

# Ruhr-Universität Bochum

Lehrstuhl für Verkehrswegebau

Prof. Dr.-Ing. M. Radenberg

## Modulprüfung

# Straßenbautechnik und Straßenerhaltung

Masterstudiengang Bauingenieurwesen

Dienstag, den 17.9.2013 8:30 – 11:30 Uhr

Zugelassene Hilfsmittel:

Skripte und Mitschriften, Fachliteratur, Taschenrechner

| Aufgabe  | 1  | 2  | 3 | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | $\Sigma$ | %   |      |
|----------|----|----|---|----|----|----|----|----|----------|-----|------|
| Punkte   | 25 | 20 | 5 | 20 | 50 | 20 | 20 | 20 | 180      | 100 | Note |
| erreicht |    |    |   |    |    |    |    |    |          |     |      |

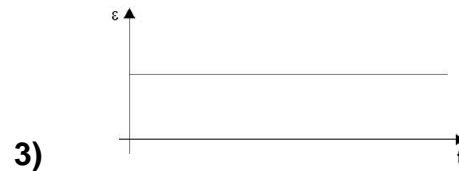
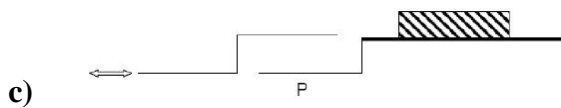
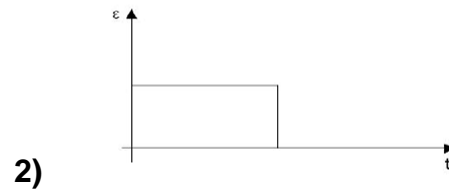
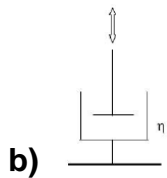
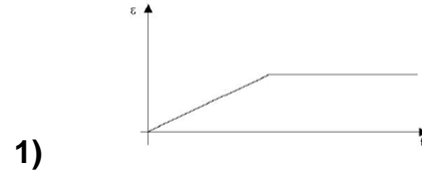
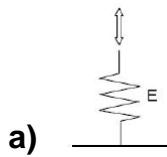
Name:

Matr. Nr.:

a) Zur Beschreibung der Verformung von Asphalt werden verschiedene Modelle verwendet. Basierend auf drei Grundmodellen lassen sich somit rheologische Verhalten abbilden. Ordnen Sie die im Folgenden abgebildeten idealen Versuchsaufbauten (a-c) den entsprechenden Dehnungs-Zeit-Diagrammen (1-3) zu. Nutzen Sie hierzu bitte die untenstehende Tabelle.

