

Seit mehr als drei Jahrzehnten wird in Deutschland Beton durch Zugabe von Flugasche 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 Flugasche weiter auszuschöpfen.

Basierend auf Forschungsergebnissen und praktischen Erfahrungen beim Einsatz von Flugasche 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.

Quellennachweis bzw. weiterführende Literatur

- [1] Deutscher Beton-Verein, DBV: Wiesbaden, DBV Merkblattsammlung: Unterwasserbeton, Fassung Mai 1999
- [2] Springenschmid, R.; Blind, H., Linse, D., Knauss, J. et al: Betontechnologie im Wasserbau. Verlag Ernst & Sohn, Sonderdruck aus: Wasserbauten aus Beton: Handbuch für Beton-, Stahlbeton und Spannbeton, 1987, Kapitel 1, Blind, H. (Hrsg.)
- [3] Verein Deutscher Ingenieure, VDI: VDI-Berichte: Tiefe Baugruben: Neue Erkenntnisse und Erfahrungen bei ungewöhnlichen Baumaßnahmen. Tagung Berlin, 17. und 18. März 1999
- [4] Falkner, H.: Stahlfaserbeton für die Unterwasserbetonsohlen beim Potsdamer Platz in Berlin. Deutscher Beton-Verein, In: Vorträge auf dem Deutschen Betontag 1997 vom 9. bis 11. April 1997 in Berlin, S. 191-209
- [5] Hauptmüller, K.; Trentmann, J.: Unterwasserbetonsohle ohne Fuge und Riss. BW Bauwirtschaft, Heft 7/1999, S. 32-34
- [6] BVK Merkblatt 052111: Beton mit niedriger Wärmeentwicklung. NW-Beton
- [7] Deutscher Ausschuß für Stahlbeton, DAfStb: DAfStb-Richtlinie: Massige Bauteile aus Beton, März 2005

Erarbeitet durch: BVK-Arbeitskreis Beton

Impressum:

Copyright by BVK, Bundesverband Kraftwerksnebenprodukte e. V. Düsseldorf,

Ausgabe 7/2007

Nachdruck auch auszugsweise mit Quellenangabe gestattet. Bestell-Nr. 052110



Bundesverband Kraftwerksnebenprodukte e. V.

Niederkasseler Kirchweg 97
D-40547 Düsseldorf
Telefon 0211/57 91 95
Telefax 0211/57 95 24
e-Mail: info@tbvk-online.com
<http://www.bvk-online.com>



BVK- Betontechnische Merkblätter

Merkblatt

Unterwasserbeton

Bestell-Nr. 052110
Herausgegeben vom
Bundesverband Kraftwerksnebenprodukte e. V.

Stichworte

- Unterwasserbeton
- Frischbeton
- Grundbau
- Konsistenz
- Mehlkorngesamt

Stand der Technik

Unterwasserbeton findet seine Verwendung in Bauteilen für Hafenanlagen und Brückenpfeiler, die unter Wasser hergestellt werden müssen, sowie beim Betonieren von Betonsohlen, Fundamenten in gefluteten Baugruben, Bohrpfehlern und Schlitzwänden [1-3]. Um vergleichbare Eigenschaften bezüglich Festigkeit und Dauerhaftigkeit wie bei konventionellem Konstruktionsbeton zu erreichen, sind bei tragenden Bauteilen die Anforderungen der DIN EN 206 und DIN 1045-2 zu erfüllen. Als maximaler äquivalenter Wasserzementwert ist $(w/z)_{eq} = 0,60$ festgelegt. Da der Beton zumeist über Pumpen und Schütten durch Schläuche eingebracht wird (z. B. Contractor-Verfahren) und der Frischbeton im unmittelbaren Kontakt mit dem umgebenden Wasser nicht ausgewaschen werden darf, ist ein sehr guter Zusammenhalt des Frischbetons notwendig. Hierfür werden üblicherweise Mehlkorngesamte $> 400 \text{ kg/m}^3$ sowie ein abgestimmter Kornaufbau mit einer stetigen Sieblinie eingesetzt, was sich gleichzeitig auch günstig auf die Konsistenz auswirkt. Da in der Regel bei Unterwasserbeton keine gezielte Verdichtungsarbeit geleistet werden kann und der Beton daher weitgehend selbständig entlüften und ausnivellieren muss, andererseits auch nicht entmischen darf, wird als Zielkonsistenz der Bereich F5 angestrebt. Als weitere Anforderung kann sich je nach Einsatzort ein erhöhter Widerstand des Betons gegen chemischen Angriff (z. B. Sulfat, kalklösende Kohlensäure) ergeben. Werden bei unbewehrten Unterwasserbauteilen erhöhte Zugfestigkeiten benötigt, so kann auf entsprechende Erfahrungen mit Stahlfaserbeton verwiesen werden [4].

