

**Abschlussprüfung**

**Baustoffprüfer/-in**

**Muster**

**Prüftechnik und Labortechnologie Teil 1**

**Lösungsvorschläge für  
den Prüfungsausschuss**

**Sommer 2014**

BpPT T1 L AP S14

---

## **Lösungsschablonen/-vorschläge für den Prüfungsausschuss**

- |     |   |            |
|-----|---|------------|
| 1.1 | Heft Lösungsvorschläge Baustofftechnologie Teil 1   | rot        |
| 1.2 | Heft Lösungsvorschläge Prüftechnik und Labortechnologie Teil 1<br>Anlage(n): 1 Blatt im Format A4 | rot<br>rot |
| 1.3 | Lösungsschablone Baustofftechnologie Teil 2   | Klarpapier |
| 1.4 | Lösungsschablone Prüftechnik und Labortechnologie Teil 2  | Klarpapier |
| 1.5 | Lösungsschablone Wirtschafts- und Sozialkunde   |            |
| 1.6 | Gegebenenfalls Blatt Lösungsvorschläge Wirtschafts- und Sozialkunde                               | rot        |

**Lösungsvarianten sind möglich!**

**Sinngemäß richtige Lösungen sind voll zu bewerten.**

Muster

**Ihre Industrie- und Handelskammer wünscht Ihnen viel Erfolg!**

---

Diese Prüfungsaufgaben wurden von einem überregionalen nach § 40 Abs. 2 BBiG zusammengestellten Ausschuss beschlossen.

# Allgemeine Aufgaben

## U1 nicht abwählbar!

Bewer-  
tung

Der physikalische Aufbau von Böden bestimmt deren Eigenschaften. Im Labor werden hierzu die Böden untersucht und Kennwerte ermittelt. An einer ungestörten Probe (Sonderprobe) eines Bodens wurden bereits die folgenden Mess- und Kennwerte bestimmt:

Mess- und Kennwerte	Formelzeichen	Ergebnis mit Einheit
Korndichte	$\rho_s$	2,650 g/cm <sup>3</sup>
Feuchte Probe mit Behälter	$m + m_B$	3030 g
Behälter	$m_B$	712 g
Trockene Probe plus Behälter	$m_d + m_B$	2612 g
Volumen der Probe	$V$	1380 cm <sup>3</sup>
Erdbeschleunigung	$g$	$\approx 10 \text{ m/s}^2$
Dichte Wasser	$\rho_w$	$\approx 1,00 \text{ g/cm}^3$

Ermitteln Sie unter Angabe des Rechenwegs die in der nachfolgenden Tabelle geforderten Kennwerte des Bodens.

## Aufgabenlösung:

	Kennwerte	Kürzel/Formel/Rechnung	Ergebnis mit Einheit
1	Masse des Bodens	$m = (m + m_B) - m_B = 3030 \text{ g} - 712 \text{ g}$	2318 g
2	Masse des trockenen Bodens	$m_d = (m_d + m_B) - m_B = 2612 \text{ g} - 712 \text{ g}$	1900 g
3	Dichte des Bodens	$\rho = \frac{m}{V} = \frac{2318 \text{ g}}{1380 \text{ cm}^3}$	1,680 g/cm <sup>3</sup>
4	Trockendichte des Bodens	$\rho_d = \frac{m_d}{V} = \frac{1900 \text{ g}}{1380 \text{ cm}^3}$	1,377 g/cm <sup>3</sup>

Fortsetzung der Aufgabe auf Seite 4!

5	Wichte des feuchten Bodens	$\gamma_w = \varrho \cdot g = 1,680 \text{ g/cm}^3 \cdot 10 \text{ m/s}^2$	16,80 kN/m <sup>3</sup>
6	Wassergehalt	$w = \frac{m_w}{m_d} = \frac{m - m_d}{m_d} = \frac{418 \text{ g}}{1900 \text{ g}}$	0,220 (oder 22 %)
7	Porenzahl	$e = \frac{\varrho_s}{\varrho_d} - 1 = \frac{2,65 \text{ g/cm}^3}{1,377 \text{ g/cm}^3} - 1$	0,924 [-]
8	Porenanteil	$n = 1 - \frac{\varrho_d}{\varrho_s} = 1 - \frac{1,377 \text{ g/cm}^3}{2,65 \text{ g/cm}^3}$	0,480 [-]
9	Porenanteil Wasser	$n_w = w \cdot \varrho_d = 0,22 \cdot 1,377 \text{ g/cm}^3$	0,303 [-]
10	Sättigungszahl	$s_r = \frac{\varrho_d \cdot w}{\varrho_w \cdot n} = \frac{1,377 \text{ g/cm}^3 \cdot 0,220}{1,00 \text{ g/cm}^3 \cdot 0,480}$	0,631 [-]

max. 10,0 Punkte

## **U2** nicht abwählbar!

### **Bestimmung der Trockenrohdichte nach DIN EN 1097-6, Anhang A**

Die Dichte von Stoffen ist definiert als volumenbezogene Masse. Hierbei kommt es darauf an, wie man Volumen und Masse definiert und mit welchen Verfahren man diese bestimmt.

1. Definieren Sie den Begriff der Trockenrohdichte (Formel alleine reicht nicht aus).

### **Aufgabenlösung:**

Die Trockenrohdichte ist das Verhältnis der Masse der bis zur Massenkonzanz im Trockenschrank getrockneten Probe zu deren Volumen inkl. aller inneren, geschlossenen, aber exkl. aller offenen, wasserzugänglichen Poren.

max. 2,0  
Punkte

2. Eine 10-kg-Kiesprobe (0/32 mm) wurde in einem verschlossenen Eimer in Ihrem Labor angeliefert. Beschreiben Sie die Arbeitsschritte, welche durchzuführen sind, um die Trockenrohdichte der Probe normgerecht zu bestimmen. Nennen Sie alle Versuchsbedingungen, z. B. Mindestprobemenge, Zeiten, Temperaturen etc.

### **Aufgabenlösung:**

- Für ein Größtkorn von 32 mm ist das Pyknometerverfahren Abschn. A4 auszuwählen, zwei parallele Messproben, Mindestmasse jeweils 1,5 kg
- Probenteilung nach DIN EN 932-2, Proben auswaschen über dem 32-mm- und dem 0,063-mm-Sieb (mit Schutzsieb), anschließend Trocknung ( $110 \pm 5$ ) °C bis zur Massenkonzanz, Proben auf Raumtemperatur abkühlen lassen
- Kalibriertes Pyknometer mit Schliffaufsatz (evtl. Schliff Fett) wägen (alle Wägungen sind mindestens auf 0,1 % der Probenmasse genau durchzuführen)
- Probe sorgfältig ins Pyknometer einfüllen und mit Schliffaufsatz wägen
- Wasser ins Pykn. einfüllen, entlüften (z. B. rühren, rollen, schütteln, Vibration)
- Mind. 1 h im Wasserbad ( $22 \pm 3$ ) °C temperieren, danach mit temperiertem Wasser auffüllen, sorgfältig abtrocknen, wägen
- Versuch mit 2. Messprobe wiederholen, auswerten

max. 3,0  
Punkte

3. Die DIN EN 1097-6 beinhaltet weitere Pyknometer-Verfahren zur Bestimmung der „Dichten“ (Trockenrohdichte, scheinbare Rohdichte).  
Nennen Sie die wichtigsten Unterschiede der beschriebenen Pyknometer-Verfahren zur Bestimmung der Trockenrohdichte sowie der scheinbaren Rohdichte.

