



↑ Regierungsbauten Berlin, gebaut mit klinkereffizienten Zementen

## Anwendung klinkereffizienter Zemente



**Dr. Christoph Müller**

Leiter der Abteilung Betontechnik  
und Geschäftsführer der  
VDZ Technology gGmbH,  
Düsseldorf



**Dr. Sebastian Palm**

wissenschaftlicher Mitarbeiter  
in der Abteilung Betontechnik,  
VDZ Technology gGmbH,  
Düsseldorf

Portlandzementklinker wird auf absehbare Zeit der wesentliche Bestandteil von Zement bleiben. Alternativen in ausreichender technischer Qualität, die den stetig wachsenden globalen Bedarf an Zement decken können, sind bislang nicht in Sicht. Daher bleibt die weitere Steigerung der Klinkereffizienz über die Senkung des Klinker/Zement-Faktors mit den zur Verfügung stehenden Rohstoffen ein wesentlicher Baustein, um weitere CO<sub>2</sub>-Minderungspotentiale zu heben. Da für die Qualitätskette im Betonbau

normative Regelungen eine wesentliche Basis darstellen, sind auch für neue, klinkereffiziente Zemente entsprechende Regeln eine wichtige Voraussetzung für eine breite Marktdurchdringung. Für die bereits bekannten CEM II/B-M-Zemente sowie neue CEM II/C-M und CEM VI-Zemente werden derzeit wichtige Weichen gestellt. Dieser Beitrag gibt einen Überblick der Verwendung klinkereffizienter Zemente mit mehreren Hauptbestandteilen und schaut auf die weitere Entwicklung.

## ► Anwendung klinkereffizienter Zemente

**HERAUSFORDERUNG KLIMASCHUTZ**

Erhöhte Anforderungen an die Ressourceneffizienz und den Klimaschutz werden die moderne Betonbauweise auch weiterhin vor große Herausforderungen stellen. Da ein Königsweg für deren Bewältigung kurzfristig nicht in Sicht ist, gilt es, die Potenziale aller zur Verfügung stehenden Möglichkeiten gleichermaßen zu heben.

Erhebliche Anstrengungen der Zementwerke zur Steigerung der thermischen Energieeffizienz haben dazu geführt, dass dieser Weg der CO<sub>2</sub>-Reduzierung in der Zementherstellung mittlerweile weitestgehend ausgeschöpft ist. Die vermehrte Nutzung alternativer Roh- und Brennstoffe, insbesondere CO<sub>2</sub>-neutraler Biomasse, ist ein weiterer Baustein. Diese Möglichkeit wird ebenfalls seit vielen Jahren konsequent umgesetzt. Gleichwohl bestehen hier noch gewisse Entwicklungspotenziale.

Da die Möglichkeiten der genannten Wege aber ausgeschöpft bzw. limitiert sind, wird nun mit Hochdruck an sogenannten „Breakthrough-Technologien“ für den Herstellungsprozess gearbeitet. Hierbei steht die CO<sub>2</sub>-Abscheidung und -Nutzung (s. dazu auch [1]) in Zementwerken im Mittelpunkt.

Neben den verfahrenstechnisch geprägten Maßnahmen sind insbesondere auch die bereits bewährten baustofflichen Konzepte weiterzuentwickeln. Hierbei ist als wesentliche Randbedingung zu berücksichtigen, dass Portlandzementklinker auf absehbare Zeit der wesentliche Bestandteil von Zement bleibt. Alternativen in ausreichender technischer Qualität, die den stetig wachsenden globalen Bedarf an Zement decken können, sind bislang nicht in Sicht.

Daher bleibt die weitere Steigerung der Klinkereffizienz über die Senkung des Klinker/Zement-Faktors mit den zur Verfügung stehenden Rohstoffen die wesentliche Herausforderung.

Klinkereffiziente Zemente zeichnen sich dadurch aus, dass die geforderte technische Leistungsfähigkeit mit einem verringerten Klinkereinsatz erreicht wird. Es gilt also die CO<sub>2</sub>-Bilanz des Betons weiter zu verbessern, ohne die technische Leistungsfähigkeit, d. h. die Sicherheit und die Lebensdauer von Bauwerken aus den Augen zu verlieren. Im einfachsten Fall ist das wesentliche Leistungsmerkmal, neben baustellentauglichen Frischbetoneigenschaften, die Druckfestigkeit – stellvertretend für die mechanischen Eigenschaften des Betons. Je nach Anwendungsfeld des Betons steht die Dauerhaftigkeit zusätzlich im Mittelpunkt der Betrachtungen.

**BREAKTHROUGH-TECHNOLOGIEN**

Unter einer „Breakthrough-Technologie“ versteht man eine ganz neue, innovative Technik bzw. Produktentwicklung, die anders als die kontinuierliche Weiterentwicklung einer bereits bestehenden Technologie einen sehr großen Beitrag zur Lösung einer Fragestellung leisten kann.

