

Ruhr-Universität Bochum

Lehrstuhl für Verkehrswegebau

Prof. Dr.-Ing. M. Radenberg

Modulprüfung

Straßenbautechnik und Straßenerhaltung

Masterstudiengang Bauingenieurwesen

Dienstag, den 19.03.2013 8:30 – 11.30 Uhr

Zugelassene Hilfsmittel:

Skripte und Mitschriften, Fachliteratur, Taschenrechner

Aufgabe	1	2	3	4	5	6	7	Σ	%	
Punkte	10	45	30	20	15	40	20	180	100	Note
erreicht										

Name:

Matr. Nr:

- 1) Warum wurde die neue RStO 12 eingeführt?
- 2) Was wurde verändert?
- 3) Welche Auswirkungen hat die neue RStO auf die Anwendung der RDO?

Aufgabe 2

45 Punkte

Eine Bundesstraße (B = 512.563 10 t-Achsübergänge) soll eine neue Betondecke erhalten. Die Plattenbreite wurde auf 3,5 m festgelegt und als Beton soll ein StC 30/37-3,0 zum Einsatz kommen.

1. Bestimmen Sie unter Verwendung der gegebenen Anlagen die Plattendicke so, dass das aufnehmbare Moment $> 29.000 \text{ Nmm/mm}$ ist.

Aus Kostengründen soll die Decke dabei eine möglichst geringe Dicke aufweisen. Runden Sie jedoch auf eine sinnvolle Einbaudicke.

2. Wodurch könnte eine Verringerung der Plattendicke erreicht werden?
3. Bestimmen Sie die einwirkenden Momente für den GZG aus Verkehrslast unter Berücksichtigung der folgenden Angaben:

Unterlage: hydraulisch gebundene Tragschicht

Querkraftübertragung durch Anker und Dübel

4. Bestimmen Sie die Spannungen am Plattenrand für den GZG. Benennen Sie das verwendete Verfahren und wozu dienen die Abminderungsfaktoren in der Formel? Greifen Sie bei der Berechnung auf die Werte von zuvor zurück.

$$k_s = 150 \text{ MN/m}^3$$

Aufgabe 2

45 Punkte

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

Rechnerische Solldicke (Annahme): _____ (mm)

		M_{Rdu} GZT _{quasidynamisch}		M_{Rd} GZG _{quasidynamisch}		M_{Rdu} GZT _{Ermüdung}		
		Längsfuge	Querfuge	Längsfuge	Querfuge	Längsfuge	Querfuge	
Lastkollektivquotient für 90 kN Bezugsachslast	$q_{B,b}$	0,39						
Berechnungslastwechsel (90 kN) B_{90}	B_n					799.598		
Berechnungslastwechsel $B_{nq} = \gamma_q \cdot B_n$	B_{nq}							
Spaltzugfestigkeit am Bohrkern beim 5 % - Quantil	$f_{ctk,core}$							
Bettungszahl (auf Geotextil auf HGT)	K	0,15						
Faktoren aus Tabellen								
Querverteilungsfaktor	γ_q							
Materialfaktor aus Nacherhärtung (Ermüdungsnachweis)	k_{bn}							
Materialfaktor aus Versagenswahrscheinlichkeit	k_{bt}							
Anpassungsfaktor für quasidynamische Nachweise und konstante Last	m_b	1		1				
Berechnungen								
Ermüdungsfestigkeitsbeiwert $\gamma_{c,fat} = 0,15 \cdot \lg B_{nq} + 0,748 \cdot e^{-0,1365}$	$\gamma_{c,fat}$					1,41		1,51
Anpassungsfaktor für Berechnungsfestigkeit für Ermüdungsnachweis	$m_b = 1/\gamma_{c,fat}$							0,709
Grundwert der Berechnungsfestigkeit	f_d^0							
Berechnungsfestigkeit	f_d							
Ergebnis $M_{Rd,u}$								

Aufgabe 2

45 Punkte

Berechnung der einwirkenden Momente aus Verkehrsbelastung

$$M_{Ev,Evu} = m_{bL} \cdot m_{bD} \cdot F_d \cdot 1000 [0,55 \cdot \lg(l_v/b) + 0,099 \cdot b/l_v - 0,011]$$

