

bauwerk

Forum für Kunden und Partner der CEMEX Deutschland AG

Nr. 4 / Juli 2007

Bauen in der Innenstadt 6

Beton-Instandsetzung
in der Praxis 14

Stahlfaserbeton –
eine Baustoffinnovation 18



Dr. Volker Schübel
Vice President Materials
der CEMEX Deutschland AG

Branche & Unternehmen

- 03 Bauwirtschaft: Alles teurer?
- 04 Höhen und Tiefen im 1. Quartal 2007

Titel

- 06 Bauen in der Innenstadt –
Mit dem Fahrmischer durch die Rushhour

Technologie & Projekte

- 08 High-Tech-Baustoff im Untergrund
- 10 Prüfen und Praxis
- 13 Wissenswertes in Kürze: Hüttensand
- 14 Beton-Instandsetzung in der Praxis

Dialog & Service

- 16 Total auf Draht mit Stahlfaserbeton
- 18 Stahlfaserbeton – eine Baustoffinnovation?

International

- 20 Palacio de las Artes de Valencia (Spanien)

Liebe Leserinnen und Leser,

„die Baukonjunktur boomt wie seit mehr als zehn Jahren nicht“ war Anfang Mai in der „Süddeutschen Zeitung“ zu lesen. Tatsächlich verzeichnete die Bauwirtschaft in den vergangenen ein bis zwei Jahren ein erhebliches Auftragswachstum und es entstanden neue Arbeitsplätze. Zu diesem Aufschwung haben allerdings auch Faktoren beigetragen, die nur kurze Zeit wirkten und deshalb das Bild verzerren. Die Abschaffung der Eigenheimzulage und die Mehrwertsteuererhöhung bewirkten einen Vorzieheffekt, der jetzt dazu führt, dass der Wohnbau sich vorübergehend schwächer entwickelt als die übrige Bautätigkeit. Doch vieles spricht dafür, dass sich die gute Entwicklung der Gesamtwirtschaft weiterhin positiv auf die Baunachfrage auswirken wird (vgl. S. 3).

In jeder Konjunkturlage sehen wir unsere Herausforderung als Ihr Baustofflieferant darin, Ihre Wettbewerbsfähigkeit durch rationelle Baustoffe sowie technologische Beratung und Unterstützung auf der Baustelle zu steigern. Stahlfaserbeton oder Beton mit erhöhter Säurewiderstandsfähigkeit, die in dieser bauwerk-Ausgabe beschrieben werden, sind Beispiele dafür, wie moderne Baustoffe schnelleres und wirtschaftlicheres Bauen ermöglichen. Der weltweite Erfahrungsschatz von CEMEX und das umfangreiche Wissen unserer Experten vor Ort fließen in die ständige Weiterentwicklung unserer Baustoffe ein.

Ihr

Dr. Volker Schübel
Vice President Materials
der CEMEX Deutschland AG

Titelfoto:

Einkaufs- und Freizeitcenter Alexa, Berlin (Foto: Anne Silbereisen)

Impressum:

Herausgeber: CEMEX Deutschland AG, Abt. Marketing-Kommunikation, Daniel-Goldbach-Str. 25, 40880 Ratingen / Verantwortlich: Christiane Grahle, CEMEX Deutschland AG / Redaktion: Anja König, Mechthild May-Jakoby / Kontakt: 0 21 02 / 4 01-332 / E-Mail: info.de@cemex.com / Redaktionelle Mitarbeit/Grafik/Satz: Pleon GmbH, Bonn / Druck: Druckerei Preuß, Ratingen / Bildquellen: CEMEX Deutschland AG, S. 3: Panther Media GmbH, S. 6: Anne Silbereisen, S. 8: privat, S. 18: privat / Erscheinungsweise: vier Ausgaben pro Jahr / Namentlich gekennzeichnete Artikel geben nicht unbedingt die Meinung der Redaktion wieder.

Bauwirtschaft: Alles teurer?

„Alles ist viel teurer geworden!“ ist ein oft ausgesprochener Satz. Inwieweit gilt dieser Eindruck für die Preise von Gebäuden bzw. Bauleistungen? Das Preisniveau für Neubauleistungen lag gemäß EUROCONSTRUCT in Deutschland 2006 nur 4 % über dem Niveau des Jahres 2000.

Die Preisstabilität in Deutschland ist die Folge des langjährigen Abschwungs am Bau. Bei rückläufiger Bautätigkeit muss jedes Unternehmen um jeden Auftrag kämpfen. Kostensteigerungen konnten nicht mehr an die Kunden weitergegeben werden. Was den Bauherren freut, hatte für die Bauindustrie und das Baugewerbe verheerende Folgen. Etliche Insolvenzen führten zu einem massiven Arbeitsplatzabbau. Waren 1995 noch 1,4 Millionen Mitarbeiter im Bauhauptgewerbe beschäftigt, so hat sich die Zahl 2006 glatt auf 0,7 Millionen halbiert.

Seit zwei Jahren ziehen die Preise wieder etwas an. Der Auftragsschub im letzten Jahr war die Triebfeder. Besonders ausgeprägt war dies im Straßenbau. Endlich konnten die Kostensteigerungen teilweise an die Kunden weitergegeben werden. Allein die Strompreise sind im letzten Jahr um knapp 20% gestiegen.

Zu Euphorie besteht jedoch kein Anlass. Die Baubranche befindet sich allenfalls auf dem Weg zur Normalität. Die Lebenshaltungskosten sind in den letzten Jahren schneller gestiegen als die Baupreise. Der Tarifabschluss im Bauhauptgewerbe (+ 3,5% im Jahr 2007) wird die Lohnkosten entsprechend erhöhen. Die Mehrwert-

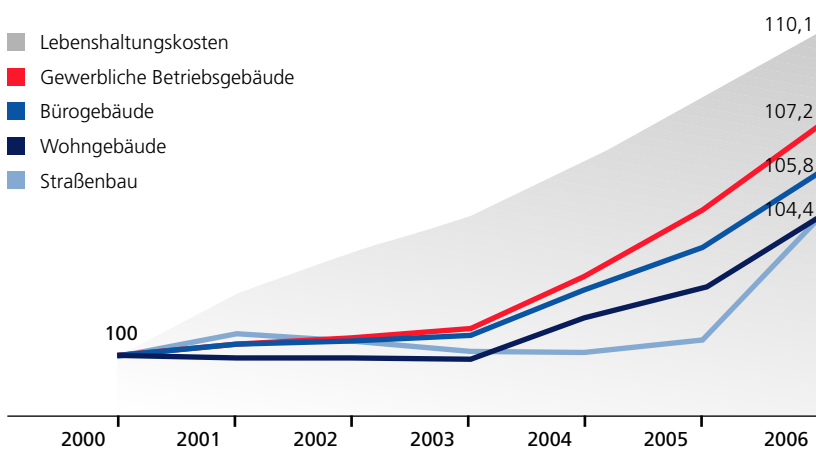
steuer ist am 1. Januar 2007 um 3 Prozentpunkte gestiegen. Schließlich gibt es auch bei einigen Baustoffen noch einen erheblichen Nachholbedarf. Ende 2006 lagen die Zement- und Transportbetonpreise noch unter dem Niveau von 2000 (Quelle: Statistisches Bundesamt).

