll als halbes Kleeblatt ausgeführt werden. Ihnen liegen die folgenden Ergebnisse der aktuellen Verkehrszählung vor:



Die Werte für den Verkehrsstrom von Norden nach Osten sind jedoch verloren gegangen.

Berechnen Sie, welcher Betrag für den Verkehrsstrom N-O maximal zulässig ist, damit unter verkehrlichen Gesichtspunkten von den 4 möglichen Varianten des halben Kleeblattes das diagonale halbe Kleeblatt mit Ausfahrten vor den Kreuzungsbauwerken am günstigsten ist.

Bei der Planung einer Landstraße stehen die Varianten A und B zur Auswahl.

Begründen Sie mit Hilfe einer Nutzwertanalyse, welche der beiden Varianten bei den gegebenen Gewichtungen gewählt werden sollte!

**Zielsystem mit Gewichtung der Oberziele, Indikatoren und Zielkriterien:**

| Oberziel      | Linienführung                 | Gewichtung |
|---------------|-------------------------------|------------|
|               |                               |            |
| Indikatoren   | Kurvigkeit [gon/km]           | 25%        |
|               | Erschließungsfunktion [E/min] |            |
| Zielkriterien | Trassierung                   |            |
|               | Straßennetz                   |            |
| Oberziel      | Umwelt                        | Gewichtung |
|               |                               |            |
| Indikatoren   | Waldinanspruchnahme [ha]      | 50%        |
|               | Lärmimmission [E]             |            |
| Zielkriterien | Naturschutz                   |            |
|               | Lärmimmission                 |            |

**Zielertragsmatrix:**

| Variante    | Kurvigkeit [gon/km] | Erschließungsfunktion [E/min] | Wald [ha] | Lärm [E] |
|-------------|---------------------|-------------------------------|-----------|----------|
| A           | 20                  | 400.000                       | 6         | 3500     |
| B           | 40                  | 150.000                       | 3         | 1000     |
| Obergrenze  | 0                   | 600.000                       | 1         | 0        |
| Untergrenze | 80                  | 100.000                       | 9         | 5000     |

**Zielwerte:**

| Variante | Kurvigkeit<br>[gon/km] | Erschließungs-<br>funktion<br>[E/min] | Wald<br>[ha] | Lärm<br>[E] |
|----------|------------------------|---------------------------------------|--------------|-------------|
| A        |                        |                                       |              |             |
| B        |                        |                                       |              |             |

**Teilnutzwertmatrix:**

| Variante | Kurvigkeit<br>[gon/km] | Erschließungs-<br>funktion<br>[E/min] | Wald<br>[ha] | Lärm<br>[E] |
|----------|------------------------|---------------------------------------|--------------|-------------|
| A        |                        |                                       |              |             |
| B        |                        |                                       |              |             |

