

# Beton – mehr als Steine und Zement

Es kommt drauf an, was man daraus macht, so lautete der Werbespruch der Betonindustrie in den siebziger und achtziger Jahren des vergangenen Jahrhunderts, um dem schlechten Image des Betons entgegenzutreten. Mittlerweile lässt sich aus Beton dank weiterentwickelter Zusatzstoffe, Oberflächenbehandlungsmethoden und Bewehrung eine Menge machen.



Ingrid Schegk

Beton ist kein wirklich moderner Baustoff. Die wohl erste systematische Verklebung von Steinen und Sand zu neuen Bauteilen mit hoher Druckfestigkeit nach dem Vorbild natürlicher Konglomerate wurde bereits etwa seit Beginn des 3. Jahrhunderts v. Chr. und insbesondere im römischen Reich entwickelt. Die römischen Baumeister stellten Mischungen aus Steinen, Sand, Resten von gebranntem Ziegelmaterial, Wasser und gebranntem Kalkstein her und nannten Verfahren und Baustoff *opus caementitium*. Sie verwendeten ihn zunächst für Mauern, Brücken und Hafenmolen, später auch für Kuppelbauten mit teilweise riesigen Abmessungen. Berühmtestes Beispiel ist das Pantheon in Rom, erbaut 115 bis 126 n. Chr., mit einem nicht einmal vom Petersdom erreichten Kuppelinnendurchmesser von 43,30 Meter. Die Form ergab sich bei den römischen Betonbauten aus einer Schale aus vorher aufgemauerten Ziegeln oder Natursteinen oder durch eine Schalung aus Holzbrettern und -balken. Der Mauerkerne übernahm meist die tragende Funktion. Teilweise

wurden bereits Eisenstäbe zur Bewehrung eingelegt. Der Römerbeton erreichte Druckfestigkeiten bis über 35 N/mm<sup>2</sup>. Auch Recyclingtechniken waren gebräuchlich, beispielsweise die Zugabe von Scherben und Altbaustoffen. Während der Zeit der Völkerwanderung ging das Wissen um den Baustoff Beton aber größtenteils verloren. Erst im 18. Jahrhundert wurde Beton als „moderner“ Baustoff wiederentdeckt. Beton besteht bekanntlich aus Gesteinskörnungen, Zement und Wasser. Die Mischung wird als Frischbeton in breiartiger bis flüssiger Konsistenz in eine Schalung gefüllt, deren Abdruck das erstarrte Bauteil aus Festbeton darstellt – mit Druckfestigkeiten bis zu 60 N/mm<sup>2</sup> und mehr. Meist ist für die Funktion des Bauteils auch Zugfestigkeit erforderlich, die in der Regel durch eine Bewehrung aus Stahl erreicht wird. In jedem dieser Schritte des Bauprozesses tragen heute aktuelle Entwicklungen in der Betontechnologie zur technischen Verbesserung und funktional und gestalterisch immer größeren Vielseitigkeit des Baustoffs bei.

## Betonzusätze

Neben den drei Hauptbestandteilen des Betons werden meist noch Betonzusatzmittel oder -stoffe zugegeben, um durch deren chemische oder physikalische Wirkung bestimmte Betoneigenschaften zu erreichen (vgl. Tabelle Seite 18). Viele moderne Betonarten sind ohne diese nicht denkbar. Die Zugabe von Luftporenbildnern beispielsweise kann die Frosthärtigkeit des Betons erheblich verbessern. Sie bewirken beim Mischen des Betons gleichmäßig verteilte, kleine kugelförmige Luftporen mit Durchmessern zwischen 0,01 und 0,5 Millimeter, die im erstarrten Beton bei Frost den Gefrierdruck des Porenwassers aufnehmen können, wodurch der Frost-Tausalz-Widerstand steigt. Betonbauten der Expositionsklasse XF4, etwa Belagsflächen, die mit Taumittel behandelt werden oder im Spritzwasserbereich taumittelbehandelter Flächen liegen, erfordern generell die Zugabe von Luftporenbildnern. Auch für Wasserbau-Elemente aus Beton kann diese empfehlenswert sein. Fließmittel und Stabilisierer ermöglichen den sogenannten selbstverdichtenden

Beton (SVB beziehungsweise englisch SCC), der keine der gängigen Verdichtungsarten wie die Rüttelflasche erfordert, sondern sich selbst, allein durch den Einfluss der Schwerkraft, fast weitgehend entlüftet und vollständig verdichtet. Mit dieser als Frischbeton extrem fließfähigen Betonart lassen sich komplizierte, hinterschnittene, filigrane oder dicht bewehrte Bauteile realisieren. Das Betongefüge ist so dicht, dass auch strukturreiche Schalungen exakt wiedergegeben werden. Verzögerer schließlich lassen sich auch gezielt bei der Gestaltung der Betonoberfläche einsetzen. Auf die Schalhaut aufgetragen, bewirken sie ein verzögertes Abbinden der Betonoberfläche, die dann ausgewaschen werden kann, gleichmäßig oder sogar in Form bildlicher Darstellungen. Eine Weiterentwicklung des Waschbetons ist der Fotobeton, bei dem ein Fotomotiv seitenverkehrt mit Abbindeverzögerer auf eine Trägerfolie für die Schalung gedruckt wird. Nach dem Ausschalen lassen sich die noch nicht vollständig erstarrten Bereiche fein auswaschen und das Foto wird sichtbar.