**Modell**

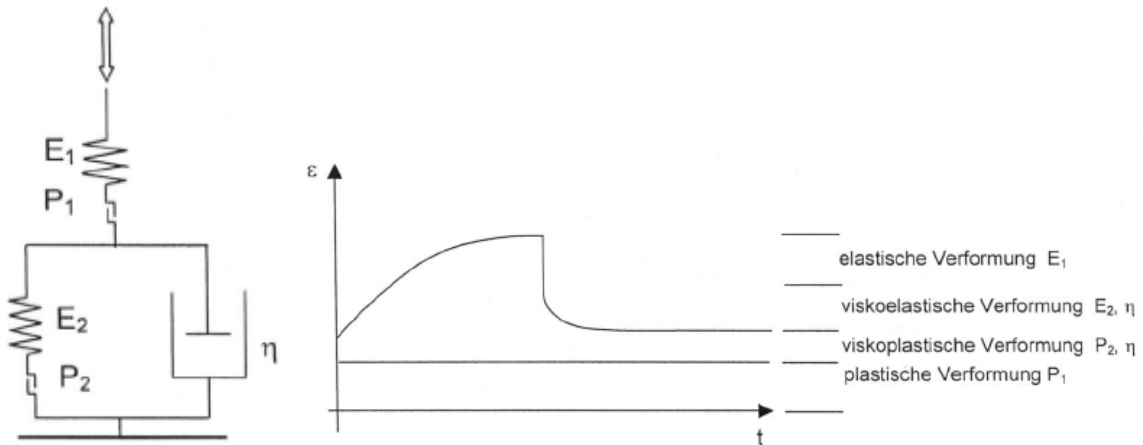
**Dehnungs-Zeit-Diagramm**



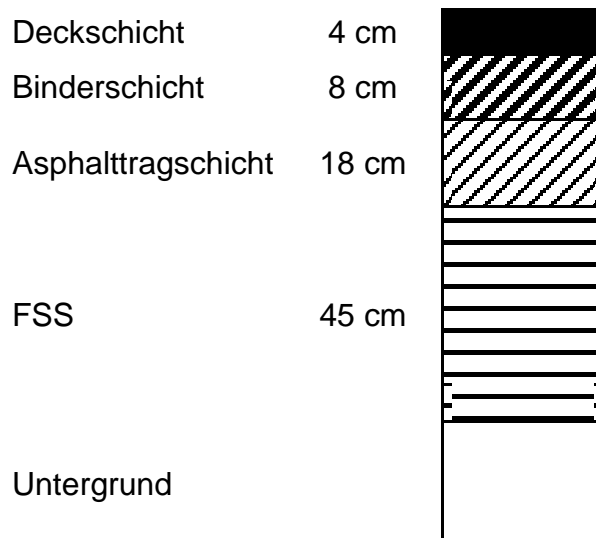
| Modell | Dehnungs-Zeit-Diagramm |
|--------|------------------------|
|        |                        |
|        |                        |
|        |                        |

b) Durch eine Verknüpfung der drei Grundmodelle können somit auch sehr komplexe rheologische Verhalten dargestellt werden. Ein Modell, welches die Verformungen im Asphalt sehr gut darstellt ist das Modell von Krass.

Beschriften Sie am Rheologischen Modell nach Krass den zeitlich unabhängigen Teil des Modells sowie den zeitlich abhängigen Teil des Modells. Begründen Sie ihre Angabe



- c) Welche Randbedingungen werden durch eine individuelle Dimensionierung einer Straßen (beispielsweise mittels RDO Asphalt) speziell berücksichtigt?
- d) Welches monetäre Ziel wird neben der Reduzierung der Baukosten durch eine freie Dimensionierung angestrebt?
- e) Welche Grundvoraussetzungen bzw. Annahmen müssen für die Theorie von Burmister erfüllt sein?
- f) Gegeben ist der nachstehende Aufbau. Ist eine Berechnung mittels Burmister möglich? Bitte begründen Sie ihre Antwort. Nur qualitative Antwort inkl. Begründung (Ja / Nein), keine Rechnung.

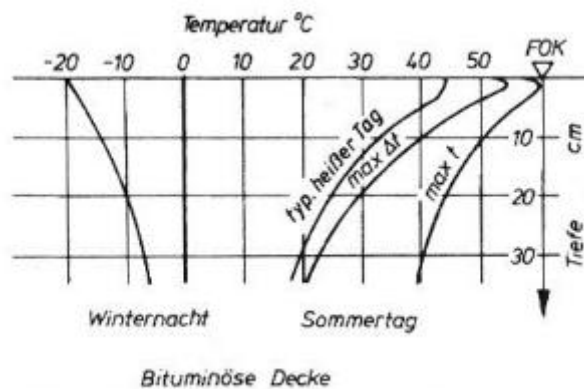


- g) Welche Nachteile hat das Verfahren von Burmister?

h) Sortieren Sie die Steifigkeitsmodule der folgenden Schichten (qualitativ) von klein nach groß. Geben Sie realistische Werte für die jeweiligen Schichten an. Nehmen Sie für temperaturabhängige Materialien eine Temperatur von 10 °C an.