2007 wird Bauen allerdings deutlich teurer als in der Vergangenheit. Im ersten Quartal dieses Jahres lagen die Preise für neue Hochbauten knapp 8% über denen des Vorjahresquartals. Die – begünstigt durch den milden Winter – rege Bau-

nachfrage hat geholfen, die steigenden Energie- und Materialkosten sowie die Mehrwertsteuererhöhung weiterzugeben. Die ausgezeichnete Wirtschaftsentwicklung – das Bruttoinlandsprodukt wird in diesem Jahr nach neuesten Prognosen um 2,4% zulegen – erzeugt höhere Einkommen und zusätzliche Steuereinnahmen. Im Nichtwohnbau und im Tiefbau steigen die aktuellen Auftragsgänge spürbar an. Dies bietet der Baubranche die Chance, den Wettbewerb wieder mehr über Qualität und Innovation als über den Preis auszutragen. /

Ausgewählte Preisindizes

(Baupreise inkl. MwSt.: Bauleistungen am Bauwerk Hochbau; Straßenbau)



Index Jahr 2000 = 100; Quelle: StBA

Höhen und Tiefen im 1. Quartal 2007

Während im Wohnbau der vorhergesagte Einbruch der Baugenehmigungszahlen eindrucksvoll eingetreten ist, bleibt der Wachstumstrend im Nichtwohnbau ungebrochen. Besonders positiv ist jedoch das Ergebnis im Tiefbau: ein zweistelliges Plus im 1. Quartal 2007.

Im Wohnbau waren im 1. Quartal 2007 die Folgewirkungen aus den Vorzieheffekten des Vorjahres voll zu spüren. Die Anzahl der neu genehmigten Gebäude brach deutschlandweit um 58% ein. Für fast alle Bundesländer ergeben sich Verluste zwischen 40% und 70% im Vergleich zum Vorjahreszeitraum. Obwohl in den nächsten Monaten bei den Baugenehmigungen eine Trendwende nach oben erwartet wird, schlägt natürlich der aktuelle Einbruch voll auf die Rohbautätigkeit in diesem Jahr durch. Im Wohnbau muss mit einem Rückgang der Bautätigkeit von bis zu 20% gerechnet werden, und das nahezu flächendeckend für ganz Deutschland.

Der Nichtwohnbau konnte in den ersten Monaten dieses Jahres seinen Aufwärtstrend weiter fortsetzen. Während die Neubaugenehmigungen in Westdeutschland um 3% stiegen, konnte Ostdeutschland sogar 8% zulegen. Lediglich drei der sechzehn Bundesländer weisen negative Wachstumsraten auf. Beim Blick auf die einzelnen Bautenarten sind die Handels- und Lagergebäude mit einem Anstieg der Baugenehmigungen um 13% besonders hervorzuheben. Aber auch Fabrik- und Werkstattgebäude sowie landwirtschaftliche Gebäude wachsen gegenüber dem Vorjahr. Auf kleinräumiger Ebene ist die derzeit gegenläufige Entwicklung von Wohn- und Nichtwohnbau ebenfalls klar

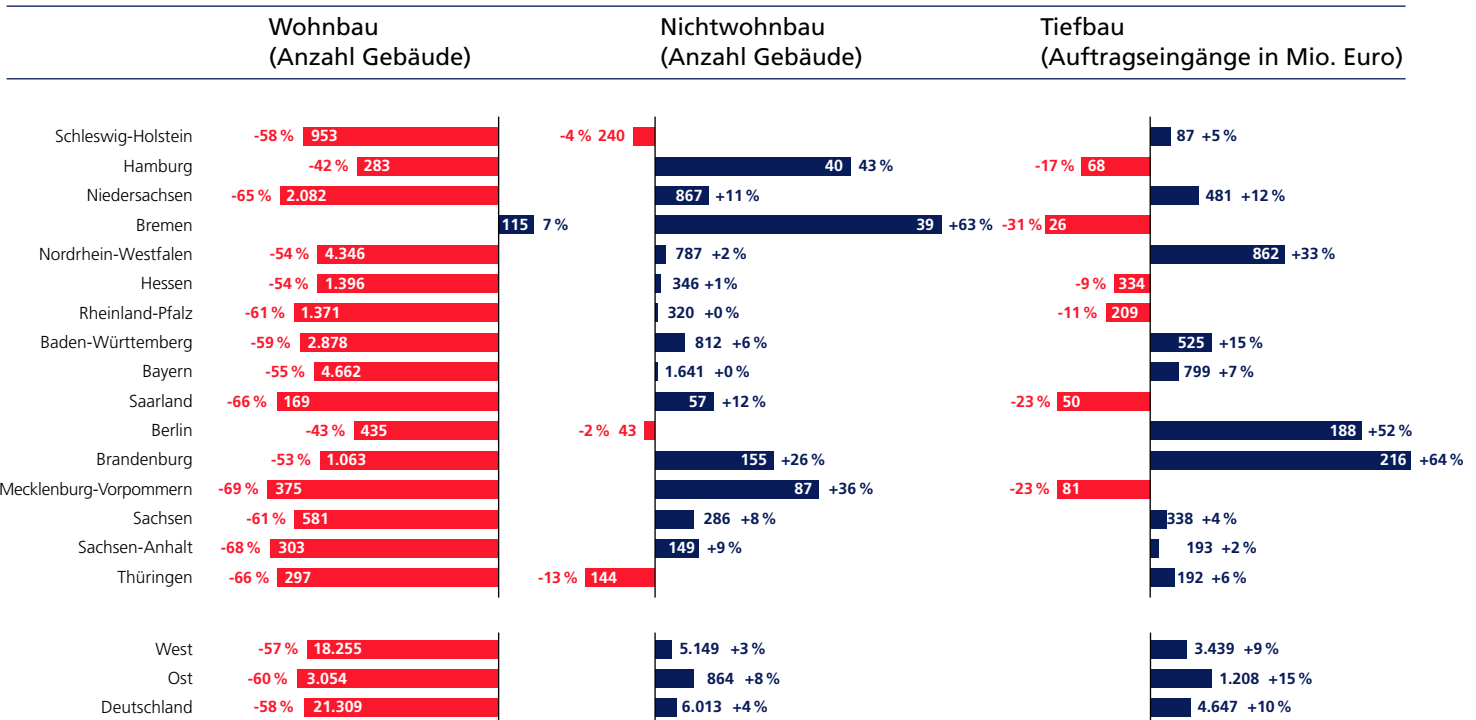
erkennbar (siehe nebenstehende Stadt- und Landkreiskarten).

Der Tiefbau schließt das 1. Quartal 2007 mit einem zweistelligen Plus ab. Deutschlandweit konnten die Auftragseingänge 10% im Vergleich zum Vorjahr zulegen. Auf regionaler Ebene fallen insbesondere die Bundesländer Berlin (+52%) und Brandenburg (+64%) ins Auge, die zahlreiche Impulse aus dem Bau des Großflughafens erhalten. In Westdeutschland glänzt Nordrhein-Westfalen mit einem Plus von 33%. Der Auftragsschub ist die Folge der deutlich höheren Steuereinnahmen von Bund, Ländern und Gemeinden. /



