

Ruhr-Universität Bochum

Lehrstuhl für Verkehrswegebau

Prof. Dr.-Ing. M. Radenberg

Modulprüfung WP 29

Straßenbautechnik und Straßenerhaltung

Masterstudiengang Bauingenieurwesen (PO 09)

Dienstag, den 16.9.2014 9:00 – 12:00 Uhr

Zugelassene Hilfsmittel:

Skripte und Mitschriften, Fachliteratur, Taschenrechner

Aufgabe	1	2	3	4	5	6	7	8	Σ	%	
Punkte	21	5	19	10	48	17	27	33	180	100	Note
erreicht											

Name:

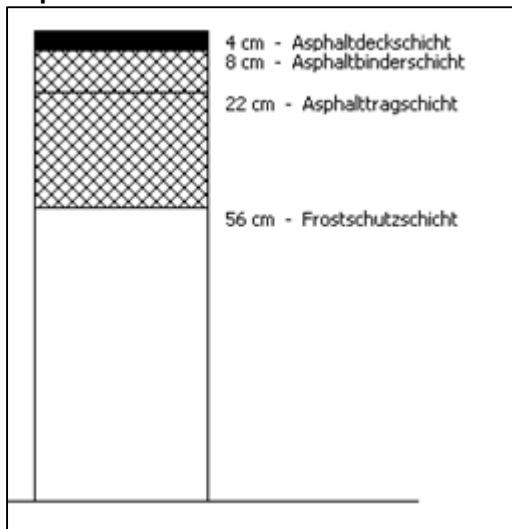
Matr. Nr.:

Im Rahmen eines Neubaus ergab die Tragfähigkeit des Untergrundes einen CBR von 15 %. Der Standort der geplanten Straße ist mit einem Regionalfaktor von 2,0 zu berücksichtigen.

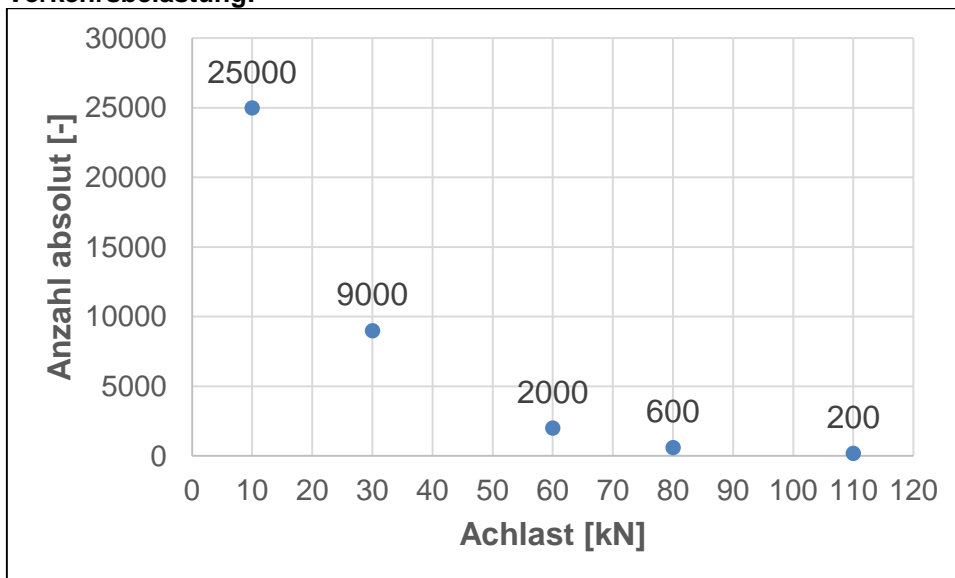
- a) Führen Sie den Nachweis des geplanten Oberbaus gemäß der Dimensionierung nach den Richtlinien der American Association of State Highway and Transportation Officials.

Nutzen Sie für die Nachweisführung das nachstehende Diagramm (Anlage 1).

