

# Ruhr-Universität Bochum

Lehrstuhl für Verkehrswegebau

Prof. Dr.-Ing. M. Radenberg

## Modulprüfung

# Straßenbautechnik und Straßenerhaltung

Masterstudiengang Bauingenieurwesen

Dienstag, den 18.3.2014 8:30 – 11:30 Uhr

Zugelassene Hilfsmittel:

Skripte und Mitschriften, Fachliteratur, Taschenrechner

Aufgabe	1	2	3	4	5	6	7	$\Sigma$	%	
Punkte	20	12	11	22	55	33	27	180	100	Note
erreicht										

Name:

Matr. Nr.:

- a) Die Dimensionierungsberechnung in Anlehnung an die Arbeitshilfen Flugbetriebsflächen eines militärisch genutzten Flughafens der Bundeswehr, hat für die Rollstraßen nur 90 % der anzusetzenden Lastwechselzahl ergeben.

Bestimmen Sie die maximale Dehnung an der Unterseite der Asphaltsschicht im Nutzungszeitraum (Angabe in ‰).

- b) Bei der Griffigkeitsmessung im Bereich der Touchdown-Zone der Start- und Landebahn weist der Asphalt eine unzureichende Griffigkeit ( $\mu$ ) auf. Was schlagen Sie vor? Mit welchem Verfahren wird im Bereich der S&L-Bahn die Griffigkeit i.d.R. bestimmt?
- c) Öffentliche Flugplätze und Flugzeuge mit einem Gesamtgewicht  $> 5,7$  t werden nach dem ACN- bzw. PCN-System bewertet. Die Bewertung der S&L-Bahn für eine eventuelle Umnutzung des Militärflughafens ergab folgende PCN-Klassifikation.

**PCN 50/F/B/W/T**

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

- d) Ein Airbus A321-200 mit dem Maximalgewicht von 87,7 t soll auf dem Flughafen zwischenlanden. Ist dies bedenkenlos möglich? Es handelt sich hierbei um einen Einzelfall. Welche Einschränkungen müssen gegebenenfalls beachtet werden?

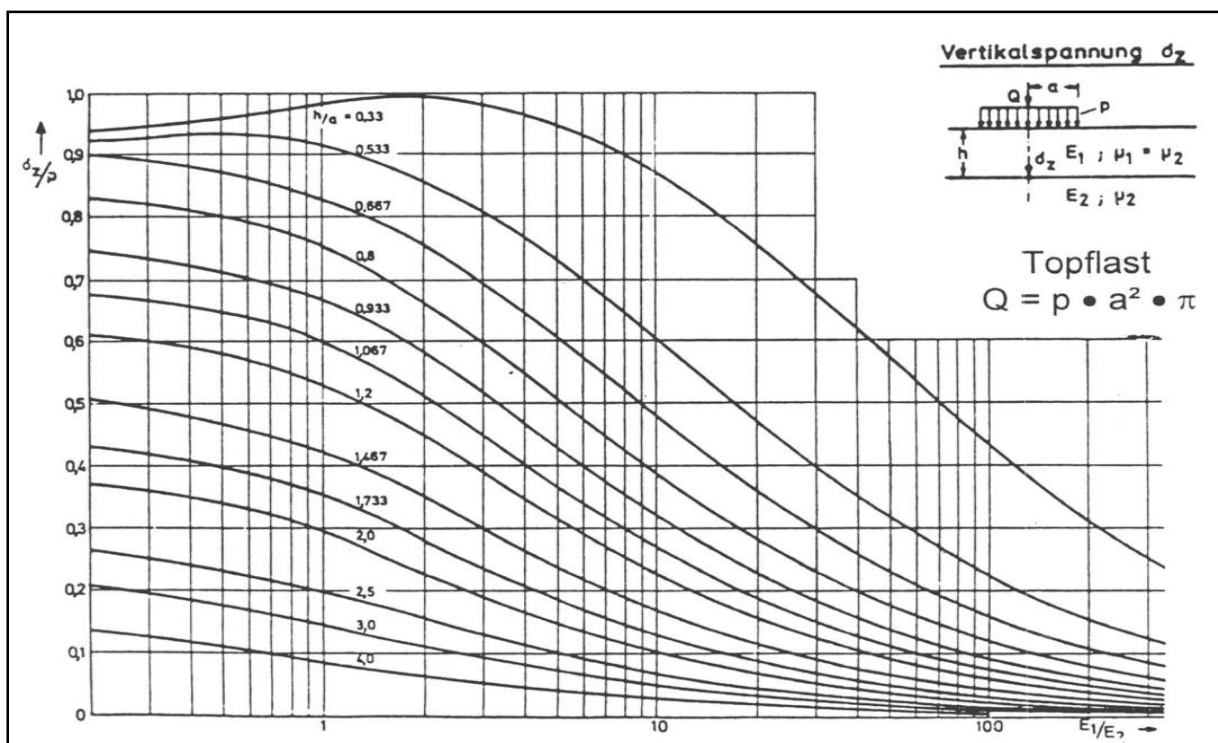
Sie haben folgenden Aufbau gegeben:

Deckschicht	3,5 cm	E = 6.680 MPa
Binderschicht	8 cm	E = 10.100 MPa
Asphalttragschicht	18 cm	E = 7.900 MPa
FSS	45 cm	E = 420 MPa
Untergrund		E = 100 MPa

Darüber hinaus sind folgende Werte bekannt:

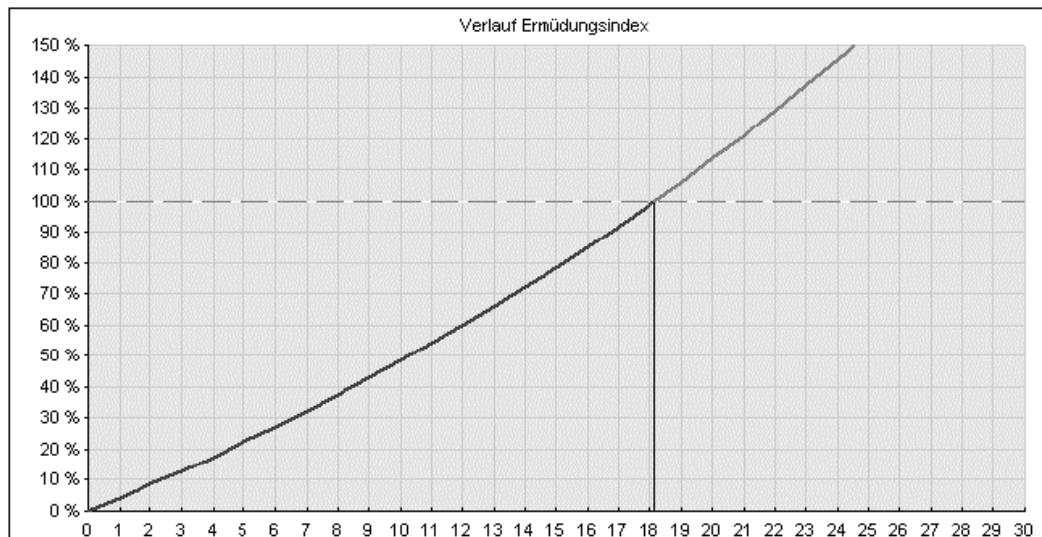
Durchmesser der Reifenaufstandsfläche = 30 cm  
 Radlast = 50 kN

- a) Berechnen Sie die Spannungen an der Unterseite der Asphalttragschicht nach Odemark. Vereinfachen Sie das System sinnvoll.
- b) Berechnen Sie beispielhaft die Spannungen an der Unterseite der Asphalttragschicht nach Burmister für den ungünstigsten Fall. Vergleichen Sie dieses Ergebnis mit dem Ergebnis nach Odemark und nehmen Sie kurz Stellung.
- c) Welchen wesentlichen Vorteil bietet das Verfahren nach Odemark gegenüber der Mehrschichttheorie nach Burmister?



- a) Die freie Dimensionierung einer Asphaltbefestigung (nach den RDO Asphalt) mittels der Softwarelösung „PaDesTo“ ergab einen Ermüdungsindex von 200 % (vgl. Abbildung).