Einsatz von Flugasche im Unterwasserbeton

Die bekannten Vorteile der Verwendung des Betonzusatzstoffs Flugasche kommen beim Unterwasserbeton im besonderen Maß zur Geltung. Der Füllereffekt wirkt sich positiv auf die Sieblinie und der Kugellagereffekt auf die rheologischen Eigenschaften des Betons aus. Durch die Einstellung ausreichend hoher Mehlkorngesamte auch bei vermindertem Zementgehalt wird die Verarbeitbarkeit und der Zusammenhalt des Betons verbessert [5]. Insbesondere bei massigen Bauteilen wird der Vorteil der geringeren Hydratationswärme flugaschehaltiger Betone genutzt [6,7]. Das hohe Nacherhärtungspotential von Beton mit Flugasche wird durch das Abbinden unter Wasser, das eine optimale „Nachbehandlung“ darstellt, in vollem Maß genutzt. Gleichzeitig wird eine hohe Dichtheit erreicht, wodurch ein hoher Widerstand gegen das Eindringen von Wasser und gegen chemische Angriffe resultiert.

Diese günstigen Eigenschaften haben dazu geführt, dass Flugasche in Unterwasserbeton mit einem k-Wert von 0,7 auf den äquivalenten Wasserzementwert angerechnet werden darf.

Auch im Hinblick auf die Umweltverträglichkeit bestehen gegen den Einsatz von Flugaschebeton im Kontakt mit Grundwasser keine Bedenken.

Anwendungsempfehlungen

Mit dem nebenstehenden Nomogramm können geeignete Betonrezepturen für normgerechten Unterwasserbeton ermittelt werden. Nach der Festlegung des Zementgehaltes (im Beispiel 290 kg/m^3) wird der Flugaschegehalt zwischen der Mindestmenge zur Einstellung des erforderlichen Bindemittelgehaltes ($f+z \geq 350 \text{ kg/m}^3$) und dem maximal anrechenbaren Flugaschegehalt ($f/z \leq 0,33$) gewählt.

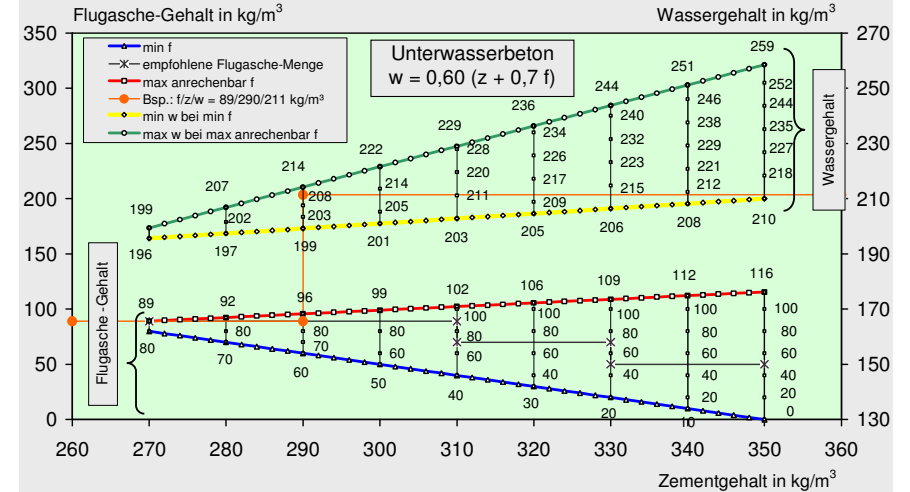


Bild: Nomogramm zur Ableitung von Unterwasserbeton-Rezepturen mit Flugasche

Der empfohlene Flugaschegehalt orientiert sich in Abhängigkeit von der feinen Gesteinskörnung an einem Mehlkorngesamt von $> 400 \text{ kg/m}^3$, im Beispiel also mehr als die rechnerisch erforderlichen 89 kg/m^3 . Der Wassergehalt ergibt sich auf Basis von $w = 0,60 \cdot (z + 0,7f)$ auf 210 kg/m^3 und kann im oberen Bereich des Nomogramms abgelesen werden.

Für spezielle Baumaßnahmen kann es erforderlich sein, von solchen Normrezepturen abzuweichen. Bei sehr massigen Fundamenten ist zur Begrenzung der Zwangs- und Eigenstresspannungen aus der Hydratationswärmeentwicklung und der daraus resultierenden Risse eine weitergehende Reduzierung des Mindestzementgehaltes sinnvoll, wobei der Mehlkorngesamt durch Flugasche kompensiert wird [7]. Beim Einsatz von Stahlfasern ist ein insgesamt höherer Leimgehalt notwendig, um die Fließ- und Entlüftungseigenschaften des Frischbetons zu gewährleisten. Nachstehende Tabelle gibt entsprechende Rezepturen für Unterwasserbetone mit Stahlfasern am Beispiel der Großbaustelle „Potsdamer Platz“ in Berlin. Die hier angegebenen Betonmischungen bedurften einer Zustimmung im Einzelfall.

Tabelle: Zusammensetzung von Unterwasserbeton, Beispiele aus [4,5]

Bauteil	Unterwasserbetonsohle		
	[5]	mit Stahlfasern [4]	mit Stahlfasern [4]
Betonfestigkeitsklasse	B25 (C20/25)	B25 (C20/25)	B25 (C20/C25)
Konsistenz	KF / KR	KF (F4)	KF (F4)
Zement	CEM III/A 32,5 250	CEM I 32,5 R 280	CEM I 32,5 R 250
Flugasche	240	220	250
Wasser	180	197	197
Zusatzmittel	FM,BV + VZ		
Stahlfasern	-	40	40