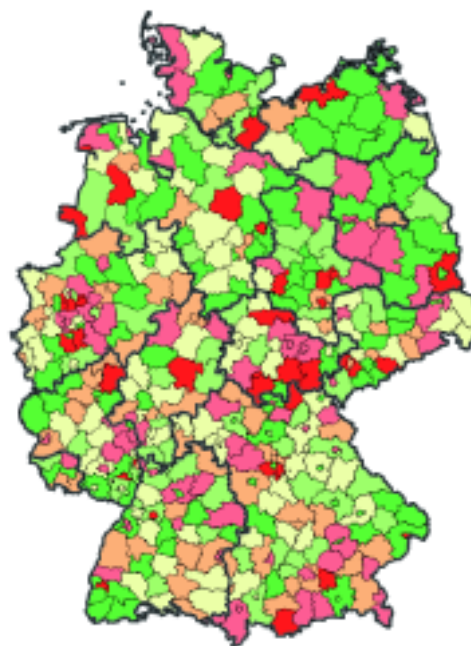
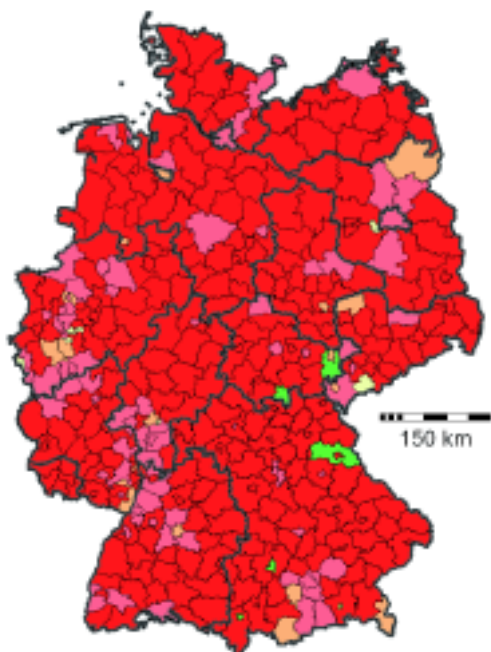
Baumarktentwicklung in Zahlen (1. Quartal 2007)

Baugenehmigungen (Anzahl Gebäude*) und Auftragseingänge im Tiefbau



Wohnbau

Nichtwohnbau



- unter -50 %
- unter -25 %
- unter -5 %
- ab 0 %
- ab +25 %
- ab +50 %

Quelle: CEMEX Marktforschung, Statistische Landesämter, Kartengrundlage GfK Macon

Orientierungshilfe in den dargestellten Stadt-/Landkreisen bietet z. B. www.kreisnavigator.de

(© Deutscher Landkreistag)

* Bitte beachten Sie, dass sich bei Betrachtung des genehmigten umbauten Raumes abweichende Werte ergeben können, da hier die Gebäudegröße mit einfließt.



Mit dem Fahrmischer durch die Rushhour

Beim Bauen in der Innenstadt sind die räumlichen und verkehrstechnischen Bedingungen für die Bauleitung häufig eine größere Herausforderung als die Einflüsse von Wind und Wetter. Ein gutes Beispiel ist das Alexa, Berlins größtes Einkaufs- und Freizeitcenter, das derzeit auf dem Alexanderplatz entsteht.

„Unsere zwölf Entladepunkte an dieser Großbaustelle konnten nur deshalb pünktlich versorgt werden, weil alle Beteiligten ausgezeichnet aufeinander eingespielt waren: Bauleitung, Poliere, Mischmeister, Lieferpartner, Disponenten und Fahrer“, fasst Heino Füchter, Gebietsleiter Berlin-Leipzig von CEMEX, seine Erfahrungen mit dem Projekt Alexa zusammen. „Je knapper die räumlichen und zeitlichen Rahmenbedingungen, desto wichtiger ist eine enge Zusammenarbeit.“

Das Beispiel der Baustelle des Alexa macht das Grundproblem beim Bauen in der Innenstadt deutlich: Gerade in den Großstädten, in denen die Verkehrs- und Raumverhältnisse besonders beengt sind, entstehen Bauprojekte mit enormen Dimensionen, bei denen große Materialmengen anfallen. Die logische Folge: extreme Enge auf der Baustelle. Lagerplätze für Baumaterial, Versorgungsleitungen, Rangierflächen, Pumpen- und Kranstandorte müssen exakt geplant werden.



Unsere Produkte für das Shopping- und Freizeitcenter Alexa:

Für die Erstellung der Baugrube:

20.000 m³ Schlitzwandbeton

Für die Bodenplatten:

33.000 m³ Transportbeton der Festigkeitsklassen C 30/37 bis C 50/60

Für Stützen, Riegel, Wände und schlanke Bauteile im Hochbau:

74.000 m³ Normalbeton in den Festigkeitsklassen von C 30/37 bis C 50/60

Alle Betone wurden in Liefergemeinschaft geliefert.

Durch die hohe Besiedlungsdichte in Innenstädten ist auch die Lautstärke der Baumaschinen ein großes Problem: Am Alexanderplatz durften beispielsweise die Betonpumpen – unter anderem zwei 52-Meter-Pumpen – aus Lärmschutzgründen nur bis 19 Uhr eingesetzt werden. Die Größe der Baulose wurde so angepasst, dass alle Betonagen während der relativ kurzen Pumpeneinsatzzeiten komplett ausgeführt werden konnten.

Die zeitliche Einschränkung der Betonagen verschärfte ein weiteres Problem des Bauens in der Innenstadt: die Belieferung der Baustelle durch dichten Stadtverkehr. „Die Poliere nutzten natürlich die guten Lichtverhältnisse am Vor- und Nachmittag, um die Schalungen montieren zu lassen. Daher mussten wir den Beton am späten Nachmittag anliefern“, erinnert sich Torsten Schiller, der als Vertriebsmitarbeiter von CEMEX

für die Betreuung der Baustelle verantwortlich war. Die Verkehrsverhältnisse machten es erforderlich, die Anfahrtszeiten sehr großzügig zu planen. Zudem wurden – selbst für eine Baustelle dieser Größe – außergewöhnlich viele Fahrzeuge eingesetzt. „Unsere Lkw – zum Teil waren 50 gleichzeitig im Einsatz – kamen zwar von nahen Werken, beispielsweise in Kreuzberg, mussten aber mitten durch den Berliner Feierabendverkehr.“



Auch auf dieser Baustelle am Graf-Adolf-Platz in Düsseldorf herrscht große Enge.

Seit Februar steht der Rohbau des Alexa. Die Eröffnung des Einkaufs- und Freizeitcenters ist im Herbst 2007 geplant. Der Gebäudekomplex mit fünf Ober- und drei Untergeschossen bietet auf 85.000 Quadratmetern Platz für rund 200 Händler, Gastronomen und Dienstleister. Das Alexa ist Teil eines städtebaulichen Gesamtkonzepts, das den Alexanderplatz als eines der Hauptzentren Berlins neu positionieren soll. „Mitten in Berlin, mitten im Leben“ lautet das Motto der Betreiber des Alexa. /

High-Tech-Baustoff im Untergrund

Neue Perspektiven für Beton mit erhöhtem Säurewiderstand bieten sich in der Abwassertechnik. Deshalb wurde der Lehrstuhl für Baustofftechnik der Ruhr-Universität Bochum unter Leitung von Prof. Rolf Breitenbücher von CEMEX mit Untersuchungen der Frisch- und Festbetoneigenschaften von zwei Betonen mit erhöhtem Säurewiderstand beauftragt.



Prof. Dr.-Ing. Rolf Breitenbücher
Ruhr-Universität Bochum
Lehrstuhl für Baustofftechnik

Prof. Dr.-Ing. Rolf Breitenbücher hat 1989 an der TU München promoviert und war u. a. als Leiter Zentrales Baustofflabor für Philipp Holzmann tätig. Seit 2003 hat er den Lehrstuhl für Baustofftechnik an der Ruhr-Universität Bochum inne.

Sowohl der Transportbeton für Betonbauwerke in der Abwassertechnik als auch der Beton für Abwasserrohre wurde mit dem Hochofenzement CEM III/A 52,5 N-HS/NA und Fließmittel von CEMEX hergestellt. Die beiden Betone mit identischem w/z-Wert von 0,42 wurden von Prof. Breitenbücher in Anlehnung an die bisherigen Erkenntnisse über Betone mit erhöhtem Säurewiderstand konzipiert. Wir sprachen mit ihm über seine Erfahrungen mit Beton im Anwendungsgebiet Abwassertechnik.

Für welche Zwecke wird Beton mit hohem Säurewiderstand eingesetzt?