Rechnerische Solldicke (Annahme): _____ (mm)

		M_{Ev} GZG _{quasidynamisch}	
		Längsfuge	Querfuge
Faktoren aus Tabellen			
Lagerungsfaktor	m_{bL}		
Dübelfaktor	m_{bD}		
Reifenfaktor	γ_{E1}	1,02	1,07
Lastfaktor Straßenklasse	γ_{E2}		
Lastfaktor Sonderbeanspruchung Radanordnung	γ_{E3}		1
Stoßfaktor	γ_{E4}		
Normradlast	F^n		50
Zug-Elastizitätsmodul	E_{ctm}		
Querdehnzahl	μ_c		0,2
Bettungszahl	K		0,15
Kontaktdruckfaktor	γ_{EK}		
Kontaktdruck	p		
Normkontaktdruck	p^n		0,65

Aufgabe 2**45 Punkte**

Berechnungen			
Berechnungsrادlast	F_d		
Elastische Länge	l_v		
Radius Ersatzaufstandsfläche	r		
Radius Ersatzaufstandsfläche nach Lastverteilung	b		
Ergebnis $M_{Ev,Evu}$			

Aufgabe 3

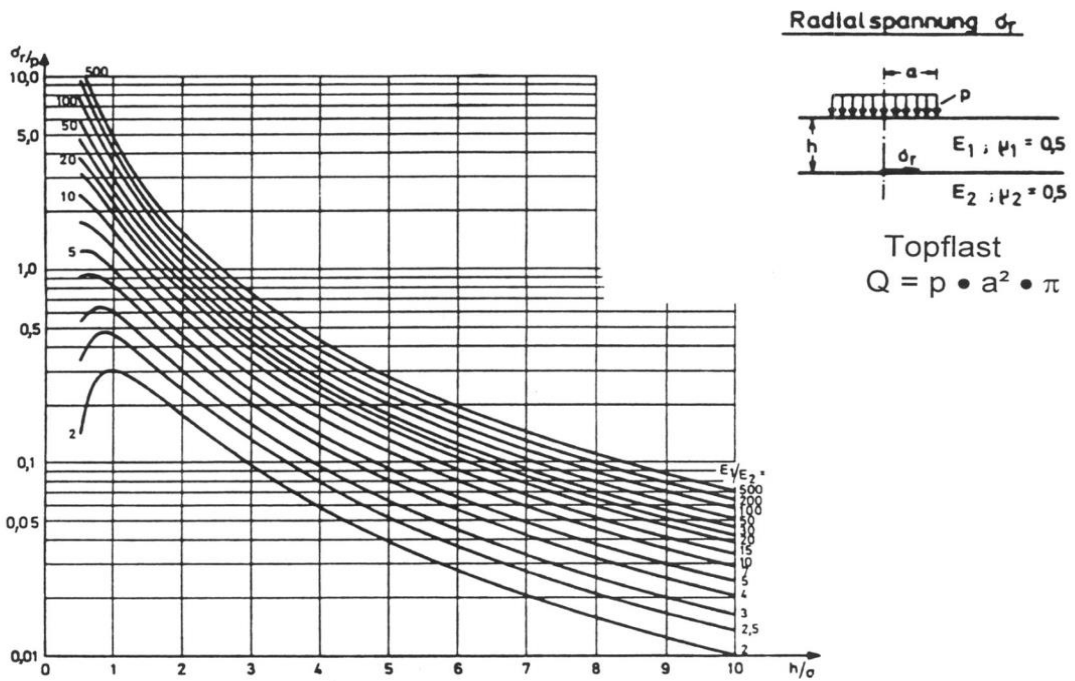
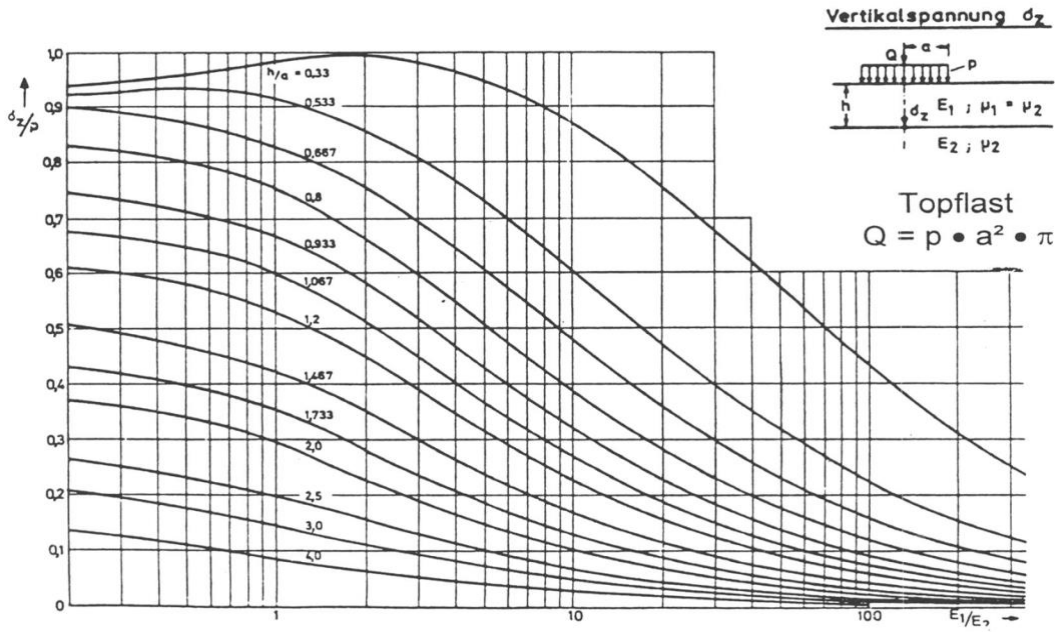
30 Punkte