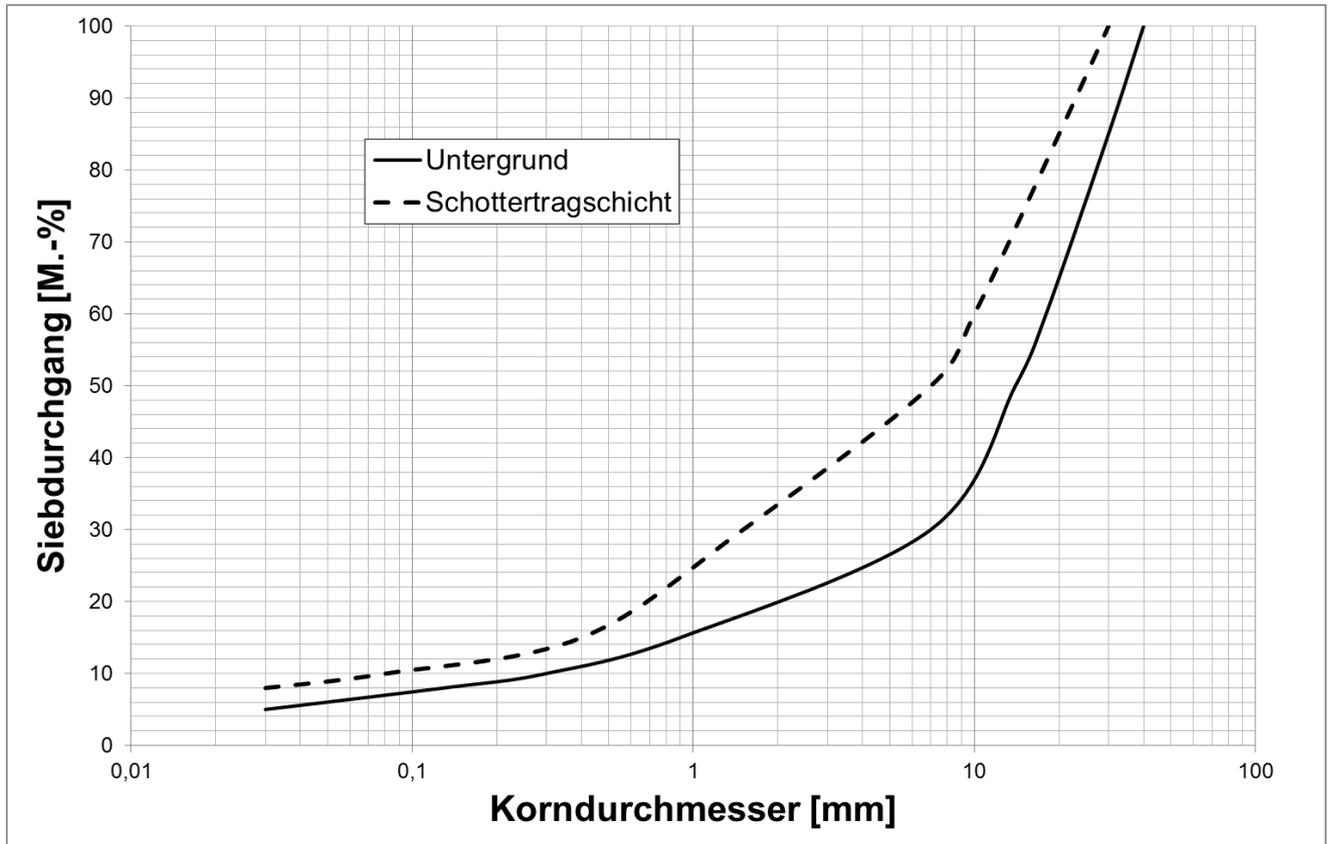
**Diskontierte Teilwertmatrix:**

| Variante | Kurvigkeit<br>[gon/km] | Erschließungs-<br>funktion<br>[E/min] | Wald<br>[ha] | Lärm<br>[E] |
|----------|------------------------|---------------------------------------|--------------|-------------|
| A        |                        |                                       |              |             |
| B        |                        |                                       |              |             |

Auf einem 5.200 m langen Landstraßenabschnitt mit einer durchschnittlichen Verkehrsstärke von 5.000 Kfz/d haben sich in den vergangenen 3 Jahren insgesamt 7 Unfälle mit Sachschäden ereignet.

- a) Berechnen Sie die Unfallrate für den Landstraßenabschnitt!
- b) Wofür steht die Unfallrate?

Ihnen liegen folgende Korngrößenverteilungen einer Schottertragschicht und eines Untergrundes vor:



