

# bauwerk

Forum für Kunden und Partner der CEMEX Deutschland AG

Nr. 8 / Juli 2008

## Klimahaus Bremerhaven

- // Feuchtigkeitsklassen nach Alkali-Richtlinie
- // Oscar Niemeyer – natürliche Formen aus Beton
- // Die richtige Schalung für fließfähige Betone

## Branche & Unternehmen

- 03 Neuer Schwung im Wohnungsbau?
- 04 Guter Start im Nichtwohnbau
- 06 Oscar Niemeyer – natürliche Formen aus Beton

## Titel

- 08 Klimahaus Bremerhaven – Die Klimaanlage aus Beton

## Technologie & Projekte

- 12 Feuchtigkeitsklassen nach Alkali-Richtlinie
- 16 Windkraft vom Fertigteilbetonturm

## Dialog & Service

- 17 „Gute Mischung“ – Leserumfrage 2008
- 18 Fließfähige Betone brauchen die richtige Schalung

## International

- 20 Ein Instrument aus Wasser, Pfeifen und Beton

Titelfoto:

Klimahaus Bremerhaven (© archisurf)

Impressum:

Herausgeber: CEMEX Deutschland AG, Abt. Marketing-Kommunikation, Daniel-Goldbach-Str. 25, 40880 Ratingen / Verantwortlich: Christiane Grahlke, CEMEX Deutschland AG / Redaktion: Anja König, Mechthild May-Jakoby / Kontakt: 0 21 02 / 4 01-332 / E-Mail: kundenservice.de@cemex.com / Redaktionelle Mitarbeit/ Grafik/Satz: Pleon GmbH, Bonn / Druck: Druckerei Preuß, Ratingen / Bildquellen: CEMEX Deutschland AG, S. 6 links: panther-media, S. 6 rechts: istockfoto, S. 7: privat, S. 8 - 9: Scheer, S. 10: privat, S. 11 oben: archisurf, S. 11 unten: Klimahaus® Bremerhaven | 8° Ost, S. 18 - 19: Doka Schalungstechnik GmbH / Erscheinungsweise: vier Ausgaben pro Jahr / Namentlich gekennzeichnete Artikel geben nicht unbedingt die Meinung der Redaktion wieder.



**Dr. Hans Andreas Brodersen**  
Senior Director Cement Operations

### Sehr geehrte Leserinnen und Leser,

in der vorigen Ausgabe der bauwerk haben wir Sie in einer Leserumfrage um Themenvorschläge gebeten. Deutlich wurde der Wunsch geäußert, mehr Informationen über neue Normen und Normenentwicklungen zu erhalten.

In den zurückliegenden Jahren haben die europäischen Normen den Weg in die Baupraxis gefunden. An die Bezeichnungen CEM III/A für Hochofenzement oder C 20/25 für eine Betonfestigkeitsklasse haben wir uns inzwischen gewöhnt. Nationale Besonderheiten, Anforderungen oder Erfahrungen finden aber weiterhin ihren Niederschlag in entsprechenden nationalen Regelungen. In diesem Heft finden Sie nun eine Darstellung von Regelungen, wie sie in der aktuellen Alkali-Richtlinie enthalten sind. Neu eingeführt wird die Feuchtigkeitsklasse WS für hochbelastete Verkehrsflächen sowie die generelle Einstufung der Gesteinskörnung. Ziel dieser Regelungen ist es, auf Basis der regional verfügbaren Rohstoffe eine sichere Betonbauweise zu ermöglichen.

CEMEX Zement bietet ein umfangreiches Sortiment an Zementen mit niedrigem Alkaligehalt in den unterschiedlichsten Festigkeitsklassen an. Für den Feuchtigkeitsbereich WS, wo zusätzliche Anforderungen an den Zement bestehen, haben wir gleichfalls ein umfangreiches Produktsortiment von (st)-Zementen entwickelt und erfolgreich in die Baupraxis überführt.

Auch zukünftig werden wir Berichte über die Normenentwicklung praxisgerecht mit der Darstellung von Lösungsangeboten verbinden.

Ihr

**Dr. Hans Andreas Brodersen**  
Senior Director Cement Operations



# Neuer Schwung im Wohnungsbau?

Mit dem neuen Eigenheimrentengesetz soll selbst genutztes Wohneigentum zukünftig in die steuerlich geförderte Altersvorsorge einbezogen werden. Nach Wegfall der Eigenheimzulage könnte dies dem angeschlagenen deutschen Wohnbau wieder zu neuem Auftrieb verhelfen.

## Wie sehen die neuen Regelungen aus?

Für selbst genutzte und im Inland gelegene Immobilien sieht das Gesetz zwei Förderansätze vor: Zum einen können diejenigen, die bereits in einen steuerlich geförderten Riester-Vertrag einzahlen, das angesparte Geld ganz oder teilweise entnehmen, um es für den Kauf, den Bau oder (zu Beginn der Auszahlungsphase) die Entschuldung eines Eigenheims zu verwenden. Eine Rückzahlung des entnommenen Betrages ist nicht notwendig. Zum anderen werden Mittel zur Tilgung von Wohnbaurdarlehen als Altersvorsorgebeiträge steuerlich gefördert. Die hierauf gewährten Zuschüsse in Höhe von jährlich maximal 154 Euro Grundzulage plus eventueller Kinderzulagen von 185 Euro (Geburt vor 2008) bzw. 300 Euro (Geburt ab 2008) pro Kind fließen zu 100 Prozent in die Darlehenstilgung. So hilft der Staat bei der Abzahlung einer Wohnung oder eines Hauses mit. Im Gegensatz zur

Eigenheimzulage, die an bestimmte Einkommensgrenzen gebunden war, gilt der Wohn-Riester für jeden, der einen Riester-Vertrag abschließt.

Wie alle Riester-Produkte wird auch die Eigenheimrente nachgelagert besteuert, das heißt, die Besteuerung erfolgt erst in der Auszahlungsphase. Hierfür werden auf einem fiktiven Wohnförderkonto der Entnahmebetrag, die geförderten Tilgungsraten sowie die staatlichen Zulagen erfasst und mit jährlich zwei Prozent verzinst. Zu Beginn der Auszahlungsphase besteht ein einmaliges Wahlrecht zwischen einer Einmalbesteuerung und einer jährlich nachgelagerten Besteuerung. Wer seine Steuerschuld auf einen Schlag begleicht, erhält einen Rabatt und muss nur 70 Prozent des geförderten Kapitals versteuern. Die nachgelagerte jährliche Besteuerung erfolgt über einen Zeitraum von 17 bis 25 Jahren abhängig vom

Beginn der Auszahlungsphase. Welche Alternative sich als vorteilhafter erweist, hängt von den individuellen Einkommensverhältnissen ab.

## Was bringt der Wohn-Riester?

Einerseits wird die generelle Einbeziehung von Immobilien in die Altersvorsorge begrüßt, andererseits die konkrete Ausgestaltung oft als zu kompliziert und bürokratisch kritisiert. Interessant ist der Riester-geförderte Hausbau vor allem für Familien mit Kindern, die über die Kinderzulage besonders profitieren und nicht gleichzeitig einen Riester-Sparvertrag und Wohneigentum finanzieren können. Da diese Gruppe unter den Bauherren stark vertreten ist, sind hier positive Impulse zu erwarten. Ob diese deutlich genug ausfallen, um die gestrichene Eigenheimzulage auszugleichen, bleibt allerdings abzuwarten. Das Gesetz soll rückwirkend zum 1. Januar 2008 gelten. /

# Guter Start im Nichtwohnbau

Das Jahr 2008 beginnt für den Nichtwohnbau mit einem deutlichen Plus: Deutschlandweit steigen die Baugenehmigungen im 1. Quartal 2008 um 14 Prozent. Auch der Wohnbau schiebt sich langsam aus der Verlustzone. Die Auftragseingänge im Tiefbau stagnieren.

