

Ruhr-Universität Bochum

Lehrstuhl für Verkehrswegebau

Prof. Dr.-Ing. M. Radenberg

Modulprüfung WP-C01

Straßenbautechnik und Innovationen

Masterstudiengang Umwelttechnik und
Ressourcenmanagement (PO 13)

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	9	10	11	Σ	%	
Punkte	21	5	19	10	18	17	10	23	16	11	30	180	100	Note
erreicht														

Name:

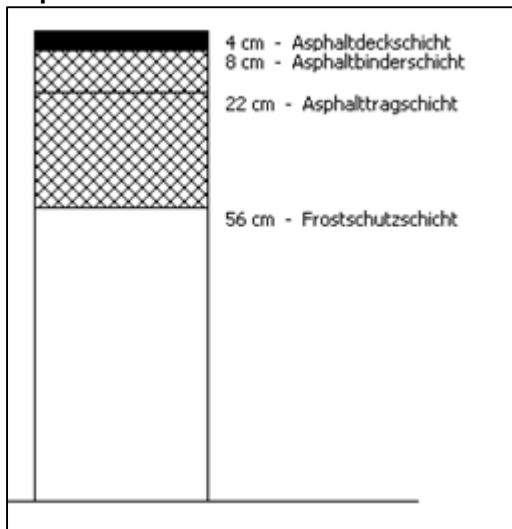
Matr. Nr.:

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.

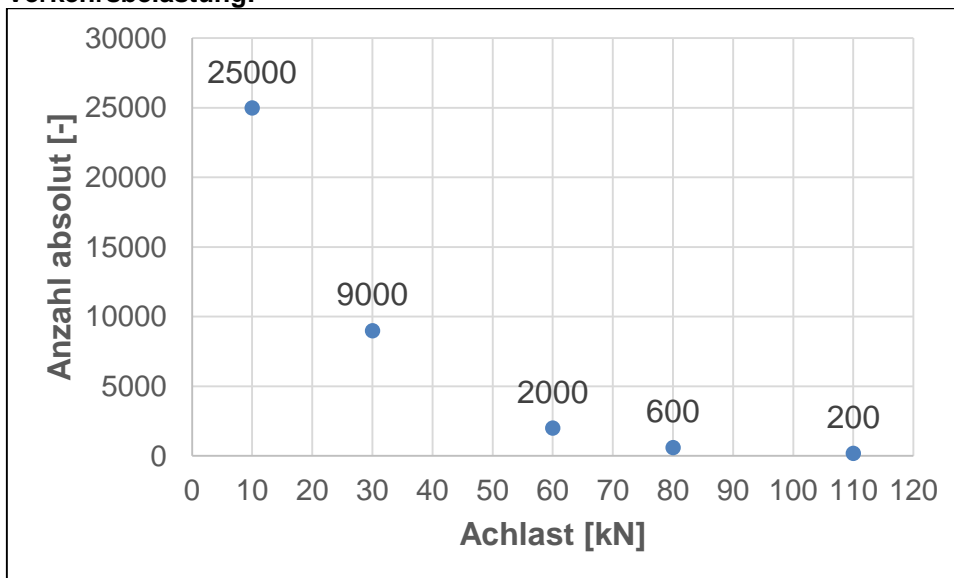
- a) Führen Sie den Nachweis des geplanten Oberbaus gemäß der Dimensionierung nach den Richtlinien der American Association of State Highway and Transportation Officials.

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

Geplanter Straßenaufbau:



Verkehrsbelastung:



