

20. Februar 2006  
Unser Zeichen: Teu/Eb

. Ausfertigung

## GUTACHTLICHE STELLUNGNAHME

### Zum Betonabdichtungssystem orange wanne®

**Auftraggeber**

CEMEX Deutschland AG  
Daniel-Goldbach-Straße 25  
40880 Ratingen

**Inhalt des Gutachtens**

**Bemessungskonzept System orange wanne®**  
(Bemessungskonzept zur Nachweisführung der Gebrauchstauglichkeit von wu-Wannenbauwerken in kombinierter Betonstahl-/Stahlfaserbetonbauweise nach DAfStb-Richtlinie „Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton“)

**Objekt**

System orange wanne®

**Bearbeiter**

Dr.-Ing. Manfred Teutsch  
iBMB der TU Braunschweig  
Beethovenstraße 52  
38106 Braunschweig  
  
☎ 05 31/3 91-54 16; Fax -81 79  
E-Mail: m.teutsch@ibmb.tu-bs.de

Das Gutachten umfasst 6 Seiten.

Das Gutachten darf nur ungekürzt veröffentlicht oder vervielfältigt werden; eine auszugsweise Wiedergabe bedarf der vorherigen schriftlichen Einwilligung.

## 1. Vorbemerkung

Die Firma CEMEX Deutschland AG bietet für wasserundurchlässige Wannenbauwerke, bestehend aus Sohlplatten und Umfassungswänden, das System orange wanne® an. Die orange wanne® ist ein wasserundurchlässiges System, bei dem zur Optimierung von qualitativen und wirtschaftlichen Kriterien der Spezialbaustoff Stahlfaserbeton, optional als aaton®-Stahlfaserbeton (selbstverdichtender bzw. leicht verdichtbarer Stahlfaserbeton) eingesetzt wird.

Die orange wanne® wird als Gesamtkonzept angeboten und beinhaltet Fachberatungsleistungen, eine statische Berechnung für alle Bauteile aus Stahlfaserbeton, abdichtungstechnische Fachplanung, Begleitung und Überwachung der Beton- und Abdichtungsarbeiten sowie optional den Einbau der Abdichtungstechnik durch eigenes Fachpersonal. CEMEX gewährleistet die Wasserundurchlässigkeit auf eine Dauer von 10 Jahren.

In der WU-Richtlinie des DAfStb sind Nutzungs- und Beanspruchungsklassen festgelegt. Grundsätzlich sollen mit dem System orange wanne® die Bedingungen der Nutzungsklassen A und B und der Beanspruchungsklassen 1 (zeitweise oder dauerhaft anstehendes bzw. drückendes Wasser) und 2 (nicht stauendes Sickerwasser, Bodenfeuchte) erfüllt werden.

Bei der Bemessung von wu-Wannenbauwerken nach dem System orange wanne® sind Last- und Zwangseinwirkungen zu beachten.

Ziel der gutachtlichen Beurteilung ist es, die Konformität des Konzeptes zur Nachweisführung der Gebrauchstauglichkeit des Systems orange wanne® mit den Bemessungsansätzen der DAfStb-Richtlinie „Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton“ zu bestätigen. Da die Anforderungen der NKL A (keine Feuchtstellen auf der Bauteiloberfläche infolge Wasserdurchtritts) die maximalen Anforderungen gemäß WU-Richtlinie darstellen, erfolgt die gutachtliche Beurteilung für die Anforderungen der NKL A bei BSK 1 bzw. 2.

## 2. Maßgebende Normen und Vorschriften

- DIN 1045-1
- DIN 1055
- DBV-Merkblatt „Stahlfaserbeton“
- DAfStb-Richtlinie „Stahlfaserbeton“, 22. Entwurf
- DAfStb-Richtlinie „Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton“ (WU-Richtlinie)
- DAfStb-Heft 555: Erläuterungen zur WU-Richtlinie,
- DAfStb-Richtlinie „Betonbau beim Umgang mit wassergefährdenden Stoffen“

## 3. Unterlagen

- CEMEX Unterlagen zum System orange wanne®
- CEMEX Technische Präsentationen zum System orange wanne®
- Bemessungsbeispiele, CEMEX Statikabteilung
- Bauartzulassungen des DIBt und Anträge für Wände und Bodenplatten aus Stahlfaserbeton und stahlfaserverstärktem Stahlbeton, der Firma CEMEX, Stufe 2, 2005.