Ein herkömmlicher Beton der Expositionsklasse XA ist bereits dauerhaft widerstandsfähig gegenüber Abwässern mit einem nicht zu niedrigen pH-Wert. Handelt es sich aber um einen stärkeren chemischen Angriff, zeigen sich in Kanalnetzen aus Normalbeton oft schon nach wenigen Betriebsjahren Schädigungen. Die Nutzungsdauer von Stahlbetonrohren und Schachtbauwerken verbessert sich dagegen signifikant, wenn sie aus Beton mit erhöhtem Säurewiderstand bestehen. Ein 100-prozentiger Säurewiderstand lässt sich allerdings nie erreichen: Ein lang andauernder und sehr massiver Angriff, wie z. B. infolge extremer biogener Schwefelsäurebildung bei sehr niedrigen

pH-Werten, bringt selbst diesen Hochleistungsbeton an die Belastungsgrenze.

Was ist bei Produktion und Einbau von Beton mit erhöhtem Säurewiderstand für Abwasserkanäle zu beachten?

Beton mit erhöhtem Säurewiderstand muss vor allem stets gleichmäßig hergestellt werden: mit gleichmäßigen Ausgangsstoffen, genauer Dosierung der einzelnen Komponenten und unter Einhaltung der gewählten Kornzusammensetzung bis hinunter in den Bindemittelbereich. Die qualitätssichernde Überwachung für die Ausgangsstoffe und für den Beton selbst muss daher deutlich über die üblichen Maßnahmen hinausgehen. Bei diesem Beton ist der Grobkornanteil der Gesteinskörnung – aufgrund des angestrebten niedrigen Bindemittelgehaltes – relativ hoch. Grundsätzlich kann man diesen Spezialbeton pumpbar einstellen, allerdings bedarf es dafür bereits im Vorfeld, aber auch bei der laufenden Produktion und der Verarbeitung vor Ort besonderer Sorgfalt. Vor allem ist darauf zu achten, dass dieser grobkornreiche Beton beim Einbau nicht entmischt, sei es vor Ort z. B. in die Schalung eines Schachtbauwerks oder im Fertigteilwerk in die Rohrschalung. Dies kann man erreichen, indem man die freie Fallhöhe reduziert. Eine spezielle Einweisung des Personals



sowohl bei der Herstellung als auch der Verarbeitung des Betons ist unerlässlich.

Gibt es Projekte, an denen Sie Langzeitbeobachtungen durchgeführt haben? Wie hat sich Beton mit erhöhtem Säurewiderstand bisher bewährt?

Erfahrungen über mehrere Betriebsjahre liegen uns für Abwasserrohre und Schachtbauwerke von abwassertechnischen Anlagen noch nicht vor. Der bisherige Kenntnisstand basiert im Wesentlichen auf Laboruntersuchungen und ersten Praxisversuchen. Wir haben dabei sowohl bei der Verarbeitbarkeit in der Praxis als auch hinsichtlich des Säurewiderstands sehr positive Erfahrungen gesammelt. /

Was unterscheidet Beton mit erhöhtem Säurewiderstand von Normalbeton?

Durch Säuren wird im Beton nur der Zementstein angegriffen. Daher richtet sich die Erhöhung des Säurewiderstands in erster Linie darauf aus, ein möglichst dichtes Betongefüge zu erzielen, sodass die angreifende Säure nicht massiv in das Gefüge eindringen kann. Gleichzeitig will man den Anteil an angreifbarem Zementstein möglichst gering halten. Das Ergebnis: Betone mit erhöhtem Säurewiderstand weisen einen vergleichsweise geringen Zementgehalt bei entsprechend grobkörniger Sieblinie auf. Gleichzeitig wird – ähnlich wie bei hochfesten Betonen – ein niedriger Wasserbindemittelwert ($<0,45$) und ggf. der Einsatz von reaktiven Betonzusatzstoffen (Silikastaub, Flugasche) vorgesehen. Um die Dichtigkeit des Betongefüges zu erhöhen, werden zudem die Bindemittel granulometrisch günstig aufeinander abgestimmt.



Prüfen und Praxis

Das HOZ*-Seminar von CEMEX Zement beschäftigt sich in langer Tradition mit den Eigenschaften hüttensandhaltiger Zemente und deren Anwendung. Neue Anwendungsgebiete oder -bedingungen können die Kalibrierung der Prüfverfahren an den Praxisergebnissen erfordern. Die diesjährige Veranstaltung mit rund 90 Fachleuten in Duisburg setzte sich daher u. a. mit dieser Thematik auseinander.

Die Werkstoffprüfung für Baustoffe umfasst eine Vielzahl von Prüfverfahren zur Bestimmung von Kenngrößen unter mechanischen, thermischen oder chemischen Beanspruchungen. Prüfungen, die auf die Abschätzung der Dauerhaftigkeit zielen, fallen in das Gebiet der Umweltsimulation. Da in diesen Prüfverfahren zur Zeitraffung ein oder mehrere Einflussfaktoren stark überhöht werden, sind die Prüfergebnisse stets an den Resultaten

in der Praxis zu überprüfen. Umfangreiche Daten zum Frostangriff ohne Taumittelbeaufschlagung und bei unterschiedlichen Wassersättigungen werden zurzeit in zehnjährigen Auslagerungsversuchen im Sparbecken der Schleuse Hilpoltstein bei Nürnberg (Foto) erhoben. Bewertet werden dabei u. a. die an Laborprobekörpern mittels CIF-Verfahren gewonnenen Prüfwerte und die Messungen an den ausgelagerten Proben.

(*HOZ=Hochofenzement)

XF1/XF3 – Frostangriff: Über diese durch die Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) und die CEMEX HüttenZement GmbH geförderten Untersuchungen berichtete Prof. Dr. Wolfgang Brameshuber vom Institut für Bauforschung Aachen (ibac): Die im Auslagerungszeitraum der Proben herrschenden Umweltbedingungen sowie das Bauteilverhalten werden umfassend dokumentiert. So werden durch Messensoren im Wandbereich des Sparbeckens die tiefenabhängigen Feuchtegehalte und die Temperaturverteilungen aufgezeichnet.

Als Ausgangsstoffe für die zwei Betonrezepturen A und B (Tab. 1) dienten ein CEM III/A 32,5 N, eine Steinkohlenflugasche nach DIN EN 450 sowie Rheinkiessand der Sieblinie A/B 32. Weiterhin wurde der Einfluss unterschiedlicher Vorlagerungen (VL-...) betrachtet (Varianten VL-N mit 7d bzw. VL-BA mit 21d Wasserlagerung und anschließender Lagerung bei 20 °C / 65% rel. Luftfeuchte; Variante VL-FL mit unmittelbarer Freibewitterung auf dem ibac-Gelände nach dem Ausschalen). Im Alter von 56 d erfolgte die Auslagerung der entsprechenden Probekörper in das Sparbecken [Auslagerungsstelle innerhalb der Wasserwechselzone (WW) und oberhalb (OW)].

An den ausgelagerten Proben konnten neben der Verbesserung der CIF-Werte deutlich geringere Karbonatisierungstiefen gemessen werden. Vermutlich führt das in der Praxis vorhandene Wasserangebot zu günstigeren Randbedingungen für das Fortschreiten der Hydratation, wodurch sich die Stoffeigenschaften gegenüber der Normlagerung bei Eignungsprüfungen entsprechend positiv verändern. Durch die dokumentierten Randbedingungen an der Auslagerungsstelle wird eine fundierte Interpretation der Prüfergebnisse des CIF-Tests nach Normlagerung im Vergleich zu Praxisbedingungen ermöglicht.