## Aufgabenlösung:

- Prüfung ist an zwei parallelen Messproben durchzuführen
- Probenmaterial 0,063 bis 32 mm, nicht wie in den Abschnitten eingeteilt in 0 bis 4 mm und 4 bis 32 mm
- Trocknung der Messprobe vor Versuchsbeginn
- Mindestprobemenge
- Dauer der Proben temperierung eine Stunde

max. 2,0  
Punkte

4. Werten Sie den nachfolgend protokollierten Versuch an einer Diabas-Gesteinskörnung 5/8 vollständig aus.

## Aufgabenlösung:

Angewandtes Verfahren zur Bestimmung der Trockenrohdichte: DIN EN 1097-6, Anhang A			
A.4 Pyknometerverfahren			
Nr. des Pyknometers		11	15
Kalibrier- und Versuchstemperatur $T_W$	°C	25,0	25,0
Dichte (Wasser) $\rho_W$	g/cm <sup>3</sup>	0,99707	0,99707
Masse (Pyknometer) $M_1$	g	663,5	702,4
Masse (Pyknometer + ofengetrocknete Messprobe) $M_2$	g	1328,7	1303,8
Masse (Pyknometer + gesättigte Messprobe + Wasser) $M_3$	g	2397,2	2402,1
Masse (ofengetrocknete Messprobe) $M_{tr.} = M_2 - M_1$	g	665,2	601,4
Volumen (Pyknometer) $V_{Pyk.}$ durch Kalibrierung n. A 4.2 ermittelt	cm <sup>3</sup>	1305,5	1313,8
Volumen (Wasser) $V_W = \frac{M_3 - M_2}{\rho_W}$	cm <sup>3</sup>	1071,6	1101,5
Volumen (Messprobe) $V_{Pr.} = V_{Pyk.} - V_W$	cm <sup>3</sup>	233,9	212,3
Trockenrohdichte (Messprobe) $\rho_P = \frac{M_{tr.}}{V_{Pr.}}$	Mg/m <sup>3</sup>	2,844	2,833
	Mittelwert Mg/m <sup>3</sup>	2,84	

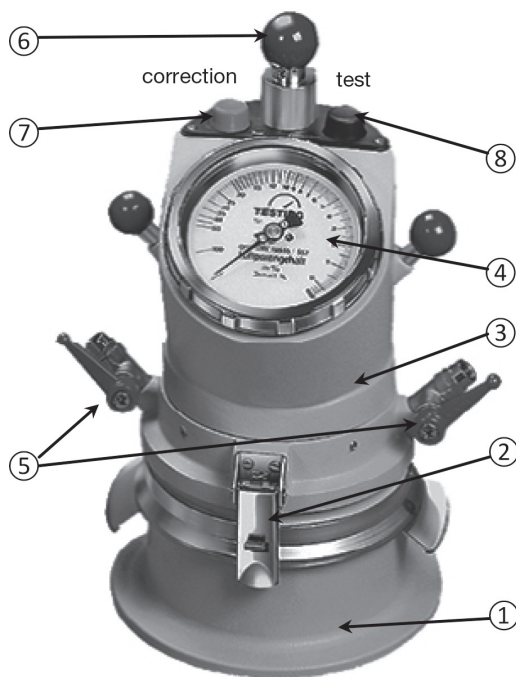
max. 3,0  
Punkte

## U3 nicht abwählbar!

Im Rahmen der laborinternen Geräteüberwachung ist die Messgenauigkeit eines Luftgehaltsprüfers für Frischmörtel (Nennvolumen 1 Liter) im Messbereich von 15–20 V.-% nach DIN EN 1015-7 zu überprüfen.

1. Benennen Sie die mit Positionsnummern versehenen Einzelteile des dargestellten Luftgehaltsprüfers.

### Aufgabenlösung:



- |   |                        |       |
|---|------------------------|-------|
| ① | Stoffkammer            | _____ |
| ② | Deckel mit Verschluss  | _____ |
| ③ | Druckkammer            | _____ |
| ④ | Manometer              | _____ |
| ⑤ | Ablassventile          | _____ |
| ⑥ | Luftpumpe              | _____ |
| ⑦ | Feinregulierungsventil | _____ |
| ⑧ | Druckausgleichsventil  | _____ |

max. 3,0  
Punkte

2. Beschreiben Sie stichpunktartig das schrittweise Vorgehen bei der Überprüfung der Messgenauigkeit eines Luftgehaltsprüfers.

Das Nennvolumen des Stoffkessels ist bereits bekannt. Er muss nicht nochmals ausgelitert werden.

### Aufgabenlösung:

- Stoffkammer (1) mit abgekochtem Wasser befüllen, Deckel (2) aufsetzen und verspannen, den Resthohlraum im Bereich des Deckels luftblasenfrei mit abgekochtem Wasser aus einer Spritzflasche über die Ablassventile (5) auffüllen
- Mittels Luftpumpe (6) den Prüfdruck in Druckkammer (3) aufbauen, bis die Manometeranzeige etwas über der Markierung steht
- Prüfdruck mittels Feinregulierungsventil (7) genau auf die Markierung einstellen
- Druckausgleichsventil (8) betätigen und Druckausgleich zwischen Druckkammer (3) und Stoffkammer (1) herstellen
- Luftgehalt am Manometer ablesen – müsste theoretisch „null“ anzeigen
- Definierte Wassermenge (hier: 150 ml bzw. 200 ml) über das Auslassventil (Ablassventil) in ein Kalibriergefäß (Messzylinder) ablassen
- Prüfdruck in Druckkammer erneut aufbauen und prüfen
- Der zu erwartende SOLL-Wert ist zu berechnen und mit der Anzeige am Gerät zu vergleichen (Alternativ kann die abgelassene Wassermenge über deren Masse und die Dichte des Wassers bei entsprechender Temperatur rechnerisch ermittelt werden.)

$$V_{P-SOLL} = \frac{\text{abgelassene Wassermenge [ml]}}{\text{Nennvolumen d. LP} - \text{Topfs [ml]}} \cdot 100 \%$$

max. 4,0  
Punkte

3. Werten Sie das nachstehende Messwertprotokoll vollständig aus (Bestimmung des Topfvolumens einschließlich Spannweitenüberprüfung und Überprüfung der Messgenauigkeit).

Geben Sie den Lösungsweg bei C und D jeweils für den 1. Versuch an.