Im Wohnbau verfehlt die Anzahl der neu genehmigten Gebäude im 1. Quartal 2008 nur knapp das Vorjahresniveau. Vor dem Hintergrund der Tatsache, dass zu Beginn des letzten Jahres in Deutschland das niedrigste Genehmigungsvolumen seit 1990 erzielt wurde, ist dieses Ergebnis sicherlich noch kein Grund zum Jubeln. Trotzdem zeigt der Blick auf die einzelnen Bundesländer, dass der flächendeckende Einbruch im Wohnbau abgeschlossen ist. Die Zahl der Länder mit positiven Wachstumsraten wird von Quartal zu Quartal größer. Baden-Württemberg, Berlin und Sachsen-Anhalt legen bereits zweistellig zu. Viele potenzielle Bauherren sind allerdings nach wie vor zurückhaltend. So bleibt zu hoffen, dass neben steigenden realen Einkommen und sinkender Arbeitslosigkeit das neue Eigen-

heimrentengesetz positive Anreize für den privaten Hausbau schafft.

## **Nichtwohnbau: zweistelliger Zuwachs**

Der Nichtwohnbau startet mit einem zweistelligen Zuwachs in das neue Jahr. Während in Ostdeutschland die Neubaugenehmigungen um 7 % steigen, kann Westdeutschland sogar um 15 % zulegen. Auf regionaler Ebene streuen die Veränderungsrate bisher noch extrem: Die Bandbreite reicht von -54 % in Bremen bis hin zu +61 % im Saarland. Für den Großteil der Bundesländer liegt das Plus jedoch zwischen 10 % und 30 %. Die derzeitige gute Entwicklung im Nichtwohnbau zieht sich fast gleichmäßig durch alle Bautenarten. Besonders beachtenswert sind jedoch die Büro- und Verwaltungsgebäude sowie die

landwirtschaftlichen Betriebsgebäude mit deutlich zweistelligen Wachstumsraten. Auf kleinräumiger Ebene lässt sich die Entwicklung des Wohn- und Nichtwohnbaus an den nebenstehenden Stadt- und Landkreisarten ablesen.

Die realen Auftragseingänge im Tiefbau erreichen im 1. Quartal 2008 ein stabiles Vorjahresniveau. Deutliche Zuwächse von bis zu 24 % verzeichnen die nordwestlichen Bundesländer. Für den Ausbau der Hinterlandverbindungen der Seehäfen fordern sie einen Teil der frei werdenden Mittel, die der Bund für den Bau des Transrapid in Bayern vorgesehen hatte. Auch Hessen und Sachsen können zweistellig zulegen. Das ausgeprägte Minus in Berlin resultiert aus einem starken Vorjahresquartal. /



# Baumarktentwicklung

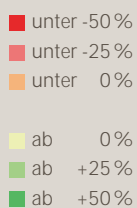
## 1. Quartal 2008

Zu speziellen Marktdaten für Ihr Geschäftsgebiet helfen wir Ihnen gerne weiter:  
kundenservice.de@cemex.com

Baugenehmigungen (Anzahl Gebäude\*) und Auftragseingänge im Tiefbau

	Wohnbau (Anzahl Gebäude)		Nichtwohnbau (Anzahl Gebäude)		Tiefbau (Auftragseingänge in Mio. €)	
	absolut	Veränderung zum Vorjahreszeitraum	absolut	Veränderung zum Vorjahreszeitraum	absolut	Veränderung zum Vorjahreszeitraum
Schleswig-Holstein	833	-13%	294	+23%	109	+24%
Hamburg	280	-1%	32	-20%	71	+4%
Niedersachsen	1.851	-11%	1.055	+22%	590	+23%
Bremen	64	-44%	18	-54%	32	+21%
Nordrhein-Westfalen	4.578	+5%	984	+25%	758	-12%
Hessen	1.180	-15%	365	+5%	387	+16%
Rheinland-Pfalz	1.285	-6%	363	+13%	206	-1%
Baden-Württemberg	3.312	+15%	927	+14%	478	-9%
Bayern	4.043	-13%	1.809	+10%	852	+7%
Saarland	184	+9%	92	+61%	48	-4%
Berlin	478	+10%	55	+28%	125	-33%
Brandenburg	927	-13%	145	-6%	193	-10%
Mecklenburg-Vorpommern	385	+3%	61	-30%	76	-6%
Sachsen	608	+5%	332	+16%	388	+15%
Sachsen-Anhalt	340	+12%	139	-7%	186	-4%
Thüringen	279	-6%	189	+31%	143	-26%
<b>West</b>	<b>17.610</b>	<b>-4%</b>	<b>5.939</b>	<b>+15%</b>	<b>3.531</b>	<b>+3%</b>
<b>Ost</b>	<b>3.017</b>	<b>-1%</b>	<b>921</b>	<b>+7%</b>	<b>1.111</b>	<b>-8%</b>
<b>Deutschland</b>	<b>20.627</b>	<b>-3%</b>	<b>6.860</b>	<b>+14%</b>	<b>4.641</b>	<b>0%</b>

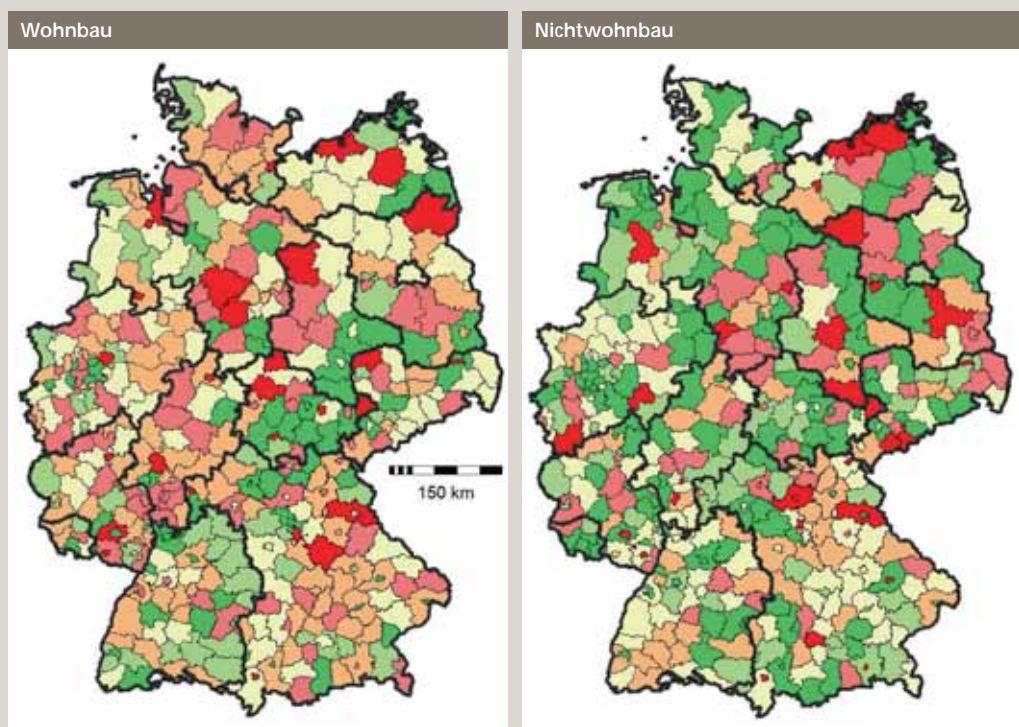
Veränderungen zum Vorjahreszeitraum



Quelle:

CEMEX Marktforschung,  
Statistische Landesämter,  
Kartengrundlage:  
GfK GeoMarketing

Orientierungshilfe in den dargestellten Stadt-/Landkreisen bietet z. B. [www.kreisnavigator.de](http://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.



# Oscar Niemeyer

## Natürliche Formen aus Beton

Er kann sich noch an die Zeit vor dem Ersten Weltkrieg erinnern und arbeitete in den 1930er-Jahren mit Le Corbusier zusammen. Oscar Niemeyer, Jahrgang 1907, ist der letzte noch lebende Vertreter der architektonischen Moderne.

