

Seit mehr als drei Jahrzehnten wird in Deutschland Beton durch Zugabe von Steinkohlenflugasche als Betonzusatzstoff optimiert. In dieser Zeit ist ein umfassendes bautechnisches Regelwerk entstanden, welches die stofflichen, anwendungsbezogenen und überwachungstechnischen Aspekte umfaßt. Eine übersichtliche Darstellung dieses Regelwerkes gibt der BVK mit seinen BVK – Betontechnischen Empfehlungen heraus. Praktische Erfahrungen und neue Anwendungen mit Zustimmung im Einzelfall helfen, die Leistungsfähigkeit des Baustoffs Steinkohlenflugasche weiter auszuschöpfen.

Basierend auf Forschungsergebnissen und praktischen Erfahrungen beim Einsatz von Steinkohlenflugasche im Beton geben wir als Anregung zur Lösung eigener Betonaufgaben und zur Optimierung vorhandener Betonrezepturen in loser Folge unsere BVK – Betontechnischen Merkblätter heraus. Die hier zusammengestellten Angaben und Empfehlungen wenden sich an den Fachmann. Sie sind mit großer Sorgfalt und nach bestem Wissen der Herausgeber zusammengestellt, eine Haftung kann jedoch nicht übernommen werden.

Erarbeitet durch: BVK-Arbeitskreis Beton

Impressum:

Copyright by Bundesverband Kraftwerksnebenprodukte e.V. Düsseldorf, 2001
2. Ausgabe 2001, Nachdruck mit Quellenangabe gestattet

Bestell-Nr. 052104



Bundesverband
Kraftwerksnebenprodukte e.V.

Niederkasseler Kirchweg 97
D-40547 Düsseldorf
Telefon: 02 11/57 91 95
Telefax: 02 11/57 95 24
e-mail: thamm.bvk@t-online.de
<http://www.bvk-online.com>

überreicht durch:

10/01



BVK – Betontechnische Merkblätter

Prüfverfahren

Wasseraufnahme, Kornrohddichte und Kornfestigkeit leichter Gesteinskörnungen (Leichtzuschläge)

Bestell-Nr. 052104 · Ausgabe 2001
Herausgegeben vom
Bundesverband Kraftwerksnebenprodukte e.V.

Ziel/Zweck:

Verfahren zur Bestimmung:

- der Wasseraufnahme leichter Gesteinskörnungen,
- der Kornrohddichte leichter Gesteinskörnungen,
- der wirksamen Kornrohddichte leichter Gesteinskörnungen und
- zur Bewertung der Kornfestigkeit leichter Gesteinskörnungen an Mörtelprismen.

Das Verfahren ist besonders geeignet für leichte Gesteinskörnungen, deren überwiegender Kornanteil unter 1 mm mehr als 50 M.-% beträgt.

Geräte:

- Nutsche/Büchnertrichter (600 ml, Ø 150 mm)
- Wasserstrahlpumpe
- Erlenmeyerkolben
- Schwarzbandfilter (Ø 150 mm)
- Waage (Wägegenauigkeit 0,1 g)
- Meßzylinder (1.000 ml)
- Mörtelmischer nach DIN EN 196, Teil 1
- Prismenformen 40 x 40 x 160 mm nach DIN EN 196, Teil 1
- Klimaschrank

Probe:

Die repräsentative Probe (DIN 4226, Teil 3) einer leichten Gesteinskörnung ist im Trockenschrank bei $110^{\circ}\text{C} \pm 5\text{K}$ bis zur Gewichtskonstanz zu trocknen. Anschließend muß die Probe bei Raumtemperatur auskühlen.

Bestimmung der Wasseraufnahme w_a :

- Schwarzbandfilter in Filternutsche einlegen.
- Nutsche mit 200 ml Wasser füllen.
- Nutsche auf Erlenmeyerkolben aufsetzen.
- Mittels Wasserstrahlpumpe ca. 10 sec lang das Wasser absaugen.
- Masse der Nutsche mit feuchtem Filter auf 0,1 g genau bestimmen. [m_1]
- Nutsche bis ca. 1 cm unterhalb der Oberkante mit bis zur Gewichtskonstanz getrockneter Probe füllen und Masse auf 0,1 g genau bestimmen. [m_2]
- Nutsche mit Wasser füllen und vorsichtig umrühren, um den Filter nicht zu zerstören, ggf. Wasser nachdosieren.
- Probe bleibt 2 min wassergesättigt.
- Das Überschußwasser 5 min lang mit Wasserstrahlpumpe absaugen.
- Masse der Nutsche mit feuchtem Filter sowie wassergesättigter Probe auf 0,1 g genau bestimmen. [m_3]

$$\text{Wasseraufnahme} = w_a = \frac{m_3 - m_2}{m_2 - m_1} \times 100 \text{ [%]}$$

Maßgebend ist das Mittel aus drei Einzelwerten. Die Einzelwerte sind anzugeben.