## Aufgabenlösung:

	Kalibrieren eines Luftgehaltsprüfers	Nummer der Prüfung: 2013 – IV
--	--------------------------------------	----------------------------------

### A Angaben zum Gerät

Gerät: 1-Liter-Luftgehaltsprüfer für Frischmörtel (gemäß DIN EN 1015-7)

Geräte-Nr.: 1998 – 3

☒ Die Deckeldichtung (der o-Ring aus Gummi) ist in Ordnung und die Spannhaken sind justiert

### B Kenngrößen des Wassers, das zum „Auslitern“ verwendet wird

- ☐ Leitungswasser    ☐ entionisiertes (entsalztes) Wasser  
☐ unbehandelt    ☐ mittels Vakuum entgast    ☒ durch Abkochen entgast

Temperatur des Wassers (= Gerätetemperatur = Raumtemperatur)  $T_w = 19,8 \text{ }^\circ\text{C}$

Dichte des Wassers  $\rho_{w,T} = 0,9982 \text{ g/cm}^3$  (☒ Tabellenwert ☐ Messwert)

### C Masse $m_G$ und Volumen $V_G$ des Probenbehälters des Geräts

Masse (Behälter) $m_G$	[g]	1035,47		
Nr. der Volumenbestimmung (Ausliteration)		1	2	3
Masse (Behälter + Glasplatte) $m_1$	[g]	2499,73	2499,68	2499,50
Masse (Behälter + Glasplatte + Wasser) $m_2$	[g]	1498,60	1498,59	1498,58
Masse (Wasser) $m_{w,T}$	[g]	1001,13	1001,09	1000,92
Volumen (Wasser = Behälter) $V_G$	[cm <sup>3</sup> ]	1002,9	1002,9	1002,7
Volumen (Behälter) $V_G$ Mittelwert	[cm <sup>3</sup> ]	1002,8		
Spannweite der Einzelwerte des Volumens $W$	[cm <sup>3</sup> ]	0,2		
Kritische Spannweite $W_C$ (0,1 %)	[cm <sup>3</sup> ]	1,0		

### D Prüfung der Messgenauigkeit der Luftgehaltsanzeige

Masse (Wasser) $\Delta m_{w,T}$ [g]	Volumen (Wasser) $\Delta V_{w,T}$ [cm <sup>3</sup> ]	Luftgehalt SOLL $p_{\text{SOLL}}$ [Vol-%]	Luftgehalt ANZEIGE $p_{\text{IST}}$ [Vol-%]	Legende: $\Delta m_{w,T}$ = Masse des Wassers, das aus dem Probenbehälter durch Auspressen entfernt wurde  $\Delta V_{w,T}$ = Volumen des Wassers, das aus dem Probenbehälter durch Auspressen entfernt wurde
0,0	0,0	0,0	0,10	
154,1	154,4	15,4	15,5	
206,9	207,3	20,7	20,6	

### E Beurteilung

- ☒ Das Gerät entspricht den Anforderungen. Es kann verwendet werden.  
☐ Das Gerät entspricht nicht den Anforderungen. Es muss justiert und neu kalibriert werden.

Datum

Laborleiter

Bearbeiter (Schülerin / Schüler)

max. 3,0  
Punkte



## Lösungsweg:

$$m_{w,T,1} = m_{2,1} - m_{1,1} = 2499,73 - 1\,498,60 = \underline{\underline{1\,001,13\text{ g}}}$$

$$m_{w,T,2} = m_{2,2} - m_{1,2} = 2499,68 - 1\,498,59 = \underline{\underline{1\,001,09\text{ g}}}$$

$$m_{w,T,3} = m_{2,3} - m_{1,3} = 2499,50 - 1\,498,58 = \underline{\underline{1\,000,92\text{ g}}}$$

$$V_{G,1} = \frac{m_{w,T,1}}{\rho_{w,T}} = \frac{1\,001,13}{0,9982} = \underline{\underline{1\,002,9\text{ cm}^3}}$$

$$V_{G,2} = \frac{m_{w,T,2}}{\rho_{w,T}} = \frac{1\,001,09}{0,9982} = \underline{\underline{1\,002,9\text{ cm}^3}}$$

$$V_{G,3} = \frac{m_{w,T,3}}{\rho_{w,T}} = \frac{1\,000,92}{0,9982} = \underline{\underline{1\,002,7\text{ cm}^3}}$$

$$V_G = \frac{(V_{G,1} + V_{G,2} + V_{G,3})}{3} = (1\,002,9 + 1\,002,9 + 1\,002,7) = \underline{\underline{1\,002,8\text{ cm}^3}}$$

$$W = \max. V_{G,i} - \min. V_{G,i} = 1\,002,9 - 1\,002,7 = \underline{\underline{0,2\text{ cm}^3}}$$

$$W_c = 0,001 \cdot V_G = 0,001 \cdot 1\,002,8 = \underline{\underline{1,0\text{ cm}^3}}$$

$$\rho_{\text{SOLL},1} = \left( \frac{\Delta V_{w,T,1}}{V_G} \right) \cdot 100\% = \left( \frac{154,4}{1\,002,8} \right) \cdot 100\% = \underline{\underline{15,4\%}}$$

$$\rho_{\text{SOLL},2} = \left( \frac{\Delta V_{w,T,2}}{V_G} \right) \cdot 100\% = \left( \frac{207,3}{1\,002,8} \right) \cdot 100\% = \underline{\underline{20,7\%}}$$

# Schwerpunkt Geotechnik

## U4

1. Für die Ermittlung der Korngrößenverteilung sind in der DIN 18123 verschiedene Verfahren vorgesehen. Vervollständigen Sie in diesem Zusammenhang die folgende Tabelle:

### Aufgabenlösung:

Anwendungsbereich	Art der Bestimmung der Korngrößenverteilung
<b>Keine Korngrößen &lt; 0,063 mm im Boden enthalten</b>	Trockensiebung
Geringe Anteile an Korngrößen < 0,063 mm im Boden enthalten	<b>Siebung nach nassem Abtrennen der Feinanteile</b>
Korngrößen < 0,125 mm	<b>Sedimentation</b>
<b>Nennenswerte Anteile an Körnern mit <math>\varnothing &gt;</math> und &lt; als 0,063 mm</b>	Siebung und Sedimentation

max. 1,0 Punkte

2. Welches physikalische Gesetz ist Grundlage für die Bestimmung der Korngrößenverteilung von feinkörnigen Böden durch Sedimentation (Schlammanalyse)?

### Aufgabenlösung:

Gesetz von Stokes

max. 0,25 Punkte

3. Beschreiben Sie in Worten den Zusammenhang, auf dem die Trennung in verschiedene Korngrößen bei der Sedimentation beruht.