Im Dezember 2007 feierte Oscar Niemeyer seinen 100. Geburtstag. Das Ausmaß an Ehrungen, das dem Brasilianer mit deutschen Vorfahren zuteil wurde, ist für einen lebenden Menschen ungewöhnlich. Für den Spiegel ist Niemeyer ein „lebender Mythos“, für die FAZ „eine der wichtigsten Figuren der architektonischen Moderne“.

### Assistent von Corbusier

Die ersten praktischen Erfahrungen als Architekt machte Niemeyer Mitte der 1930er-Jahre im Büro des Architekten und Stadtplaners Lucia Costa in Rio de Janeiro. 1936 assistierte er dem berühmten französisch-schweizerischen Architekten Le Corbusier bei seinen Entwürfen für das neue brasilianische Gesundheitsministerium. Kurz da-

rauf ging Niemeyer als 29-Jähriger nach Frankreich, um in Le Corbusiers Pariser Büro zu arbeiten.

### Die Natur als Leitmotiv

Bald entwarf Niemeyer prestigeträchtige Objekte, zum Beispiel 1939 den brasilianischen Pavillon für die Weltausstellung in New York. Die Architekturlegende entwickelte schnell einen einzigartigen Stil: kaum rechte Winkel, dafür fließende Linien und geschwungene Formen, die sich an der Natur orientieren. Als Leitmotiv dienen dem an der Copacabana wohnhaften Architekten unter anderem die Strände, Gebirge und Flussbiegungen seiner Heimat – und schöne weibliche Körper. Möglich waren die damals äußerst ungewöhnlichen Formen, weil der „Be-

tonbändiger“ (Focus) das Potenzial von Stahlbeton voll ausschöpfte.

### Hauptstadt-Architekt

Berühmtheit erlangte Niemeyer Ende der 1950er-Jahre, als er alle Repräsentativbauten der auf dem Reißbrett entstandenen Hauptstadt Brasilia entwarf. Eines seiner bekannten Bauwerke neuerer Zeit ist das 1996 erbaute Museu de Arte Contemporânea (oben). Auf den ersten Blick sieht das Museum aus wie ein gigantisches UFO aus Beton, das auf den Klippen von Niterói bei Rio de Janeiro gelandet ist. Die Chancen stehen nicht schlecht, dass auch in Zukunft Entwürfe von Oscar Niemeyer verwirklicht werden. Nach wie vor begibt sich der leidenschaftliche Zigarrenraucher jeden Morgen in sein Atelier, um an zahlreichen Projekten zu arbeiten. /

# „Er hat den damaligen Rahmen der Formensprache gesprengt“

Professor Manuel Cuadra ist Autor mehrerer Essays und Bücher über lateinamerikanische Architektur

## Herr Professor, Oscar Niemeyer hat im Lauf seines Lebens rund 600 Projekte realisiert. Welche Werke halten Sie persönlich für seine bedeutendsten?

Persönlich schätze ich vor allem die frühen Werke: zum Beispiel das Wohnhaus „Casa das Canoas“ mit dem elegant geschwungenen Grundriss, das er für sich selbst entwarf. Im ganzen Haus gibt es kaum Geraden oder rechte Winkel. Oder seine Objekte in Belo Horizonte, wie das Kasino und die Kirche São Francisco mit ihrem parabelförmigen Betondach.

## Von Niemeyer heißt es oft, dass er über technische Details „erhaben“ sei ...

Tatsächlich ging er gerne bis an die Grenzen. In der Konsequenz wurden seine Bauwerke erst dann wirklich gut, wenn er exzellente Ingenieure an seiner Seite hatte. In der Entwurfsphase formulierte Niemeyer seine Vorstellung radikal, plante dann aber die Umsetzung sorgfältig mit seinen Ingenieuren.

## Aus welchem Grund arbeitete Niemeyer vor allem mit Beton?

Anfang des 20. Jahrhunderts war Stahlbeton immer noch ein recht neues Baumaterial des Industriezeitalters. Es hält hohen Druck-, Zug- und Biegekräften stand und hat deshalb eine sehr hohe Leistungsfähigkeit und Formbarkeit.

Das hat die Architekten dieser Zeit fasziniert. Für Niemeyer war sicherlich wichtig, dass Beton eine viel freiere Formbarkeit hat als beispielsweise Stahl. So passte dieser Baustoff auch besser zum brasilianischen Lebensgefühl: außergewöhnlich, individuell, frei. Hinzu kommt, dass das Klima in Brasilien eine andere Bauweise erlaubt als in Mitteleuropa. Kältebrücken sind nicht zu befürchten – auf Dämmungen oder Verkleidungen kann verzichtet werden. Das ermöglicht sehr schlanke, feingliedrige Strukturen.

## Welche Rolle spielte umgekehrt Niemeyer für Beton?

Schon in den 1920er-Jahren haben viele Architekten, vor allem in Frankreich, mit Beton experimentiert. Aber immer nur mit orthogonalen Strukturen. Mit seinen runden, geschwungenen Formen hat Oscar Niemeyer den damaligen Rahmen der Formensprache gesprengt. Nicht zuletzt deshalb, weil er dazu bessere Voraussetzungen hatte als seine europäischen Kollegen. Handarbeit war in Brasilien schon damals wesentlich günstiger als in Europa. Das heißt, Niemeyer konnte aufwendigere Schalungen einsetzen. Mit seinen Bauwerken hat er gezeigt, wie frei mit Beton gearbeitet werden kann. Man kann sagen: Niemeyer hat das enorme Potenzial dieses Baustoffs deutlich gemacht. /



**Prof. Dr. Manuel Cuadra**  
Universität Kassel, Fachbereich Architektur Stadtplanung Landschaftsplanung

# Die Klimaanlage aus Beton

An der Nordseeküste entsteht derzeit ein einzigartiges Gebäude: das Klimahaus Bremerhaven 8° Ost. Ab März 2009 können Besucher hier neun Klimazonen erleben. Zwischen der Glut-hitze der Sahelzone und schneidender arktischer Kälte liegen nur wenige Schritte.