Tabelle 1: Betonzusammensetzung

Beton	Zementart	w	z	f	g	w/z	f/z	w/z+0,4·f
A	CEM III/A 32,5 N	147	280	50	1902	0,53	0,18	0,49
B	CEM III/A 32,5 N	175	270	50	1837	0,65	0,19	0,60

Abb. 1: Dynamischer E-Modul im CIF-Test Beton A, Vorlagerungsvariante VL-N

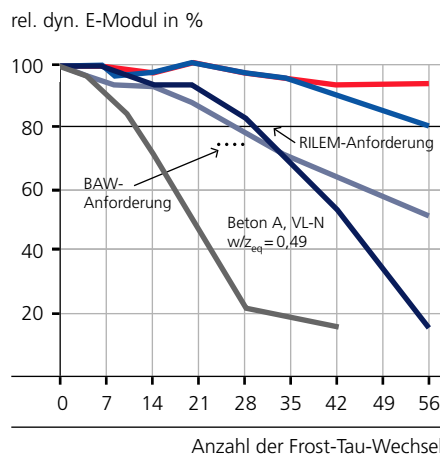
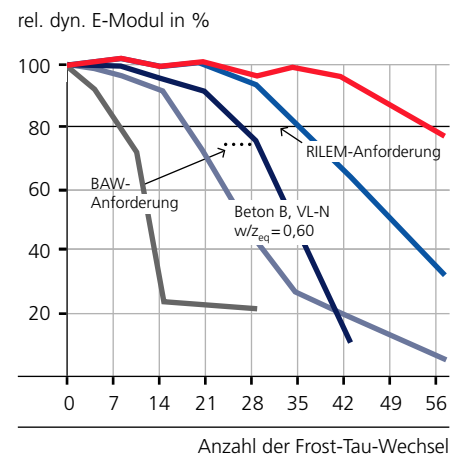


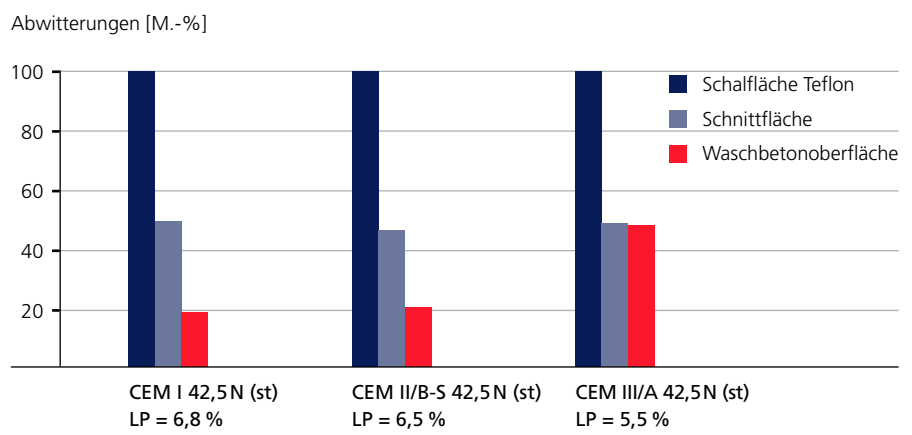
Abb. 2: Dynamischer E-Modul im CIF-Test Beton B, Vorlagerungsvariante VL-N



■ Labor 28d ■ OW 1. Winter ■ OW 2. Winter ■ WW 1. Winter ■ WW 2. Winter

Während beide Betonsorten im CIF-Test nach der üblichen Laborlagerung (Vorlagerung VL-N mit 7 d Wasserlagerung) im Alter von 28 Tagen das Abnahmekriterium der Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) für den rel. dynamischen E-Modul nicht erfüllten, verbesserten sich die Prüfwerte nach der Auslagerung im Sparbecken deutlich (Abb. 1 + 2).

Abb. 3: CDF-Prüfverfahren an Waschbeton für Fahrbahndecken



Vorträge des HOZ-Seminars

- **Frostwiderstand (XF1 und XF3) von CEM III-Betonen – langjährige Auslagerung im Vergleich zum Laborprüfverfahren**
Prof. Dr. Wolfgang Brameshuber / Frank Spörel
Institut für Bauforschung der RWTH Aachen
- **Dauerhaftigkeit als Planungsaufgabe**
Prof. Dr. Rolf Silbereisen, Hauptabteilungsleiter Technologie & Produktökologie CEMEX Deutschland AG, Ratingen
- **Betonfahrbahndecken – Waschbetonbauweise und Maßnahmen zur Vermeidung von Schäden durch Alkali-Kieselsäure-Reaktion (AKR)**
Dr. Katrin Bollmann, Technisches Marketing CEMEX Zement, Rüdersdorf
- **CEM III/A 52,5 N-HS/NA – der Zement mit besonderen Eigenschaften**
Peter Bilgeri, Technisches Marketing CEMEX Zement, Dortmund
- **Entwicklung eines Betons mit erhöhtem Säurewiderstand für den Kühlturbau**
Prof. Dr. Ludger Lohaus, Universität Hannover, Institut für Baustoffe;
Dr. Lasse Petersen, LPI Ingenieurgesellschaft mbH, Hannover
- **Patente, Marken und Gebrauchsmuster**
Kai-Oliver Berkenbrink, Patentanwälte Becker & Müller, Ratingen
- **Aktuelle Produktentwicklung CEMEX Zement, neue Normen und Regelwerke**
Peter Lyhs, Leiter Technisches Marketing CEMEX Zement, Rüdersdorf
- **Hüttensand – Potenziale, europäische Normung und aktuelle Entwicklung**
Dr. Andreas Ehrenberg, FEHS – Institut für Baustoff-Forschung e. V., Duisburg

Alle Vorträge des HOZ-Seminars stehen im Internet unter www.cemex.de zum Download bereit.



XF 2/XF 4 – Frost-Taumittel-Angriff:

Fahrbahndecken aus Beton haben sich seit Jahrzehnten bewährt, trotz zunehmender Beanspruchung durch höhere Achslasten bzw. Lastwechsel, einer höheren Verkehrsdichte und damit verbundenem verstärktem Feuchtsalzauftrag bei winterlichen Witterungsbedingungen – zum Teil präventiv auf die noch trockene Fahrbahn.

Zur Sicherung einer dauerhaften Bauweise traten im Sommer 2005 Regelungen zur Anwendbarkeit von Gesteinskörnungen sowie zum wirksamen Alkaligehalt der Zemente für Betonfahrbahndecken in Kraft. Außerdem führte die Forderung zur Lärminderung und Sicherstellung der Griffigkeit der Fahrbahnoberflächen zur Einführung der Waschbetonoberfläche als neue Standardbauweise. Beide Neuregelungen haben Auswirkungen auf die Zusammensetzung und die Eigenschaften der Zemente, aber auch auf die des Betons.

Dr.-Ing. Katrin Bollmann berichtete über umfangreiche Laboruntersuchungen, deren Ziel die Überprüfung bisheriger Beurteilungskriterien für die Qualität des Fahrbahndeckenbetons war. Untersucht wurden die Fahrbahndeckenzemente CEM I 42,5 N (st), CEM II/B-S 42,5 N (st) sowie CEM III/A 42,5 N (st). Um auch bei abgesenktem Alkaligehalt die gewohnten Frühfestigkeiten des Zementes zu erreichen, wurde ein Wechsel in die Festigkeitsklasse 42,5 N erforderlich.

Zur Überprüfung der an bisher üblichen Probekörper-Prüfflächen (Oberfläche, Schalfläche und Schnittfläche) gewonnenen Erkenntnisse, wurden entsprechend zusammengesetzte Waschbetonrezepturen

im Labor untersucht. Ziel war auch die Beurteilung des Einflusses unterschiedlicher Oberflächenverzögerer auf die Qualität der Betonrandzone. Im Ergebnis zeigte sich eine Abstufung der Gesamtabwitterungen in Abhängigkeit von der Art der Prüffläche (Abb. 3). Die geringste Abwitterung entstand an der Schnittfläche, die erwartungsgemäß höchste an der Oberfläche mit Besenstrich, da diese zusätzlich durch die Umgebungs- und Ausführungsbedingungen beeinflusst war.