Bestimmung der Kornrohddichte ρ_G :

Zur Bestimmung der Kornrohddichte wird die wassergesättigte leichte Gesteinskörnung zur Bestimmung der Wasseraufnahme verwendet. Ca. 300 g dieser Probe

WASSERAUFNAHME, KORNRÖHDICHTE UND KORNFESTIGKEIT BVK-Verfahren				
Eing.-Nr.:		Produkt:		
Gleichmäßigkeit der Kornfestigkeit				
11	Prüfmörtel: Bezugsdaten Normenmörtel nach EN 196, T.1	[g]	[g/cm ³]	[cm ³]
	$m_{NS} =$	1.350,0	2,650	509,4
Mörtel: Stoffeinwaage mit wassergesättigtem Zuschlag				
12	Masse Zement	$m_z =$	[g]	[g/cm ³]
			450,0	3,100
13	Masse Wasser	$m_w =$	[g]	[g/cm ³]
			225,0	1,000
14	Masse Gesteinskörnung wg.	$m_k = \frac{\rho_{R.l.M.}}{\rho_{NS}} \times m_{NS} =$		
15	Frishmörtelraten $_{soll}$	=		
Frishmörtelraten				
20		$m_{w ges./Z} =$		
21		$m_w / Z =$	0,50	
22	erzieltes Ausbreitmaß $a_0 =$	[mm]		
	Frishmörtelrohddichte =	[g/cm ³]		
23	Frishmörtelrohddichte im Mittel =	[g/cm ³]		
24	Luftporengehalt =	[%]		
Festmörtelraten				
25	Herstelldatum			
26	Prüfdatum			
27	Trockenmörtelrohddichte =	[g/cm ³]		
	Trockenmörtelrohddichte im Mittel =	[g/cm ³]		
28	Druckfestigkeit $\beta_{D28} =$	[N/mm ²]		
	Druckfestigkeit β_{D28} im Mittel =	[N/mm ²]		

tr = trocken; wg = wassergesättigt

WASSERAUFNAHME, KORNRÖHDICHTE UND KORNFESTIGKEIT BVK-Verfahren					
Eing.-Nr.: 123/98		Produkt: Kesselsand 0/4			
WASSERAUFNAHME w_a					
			1. Versuch	2. Versuch	3. Versuch
1	Masse Nutsche + Filter $m_1 =$ [g]		1.418,2	1.419,0	1.417,8
2	$m_1 +$ Masse Probe $m_2 =$ [g]		2.051,3	2.046,1	2.052,7
3	$m_2 +$ Probe $m_3 =$ [g]		2.209,5	2.208,0	2.212,6
4	Masse Sättigungswasser $m_3 - m_2 =$ [g]		158,2	161,9	159,9
5	Masse Probe $m_2 - m_1 =$ [g]		633,1	627,1	634,9
6	Wasseraufnahme $w_a = \frac{m_3 - m_2}{m_2 - m_1} \times 100 =$ [M.-%]		25,0	25,8	25,2
	Wasseraufnahme im Mittel $w_a =$ [M.-%]		25,3		
KORNRÖHDICHTE ρ_G					
7	Probe $m_4 =$ [g]		304,4	301,0	305,0
8	Volumen $m_4 + 500$ ml Wasser $V_G =$ [cm ³]		695,0	692,0	695,0
9	Kornrohddichte $\rho_G = \frac{m_4 / (1 + w_a / 100)}{V_G - 500} =$ [g/cm ³]		1,249	1,246	1,249
	Kornrohddichte im Mittel $\rho_G =$ [g/cm ³]		1,248		
Wirksame Kornrohddichte ρ_R					
10	$\rho_R = \frac{m_4}{V_G - 500} =$ [g/cm ³]		1,561	1,568	1,564
	Wirksame Kornrohddichte im Mittel $\rho_R =$ [g/cm ³]		1,564		

WASSERAUFNAHME, KORNRÖHDICHTE UND KORNFESTIGKEIT BVK-Verfahren				
Eing.-Nr.: 123/98		Produkt: Kesselsand 0/4		
Gleichmäßigkeit der Kornfestigkeit				
11	Prüfmörtel: Bezugsdaten Normenmörtel nach EN 196, T.1 $m_{NS} =$	[g]	[g/cm ³]	[cm ³]
		1.350,0	2,650	509,4
Mörtel: Stoffeinwaage mit wassergesättigtem Zuschlag				
		[g]	[g/cm ³]	[cm ³]
12	Masse Zement $m_z =$	450,0	3,100	145,2
13	Masse Wasser $m_w =$	225,0	1,000	225,0
14	Masse Gesteinskörnung $m_k = \frac{\rho_{R \text{ i.M.}}}{\rho_{NS}} \times m_{NS} =$	796,9	1,564	509,4
15	Frishmörtelraten $_{\text{Soll}} =$	1.471,9	1,673	879,6
Frishmörtelraten				
20	$m_w \text{ ges.} / z =$	0,86		
21	$m_w / z =$	0,50		
22	erzieltes Ausbreitmaß $a_0 =$ [mm]	182		
	Frishmörtelrohddichte = [g/cm ³]	1,730	1,728	1,734
23	Frishmörtelrohddichte im Mittel = [g/cm ³]	1,731		
24	Luftporengehalt = [%]	3,5		
Festmörtelraten				
25	Herstelldatum	01.01.98		
26	Prüfdatum	29.01.98		
	Trockenmörtelrohddichte = [g/cm ³]	1,363	1,361	1,359
27	Trockenmörtelrohddichte im Mittel = [g/cm ³]	1,361		
	Druckfestigkeit $\beta_{D28} =$ [N/mm ²]	33,5	33,2	33,5
		34,2	32,7	34,0
28	Druckfestigkeit β_{D28} im Mittel = [N/mm ²]	33,5		