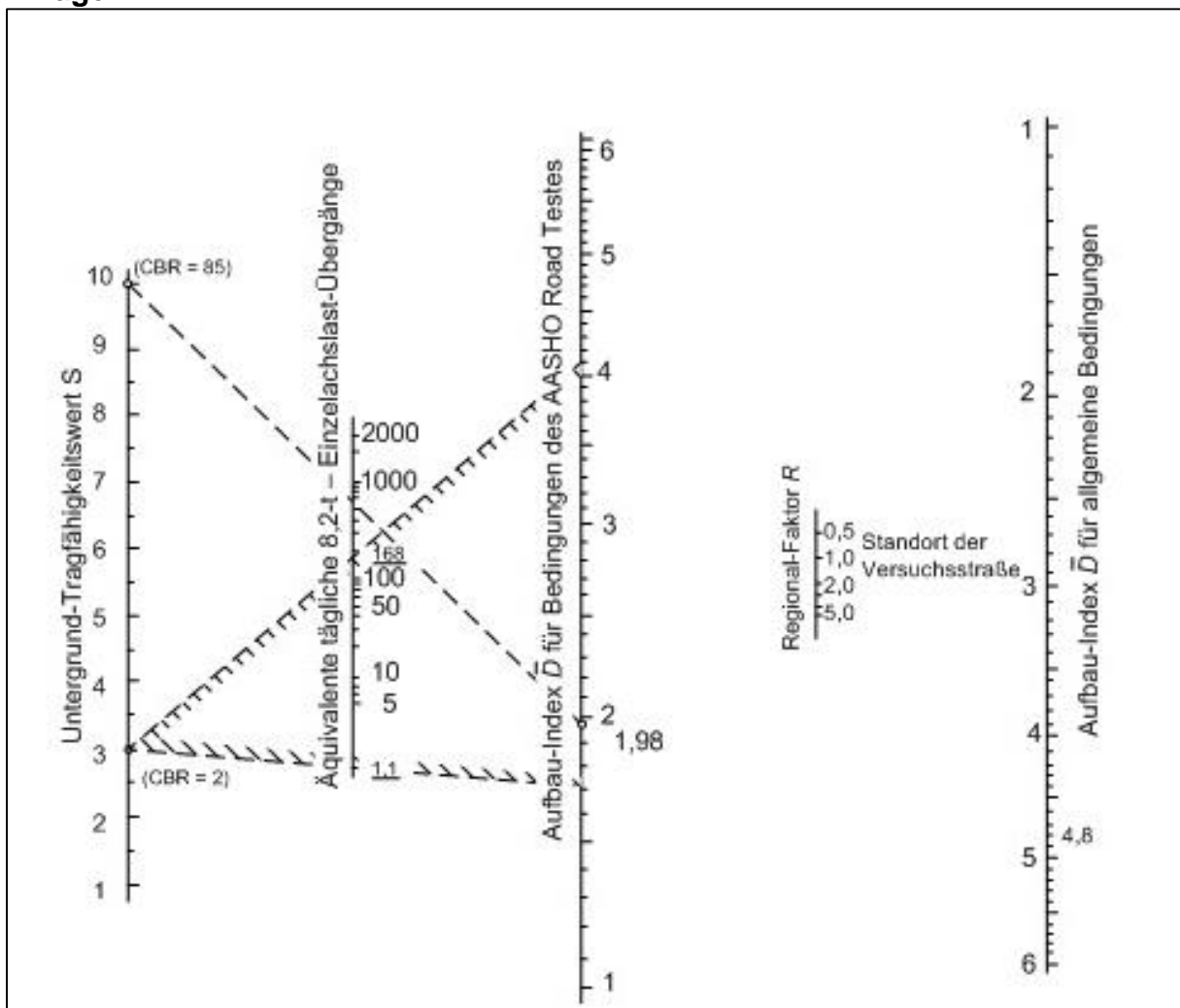
b) Bewerten Sie den Aufbau und machen Sie ggf. Optimierungsvorschläge. Optimieren Sie hierzu (falls erforderlich) den gesamten Oberbau möglichst wirtschaftlich.

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.

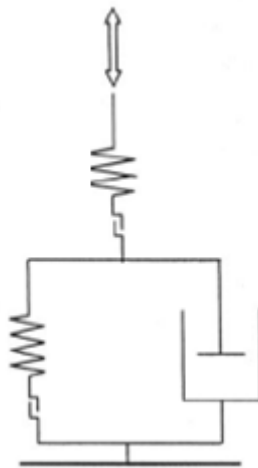
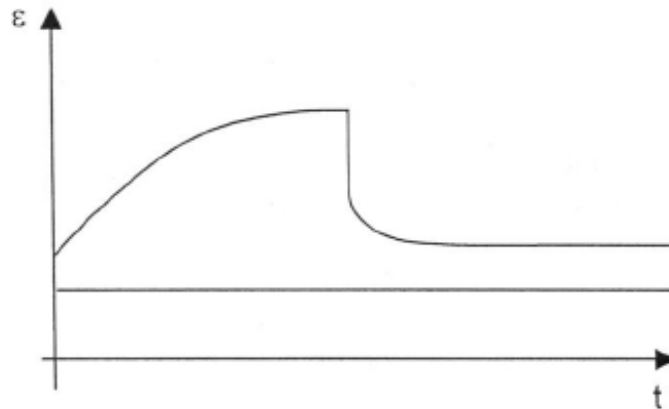
Runden Sie das Ergebnis sinnvoll.