Im Ergebnis der Untersuchungen lässt sich Folgendes zusammenfassen:

- Bei vergleichenden Untersuchungen mittels CDF-Test im Labor liegen alle ermittelten Werte unabhängig von der Prüffläche und der verwendeten Zementart unter dem für Schalflächen empfohlenen Abnahmekriterium. Bisherige Bewertungskriterien können beibehalten werden.
- Der Unterschied in der Gesamtabwitterung ist bei Verwendung verschiedener Oberflächenverzögerer/Kombinationsmittel, unabhängig von der Zementart, gering.
- Für die Bewertung der Betonqualität im Labor ist nur die Prüfung der Schalfläche (Teflon) zu empfehlen. Die Abwitterung an der Waschbetonoberfläche ist bei fachgerechter Nachbehandlung immer geringer als die Abwitterung an der Schalfläche (Teflon).
- Die Bewertung der Ausführungsqualität des Waschbetons ist nur an Bauwerksproben möglich.

Das Resümee des HOZ-Seminars 2007 lautet: Werkstoffprüfverfahren und Prüfkriterien müssen an der Praxis kalibriert werden, um so einen wirtschaftlichen und damit letztlich auch umweltorientierten Materialeinsatz zu ermöglichen. /

Hochofenabstich in Duisburg: Aus der ausfließenden Schlacke wird Hüttensand hergestellt.



Wissenswertes in Kürze: Hüttensand

Wie entsteht Hüttensand?

Hüttensand ist ein Nebenprodukt aus der Roheisenproduktion. Beim Abstich des Hochofens fließt neben Roheisen auch Schlacke heraus, die größtenteils aus Kalk und Silikaten besteht. Die flüssige Schlacke schwimmt aufgrund ihres geringeren spezifischen Gewichts auf dem Roheisen und kann so auf physikalischem Weg einfach abgesondert werden. Bei ThyssenKrupp Steel in Duisburg werden täglich rund 33.000 Tonnen Roheisen und 9.000 Tonnen Schlacke produziert. Diese Schlacke wird zurzeit zu 85 Prozent granuliert, sodass täglich 7.500 Tonnen glasig erstarrter Hüttensand für die Zementproduktion erzeugt werden.

Was sind hüttensandhaltige Zemente?

Durch die Verwendung von Hüttensand als Hauptbestandteil neben Portlandklinker können unterschiedliche Zementarten nach DIN EN 197 hergestellt werden. Die traditionell bekannten und bewährten Zementarten sind Hochofenzement (CEM III) und Portlandhüttenzement CEM III/-S. Neu und doch schon länger umfangreich in der Praxis bewährt sind Portland-Kompositzemente, die neben Portlandklinker und Hüttensand zum Beispiel Kalkstein als Hauptbestandteil enthalten. Bereits seit über 100 Jahren wird Hüttensand als Hauptbestandteil von Zement verwendet. Auch aus Umweltschutzgründen nimmt der Anteil dieser Zemente in jüngster Zeit deutlich zu.

Welche Betoneigenschaften werden durch hüttensandhaltige Zemente beeinflusst?

Mit zunehmendem Hüttensandgehalt des Zements können Betone, die mit entsprechenden Zementen hergestellt werden, eine hellere Färbung sowie eine höhere Widerstandsfähigkeit gegen chemischen Angriff aufweisen. Da die Festigkeits- und Wärmeentwicklung, verglichen mit anderen Zementarten der gleichen Festigkeitsklasse, langsamer verläuft, hat dieser Beton eine etwas geringere Frühfestigkeit. Die Gefahr von Spannungsrisen durch abfließende Hydratationswärme kann dadurch verringert werden.

Beton-Instandsetzung in der Praxis

Am Beispiel einer Tiefgarage in Kamen (Nordrhein-Westfalen) lassen sich verschiedene Verfahren beschreiben, mit denen geschädigte Bauteile instand gesetzt werden können. Die eingeschossige Tiefgarage entstand in den 1960er-Jahren unterhalb einer Fußgängerzone in Ortbetonbauweise.



Freigelegte Bewehrung eines Unterzuges im Dehnungsfugenbereich

Bestandteil der Konstruktion sind 18 Entrauchungsöffnungen und drei Dehnungsfugen, die durch Umbauarbeiten an der Fußgängerzone zugänglich wurden. Insbesondere an diesen Stellen zeigten sich bereits Abplatzungen und freiliegende Bewehrung an der Decke. Ein ähnliches Schadensbild wiesen einzelne Unterzüge und Wände auf, die nahe an Dehnungsfugen oder Entrauchungsöffnungen liegen.

Mit einer Prüfung der Betonkonstruktion ermittelten die Instandsetzungsexperten vor Ort die Schadensursachen und das Ausmaß der geschädigten Bereiche. So ergab sich die Grundlage für die Instandsetzungs-Planung. Das Ergebnis: Die Betondeckung war sehr gering. Im Bereich der Entrauchungs-

öffnungen lag sie zwischen 0 und 0,5 cm, bei den übrigen geschädigten Betonbauteilen zwischen 0,5 und 1 cm. Die Karbonatisierungstiefe maß in diesen Bereichen im Mittel 1 cm. Der Großteil der Bewehrung lag also im karbonatisierten Beton und war nicht mehr vor Korrosion geschützt.

Erfreulichere Ergebnisse brachte die Untersuchung der gezogenen Bohrkern: Ihr Gefüge war durchweg sehr dicht und homogen. Die Überprüfung der Chloridgehalte im Beton in unterschiedlichen Tiefenstufen ergab ein differenziertes Bild. An den Fugen und Entrauchungsöffnungen wurden deutlich erhöhte Chloridkonzentrationen ermittelt: bis zu 1,3 Gew.-% bezogen auf den Zementgehalt. Die Bewehrungsstäbe in diesen

Bereichen trugen bereits Zeichen von chloridinduzierter Korrosion und mussten teilweise ersetzt werden. Matthias Witzel, Projektmanager Beton-Instandsetzung, erklärt, wie dieses Schadensbild entstand: „Die Dehnungsfugen waren ursprünglich mit einem Kupferband abgedichtet. Aufgrund der dynamischen Belastungen durch Temperaturschwankungen und Verkehr haben sich diese Bänder von den Fugenflanken abgelöst.“ Mit Chloriden befrachtetes Tauwasser lief durch die undichten Dehnungsfugen und Entrauchungsöffnungen an den Fugenflanken herunter und tropfte an den Deckenunterseiten ab. Die gemessenen Chloridkonzentrationen gaben die Bereiche für die Instandsetzungsmaßnahmen vor. Die Bewehrung musste nach dem Freilegen entrostet werden, zu stark geschädigte Bewehrungsquerschnitte wurden ergänzt. An den freigelegten Bereichen kamen aufgrund des Bewehrungsgehaltes und der Bauteilgeometrien zwei Instandsetzungsverfahren zum Einsatz.

Das erste Verfahren – Instandsetzen mit Spritzbeton – wurde an den Flächen um die Entrauchungsöffnungen und den betroffenen Deckenflächen durchgeführt. Hier wurden die Bauteile mit einem zweilagigen silikatmodifizierten Spritzbeton/Spritzmörtel reprofiliert.

Das zweite Verfahren – Instandsetzen mit Vergussbeton – kam bei Unterzügen zum Einsatz, die so dicht bewehrt waren, dass eine Instandsetzung mit Spritzbeton nicht möglich war.