### Aufgabenlösung:

Bei der Sedimentation erfolgt die Trennung der Korngrößen infolge der unterschiedlichen Sinkgeschwindigkeiten verschieden großer Körner in einer Aufschlammung des Bodens in einer Flüssigkeit (Suspension). Hierbei werden nicht die tatsächlichen Abmessungen der Bodenkörner ermittelt, sondern äquivalente Korndurchmesser, d. h. Durchmesser von Kugeln gleicher Dichte, die beim Sedimentieren mit gleicher Geschwindigkeit nach unten sinken. Die unterschiedlichen Sinkgeschwindigkeiten der verschieden großen Körner bewirken eine ständige Abnahme der Dichte der Aufschlammung im oberen Teil des Zylinders. Der Zusammenhang zwischen Korngröße, Dichte und Sinkgeschwindigkeit wird durch das Gesetz von Stokes beschrieben.

max. 1,5 Punkte

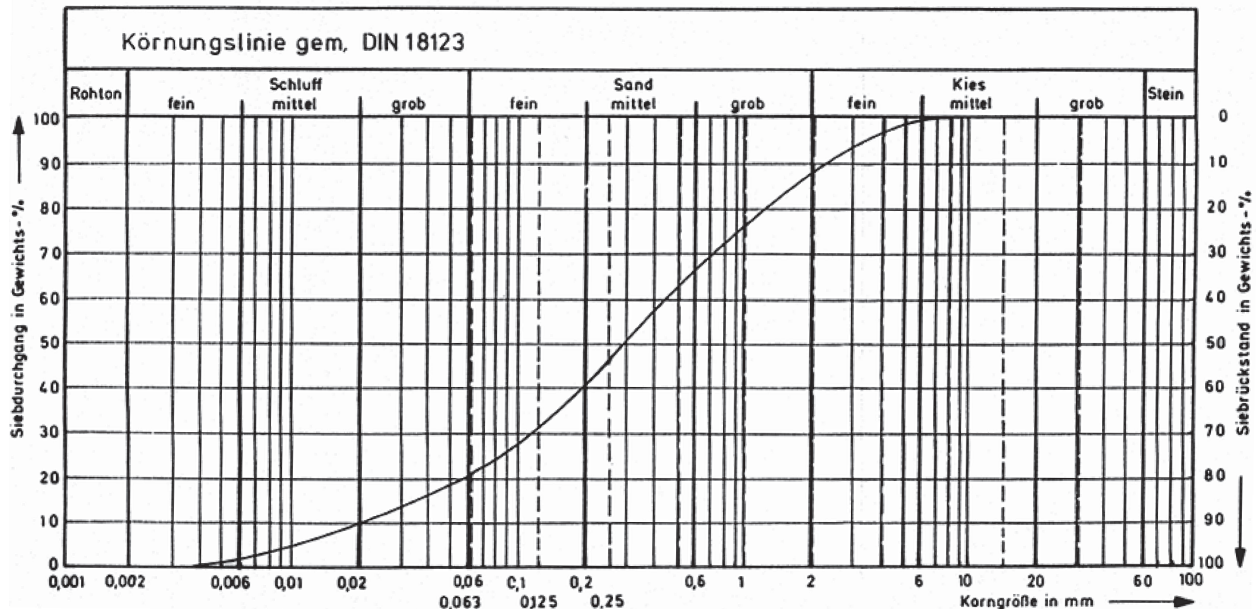
4. Warum kann das Verfahren der Sedimentation **nicht** für Korngrößen < 0,001 mm verwendet werden?

### Aufgabenlösung:

Bei Korngrößen < 0,001 mm verhindern elektrostatische Kräfte und/oder Brown'sche Molekularbewegung ein Absinken der Bodenkörner.

max. 0,25 Punkte

5. Eine Auswertung von Laborversuchen nach DIN 18123 liefert die folgende Kornverteilungskurve.



5.1 Welche Teilversuche waren durchzuführen, um zu dieser Auswertung zu gelangen (mit Begründung)?  
Geben Sie auch die Reihenfolge der Versuche an.

## Aufgabenlösung:

Die Bodenprobe enthält nennenswerte Anteile an Körnern über und unter 0,063 mm, d. h., die Korngrößenverteilung wird für die Korngrößen über 0,125 mm (0,063 mm) durch Siebung, für die Korngrößen unter 0,125 mm durch Sedimentation ermittelt.

max. 1,0  
Punkte

5.2 Erläutern Sie stichwortartig die Durchführung der Sedimentation.

## Aufgabenlösung:

- Siebung vor der Sedimentation: zwei Teilproben bearbeiten
- An Teilprobe A von der Probemenge  $m_{dA}$  (Probemenge nach Tab. 1, DIN 18123) Durchführung einer Siebung nach nassem Abtrennen der Feinanteile (hierbei Durchgang durch das 0,125-mm-Sieb nicht der Sedimentation unterwerfen)
- Siebung nach nassem Abtrennen der Feinanteile: Probe im Ofen bei 105 °C trocknen, nach Abkühlung wägen, mit Wasser vermengen, Feinteile lösen; Aufschlämmung durch Feinsieb waschen, Siebdurchgang auffangen, Vorgang wiederholen, bis Flüssigkeit nach erneuter Wasserzugabe keine Trübung mehr zeigt; Grobkorn trocknen, sieben, Feinsiebdurchgang trocknen, wägen
- Für die Sedimentation vorgesehenes Feinkorn < 0,125 mm aus einer zweiten Teilprobe B herauswaschen, Probemenge  $m_{dB}$  (mindestens 30 bis 50 g)
- Aufbereitung der Teilprobe B mit destilliertem Wasser
- Siebdurchgang < 0,125 mm der Teilprobe B wird Sedimentation unterworfen
- Sedimentation: Vorbereitung der Bodenprobe: Probe mit Stammlösung – 25 cm<sup>3</sup> (Koagulation verhindern) und destilliertem Wasser mehrere Stunden durchweichen, unter weiterer Wasserzugabe rühren, in komplett bei 1000 cm<sup>3</sup> aufgefüllten Messzylinder füllen, Suspension durchschütteln, Aräometerablesungen in Zeitabständen durchführen; Trockenmasse ermitteln

max. 4,5  
Punkte

5.3 Begründen Sie die Notwendigkeit einer Korrektur der Aräometerablesung bei der Anwendung des in der Bodenmechanik üblichen Aräometer-Verfahrens nach Bouyoucos-Casagrande.

## Aufgabenlösung:

Die Aräometerskala gilt für den ebenen Wasserspiegel, beim Versuch kann aber nur am oberen Meniskusrand abgelesen werden. Es ist daher eine Meniskuskorrektur zu berücksichtigen. Weiterhin wird durch Zugabe des Dispergierungsmittels die Dichte etwas erhöht, was eine weitere Korrektur bedingt. Ein etwaiger Nullpunktfehler des Aräometers ist ebenfalls zu berücksichtigen.

max. 1,5  
Punkte

5.4 Bei der **Bestimmung der Korngrößenverteilung durch Siebung und Sedimentation** ergaben sich folgende Mess-/Rechenwerte:

Bodenart: Ton, sandig, kiesig  
Kornform: scharfkantig  
Größtkorn: 28 mm Durchmesser

- Siebung der Probe A nach nassem Abtrennen der Feinteile; Trockenmasse  $m_{dA}$  = 5321,1 g
- Siebdurchgang < 0,125 mm nach nassem Abtrennen der Feinteile und Eindampfen: 2846,2 g
- Siebdurchgang < 0,125 mm in der Auffangschale nach der Siebung: 16,0 g
- Sedimentation des Siebdurchgangs kleiner als 0,125 mm der Probe B

Trockenmasse:  $m_d = 31,4$  g  
Korndichte:  $\rho_s = 2,65$  g/cm<sup>3</sup>  
Gesamtkorrektur mit Antikoagulationsmittel:  $C_m = +1,3$  g/cm<sup>3</sup>

