

Inzwischen steht es außer Zweifel: Hochleistungsbeton ist das Hightechmaterial für Ingenieurbauten. Durch spezifische Kombination der Ausgangsstoffe und der auf den jeweiligen Anwendungsfall abgestimmten Zusammensetzung lässt sich dieser Baustoff für Vorhaben nutzen, die noch vor wenigen Jahren als utopisch galten.

Kunst, filigrane Objekte oder sogar schwimmfähige Kanus entstehen aus diesem Hightechmaterial. Doch vor allem extrem belastbare, gegen chemische und physikalische Angriffe geschützte Ingenieurbauten schöpfen Widerstandskraft, technische Funktionalität und visuelle Ästhetik aus seinen elementaren Möglichkeiten.

Auch wirtschaftlich?

Neue Freiheitsgrade für die Architektur und für Architekten sowie mehr Leistungsvermögen für Technologie und Engineering gibt es sicher nicht zum Nulltarif. Das Ergebnis unserer Betrachtung sei hier bereits vorweggenommen: Hochleistungsbeton ist teurer als Normalbeton, aber dennoch "bezahlbar". Auf die Frage nach dem wirtschaftlichen Einsatz und dem wirtschaftlichen Bauen gibt es allerdings keine allgemein gültige Antwort. Wie unsere Übersicht verdeutlicht, sind es Vorteilskombinationen, die zur Gesamtwirtschaftlichkeit führen. Zur Gewährleistung der Rentabilität und Produktivität von Hochleistungsbetonen sind jedoch Ingenieure mehr gefordert als bisher. Ohne Fachwissen und mehr spezifische Kompetenz geht es nicht.

Fortschritte seit den 90er Jahren

Das Bestreben, die Druckfestigkeit zu erhöhen, war das Motiv zur Weiterentwicklung des "klassischen" Betons. Konstruktionen mit schlanken und dadurch auch wirtschaftlicheren Beton-elementen erfordern mehr Druckstabilität. Daneben lassen sich mit einem dichteren Gefüge diverse nützliche Eigenschaften weiter verbessern. So zeigen sich zum Beispiel mit Betonverflüssiger (anstelle von Wasser) behandelte Betone viel widerstandsfähiger gegen äußere chemische und mechanische Beanspruchungen. Sie sind dauerhafter und resistent gegen Frost, Tausalz, Meerwasser sowie die korrosionsfördernden Stoffe unserer Umweltbelastung.

In Deutschland kam erstmals 1991 hochfester Beton im Hochbau zum Einsatz. Das Trianon-Hochhaus in Frankfurt am Main erhielt Stützen und Wände aus einem Beton der Festigkeitsklasse B 85. Aus der schlankeren Tragwerksausführung resultierten ein Zuwachs an

vermarktungsfähiger Gebäudefläche und trotz höherer Stoff-, Verarbeitungs- und Überwachungskosten war dies ein wirtschaftlicher Vorteil für den Investor. Hierzu trug auch der schnellere Baufortschritt bei.

Läuft alles nach Plan, entsteht 2005 mit der Gärtnerplatzbrücke in Kassel das europaweit erste größere Brückenbauwerk aus UHPC (Ultrahochleistungsbeton = Ultra High Performance Concrete).

Für Hoch- und Höchstleistungen

Doch wer oder was macht eigentlich aus dem Beton einen Hochleistungsbeton?

Dieser zeichnet sich durch ein dichtes und homogenes Gefüge mit einem geringen Kapillarporenanteil aus. Generell sind es Betone, die gegenüber "klassischen Typen" einen höheren Zementgehalt und einen geringeren Wasserzementwert aufweisen. Dazu kommt eine an den gewünschten Eigenschaften orientierte Zugabe Hohlraumfüllender, durch Steinkohle, Trass oder Silicastaub puzzolantisch wirkender Zusatzstoffe. Damit fallen auch Walzbetone, hochfeste Leichtbetone, Porenbetone oder Konstruktionsleichtbetone unter diese Definition. Massenbetone mit niedriger Hydrationswärmeentwicklung und geringerer Rissneigung oder auch Betone, die neben hoher Festigkeit eine höhere Dichte aufweisen sowie kunst- oder stahlfaserarmierte Varianten und die selbstverdichtenden Betone zählen gleichfalls zu den in Deutschland noch verhältnismäßig wenig genutzten Hochleistungsbetonen.

Innovativ nach Norm

Die Anfang 2005 geltende Betonnorm DIN 1045 klassifiziert die Hochleistungsbaustoffe mit dem Druckfestigkeitsbereich zwischen 65 und 115 N/mm².