## Schalung und Oberflächenbehandlung

In Verbindung mit der entsprechenden Betonrezeptur lässt sich durch eine Schalung eine interessant strukturierte Oberfläche erreichen. Umfassende Möglichkeiten bieten dabei Strukturmatrizen aus hochelastischem Kunststoff. Neben einer Fülle von Standardmatrizen besteht auch die Möglichkeit, Matrizen nach individuellen Vorlagen anfertigen zu lassen. Ein spezielles Verfahren dazu ist das 1999 von der Firma P+P patentierte Vectogramm-Verfahren, bei dem eine spezielle Software Grauwerte in Strukturtiefen beziehungsweise Bildvorlagen in Fräsbefehle umwandelt. Aus einem Foto entsteht so eine Strukturmatrize mit unterschiedlich tiefen und unterschiedlich breiten Rillen, die aus größerer Entfernung als Abbildung erlebbar ist. Soll die strukturierte Oberfläche möglichst lange wie neu erhalten bleiben und vor Patina, Verschmutzung oder Graffiti geschützt werden, muss sie nachbehandelt werden. Bei der sogenannten Hydrophobierung wird die grundsätzlich poröse Oberfläche mit speziellen Mitteln meist



Der Pavillon der Betonmarketing Süd GmbH auf der Landesgartenschau in Neu-Ulm zeigt Gestaltungsmöglichkeiten mit Beton. Im Bild oben: die Wand des Pavillons mit einer Bambus-Strukturmatrize; unten: transluzenter Beton, in dem dicht geschichtete Glasfasern natürliches oder künstliches Licht durch den Beton leiten.



Durch Luftporenbildner nehmen die beim Mischen des Betons gleichmäßig verteilten, kugelförmigen Luftporen im erstarrten Beton bei Frost den Gefrierdruck des Porenwassers auf.



Flowstone-Stelen mit Farbpigmenten: Abbindeverzögerer verlangsamen das Abbinden der Oberfläche, die sich dann auswaschen lässt, gleichmäßig oder in Form bildlicher Darstellungen.



Beim Vectogramm-Verfahren wandelt eine Software Grauwerte in Strukturtiefen oder Bildvorlagen in Frästiefen um. Aus einem Foto entsteht so eine Strukturmatrize.



Hochfester, selbstverdichtender Beton ermöglicht scharfe Kanten. Die Hydrophobierung der Oberfläche mit Mitteln auf Basis von Silanen oder Siloxanen führt zu einem Abperleffekt.



Die Architekturfakultät der TU München hat einen Holzleichtbeton entwickelt, der sich aus Zement, Sägespänen beziehungsweise -mehl, Wasser und Additiven zusammensetzt.



#### Literatur:

Heinz-Otto Lamprecht: *Opus caementitium. Bautechnik der Römer*. Beton-Verlag, Düsseldorf, 1996

Martin Peck: *Baustoff Beton. Planung, Ausführung, Beispiele*. Edition Detail, München 2005

Christian Schätzke, Hartwig N. Schneider: *Textilbeton*. In: Peck, 2005

Roland Krippner: *Holzleichtbeton – Eigenschaften und Einsatzmöglichkeiten*. In: Peck, 2005

Rupert Springenschmid: *Betontechnologie für die Praxis*. Bauwerk Verlag Berlin, 2007

Peter Schießl, Christoph Gehlen, Christian Sodekat: *Dauerhafter Konstruktionsbeton für Wasserbauwerke*. In: Konrad Bergmeister, Johann-Dietrich Wörner (Hrsg.): *Betonkalender 2008*, Band 1

Betonzusatzmittel			Betonzusatzstoffe	
volumenmäßig irrelevant, spielen für die Massen- / Stoffraumberechnung des Betons keine Rolle			volumenmäßig relevant, sind bei der Massen- / Stoffraumberechnung des Betons zu berücksichtigen	
Wirkungsgruppe	Kurz-zeichen	Farbkenn-zeichnung	Wirkungsgruppe Typ nach DIN EN 206-1 und DIN 1045-2	Beispiel
Betonverflüssiger	BV	gelb	Typ I: nahezu inaktive Zusatzstoffe	Farbpigmente Gesteinsmehle Stahlfasern organische Zusätze u.a.
Fließmittel	FM	grau		
Fließmittel/Verzögerer (Kombinationsprodukt)*	FM	grau		
Luftporenbildner	LP	blau		
Dichtungsmittel	DM	braun		
Verzögerer	VZ	rot		
Erhärtungsbeschleuniger	BE	grün		
Erstarrungsbeschleuniger	BE	grün		
Erstarrungsbeschleuniger für Spritzbeton*	SBE	grün	Typ II: puzzolanische oder latent hydraulische Zusatzstoffe	Hüttensand Steinkohlenflugasche natürliche Puzzolane Silicastaub u.a.
Zusatzmittel für Einpressmörtel	EH	weiß		
Stabilisierer	ST	violett		
Chromatreduzierer*	CR	rosa		
Recyclinghilfen*	RH	schwarz		
Schaumbildner*	SB	orange		
Sedimentationsreduzierer*	SR	gelb-grün		