Formeln:

$$C_T = 0,0053 \times T^2 - 0,0082 \times T - 1,9568$$

$$a = \frac{100}{m_d} \cdot \frac{\rho_s}{\rho_{s-1}} \cdot (R + C_T)$$

$$a_{\text{tot}} = \frac{m_{0,125}}{m_{dA}} \cdot a$$

## Aufgabenlösung:

für 5.4.1, 5.4.2 und 5.4.3 (siehe nachfolgende Seiten):

Datum	Temperatur	Uhrzeit der Lesung	Verflossene Zeit			Aräometerlesung $R'$	Aräometerlesung + Gesamtkorrektur $R = R' + C_m$	Korndurchmesser $d$	Temperaturkorrektur $C_T$	Verbesserte Lesung $R + C_T$	$a$ (0,1 %)	$a_{\text{tot}}$ (0,1 %)
	°C		h	min	s	g/cm <sup>3</sup>	g/cm <sup>3</sup>	mm	g/cm <sup>3</sup>	g/cm <sup>3</sup>	%	%
26.02.	20,5	11.01		1		15,6	16,9	0,048	0,1	17,0	86,9	46,7

5.4.1 Ermitteln Sie für die Ablesung nach 1 Minute den Korndurchmesser  $d$  in mm.  
Verwenden Sie dazu das unten abgebildete Nomogramm.  
Tragen Sie das Ergebnis in die Tabelle unten auf Seite 12 ein.

## Lösungsweg:

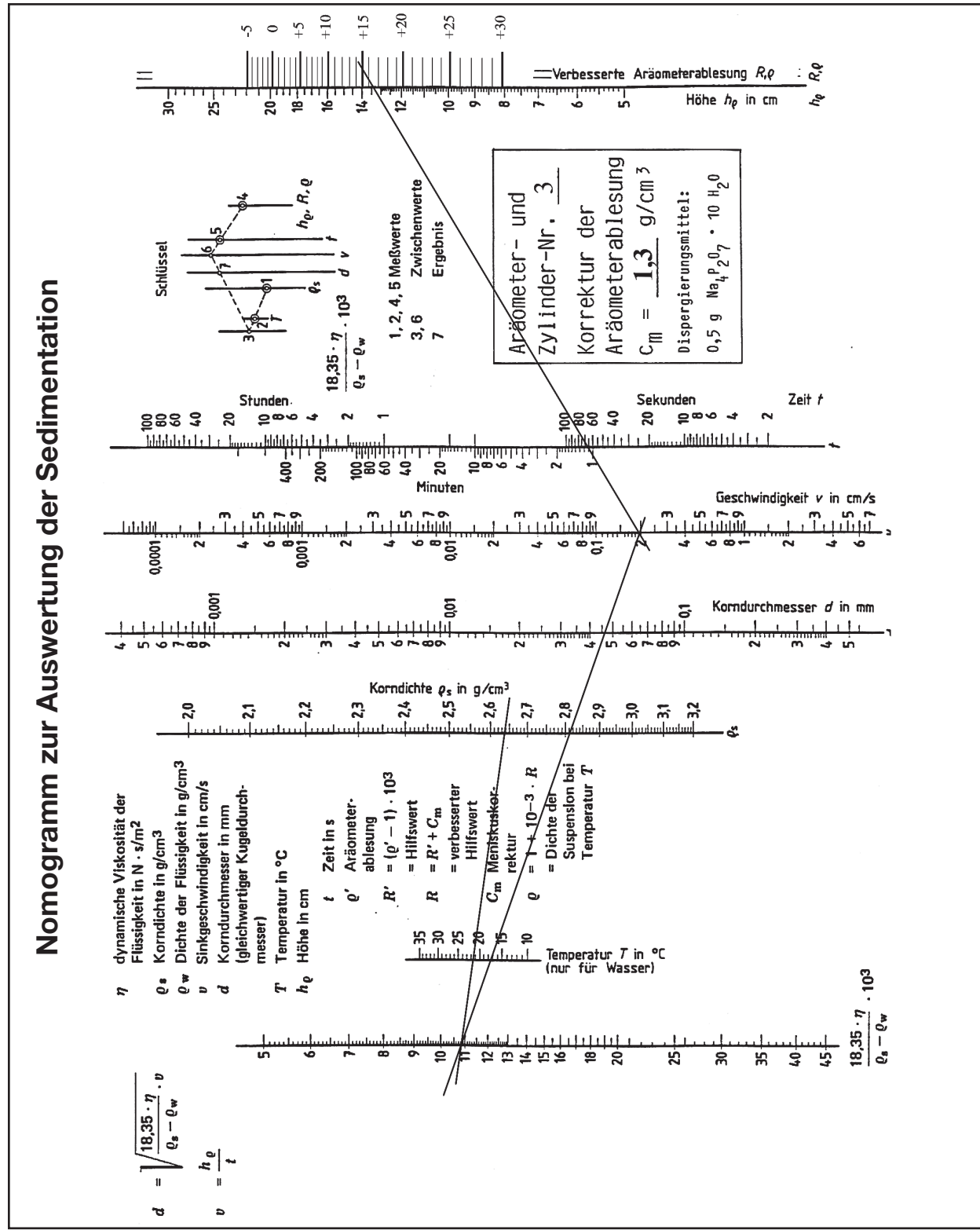
$$C_T = 0,0053 \cdot T^2 - 0,0082 \cdot T - 1,9568$$

$$C_T = 0,0053 \cdot 20,5^2 - 0,0082 \cdot 20,5 - 1,9568$$

$$C_T = 2,227\,325 - 0,1681 - 1,9568$$

$$C_T = \underline{\underline{0,1}}$$

Nachfolgende grafische Lösung nicht ganz maßstäblich!



5.4.2 Berechnen Sie den Massenanteil  $a$  der Körner kleiner als  $d$  an der Masse der untersuchten Teilprobe  $m_d$ .  
Tragen Sie das Ergebnis in die Tabelle unten auf Seite 12 ein.

### Lösungsweg:

$$a = \frac{100}{m_d} \cdot \frac{\varrho_s}{\varrho_s - 1} \cdot (R + C_T)$$

$$a = \frac{100}{31,4 \text{ g}} \cdot \frac{2,65}{2,65 - 1} \cdot 17,0$$

$$a = 3,1847 \cdot 1,6060 \cdot 17,0 = 5,11 \cdot 17,0 = \underline{\underline{86,9 \%}}$$

5.4.3 Ermitteln Sie, bezogen auf die Gesamtprobe, den prozentualen Anteil der Körner  $a_{\text{tot}}$ , die kleiner sind als der nach 1 Minute ermittelte Korndurchmesser in %.  
Tragen Sie das Ergebnis in die Tabelle unten auf Seite 12 ein.