- Asphaltdeckschicht
- Asphaltbinderschicht
- Hydraulisch gebundene Tragschicht (HGT)
- Frostschuttschicht (FSS)
- Untergrund

i) Bei einer bituminösen Decke ist die Temperatur an einem Sommertag, wie in der folgenden Abbildung zu sehen, direkt an der Oberfläche nicht am höchsten. Wo- durch ist dies zu erklären?



- h) Als Ergebnis des dynamischen Spaltzugversuches kann eine materialspezifische Ermüdungskurve bestimmt werden. Bitte zeichnen Sie in das unten angegebene Diagramm eine typische Ermüdungskurve mit Beschriftung der Achsen ein.

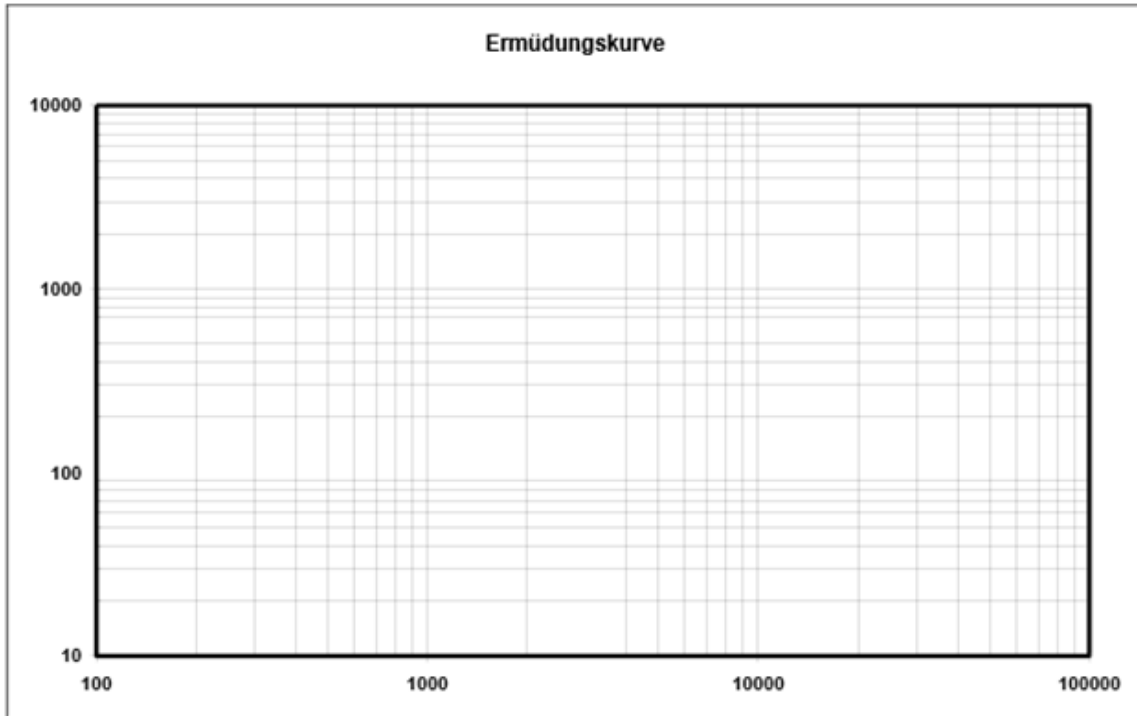


Diagramm 1: Typische Ermüdungskurve

- a) Im Münsterland, westlich von Münster, besteht ein Flughafen, welcher ausschließlich für militärische Zwecke von der Bundeswehr genutzt wird. Ein Großteil des Flughafens besteht aus Beton. Die Mittelteile der Start- und Landebahn (S&L-Bahn) wurden im Rahmen von Instandsetzungsmaßnahmen bereits in Asphaltbauweise erstellt. Auf Grund einer starken Frequentierung von Eurofightern steht eine erneute Sanierung der S&L-Bahn an. Als Unterbau dient eine Frostschuttschicht mit einem  $E_{V2}$ -Wert von 100 MN/m<sup>2</sup>.