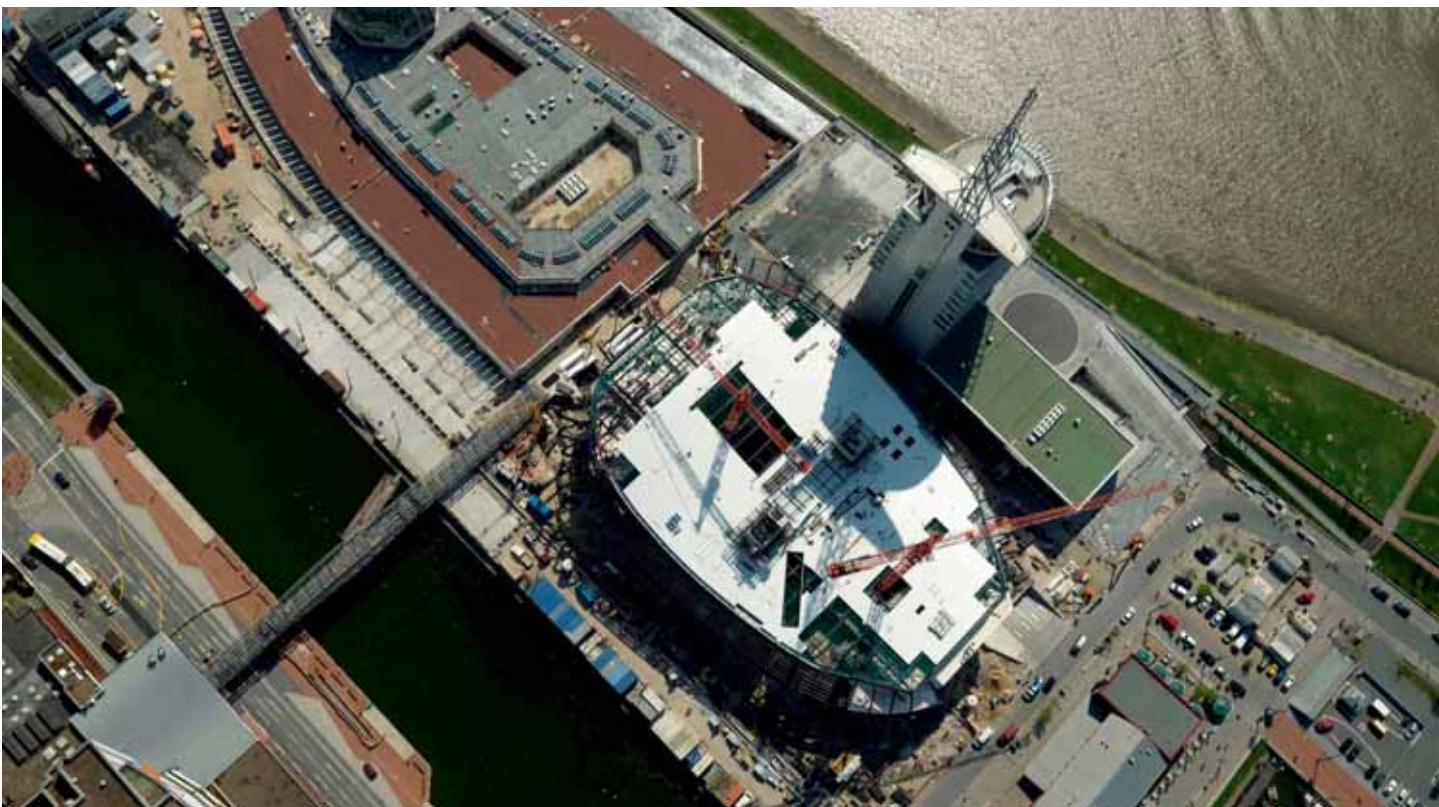
„Natürlich können alle Beteiligten Bau-pläne lesen. Aber die räumlichen Abhän-gigkeiten sind so kompliziert, dass wir eigens ein 1:50-Modell angefertigt haben, um sie den Gewerken vor Augen führen zu können“, erklärt Sieghard Lückehe, Technischer Leiter der Städtischen Woh-nungsgesellschaft Bremerhaven mbH (STÄWOG). „Im Gebäude selbst gibt es beispielsweise 57 unterschiedliche Ni-veaus.“ Auch das Äußere der Konstruktion

am Deich der Außenweser wirkt außer-gewöhnlich. Riesige Kräne schwenken ihre Ausleger über eine Betonstruktur, deren Form an eine gigantische Blase erinnert.

## Hauptattraktion der „Havenwelten“

Das zukünftige Klimahaus Bremerhaven 8° Ost soll neben dem Deutschen Schiff-fahrtsmuseum, dem Deutschen Auswan-dererhaus und dem Zoo am Meer eine der Hauptattraktionen der Bremerhavener

„Havenwelten“ werden. Das einzigartige Konzept des Klimahauses: Entlang des achten östlichen Längengrads, auf dem Bremerhaven liegt, wandern die Besucher auf 11.500 m<sup>2</sup> Ausstellungsfläche durch neun verschiedene Klimazonen – von den Schweizer Alpen bis zu den samoanischen Korallenriffen. Dies geschieht nicht nur durch Rauminszenierungen, Aquarien-tanks, Tiere, Pflanzen und Multimedia-Installationen, sondern auch durch die





Simulation von Hitze, Kälte oder tropischer Luftfeuchtigkeit. „Diese Reise macht deutlich, wie das Leben der Menschen vom Klima beeinflusst wird. So werden unsere Besucher auch für den Umwelt- und Klimaschutz sensibilisiert“, erklärt Arne Dunker, geschäftsführender Gesellschafter der Klimahaus Betriebsgesellschaft mbH. Dunker rechnet mit 600.000 Besuchern pro Jahr.

**Beton für Außenwände und Aquarien**

Die Eröffnung des Klimahauses Bremerhaven ist für März 2009 geplant. Doch bis dahin bleibt noch einiges zu tun. Die Innenkonstruktion aus Beton, 125 Meter lang und 82 Meter breit, ist bereits fertig, doch die Außenhülle aus Glas wird erst in einer späteren Bauphase montiert. CEMEX lieferte rund 9.000 m<sup>3</sup> Beton an die Baustelle, hauptsächlich C 35/45. Diese Betone wurden vor allem für die Außenwände und die Salzwasserbecken eingesetzt. Sie müssen dem Einfluss des Meerwassers und dem hohen Salzgehalt der Seeluft standhalten.

**Klimatisierung als bautechnische Herausforderung**

In betontechnologischer Sicht ist das Klimahaus Bremerhaven allerdings auch aus einem anderen Grund interessant: Es zeigt, wie gut Beton zur Gebäudeklimatisierung genutzt werden kann. Christian Oberdorf ist Projektleiter der Transsolar Energietechnik GmbH, die das Klimakzept der neuen Bremerhavener Attraktion entwickelte. Die Betonkernaktivierung, die im Klimahaus zum Einsatz kommt, beschreibt er so: „Das ist die thermische Aktivierung der Gebäudemasse durch im Beton eingesetzte Rohrschlangen, in denen ein Wärmeträgermedium zirkuliert. Überschüssige Wärme wird tagsüber in

den Betondecken aufgenommen. Nachts werden diese über die zirkulierende Flüssigkeit abgekühlt und stehen am nächsten Tag wieder zur Wärmeaufnahme zur Verfügung. Da hierzu relativ hohe Kühlwassertemperaturen ausreichen, können sehr kostengünstige Kältequellen direkt eingebunden werden.“ Laut Oberdorf trägt die Betonkernaktivierung wesentlich dazu bei, dass große Teile des Klimahauses vollständig ohne konventionell erzeugte Klimakälte auskommen. Die Betonkernaktivierung wird in Deutschland seit mehr als zehn Jahren praktiziert. Auf vorgefertigte Betonbauteile konnten die Bauer des Klimahauses allerdings nicht zurückgreifen. Dafür waren die Formen zu ungewöhnlich. /



Die Baustelle des Klimahauses Bremerhaven im Mai 2008. Rechts vom Klimahaus das Atlantic Hotel SailCity.

Klimahaus® Bremerhaven 8° Ost	
Baubeginn	August 2006
Eröffnung	März 2009
Bauherr	Stadt Bremerhaven, vertreten durch die BEAN Bremerhavener Entwicklungsgesellschaft Alter / Neuer Hafen mbH & Co. KG
Netto-Investitionsvolumen	70 Millionen Euro
Besucherprognose	600.000 Besucher pro Jahr
Bruttogesamtfläche	18.800 m <sup>2</sup>

Unsere Produkte für die Bremerhavener „Havenwelten“	
Klimahaus Bremerhaven	rund 9.000 m <sup>3</sup> Transportbeton, hauptsächlich C 35/45
Atlantic Hotel Sail City	10.000 m <sup>3</sup> Transportbeton, hauptsächlich C 30/37
Tiefgarage (unter Klimahaus und Hotel)	20.000 m <sup>3</sup> Transportbeton, hauptsächlich C 30/37 4.000 m <sup>3</sup> Bohrpfehlbeton C 35/45
Mediterraneo (Einkaufs- und Erlebniszentrum)	17.000 m <sup>3</sup> Transportbeton, hauptsächlich C 30/37 und C 35/45

# „ Wir setzen die Speichermasse des Betons zur Klimatisierung ein“

Dipl.-Ing. Sieghard Lückehe (Städtische Wohnungsgesellschaft Bremerhaven) über die Betonkernaktivierung, und das Geothermiesystem, die in das Klimahaus Bremerhaven integriert werden.



**Dipl.-Ing. Architekt Sieghard Lückehe**  
Prokurist und Technischer Leiter der  
Städtischen Wohnungsgesellschaft  
Bremerhaven mbH (STÄWOG).