### Lösungsweg:

$$a_{\text{tot}} = \frac{m_{0,125}}{mdA} \cdot a$$

$$a_{\text{tot}} = \left( \frac{(2846,2 \text{ g} + 16,0 \text{ g})}{5321,1 \text{ g}} \right) \cdot 86,9 \%$$

$$a_{\text{tot}} = \left( \frac{2862,2 \text{ g}}{5321,1 \text{ g}} \right) \cdot 86,9 \% = 0,5379 \cdot 86,9 = \underline{\underline{46,7 \%}}$$

max. 5,0  
Punkte

# Schwerpunkt Mörtel- und Betontechnik

## U5

Zur Bewertung der Druckfestigkeit von Beton in Bauwerken oder in Bauwerksteilen darf ergänzend zu DIN EN 13791, 8.4 eine **Bezugsgerade W** (Prüfung an Würfeln) aufgestellt werden. Als Probekörper für das Aufstellen der Bezugsgeraden W dienen nach DIN EN 12390-2, Anhang NA hergestellte und gelagerte Würfel von 150 mm Kantenlänge.

An diesen Würfeln ist zunächst durch eine Schlagprüfung der Rückprallwert  $R_m$  zu bestimmen, danach die Druckfestigkeit  $f_c$ . Abschließend wird die Bezugsgerade W berechnet und grafisch dargestellt.

1. Beschreiben Sie die Lagerung der Probewürfel bis zur Prüfung.

### Aufgabenlösung:

- 1 Tag abgedeckt in der Form bei  $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$
- 6 Tage unter Wasser bei  $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$
- 21 Tage in Luft bei  $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$  und  $(65 \pm 5) \%$  rel. Luftfeuchte bzw. Lagerung in Luft bei  $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$  und  $(65 \pm 5) \%$  rel. Luftfeuchte bis zum Prüftag

max. 1,5  
Punkte

2. Vor Beginn der Rückprallprüfung ist der Würfel in die Druckprüfmaschine einzusetzen und mit etwa  $2,5 \text{ N/mm}^2$  zu belasten.

Welche Kraft  $F$  in kN ist hierzu notwendig?

### Aufgabenlösung:

$$\sigma_D = 2,5 \text{ N/mm}^2$$

$$F = \sigma_D \cdot A$$

$$F = 2,5 \text{ N/mm}^2 \cdot 150 \text{ mm} \cdot 150 \text{ mm}$$

$$F = 56250 \text{ N} \approx \underline{\underline{56 \text{ kN}}}$$

max. 1,5  
Punkte

3. Innerhalb welcher Spannweite sollten sich der Höchst- und der Mindestwert  $f_c$  der Würfel unterscheiden?

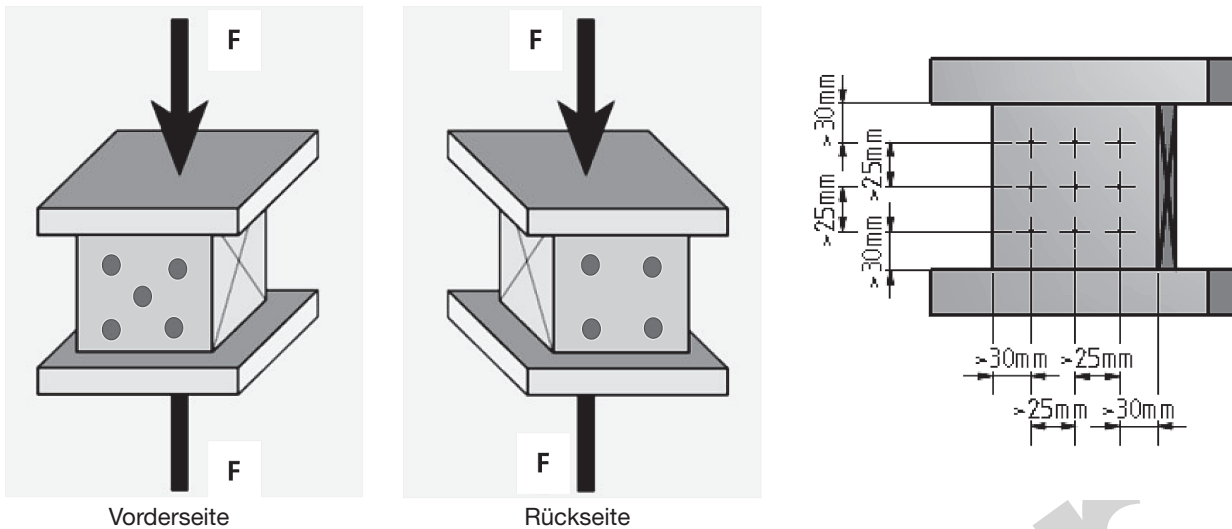
### Aufgabenlösung:

Der Höchst- und der Mindestwert  $f_c$  sollten sich um mindestens  $20 \text{ N/mm}^2$  und i.d.R. um nicht mehr als  $30 \text{ N/mm}^2$  unterscheiden.

max. 0,5  
Punkte

4. Tragen Sie die möglichen Schlagpunkte für die Rückprallprüfung in die Vorder- und Rückseite des unten abgebildeten Betonwürfels ein. Geben Sie dazu den Abstand zu den Kanten sowie den Abstand der Schlagpunkte untereinander in mm an.

## Aufgabenlösung:



Der Abstand zu den Kanten hat mind. 30 mm, der Abstand untereinander mindestens 25 mm zu betragen.

max. 2,0  
Punkte

5. Am Würfel Nr. 1 (siehe Auswertebeispiel auf Blatt 1(1), Rückseite) wurden bei der Schlagprüfung nach DIN EN 12504-2 folgende Rückprallwerte (Einzelwerte und Median) ermittelt:

Nr. der Prüfstelle	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Skt	31	30	30	32	36	32	38	37	37
Skt	30	30	31	32	32 Median	36	37	37	38

Skt = Rückprallstrecke in Skalenteilen

Weisen Sie schriftlich nach, ob der Medianwert von 32 normgerecht gebildet wurde.

## Aufgabenlösung:

Die Ablesungsreihe muss verworfen werden, wenn mehr als 20 % aller Ablesungen um mehr als 30 % vom Medianwert abweichen.

$0,2 \cdot 9 \text{ Werte} = 1,8 \text{ Werte} \rightarrow$  ein Wert darf verworfen werden  
Ein Wert darf um mehr als 30 % vom Medianwert abweichen.

Minimaler Wert: 38 Skt

Medianwert: 32 Skt

Maximaler Wert: 30 Skt

$\rightarrow 30 \% \text{ von } 32 \text{ Skt} = 9,6 \text{ Skt}$

$\rightarrow$  Kein Wert weicht ab

$\rightarrow$  Die Ablesungsreihe muss nicht verworfen werden. Der Medianwert durfte gebildet werden/er ist gültig.

max. 2,0  
Punkte



6. Bei der Druckfestigkeitsprüfung nach DIN EN 12390-3 ergaben sich für den nach DIN EN 12390-2, Anhang NA hergestellten und gelagerten Würfel Nr. 9 folgende Messwerte:

Prüffläche:  $l_1 = 150 \text{ mm}$ ;  $l_2 = 151 \text{ mm}$

Höchstlast:  $F = 1\,212 \text{ kN}$

Berechnen Sie die Würfeldruckfestigkeit  $f_c$  in  $\text{N/mm}^2$  mit den in dieser Aufgabe 6 angegebenen Messwerten.