Was bedeutet dieses Ergebnis für die Nutzungsdauer der Straße? Wie würden Sie im Rahmen der Dimensionierung weiter vorgehen? Geben Sie Ihre Lösung in Stichpunkten an.



- b) Im Bereich der asphalttechnologischen Prüfmethode bestehen eine Vielzahl verschiedener Untersuchungsverfahren. Nennen Sie zwei Prüfverfahren zur Bestimmung des Ermüdungsverhaltens von Asphalt im Labor. Worin unterscheiden sich die grundlegenden Versuchskonzepte der Prüfungen?
- c) Welche Auswirkungen hat die Auftauperiode im Frühjahr auf die Vertikalspannungen in einer Pflasterbettung?
- d) Aus welchen Gründen ist es nicht möglich Betonstraßen fugenlos auszuführen?
- e) Welche maßgebende Funktionen erfüllen Dübel / Anker im Betonstraßenbau, und wo werden diese eingebaut?

Geplant ist ein Straßenaufbau mit **Asphaltdecke, Asphalttragschicht und Kiestragschicht** der Belastungsklasse 32 (Bk32) nach den RStO 12. Dieser soll im Rahmen eines internationalen Projektes auch in den Vereinigten Staaten von Amerika umgesetzt werden. Kontrollieren Sie ob der gewählte Aufbau den Anforderungen an eine Dimensionierung nach den AASHTO-Richtlinien, bei den gegebenen Belastungen standhält.

**Gegeben:**

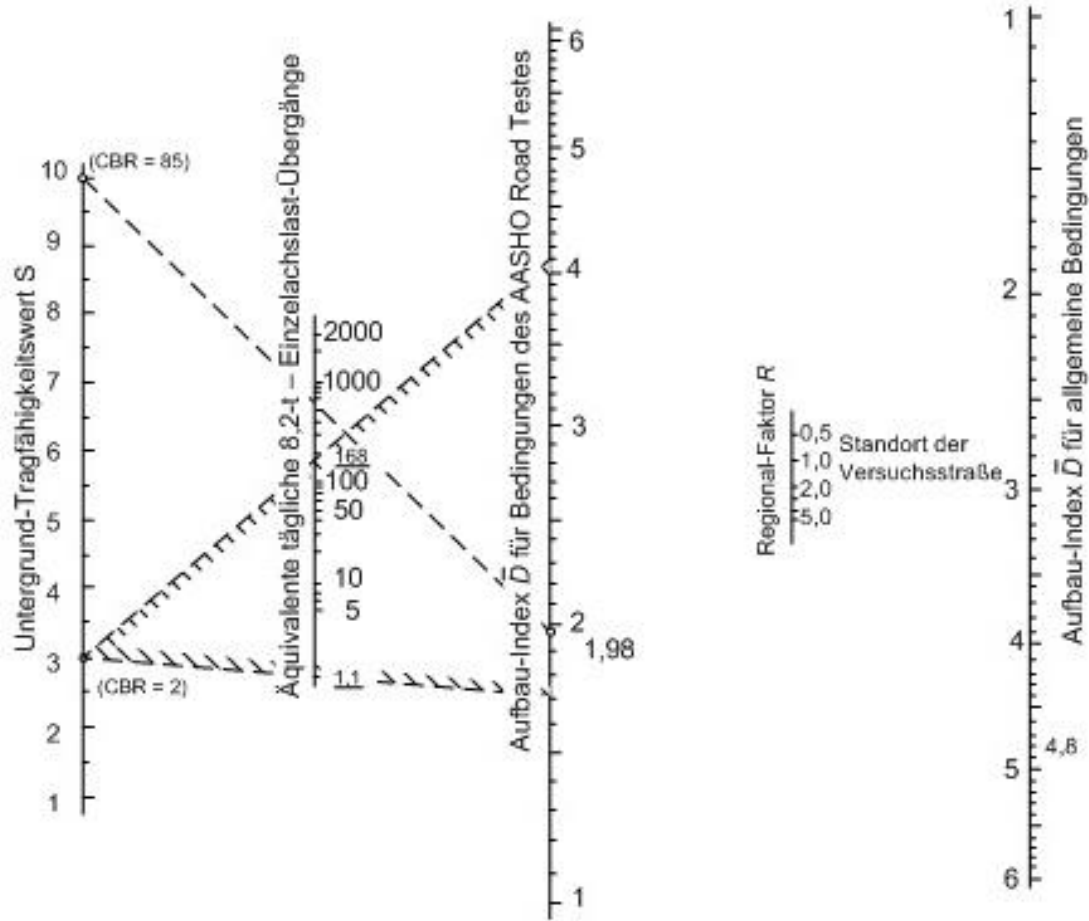
Frostsicherer Oberbau:	mindestens 75 cm
Untergrund und Tragfähigkeitswert:	3,5
Regionalfaktor:	1,5