Geplanter Straßenaufbau:



Verkehrsbelastung:



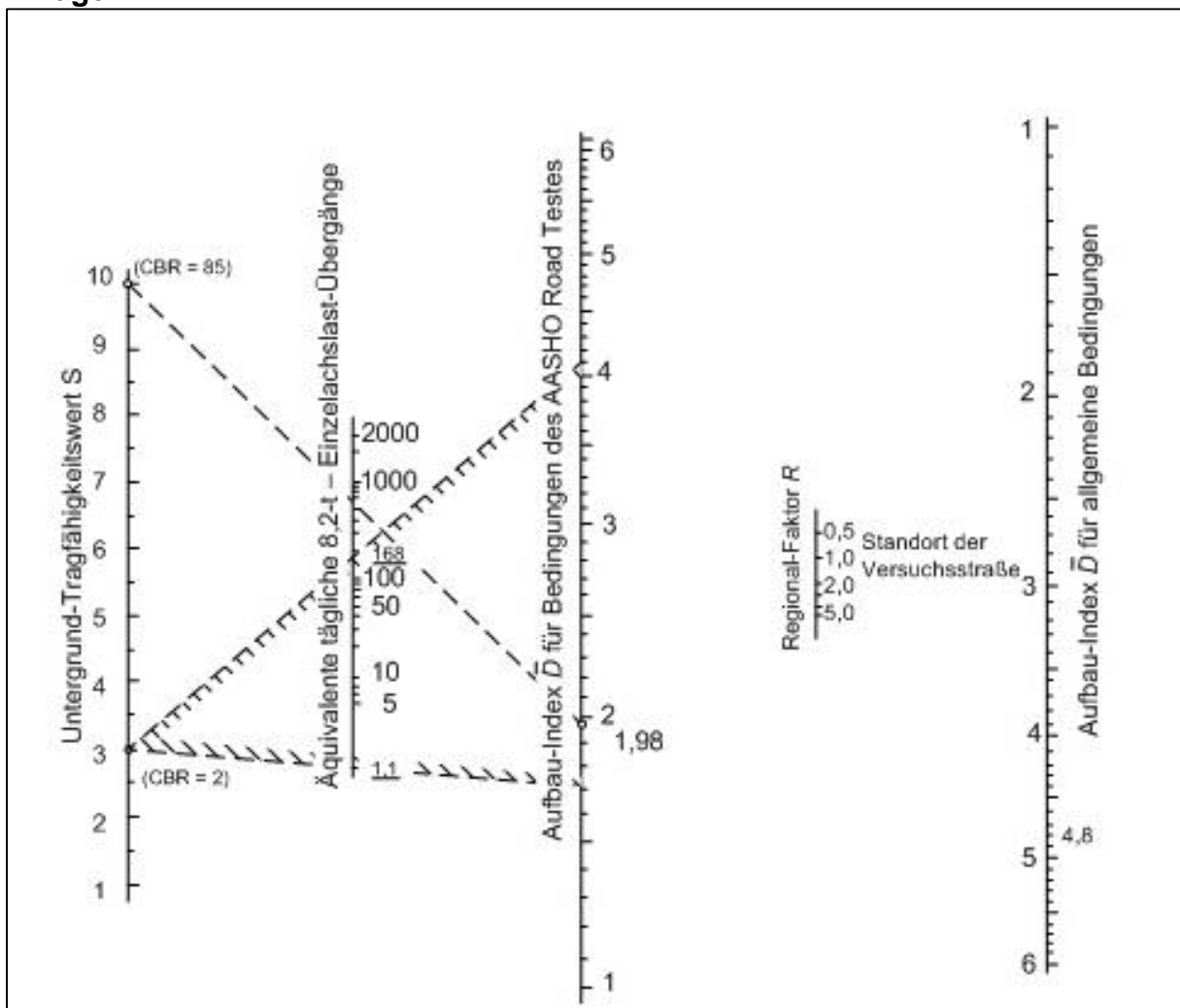
- b) Bewerten Sie den Aufbau und machen Sie ggf. Optimierungsvorschläge. Optimieren Sie hierzu (falls erforderlich) den gesamten Oberbau möglichst wirtschaftlich.

Beachten Sie die Mindest-Einbaudicke der Asphalt-schichten gemäß ZTV Asphalt-StB, 2007.

Mindesteinbaudicke gemäß ZTV Asphalt-StB:

- Asphaltdeckschicht = 2 cm
- Asphaltbinderschicht = 5 cm
- Asphalttragschicht = 8 cm

Anlage 1:



Eine Straßenbefestigung soll aus Betonplatten erstellt werden. Die Planung berücksichtigt ein schwaches Verkehrsaufkommen. Bestimmen sie die erforderliche Plattendicke, welche mindestens erforderlich ist, um die Anforderungen der Dimensionierung nach EISENMANN zu erfüllen.