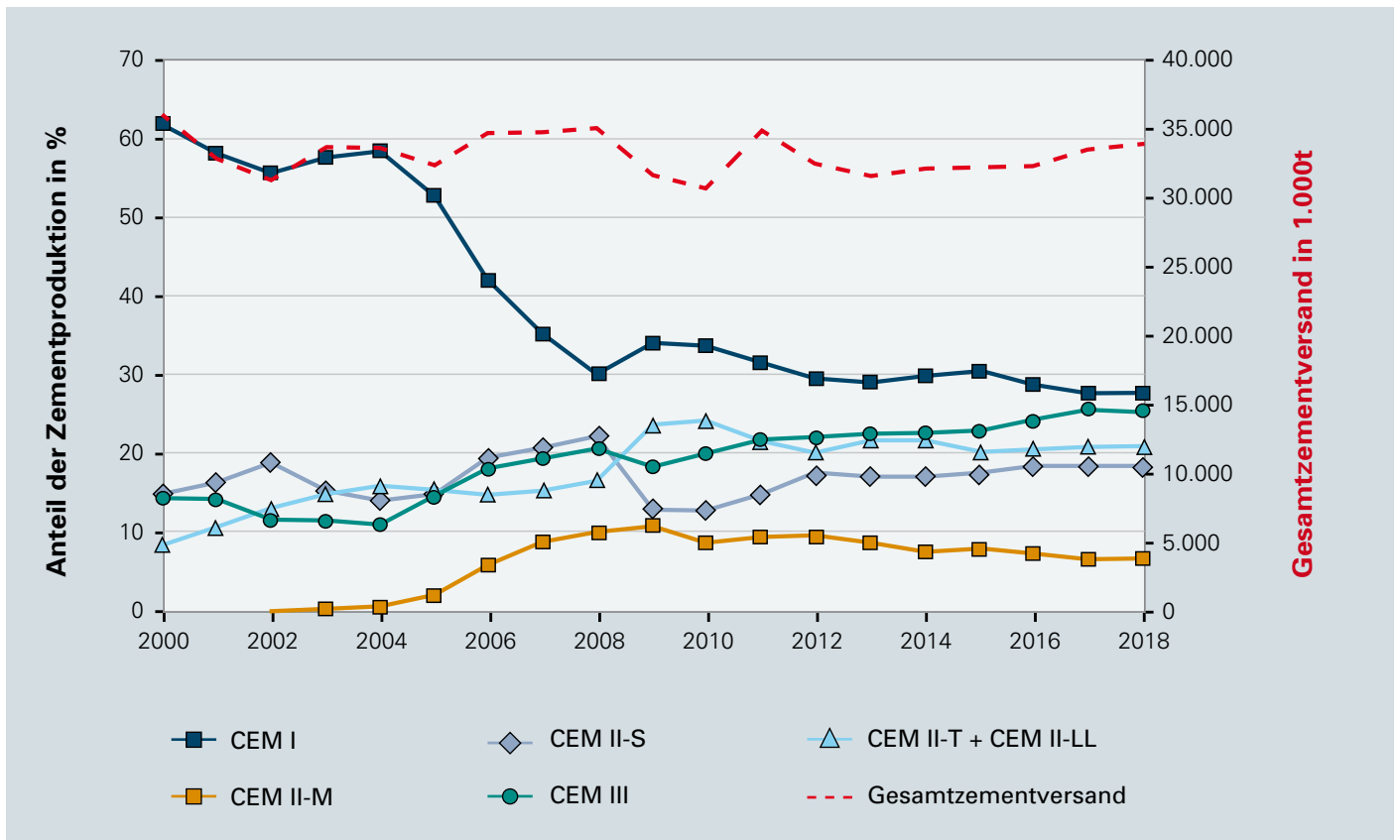
**KLINKEREFFIZIENTE ZEMENTE – STATUS-QUO UND WEITERE ENTWICKLUNG****Entwicklung der Verwendung klinkereffizienter Zemente in Deutschland**

Zu allen Zeiten wurden in Deutschland auf der Basis der regional verfügbaren Rohstoffe leistungsfähige Zemente für eine sichere Betonbauweise hergestellt. Auch die Verwendung von klinkereffizienten Zementen mit mehreren Hauptbestandteilen hat in Deutschland eine lange und erfolgreiche Tradition.

Portlandhüttenzemente CEM II-S und Hochofenzemente CEM III mit Hüttsand als Hauptbestandteil neben dem Portlandzementklinker werden seit mehr als einem Jahrhundert industriell hergestellt und verwendet. Heute werden Hochofenzemente CEM III/A in einigen Regionen als Regelzemente für die Herstellung von Transportbeton im Hoch- und Ingenieurbau verwendet.

Portlandkalksteinzemente CEM II/A-LL werden in Deutschland seit Beginn der 80er Jahre hergestellt und im Beton eingesetzt. Die Einführung erfolgte zunächst über allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen, im Jahre 1994 wurden Portlandkalksteinzemente in Deutschland, damals noch in der nationalen Zementnorm DIN 1164-1, gemeinsam mit weiteren Portlandkompositzementen genormt. Von regionaler Bedeutung sind zum Beispiel Portlandölschieferzemente.

## ► Anwendung klinkereffizienter Zemente



↑ Bild 1: Zementinlandversand in Deutschland von 2000 bis 2018

Quelle: VDZ

Einige deutsche Zementhersteller haben in den vergangenen etwa 15 Jahren zudem Portlandkompositzemente CEM II/A-M und CEM II/B-M entwickelt und in den Markt eingeführt. Vor diesem Hintergrund hat sich der Anteil der Portlandzemente CEM I am Inlandversand kontinuierlich verringert und der Anteil der CEM II Zemente hat entsprechend zugenommen. Bild 1 zeigt die Entwicklung des Zementinlandversands in Deutschland seit dem Jahr 2000.

Die aktuellen Betonnormen DIN EN 206-1 und DIN 1045-2 enthalten die Anwendungsregeln für Normzemente in Abhängigkeit von den Expositionsklassen. Zum Zeitpunkt der Einführung dieser Normen, etwa ab 2002, galten für einige Normzemente Anwendungsbeschränkungen, die vor allem auf die in Deutschland noch nicht hinreichenden praktischen Erfahrungen zurückzuführen waren.

Da die derzeit gültige Ausgabe der Betonnormen aus dem Jahr 2008 datiert ist, sind die Anwendungsbeschränkungen noch enthalten.

In diesen Fällen wurde und wird auch heute noch der Nachweis der Eignung für die Anwendung in bestimmten Expositionsklassen durch eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung (Anwendungszulassung AZ) des Deutschen Instituts für Bautechnik (DIBt) erbracht.

Aktuell (Auflistung des DIBt 01/2020) gibt es insgesamt 23 dieser Zulassungen:

- CEM II/B-M (S-LL): 15
- CEM II/B-M (V-LL): 4
- CEM II/B-M (T-LL): 2
- CEM II/B-LL: 1
- CEM II/B-P: 1

### ► Anwendung klinkereffizienter Zemente

Damit dürfen neben Portlandzementen folgende Zementarten in allen Expositionsklassen verwendet werden:

- Portlandhüttenzemente CEM II/A-S und CEM II/B-S
- Portlandschieferzemente CEM II/A-T und CEM II/B-T
- Portlandkalksteinzemente CEM II/A-LL
- Portlandkalksteinzement CEM II/B-LL mit allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung (Anwendungszulassung AZ)
- Portlandflugaschezemente CEM II/A-V und CEM II/B-V
- Portlandpuzzolanzement CEM II/B-P mit allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung (Anwendungszulassung AZ)
- Portlandkompositzemente CEM II/A-M mit den weiteren Hauptbestandteilen S, LL, T, D bzw. V
- Portlandkompositzemente CEM II/B-M mit allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung (Anwendungszulassung AZ)
- Hochofenzemente CEM III/A<sup>1)</sup> und CEM III/B<sup>2)</sup>

Nach rund 15 Jahren der praktischen Anwendung der Zemente mit Anwendungszulassung in geschätzt mittlerweile rund 60 Mio. m<sup>3</sup> Beton erschien es nunmehr angebracht, für einige der Zementarten eine Anwendungsregel für die DIN 1045-2 vorzuschlagen.

