

# CEM III/A 52,5 N-HS/NA – der Zement mit besonderen Eigenschaften

Ing. Peter Bilgeri

Technisches Marketing

CEMEX HüttenZement GmbH und CEMEX WestZement GmbH

## 1 Einleitung

In Deutschland praxisbewährte Zementarten mit hohem Sulfatwiderstand sind Portlandzemente mit niedrigem C<sub>3</sub>A- und Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Gehalt sowie Hochofenzemente mit einem Hüttensandgehalt von mindestens 66 M.-%, deren Sulfatwiderstand auf verschiedenen Mechanismen beruht.

Anforderungen an einen Hochofenzement mit hoher Frühfestigkeit (vergleichbar mit Portlandzement CEM I 42,5 R-HS) und den Sondereigenschaften HS und NA sowie Überlegungen bei CEMEX-Zement hinsichtlich der Zementsortenstruktur (Substitution weiterer CEM-I-Zemente) führten zur Entwicklung des CEM III/A 52,5 N-HS/NA. Dabei konnte auf umfangreiche Erfahrungen mit Hochofenzement der höchsten Festigkeitsklasse aufgebaut werden. Im Hüttenzementwerk Dortmund wurde bereits 1997 erstmalig CEM III/A 52,5 N produziert. Mit diesem Zement wurden 1999 an der TU Hamburg-Harburg Untersuchungen hinsichtlich der Korrosionsbeständigkeit gegen biogene Schwefelsäure durchgeführt [1]. Die Auswertung und Interpretation der Untersuchungsergebnisse führte u. a. zu der Schlussfolgerung: Sehr dichte Betone mit Hochofenzement sind säurekorrosionsbeständiger als entsprechende Betone mit Portlandzement CEM I-HS!

## 2 Aufgabenstellung

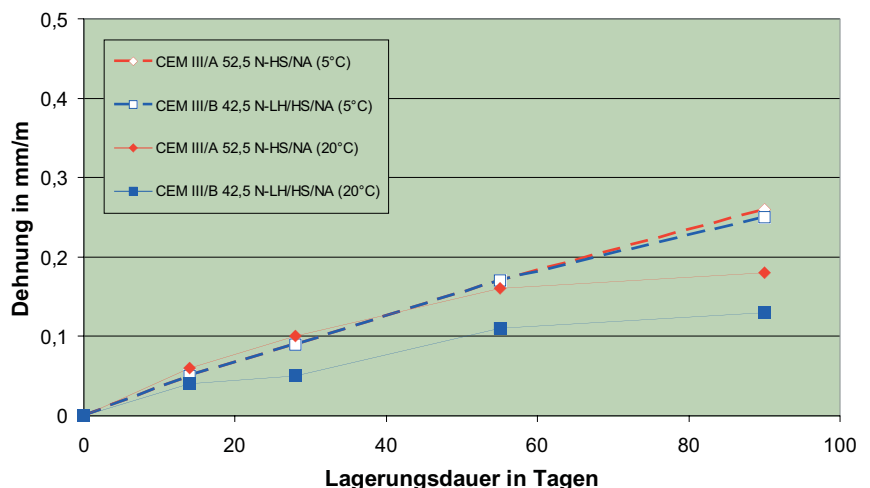
Die Entwicklung des CEM III/A 52,5 N-HS/NA orientierte sich an den Anforderungen aus unterschiedlichen Anwendungsbereichen, insbesondere der Herstellung vorgefertigter Beton-Bauteile. Die wesentlichen Anforderungen an Betone mit dem neuen Hochofenzement sind:

- hoher Widerstand gegen chemischen Angriff durch betonschädigende Böden, Wässer und Gase – insbesondere hoher Sulfat- und Säurewiderstand
- minimales Schadensrisiko bei Verwendung alkaliempfindlicher Gesteinskörnungen
- technologisch erforderliche Frühfestigkeit ohne kostspielige Wärme- oder Dampfbehandlung
- uneingeschränkte Anwendung für alle Expositionsklassen
- gute Verarbeitungseigenschaften bei ausreichend langer Verarbeitbarkeitszeit
- keine erhöhten Stoffkosten im Vergleich zu Betonen mit CEM I 42,5 R-HS