Sie haben den folgenden Aufbau gegeben:

Deckschicht	4 cm	$E = 4.350 \text{ MN/m}^2$
Binderschicht	8 cm	$E = 7.200 \text{ MN/m}^2$
Asphalttragschicht	18 cm	$E = 12.680 \text{ MN/m}^2$
FSS	45 cm	$E = 420 \text{ MN/m}^2$
Untergrund		$E_{v2} = 80 \text{ MN/m}^2$

$$a = 15 \text{ cm} \quad p = 0,8 \text{ MN/m}^2$$

1. Vereinfachen Sie das System so, dass Sie die Spannungen an der Unterseite der Asphalttschicht nach Burmister berechnen können.
2. Welchen Nachteil hat das Verfahren nach Burmister und auf welchen Annahmen beruht es?
3. Berechnen Sie die Vertikal- und Radialspannungen unter Verwendung der Nomogramme. Wie verändern sich die Spannungen, wenn anstelle des Untergrundes die FSS für die Berechnung herangezogen wird?
4. Vergleichen Sie das Ergebnis mit der Berechnung der Spannungen nach Odemark.
Berechnen und skizzieren Sie den Spannungsverlauf bis in den Untergrund.



Aufgabe 4**20 Punkte**

1. Erläutern Sie kurz die Vorgehensweise bei der Dimensionierung nach AASHTO, welche Einflussfaktoren werden berücksichtigt?
2. Überprüfen Sie, ob der Oberbau aus Aufgabe 3 den gegebenen Belastungen standhält.