## **Herr Lückehe, welche Funktion haben Sie beim Bau des Klimahauses?**

Da muss ich etwas ausholen: Bauherr ist für die Stadt Bremerhaven die BEAN, Bremerhavener Entwicklungsgesellschaft Alter/Neuer Hafen mbH & Co. KG. Die STÄWOG vertritt die BEAN in der Bauherrenrolle und hat die Steuerung der Baumaßnahmen übernommen. Ich bin als Gesamtprojektleiter für die Steuerung der mehr als 60 Gewerke verantwortlich, die am Bau des Klimahauses beteiligt sind.

## **Eine große Herausforderung war die Klimatisierung dieses Bauwerks ...**

Tatsächlich verursachen die künstlich hergestellten klimatischen Bedingungen einen großen Energiebedarf. Bei der Klimatisierung stellt Wärme für uns tendenziell ein größeres Problem dar als Kälte. Denn wir haben sehr viele Heizquellen: zum Beispiel Tausende von Besuchern und Tausende von Lampen, die Wärme abstrahlen. Die Betonkernaktivierung ist wichtiger Bestandteil eines

ganzen Pakets intelligenter Systeme, die wir dazu nutzen, Energie zu sparen. Beispielsweise wird auch eine Photovoltaikanlage zur Stromerzeugung installiert.

## **Auf welche Weise haben Sie Beton zur Klimatisierung genutzt?**

Durch die Betonkernaktivierung können wir die Speichermasse des Betons zur Klimatisierung einsetzen. Neben der klassischen Betonkernaktivierung, zu der wir die 50 bis 60 Zentimeter dicken Betondecken nutzen, setzen wir beim Klimahaus auch ein Geothermiesystem ein: Das Klimahaus steht auf rund 500 Betonpfählen mit bis zu 60 Zentimetern Durchmesser, die 25 Meter weit in den Boden reichen. In dieser Tiefe beträgt die Temperatur etwa 11 °C. Im Beton der neutralen Zone der Pfähle liegen – ähnlich wie bei einer Fußbodenheizung – Schleifen aus Kunststoffrohren. In diesen Rohren fließt Wasser, das als Trägermedium die Umgebungstemperatur annimmt. Wenn es in andere Gebäudeteile gepumpt wird, dient es im



So wird das Klimahaus nach seiner Eröffnung im März 2009 aussehen.

Sommer zur Kühlung, im Winter zur Unterstützung der Heizung. Um die Bildung von Schwitzwasser zu verhindern, darf das Wasser, das durch die Kunststoffleitungen fließt, nicht kälter als 20 bis 22 °C sein. In Bereichen, in denen Frostgefahr droht, nutzen wir statt Wasser Glykol als Trägermedium. Allein in den Betonpfählen wurden rund 21 Kilometer Kunststoffleitungen verlegt.

**Was war bei der Montage im Vergleich zu „normalem“ Betonbau anders?**

Der organisatorische Aufwand ist etwas größer. Der Arbeitsschritt Bewehrung wird dadurch, dass zwischen obere und untere Bewehrung Leitungen eingeführt werden, geteilt. Für das Verlegen dieser Kunststoffleitungen war zudem ein eigenes Gewerk zuständig. Pro Bohrspahl fielen etwa drei Stunden zusätzlich an, zum großen Teil Handarbeit. Bei der Montage muss sehr vorsichtig gearbeitet werden, denn Lecks in den Leitungen können nur mit großem Aufwand repariert

werden. Nachträgliche Bohrungen sind ganz schlecht – schließlich können die Leitungen der Betonkernaktivierung beschädigt werden. Deshalb müssen alle Leitungen, Kabel- und Lüftungs-

kanäle sorgfältig geplant werden. Trotzdem: Nach kurzer Anlaufzeit wurden die Arbeiten genauso routiniert ausgeführt wie bei einem „konventionellen“ Betonbau. /

Im Inneren des Klimahauses gibt es 57 unterschiedliche Niveaus.



# Feuchtigkeitsklassen nach Alkali-Richtlinie

Bauteile können in der Bau- und Nutzungsphase in unterschiedlich starkem Maße Feuchtigkeit und zusätzlich der Einwirkung von Alkalisalzen oder anderen Taumitteln ausgesetzt sein. Dies kann zu chemischen Reaktionen führen, die die Dauerhaftigkeit des Betons beeinträchtigen.



In der Alkali-Richtlinie definiert der Deutsche Ausschuss für Stahlbeton (DAfStb) unterschiedliche Feuchtigkeitsklassen und legt Anforderungen an die Gesteinskörnung beziehungsweise Betonzusammensetzung fest, die dafür sorgen, dass der Beton den Angriffen innerhalb des geplanten Nutzungszeitraums standhält.

### Europäische Norm auf Deutschland übertragen

Die EN 206 wird in Deutschland gemeinsam mit der DIN 1045-2 angewendet, wodurch man langjährige Erfahrungen sowie klimatische und geographische Besonderheiten einfließen lässt. Mit Erscheinen der Bauregelliste A (Ausgabe 2008/1) ist die A2-Änderung zur Betonnorm DIN 1045-2 eingeführt. Im Wesentlichen werden dort folgende Punkte geregelt:

- Die Feuchtigkeitsklassen der Alkali-Richtlinie werden übernommen.
- Fasern nach DIN EN 14889-1 bzw. -2 werden berücksichtigt.
- Sulfatgehalte des Grundwassers > 600 mg/l müssen bei Festlegung und Bestellung von Beton angegeben werden.
- Bei besonderen Anwendungen, bei denen die Druckfestigkeit zu einem späteren Zeitpunkt als nach 28 Tagen bestimmt wird, muss man die Nachbehandlungsdauer ermitteln.
- Flugasche wird als Betonzusatzstoff in Beton bei Frost-Tausalz-Angriff angerechnet (Expositionsklassen XF2 und XF4). Parallel dazu werden die Anwendungsregeln für Portland-Kompositzemente angepasst, die Flugasche als einen weiteren Hauptbestandteil enthalten.

Durch die Aufnahme der Feuchtigkeitsklassen der Alkali-Richtlinie (Abb. 1) in die Tabelle 1 der DIN 1045-2 „Expositionsklassen“ ergeben sich zusätzliche Aufgaben/Anforderungen:

- Der Verfasser der Festlegungen für den Frisch- und Festbeton ist auch für die Angabe der unter Nutzungs- bzw. Herstellungsbedingungen relevanten Feuchtigkeitsklasse zuständig.
- Die verwendete Gesteinskörnung ist entsprechend der Alkali-Richtlinie einzustufen.
- Auf den Lieferscheinen des Transportbetons ist die zulässige Feuchtigkeitsklasse anzugeben. Fehlt die Angabe, so ist WO maßgebend.
- Für die Feuchtigkeitsklasse WS gelten besondere Anforderungen an den Zement, auch bei Gesteinskörnungen der Alkaliempfindlichkeitsklasse E I.