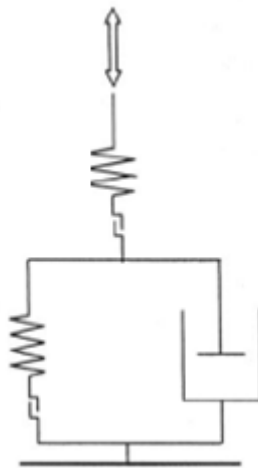
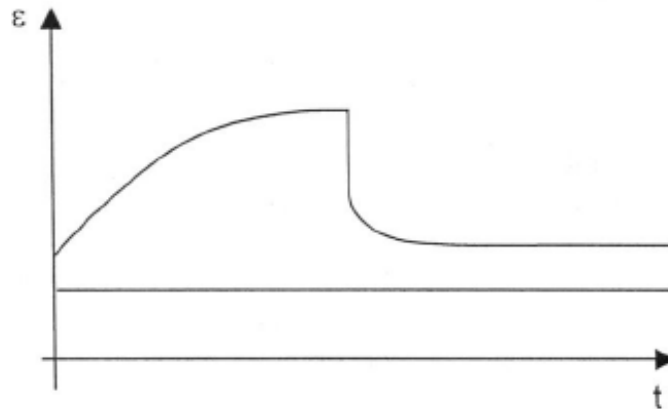
Runden Sie das Ergebnis sinnvoll.

- $Q = 50 \text{ kN}$
- $p = 1,25 \text{ MN/m}^2$
- $L = 3000 \text{ mm}$
- $B = 2500 \text{ mm}$
- $\beta_{BZ} = 5 \text{ N/mm}^2$
- Querdehnzahl Beton: 0,2

- a) Warum sind in verschiedenen Bereichen eines Flughafens unterschiedliche Bauweisen gefordert? Benennen Sie die Bereiche in denen die Bauweise Asphalt zugelassen ist sowie die Bereiche in denen die Bauweise Beton vorgeschrieben ist.
- b) Welche Materialbelastung ist für den Ermüdungsnachweis bei Asphaltsschichten bei der Dimensionierung von Flugbetriebsflächen maßgebend?
- c) Für die Dimensionierung von öffentlichen Flugbetriebsflächen werden unter anderem ACN- und PCN-Werte herangezogen.
- Wann werden diese Werte verwendet und welche Bedeutung haben diese Werte?
 - Wie erfolgt der generelle Ablauf zur Bestimmung des PCN-Wertes?
 - Gegeben ist folgender PCN-Wert: **PCN 45/R/A/Y/T**. Welche Bedeutung kommt den einzelnen Angaben zu?
- d) Im Bereich von Neubaumaßnahmen von Militärflughäfen der Bundeswehr wurde in Deutschland eine vereinfachte Dimensionierungshilfe für Standardaufbauten erstellt. Nennen Sie die 5 maßgebenden Parameter, die für die Bestimmung der Standardbauweise benötigt werden.
- e) Der Neubau einer Start- und Landebahn eines Militärflughafens für schwere, strategische Transportflugzeuge soll dimensioniert werden. Als Tragschicht auf dem Untergrund ($E_{v2} \geq 85 \text{ MN/m}^2$) ist eine Schottertragschicht ($E_{v2} \geq 180 \text{ MN/m}^2$) vorzusehen.

Bestimmen Sie die Schichtdicken und skizzieren Sie den gewählten Aufbau inkl. Angaben.

- a) Asphaltbefestigungen weisen sowohl elastische, plastische sowie auch viskoelastische und viskoplastische Verformungen auf. Ordnen Sie dem nachfolgenden Diagramm sowie dem theoretischen Modell die Verformungen zu. Beschreiben Sie den Unterschied zwischen viskoelastischem und viskoplastischem Materialverhalten stichwortartig.