Ein entsprechender Vorschlag des VDZ wurde unter Berücksichtigung der Daten des DIBt aus den Zulassungsversuchen in den relevanten Gremien des Deutschen Instituts für Bautechnik (DIBt) und des Deutschen Ausschuss für Stahlbeton (DAfStb) beraten.

Im Ergebnis können CEM II/B-M (S-LL, V-LL, T-LL) mit einem maximalen Kalksteingehalt von 20 M.-% gemäß DIN 1045-2 voraussichtlich – das Normungsverfahren ist noch nicht abgeschlossen – mit Ausnahme von Bauteilen mit hoher Wassersättigung und Frost (XF3) sowie bei einer Beanspruchung durch Frost und Tausalze (XF2, XF4) in allen Expositionsklassen eingesetzt werden.

Die Anwendung in den letztgenannten Expositionsklassen ist möglich, wenn für einen Zement bereits eine Anwendungszulassung vorliegt, bzw. ein entsprechendes neues Zulassungsverfahren für diese Expositionsklassen erfolgreich durchlaufen wird.

Vor dem Hintergrund der bauordnungsrechtlichen Änderungen in Folge des EuGH-Urteils zur Bauprodukteverordnung (Rs. C-100/13) ändert sich der Zulassungsgegenstand von *Portlandkompositzement CEM II/B-M (S-LL)-AZ "XX"* zu *Beton mit Portlandkompositzement CEM II/B-M (S-LL) (az) "XX"*, wie zum Beispiel Z-3.17-1856 für „Beton mit Portlandkompositzement CEM II/B-M (S-LL) (az) „Burglengenfeld“ nach DIN EN 197-1.

Die zukünftige normative Regelung wird bereits jetzt durch das DIBt umgesetzt.

Das bedeutet: In Anwendungszulassungen müssen für die Normzemente CEM II/B-M (S-LL, V-LL, T-LL) ohne Sondereigenschaften Dauerhaftigkeitsnachweise nur noch für die Anwendung in den Expositionsklassen XF2, XF3 und XF4 erbracht werden. Die Sondereigenschaften „niedriger wirksamer Alkaligehalt“ und „hoher Sulfatwiderstand“ sind bei Bedarf zusätzlich nachzuweisen.

<sup>1)</sup> Expositionsklasse XF4: CEM III/A der Festigkeitsklasse  $\geq 42,5$  N oder der Festigkeitsklasse 32,5 R mit bis zu 50 M.-% Hüttenessand

<sup>2)</sup> CEM III/B darf in XF4 für die folgenden Anwendungsfälle verwendet werden:

- a) Meerwasserbauteile:  $w/z \leq 0,45$ ; Mindestfestigkeitsklasse C35/45 und  $z \geq 340$  kg/m<sup>3</sup>
- b) Räumlerlaufbahnen  $w/z \leq 0,35$ ; Mindestfestigkeitsklasse C40/50 und  $z \geq 360$  kg/m<sup>3</sup>

► Anwendung klinkereffizienter Zemente

### Neue europäische Norm EN 197-5 für CEM II/C-M und CEM VI-Zemente

Bereits im Januar 2015 lag ein fertiger Entwurf der überarbeiteten „Zementnorm“ EN 197-1 vor, in dem neue klinkereffiziente Zemente CEM II/C-M und CEM VI aufgenommen und geregelt wurden. Allerdings konnte die neue Ausgabe der Norm bis heute nicht veröffentlicht werden, da die Europäische Kommission das erforderliche „Standardisation request“ (früher „Mandat“) nicht freigibt und damit der Normungsprozess blockiert ist (s. Infobox rechts).

Ein Ausweg aus der beschriebenen Situation ist die Regelung der neuen Zemente (Tabelle 1) in einer völlig neuen europäischen Norm EN 197-5.

Sie entspricht in ihrem Aufbau und ihren Anforderungen der bewährten EN 197-1, wird aber nicht auf einem „Standardisation request“ der Europäischen Kommission beruhen, sie ist also nicht harmonisiert. Deshalb sind die Regeln der Bauproduktenverordnung beispielsweise zu Leistungserklärungen und CE-Kennzeichnungen für CEM II/C und CEM VI nicht anwendbar. Stattdessen sollen diese Zemente in Deutschland mit dem Ü-Zeichen gekennzeichnet und entsprechend überwacht werden.

Was wie ein Rückschritt klingt, bietet tatsächlich in der aktuellen Situation die Möglichkeit einer zeitnahen praktischen Umsetzung. Vom technischen Inhalt ist die Norm so konzipiert, dass sie in allen EU-Mitgliedstaaten vergleichbar angewendet werden kann.



### DER EUROPÄISCHE NORMUNGSPROZESS STOCKT

Mit der Bauprodukteverordnung verfolgt die Europäische Kommission das Ziel des Abbaus von Handelshemmnissen und damit des freien Warenverkehrs von Bauprodukten in Europa.

Sie erteilt sogenannte „Standardisation requests“ (früher „Mandate“) an die europäische Normenorganisation CEN, entsprechende europäische harmonisierte Normen zu erarbeiten, um einheitliche Regeln für Bauprodukte in Europa zu haben.

Die Zementnorm EN 197-1 war die erste europäische harmonisierte Norm für ein Bauprodukt überhaupt.

Die Europäische Kommission legt das europäische Bauproduktenrecht generell zunehmend formaljuristisch aus und veröffentlicht zurzeit keine europäischen harmonisierten Normen. Das bedeutet: Der Normungsprozess ist derzeit weitgehend blockiert. Eine Änderung dieses Zustands ist nicht in Sicht.

► Anwendung klinkereffizienter Zemente

**ANWENDUNG VON CEM II/C-M-ZEMENTEN**

Zukünftig werden somit u. a. Zemente mit einem Mindestklinkerhalt von 50 % als CEM II/C-M genormt sein. Alle weiteren Hauptbestandteile können verwendet werden (s. Tabelle 1), wobei der Gehalt an Silicastaub auf 10 M.-% und der Gehalt an Kalkstein auf 20 M.-% begrenzt sind.