- a) Skizzieren Sie den Aufbau.
- b) Für den geplanten Streckenabschnitt ist die nachstehende Achslastverteilung gegeben. Bitte bestimmen Sie die Anzahl der äquivalenten 10 t-Achsübergänge (EDTA<sup>(SV)</sup>).

Achslast:	Anzahl absolut
1,2 t	3520
2,5 t	11580
5,3 t	2800
7,0 t	900
10,0 t	456

- c) Weisen Sie nach, ob der geplante Aufbau der Belastung aus Aufgabenteil b) den Anforderungen der AASHTO-Richtlinien standhalten kann. Nutzen Sie hierzu das nachstehende Diagramm.
- d) Nehmen Sie Stellung zu den folgenden zwei Fragestellungen:
- Welche Achslast hat einen schädlicheren Einfluss auf den Straßenoberbau eine 8,2 t- Achse oder eine 10 t-Achse? Um welchen Faktor unterscheidet sich der Schädigungsgrad?

- Welche Erkenntnisse können pauschal über den berechneten Aufbau der RStO im Rahmen des geführten Nachweises getroffen werden? Was würden Sie für das weitere Vorgehen der Projektplanung vorschlagen?



Für einen bestehenden Autobahnabschnitt wurde eine neue Verkehrsprognose mittels RStO 12 erstellt. Die neu ermittelte Belastung innerhalb der Nutzungsdauer wurde mit 120 Mio. äquivalenten 10 t-Achsübergängen ermittelt.

Aus der ursprünglichen Bemessung des Betonoberbaus sind die aufnehmbaren Momente des Grenzzustands der Ermüdung (GZT Ermüdung) bekannt.

- a) Bestimmen Sie, ausgehend von dem aufnehmbaren Moment der Längsfuge (GZT Ermüdung) die ursprünglich der Bemessung zugrunde liegenden äquivalenten 10 t-Achsübergänge, welche im Jahr 2008 ermittelt wurden ( $q_{\text{BM,RStO } 01} = 0,26$ ). Bitte runden Sie auf mindestens drei Nachkommastellen.
  
- b) Führen Sie die erforderlichen Nachweise gemäß RDO Beton 09 mit der neu prognostizierten Verkehrsbelastung (120 Mio. äquivalenten 10 t-Achsübergänge,  $q_{\text{BM,RStO } 12} = 0,33$ ). Die Momente infolge der Verkehrsbelastung sind bereits bekannt.  
Beachten Sie die nachstehenden Eigenschaften des Aufbaus.
  
- c) Bewerten Sie die Nachweise, machen Sie ggf. sinnvolle Optimierungsvorschläge für den Betonbau.