Schlagen Sie **drei** geeignete Bauweisen für die S&L-Bahn vor. Wählen Sie darüber hinaus geeignete Mischgutsorten für die einzelnen Schichten und skizzieren Sie beispielhaft **eine** Bauweise.

- b) Die Bauausführung gemäß den vorstehenden Angaben hat bereits begonnen. Im Rahmen einer kurzfristig anstehenden Flughafenerweiterung wird eine neue S&L-Bahn erstellt. Die von Ihnen dimensionierte Bahn wird zukünftig als Taxiway (Rollstraße) genutzt. Des Weiteren sollen auch taktische Transportflugzeuge auf dem Flughafen landen. Ist die von Ihnen gewählte Dimensionierung ausreichend? Falls Sie nicht ausreichend ist schlagen Sie eine neue Dimensionierung vor.

- c) Eignet sich die Asphaltbauweise zur Instandsetzung von Start- und Landebahnen? **Speziell mit Blick auf Flugbetriebsflächen, welche nicht durchgehend gesperrt werden können.** Mit Begründung

- d) Flugplätze für Flugzeuge mit einem Gesamtgewicht > 5,7 t werden nach dem ACN- bzw. PCN-System bewertet. Die Ergebnisse der neuen S&L-Bahn des Flughafens ergaben folgende PCN-Klassifizierung:

**PCN 40/F/B/W/U**

Wofür stehen PCN und ACN? Welche Bedeutung kommt den einzelnen Angaben zu?

- e) Ein Flugzeug mit einem ACN-Wert von 43 soll auf dem Flughafen zwischenlanden. Ist dies bedenkenlos möglich? Es handelt sich hierbei um einen Einzelfall. Welche Einschränkungen müssen gegebenenfalls beachtet werden?

Die geplante Straßenbefestigung soll aus quadratischen Betonplatten erstellt werden. Um eine ausreichende Tragfähigkeit zu gewährleisten wurde das maßgebende Biegemoment  $M$  bereits mit dem Verfahren nach Eisenmann berechnet.

Bestimmen Sie die maximale Radlast  $Q$  in MN zur Einhaltung des Biegemomentes.

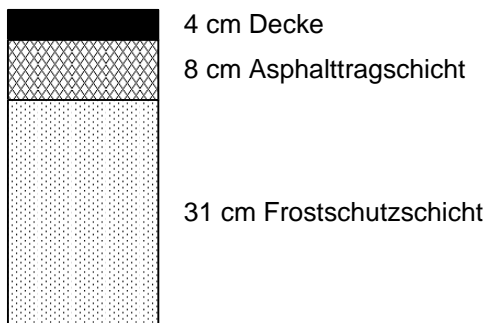
Plattenlänge  $L = 2500$  [mm]

Lastkreisradius  $a = 107$  [mm]

Querdehnzahl  $\mu = 0,17$  [-]

Maximales Biegemoment  $M = 11711$  [Nmm]

Sie haben folgenden Aufbau gegeben:



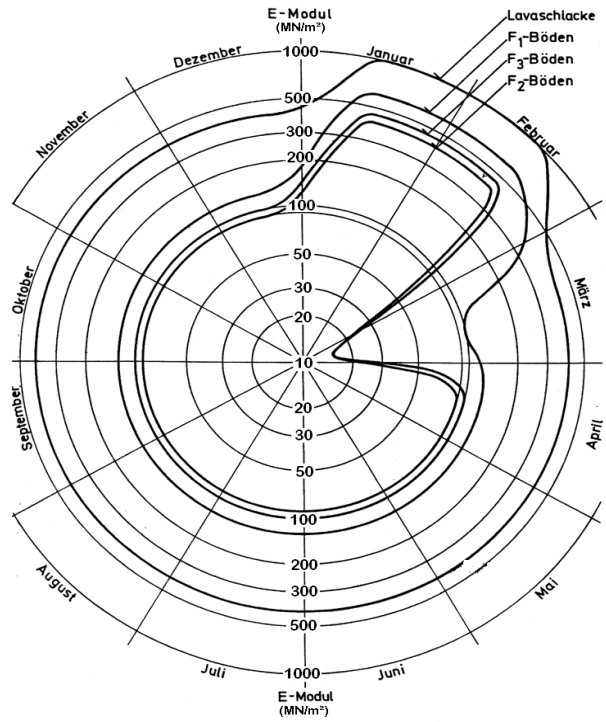
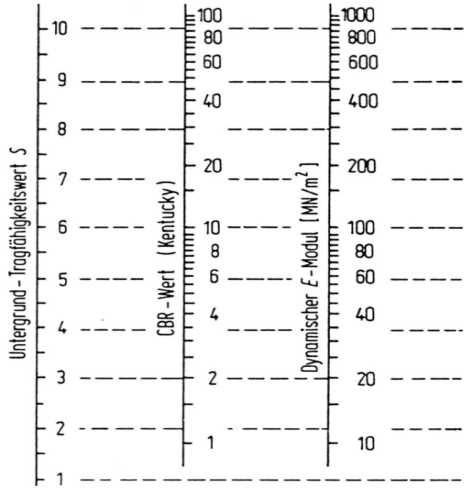
Der Untergrund hat folgende Eigenschaften:

Anteil  $\leq 0,063$  mm: 10 %

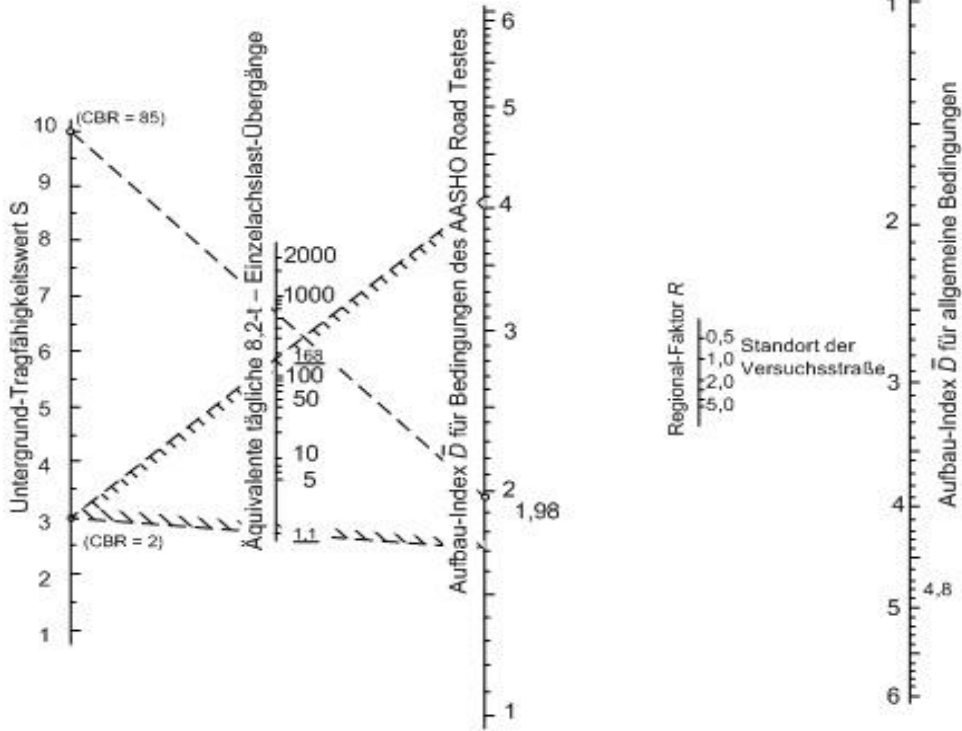
Anteil  $\leq 2$  mm: 65 %

- a) Bestimmen Sie die maximal mögliche Belastung durch 10 t- Achsübergänge nach AASHTO bei durchschnittlichen Witterungsbedingungen. Verwenden Sie dazu die folgenden Diagramme.
- b) Im Frühjahr kommt es zu einer deutlichen Reduzierung des E-Moduls. Worauf ist dies zurückzuführen?
- c) Wie kann die Anzahl an aufnehmbaren Achsübergängen erhöht werden?