Abb. 1 – Feuchtigkeitsklasse nach Alkali-Richtlinie

Klasse	Umgebung	Beispiele
WO	Beton, der nach normaler Nachbehandlung nicht längere Zeit feucht und nach dem Austrocknen während der Nutzung weitgehend trocken bleibt	a) Innenbauteile des Hochbaus b) Bauteile, auf die Außenluft, nicht jedoch z. B. Niederschläge, Oberflächenwasser, Bodenfeuchte einwirken können und/oder die nicht ständig einer relativen Luftfeuchte von mehr als 80 % ausgesetzt sind
WF	Beton, der während der Nutzung häufig oder längere Zeit feucht ist	a) Ungeschützte Außenbauteile, die z. B. Niederschlägen, Oberflächenwasser oder Bodenfeuchte ausgesetzt sind b) Innenbauteile des Hochbaus für Feuchträume, wie z. B. Hallenbäder, Wäschereien und andere gewerbliche Feuchträume, in denen die relative Luftfeuchte überwiegend höher als 80 % ist c) Bauteile mit häufiger Taupunktunterschreitung, wie z. B. Schornsteine, Wärmeübertragerstationen, Filterkammern und Viehställe d) Massige Bauteile gemäß DAfStb-Richtlinie „Massige Bauteile aus Beton“, deren kleinste Abmessung 0,80 m überschreitet (unabhängig vom Feuchtezutritt)
WA	Beton, der zusätzlich zu der Beanspruchung nach Klasse WF häufiger oder langzeitiger Alkalizufuhr von außen ausgesetzt ist	a) Bauteile mit Meerwassereinwirkung b) Bauteile unter Tausalzeinwirkung ohne zusätzliche hohe dynamische Beanspruchungen (z. B. Spritzwasserbereiche, Fahr- und Stellflächen in Parkhäusern) c) Bauteile von Industriebauten und landwirtschaftlichen Bauwerken (z. B. Güllebehälter) mit Alkalieinwirkung
WS	Beton, der hohen dynamischen Belastungen und direktem Alkalieintrag ausgesetzt ist	a) Bauteile unter Tausalzeinwirkung mit zusätzlicher hoher dynamischer Beanspruchung (z. B. Betonfahrbahnen)

### Alkali-Richtlinie bringt neue Regeln

Im Februar 2007 wurde die Alkali-Richtlinie veröffentlicht und in der Bauregelliste A (Ausgabe 2008/1) bauaufsichtlich eingeführt. Sie enthält folgende neue Regelungen:

- Alle Gesteinskörnungen, die in Betonen nach DIN 1045 verwendet werden, sind in Alkaliempfindlichkeitsklassen einzustufen und nach Alkali-Richtlinie zu überwachen.
- Gesteinskörnungen, die nicht in der Richtlinie genannt sind bzw. nicht aus den genannten Gewinnungsgebieten stammen, können auf der Grundlage einer petrographischen Prüfung als unbedenklich (E I) eingestuft werden, wenn unter baupraktischen Bedingungen keine schädigende Alkali-Kiesel-säure-Reaktion (AKR) aufgetreten ist.

- Kiese, die mehr als 10 M.-% Anteil an gebrochener Grauwacke, gebrochenem Kies des Oberrheins oder rezyklierte Gesteinskörnungen enthalten, müssen nach Teil 3 der Richtlinie untersucht werden.
- Betonfahrbahndecken gehören zur Feuchtigkeitsklasse WS. Hier bestehen zusätzliche Anforderungen an die Zemente. Betone für Flugverkehrsflächen müssen durch eine fachkundige Person beurteilt werden.

Die Prüfung und Einstufung von Gesteinskörnungen aus dem Gewinnungsgebiet nach Teil 2 dieser Richtlinie (Gesteinskörnungen mit Opalsandstein und Flint) bleibt unverändert.

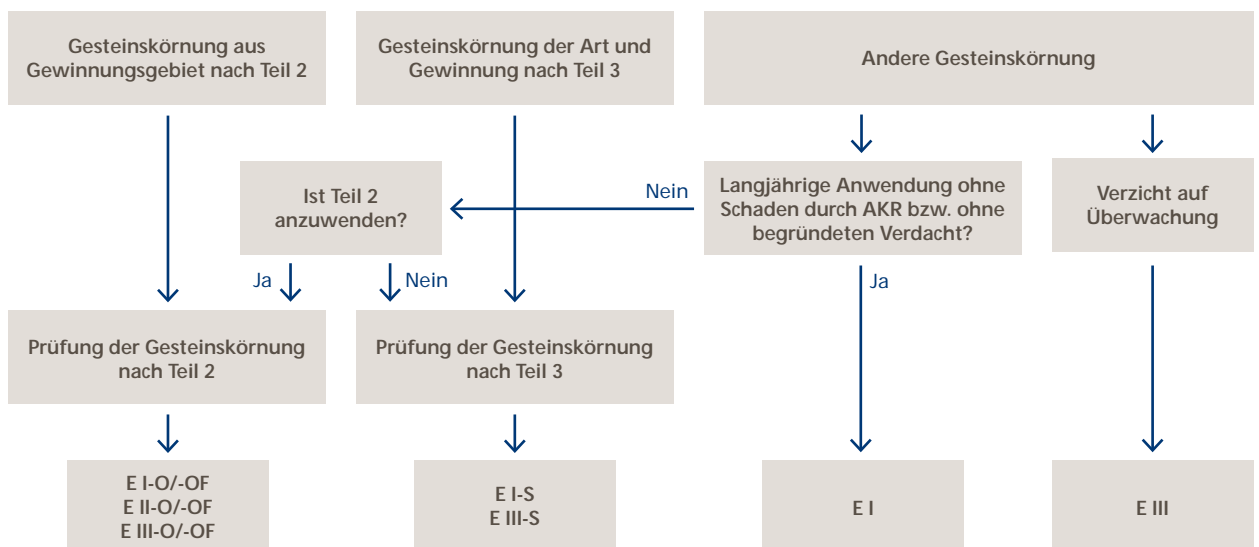
Der im Teil 3 der Alkali-Richtlinie (gebrochene alkaliempfindliche Gesteinskör-

nung) beschriebene Prüfungsablauf kann auch für andere alkaliempfindliche Gesteinskörnungen herangezogen werden, wenn diese nicht nach Teil 2 der Alkali-Richtlinie zu beurteilen sind und es unter baupraktischen Bedingungen bereits zu schädigenden Alkaliereaktionen im Beton (Bauwerkschäden) gekommen ist.

### Gesteinskörnungen nach Teil 3:

- gebrochene Grauwacke
- gebrochener Quarzporphyr (Rhyolit)
- gebrochener Kies des Oberrheins
- rezyklierte Gesteinskörnungen
- Kiese, die mehr als 10 M.-% gebrochene Anteile der zuvor aufgeführten Gesteinskörnungen enthalten
- gebrochene Gesteinskörnungen, die nicht nach Teil 1 Abschnitt 1.2 als unbedenklich eingestuft werden können

Abb. 2 \_ Einstufungen der Gesteinskörnung nach Alkali-Richtlinie (vereinfachte Darstellung)



- gebrochene Gesteinkörnungen, für die im Geltungsbereich der Richtlinie keine baupraktischen Erfahrungen vorliegen

Liegen mit Gesteinkörnungen, die nicht nach Teil 2 oder Teil 3 der Richtlinie zu beurteilen sind, langjährige baupraktische Erfahrungen ohne Schaden durch AKR vor, so sind diese nach Teil 1 der Richtlinie als E I einzustufen (Abb. 2).

### Prüfverfahren für Gesteinkörnungen

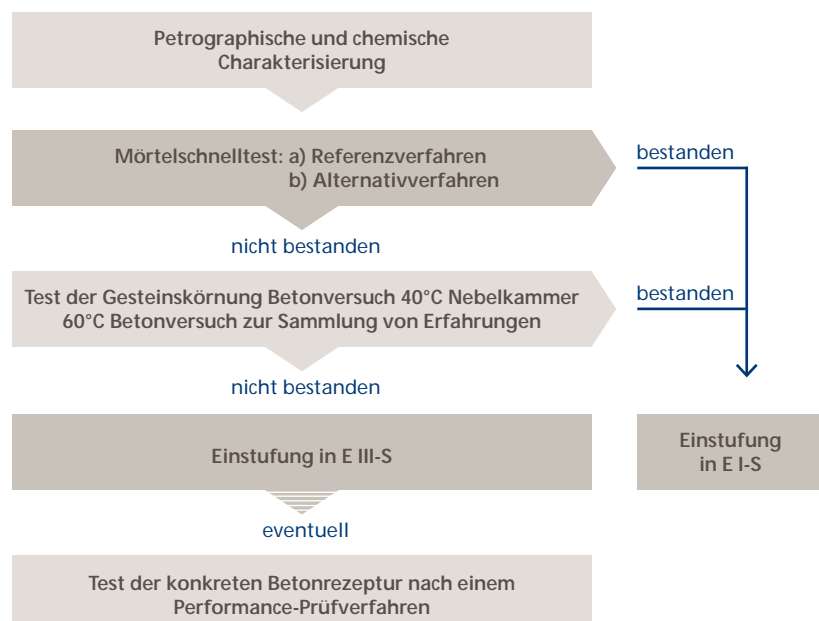
In Teil 3 beschreibt die Alkali-Richtlinie unterschiedliche Prüfverfahren zur Untersuchung von Gesteinkörnungen (z. B. Mörtelschnelltest, Betonversuch 40 °C). Um nicht unnötig Gesteinkörnungen von ihrer Verwendung in der Feuchtigkeitsklasse WS auszuschließen, können konkrete Betonzusammensetzungen in Performance-Prüfungen gutachterlich beurteilt werden (Abb. 3). Diese Prüfungen können mit einer Taumittelzufuhr von außen kombiniert werden. Mörtelschnelltests sind nicht zur Bestimmung der Alkaliempfindlichkeit von opal- oder flinthaltigen Gesteinen nach Teil 2 der Alkali-Richtlinie geeignet, ebenso wenig für Sande bis 2 mm Größtkorn.