## 3 Untersuchungen des Sulfatwiderstands

Frühere Untersuchungen zum Einfluss des Hüttensandgehalts, der Zusammensetzung des Hüttensands und Klinkers sowie der Mahlfineinheit auf den Sulfatwiderstand zeigten, dass auch Hochofenzemente mit einem geringeren Anteil als 66 M.-% Hüttensand einen hohen Sulfatwiderstand aufweisen können [2]. Erste Vorversuche an einem Hochofenzement CEM III/A 52,5 N mit 51 M.-% Hüttensand und einer spezifischen Oberfläche nach Blaine von 5.220 cm<sup>2</sup>/g, durchgeführt nach dem SVA-Verfahren [3] im FEhS-Institut für Baustoff-Forschung, bestätigten diese Erkenntnisse. Auf Basis der positiven Ergebnisse dieser Voruntersuchungen wurde beim DIBt der Antrag auf bauaufsichtliche Zulassung für einen Hochofenzement CEM III/A 52,5 N mit einem Hüttensandgehalt von mindestens 50 M.-% und einer Mahlfineinheit von mindestens 5.200 cm<sup>2</sup>/g als HS-Zement gestellt.

Bild 1: Längenänderung der Mörtelprismen mit CEM III/A 52,5 N-HS/NA im Vergleich mit CEM III/B 42,5 N-LH/HS/NA (Referenzement)



Der Prüfplan der im Forschungsinstitut der Zementindustrie (FIZ) in Düsseldorf durchgeführten Zulassungsprüfung sah vor, dass die Dehnungen und Dehnungsdifferenzen sowie der dynamische Elastizitätsmodul der Mörtelprismen sowohl bei einer Lagerungstemperatur von 20 °C als auch von 5 °C zu bestimmen sind.

An den Mörtelprismen mit CEM III/A 52,5 N-HS/NA konnte nach einer Lagerungsdauer von 91 Tagen bei 20 °C eine Dehnung von unter 0,2 mm/m festgestellt werden, bei unter 5 °C-Lagerung eine mit den CEM-III/B-Mörtelprismen (Referenzzement) identische Dehnung (Bild 1). Der Grenzwert für den Nachweis eines hohen Sulfatwiderstands liegt bei 0,5 mm/m nach 91 Tagen bei 20 °C.