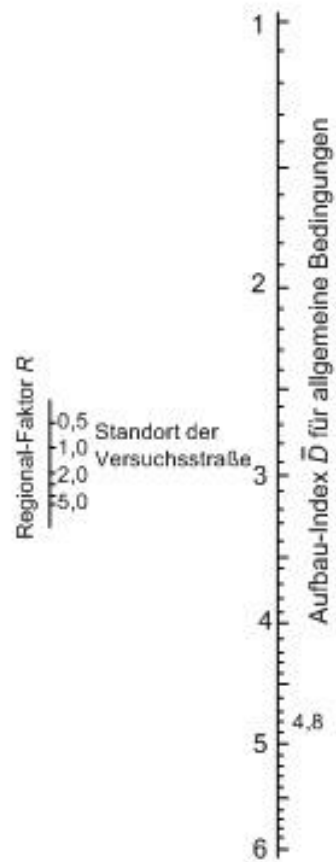
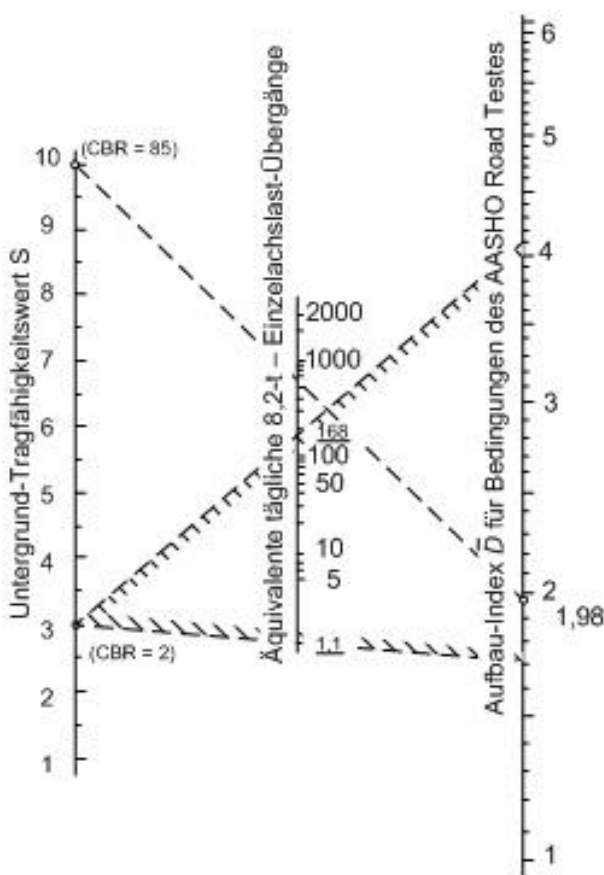
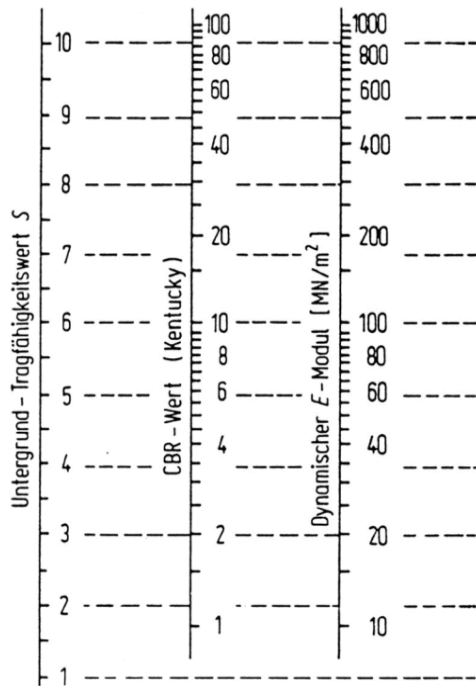
Achslast [kN]	Anzahl absolut	Anzahl prozentual	Äquivalenzfaktor (bez. auf 10 t-Achse)	äquivalente Anzahl prozentual
10	1760			
25	6589			
50	2143			
75	595			
100	197			
	11284			

Der Untergrund weist einen Verdichtungsgrad von 100 % auf und hat einen Anteil $\leq 0,063$ mm von 4,5 % und ≤ 2 mm von 63 %.

$$R = 2$$

Aufgabe 4

20 Punkte



1. In welchen Bereichen des Flughafens ist die Bauweise Asphalt zugelassen und in welchen Bereichen ist die Verwendung der Betonbauweise vorgeschrieben?
2. Wählen und skizzieren Sie eine Asphaltbauweise für die Start- und Landebahn eines Militärflughafens, bei dem in erster Linie schwere strategische Transportflugzeuge starten und landen. Wählen Sie auch das Asphaltmischgut für Deck- und Binderschicht aus.
3. Aus welchen Gründen ist ein unzureichender Verdichtungsgrad bei der Deckschicht ein großes Risiko für den Flughafen?
4. Welche Besonderheiten bestehen bei der Sanierung einer Deckschicht bei einem Flughafen wie z.B. Düsseldorf im Vergleich zu einer Sanierung der Deckschicht bei z.B. einer Autobahn.