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

$M_{RD,GZT \text{ Ermüdung, Längs}} = 23.845 \text{ Nmm}$

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 $M_{Rd,u}$						23.845	

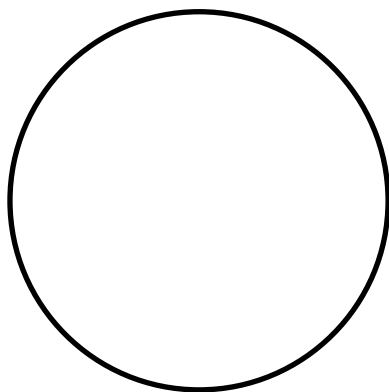
Zur Bestimmung von Materialparametern können sowohl statische als auch dynamische Spaltzugversuche durchgeführt werden.

- 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:

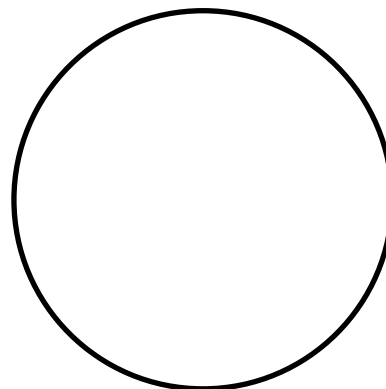
Probekörperdurchmesser:	101,5 mm
Probekörperhöhe:	63,9 mm
Querverschiebung bei 45 % der Bruchlast:	13,7 mm
45 % der Bruchlast:	5,2 kN