### Fazit:

Die Alkali-Richtlinie zeigt praxisgerechte und sichere Lösungen für das Bauen mit Beton auf, wobei man die regional verfügbaren Betonausgangsstoffe zugrunde legt. Betonfahrbahndecken sind der Feuchtigkeitsklasse WS zuzuordnen. Hier sind die zusätzlichen Anforderungen an die Gesteinskörnung zu berücksichtigen, die sich aus der Gewährleistung der Verkehrssicherheit ergeben. /



Abb. 3 \_ Prüfungen nach Teil 3 der Alkali-Richtlinie einschließlich Gutachterlösung





# Windkraft vom Fertigteilbetonturm

ENERCON errichtet derzeit die erste Berliner Windkraftanlage. Bei einer Nabenhöhe von 138 Metern und 82 Metern Rotordurchmesser liefert die Anlage rund zwei Megawatt.

Fertigteilbetontürme werden in einer speziell entwickelten Spannstahltechnik ausgeführt. Mittels Spannritzen, die in Hüllrohren innerhalb der Betonturmwand verlaufen, werden die Turmsegmente und das Fundament miteinander verspannt. Die Turmsegmente werden komplett im Fertigteilwerk produziert. Im Werk Magdeburg der WEC TURMBAU GMBH, für deren Werksneubau im Hansehafen am 11. Juni 08 feierliche Grundsteinlegung war, wird für die Fertigung der Segmente selbstverdichtender Hochleistungsbeton

unter Verwendung des Zements DER RÜDERSDORFER CEM I 52,5 R (ft) von CEMEX OstZement eingesetzt. Die Konstruktionsweise der Betontürme und die Nutzungsanforderungen stellen hohe qualitative Anforderungen an Fertigung und Materialauswahl. Stahlschalungen gewährleisten eine hohe Fertigungsgenauigkeit der Betonsegmente. Detaillierte Verfahrens- und Arbeitsanweisungen sowie Qualitätsspezifikationen sichern eine lückenlose Rückverfolgbarkeit der Arbeitsschritte sowie Materialqualitäten. /





# Leserumfrage 2008: „Gute Mischung“

76 Prozent lesen die bauwerk immer, zusätzlich fast 20 Prozent lesen sie oft. 97 Prozent der Leserinnen und Leser würden die CEMEX Kundenzeitschrift weiterempfehlen. Diese erfreulichen Ergebnisse brachte die Leserumfrage im vorigen Heft. Herzlichen Dank an alle, die sich die Mühe gemacht haben, auf unsere Fragen zu antworten!

## Praxistipps top-relevant

Spezielles Augenmerk haben wir darauf gerichtet, welche Themen unsere Leser besonders interessant finden: Als „top-relevant“ liegen „Tipps aus der Praxis“ mit 92% ganz vorn. „Große Relevanz“ besitzen Informationen über Beton (87%), Anwendungsberichte und Baustellenreportagen (85%) sowie Normenänderungen mit 77%. Fast ebenso viele Leser (76%) schätzen Informationen über Zement und Produktinformationen oder -innovationen als besonders interessant ein. Ähnliche Reaktionen kamen auf die Frage, welche Themen stärker

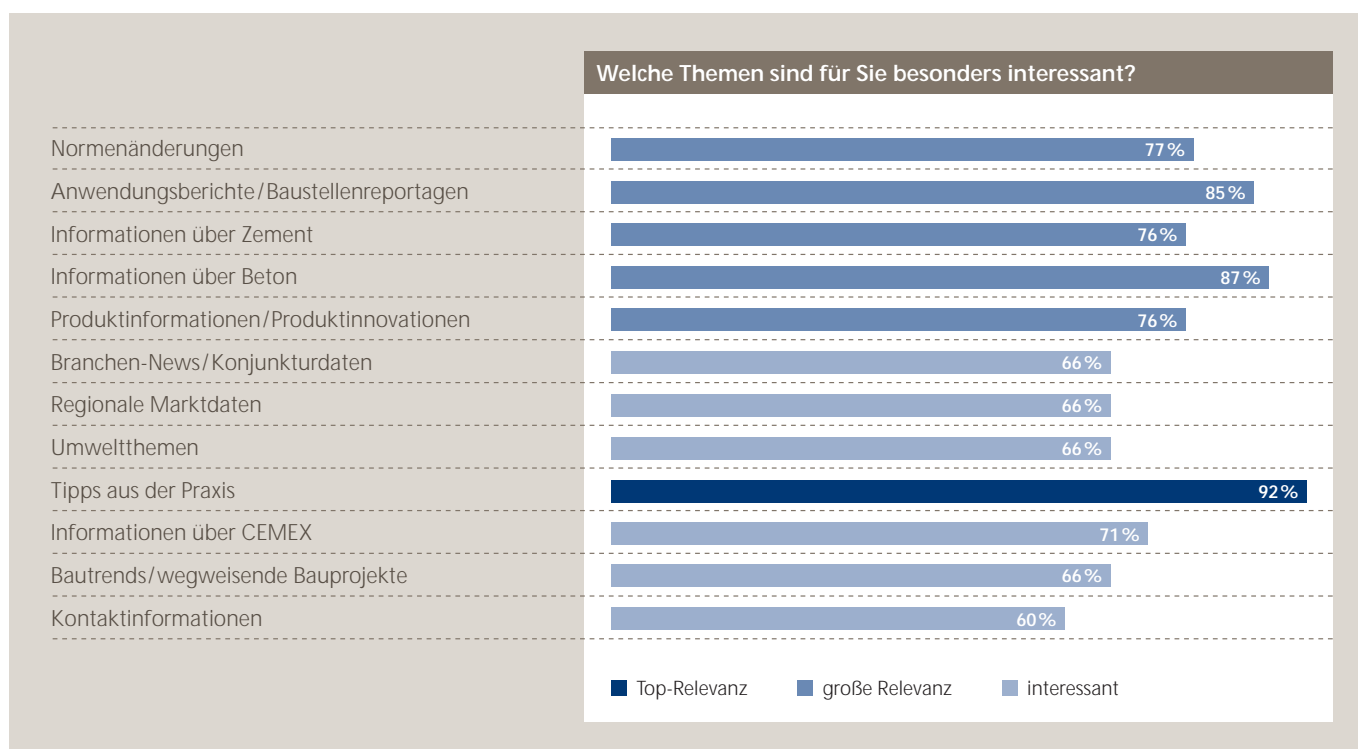
ausgebaut werden sollten. Tipps aus der Praxis, Normenänderungen und Informationen über Beton nehmen auch hier die ersten Plätze ein.