Der VDZ hat in einer Studie zu den Eigenschaften von Mörteln und Betonen unter Verwendung von CEM II/C-M (S-LL) Ergebnisse eigener Untersuchungen sowie Daten

anderer Quellen ausgewertet und im Heft 10/2019 der Zeitschrift „beton“ veröffentlicht [2].

Aus dieser Studie werden nachfolgend einige der Ergebnisse für CEM II/C-M (S-LL)-Zemente beispielhaft vorgestellt. Wo möglich, werden die Ergebnisse mit den in Deutschland üblichen Bewertungskriterien bzw. mit den Eigenschaften von Betonen mit Zementen verglichen, die langjährig in der Praxis verwendet werden. Dies sind z. B. Betone mit den Zementarten CEM I, CEM II/A LL, CEM II/B-S, CEM II/B-M (S-LL) oder CEM III/A.

Hauptarten	Bezeichnung der Produkte (Zementarten)		Zusammensetzung (Massenanteile in Prozent <sup>a</sup> )										Nebenbestandteile	
			Hauptbestandteile											
			Klinker	Hütten-sand	Silica-staub	Puzzolan		Flugasche		Ge-brannter Schiefer	Kalkstein			
						natür-lich	natür-lich getempert	kiesel-säure-reich	kalk-reich		L <sup>c</sup>	LL <sup>c</sup>		
Zement-name	Kurzzeichen	K	S	D <sup>b</sup>	P	Q	V	W	T	L <sup>c</sup>	LL <sup>c</sup>			
CEM II	Portland-komposit-zement <sup>d</sup>	CEM II/C-M	50-64	←----- 36-50 ----->										0-5
CEM VI	Komposit-zement	CEM VI (S-P)	35-49	31-59	–	6-20	–	–	–	–	–	–	–	0-5
		CEM VI (S-V)	35-49	31-59	–	–	–	6-20	–	–	–	–	–	0-5
		CEM VI (S-L)	35-49	31-59	–	–	–	–	–	–	–	6-20	–	0-5
		CEM VI (S-LL)	35-49	31-59	–	–	–	–	–	–	–	–	6-20	0-5

<sup>a</sup> Die Werte in der Tabelle beziehen sich auf die Summe der Haupt- und Nebenbestandteile.  
<sup>b</sup> Der Anteil an Silicastaub ist auf 6-10 M.-% begrenzt.  
<sup>c</sup> Der Anteil an Kalkstein (Summe von L, LL) ist auf 6-20 M.-% begrenzt.  
<sup>d</sup> Die Hauptbestandteile außer Klinker müssen durch die Bezeichnung des Zements angegeben werden.

↑ Tabelle 1: CEM II/C-M und CEM VI gemäß prEN 197-5

► Anwendung klinkereffizienter Zemente

**Frischbetoneigenschaften und Festigkeitsentwicklung**

In den Untersuchungen, die in der Studie ausgewertet wurden, wurden vier Betonzusammensetzungen verwendet, die in Tabelle 2 angegeben sind. Die Betone B2, B3 und B4 entsprechen den Betonzusammensetzungen, wie sie in Zulassungsverfahren des DIBt verwendet werden.

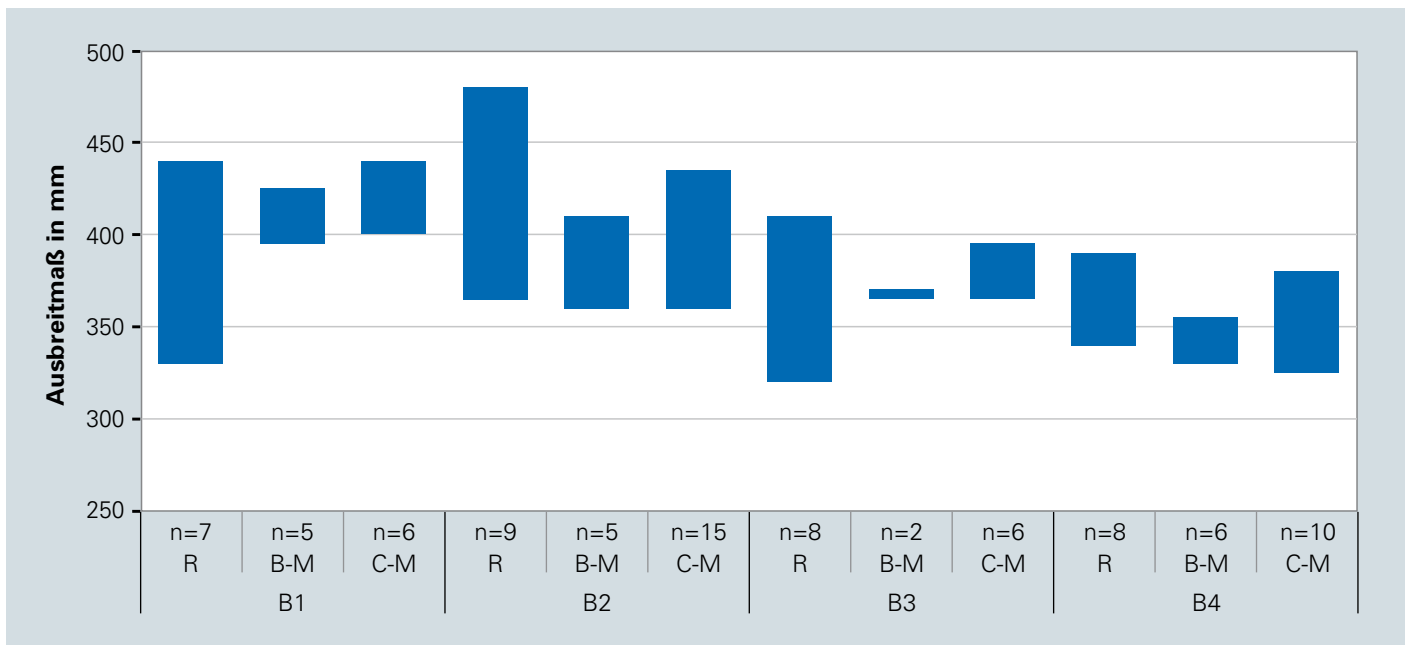
Bild 2 zeigt die Bandbreite der Ausbreitmaße für Betone der Zusammensetzungen B1 bis B4. Alle untersuchten Betone wurden ohne Fließmittel oder Betonverflüssiger hergestellt.