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

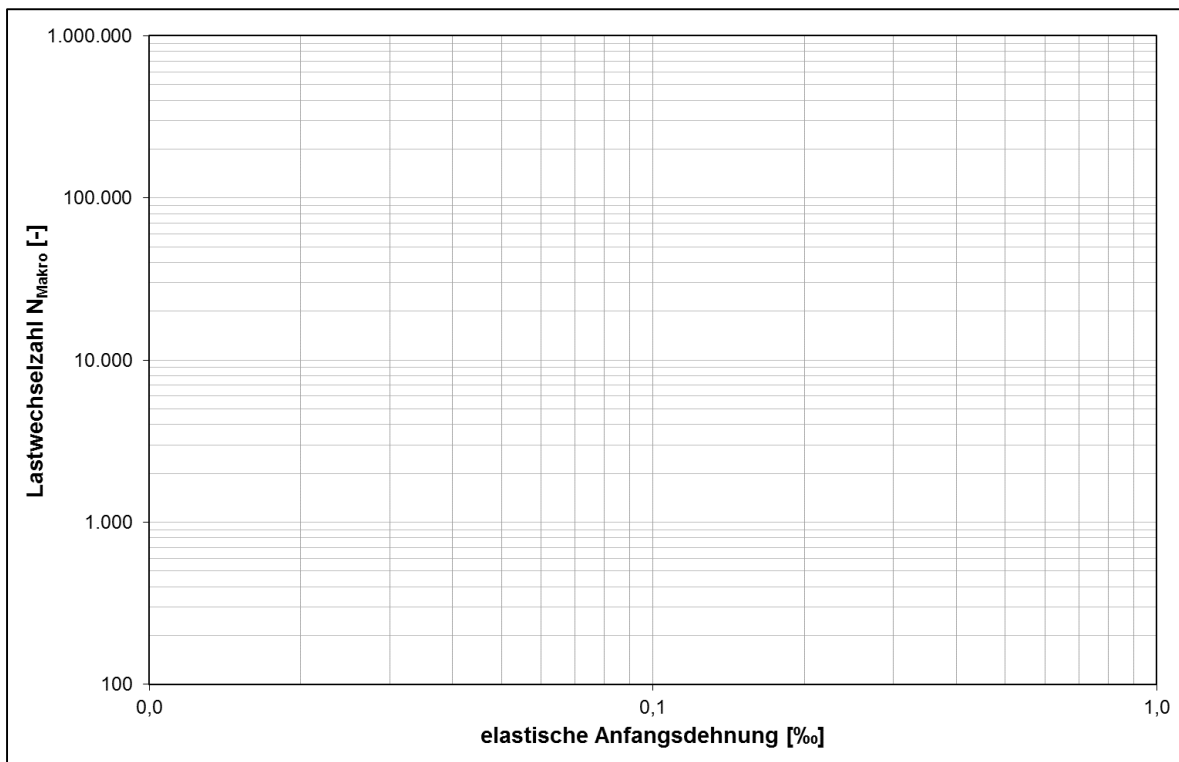
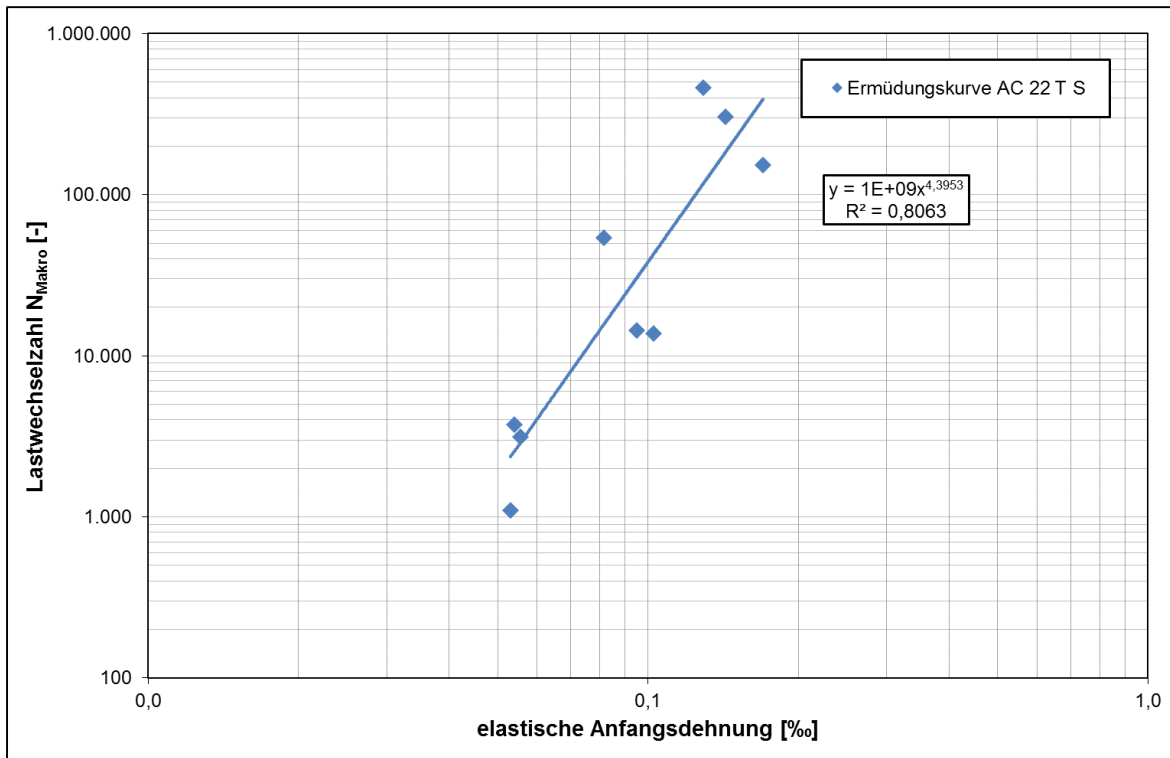
Spannung in x-Richtung