R = 2,0



Eine Autobahn im Einzugsgebiet der Stadt Bremen (B = 65 Mio. äquivalente 10 t-Achsübergänge) soll in Betonbauweise erneuert werden.

- a) Wählen und skizzieren Sie einen Betonoberbau für diese Autobahn nach den RStO 12 mit Angabe aller Schichtdicken des frostsicheren Oberbaus.  
Folgende Randbedingungen sind dabei zu berücksichtigen:
- Der Untergrund ist ein Kies-Schluff-Gemisch mit einem Anteil von 18 M.-% der Korngröße  $\leq 0,063$  mm.
  - Der Grundwasserstand liegt bei 0,8 m unter dem Planum
  - Die Gradienten liegen etwa in Geländehöhe
  - Für die Entwässerung sind Rinnen und Abläufe vorgesehen.
- b) Überprüfen Sie mit Hilfe der RDO Beton, ob die Betondecke nach den RStO 12 für den Grenzzustand der Tragfähigkeit (quasidynamisch) und Gebrauchstauglichkeit ausreichend ist. Gehen Sie dabei davon aus, dass ein Beton der Güte StC30/37-3,0 eingesetzt wird und die Platten mit einer Länge von 5 m und 4 m Breite sollen sowohl durch Dübel als auch mit Ankern verbunden werden.  
(Sollten weitere Werte benötigt werden, treffen Sie sinnvolle Annahmen.)
- c) Würden Sie den Vorschlag nach den RStO 12 so bauen oder was würden Sie ggf. verändern?

**Aufgabe 5**
**50 Punkte**

| Aufnehmbare Momente   |                | GZT quasidyn. |      | GZG quasidyn. |      |
|---|----------------|---------------|------|---------------|------|
|   |                | Längs         | Quer | Längs         | Quer |
| Lastkollektivquotient für 90 kN Bezugsachslast              |                | 0,33          |      |               |      |
| Spaltzugfestigkeit am Bohrkern beim 5%-Quantil              | $f_{ctk,core}$ |               |      |               |      |
| Bettungszahl  | K              | 0,15          |      |               |      |
| Materialfaktor aus Versagenswahrscheinlichkeit              | $k_{bt}$       |               |      |               |      |
| Anpassungsfaktor für quasidyn. Nachweise und konstante Last | $m_b$          |               |      |               |      |
| <i>Berechnungen</i>   |                |               |      |               |      |
| Grundwert der Berechnungsfestigkeit                         | $f_d^0$        |               |      |               |      |
| Berechnungsfestigkeit                                       | $f_d$          |               |      |               |      |
| <b>M<sub>Rd,Rdu</sub></b>                                   |                |               |      |               |      |