#### Informationen zum Aufbau

Art der Unterlage:	Geotextil auf hydraulisch gebundener Tragschicht
Straßenbetonklasse:	StC 35/45-3,3
Anteil grober gebrochener GK:	30 %
Plattenlänge:	4,5 m
Plattenbreite:	4,0 m
Dicke der Betondecke:	27 cm
Längsfuge:	Anker
Querfuge:	Dübel

Ursprüngliche Momente der RDO Bemessung

Aufnehmbare Momente (Ursprüngliche Bemessung)

$M_{RD,GZT \text{ Ermüdung, Längs}} = 26.000 \text{ Nmm}$

Momente der RDO Bemessung mit 120 Mio. äqui. 10 t-Achsübergängen

Einwirkende Momente infolge Verkehrsbelastung

$M_{EV, \text{ Quasidyn, Längs}} = 18.896 \text{ Nmm}$

$M_{EV, \text{ Quasidyn, Quer}} = 18.067 \text{ Nmm}$

$M_{EVu, \text{ Längs}} = 18.354 \text{ Nmm}$

$M_{EVu, \text{ Quer}} = 18.264 \text{ Nmm}$

$M_{EV, \text{ Ermüdung, Längs}} = 15.106 \text{ Nmm}$

$M_{EV, \text{ Ermüdung, Quer}} = 15.630 \text{ Nmm}$



**Berechnung der aufnehmbaren Momente:**  $M_{Rd, Rdu} = 0,167 \cdot h_d^2 \cdot f_d$

Rechnerische Solldicke (Annahme): \_\_\_\_\_ (mm)

		<b>M<sub>Rdu</sub> GZT<sub>quasidynamisch</sub></b>		<b>M<sub>Rd</sub> GZG<sub>quasidynamisch</sub></b>		<b>M<sub>Rdu</sub> GZT<sub>Ermüdung</sub></b>	
		<b>Längsfuge</b>	<b>Querfuge</b>	<b>Längsfuge</b>	<b>Querfuge</b>	<b>Längsfuge</b>	<b>Querfuge</b>
Lastkollektivquotient für 90 kN Bezugsachslast	q <sub>B,b</sub>	0,39					
Berechnungslastwechsel (90 kN) B <sub>90</sub>	B <sub>n</sub>						
Berechnungslastwechsel B <sub>nq</sub> = γ <sub>q</sub> · B <sub>n</sub>	B <sub>nq</sub>						
Spaltzugfestigkeit am Bohrkern beim 5 % - Quantil	f <sub>ctk,core</sub>						
Bettungszahl (auf Geotextil auf HGT)	K	0,15					
<b>Faktoren aus Tabellen</b>							
Querverteilungsfaktor	γ <sub>q</sub>						
Materialfaktor aus Nacherhärtung (Ermüdungsnachweis)	k <sub>bn</sub>						
Materialfaktor aus Versagenswahrscheinlichkeit	k <sub>bt</sub>						
Anpassungsfaktor für quasidynamische Nachweise und konstante Last	m <sub>b</sub>						
<b>Berechnungen</b>							
Ermüdungsfestigkeitsbeiwert γ <sub>c,fat</sub> = 0,15 · lg B <sub>nq</sub> + 0,748 · e <sup>-0,1365</sup>	γ <sub>c,fat</sub>						
Anpassungsfaktor für Berechnungsfestigkeit für Ermüdungsnachweis	m <sub>b</sub> = 1/ γ <sub>c,fat</sub>						
Grundwert der Berechnungsfestigkeit	f <sup>0</sup> <sub>d</sub>						
Berechnungsfestigkeit	f <sub>d</sub>						
<b>Ergebnis M<sub>Rd,u</sub></b>							

**Berechnung der einwirkenden Momente infolge Temperatur**  $M_{ET,ETu} = \alpha_{cT} \cdot \gamma_{tot} \cdot E_{ctm} \cdot (h_d^3 \cdot m_{T1} \cdot m_{T2} \cdot m_{T3} \cdot \delta_T) / 12$

Rechnerische Solldicke (Annahme): \_\_\_\_\_ (mm)

