

## 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, Bohrpfehlen und Schlitzwänden [1–3]. Um bei tragenden Bauteilen die Festigkeits- und Dauerhaftigkeitseigenschaften zu erreichen, sind die Anforderungen der DIN EN 206-1 [4] und DIN 1045-2 [5] zu erfüllen. Als maximaler äquivalenter Wasserzementwert ist  $(w/z)_{eq} = 0,60$  und als Mindestzementgehalt  $z = 350 \text{ kg/m}^3$  bei einem Größtkorn von 32 mm 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 not-

wendig. Hierfür werden üblicherweise Mehlkorngehalte  $> 400 \text{ kg/m}^3$  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 F3–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 [6].

## EINSATZ VON FLUGASCHE IM UNTERWASSERBETON

Die bekannten Vorteile der Verwendung des Betonzusatzstoffs Flugasche kommen beim Unterwasserbeton im besonderen Maß zur Geltung. Die Korngrößenverteilung und Kornform wirken sich positiv auf die Packungsdichte im Mehlkornbereich (Füllereffekt) sowie auf die rheologischen Eigenschaften (Kugellagereffekt) des Betons aus. Durch die Einstellung eines ausreichend hoher Mehlkornanteils bei vermindertem Zementgehalt wird die Verarbeitbarkeit und der Zusammenhalt des Betons verbessert [7]. Insbesondere bei massigen Bauteilen wird der Vorteil der geringeren Hydratationswärme flugaschehaltiger Betone genutzt [8 und 9].

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 Dichte erreicht, wodurch ein hoher Widerstand gegen das Eindringen von Wasser und gegen chemische Angriffe resultiert.

Mit diesen günstigen Eigenschaften darf Flugasche in Unterwasserbeton mit einem k-Wert von 0,7 auf den äquivalenten Wasserzementwert angerechnet werden. Hierbei muss der Mindestzementgehalt  $z = 270 \text{ kg/m}^3$  und die Summe aus Zement und Flugasche  $z+f = 350 \text{ kg/m}^3$  betragen.

## ANWENDUNGSEMPFEHLUNGEN

Für spezielle Baumaßnahmen kann es sinnvoll sein, von einer normgemäßen Betonzusammensetzung abzuweichen. Bei sehr massigen Fundamenten ist zur Begrenzung der Zwangs- und Eigenspannungen aus der Hydratationswärmeentwicklung und den daraus resultierenden Rissen eine weitergehende Reduzierung des Mindestzementgehaltes empfehlenswert. Dabei wird der fehlende Zementgehalt durch Flugasche kompensiert [9].

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 Baumaßnahme „Potsdamer Platz“ in Berlin. Die hier angegebenen Betonmischungen bedürften einer Zustimmung im Einzelfall.

BAUTEIL	UNTERWASSERBETONSOHLE		
	[7]	MIT STAHLFASERN [6]	MIT STAHLFASERN [6]
Betonfestigkeitsklasse	B25 (C20/25)	B25 (C20/25)	B25 (C20/25)
Konsistenz	KF/KR	KF (F4)	KF (F4)
Zementart und Festigkeitsklasse Zement z [kg/m <sup>3</sup> ]	CEM III/A 32,5	CEM I 32,5 R 280	CEM I 32,5 R 250
Flugasche f [kg/m <sup>3</sup> ]	240	220	250
Wasser w [kg/m <sup>3</sup> ]	180	197	197
Zusatzmittel	FM, BV + VZ	0,50	0,42
Stahlfasern [kg/m <sup>3</sup> ]	–	40	40

Tabelle: Zusammensetzung von Unterwasserbeton, Beispiele aus [6] und [7].

## LITERATURNACHWEISE

- [1] Deutscher Beton-Verein, DBV: Wiesbaden, DBV Merkblattsammlung: Unterwasserbeton, Fassung Okt. 2014
- [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] DIN 1045-2: 2008-08: Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton – Teil 2: Beton – Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität – Anwendungsregeln zu DIN EN 206-1
- [5] DIN EN 206-1: 2001-07: Beton – Teil 1: Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität
- [6] 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
- [7] Hauptmüller, K., Trentmann, J.: Unterwasserbetonsohle ohne Fuge und Riss. BW Bauwirtschaft, Heft 7/1999, Seite 32–34
- [8] WIN Merkblatt: Beton mit niedriger Wärmeentwicklung. NW-Beton
- [9] Deutscher Ausschuss für Stahlbeton, DAFStb: DAFStb-Richtlinie: Massige Bauteile aus Beton, April 2010



**WIN**  
Wirtschaftsverband  
Mineralische Nebenprodukte e.V.

*Anschrift* Tannenstraße 2, 40476 Düsseldorf  
*Telefon* 0211 4578341  
*E-Mail* service@win-ev.org  
*Webseite* www.win-ev.org

*Hinweis:* Diese Informationen sind mit großer Sorgfalt und nach bestem Wissen zusammengestellt, eine Haftung kann jedoch nicht übernommen werden.