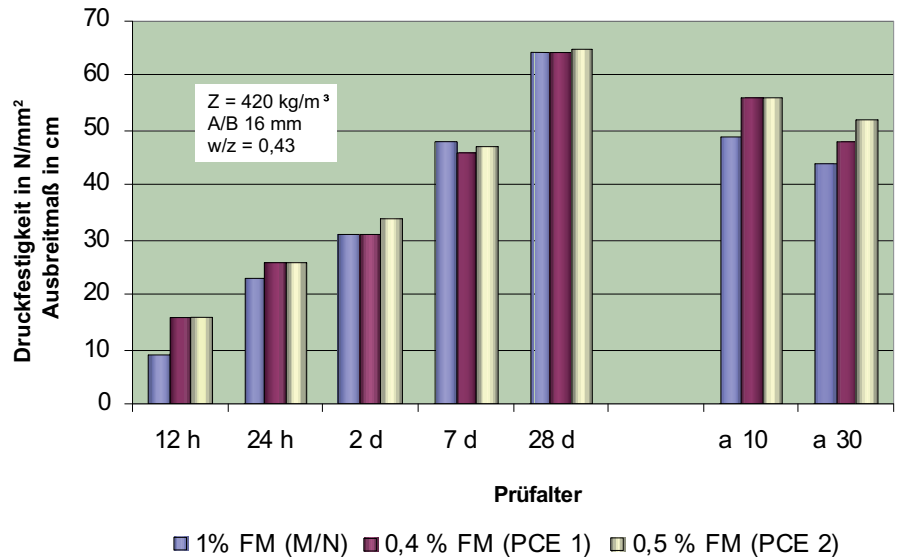


Bild 2: Einfluss des Fließmitteltyps auf Frisch- und Festbetoneigenschaften

Tafel 1: Kennwerte des Hochofenzements CEM III/A 52,5 N-HS/NA im Vergleich zu CEM I 42,5 R-HS und CEM I 42,5 R-HS/NA verschiedener Hersteller

Zementeigenschaft		Eigenüberwachung CEM III/A 52,5 N-HS/NA		CEM I 42,5 R-HS CEM I 42,5 R-HS/NA versch. Hersteller
		MW	s	
Wasseranspruch	M.-%	32,5	0,5	27 ... 29
Erstarrungsbeginn	min	188	18	205 ... 230
Spez. Oberfläche (Blaine)	cm²/g	5.827	83	3.540 ... 4.090
Na <sub>2</sub> O-Äquivalent	M.-%	0,69	0,02	
Hüttensandgehalt	M.-%	52	1,1	
<b>Druckfestigkeit</b>				
1 Tag	N/mm²	17	0,9	11 ... 20
2 Tage	N/mm²	25	0,9	22 ... 32
7 Tage	N/mm²	39	1,1	41 ... 47
28 Tage	N/mm²	63	1,0	54 ... 60

Tafel 2: Zusammensetzung verschiedener Betone mit CEM III/A 52,5 N-HS/NA

Kurzbezeichnung	Zementgehalt kg/m³	Wassergehalt kg/m³	Gesteinskörnung kg/m³	Zusatzstoff		Zusatzmittel FM / BE kg/m³	Verwendung
				Flugasche kg/m³	Microsilica kg/m³		
B 1	430	145	1.827	30	-	4,0 / -	u. a. für Vortriebsrohre und Schacht-Bauteile
SVB 1	450	130	1.625	100	41	8,1 / 9,0	
SVB 2	300	163	1.587	230	-	8,4 / -	u. a. für Deckenelemente
B 2	350	150	1.885	-	-	2,1 / -	u. a. für Lärmschutzwände

**4 Leistungsfähigkeit des CEM III/A 52,5 N-HS/NA und von daraus hergestelltem Beton**

Die wichtigsten Kennwerte des CEM III/A 52,5 N-HS/NA sind in Tafel 1 aufgeführt, zum Vergleich sind auch Werte des CEM I 42,5 R-HS und CEM I 42,5 R-HS/NA verschiedener Hersteller angegeben. Die Leistungsfähigkeit aller CEMEX-Zemente wird regelmäßig in Betonprüfungen kontrolliert; die Ergebnisse der Betonregelprüfungen mit CEM III/A 52,5 N-HS/NA zeigt Bild 2 (blaue Balken). Bei Verwendung von auf den Zement abgestimmten Fließmitteln (PCE-Produkte) kann – bei deutlich geringerer Dosierung – die Konsistenz und Frühfestigkeit signifikant verbessert werden (Bild 2, rote und gelbe Balken)!

**Säurewiderstand**

Im Hinblick auf die Entwicklung eines „Kühlturbetons“ mit hohem Widerstand gegen Säureangriff bei Verwendung des CEM III/A 52,5 N-HS/NA wurde die Gesellschaft für Materialprüfung und Baustoffforschung mbH (MBF) in Berlin mit der Untersuchung des Widerstands gegenüber Schwefelsäure beauftragt. Als interner Vergleichsstandard zu den Betonen B 1 und SVB 1 – die Zusammensetzung der Betone ist in Tafel 2 aufgeführt – wurde ein Referenzbeton mit bekanntem Säurewiderstand mitgeprüft. Bei dem Referenzbeton handelt es sich um eine „Praxisvariante“ des SRB 85/35, mit der 1999 in Niederaußem bei Köln der mit 200 m höchste Kühlturm der Welt erstmals ohne Kunststoffbeschichtung gebaut wurde. Der Säurewiderstand der beiden Betone mit CEM III/A 52,5 N-HS/NA wird mit „sehr gut“ beurteilt [4].