- Die Betonrandzone der Unterzüge wurde für die Aufnahme des Vergussbetons bis zum tragfähigen Korngefüge entfernt.
- Die Bewehrung wurde so weit wie möglich auseinandergezogen und in ihrer Lage gesichert.
- Der Untergrund musste gründlich gereinigt und ca. 24 Stunden vor Ver-

guss bis zur Sättigung kontinuierlich vorgemischt werden.

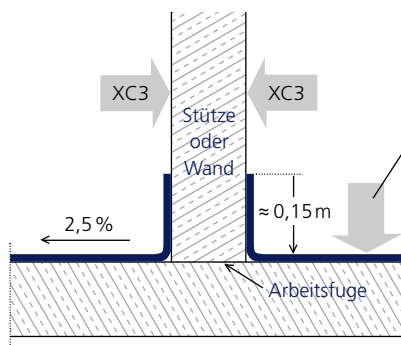
- Die Schalung wurde stabil befestigt, abgedichtet, mit Entlüftungsöffnungen versehen und von unten über einen in der Mitte angeordneten Packer befüllt.

- Die Dehnungsfuge wurde mit einer Weichfaserplatte abgestellt.

Die gesamte Tiefgarage erhielt abschließend ein Oberflächenschutzsystem mit farbiger Gestaltung. /

Oberflächenbeschichtung in Parkhäusern

(nach DBV-Merkblatt und Heft DAfStb Nr. 525)



Alternativen:

- 1) XD3, C35/45, $c_{nom} = 55$ mm + Beschichtung + übliche Wartung
- 2) XD1, C30/37, $c_{nom} = 45$ mm + Beschichtung + intensive Wartung
- 3) XC3, C20/25, $c_{nom} = 35$ mm + Dichtung + Gussasphalt

Quelle: DBV, Dr. Fingerloos

Vorbeugende Maßnahmen für den Betonschutz

Richtig planen

Grundvoraussetzung für den dauerhaften Betonschutz ist es, den richtigen Beton für den beabsichtigten Anwendungsbereich auszuwählen.

Richtig einbauen

Man sollte auf die richtige Konsistenz und Verdichtung achten und die Umgebungstemperaturen während des Einbaus berücksichtigen (kein Frost, besondere Maßnahmen bei Hitze).

Ausreichende Betondeckung

Die Normenwerte entsprechend der Expositionsklassen müssen eingehalten werden.

Wasserabführung am Bauwerk

Besonders bei tausalzbehaftetem Wasser, aber auch bei stehendem Wasser kann es zur Bewehrungskorrosion kommen. Daher sollte Wasser mit möglichst geringem Kontakt zum Beton abgeführt werden.

Je nach Beanspruchungsgrad: Oberflächenschutzmaßnahmen

Der Großteil der Anwendungsfelder erfordert keine zusätzlichen Oberflächenschutzmaßnahmen. Beispielsweise in Parkhäusern sind jedoch Oberflächenschutzsysteme vorgeschrieben, um Bewehrungskorrosion zu verhindern.



Total auf Draht mit Stahlfaserbeton

Stahlfaserbeton – von CEMEX unter dem Markennamen faton® vertrieben – ist ein Beton mit besonderer Eigenschaft: Durch Zugabe von Stahlfasern im Transportbetonwerk verfügt er über eine hohe Nachrisszugfestigkeit. Deshalb hat sich Stahlfaserbeton bei einer Vielzahl von Anwendungen durchgesetzt – früher vor allem im bauaufsichtlich nicht geregelten Bereich. Das wird sich jetzt ändern.

Die Bedeutung von Stahlfaserbeton wird durch aktuelle Zulassungsbescheide in der Anwendungsbreite und -tiefe weiter zunehmen, z. B. durch die firmeneigene allgemeine bauaufsichtliche Zulassung für CEMEX Fundamentplatten aus Stahlfaserbeton (Z-71.3-24) und die bevorstehende Richtlinie „Stahlfaserbeton“ des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton. Stahlfaserbeton kommt deshalb immer öfter auch im bauauf-

sichtlich geregelten Bereich (Wohnungsbau und wohnbauähnliche Bauten) zum Einsatz.

Tragende Bodenplatten waren bislang nur als Stahlfaserbeton-Variante auf Grundlage der alten Normengeneration oder als Stahlbeton-Variante nach DIN 1045-1 ausführbar. In der neuesten Zulassung wurden die Ausführungsmöglichkeiten von Fundamentplatten als

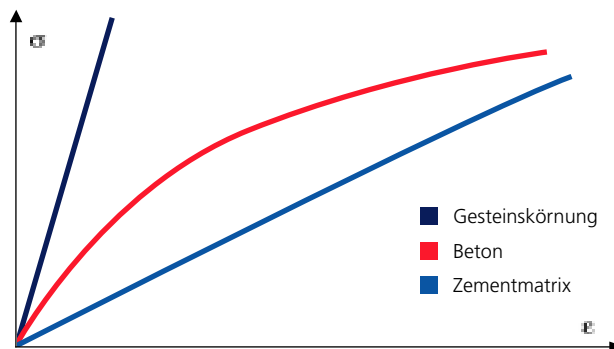
Stahlfaserbeton-Variante oder in Kombination mit konventioneller Bewehrung im Hinblick auf die Bemessungen deutlich erweitert. Länge und Breite der Fundamentplatten wurden nicht limitiert. Der Bereich minimaler bis maximaler Dicke der Fundamentplatten wurde vergrößert; er beträgt 15-40 cm. Nicht nur im Hinblick auf die Tragfähigkeit, sondern auch für die Gebrauchstauglichkeit des Bauteils wird der Stahlfaserbeton zur Mitwirkung herangezogen. Unter bestimmten Randbedingungen ist eine Begrenzung der Biegerissbreite allein durch Stahlfaserbeton möglich.

Ähnlich wie Beton in Bezug auf die Druckfestigkeit in Klassen eingeteilt wird, kann Stahlfaserbeton hinsichtlich seines Nachrissverhaltens in Faserbetonklassen eingeteilt werden. Die Klassifizierung gemäß DBV-Merkblatt erfolgt über die Nachrisszugfestigkeit (äquivalente Zugfestigkeit). Die Faserbetonklassen für den Verformungsbereich I (Nachweis der Gebrauchstauglichkeit des Bauteils) und des Verformungsbereiches II (Nachweis der Tragfähigkeit des Bauteils) werden in Klassen von 0-2,0 definiert, zum Beispiel:

C25/30 F 0,8/ 0,6 XC4, XF1, XA1

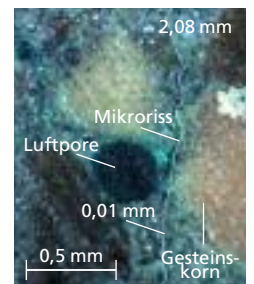
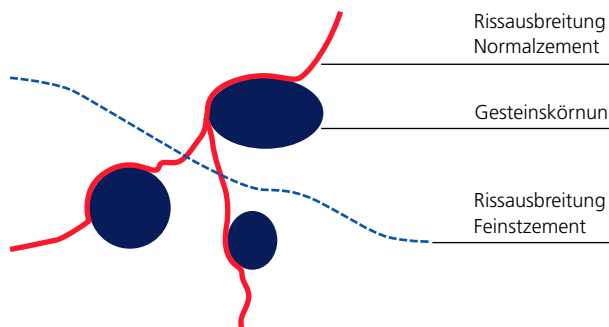
Zur Qualitätssicherung gibt es verschiedene Verfahren der Fasergehaltsbestimmung. Proben aus knapp 100 Fahrmischern haben ergeben, dass die Stahlfasern bei der Herstellung von Transportbeton homogen verteilt sind, und belegen die gleichbleibend hohe Qualität von Stahlfaserbeton, dem die Fasern im Transportbetonwerk zugesetzt werden. Auch die zugesicherten Faserbetonklassen werden anhand spezieller Probekörper im Zuge der werkseigenen Produktionskontrolle laufend geprüft. /

Unterschiedliche Steifigkeiten zwischen Gesteinskörnung und Zementmatrix



Rissvernelung im Stahlfaserbeton

Mikrorissbildung schematisch



Mikrorissbildung im Normalbeton (Mikroskopbild)

NEU – Die zeitsparenden Planungshilfen für Stahlfaserbeton



Mit dem online-basierten EDV-Service können prüffertige Bemessungen und Ausschreibungstexte für eine Vielzahl von faton®-Bauteilen erstellt werden. Die Dienste verfügen über eine komfortable Menüsteuerung und bieten dem Planer umfangreiche Detailinformationen.