➤ **CEMEX - Bemessungskonzept System orange wanne®**

(Bemessungskonzept zur Nachweisführung der Gebrauchstauglichkeit von wu-Wannenbauwerken in kombinierter Betonstahl-/Stahlfaserbetonbauweise nach DAfStb-Richtlinie „Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton“) in der ergänzten Fassung vom 13.02.2004; Dr.-Ing. V. Petrik, Dipl.-Ing. (FH) N. Philipp, CEMEX Deutschland AG.

## **4. Baustoffe**

### **4.1 Beton**

Es ist ausschließlich eignungsgeprüfter und überwachter Stahlfaserbeton zu verwenden. Die erforderlichen Faserbetonklassen werden anhand der erforderlichen Bemessung für den Grenzzustand der Tragfähigkeit und Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit ermittelt.

Neben den Anforderungen, die sich aus den für das Bauteil zutreffenden Expositionsklassen nach DIN 1045 ergeben, sind die Anforderungen an den Beton mit hohem Wassereindringwiderstand („wasserundurchlässiger Beton“) nach DIN EN 206-1 und DIN 1045-2 (5.5.3) einzuhalten. Für den Anwendungsbereich dieser Richtlinie gilt jedoch  $(w/z)_{eq} \leq 0,60$  (entspricht bei Normalbeton einer Druckfestigkeitsklasse C 25/30), die größte zulässige Wassereindringtiefe gemäß DIN EN 12390-8 beträgt 50 mm.

Bei Ausnutzung der Mindestdicke nach Tabelle 5.1 ist nach der WU-Richtlinie (Abschnitt 6.1.5) bei BSK 1 ein Beton mit einem  $(w/z)_{eq} \leq 0,55$  und bei Wänden ein Größtkorn  $\leq 16$  mm zu verwenden. Hierfür stehen der CEMEX Baustoffgruppe AG Betone auch in der entsprechenden Druckfestigkeitsklasse zur Verfügung. Auf die Möglichkeit des Einsatzes von selbstverdichtendem bzw. leicht verdichtbarem Beton wird hingewiesen.

## **5. Anforderungen der WU-Richtlinie für die orange wanne®**

Die WU-Richtlinie regelt spezielle Anforderungen an die Gebrauchstauglichkeit von wasserundurchlässigen Bauwerken. Sie gilt für Bauwerke, die teilweise oder vollständig ins Erdreich eingebettet sind. Die Anforderungen an die Gebrauchstauglichkeit dienen im Sinne dieser Richtlinie dem Zweck der Wasserundurchlässigkeit unter Berücksichtigung der Beanspruchungs- und Nutzungsklassen.

Die Beanspruchungsklasse – die Art der Beaufschlagung des Bauwerkes oder des Bauteils mit Feuchte oder Wasser – ist unter Berücksichtigung der Baugrundeigenschaften und des Bemessungswasserstandes festzulegen. Die Beanspruchungsklasse 1 (BSK1) gilt für drückendes Wasser und zeitweise aufstauendes Sickerwasser. Die Beanspruchungsklasse 2 (BSK2) umfasst die Beanspruchung in Form von Bodenfeuchte und nicht stauendem Sickerwasser. Im Rahmen des Betonabdichtungssystems orange wanne® wird die Eingruppierung in BSK1 bevorzugt.

Die Nutzungsklasse ist in Abhängigkeit von der Bauwerksfunktion und von den Nutzungsanforderungen an das Bauwerk oder Bauteil festzulegen. Für Kellerräume im Wohnungsbau ist die NKL A als Standard vorgesehen. Bei der für die orange wanne® in der Regel zugrundegelegten Nutzungsklasse A ist ein Feuchtetransport in flüssiger Form (Wasserdurchtritt durch den Beton, durch Fugen und Risse) auch temporär nicht zulässig, das heißt Feuchtestellen auf der Bauteiloberfläche als Folge von Wasserdurchtritt sind durch in der Planung bereits vorzusehende Maßnahmen zu jedem Zeitpunkt auszuschließen.

Mindestdicke und Konstruktion der Betonbauteile sind so zu wählen, dass die Bauteile unter Beachtung der Betondeckung fachgerecht betoniert werden können. Empfohlene Mindestbauteildicken für Wände und Bodenplatten für alle Nutzungsklassen sind in Tabelle 5.1 (entspricht Tabelle 1 der WU-Richtlinie) in Abhängigkeit von der Beanspruchungsklasse angegeben.

**Tabelle 5.1: Empfohlene Mindestdicken von Bauteilen (Angaben in mm)**

Bauteil	Beanspruchungsklasse	Ortbeton	Elementwände	Fertigteile
Wände	1	240	240	200
Bodenplatte	1	250	—	200

Bei BSK 2 wären geringere Mindestbauteildicken möglich; es wird jedoch zur Gewährleistung einer höheren Nutzungsqualität empfohlen, auch bei BSK 2 die Mindestbauteildicken für BSK 1 einzuhalten.