Betone mit CEM II/C-M (S-LL)-Zementen zeigen Ausbreitmaße, die in der Größenordnung bzw. innerhalb der Bandbreite der Referenzbetone „R“ aus den Forschungsvorhaben liegen.

Das Erreichen baupraktisch relevanter Festigkeiten im Beton stellte ebenfalls keine Hürde dar. Bild 3 (auf der folgenden Seite) zeigt die Bandbreite der Druckfestigkeiten von Betonen im Alter von 28 Tagen mit Referenzzementen („R“), CEM II/B-M (S-LL) („B-M“) und CEM II/C-M (S-LL) („C-M“) für Betone der Zusammensetzungen B1 bis B4.

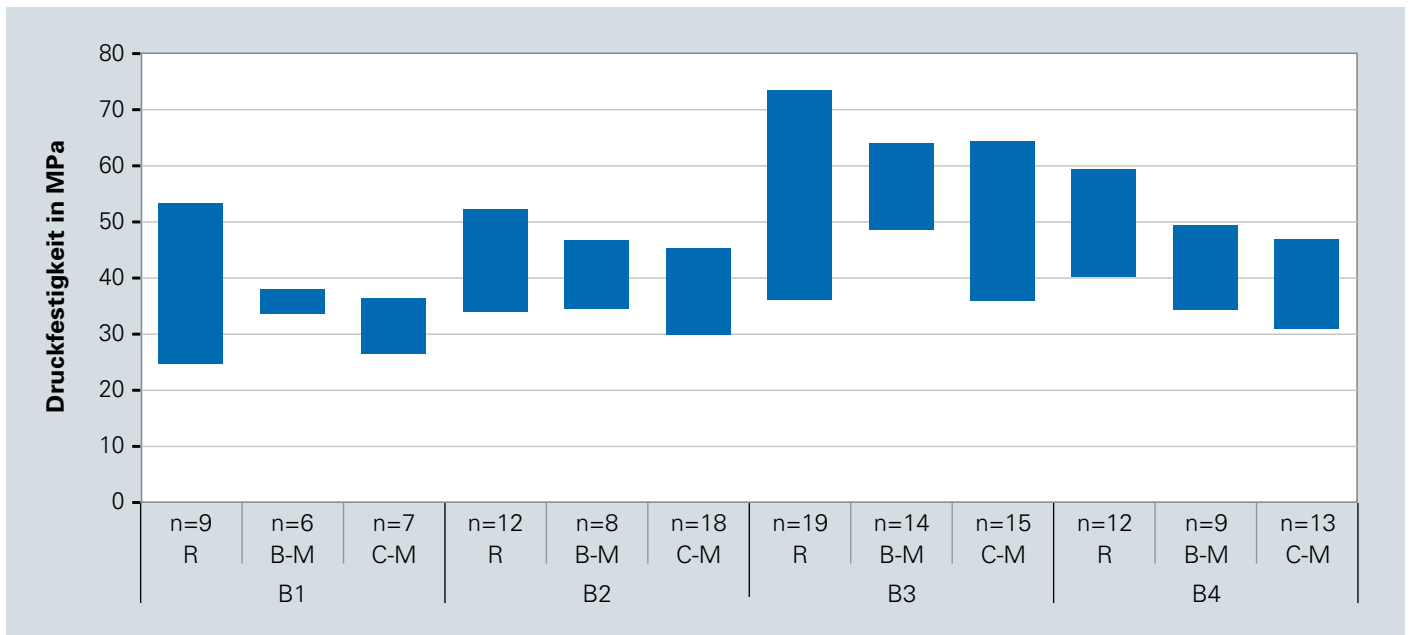
Beton	Zementgehalt [kg/m³]	Wasserzementwert	Frischbetonluftgehalt [%]
B1	260	0,65	–
B2	300	0,60	–
B3	320	0,50	–
B4	320	0,50	5,0 ± 0,5

↑ Tabelle 2: Betonzusammensetzungen



↑ Bild 2: Ausbreitmaße der Betone mit Referenzzementen („R“), CEM II/B-M (S-LL) („B-M“) und CEM II/C-M (S-LL) („C-M“)

► Anwendung klinkereffizienter Zemente

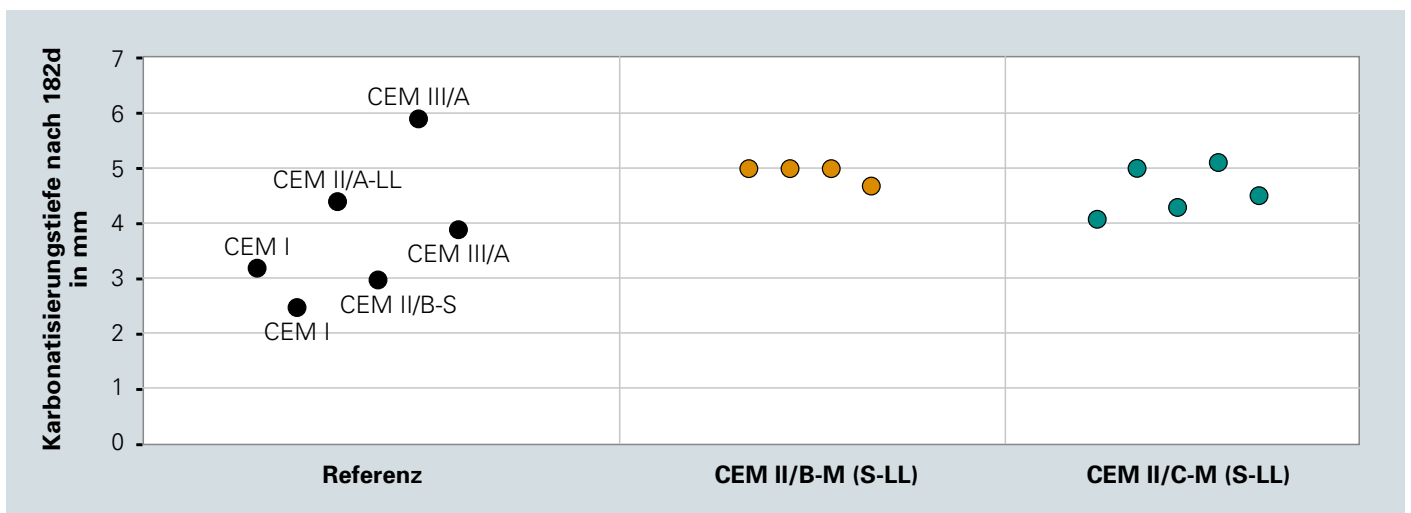


↑ Bild 3: Druckfestigkeiten von Betonen im Alter von 28 Tagen mit Referenzzementen („R“), CEM II/B-M (S-LL) („B-M“) und CEM II/C-M (S-LL) („C-M“)

**Karbonatisierung**

In Bild 4 sind die Karbonatisierungstiefen der Betone B1 – bestimmt gemäß DAfStb Heft 422 – mit einem Zementgehalt von 260 kg/m<sup>3</sup> und einem Wasserzementwert w/z = 0,65 dargestellt. Für die Expositionsklasse XC3 müssen Betone in Deutschland diese Zusammensetzung aufweisen sowie die Anforderungen an die Festigkeitsklasse C20/25 einhalten.