Mit Hilfe des Pavement-Management-Systems soll der Zustand eines Straßenabschnittes bestimmt werden. Die messtechnische Zustandserfassung des Straßenabschnittes (Kategorie I) ergab folgende Zustandsgrößen:

- Allgemeine Unebenheit: 8,3 cm³
- Fiktive Wassertiefe: 3,8 mm
- Spurrinntiefe: 3,1 mm
- Netzrisse: 5,3 %
- Griffigkeit: Fehler bei der Messung! Folgende Kräfte wurden aufgezeichnet:
 $F_y = 0,75 \text{ kN}$, $F_z = 1,84 \text{ kN}$
- Flickstellen: aus Grafik unter b) abschätzen

Die meisten Schadensmerkmale werden aus dem gängigen PMS übernommen, da entsprechende Messsysteme vorhanden sind. Probleme bereitet die Messung der allgemeinen Unebenheiten. Um nicht mehr auf ein subjektives Erfassen durch das Messpersonal ("Popotest") angewiesen zu sein, überlegt sich der zuständige Sachbearbeiter eine Messmethodik auf Basis eines Profilometers.

Hierbei wird ein Reifen virtuell auf einer Strecke abgerollt und in den Viertelpunkten jeweils die Abweichung zur Nulllinie gemessen. Alle vier Abweichungen werden dann nach unten stehender Formel miteinander verrechnet. Das Ergebnis ist ein Indikator für die Ebenheit.

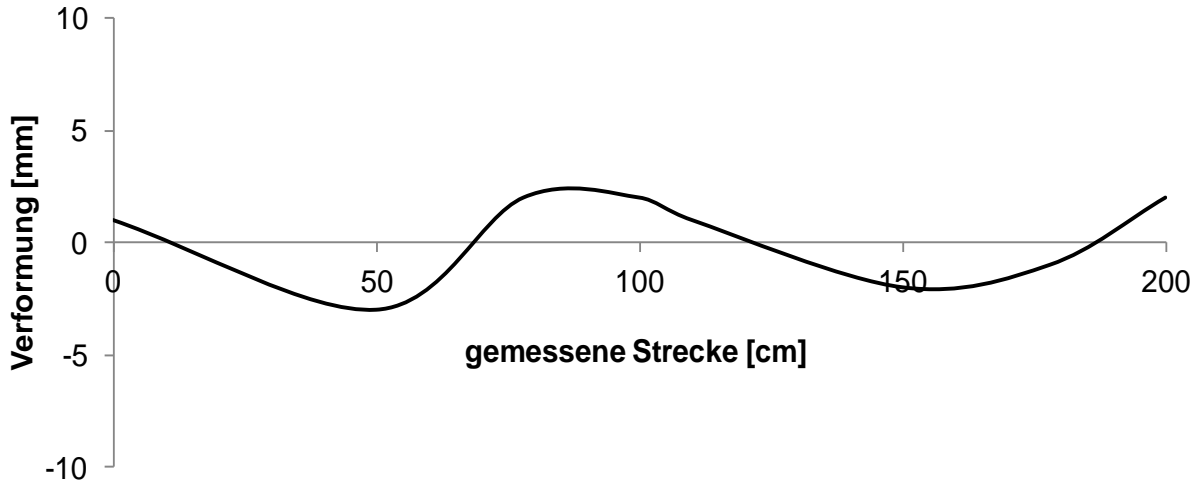
$$AUN_{pro} = \sqrt{s_1^2 + s_2^2 + s_3^2 + s_4^2} \text{ [mm]}$$

Stellvertretend für einen Straßenabschnitt mit einer guten Ebenheit (Zielwert), einer mäßigen Ebenheit (Warnwert) und einer schlechten Ebenheit (Schwellenwert) wurden die unten stehenden Profile ausgewählt.