Lohaus/Petersen führten Prüfungen an insgesamt sechs Mörteln hinsichtlich des Säurewiderstands durch, die Bindemittelkombination des Referenzmörtels entsprach dem SRB 85/35 Niederaußem. In der Summe aller Bewertungskriterien (Verhältnis Druck-Biegezug-Festigkeit, Abwitterungen, Schädigungstiefe) erhielt der Mörtel mit der Bindemittelkombination CEM III/A 52,5 N-HS/NA und Microsit (Feinstflugasche) die beste Bewertung [5].



Bild 4: Lärmschutzwände 10 m lang und 3 m hoch; die Wandelemente weisen eine exakte Profilierung und hohe Oberflächenqualität auf

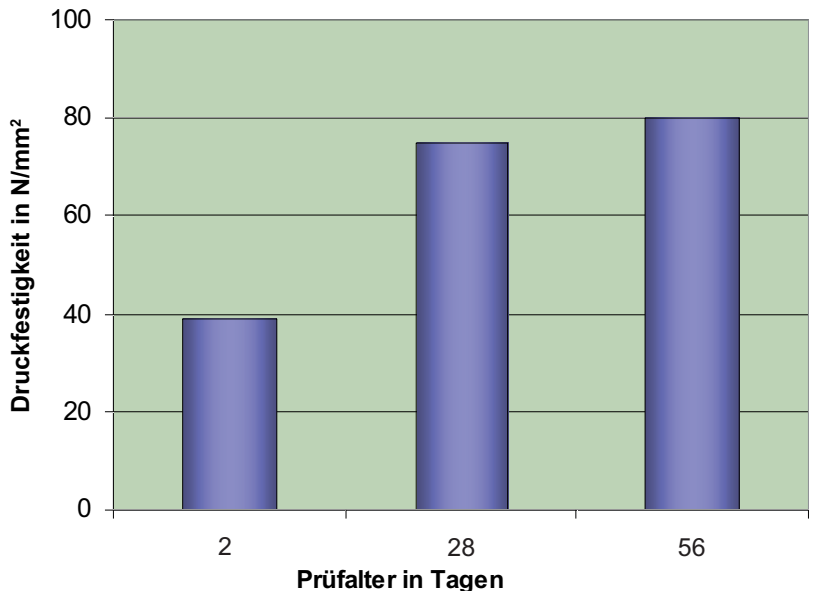
**Widerstand gegen das Eindringen von Chloriden**

Mithilfe des Migrationsverfahrens wurden ebenfalls von der MBF die Chlorid-Diffusionskoeffizienten der beiden o. a. Betone ermittelt. Beim Beton B 1 beträgt er  $1,22 \times 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$ , der Beton SVB 1 weist einen überragend niedrigen Chlorid-Diffusionskoeffizienten von  $0,29 \times 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$  auf. Zum Vergleich: „Herkömmliche“ Betone weisen Chlorid-Diffusionskoeffizienten von ca.  $2 \times 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$  bis  $4 \times 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$  auf, sehr dichte Hochleistungsbetone von  $0,5 \times 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$  bis  $1 \times 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$ .