Tragen Sie diesen Würfeldruckfestigkeitswert  $f_c$  in die Tabelle auf Blatt 1(1), Vorderseite, beim Würfel Nr. 9 ein.

## Aufgabenlösung:

$$f_c = \frac{F}{A} = \frac{1\,212\,000 \text{ N}}{(150 \text{ mm} \cdot 151 \text{ mm})}$$

$$f_c = \frac{1\,212\,000 \text{ N}}{22\,650 \text{ mm}^2} = \underline{\underline{53,5 \text{ N/mm}^2}}$$

max. 1,0  
Punkte

7. Zur Aufstellung der Bezugsgeraden W nach DIN EN 13791 für einen Normalbeton der Festigkeitsklasse C 25/30 (siehe Formblätter auf Blatt 1(1)) sind folgende Arbeitsaufträge zu bearbeiten.

**Die Ergebnisse sind in das Formblatt Blatt 1(1), Vorderseite, an der jeweiligen Stelle einzutragen.**

- 7.1 Berechnen Sie das arithmetische Mittel der Druckfestigkeiten aller Würfel  $f_{cm}$  in  $\text{N/mm}^2$ .

## Aufgabenlösung:

$$f_{cm} = \frac{1}{10} \cdot \frac{433,1 \text{ N}}{\text{mm}^2} = \underline{\underline{43,3 \text{ N/mm}^2}}$$

- 7.2 Berechnen Sie das arithmetische Mittel der Rückprall(median)werte aller Würfel  $R_{mm}$  in Skt.

## Aufgabenlösung:

$$R_{mm} = \frac{1}{10} \cdot 396,0 \text{ Skt} = \underline{\underline{39,6 \text{ Skt}}}$$

7.3 Berechnen Sie die Standardabweichung  $s_f$  der Druckfestigkeiten in  $\text{N/mm}^2$ .

### Aufgabenlösung:

$$s_f = \sqrt{\frac{\sum_1^n (f_c - f_{cm})^2}{n - 1}} = \sqrt{\frac{754,4}{10 - 1}} \text{ N/mm}^2 = \underline{\underline{9,16 \text{ N/mm}^2}}$$

7.4 Berechnen Sie die Standardabweichung  $s_R$  der Rückprallwerte in Skt.

### Aufgabenlösung:

$$s_R = \sqrt{\frac{\sum_1^n (R_m - R_{mm})^2}{n - 1}} = \sqrt{\frac{217,42}{10 - 1}} \text{ Skt} = \underline{\underline{4,84 \text{ Skt}}}$$

7.5 Berechnen Sie den Korrelationskoeffizienten  $r_{fR}$  und prüfen Sie nach, ob die Bezugsgerade W aufgestellt werden darf.

### Aufgabenlösung:

$$r_{fR} = \frac{\frac{1}{n - 1} \sum_1^n (R_m - R_{mm}) \cdot (f_c - f_{cm})}{s_R \cdot s_f} = \frac{\left( \frac{1}{9} \cdot 393,5 \right)}{(9,16 \cdot 4,84)} = \underline{\underline{0,986}}$$

$r_{fR, \text{IST}} = 0,986 > r_{fR, \text{SOLL}} = 0,89 \rightarrow$  Die Bezugsgerade W darf aufgestellt werden.

8. Die in das Koordinatensystem einzutragende Bezugsgerade W wird nach folgender Gleichung berechnet (siehe auch Blatt 1(1), Rückseite):

$$\text{cal } f_c = f_{cm} + r_{fR} \cdot \frac{S_f}{S_R} \cdot (R_m - R_{mm})$$

Berechnen Sie für den Würfel Nr. 1 die dem  $R_m$ -Wert zugeordnete Druckfestigkeit  $\text{cal } f_c$  in  $\text{N/mm}^2$  und tragen Sie das Ergebnis in die Messwertetabelle auf Blatt 1(1), Rückseite, ein.

## Aufgabenlösung:

$$\text{cal } f_c = f_{cm} + r_{fR} \cdot \frac{S_f}{S_R} \cdot (R_m - R_{mm})$$

$$\text{cal } f_c = 43,3 + 0,986 \cdot \frac{9,16}{4,84} \cdot (32 - 39,6) = \underline{\underline{29,1 \text{ N/mm}^2}}$$

max. 0,5  
Punkte

9. Zeichnen Sie in das auf Blatt 1(1), Rückseite, abgebildete Diagramm die Bezugsgerade W ein.

## Aufgabenlösung:

Lösung siehe Blatt 1(1), Rückseite

max. 1,0  
Punkte

10. Im Rahmen einer Erhärtungsprüfung wird auf der Baustelle bei der Schlagprüfung mit dem Rückprallhammer ein Rückprallwert von  $R_m = 37$  Skt festgestellt.  
Welche Druckfestigkeit  $f_c$  in  $\text{N/mm}^2$  hat der Beton vor Ort bereits erreicht?

## Aufgabenlösung:

Die Druckfestigkeit beträgt ca.  $38,0 \text{ N/mm}^2$ .

max. 1,0  
Punkte

# Schwerpunkt Asphalttechnik

## U6

Für eine Autobahnmaßnahme soll im Rahmen einer Erstprüfung ein Mischungsrezept für einen Splittmastixasphalt SMA 8 S erstellt werden.

Die TL Asphalt-StB enthalten für einen SMA 8 S nachfolgende Anforderungen:

Bezeichnung	Einheit	SMA 8 S
<b>Baustoffe</b>		
Gesteinskörnungen (Lieferkörnung)		
Anteil gebrochener Kornoberflächen		$C_{100/0}; C_{95/5}; C_{90/1}$
Widerstand gegen Zertrümmerung		$SZ_{18} / LA_{20}$
Widerstand gegen Polieren		$PSV_{\text{angegeben}} (51)$
Mindestanteil feiner Gesteinskörnungen mit $E_{cs} 35$	%	100
Bindemittel, Art und Sorte		25/55-55 50/70
<b>Zusammensetzung Asphaltmischgut</b>		
Gesteinskörnungsgemisch Siebdurchgang bei		
16 mm	M.-%	
11 mm	M.-%	100
8 mm	M.-%	90-100
5 mm	M.-%	35-55
2 mm	M.-%	20-30
0,063 mm	M.-%	8-12
Mindest-Bindemittelgehalt		$B_{\min} 7,2$
Bindemittelträger*)	M.-%	0,3-1,5
<b>Asphaltmischgut</b>		
minimaler Hohlraumgehalt MPK		$V_{\min} 2,5$
maximaler Hohlraumgehalt MPK		$V_{\max} 3,0$
Hohlraumfüllungsgrad	%	ist anzugeben
proportionale Spurrinnentiefe	%	ist anzugeben

Folgende Komponenten stehen zur Verfügung:

- GK1 Füller
- GK2 0/2
- GK3 2/5
- GK4 5/8
- Bindemittel: 25/55-55 mit  $\rho_{25} = 1,030 \text{ g/cm}^3$
- Bindemittelträger: VIATOP, Zugabe: 0,35 Masse-%

1. Ermitteln Sie die Zusammensetzung des Gesteinskörnungsgemischs unter Zuhilfenahme der Tabelle und tragen Sie die Werte in die Tabelle ein. Überprüfen Sie in schriftlicher Form, ob bei der Zusammensetzung die Anforderungen nach den TL Asphalt-StB eingehalten wurden.