- b) Welches Risiko besteht bei der fehlerhaften Dimensionierung von Betonfahrbahnen bei langanhaltenden Hitzeperioden?
- c) Warum ist insbesondere das Frühjahr sehr kritisch für den Straßenaufbau?
- d) Die Umsetzung der Richtlinie für die rechnerische Dimensionierung des Oberbaus von Verkehrsflächen mit Asphaltbefestigung (RDO Asphalt) erfolgt durch die Anwendung von Computerprogrammen, dies ist durch die Vielzahl der Lastfälle zu erklären. Wie viele Lastfälle werden berücksichtigt und wie setzen diese sich zusammen?

Für einen bestehenden Autobahnabschnitt wurde eine neue Verkehrsprognose mittels RStO 12 erstellt. Die neu ermittelte Belastung innerhalb der Nutzungsdauer wurde mit 100 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 ($q_{BM,RStO\ 01} = 0,26$). Bitte runden Sie auf mindestens drei Nachkommastellen.
- b) Führen Sie die erforderlichen Nachweise gemäß RDO Beton 09 mit der neu prognostizierten Verkehrsbelastung (100 Mio. äquivalenten 10 t-Achsübergänge, $q_{BM,RStO\ 12} = 0,33$). Die Momente infolge der Temperaturbeanspruchung sowie die aufnehmbaren Momente sind bereits bekannt. Beachten Sie die nachstehenden Eigenschaften des Aufbaus sowie die Konzentration des täglichen Nutzfahrzeugverkehrs auf die Zeit von 12.00 bis 15.00 Uhr.
- c) Bewerten Sie die Nachweise, machen Sie ggf. sinnvolle Optimierungsvorschläge für den Betonaufbau.
- d) Warum müssen bei Betonbauweisen Fugen vorgesehen werden und wieso sind diese bei Asphaltbauweisen nicht erforderlich?

Informationen zum Aufbau

Art der Unterlage:	Schottertragschicht (STS)
Straßenbetonklasse:	StC 30/37-3,7
Anteil grober gebrochener GK:	30 %
Plattenlänge:	500 cm
Plattenbreite:	300 cm
Dicke der Betondecke:	0,26 m
Längsfuge:	<u>KEINE</u> Anker
Querfuge:	Dübel

Ursprüngliche Momente der RDO Bemessung

Aufnehmbare Momente (Ursprüngliche Bemessung)

 $M_{RDu, GZT \text{ quasidynamisch, Längs}} = 38.820 \text{ Nmm}$ $M_{RDu, GZT \text{ quasidynamisch, Quer}} = 38.820 \text{ Nmm}$ $M_{RD, GZG \text{ quasidynamisch, Längs}} = 38.820 \text{ Nmm}$ $M_{RD, GZG \text{ quasidynamisch, Quer}} = 38.820 \text{ Nmm}$ $M_{RDu, GZT \text{ Ermüdung, Längs}} = 23.845 \text{ Nmm}$ $M_{RDu, GZT \text{ Ermüdung, Quer}} = 22.592 \text{ Nmm}$ Momente der RDO Bemessung mit 100 Mio. äqui. 10 t-Achsübergängen

Einwirkende Momente infolge Temperaturbeanspruchung

 $M_{ETu, \text{ Längs}} = 10.420 \text{ Nmm}$ $M_{ETu, \text{ Quer}} = 3.751 \text{ Nmm}$ $M_{ET, \text{ Längs}} = 10.420 \text{ Nmm}$ $M_{ET, \text{ Quer}} = 3.751 \text{ Nmm}$ $M_{ETu, \text{ Ermüdung, Längs}} = 10.511 \text{ Nmm}$ $M_{ETu, \text{ Ermüdung, Quer}} = 3.751 \text{ Nmm}$

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

Rechnerische Solldicke: _____ (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						
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						
Berechnungen							
Ermüdungsfestigkeitsbeiwert $\gamma_{c,fat} = 0,15 \cdot \lg B_{nq} + 0,748 \cdot e^{-0,1365}$	$\gamma_{c,fat}$						
Anpassungsfaktor für Berechnungsfestigkeit für Ermüdungsnachweis	$m_b = 1/\gamma_{c,fat}$						
Grundwert der Berechnungsfestigkeit	f^0_d						
Berechnungsfestigkeit	f_d						
Ergebnis $M_{Rd,u}$		38.820		38.820		23.845 22.592	

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: _____ (mm)

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

Normkontaktndruck	p^n					
Berechnungen						
Berechnungsrادlast	F_d					
Elastische Länge	l_v	803,6				
Radius Ersatzaufstandsfläche	r					
Radius Ersatzaufstandsfläche nach Lastverteilung	b					
Ergebnis $M_{Ev, Evu}$		26576,8	20328,2			

Zur Bestimmung von Materialparametern können sowohl statische als auch dynamische Spaltzugversuche durchgeführt werden.