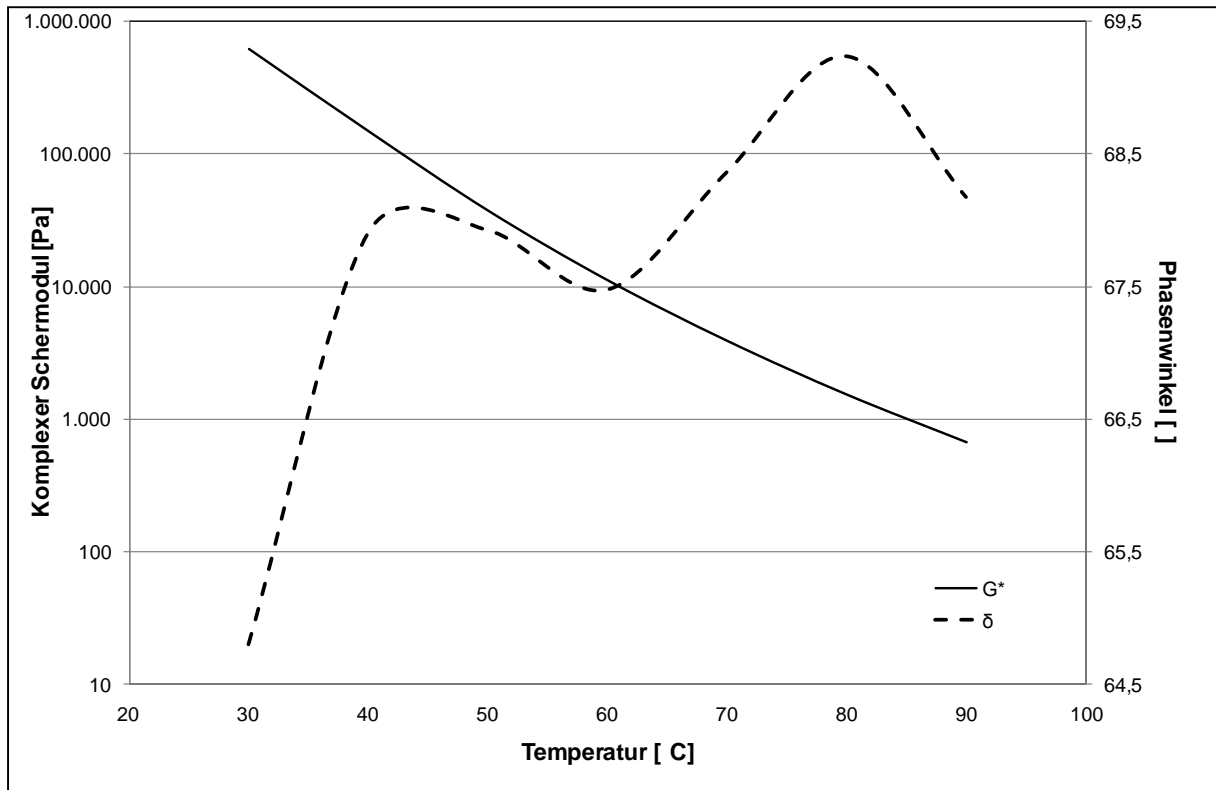
Spannung in y-Richtung



- 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.



Eine Bitumenprobe 25/55-55 A wurde mit dem Dynamischen Scherrheometer untersucht. Die Ergebnisse sind nachfolgend dargestellt.



- Bestimmen Sie den komplexen Schermodul und den zugehörigen Phasenwinkel für eine Temperatur unterhalb des Erweichungspunktes nach Ring und Kugel.
- Berechnen Sie damit den viskosen und den elastischen Anteil des Bitumens.
- Zeichnen Sie qualitativ die Kurve des komplexen Schermoduls für ein weicheres Bitumen ein.