Diesen Service bieten wir kostenlos allen interessierten Planern an. Nähere Informationen finden Sie auf unserer homepage www.cemex.de unter der Rubrik Stahlfaserbeton.

Stahlfaserbeton – eine Baustoffinnovation

Normalbeton eignet sich hervorragend für die Aufnahme von Druckspannungen. Müssen jedoch Zugspannungen aufgenommen werden, so benötigt der Beton Verstärkung.



Prof. Klaus Landwehrs hat an der Universität Braunschweig Physik studiert und arbeitete anschließend am Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz (ibmb) der TU Braunschweig sowie bei der Bundesanstalt für Straßenwesen (bast) in Bergisch Gladbach. Seit 1994 vertritt Prof. Landwehrs das Lehrgebiet Baustoffe, Baustoffchemie und Baustoffprüfung an der FH Potsdam und leitet das Labor für Baustoffe. Gleichzeitig leitet er als Direktor das dortige Institut für Bauforschung und Bauerhaltung.

Konventionell wird dies durch die gezielte Kombination von Beton und Bewehrungsstahl erreicht. Als Alternative oder Ergänzung zum Stahlbeton wird die Zugabe von Stahldrahtfasern bei der Betonherstellung sowohl technisch wie auch wirtschaftlich immer interessanter. Wir sprachen mit Prof. Klaus Landwehrs über die besonderen Eigenschaften dieses Baustoffs.

Wie lange beschäftigen Sie sich schon mit Stahlfaserbeton? Was interessiert Sie besonders an diesem Baustoff?

Intensiv bin ich erstmals 1999 in dieses Gebiet eingestiegen. Anlass war ein Forschungsantrag zu hochfestem Stahlfaserbeton, der von 2000 bis 2002 gemeinsam mit dem Fachgebiet Massivbau bearbeitet wurde. Seit 2004 führen wir in erheblichem Umfang die Prüfung von Stahlfaserbeton nach dem DBV-Merkblatt als Dienstleistung für Betonhersteller durch und sammeln dabei Erfahrungen aus der Stahlfaserbetonherstellung und -prüfung.

Wie bewerten Sie den Baustoff Stahlfaserbeton?

Für mich ist der Stahlfaserbeton – neben dem selbstverdichtenden Beton und in der Anwendungsbreite vielleicht sogar

vor dem hochfesten Beton – eine der interessantesten Entwicklungen der Bementechnik in der letzten Zeit. Er ermöglicht es, ökonomische und baubetriebliche Vorteile mit einer gleichzeitigen Verbesserung von Materialeigenschaften zu erreichen. Die Stahlfasern verleihen dem spröden Beton unter vollem Erhalt seiner Festigkeits- und Verarbeitbarkeits-eigenschaften zusätzlich verlässliche Duktilität und „Gutmütigkeit“. Damit ist der Beton dem bereits in den 20er-Jahren des letzten Jahrhunderts von Walter Gropius formulierten Traum von „absolut zuverlässigen Stoffen von exakter Gleichmäßigkeit“ ein gutes Stück näher gerückt.

Was erwarten Sie von der Richtlinie „Stahlfaserbeton“ des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton, die zurzeit erarbeitet wird?

Auch wenn die Regularien des DBV-Merkblatts für die standardmäßige Anwendung des Stahlfaserbetons ausreichend erscheinen mögen, so würde ich eine baldige Einführung der DAfStb-Richtlinie schon aus formalen Gründen begrüßen. Der Stahlfaserbeton käme damit einen Schritt weiter auf dem Weg zu einem genormten Baustoff. Auch haben wir seit Veröffentlichung des Merkblatts

2001 – gerade durch die damit möglich gewordene kalkulierbare Anwendung – einiges über den Werkstoff Stahlfaserbeton dazugelernt, was in der Richtlinie berücksichtigt sein wird. Andererseits wird die Veränderung einiger Begrifflichkeiten und vor allem der gerade halbwegs in die Köpfe eingedrungenen Stahlfaserbetonklassen manchem Praktiker das Leben schwer machen. Hier wird ein erheblicher Bedarf an Information und Schulung entstehen.



Worauf sollte ein Bauunternehmer achten, wenn er zum ersten Mal Stahlfaserbeton einbaut?

Ein Bauunternehmer, der die Verarbeitung von konventionellem Stahlbeton in all seinen Spielarten wirklich beherrscht, sollte auch mit Stahlfaserbeton keine Probleme haben, wenn er mit einem diesbezüglich erfahrenen Betonhersteller zusammenarbeitet. Die Besonderheiten des Stahlfaserbetons liegen weniger in der Verarbeitung als vielmehr in der Rezeptentwicklung und Herstellung. /



Im Wohnbau setzt man Stahlfaserbeton häufig für Fundamente, Bodenplatten und Keller ein.

Welche Eigenschaften zeichnen Stahlfaserbeton aus?

Die gleichmäßig und dreidimensional im Beton verteilten Stahlfasern verbessern gezielt folgende Betoneigenschaften:

- Definierte Nachrisszugfestigkeit
- Verbessertes Rissverhalten
- Verbesserung des Widerstandes gegen das Eindringen von Flüssigkeiten
- Erhöhung der Schlagfestigkeit
- Erhöhung des Verschleißwiderstandes
- Verbesserter Widerstand gegen Stoßbeanspruchung
- Verbesserung des Brandverhaltens

Stahlfaserbeton zeichnet sich durch hohe Nachrisszugfestigkeit aus, die man durch die Zugabe von Stahlfasern erreicht. Beurteilt wird die Leistungsfähigkeit von Stahlfaserbeton an jeweils sechs Biegebalken von 700 mm x 150 mm x 150 mm (L x B x H). Ergebnis der Versuche sind Kraft-Verformungs-Kurven, wobei als Verformungsgröße die Durchbiegung des Biegebalkens gemessen wird. Anhand der ermittelten Prüfergebnisse werden die erreichten Faserbetonklassen im Verformungsbereich I + II bestimmt.



Palacio de las Artes de Valencia – ein **Palast** für die **Kunst**

Architekturkritiker vergleichen die Originalität des Palacio de las Artes im spanischen Valencia mit der weltberühmten Oper in Sydney.

Der Kunstpalast besitzt die elegante Ausstrahlung einer Skulptur: Das Dach besteht aus zwei riesigen geschwungenen Bauteilen, die wirken, als würden sie eine Blüte aus weißem Beton wie Blütenblätter umhüllen. Das Gebäude hat insgesamt vier Hallen für Kunstausstellungen, Opern, Konzerte, Ballett- und Theatervorführungen. Die Haupthalle ist als Opern-

haus konzipiert. Für die Zuschauer stehen 1.800 Sitzplätze zur Verfügung, die über einen Innenhof und vier Balkonebenen verteilt sind. Das 2005 fertiggestellte Gebäude des spanischen Architekten Santiago Calatrava ist Teil des größeren Komplexes „City of Arts and Sciences“, zu dem auch ein Planetarium und ein Wissenschaftsmuseum gehören. /