**Frost-Tausalz-Widerstand**

Ein hoher Frost-Tausalz-Widerstand kann bei niedrigem Wasserzementwert und daher sehr dichtem Betongefüge mit CEM III/A 52,5 N-HS/NA auch ohne Verwendung von LP-Mittel erzielt werden. Für die Betone B 1 und SVB 1 wurde im Prüfalfer von 28 Tagen der Frost-Tausalz-Widerstand mittels CDF-Test nachgewiesen. Die nach 28 Frost-Tau-Wechseln ermittelten Abwitterungen lagen mit  $138 \text{ g/m}^2$  (Beton B 1) bzw.  $87 \text{ g/m}^2$  (Beton SVB 1) weit unter dem Abnahmekriterium von  $1.500 \text{ g/m}^2$ .

Bild 5: Festigkeitsentwicklung eines Betons C 55/67 mit hohem Frost-Tausalz-Widerstand – ohne LP-Mittel – für Hubschrauberlandeplatz (ca. 800 m<sup>2</sup>, fugenlos, Dicke 30–50 cm)



## 5 Anwendungsbeispiele

Hauptanwendungsgebiet für den CEM III/A 52,5 N-HS/NA ist der gesamte Bereich der Vorfertigung, insbesondere die Produktion von Beton-Bauteilen für den Abwasserbereich, aber auch der Ingenieur- und Verkehrsbau: Beton- und Stahlbetonrohre (Bild 3), Schacht-Bauteile, Gründungspfähle, Spannbetonbinder, Lärmschutzelemente (Bild 4). Für Hochleistungsbetone wird der CEM III/A 52,5 N-HS/NA auch in Transportbetonwerken eingesetzt. Beim Bau eines Krankenhauses wurde für den Hubschrauberlandeplatz – alternativ zum ausgeschriebenen LP-Beton C 45/55 – ein Beton C 55/67 mit hohem Frost-Tausalz-Widerstand ohne LP-Mittel verwendet (Bild 5).

## 6 Zusammenfassung

Mit der Entwicklung und allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung des CEM III/A 52,5 N-HS/NA hat CEMEX konsequent die aus ökologischen und ökonomischen Gründen erforderliche Substitution von CEM-I-Zementen fortgesetzt. Die Reduzierung des energieintensiv hergestellten Portlandzementklinkers hat eine deutliche Verminderung der Inanspruchnahme von Ressourcen zur Folge und ermöglicht, die Nachhaltigkeit des Bauens mit Beton zu steigern.

Bei sachgerechter Herstellung, Verarbeitung und Nachbehandlung weisen Betone mit dem neuen Zement die gleiche, teils höhere Leistungsfähigkeit auf wie bisher verwendete Betone mit CEM-I-HS-Zementen. Die Untersuchungsergebnisse renommierter Fremdinstitute an Mörteln und Betonen zeigen außerdem, dass mit CEM III/A 52,5 N-HS/NA Betonbauwerke mit hohem Widerstand gegen Säureangriff hergestellt werden können.

## Literatur

- [1] Rendchen, K.: Beton mit hohem Widerstand gegen chemischen Angriff in Abwasserkanälen. Beton-Informationen 41 (2001) H. 5, S. 14–23.
- [2] Verein Deutscher Zementwerke e. V., Forschungsinstitut der Zementindustrie: Tätigkeitsbericht 1996–1999 und Tätigkeitsbericht 1999–2001.
- [3] DAfStb-Richtlinie „Verwendung von Flugasche nach DIN EN 450 im Betonbau (5. Entwurf, 1995).
- [4] MBF Gesellschaft für Materialprüfung und Baustoffforschung mbH, Berlin: Bericht Nr. 4/06. Vergleichende Prüfung der Betonqualität und der Säurebeständigkeit dreier Betonmischungen.
- [5] LPI Ingenieurgesellschaft mbH Prof. Lohaus – Dr. Petersen, Hannover: Bericht Nr. E 060111. Entwicklung eines Betons mit erhöhter Säurebeständigkeit für den Kühlturmbau – Säureprüfung an Mörtelproben.

Bild 3: Vortriebsrohr DN 3400 (Wanddicke 50 cm) aus Hochleistungsbeton C 60/75

Fotos: © P. Bilgeri