**Aufgabe 5**
**50 Punkte**

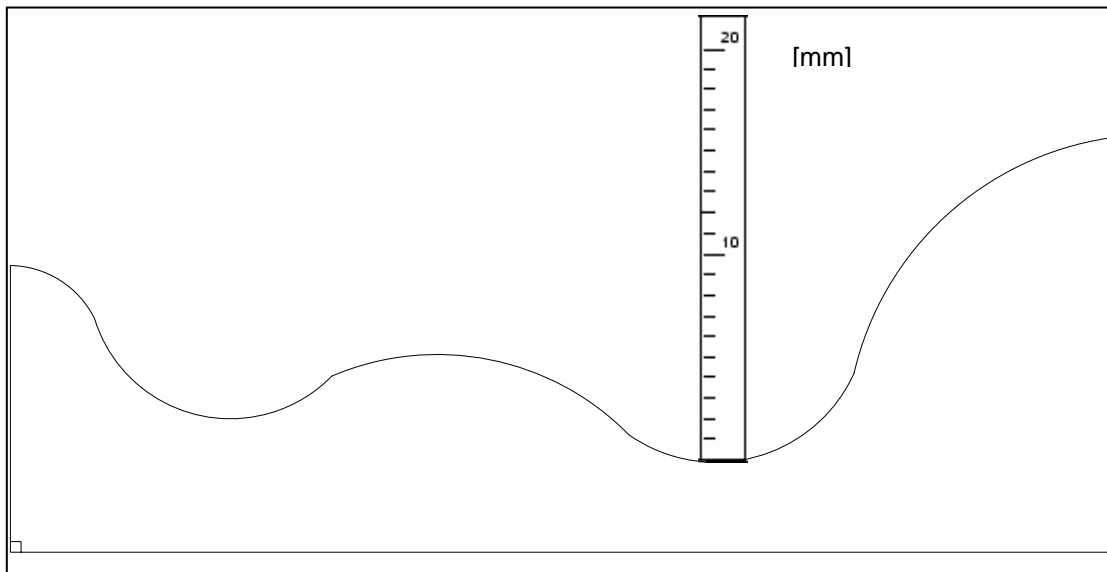
| Einwirkende Momente aus Verkehrsbelastung                                 |               | GZT quasidyn. |      | GZG quasidyn. |      |
|---|---------------|---------------|------|---------------|------|
|   |               | Längs         | Quer | Längs         | Quer |
| Lagerungsfaktor   | $m_{bL}$      |               |      |               |      |
| Dübelfaktor   | $m_{bD}$      |               |      |               |      |
| Reifenfaktor  | $\gamma_{e1}$ |               |      |               |      |
| Lastfaktor Straßenklasse  | $\gamma_{e2}$ |               |      |               |      |
| Lastfaktor Sonderbeanspruchung Radanordnung                               | $\gamma_{e3}$ | 1             | 1    | 1             | 1    |
| Stoßfaktor  | $\gamma_{e4}$ |               |      |               |      |
| Normradlast   | $F_n$         | 50            |      |               |      |
| Zug-Elastizitätsmodul   | $E_{ctm}$     |               |      |               |      |
| Querdehnzahl  | $\mu_c$       |               |      |               |      |
| Bettungszahl  | $K$           | 0,15          |      |               |      |
| Kontaktdruckfaktor  | $\gamma_{ek}$ |               |      |               |      |
| Normkontaktdruck  | $p_n$         |               |      |               |      |
| <i>Berechnungen</i>   |               |               |      |               |      |
| Berechnungsraddlast $F_d = \gamma_{e1} * \gamma_{e2} * \gamma_{e4} * F_n$ | $F_d$         |               |      |               |      |
| Elastische Länge  | $l_v$         |               |      |               |      |
| Radius Ersatzaufstandsfläche  | $r$           |               |      |               |      |
| Radius Ersatzaufstandsfläche nach Lastverteilung                          | $b$           |               |      |               |      |
| $M_{Ev,Evu}$  |               |               |      |               |      |