- Bennen Sie zwei wesentliche Unterschiede zwischen dem dynamischen und statischen Spaltzugversuch.
- Welche zwei maßgebenden Messgrößen müssen während des Spaltzugversuchs erfasst werden?
- Berechnen Sie mit Hilfe der folgenden Angaben die Dehnung in Promille und den statischen E-Modul in Megapascal:

Probekörperdurchmesser: 101,5 mm

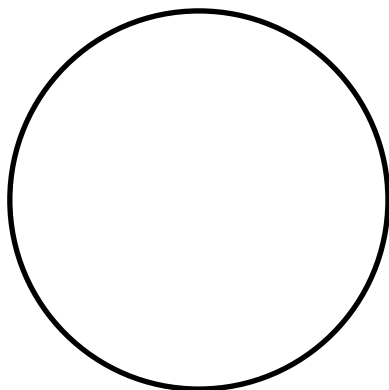
Probekörperhöhe: 63,9 mm

Querverschiebung: 13,7 mm

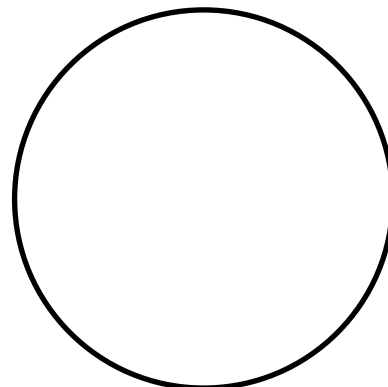
Maximalkraft: 5,2 kN

- Skizzieren Sie in der nachstehenden Grafik den zweiachsialen Spannungszustand im Probekörper während der Belastung sowie die Belastung. Nehmen Sie kurz Stellung zu den Spannungsverläufen.