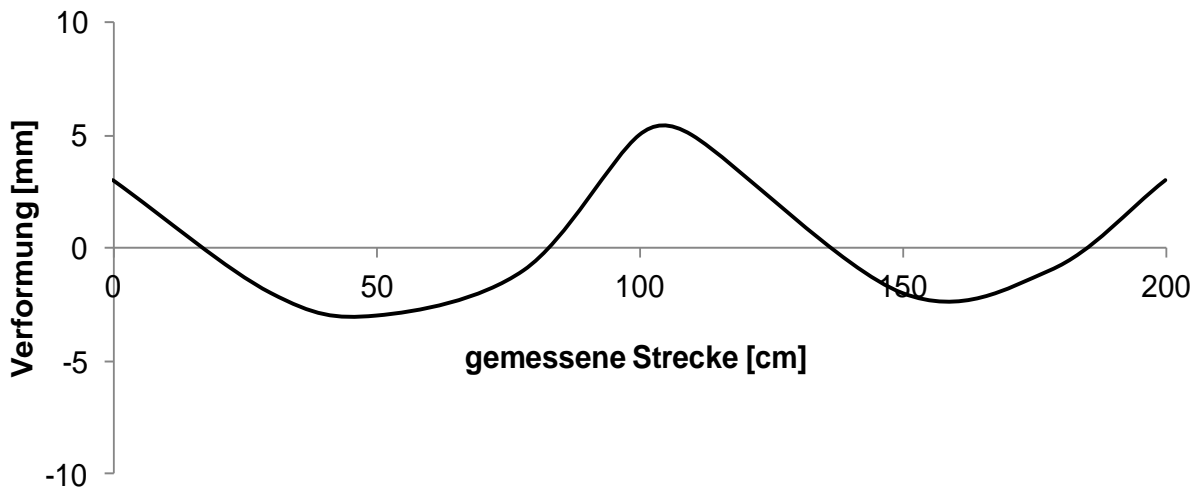
Aufgabe 6

40 Punkte

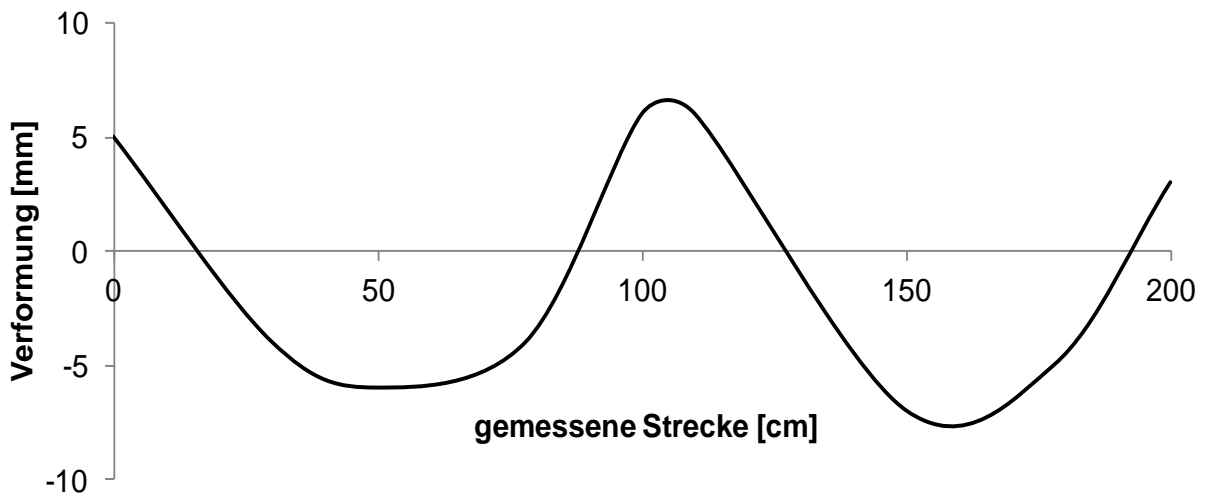
Gute Ebenheit:



Mäßige Ebenheit:



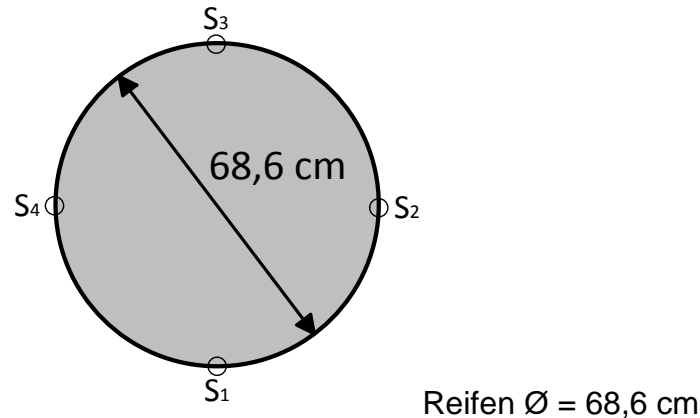
Schlechte Ebenheit:



Aufgabe 6

40 Punkte

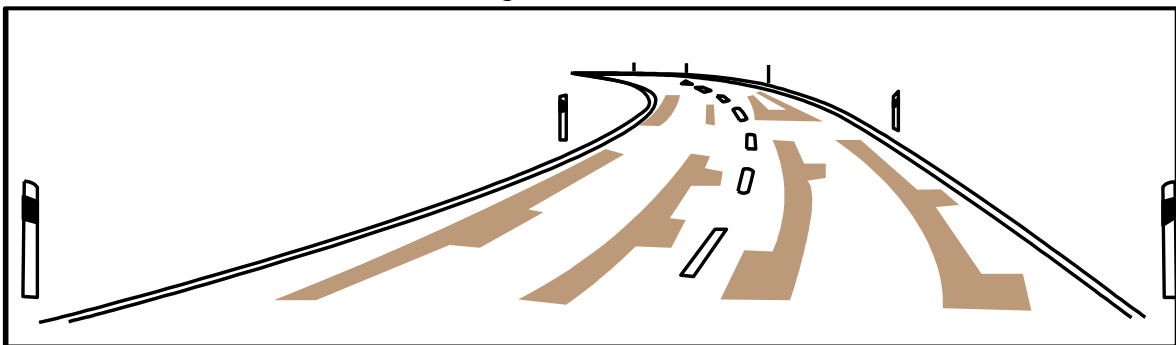
- a) Legen Sie die drei Grenzwerte (als Zustandsgrößen) anhand der drei Grafiken fest. Konstruieren Sie das Normierungsdiagramm für die Ebenheitsmessung. Nehmen Sie dafür an, dass die Verläufe zwischen den Warn-, Schwell- und Zielwerten denen der üblichen Normierungsdiagramme entsprechen. Angaben zum Reifen sind unten stehender Grafik zu entnehmen:



Der erste Viertelpunkt (S_1) ist bei 0 m abzulesen.

- b) Ermitteln Sie den Griffigkeitsbeiwert und den Flickstellenanteil und berechnen Sie den Gesamtwert des Straßenabschnittes. Führen Sie Ihren Rechenweg nachvollziehbar auf. Verwenden Sie zur Bearbeitung der Aufgabe die beiden Abbildungen auf der folgenden Seite, für die allgemeine Unebenheit hingegen Ihr Normierungsdiagramm! Sollten Sie Aufgabenteil a) nicht gelöst haben, so nehmen Sie eine Allgemeine Unebenheit von $7,5 \text{ cm}^3$ an und benutzen Sie auch hierfür die Abbildungen auf der nächsten Seite.

Der Anteil an Flickstellen ist aus folgender Grafik abzuleiten:



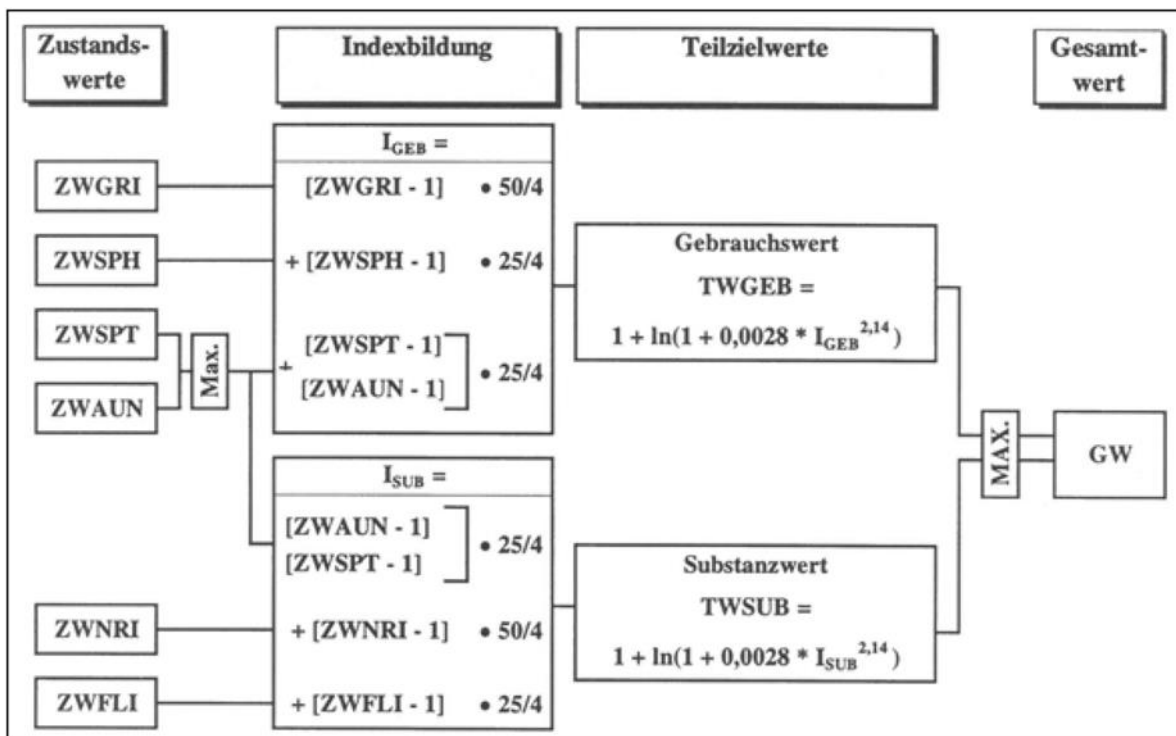
- c) Wie groß darf der Anteil an Flickstellen maximal sein, damit der Gebrauchswert als Gesamtwert maßgebend wird? Führen Sie Ihren Rechenweg nachvollziehbar auf.
- d) Sind die Werte der gemessenen fiktiven Wassertiefe und Spurrinntentiefe im Vergleich zueinander glaubhaft? Skizzieren oder erläutern Sie kurz Ihre Meinung.

Aufgabe 6

40 Punkte

e) Wieso werden die gemessenen Zustandsgrößen im Rahmen eines PMS in Zustandswerte überführt und was bedeuten in diesem Zusammenhang Zielwert, Warnwert und Schwellenwert?

Zustandsmerkmal	Funktionsklassen					
	I			II		
	ZW	WW	SW	ZW	WW	SW
Längsebenheit AUN (cm ³)	1	3	9	2	6	18
Querebenheit Spurrinntiefe SPT (mm)	4	10	20	4	15	25
fiktive Wassertiefe SPH (mm)	0,1	4	6	0,1	5	8
Griffigkeit (μ_{SKM})	0,53	0,39	0,32	0,6	0,46	0,39
Unregelmäßige Risse (%)	1	5	10	1	15	25
Flickstellen (%)	1	10	25	1	15	35



Aufgabe 7

20 Punkte

An einem Straßenabschnitt (Bauklasse II) werden in regelmäßigen Abständen die Zustandswerte für ein Schadensmerkmal wie folgt ermittelt:

- nach 6 Jahren: $ZW = 1,4$
- nach 12 Jahren: $ZW = 2,4$

- a) Aus wirtschaftlichen Gründen möchte der Baulastträger möglichst vorausschauend kalkulieren, welche Kosten zu welchen Zeitpunkten für Erhaltungsmaßnahmen anfallen werden. Zu welchem Zeitpunkt müssen an dem besagten Straßenabschnitt Erhaltungsmaßnahmen eingeleitet werden? (rechnerisch ermitteln)
- b) Skizzieren Sie die Verlaufslinie für das Schadensmerkmal, orientieren Sie sich dabei an dem üblichen Verlauf für das Schadensmerkmal Risse.
- c) Als Deckschicht wurde ein AC 11 DS verwendet. Ist die ermittelte Lebensdauer dieser Deckschicht zufriedenstellend? Begründen Sie Ihre Antwort.
- d) Inwieweit ändert sich die Verhaltensfunktion aus a), wenn die Lebensdauer des Straßenabschnittes bei 14 Jahren liegt.