Varianten, die den normierten Bereich übersteigen, werden als ultrahochfeste Betone (UHFB) bezeichnet. Sie erreichen Druckfestigkeiten bis bis 230 N/mm². Damit stellen sie momentan die höchste Innovationsstufe der Betontechnologie und Betonbauweise dar. Mörtel und Betone mit Druckfestigkeiten bis 800 N/mm² sind zurzeit in der Entwicklung.

UHFB erfordern jedoch sehr spezifische Kenntnisse bei der Wahl der Ausgangsstoffe und Nachbehandlungsverfahren sowie zur vollständigen Ausnutzung des technischen Leistungsvolumens. Spezialisten-Know-how für Entwurf, konstruktive Durchbiegung und Bauausführung gilt daher als Grundvoraussetzung für den wirtschaftlichen Einsatz.

Die Herstellung und Anwendung hochfester Betone ist in DIN EN 206-1 / DIN 1045-2 geregelt, die Überwachung in DIN 1045-3. Für diese Betone sind viele Vorschriften zu beachten. Zusätzlich ist eine allgemeine bau-



Bühnen sichern die Ostfriesischen Inseln gegen die Nordsee. Auf Borkum wurde Bühne 34 erneuert. Über hundert bis zu 13,5 Tonnen schwere Betonfertigteile schützen jetzt die Kernspundwand gegen Korrosion und Sandschliff. Mit Hilfe des Programms SICOTOP entwickelten die Ingenieure der NORDBETON GmbH Fertigteilewerk Friesoythe und der SICOTAN/Sievert-Baustoffgruppe, Osnabrück, eine wirtschaftliche Lösung. Der Beton garantiert eine hohe Abriebfestigkeit gegen Sandschliff, Beständigkeit gegen Frost-/Tau-Wechsel unter Seewasser-einfluss und eine besondere Maßhaltigkeit der Fertigelemente. In die Elemente integrierte Hohlkammer-Dichtungsprofile verhindern ein Auslaufen des kolloidalen Füllbetons.

aufsichtliche Zulassung oder eine Zustimmung im Einzelfall erforderlich.

... was man daraus macht

... was man daraus macht

Den Anwendungsbereich von Hochleistungsbetonen regeln die spezifischen Eigenschaften. Vorteile bringen sie für druckbeanspruchte Bauteile ohne größere Exzentrizitäten (Stützen, Wände usw.), für Bauteile mit hoher mechanischer und/oder chemischer Beanspruchung, für Verbundkonstruktionen (stahlprofilummantelte Stützen, Verbunddecken und -träger) sowie für Spezialkonstruktionen (Behälter) etc.

Wegen der großen Steifigkeit hochfester Betone und der hieraus resultierenden geringen Formänderung beanspruchter Elemente eignen sie sich auch als Brückenträger oder Balken. Wasser-, Abwasser- und Offshorebauwerke, Kühltürme und auch Chemikalienlager oder andere Gewerke zum Schutz gegen umweltgefährdende Stoffe gehören zu ihrer Domäne. Nicht zuletzt erschließen sie neue Möglichkeiten für die Gestaltung von vielfältigen Verbund- und Sonderkonstruktionen.

Besonders deutlich wird dies am Beispiel der UHFB (ultrahochfesten Betone), die hochtragfähig sind und dabei leichte, filigrane Bauweisen ermöglichen.

Leistung durch Betonzusatzmittel

Durch ihre geringeren Wassergehalte sind verarbeitungsgerechte Konsistenzen bei hochfesten Betonen nur durch spezielle Betonverflüssiger und/oder Fließmittel erzielbar. Die Entwicklung hochfester Varianten ist somit eng mit der Verfügbarkeit leistungsfähiger verflüssigen-



© ZAHA HADID OFFICE
www.zaha-hadid.com



Bild: BDZ
www.bdzement.de

750 Teilnehmer von Hochschulen, Fachhochschulen und Bau-Ausbildungszentren in Deutschland bewiesen mit 57 selbst gebauten Betonbooten, dass Beton schwimmt und auch wettkampftauglich sein kann. Um PR und um den berühmten "Aha-Effekt" geht es dem Bundesverband der Deutschen Zementindustrie e.V., Köln, der die Regatta alle zwei bis drei Jahre an wechselnden Orten veranstaltet (2005 in Heidelberg).

der Zusatzmittel, wie die auf Polycarboxylat, Melaminharz und Naphtalinsulfonat basierenden Typen, verbunden. Die neue Betonnorm regelt die gegenüber normalfesten Betonen höheren Dosierungen. Angestrebt werden besonders fließfähige und auch selbstverdichtende Strukturen. Selbstverdichtender Beton (SVB) muss aber nicht unbedingt hochfester Beton sein, obwohl das dichte Betongefüge im Normalfall auch mit hohen Druckfestigkeiten einhergeht.