tr = trocken; wg = wassergesättigt

WASSERAUFNAHME, KORNRÖHDICHTE UND KORNFESTIGKEIT BVK-Verfahren					
Eing.-Nr.:		Produkt:			
WASSERAUFNAHME w_a					
			1. Versuch	2. Versuch	3. Versuch
1	Masse Nutsche + Filter feucht	$m_1 =$ [g]			
2	m_1 + Masse Probe tr.	$m_2 =$ [g]			
3	m_2 + Probe wg.	$m_3 =$ [g]			
4	Masse Sättigungswasser	$m_3 - m_2 =$ [g]			
5	Masse Probe tr.	$m_2 - m_1 =$ [g]			
6	Wasseraufnahme $w_a = \frac{m_3 - m_2}{m_2 - m_1} \times 100 =$	[M.-%]			
	Wasseraufnahme im Mittel $w_a =$	[M.-%]			
KORNRÖHDICHTE ρ_G					
7	Probe wg.	$m_4 =$ [g]			
8	Volumen m_4 + 500 ml Wasser	$V_G =$ [cm ³]			
9	Kornrohddichte $\rho_G = \frac{m_4 / (1 + w_a / 100)}{V_G - 500} =$	[g/cm ³]			
	Kornrohddichte im Mittel $\rho_G =$	[g/cm ³]			
Wirksame Kornrohddichte ρ_R					
10		$\rho_R = \frac{m_4}{V_G - 500} =$ [g/cm ³]			
	Wirksame Kornrohddichte im Mittel $\rho_R =$	[g/cm ³]			

$[m_4]$ werden in einen mit 500 ml Wasser gefüllten Meßzylinder gegeben. Aus dem am Meßzylinder abgelesenen Gesamtvolumen V_G errechnet sich die Kornrohddichte ρ_G in g/cm³ zu

$$\rho_G = \frac{m_4 / (1 + w_a / 100)}{V_G - 500}$$

Maßgebend ist das Mittel aus drei Einzelwerten. Die Einzelwerte sind anzugeben. Für die Ermittlung der Einwaage der Mörtelmischung für die Kornfestigkeitsprüfung wird die **wirksame Kornrohddichte** der wassergesättigten leichten Gesteinskörnung benötigt. Diese ergibt sich aus

$$\rho_R = \frac{m_4}{V_G - 500}$$

Prüfung der Gleichmäßigkeit der Kornfestigkeit:

Die Prüfung der Kornfestigkeit von leichten Gesteinskörnungen wird an Mörtelprismen 40 x 40 x 160 mm, in Anlehnung an DIN EN 196, Teil 1 (90:03), durchgeführt. Statt des Normsand wird die leichte Gesteinskörnung verwendet. In DIN EN 196 sind für die Zusammensetzung des Mörtels Masseteile für Zement, Normsand und Wasser festgelegt. Zur Einhaltung der sich daraus ergebenden Volumenanteile wird bei der Prüfung der leichten Gesteinskörnung deren anteilige Masse mit dem Faktor $\rho_R : \rho_{\text{Normsand}}$ korrigiert. Es wird die bei der Ermittlung der Wasseraufnahme erhaltene wassergesättigte leichte Gesteinskörnung verwendet. Die bei den drei Einzelversuchen erhaltenen und nicht für die Ermittlung der Kornrohddichte verwendeten Teilproben werden durch vorsichtiges Rühren homogenisiert. Zur Ermittlung der Einwaage der Probe wird die wirksame Kornrohddichte der leichten Gesteinskörnung verwendet.

$$z = (450 \pm 2) \text{ g CEM I 42,5 R}$$

$$m_k = \frac{\rho_R}{\rho_{\text{NS}}} \times 1.350 \text{ g}$$

$$w = 225 \text{ g}$$

Die Herstellung des Mörtels, der Mischvorgang, die Herstellung der Prüfkörper und deren Handhabung erfolgen nach DIN EN 196, Teil 1. Lagerung vor dem Entformen, das Entformen selbst und die Lagerung nach dem Entformen erfolgen nach DIN 18555.

Lagerung:

- bis zum Alter von 2 Tagen in der Form bei $(20 \pm 1)^\circ\text{C} \geq 95\%$ rel. Feuchte
- bis zum Alter von 7 Tagen entformt bei $(20 \pm 1)^\circ\text{C} \geq 95\%$ rel. Feuchte
- bis zum Alter von 28 Tagen bei $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ und 65 % rel. Feuchte

Die Prüfung der Druckfestigkeit der Mörtelprismen erfolgt im Alter von 28 Tagen gemäß DIN EN 196, Teil 1.