## Leserwünsche berücksichtigt

In der bauwerk, die Sie gerade vor sich liegen haben, haben wir die Wünsche aus der Leserumfrage schon aufgegriffen. So finden Sie beispielsweise einen ausführlichen Bericht über Änderungen der Alkali-Richtlinie. Experten-Tipps zur richtigen Schalung von selbstverdichtenden Betonen können Ihnen die Arbeit auf der Baustelle erleichtern. /

Viele Leserinnen und Leser nutzten die Leserumfrage um persönliche Kommentare abzugeben. Hier einige Zitate:

- Ein guter Anfang, der ausbaufähig ist.
- Gute Mischung aus Bild- und Textinfo.
- ... mehr als nur eine Firmenzeitschrift.
- Die Artikel könnten tiefer ins Detail gehen.
- Sollte öfter erscheinen.
- Mit diesem Medium heben Sie sich positiv ab.
- Format und Aufmachung sind gut.
- Weiter so!



# Fließfähige Betone brauchen die richtige Schalung

Betonbauteile werden immer schlanker und der Bewehrungsgrad nimmt zu. Es stellt sich oftmals die Frage: Wie soll da noch Beton hineinkommen? Und wie soll er verdichtet werden? Hier bieten sich fließfähige Betone der Konsistenzklassen F5 und F6 oder gar selbstverdichtende Betone (SVB) an. Doch bei der Schalung ist manches zu beachten.

## **Schnell verfügbar: Rahmenschalungen**

Aufgrund ihrer schnellen Verfügbarkeit bei geringen Kosten haben Rahmenschalungen eine sehr große Bedeutung. Nach Einschätzung von Experten dienen sie bei ca. 70 Prozent aller herzustellenden Ortbetonwände als Schalungssystem. Dabei gibt das System jedoch den maximal aufnehmbaren Frischbetondruck und die Lage der Ankerstellen vor.

Rahmenschalungen lassen sich in drei Gruppen einteilen:

- Handschalungen für den Einsatz vorwiegend im Fundamentbereich: Sie nehmen einen für diese Einsatzzwecke praxisgerechten Frischbetondruck von etwa  $40 \text{ kN/m}^2$  auf.
- Mittelschwere Rahmenschalungen: Sie tragen Betonierlasten bis zu  $60 \text{ kN/m}^2$  zuverlässig ab.

- Kranabhängige schwere Rahmenschalungen sind auf den Baustellen am meisten verbreitet. Je nach Hersteller lassen sie sich mit Ankersystemen  $\varnothing 15,0$  (90 kN) oder  $\varnothing 20,0$  (150 kN) verwenden und nehmen Frischbetondrücke bis gut  $80 \text{ kN/m}^2$  auf (S. 19, rechts). Schwere Rahmenschalungen sind gut geeignet für die neuen fließfähigen Betone mit höherem Frischbetondruck.

Baustellenversuche unter Verwendung von Druckmessdosen zeigten, dass die Art der Betoneinbringung großen Einfluss auf den Frischbetondruck hat.





**links** \_ Trägerschalungen passen sich über Art und Abstand der Träger und Gurtungen sowie die Lage und Anzahl der Ankerstellen an den Frischbetondruck an.  
**rechts** \_ Kranabhängige schwere Rahmenschalungen sind wirtschaftliche und baustellengerechte Systeme, geeignet für den Einsatz fließfähiger Betone.

Ankerstellen sind material- und arbeitsaufwendig. Im Regelfall ist es deshalb oberstes Ziel, Anker auf ein Minimum zu reduzieren. Das ist besonders im WU-Bereich von großer Bedeutung. Das größere Ankerraster bei 1,35 Meter breiten Rahmenschalungselementen spart gegenüber über 1,20 Meter breiten Elementen circa 12 Prozent Ankerstellen und trägt damit erheblich zur Wirtschaftlichkeit bei. Um dennoch die maximale Durchbiegung nach DIN 18202 einzuhalten, muss der Hersteller die Schalung bereits bei der Entwicklung und Produktion durch statisch abgestimmte Materialien darauf auslegen. Zu einer deutlichen Qualitätserhöhung führt auch die neue Generation der polypropylenbeschichteten Schalungsplatten. Hierbei ist der Holzkern der Schalhaut kraftorientiert verleimt und trägt damit zu einer noch geringeren Durchbiegung gegenüber den braunen filmbeschichteten Platten bei.

### Weniger Ankerstellen

Anders als Rahmenschalungen sind Trägerschalungen aus einem mit Schalungsplatten belegten Elementrost aus einzelnen Trägern und Gurtungen aufgebaut. Trägerschalungen passen sich über Art und Abstand der Gurtungen sowie die Lage und Anzahl der Ankerstellen an

jeden Frischbetondruck an (oben links). So kann zum Beispiel eine sechs Meter hohe Schalung auf einen hydrostatischen Frischbetondruck von  $150 \text{ kN/m}^2$  ausgelegt werden. Theoretisch ist hier auch der Einsatz einer Rahmenschalung mit sehr schmalen Standardelementen denkbar. Um jedoch mit möglichst wenigen Ankerstellen auszukommen, sollte man hier einer Trägerschalung den Vorzug geben.

### Frischbetondruck richtig bemessen

Beispiel: Bei einer 3,30 Meter hohen Schalung, einer Steigggeschwindigkeit von  $1,50 \text{ m/h}$  und einem üblichen Rüttelbeton der Konsistenz F3 (weich) liegt der Frischbetondruck nach DIN 18218 bei  $40 \text{ kN/m}^2$ . Im Vergleich dazu sind selbstverdichtende Betone hydrostatisch zu bemessen. Dadurch verdoppelt sich in der beschriebenen Situation der Frischbetondruck auf ca.  $80 \text{ kN/m}^2$ . Für die Schalungstechnik bedeutet dies, dass der Frischbetondruck auf die Schalungen unbedingt zu berücksichtigen ist.

Baustellenversuche unter Verwendung von Druckmessdosen zeigten bei fließfähigen Betonen, dass die Art der Betoneinbringung großen Einfluss auf den Frischbetondruck hat. Pumpen von unten – über ein entsprechendes Fülle-

ment – erzeugt nahezu hydrostatische Drücke (S. 18, unten). Befüllen von oben erlaubt es, den Frischbetondruck durch die Betoniergeschwindigkeit zu steuern. In jedem Fall führen extrem hohe Betoniergeschwindigkeiten, wie sie in Stützenschalungen oder kurzen Wandabschnitten entstehen, ebenfalls zu hohen, fast hydrostatischen Drücken.

### Empfehlung für die Praxis

Was ergibt sich daraus für die Praxis? Der Einsatz fließfähiger Betone setzt dichte Schalungen voraus. Es empfiehlt sich, die Schalungsauswahl anhand von Betonkonsistenz und Einbaumethode mit den Beton- und Schalungslieferanten abzustimmen. Bei der Wahl der geeigneten Schalung liefern die neuen Betone im Ortbetonbau qualitative und wirtschaftliche Vorteile. /

Gastautor



Dipl.-Ing.  
Uwe Adlunger

Projektmanagement Deutsche Doka  
Schalungstechnik GmbH, Maisach



# Ein Instrument aus Wasser, Pfeifen und Beton



Die Meeresorgel aus Beton in Zadar, Kroatien, ist wahrscheinlich das einzige Projekt in der Welt, bei dem das Meer mit einer von Menschen errichteten Konstruktion zusammenspielt, um Melodien zu erzeugen. Diesem erstaunlichen, 700 m<sup>2</sup> großen Instrument ist es zu verdanken, dass ein Spaziergang an der Küste entlang für Stadtbewohner und Touristen zu einer beliebten Attraktion geworden ist. Die Meeresorgel sieht auf den ersten Blick wie eine Treppe mit

versetzten Stufen aus. In die Betonstufen sind jedoch Löcher eingeschnitten, hinter denen sich eine Reihe von Kunststoffpfeifen unterschiedlicher Größe befinden, die sich alle zum Wasser hin öffnen. Die ständige Bewegung des Wassers drückt Luft durch die Pfeifen und erzeugt auf diese Weise wechselnde Töne. Durch runde Öffnungen im Boden tritt die Luft schließlich wieder aus. Die Pfeifen sind so konzipiert, dass populäre Melodien erklingen. /