| Einwirkende Momente aus Temperatur                       |  | GZT quasidyn. |      | GZG quasidyn. |      |
|--|--|---------------|------|---------------|------|
|  |  | Längs         | Quer | Längs         | Quer |
| Zug-Elastizitätsmodul                                    | $E_{ctm}$  |               |      |               |      |
| Wärmedehnzahl  | $\alpha_{ct}$  |               |      |               |      |
| Faktor Verformungsaufbau bei Temperaturbeanspruchung     | $\gamma_{tot}$   |               |      |               |      |
| Faktor (Temperaturgradient)                              | $C_1$  | 0,14          |      | 0,09          |      |
| Temperaturfaktor (Verkehrsverteilung über den Tag)       | $m_{T1}$   | 1,0           |      | 1,0           |      |
| Temperaturfaktor (Temperaturgebiet)                      | $m_{T3}$   | 1,0           |      |               |      |
| Plattenlänge   | $L_p$  |               |      |               |      |
| Plattenbreite  | $B_p$  |               |      |               |      |
| Kontaktfaktor  | $m_{bA}$   |               |      |               |      |
| <i>Berechnungen</i>                                      |  |               |      |               |      |
| Temperaturgradient $\delta_T = C_1 * e^{-0,004 \cdot h}$ | $\delta_T$   |               |      |               |      |
| Red. Plattenlänge  | $L_{p,red}$  |               |      |               |      |
| Red. Plattenbreite                                       | $B_{p,red}$  |               |      |               |      |
| Verhältnis $B_{p,red}/L_{p,red}$                         | $\frac{B_{p,red}}{L_{p,red}}$                                  |               |      |               |      |
| Kritische Länge  | $L_{krit}$   |               |      |               |      |
| Verhältnis   | $\frac{L_{p,red}}{L_{krit}}$ bzw. $\frac{B_{p,red}}{L_{krit}}$ |               |      |               |      |
| Temperaturfaktor (Plattengeometrie)                      | $m_{T2}$   |               |      |               |      |
| $M_{ET;Etu}$   |  |               |      |               |      |

- a) Ein Straßenabschnitt (Funktionsklasse I) wird 8 Jahre nach Neubau einer Zustandserfassung unterzogen.

Ermitteln Sie den Gesamtwert, gehen Sie dabei von folgenden Zustandsgrößen aus:

- Netzkurve: 7 %
- Griffigkeit : 0,38  $\mu$
- Flickstellen: 12 %
- Spurrinntiefe und fiktive Wassertiefe aus Grafik ablesen



Die Allgemeinen Unebenheiten wurden bereits 3 Jahre zuvor gemessen. der Zustandswert betrug damals 1,5. Ermitteln Sie den aktuellen Zustandswert zeichnerisch.

- b) Welcher Qualitätsstufe ordnen Sie den erfassten Straßenabschnitt zu? Welche Erhaltungsmaßnahmen sind demnach erforderlich?

Am Straßenabschnitt aus Aufgabe 1 sollen Verhaltensprognosen aufgestellt werden.

- a) Für das Schadensmerkmal, soll prognostiziert werden, wann Erhaltungsmaßnahmen einzuleiten sind. Sollten Sie Aufgabe 1 nicht gelöst haben, nehmen sie einen Zustandswert von 3,0 an.
  
- b) Der Baulasträger rechnet damit, dass Griffigkeitsschäden voraussichtlich nach 16 Jahren zu beheben sind. Wie sieht die Verhaltensfunktion für dieses Schadensmerkmal aus? Stellen Sie den Funktionsverlauf zeichnerisch dar.

- a) Eine funktionierende Straßenerhaltung wird durch optimierte Managementsysteme ermöglicht. Welche Vorteile birgt die gezielte Anwendung von Managementsystemen?
- b) Der erste Schritt eines PMS ist die Zustandserfassung. Wie kann diese durchgeführt werden?
- c) Die Asphaltbetondecke einer Neubaumaßnahme der Bauklasse II aus dem Jahr 2003 musste jüngst aufgrund starker Schäden saniert werden. Wie beurteilen Sie die "Lebensdauer" der Deckschicht?
- d) Ein SKM zeichnet folgende Kräfte auf:  
Normalkraft = 1,37 kN  
Seitenreibungskraft = 0,62 kN  
Welcher Griffigkeitsbeiwert lässt sich aus diesen Werten ermitteln?
- e) Erläutern Sie, wie Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen für Straßenbauinvestitionen durchgeführt werden. Welche Kosten müssen hier berücksichtigt werden?
- f) Welche Regelwerke sind verantwortlich im Rahmen der Straßenerhaltung?
- g) Wozu dient die Ermittlung des Gesamtwertes für einen Straßenabschnitt im Rahmen des PMS?