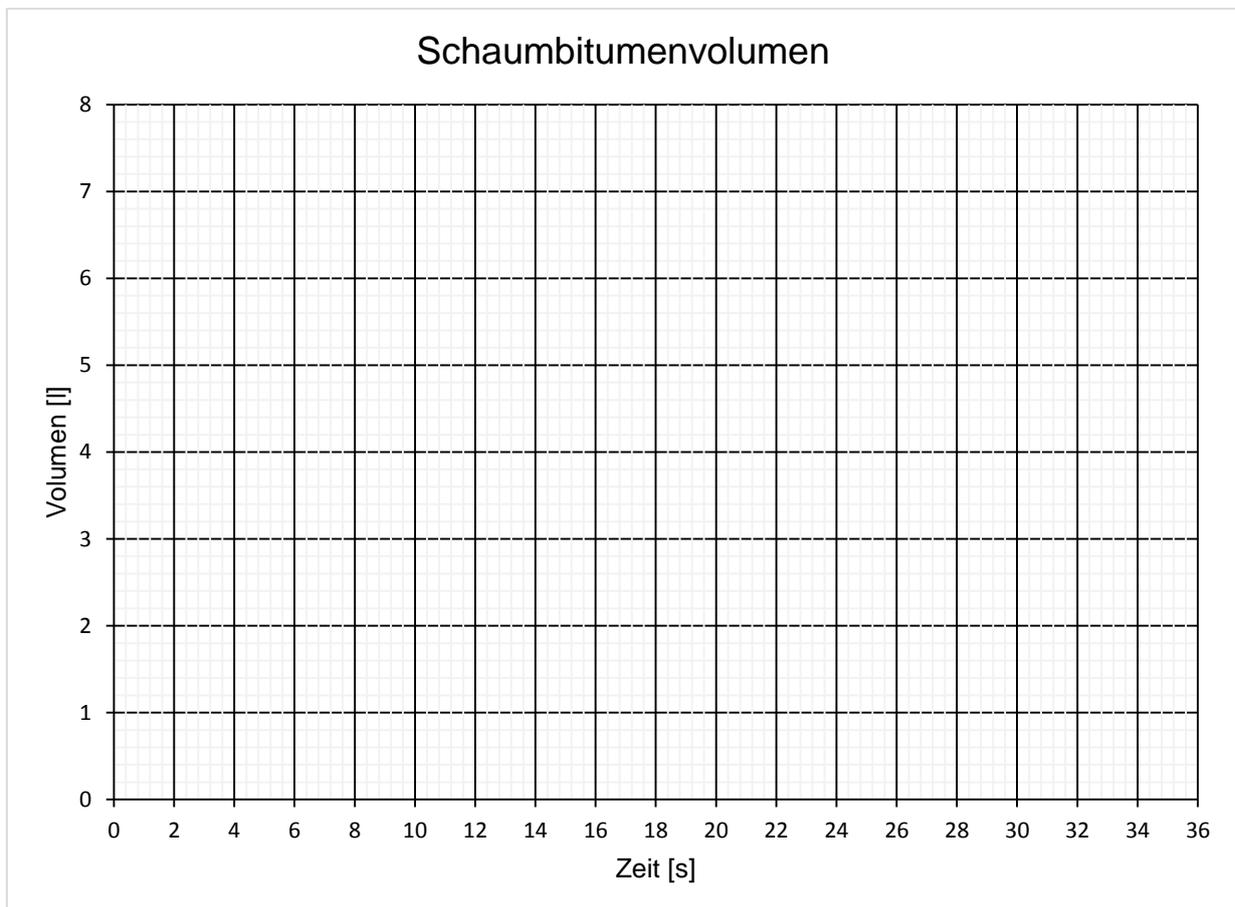
Überprüfen Sie den Ungleichförmigkeitsgrad und die Durchlässigkeit der beiden Schichten sowie die Sicherheit gegen Erosion nach DIN 18035-5.

Zeichnen Sie qualitativ die Volumenkurven von folgenden Schaumbitumen in das Diagramm in der Anlage:

| Variante | Maximale Expansion (fach) | Zeit bis zur max. Expansion [s] | Halbwertszeit [s] |
|----------|---------------------------|---------------------------------|-------------------|
| A        | 14                        | 6                               | 8                 |
| B        | 11                        | 8                               | 12                |
| C        | 6                         | 12                              | 12                |

Gehen Sie dabei davon aus, dass das Ausgangsvolumen bei allen 3 Varianten 0,5 l betrug und sich bei allen Schaumbitumen nach 35 s ein Volumen von 0,6 l eingestellt hat.