Zur Erfüllung der Anforderung der Nutzungsklasse A ist für Beanspruchungsklasse 1 eine Mindesthöhe der Druckzone einzuhalten. Die Druckzonenhöhe im Gebrauchszustand muss die folgende Bedingung erfüllen:

$$x \geq 30 \text{ mm und } \geq 1,5 \cdot D_{\max}$$

( $D_{\max}$  = Größtdurchmesser der Gesteinskörnung)

Alternativ kann der Nachweis der Druckzonenhöhe durch eine Begrenzung der Biegerissbreite auf die in Tabelle 5.2 angegebenen Werten ersetzt werden.

Auf die Möglichkeit der Rissbreitenbegrenzung durch Kombination von Stabstahl- und Stahlfaserbewehrung wird in der WU-Richtlinie hingewiesen.

**Tabelle 5.2: Begrenzung der Rissbreite (entspricht Tabelle 2 der WU-Richtlinie)**

	1	2
	Druckgefälle $h_w/h_b$	Zulässige Rissbreite [mm]
1	$\leq 10$	0,20
2	$\geq 10$ bis $\leq 15$	0,15
3	$\geq 15$ bis $\leq 25$	0,10

Nach der WU-Richtlinie sind für die Nutzungsklasse A Trennrisse zu vermeiden. Dies erfolgt durch in der Planung und Ausführung zu berücksichtigende zwangmindernde Maßnahmen. Hierfür kommen konstruktive (z. B. zweckmäßige Anordnung von Sollrissquerschnitten), betontechnische (z. B. objektspezifische Abstimmung der Hydratationswärme- und Frühfestigkeitsentwicklung der Betone, Einsatz von Stahlfaserbeton als WU-Baustoff, z.B. zur Behinderung des Anwachsens von Mikrorissen) und ausführungstechnische Maßnahmen (z. B. geeignete Betonierabschnitte und Nachbehandlungsverfahren) in Betracht.

Zur Vermeidung von Trennrissen muss rechnerisch nachgewiesen werden, dass infolge der zu erwartenden Zwangsschnittgrößen Trennrisse im Beton – mit Ausnahme von abgedichteten Sollrissquerschnitten – zu keinem Zeitpunkt zu erwarten sind.

In dem Fall, dass die zentrischen Zugspannungen aus Zwangeinwirkung die Zugfestigkeiten überschreiten, ist die Trennrissbreite auf die Werte nach Tabelle 5.2 zu beschränken. Dabei ist jedoch folgendes zu beachten: Die derartige Begrenzung der Trennrissbreiten unter Annahme der Selbstheilung der Risse erfüllt die Anforderungen der Nutzungsklasse A

i. d. R. nicht, da hierdurch ein zumindest temporärer Feuchtigkeitsdurchtritt nicht ausgeschlossen werden kann bzw. ein Feuchtigkeitsdurchtritt ohne weitere Maßnahmen lediglich begrenzt werden kann.

Im System orange wanne® können die Anforderungen an die NKL A durch eine Begrenzung der Trennrissbreiten in Abhängigkeit der zu erwartenden Selbstheilungsprozesse und der Druckhöhe des anstehenden Wassers durch verschärfte Anforderung an die zulässige Trennrissbreite in Kombination mit bestimmten bauphysikalischen Maßnahmen (z. B. normgerechte Estriche) erfüllt werden. Im System orange wanne® kann auf diese verzichtet werden, wenn ein rechnerischer Nachweis der Trennrissbreite auf  $w \leq 0,1$  mm bei einem Druckgefälle  $h_w/h_b \leq 10$  erbracht wird. Dies ist jedoch ausschließlich bei Verwendung von stahlfaserverstärktem Stahlbeton möglich.

Treten Risse mit größeren Rissbreiten auf, sind diese zu injizieren.

## 6. Umfassungswände

Bei Umfassungswänden empfiehlt es sich zur Verminderung der Zwangbeanspruchungen in Längsrichtung Sollrissfugen einzubauen. Bei den Wänden im System orange wanne® wird der Zwang neben weiteren betontechnischen und ausführungstechnischen Maßnahmen i. d. R. durch Einbau von entsprechend abgedichteten Sollrissfugen vermindert.