Die Betone mit den Zementarten CEM II/B-M (S-LL) sowie CEM II/C-M (S-LL) ordnen sich zwischen einem Beton mit CEM I und einem Beton mit CEM III/A ein. Dies sind Betone, die nach DIN 1045-2 für die Expositionsklasse XC3 erlaubt und daher seit langem in der praktischen Anwendung sind.



↑ Bild 4: Karbonatisierungstiefen von Betonen B1 mit einem Zementgehalt von 260 kg/m<sup>3</sup> und einem Wasserzementwert von 0,65



► Anwendung klinkereffizienter Zemente

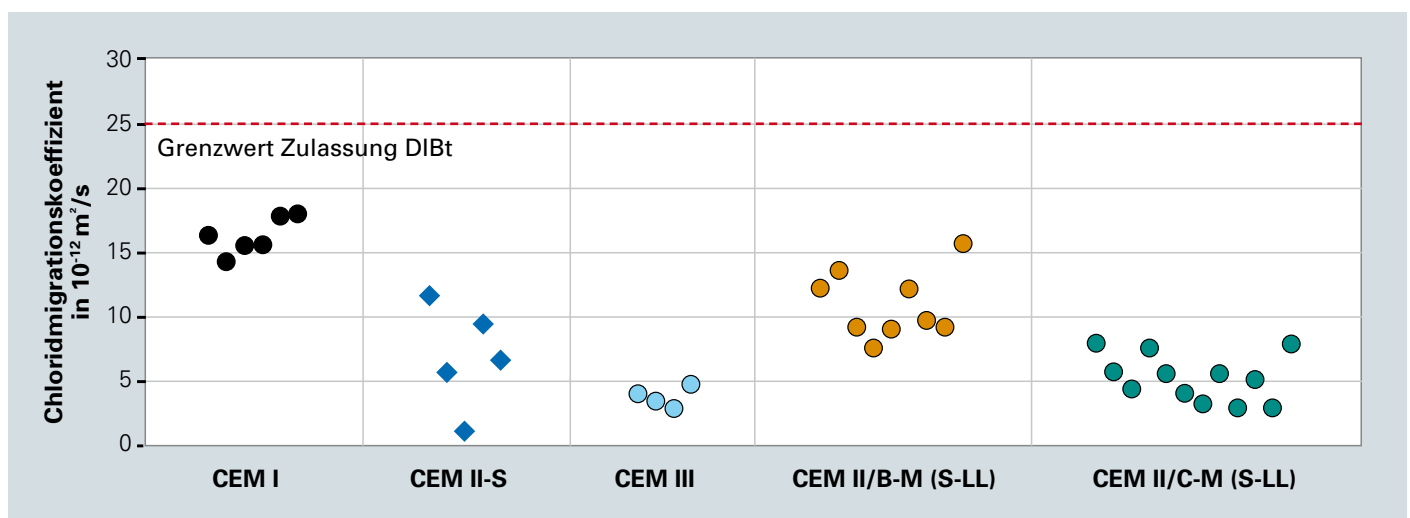
### Chlorideindringwiderstand

Für die Expositionsklassen XD2 und XS2 müssen Betone in Deutschland einen Mindestzementgehalt von  $320 \text{ kg/m}^3$  und einen Wasserzementwert von höchstens 0,50 aufweisen sowie die Anforderungen an die Festigkeitsklasse C35/45 einhalten.

Von Betonen dieser Zusammensetzung wurden die Chlorideindringwiderstände gemäß BAW-Merkblatt „MDCC“ (Bundesanstalt für Wasserbau, 2017) bestimmt. Die Chloridmigrationskoeffizienten, gemessen im Alter von 28 Tagen, sind in Bild 5 dargestellt.

Alle untersuchten Betone halten das Kriterium für den Migrationskoeffizienten von  $25 \times 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$  ein, das in Deutschland für bauaufsichtliche Zulassungen u. a. von Zementen angewandt wird. Diese Grenze gilt im Allgemeinen für alle Bauteile des üblichen Hochbaus und vergleichbarer Anwendungen. Sie orientiert sich an den Regelungen der Betonnorm DIN 1045-1 in den Expositionsklassen XD und XS.

Im Wasserbau werden durch die BAW andere Grenzwerte angewendet. Für diese Ingenieurbauwerke werden – auch aufgrund der angestrebten langen Nutzungsdauer – strengere Maßstäbe angelegt.



↑ Bild 5: Chlorideindringwiderstand von Betonen B3 mit einem Zementgehalt von  $320 \text{ kg/m}^3$  und einem Wasserzementwert von 0,50

## ► Anwendung klinkereffizienter Zemente

### Frostwiderstand

Für die Expositionsklasse XF1 müssen Betone in Deutschland einen Mindestzementgehalt von  $280 \text{ kg/m}^3$  und einen Wasserzementwert von höchstens 0,60 aufweisen. Die Anforderungen an die Festigkeitsklasse C25/30 sind einzuhalten. Für XF3 gilt ein höchstzulässiger Wasserzementwert von 0,50 bei einem Mindestzementgehalt von  $320 \text{ kg/m}^3$  sowie die Einhaltung der Festigkeitsklasse C35/45.