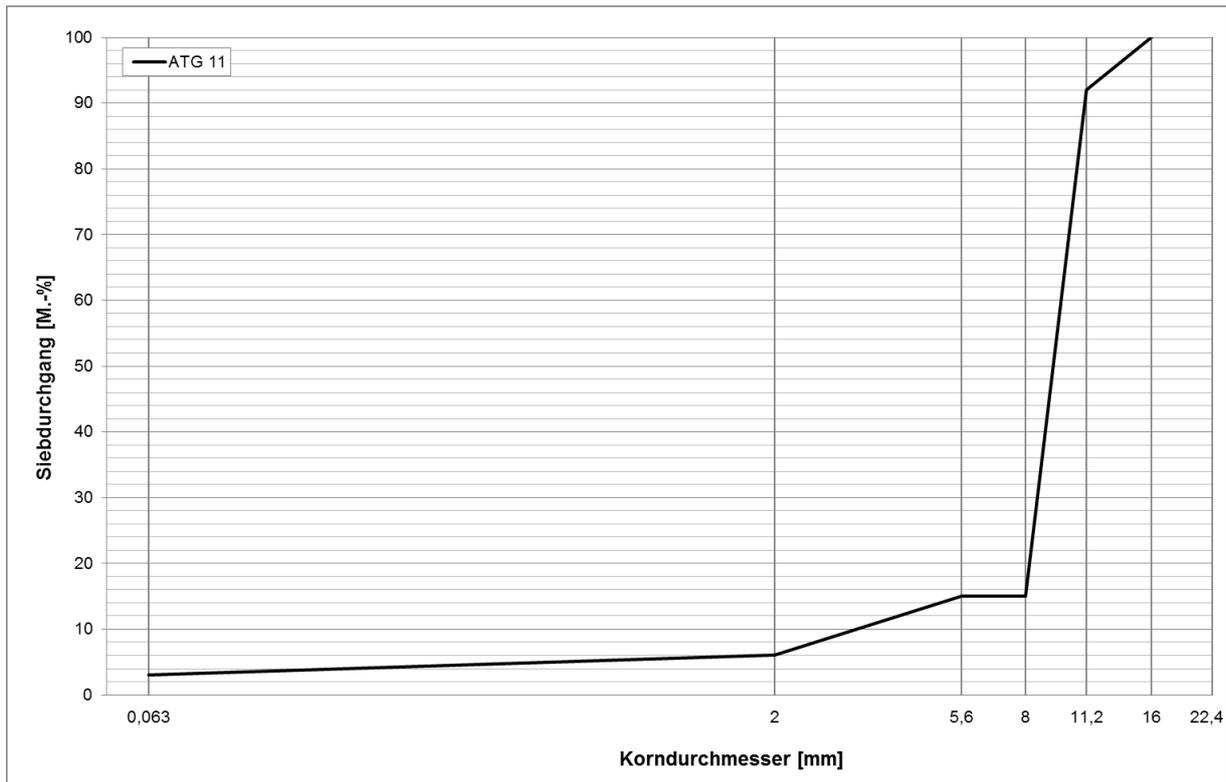
Ordnen Sie die Schaumbitumenvarianten den Wasserzugabeanteilen 2 %, 3 % und 4 % zu!



Wodurch zeichnet sich ein geeignetes Schaumbitumen aus und welches der drei Schaumbitumen erfüllt diese Anforderungen?

Zur Herstellung einer Halbstarren Deckschicht liegen Ihnen folgende Ergebnisse der Erstprüfung eines Mischgutes vor:

- Bindemittelgehalt: 4,3 M.-%
- Hohlraumgehalt am Marshall-Probekörper: 23 Vol.-%
- Schlagzertrümmerungswert: 22
- Bindemittel: 30/45
- Korngrößenverteilung:



Beurteilen Sie nachvollziehbar, ob das Mischgut zu Herstellung einer ATG 11 verwendet werden kann!

Ihnen liegen folgende Ergebnisse eines Spaltzug-Schwellversuches nach AL SP Asphalt vor:

Prüffrequenz: 10 Hz

Prüftemperatur: 10 °C

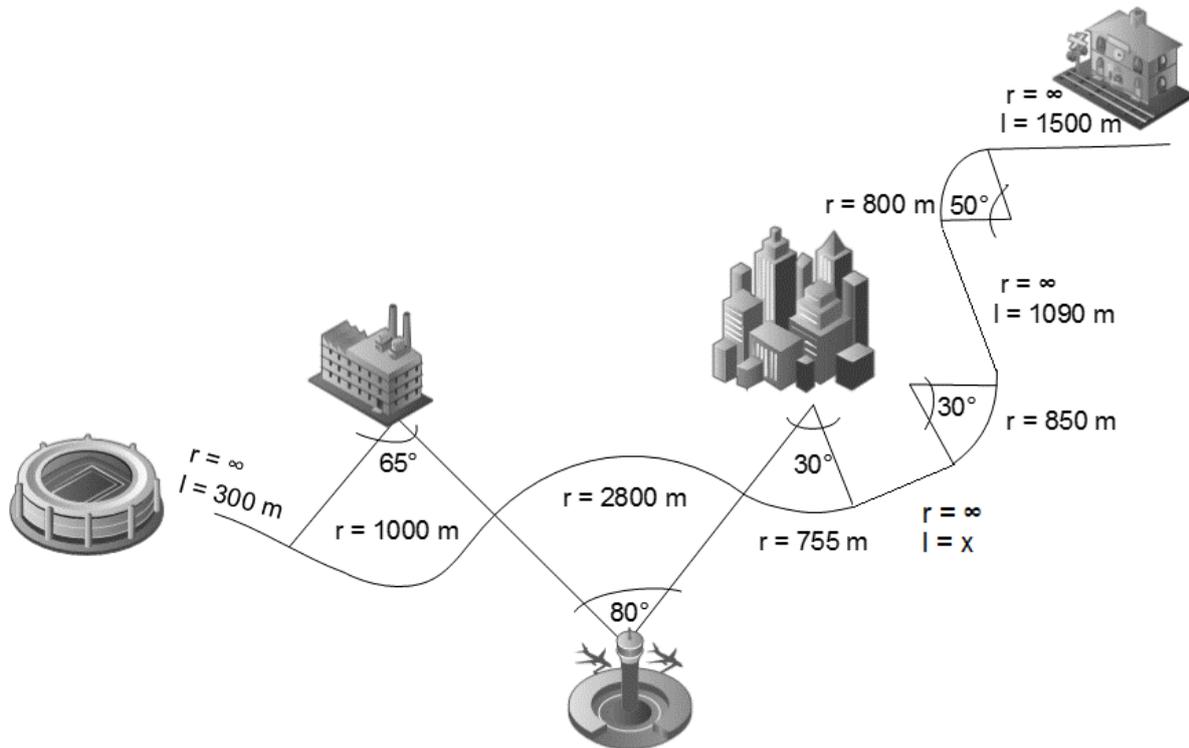
Probekörperhöhe: 41,5 mm

Differenz zwischen oberem und unterem Schwellwert der Kraft: 12.500 N

| Lastwechsel [-] | 0      | 100    | 200    | 300    | 400    | 500   | 600    | 700  | 800   | 900   | 1000  |
|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|------|-------|-------|-------|
| $\Delta u$ [mm] | 0,0065 | 0,0068 | 0,0054 | 0,0052 | 0,0056 | 0,006 | 0,0075 | 0,01 | 0,014 | 0,018 | 0,025 |

- Berechnen Sie die Querdehnzahl.
- Bestimmen Sie den dynamischen E-Modul nach AL Sp-Asphalt.
- Berechnen Sie den dynamischen E-Modul sowie den Energy Ratio für alle angegebenen Lastwechsel und geben Sie die Lastwechselzahl an, bei der das Versagen eintritt.

Für einen reibungslosen und schnellen Verkehr von Reisenden zwischen dem Stadion der Stadt A und dem Hauptbahnhof der benachbarten Stadt B, soll eine ausschließlich mit Güterzügen eines nahe des Stadions befindlichen, stillgelegten Fabrikgeländes befahrene Verbindung für den Personenverkehr genutzt werden. Die Züge sollen hier Geschwindigkeiten von bis zu 100 km/h erreichen. Die Gesamtlänge der Strecke zwischen Bahnhof und Stadion beträgt 10,2 km.