\* nicht für Beton nach DIN EN 206-1 und DIN 1045-2 bzw. Zulassung erforderlich

auf der Basis von Silanen oder Siloxanen behandelt. Sie kann danach weniger Flüssigkeit aufnehmen, ein Abperleffekt entsteht, durch den die Oberfläche sauberer bleibt und auch leichter zu reinigen ist. Die Wirkung lässt allerdings nach einigen Jahren nach. Einen weitergehenden Schutz bieten die Anti-Graffiti-Systeme, die auf der Betonoberfläche eine Trennschicht bilden, so dass die aufgesprayte Farbe letztendlich damit nicht in Berührung kommt und relativ leicht wieder entfernt werden kann. Man unterscheidet semipermanente Systeme, die bei der Reinigung teilweise mit entfernt werden, und permanente Systeme. Als ganz neue Entwicklung in diesem Bereich gilt die fotokatalytisch aktive Betonoberfläche, bei der im Zement enthaltene Partikel aus Titandioxid ( $TiO_2$ ) unter UV-Einfluss als Fotokatalysatoren den natürlichen Oxidationsprozess beschleunigen und damit die schnellere Zersetzung von Schadstoffen bewirken.

#### Bewehrung

Die gängigen Stahleinlagen zur Bewehrung von Beton haben den großen Nachteil, dass sie bei zu geringer Überdeckung korrodieren und Schäden verursachen. Die Mindestüberdeckung für bewitterte Bauwerke beträgt vier Zentimeter. Soll die Betonoberfläche nachbehandelt, zum Beispiel gewaschen oder gestockt werden, muss ein Zuschlag gegeben werden. Dies bewirkt immer eine gewisse Grunddicke des Bau-

teils. Durch eine Bewehrung mit Fasern oder Textilien lassen sich dagegen dünnwandige und dabei zugfeste Bauteile herstellen. Während Faserbeton schon etwas länger gebräuchlich ist und beispielsweise zur Herstellung von dünnchaligen Fels-elementen nach Abdrücken von natürlichen Felsformationen genutzt wird, stellt Textilbeton eine neue Betontechnologie dar. Im Rahmen der Sächsischen Landesgartenschau in Oschatz wurde 2006 die wohl weltweit erste Brücke aus Textilbeton, eine Entwicklung der TU Dresden, über die Döllnitz gebaut. Ein nächster Schritt könnte vielleicht die Bewehrung des Betons mit Pflanzenfasern sein. Der im asiatischen Raum lange verbreitete, bambusbewehrte Beton gewinnt in diesem Zusammenhang vor allem auch bei uns an Interesse.

#### Ein Ausblick

Aktuelle Entwicklungen im Bereich der Betontechnologie zeigt der Ausstellungsbeitrag der Betonindustrie auf der Landesgartenschau 2008 in Neu-Ulm, der unter dem Motto „grün concret(e)“ steht. Der wesentliche Gestaltungsansatz des Entwurfs für die Ausstellungsparzelle besteht darin, Grün und Beton zu verzahnen beziehungsweise natürliche und pflanzliche Strukturen auf den technisch gefertigten Baustoff zu transferieren. Dies geschieht einmal in stark abstrahierter Form wie dem „Blätterdach“ des zentralen Beton-Pavillons, zum anderen durch

die Übertragung natürlicher Texturen auf Betonbauteile. Auch in baulogistischer Hinsicht sind dort interessante Ansätze zu sehen. So setzte man beispielsweise eine Neuentwicklung zum Stocken von Sichtbetonflächen ein. Der temporären Nutzung der Anlage trug man durch die Verwendung von großformatigen Fertigteilen sowohl im Fundamentbereich als auch bei den gestalterisch wirksamen Wandelementen Rechnung. Neben Oberflächen mit Vegetationsstrukturen, Stelen aus Flowstone (selbstverdichtender Beton) und Faserbetonelementen mit Felsstruktur sind als besondere Innovationen Wandelemente aus Holzbeton ausgestellt, eine Entwicklung der TU München, und solche aus transluzentem Beton, in dem dicht geschichtete Glasfasern natürliches oder künstliches Licht verlustfrei durch den Beton leiten. Dieser beinahe wie japanisches Reispapier wirkende Beton kann tatsächlich die Meinung widerlegen, dass Beton nicht schön, edel, filigran und sogar warm wirken kann. ■