Selbstverdichtender Beton SVB

Der freien Gestaltbarkeit von Bauteilen aus Transportbeton sind nur durch Einbaumöglichkeiten und Rütteltechnik Grenzen gesetzt. Die Notwendigkeit, Betoniergassen und Rüttelgassen oder aufwändige Außenrüttler bei den



© ZAHA HADID OFFICE
www.zaha-hadid.com

Phaeno Science Center Wolfsburg

Phaeno bietet spielerischen, unterhaltsamen Zugang zu Naturwissenschaft und Technik. An 250 Exponaten, in Science Labs, im Ideenforum und im Wissenschaftstheater werden voraussichtlich jedes Jahr über 250.000 Besucher experimentieren.

Damit Zaha Hadids "außerirdisches Wunderwerk" ohne einen rechten Winkel 2005 Realität werden kann, mussten Architekten, Statiker und Betonfachleute für die Stadt Wolfsburg an die Grenzen des technisch Machbaren gehen: Der großflächige Einsatz eines neuen Selbstverdichtenden Betons bekam dafür eine Zulassung im Einzelfall. Die phaeno-Baustelle gilt nicht zuletzt unter den Gesichtspunkten Statik, Decke und Fassade als "innovativste Baustelle Europas".

Geometrisch höchst anspruchsvolle Schalungsformen, extrem schräge Flächen und unterschiedlichste Neigungswinkel stellen die Ausführungsplanung vor immer neue Herausforderungen.

Die einfache Beschreibung "Tischplatte mit zehn Füßen" wird dem extrem komplexen statischen System nur äußerlich gerecht. Die kegelförmigen Gebäudeteile im Erdgeschoss sind statisch durch die Hauptdecke miteinander verbunden und stützen sich gegenseitig über die durchlaufende Deckenscheibe. Eine individuelle Standsicherheit einzelner Bauteile ist nicht gewährleistet – nur im vollständig geschlossenen statischen System entsteht ein Gleichgewicht.

Bauteilen vorzusehen, entfällt mit SVB weitestgehend. Somit sind Betonagen von großen Längen, neue Füllmöglichkeiten oder dünnere Querschnitte möglich. U-förmige Bauteile können von einer Seite aus von oben vollständig gefüllt werden. Sogar ein Ausnivellieren der Füllhöhen in beiden senkrechten Seiten des U-Querschnitts ist bei einseitiger Füllung möglich. Der Erfolg der Betonage wird nur von der Fähigkeit des Selbstverdichtens des angelieferten werkgemischten Transportbetons bestimmt. SVB darf in Deutschland nur mit allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung angewendet werden. Die bisher bekannteste Einzelmaßnahme mit SVB ist das Science Center in Wolfsburg (links unten).

Stahlfaserbewehrter SVB

Für überwiegend auf Druck beanspruchte Bauteile eignet sich stahlfaserbewehrter SVB. Die einfache, vollständige Füllung der Schalung (oder auch einer Doppelwand) wird durch die Selbstverdichtung erreicht. Die Stahlfasern übernehmen die Aufgabe der konstruktiven Bewehrung, somit kann in vielen Fällen das gesamte Werk der Eisenbiegens und das Einbringen zusätzlicher Bewehrung entfallen. Derartige Lösungen sind trotz höherer Kubikmeterpreise für SVB, wegen des einfacheren und sichereren Bauablaufes, oftmals wirtschaftlicher als konventionelle Lösungen. Obwohl eine Vielzahl Transportbetonwerke über Zulassungen und entsprechende Lizenzen verfügen, hat sich SVB noch nicht generell auf Baustellen, wo er eine deutliche Rationalisierung bringen würde, durchgesetzt.

Stahlfaserbeton

... ist ein nicht genormter Baustoff, dem zum Erreichen bestimmter Eigenschaften Stahlfasern mit unterschiedlichen Formen und aus unterschiedlichen Stahlsorten zugegeben werden. Wichtig: Für den Einsatz in statisch relevanten Bereichen ist eine Zustimmung im Einzelfall oder die bauaufsichtliche Zulassung erforderlich.