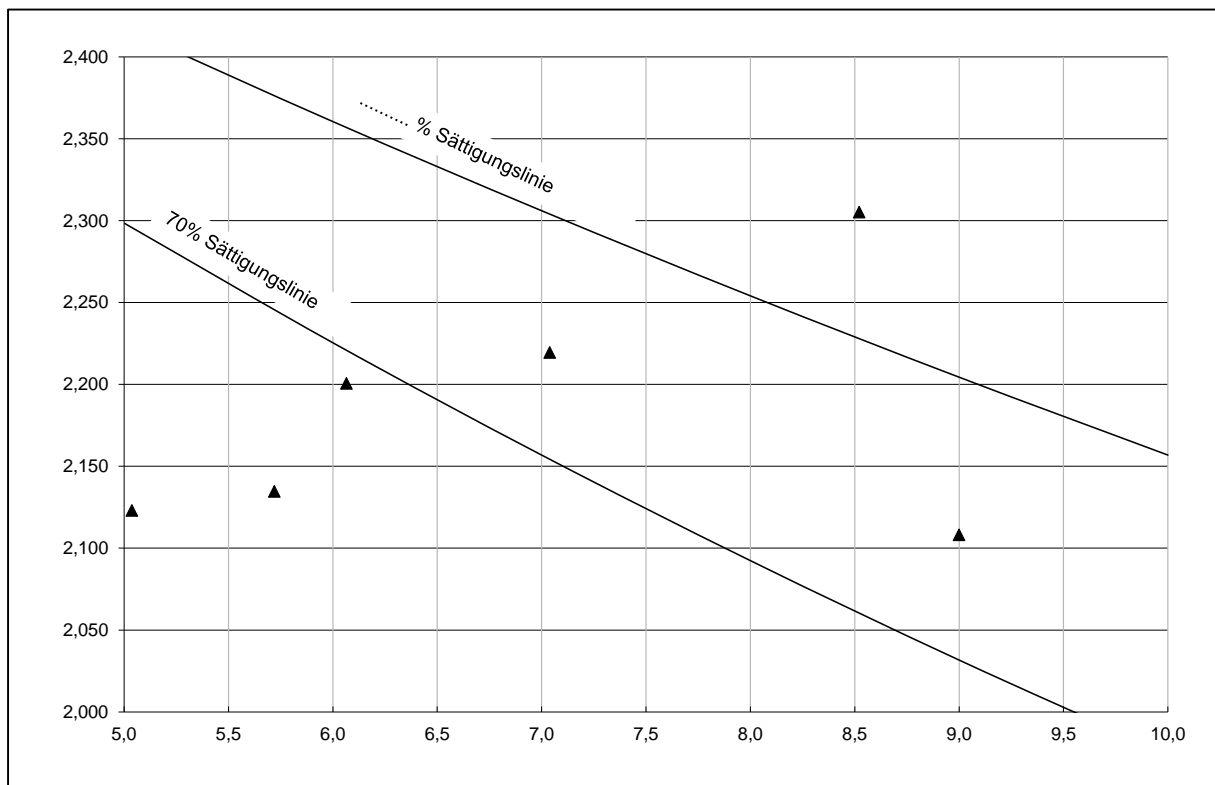
In geschossener Ortslage wird im Rahmen einer Baumaßnahme die Frostschicht erneuert. Bei der Verdichtungskontrolle dieser Schicht sind folgende Daten mit dem Densitometer an einem Messpunkt bestimmt worden:

Probe	Nullablesung [cm]	Ablesung nach Aushub [cm]
1	9,24	15,63
2	9,15	15,87
3	8,97	14,71

Die Laboruntersuchungen an diesen Proben ergaben folgende Wassergehalte:

Probe	Masse der feuchten Probe [g]	Wassergehalt [%]
1	4238,35	6,2
2	4536,65	6,9
3	3755,55	6,5