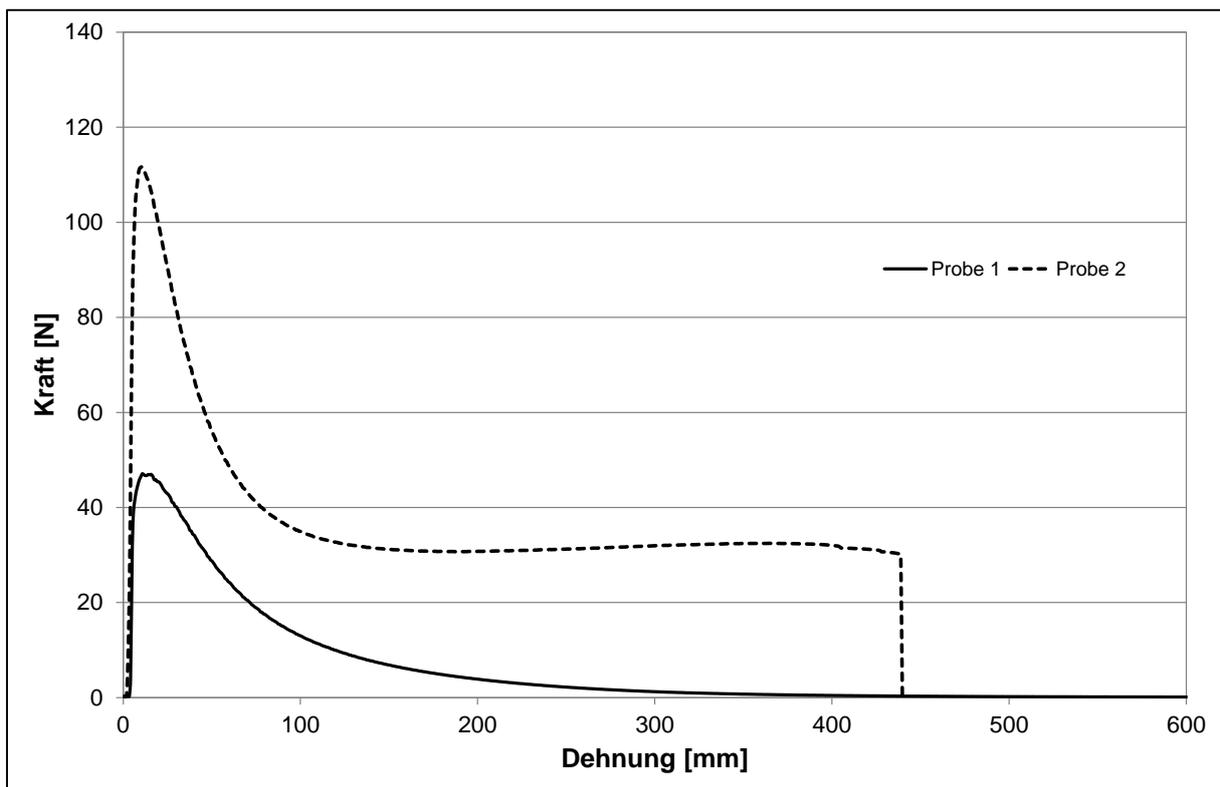
- a) Bestimmen Sie für die gesamte Strecke die Trassierungselemente und skizzieren Sie das Krümmungs- und das Überhöhungsband. Ausrundungen können vernachlässigt werden.
- b) Wie lang ist der Abschnitt x?
- c) Die Strecke, die eine gleichmäßige Steigung von 2,5 ‰ aufweist, wurde bisher von Güterzügen mit gedeckten Güterwagen mit Gleitlagern und einem Gewicht von je 80 t befahren, die von einer Lokomotive mit einer Masse von 100 t und einer Leistung von 1,95 MW gezogen wurden. Die Geschwindigkeit betrug hierbei konstante 90 km/h, die des Gegenwindes 10 km/h.  
Wie viele Güterwagen konnte die Lokomotive maximal ziehen? (Vernachlässigen Sie bei Ihren Berechnungen den Beschleunigungswiderstand.)

- d) Zunächst wurde überlegt die Lokomotive, die bereits die Güterwagen zog, für den Personenverkehr zu verwenden. Es stellte sich jedoch bei den ersten Überlegungen heraus, dass diese Lokomotive für diesen Zweck überdimensioniert ist. Welche Leistung einer 80 t schweren Lokomotive reicht aus, um drei 4-achsige Reisezugwagen mit einem Gewicht von 57 t zu ziehen.

- 
- a) Benennen Sie die unterschiedlichen Schwellenarten. Welche Schwellenart würden Sie auf einer Brücke verwenden? Begründen Sie Ihre Antwort.
- b) Benennen Sie vier Maßnahmen zur Erhöhung der Streckenleistungsfähigkeit.
- c) Richtig oder falsch? Bei Betonschwellen können weniger aufwendige Schienenbefestigungen eingebaut werden, die man auch als W-Oberbau bezeichnet.
- d) Welche Abstandhaltevorschriften neben dem Fahren im festen Raumabstand sind Ihnen noch bekannt? Aus welchen Gründen werden diese üblicherweise nicht angewendet?
- e) Welche Vorteile bietet die gleisbogenabhängige Wagenkastensteuerung (Neigetechnik)?
- f) Richtig oder falsch? Der erforderliche Verformungsmodul des Planums bei einer Regionalverkehrsstrecke ( $V = 120 \text{ km/h}$ ) mit einem Schotteroberbau beträgt  $80 \text{ MN/m}^2$ .

Im Labor werden 2 verschiedene Bitumenproben geprüft. Die Ergebnisse sind unten dargestellt.