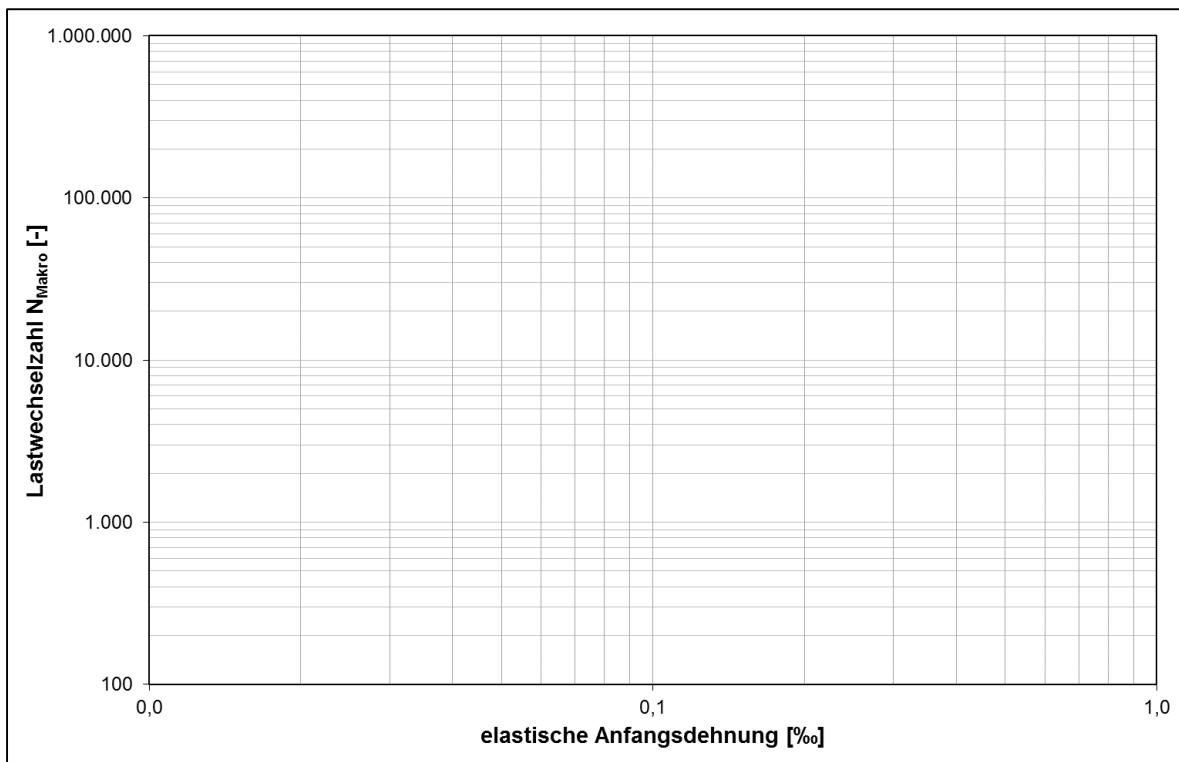
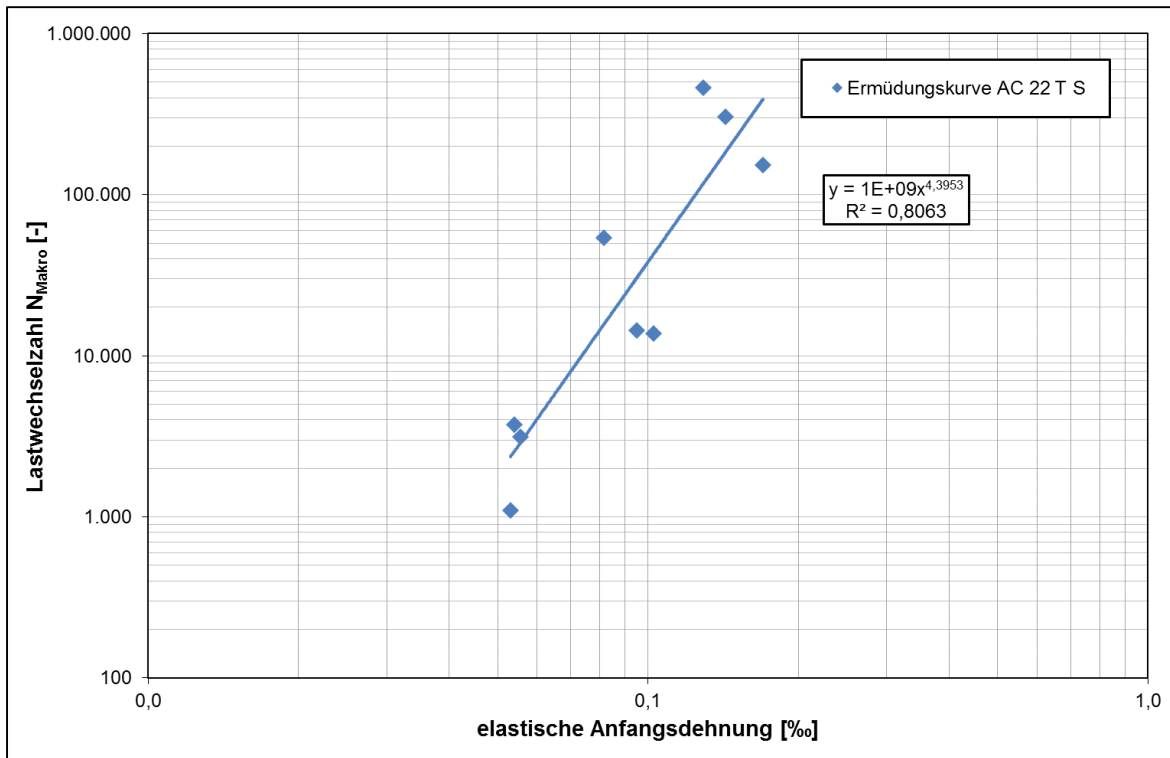
Spannung in x-Richtung



Spannung in y-Richtung



- Bei der Auswertung der Ermüdungsuntersuchungen einer Asphalttragschicht mit 22 mm Größtkorn, ist dem zuständigen Ingenieur ein Fehler unterlaufen. Erläutern Sie den Fehler und skizzieren Sie den korrekten Verlauf der Regressionsgeraden (Ermüdungskurve) sowie der Messergebnisse in der nachfolgenden Abbildung.