Vorteile: erhöhte Schlagfestigkeit, Verschleißwiderstand, verbessertes Bruchverhalten, höhere Grünstandsfestigkeit, eventuell auch Erhöhung der Biegezug-, Spaltzug- und zentrischen Zugfestigkeit. Anwendungen: Betonrohre, Rammpfähle, Industrieböden, Kellerwände, Fertiggaragen, Spritzbeton für Tunnelauskleidungen, Hangsicherungen etc.

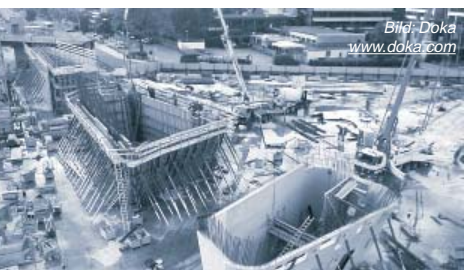


Bild: Doka
www.doka.com

Kunstfertigkeiten

Seit Beginn des 20. Jahrhunderts gehören Zement und Beton zu den Stoffen, mit denen Künstler Objekte gestalten: Abstrakte Kompositionen, geometrische Figuren, Skulpturen, Bilder, Reliefs, Abgüsse, Statuen wurden durch Beton Realität.

Beton bietet viele Ausdrucksmöglichkeiten. Sein Gestaltungsreichtum ist nahezu unbegrenzt, seine Oberflächen sind vielfältig. Darin liegt der Reiz für Künstler – aber auch für Architekten. Durch die Formbarkeit des Baustoffs und seine Ausdrucksmöglichkeiten lassen sich kreative Ideen und Visionen verwirklichen. Die Raum und Flächen bildenden Eigenschaften, die mannigfaltigen Varianten der Oberflächenstrukturen und die formale Flexibilität machen Beton zu einem universell einsetzbaren Gestaltungsmittel und Werkstoff.

Beton ist Baustoff und Kunststoff mit fantastischen Möglichkeiten für Kreativität, Architektur und ingenieure Höchstleistungen.

Betonzusatzstoffe

Zur Herstellung von Betonen mit besonders dichtem Gefüge werden feinstkörnige Zusatzstoffe wie Silicastaub, Hochofenschlacke, Flugasche etc. eingesetzt. Sie verbessern die Verarbeitungseigenschaften, reduzieren den Wasseranspruch des Betons und steuern die Hydrationswärme.

Textilbewehrter Beton

Vor wenigen Wochen hat das Deutsche Institut für Bautechnik die „Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung“ für Fassadenplatten aus Betonwerkstein erteilt. Die textilbewehrten dünnwandigen Fassadenplatten eignen sich besonders zur Sanierung bestehender Gebäude. Wegen des geringen Gewichts ist eine Verankerung in weniger tragfähigen Untergründen möglich. Da die zur Bewehrung eingesetzten textilen Glasfasern im Stahlbeton nicht rosten können, benötigen sie als Ummantelung weniger Material und erreichen dennoch gleiche und teils sogar bessere mechanische Eigenschaften. Neben der Leichtigkeit des neuen Betons sind für den Einsatz die freie farbliche Gestaltung sowie die verschiedenen Oberflächenbearbeitungen (glatter Sichtbeton und fein gewaschene, gesäuerte, gestrahlte oder geschliffene Oberfläche) entscheidende Argumente.

Durch ein spezielles Textilgewirk aus Glasfasern wurde an der Dresdner TU eine neue Bewehrung für Beton entwickelt. Damit kann der Baustoff leicht, flexibel und sehr dünn verarbeitet werden und gewinnt an Stabilität. Als Beispiel, zur Demonstration der Leistungsfähigkeit dieses neuen Verbundbaustoffes, stellten Dresdner Bauingenieurstudenten Betonkanus her. Die Boote waren über 4 Meter lang, 70 cm breit und 40 cm hoch. Sie bestanden aus textilbewehrten Feinbeton mit Wandstärken von nur 2 bis 5 mm und waren voll funktionsfähig. Durch Anwendung von Leichtzuschlägen (geblähte Glaskugeln bis 1mm Durchmesser) anstelle von Sand konnte das Gewicht extrem gesenkt werden.

Hochleistungsbeton ...

... ist der Hightech-Baustoff für kilometerlange Brücken, für die höchsten Häuser der Erde, für futuristische Bauwerke über und unter Wasser, für sichere Staudämme, für innovative Fertigungshallen und funktionale Bürogebäude, für Einkaufszentren, Fußballstadien und Arenen, für Verkehrs-, Straßen-, Tief- und Tunnelbauwerke, für architektonische Meisterleistungen, ingenieure Genialität, für Skulpturen, Regattaboote sowie zukunftsorientiertes und wirtschaftliches Bauen.