Im System orange wanne® gilt für die maximale Wandabschnittslänge:

$$L_w \leq 2,5 \cdot h$$

$L_w$  = max. Wandabschnittslänge [m]

$h$  = maßgebende. Wandhöhe [m]

Bei bestimmten Voraussetzungen können im System orange wanne® nach einem Gutachten von Prof. Hegger (Ingenieurbüro Hegger+Partner, Aachen) die maximalen Wandabschnittslängen auf 10 m begrenzt werden. Wenn horizontale Biegerisse infolge Lastbeanspruchung in Wandmitte innen und bei Einspannung am Wandfuss aussen auftreten können, kann ein zusätzlicher Nachweis der Wasserundurchlässigkeit durch eine im Gebrauchszustand nachgewiesene Druckzonenhöhe von mind. 30 mm bzw. eine Biegerissbreitenbegrenzung auf Werte der Tabelle 5.2 erfolgen. Dieser zusätzliche Nachweis der Wasserundurchlässigkeit muss nur bei BSK 1 durchgeführt werden.

## 7. Sohlplatten

Im Gegensatz zu den Umfassungswänden ist bei den Sohlplatten die Verminderung der zentrischen Zwangbeanspruchung durch Sollrissfugen nur unter bestimmten Voraussetzungen möglich. Sollrissfugen sind bei Sohlplatten von Reihenhäusern dann möglich, wenn Kommunwände angeordnet sind. Ansonsten sollten Sollrissfugen vermieden werden, da sie das zugrundegelegte statische System zu stark beeinflussen.

Eine Verminderung der Zwangspannungen erfolgt im System orange wanne® neben weiteren konstruktiven, betontechnischen und ausführungstechnischen Maßnahmen durch Einbau reibungsarmer Gleitschichten. Überschreiten die zentrischen Zugspannungen aus Zwangeinwirkung die Zugfestigkeit (charakteristischer Wert) nicht, sollte bei BSK 1 wie bei den Wänden nachgewiesen werden, dass die Druckzonenhöhe im Gebrauchszustand größer als 30 mm ist oder alternativ die Biegerissbreiten auf die Werte der Tabelle 5.2 be-

schränkt werden. Hierfür geeignete Verfahren bzw. Bemessungstabellen sind im begutachteten Bemessungskonzept enthalten.

## 8. Zusammenfassung

Vorstehend wurde dargestellt, welche Anforderung der WU-Richtlinie des DAfStb bei der Planung und Ausführung des Systems orange wanne® zu beachten sind. Die Einhaltung der Anforderungen bei dem Bemessungskonzept System orange wanne®, ergänzte Fassung vom 13.02.2006 der CEMEX Deutschland AG wurden vollständig überprüft. Dieses Konzept stellt Bemessungsprinzipien für Bodenplatten, Umfassungswände und Sohlfugen auf, die den Anforderungen der WU-Richtlinie hinsichtlich der Nutzungsklasse A entsprechen.

Die dichtungstechnische Planung basiert auf dem Prinzip der Bauweise mit vermindertem Zwang bzw. der Vermeidung der Trennrisse durch die Festlegung von konstruktiven, beton-technischen und ausführungstechnischen Maßnahmen.

Das Konzept enthält detaillierte Bemessungsabläufe, die sowohl für Bodenplatten als auch Umfassungswände die einzelnen Bemessungsschritte darstellen. Im Anhang sind alle erforderlichen Nachweise der Trennrissfreiheit für die Bodenplatten und die Umfassungswände beinhaltet. Neben Ansätzen zur Ermittlung der erforderlichen Bewehrung zur Gewährleistung der Mindestdruckzonenhöhe bzw. der Rissbreitenbeschränkung sind hier Konstruktionsdetails und Erläuterungen zu raumklimatischen und bauphysikalischen Maßnahmen dargestellt. Zusätzlich ist die Aufnahme von Berechnungsbeispielen vorgesehen.

Zusammen mit den entsprechenden Zulassungen für Wände und Sohlplatten aus Stahlfaserbeton und stahlfaserverstärktem Stahlbeton stehen mit dem begutachteten Bemessungskonzept System orange wanne®, ergänzte Fassung vom 13.02.2006 der Firma CEMEX Hilfsmittel zur Verfügung, die es ihr ermöglichen, wasserundurchlässige Bauwerke der Nutzungsklasse A zu erstellen, die sowohl den Anforderung der Normen und Richtlinien hinsichtlich der Tragfähigkeit als auch der Gebrauchsfähigkeit genügen.

Mit dem begutachteten Bemessungskonzept werden, wie vorgesehen, die Anforderungen der WU-Richtlinie für die Nutzungsklasse A und B vollständig erfüllt.



Dr.-Ing. Manfred Teutsch