a) Mit Hilfe des Pavement-Management-Systems soll der Zustand eines Straßenabschnittes bestimmt werden. Die messtechnische Zustandserfassung auf der untergeordneten Straße (Kategorie II) ergab folgende Zustandsgrößen, mit denen der Gesamtwert des Straßenabschnitts berechnet werden soll:

- Allgemeine Unebenheit: 5,6 cm³
- Fiktive Wassertiefe: 7,8 mm
- Spurrinnentiefe: 7,8 mm
- Netzrisse: 13,7 %
- Flickstellen: 15 %
- Griffigkeit: FEHLER!!

Die Ermittlung des Griffigkeitsbeiwertes war fehlerhaft. Es liegen allerdings noch die mittels SKM aufgenommenen Kräfte vor:

Seitenreibungskraft = 0,84 kN

Normalkraft = 1,96 kN

Ermitteln Sie sich hieraus den Griffigkeitsbeiwert μ_{SKM} .

Zum Transferieren der Zustandsgrößen in Zustandswerte sollen abweichend von den normalerweise festgelegten Festpunkten die unten stehenden Tabellenwerte benutzt werden.

Zustandsmerkmal	Zustandswert 1,5 bei	Zustandswert 3,5 bei	Zustandswert 4,5 bei
Fiktive Wassertiefe	2	8	11
Netzrisse	2	14	21
Flickstellen	3	16	27

b) Ist die fiktive Wassertiefe realistisch? Begründen Sie Ihre Antwort.

c) Was bedeutet der errechnete Gesamtwert?

d) Welche Schadensmerkmale sind im Rahmen eines PMS bei Betonfahrbahnen maßgebend? Erfolgt die Zustandsbewertung für solche Fahrbahndecken analog zu der für Asphaltdecken? Wenn nein, wo liegen die Unterschiede?

a) Die in Aufgabe 7 dargestellten Zustände wurden 15 Jahre nach Neubau der Strecke ermittelt. Für das ausgeprägteste Schadensmerkmal soll ermittelt werden, wann Erhaltungsmaßnahmen durchzuführen sind. Zur Ermittlung des Verlaufs des Schadensmerkmals sollen 8 Jahre alte Zustandsmessungen herangezogen werden, die nachfolgende Zustandsgrößen lieferten:

- Allgemeine Unebenheit: 2,5 cm³
- Fiktive Wassertiefe: 3,4 mm
- Spurrinntiefe: 3,4 mm
- Netzkrisse: 8,1 %
- Flickstellen: 10 %
- Griffigkeit: 0,5 μ_{SKM}

b) Skizzieren Sie das typische Verhalten von Rissen an Asphalt- und Betonbefestigungen. Berücksichtigen Sie hierbei eine zwischenzeitliche Instandsetzungsmaßnahme.

c) An einem weiteren Streckenabschnitt sollen Spurrinnen instandgesetzt werden. Es stehen die in der nachfolgenden Tabelle aufgeführten Verfahren zur Verfügung. Eignen sich alle Verfahren für die Instandsetzung von Spurrinnen? Bitte begründen Sie Ihre Antwort.

Instandsetzungsmaßnahme	Kosten pro m ² [€]	Verhaltensklasse
Oberflächenbehandlung (OB)	27	4
Dünne Asphaltdeckschichten in Heißbauweise, bzw. in Heißbauweise auf Versiegelung (DSH-V)	46	4
Rückformen (RF)	68	3

Bewerten Sie die Verfahren wirtschaftlich. Welches Verfahren sollte Ihrer Meinung nach angewendet werden? Wie schätzen Sie die Dauerhaftigkeit dieser Instandsetzungsmaßnahme ein?

- d) Welche Verfahren zur Bewertung von Erhaltungsmaßnahmen sind Ihnen bekannt?

- e) Welche Systeme, neben dem Erhaltungsmanagement, sind Ihnen für ein Total Quality Management (TQM) noch bekannt? Erläutern Sie in diesem Zusammenhang kurz was ein TQM ist.

- f) Welche Angaben sind neben den Zustandsdaten notwendig für die Durchführung eines PMS?