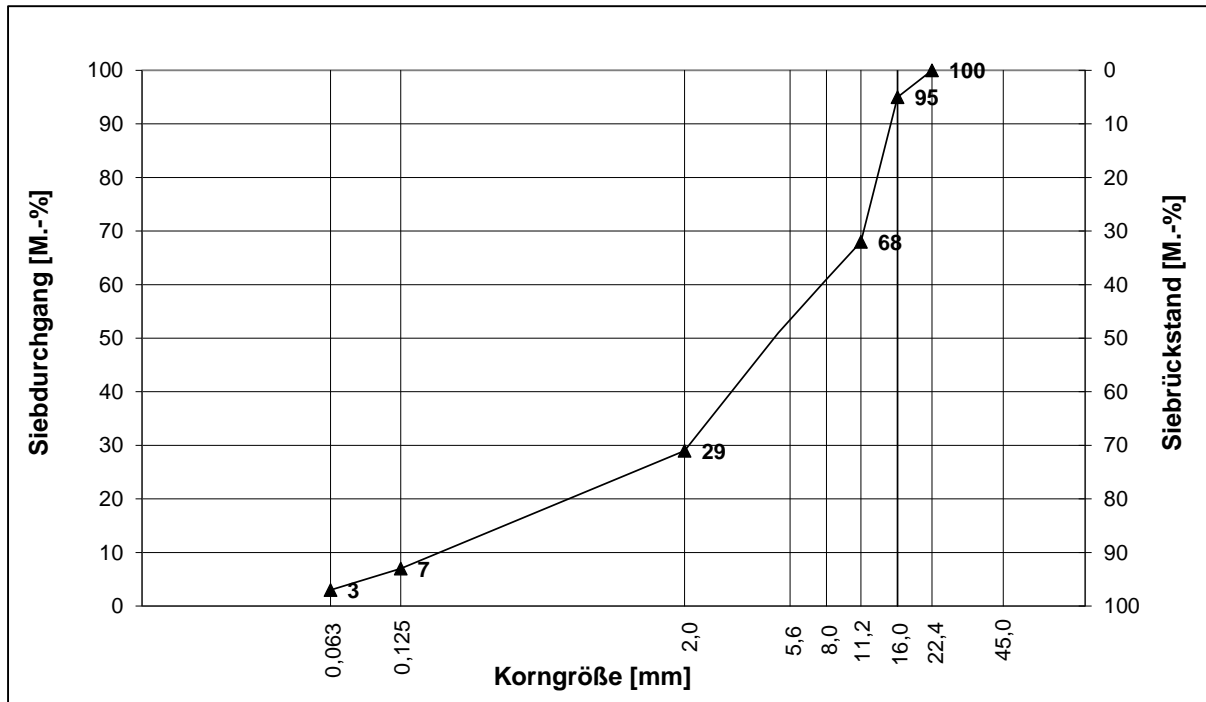
Im Eignungsnachweis wurde ein Proctorversuch durchgeführt. Es stellten sich die Trockendichten entsprechend dem nachfolgenden Diagramm ein.



Ergebnisse des Proctorversuchs

- a) Bestimmen Sie die mittlere Trockendichte in situ.
- b) Das Diagramm zeigt 2 Sättigungslinien. Ergänzen Sie das Diagramm mit dem zweiten Sättigungsgrad.
- c) Zeichnen Sie die Proctorkurve und bestimmen Sie die zwei maßgebenden Werte.
- d) Bestimmen Sie den Verdichtungsgrad der Schicht und vergleichen Sie den erreichten Verdichtungsgrad mit den Anforderungen.

Im Rahmen einer Erstrüfung für einen Autobahnabschnitt wurden im Labor für die Asphaltdecke folgende Dichten und die zugehörige Korngrößenverteilung ermittelt:



- Rohdichte des Bitumens: 1,020 g/cm³
- Rohdichte des Füllers: 2,710 g/cm³
- Rohdichte der Gesteinskörnung 0/2 mm: 2,670 g/cm³
- Rohdichte der Gesteinskörnung 2/22 mm: 2,695 g/cm³
- Raumdichte des Marshall-Probekörpers: 2,360 g/cm³

a) Um welches Asphaltmischgut handelt es sich? Zeichnen Sie dessen Grenzsiebli-nien ein.

b) Prüfen Sie, ob das Asphaltmischgut allen Anforderungen gemäß der Tabelle in den TL Asphalt-StB entspricht.

(Nehmen Sie für Ihre Berechnungen einen geeigneten Bindemittelgehalt an.)

c) Berechnen Sie darüber hinaus den Hohlraumausfüllungsgrad.

Für die Erstprüfung aus Aufgabe 9 (Autobahn mit hoher Verkehrsbelastung) benötigen Sie auch entsprechende Bindemittelproben.

Ihnen wurden zwei verschiedene Proben angeliefert. Leider waren die Probeneimer nicht beschriftet.

a) Wie stellen Sie fest, um welche Bitumensorten es sich in den Eimern handelt?

b) Nennen Sie für den hier genannten Anwendungsfall

- die mögliche Bindemittelart und -sorte sowie
- die zugehörigen maßgebenden Kenndaten

- a) Nennen Sie drei Ihnen bekannte Innovationen im Straßenbau!

- b) Schreiben Sie zu jeder dieser 3 Innovationen jeweils 3 Stichpunkte zur Notwendigkeit, 3 Stichpunkte zur Durchführung und 3 Stichpunkte zur Zielsetzung!