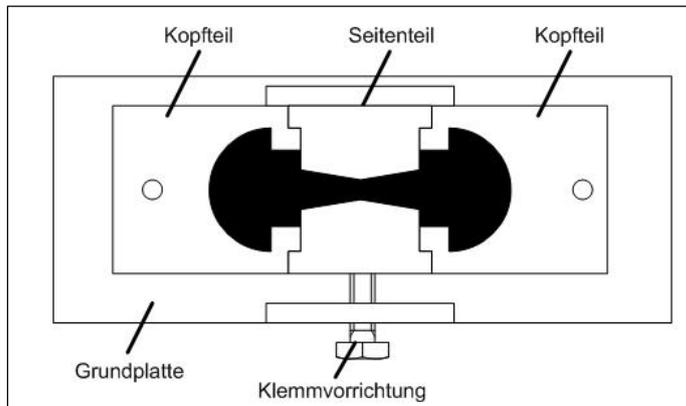
| Prüfverfahren                   |          | Probe 1 | Probe 2 |
|---------------------------------|----------|---------|---------|
| Nadelpenetration                | [0,1 mm] | 52      | 47      |
| Erweichungspunkt Ring und Kugel | [°C]     | 49,9    | 59,0    |



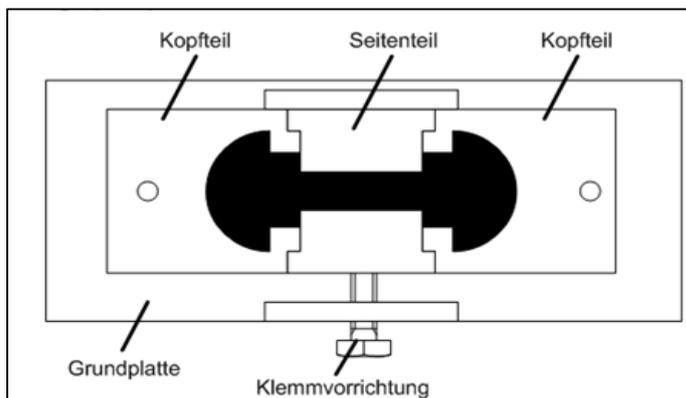
**Bild 1:** Ergebnisse der Kraftduktilität

a) Klassifizieren Sie die beiden Bitumen!

b) Welche Prüfform wird bei der Prüfung der Kraftduktilität verwendet? Kreuzen Sie an.




**Bild 2:** Prüfform A (Draufsicht)




**Bild 3:** Prüfform B (Draufsicht)

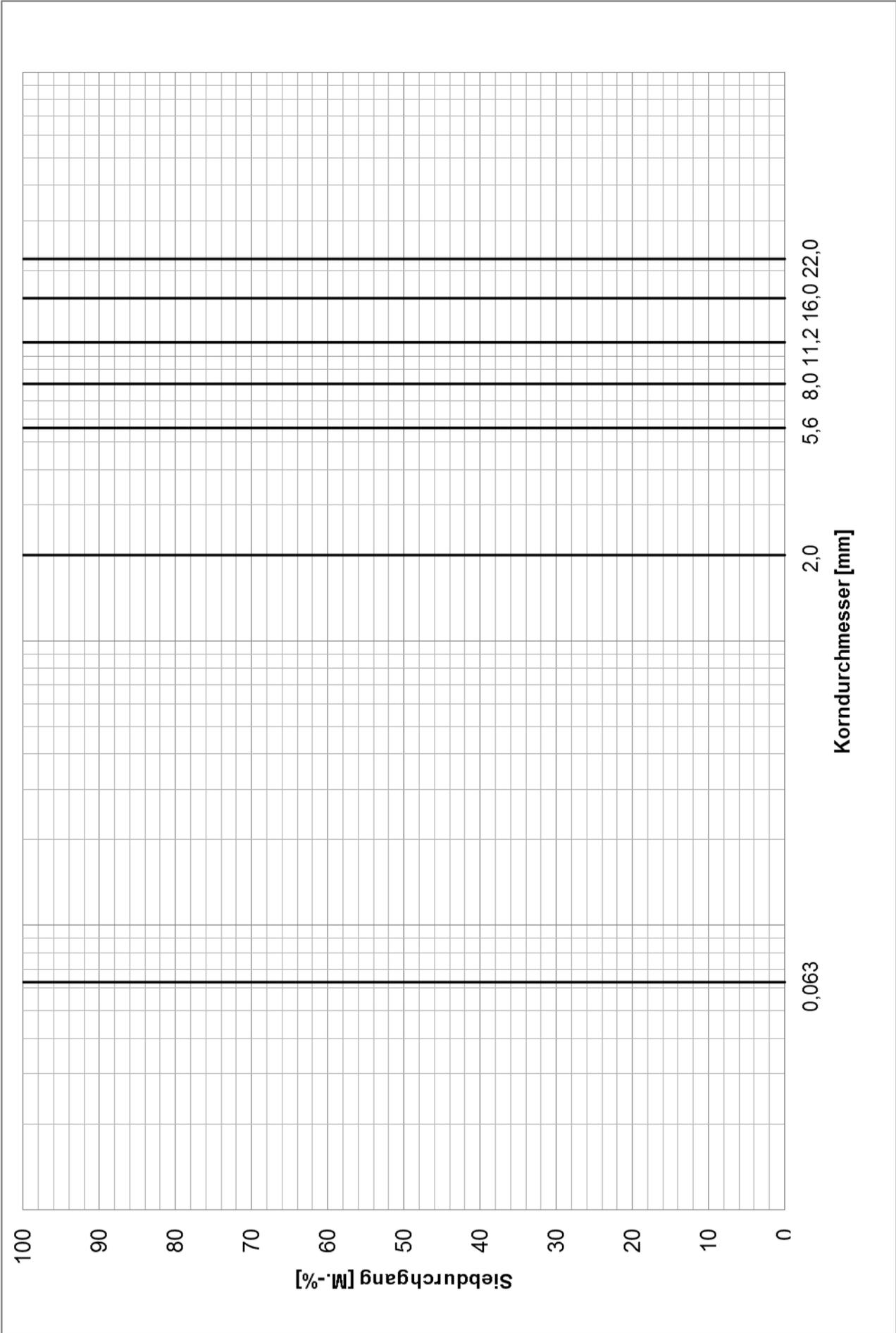
c) Erläutern Sie in 5 Stichworten die Prüfung der Kraftduktilität.