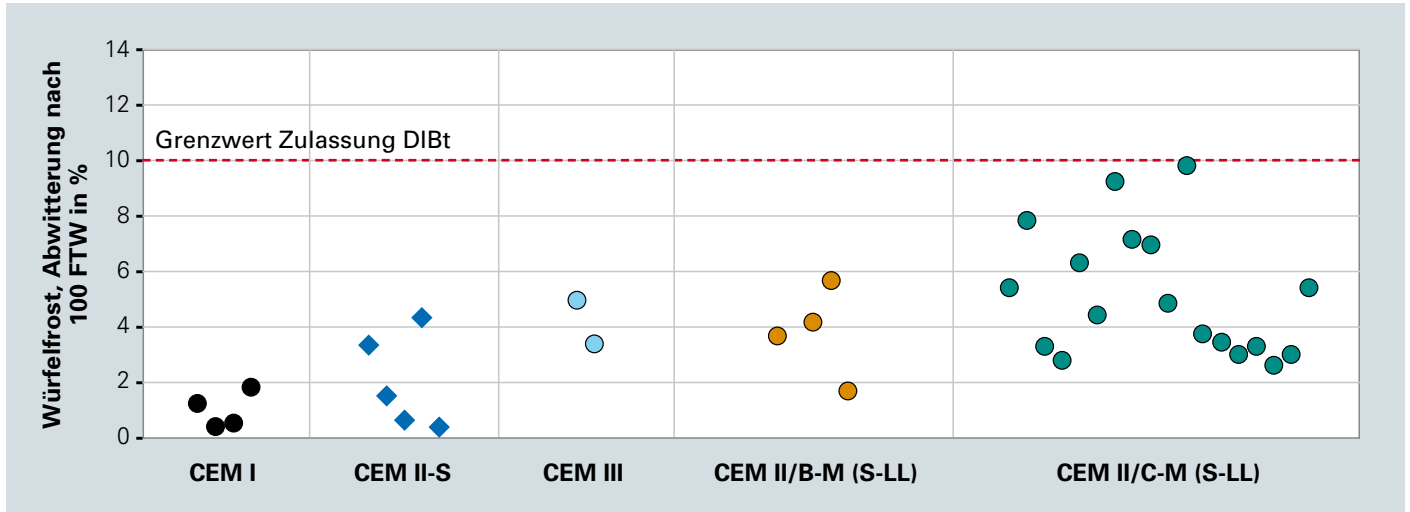
In Zulassungsuntersuchungen des DIBt für Zemente wird seit vielen Jahren die Verwendbarkeit für die Expositionsklasse XF3 an Betonen mit einem Mindestzementgehalt von  $300 \text{ kg/m}^3$  und einem Wasserzementwert von 0,60 im Würfelverfahren gemäß prEN 12390-9 überprüft.

Der Grenzwert beträgt 10 M.-% Abwitterung nach 100 Frost-Tauwechselln (FTW).

Bild 6 zeigt die Abwitterungen von Betonen dieser Zusammensetzung nach 100 FTW im Würfelverfahren. Die dargestellten Betone mit CEM II/B-M (S-LL)-Zementen und CEM II/C-M (S-LL)-Zementen halten das genannte Abnahmekriterium ein.

Bei den CEM II/C-M (S-LL) – Zementen liegen die Abwitterungen nach 100 Frost-Tauwechselln z. T. relativ nah am Grenzwert von 10 M.-%. Eine generelle Freigabe für die Expositionsklasse XF3 erscheint daher nicht angebracht.

Nach [3] sind Betone mit einer Abwitterung von maximal 10 M.-% nach 100 Frost-Tauwechselln im Würfelverfahren jedoch mindestens für die Verwendung in der Expositionsklasse XF1 geeignet. Daher wird in der Betonnorm eine Freigabe bis einschließlich XF1 erfolgen, während eine Freigabe für XF3 weiterhin einer Zulassung bedarf.



↑ Bild 6: Abwitterung von Betonen B2 mit einem Zementgehalt von  $300 \text{ kg/m}^3$  und einem Wasserzementwert von 0,60 im Würfelverfahren

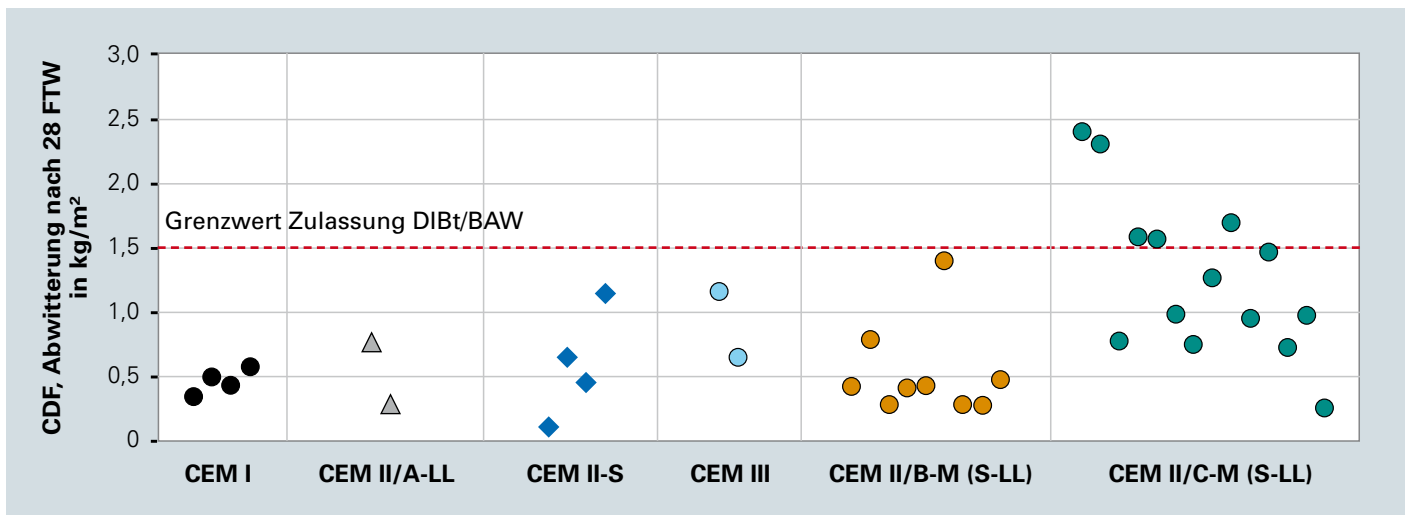
► Anwendung klinkereffizienter Zemente

**Frost-Tausalz widerstand**

Für die Expositions klasse XF4 müssen Betone in Deutschland einen Mindestzementgehalt von 320 kg/m<sup>3</sup>, einen Wasserzementwert von höchstens 0,50 und einen größtkornabhängigen Gehalt an künstlichen Luftporen von mindestens 3,5 % bis 5,5 Vol.-% aufweisen. Die Druckfestigkeit muss die Anforderungen an die Druckfestigkeitsklasse C30/37 erfüllen.