		<b>M<sub>ETu</sub></b> <b>GZT<sub>quasidynamisch</sub></b>		<b>M<sub>ET</sub></b> <b>GZG<sub>quasidynamisch</sub></b>		<b>M<sub>ETu</sub></b> <b>GZT<sub>Ermüdung</sub></b>	
		<b>Längsfuge</b>	<b>Querfuge</b>	<b>Längsfuge</b>	<b>Querfuge</b>	<b>Längsfuge</b>	<b>Querfuge</b>
Zug-Elastizitätsmodul	$E_{ctm}$						
Wärmedehnzahl	$\alpha_{cT}$						
Faktor Verformungsaufbau bei Temperaturbeanspruchung	$\gamma_{tot}$						
Faktor (Temperaturgradient)	$C_1$	0,14		0,091		0,052	
Temperaturfaktor (Verkehrsverteilung über den Tag)	$m_{T1}$	1		1		1	
Temperaturfaktor (Temperaturgebiet)	$m_{T3}$	1					
Plattenlänge	$L_p$						
Plattenbreite	$B_p$						
Kontaktfaktor	$m_{bA}$						
Temperaturgradient $\delta_T = C_1 \cdot e^{-0,004 \cdot h}$	$\delta_T$						
Reduzierte Plattenlänge	$L_{p,red}$						
Reduzierte Plattenbreite	$B_{p,red}$						
Verhältnis	$B_{p,red} / L_{p,red}$						
Kritische Länge	$L_{krit}$						
Verhältnis	$L_{p,red} / L_{krit}$ bzw. $B_{p,red} / L_{krit}$						
Temperaturfaktor (Plattengeometrie)	$m_{T2}$						
<b>Ergebnis M<sub>ET,ETu</sub></b>							

Ein Straßenabschnitt (Funktionsklasse I) wird 13 Jahre nach Neubau einer Zustandserfassung unterzogen.

Die ermittelten Zustandsgrößen sehen folgendermaßen aus:

- Allgemeine Unebenheiten:  $4,1 \text{ cm}^3$
- Griffigkeit :  $\mu_{SKM} = 0,38$
- Flickstellen: 14 %
- Spurrinnentiefe: 5,6 mm
- fiktive Wassertiefe: 2,8 mm

- a) Die unregelmäßigen Risse wurden bereits 4 Jahre zuvor aufgenommen. Der Anteil betrug damals 1,4 %. Wie hoch ist der Anteil an unregelmäßigen Rissen zum Zeitpunkt der Zustandserfassung voraussichtlich?
- b) Ermitteln Sie den Gesamtwert für den Straßenabschnitt.
- c) Was bedeutet dieser Gesamtwert?
- d) Im Zuge der Erfassung der unregelmäßigen Risse wurden ebenfalls die Allgemeinen Unebenheiten mit einer Größe von  $3,5 \text{ cm}^3$  erfasst. Ermitteln Sie den Verlauf der Verhaltensfunktion dieses Schadensmerkmals und stellen Sie diesen zeichnerisch dar.

- a) Wie wird die Wirtschaftlichkeit einer Erneuerungsmaßnahme untersucht? Welche Faktoren werden dabei berücksichtigt?
- b) Ein Straßenabschnitt weist erhebliche Griffigkeitsmängel auf. Es sollen Instandhaltungsmaßnahmen durchgeführt werden, welche Maßnahmen eignen sich hier?

Die Kosten für diverse Instandhaltungsmaßnahmen sind im Folgenden aufgeführt. Welche dieser Maßnahmen eignet sich aus wirtschaftlicher Sicht am ehesten für den besagten Schadensfall? Beachten Sie hierbei die unterschiedlichen „Lebensdauern“ der Maßnahmen. Die Verhaltensfunktion für Griffigkeitsmängel entspricht in diesem Fall der für AUN.

Instandhaltungsmaßnahme	Kosten pro m <sup>2</sup> [€]	Verhaltensklasse
Anspritzen und Abstreuen	25	4
Aufbringen von Schlämmen	50	3
Ausbessern mit Asphaltmischgut	54	2
Verfüllen und Vergießen	65	2
Aufrauen	72	1
Abfräsen von Unebenheiten	30	1

- c) Ein SKM zeichnet folgende Kräfte auf:  
 Normalkraft = 1,96 kN  
 Seitenreibungskraft = 0,51 kN  
 Welcher Griffigkeitsbeiwert lässt sich aus diesen Werten ermitteln?
- d) Welche Regelwerke sind für Planung und Umsetzung von Straßenerhaltungsmaßnahmen zu verwenden?
- e) Benennen Sie die 4 Erscheinungsformen von Spurrinnen und Skizzieren Sie diese.