Für die Autobahn BAB A1 soll eine Asphaltdeckschicht hergestellt werden. Dafür steht das Gesteinskörnungsgemisch mit folgender Korngrößenverteilung zur Verfügung.

| Korn-<br>klasse | Korngemisch        |                    |                    |
|-----------------|--------------------|--------------------|--------------------|
|                 | Siebrück-<br>stand | Siebrück-<br>stand | Siebdurch-<br>gang |
| [mm]            | [g]                | [M.-%]             | [M.-%]             |
| 11,2 -16        | 600,2              |                    |                    |
| 8 – 11,2        | 1809,6             |                    |                    |
| 5,6 - 8         | 3900,2             |                    |                    |
| 2 -5,6          | 1000,4             |                    |                    |
| 0,063 – 2       | 1109,3             |                    |                    |
| < 0,063         | 800,3              |                    |                    |
| Summe           |                    |                    |                    |

- a) Zeichnen Sie die Kornverteilungslinie des Gesteinskörnungsgemisches in das nachfolgende Diagramm ein (Anlage 1).
  
- b) Es wird ein Bindemittelträger verwendet. Um welches Asphaltmischgut handelt es sich?

Anlage 1:



Ihnen sind folgende Untersuchungsergebnisse gegeben:

| Probe-Nr.  |                  |                   | 1       | 2       | 3       |
|--|------------------|-------------------|---------|---------|---------|
| Pyknometervolumen                                  | V                | cm <sup>3</sup>   | 639,14  | 646,11  | 642,79  |
| Pyknometer, leer                                   | m <sub>1</sub>   | g                 | 382,47  | 389,71  | 385,89  |
| Probe  | m <sub>tr</sub>  | g                 | 351,00  | 428,00  | 389,00  |
| Pyknometer+Probe                                   | m <sub>2</sub>   | g                 |         |         |         |
| Pyknometer+Probe+Prüfflüssigkeit<br>(dest. Wasser) | m <sub>3</sub>   | g                 | 1254,50 | 1322,50 | 1288,00 |
| Temperatur   | t                | °C                | 24,5    | 23,5    | 22,0    |
| Dichte Prüfflüssigkeit                             | ρ <sub>w</sub>   | g/cm <sup>3</sup> |         |         |         |
| Rohdichte  | ρ <sub>R,M</sub> | g/cm <sup>3</sup> |         |         |         |
| Arithm. Mittel der Rohdichte                       | ρ <sub>R,M</sub> | g/cm <sup>3</sup> |         |         |         |

Für einen Marshall-Probekörper ergaben sich folgenden Kennwerte:

- Trockenmasse des Probekörpers: 1537,31 g
- Masse des in Wasser gelagerten Probekörpers an der Luft: 1817,10 g
- Masse des in Wasser gelagerten Probekörpers unter Wasser: 1162,65 g

- a) Berechnen Sie unter Berücksichtigung der Anlage die Rohdichte der Gesteinskörnungen anhand der Angaben der obigen Tabelle.
- b) Bestimmen Sie die Raumdichte des Probekörpers.