## Aufgabenlösung:

Bezeichnung	GK1 Füller	GK 2 0/2	GK3 2/5	GK4 5/8			
Rohdichte (g/cm³)	2,752	2,679	2,864	2,864			
Anteile der Liefer- körnungen am Gemisch (M.-%)	11,0	14,0	12,0	63,0			
Siebweite (mm)	Rückstände in M.-%						
8,0				6,5			
5,6			3,3	82,2			
2,0		4,6	90,0	10,7			
0,125		75,7	5,8	0,6			
0,063	9,2	14,6	0,9				
< 0,063	90,8	5,1					
Siebweite (mm)					IST- Rückstand (M.-%)	IST- Durchgang (M.-%)	Anforderung nach den TL Asphalt-StB (M.-%)
11,2						100,0	100
8,0				4,1	4,1	95,9	90–100
5,6			0,4	51,8	52,2 52,3	43,6	35–55
2,0		0,6	10,8	6,7	18,1	25,5	20–30
0,125		10,5	0,7	0,4	11,6	13,9	
0,063	1,0	2,0	0,1		3,1	10,8	8–12
<0,063	10,0	0,7			10,8		

Die Gegenüberstellung der IST-Durchgänge zu den Anforderungen nach den TL Asphalt-StB zeigt, dass bei allen Siebweiten die Anforderungen erfüllt werden.

2. Berechnen Sie die Rohdichte des Gesteinskörnungsgemischs  $\varrho_p$ .

## Aufgabenlösung:

$$\varrho_p = \frac{100}{\frac{GK_1}{\varrho_{p_1}} + \frac{GK_2}{\varrho_{p_2}} + \frac{GK_3}{\varrho_{p_3}} + \dots + \frac{GK_n}{\varrho_{p_n}}}$$

$$\varrho_p = \frac{100}{\frac{11}{2,752} + \frac{14}{2,679} + \frac{12}{2,864} + \frac{63}{2,864}} = \frac{100}{3,997 + 5,226 + 4,190 + 21,997} = \frac{100}{35,41}$$

$$\varrho_p = \underline{\underline{2,824 \text{ g/cm}^3}}$$

max. 1,5  
Punkte

3. Ermitteln Sie die minimale Bindermittelmenge  $B_{\text{min, berechnet}}$  und die daraus resultierende Asphaltrohndichte  $\varrho_m$ .  
Der Bindemittelträger soll hier nicht berücksichtigt werden.

## Aufgabenlösung:

$$B_{\text{min, berechnet}} = \alpha \cdot B_{\text{min}} = \frac{2,650}{\varrho_p} \cdot B_{\text{min}}$$

$$B_{\text{min, berechnet}} = \frac{2,650}{2,824} \cdot 7,2 = \underline{\underline{6,8 \text{ Masse-\%}}}$$

$$\varrho_m = \frac{100}{\frac{GK}{\varrho_p} + \frac{B}{\varrho_{25}}}$$

$$\varrho_m = \frac{100}{\frac{93,2}{2,824} + \frac{6,8}{1,030}} = \varrho_m = \frac{100}{33,003 + 6,602}$$

$$\varrho_m = \frac{100}{39,623} = \underline{\underline{2,523 \text{ g/cm}^3}}$$

max. 2,5  
Punkte

4. Die Raumdichte des Asphalts  $\rho_{bi}$ , ermittelt am Marshall-Probekörper, ist mit  $2,460 \text{ g/cm}^3$  gegeben.  
 4.1 Berechnen Sie den Hohlraumgehalt  $V$  (mit Überprüfung, ob die Anforderungen nach den TL Asphalt-StB eingehalten werden).

### Aufgabenlösung:

$$V = \frac{\rho_m - \rho_b}{\rho_m} \cdot 100 \% = \frac{2,523 - 2,460}{2,523} \cdot 100 \%$$

$$V = 0,0249 = 0,025 = \underline{\underline{2,5 \text{ V.-%}}}$$

$V_{\text{Ist}} = 2,5 \text{ V.-%}$ ,  $V_{\text{min}} = 2,5 \text{ V.-%}$ ,  $V_{\text{max}} = 3,0 \text{ V.-%} \rightarrow$  die Anforderungen werden eingehalten

- 4.2 Berechnen Sie den fiktiven Hohlraumgehalt VMA.

### Aufgabenlösung:

$$VMA = \frac{\rho_p - \rho_b \cdot \frac{100 - B}{100}}{\rho_p} \cdot 100 \text{ V.-%}$$

$$VMA = \frac{2,824 - 2,460 \cdot \frac{100 - 6,8}{100}}{2,824} \cdot 100 \text{ V.-%}$$

$$VMA = \frac{0,531}{2,824} \cdot 100 \text{ V.-%}$$

$$VMA = 0,118 = \underline{\underline{18,8 \text{ V.-%}}}$$

- 4.3 Berechnen Sie den Hohlraumausfüllungsgrad VFB.

### Aufgabenlösung:

$$VFB = \frac{\rho_b \cdot B}{\rho_{25} \cdot VMA} \cdot 100 \%$$

$$VFB = \frac{2,460 \cdot 6,8}{1,030 \cdot 18,8} \cdot 100 \% = \frac{16,728}{19,364} \cdot 100 \%$$

$$VFB = \underline{\underline{86,4 \% = 86 \ \%}}$$

5. Ermitteln Sie die Massen der Bestandteile (GK, Bitumen und VIATOP) bezogen auf ein Gesamtgesteinskörnungsgewicht von 5 000 g.

## Aufgabenlösung:

Füller	0/0,063	$0,11 \cdot 5\,000\text{ g} =$	550 g
GK <sub>1</sub>	0/2	$0,14 \cdot 5\,000\text{ g} =$	700 g
GK <sub>2</sub>	2/5	$0,12 \cdot 5\,000\text{ g} =$	600 g
GK <sub>3</sub>	5/8	$0,63 \cdot 5\,000\text{ g} =$	3 150 g

GK, gesamt	5 000 g
------------	---------

Bitumen	$5\,000\text{ g} = 93,2\%$
	$x\text{ g} = 6,8\%$
	$= 364,8\text{ g}$

VIATOP	$0,0035 \cdot 5\,000\text{ g} =$	17,5 g
--------	----------------------------------	--------

Haben Sie von den Aufgaben U4 bis U6 eine Aufgabe gestrichen?

max. 1,5  
Punkte

Wird vom Prüfungsausschuss ausgefüllt.

Erreichte Punkte bei den  
ungebundenen Aufgaben

max. 60  
Punkte

Dieses Ergebnis bitte in das dafür  
vorgesehene Feld des **grau-weißen**  
Markierungsbogens eintragen!

Datum

Prüfungsausschuss