In Zulassungsverfahren des DIBt wird das CDF-Verfahren in Kombination mit dem BAW-Grenzwert [4] verwendet: Die Abwitterung nach 28 FTW darf höchstens 1,5 kg/m<sup>2</sup> betragen.

Bild 7 zeigt die Abwitterungen nach 28 FTW. Betone mit CEM II/C-M (S-LL) liegen teilweise auch jenseits des Grenzwerts. Eine generelle Freigabe für die Expositions klasse XF4 erscheint daher nicht ratsam.



↑ Bild 7: Abwitterung der Betone B4 mit einem Zementgehalt von 320 kg/m<sup>3</sup>, einem Wasserzementwert von 0,5 und einem Luftgehalt von 5,0 ± 0,5 Vol.-% im CDF-Verfahren

## ► Anwendung klinkereffizienter Zemente

**ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK**

Auf Basis der in diesem Beitrag beispielhaft vorgestellten Untersuchungsergebnisse hat der VDZ einen Vorschlag zu Anwendungsregeln für CEM II/C-M (S-LL)-Zemente in die Normungsgremien des Betonbaus einbracht.

Die Anwendungsmöglichkeiten wurden mit der Wissenschaft, der Bauaufsicht, öffentlichen Bauherren und der Bauindustrie diskutiert.

Im Ergebnis können CEM II/C-M (S-LL)-Zemente sowie CEM II/B-M (S-LL, V-LL, T-LL)-Zemente, zukünftig gemäß DIN 1045-2 voraussichtlich mit Ausnahme von Bauteilen mit hoher Wassersättigung und Frost (XF3) sowie bei einer Beanspruchung durch Frost und Tausalze (XF2, XF4) in allen Expositionsklassen eingesetzt werden.

Für etwa 30 Mio. m<sup>3</sup> Transportbeton jährlich – das ist in etwa das Transportbetonvolumen für Innen- und „normale“ Außenbauteile des Hochbaus – bestünde damit die Möglichkeit, die leistungsbezogenen CO<sub>2</sub>-Emissionen (kg CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> x MPa) um weitere 25 % zu senken. Hierfür stehen nach derzeitigen Prognosen in Deutschland insgesamt noch auf einige Jahre entsprechende Hüttensandmengen zur Verfügung.

Die zukünftige normative Regelung wird bereits jetzt durch das DIBt umgesetzt: In Zulassungen müssen für die Zemente CEM II/B-M (S-LL, V-LL, T-LL) und CEM II/C-M (S-LL) ohne Sondereigenschaften Dauerhaftigkeitsnachweise nur noch für die Verwendung in den Expositionsklassen XF2, XF3 und XF4 erbracht werden. Vor dem Hintergrund der bauordnungsrechtlichen Änderungen in Folge des EuGH-Urteils zur Bauprodukteverordnung (Rs. C-100/13) lautet der Zulassungsgegenstand „*Beton mit Portlandkompositzement CEM II/B-M (S-LL) (az) "XX"*“.

Bis zum Vorliegen der Produktnorm EN 197-5 basiert die Zulassung für den Beton mit CEM II/C-M (S-LL) zudem auf einer Zulassung für den Zement CEM II/C-M (S-LL).

**LITERATURVERZEICHNIS**

- [1] Nachhaltig Wirtschaften heißt auch die CO<sub>2</sub>-Bilanz zu verbessern (P. Lukas, E. Lenz), *HC-E&I Newsletter Technik, Ausgabe 32, 2020*, S. 7-12
- [2] Müller, Christoph; Palm, Sebastian; Hermerschmidt, Wibke: Dauerhaftigkeitseigenschaften von Betonen mit CEM II/B-LL und CEM II/C-M (S-LL) – Zementen. Zeitschrift beton 10/2019, S.362-371
- [3] Siebel, Eberhard: Frost- und Frost-Tausalz-Widerstand von Beton, Beton 42, Heft 9, 1992, S.496-501
- [4] Frostprüfung von Beton. Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe 2012

## Beton. Die beste Wahl.

### Die vom Informationszentrum Beton veröffentlichte Broschüre und Webseite checkt die Fakten

Modernes Bauen ist eine komplexe Aufgabe mit vielfältigen Anforderungen an Stabilität, Dauerhaftigkeit, Ökonomie und Ökologie. Wer baut, braucht daher einen Baustoff, dem er vertrauen kann. Das Vertrauen, das Beton auf der ganzen Welt entgegengebracht wird, hat gute Gründe. Das Informationszentrum Beton hat deshalb Fakten, die für Beton als Baustoff sprechen, in einer Broschüre sowie auf der Webseite [www.beton-die-beste-wahl.de](http://www.beton-die-beste-wahl.de) zusammengestellt.

„Mir war es ein Anliegen, dass wir die Vorteile von Beton komprimiert und anschaulich zusammenfassen“, erläutert Geschäftsführer Ulrich Nolting. „Denn es gibt einen gesellschaftlichen Bedarf für eine gebaute Umwelt, für die Beton als nachhaltiger Baustoff prädestiniert ist.“

Dies wird anschaulich anhand von zahlreichen Fakten belegt. Zum Beispiel werden rund 25 Prozent der CO<sub>2</sub>-Emissionen der Zementherstellung durch die Carbonatisierung von Beton und Mörtel im Laufe ihrer Lebensdauer gebunden. Ein Fakt, der bisher in der Berechnung von Klimabilanzen nicht berücksichtigt wurde. Ein Beispiel von vielen, die aufzeigen, wie groß das Potential von Beton als Baustoff der Zukunft ist. Auch die Vorteile gegenüber anderen Baustoffe wie zum Beispiel Stahl und Holz werden erläutert.

Die 44-seitige Broschüre kann kostenfrei im Betonshop unter [www.betonshop.de](http://www.betonshop.de) bestellt werden. Die Webseite „Beton. Die beste Wahl.“ erreichen Sie online unter [www.beton-die-beste-wahl.de](http://www.beton-die-beste-wahl.de).



### ANSPRECHPARTNER FÜR DIE MEDIEN:

#### Holger Kotzan

holger.kotzan@beton.org

Tel. 0211 28048-306

Mobil 0152 29965758

Impressum: Schlussverantwortung Dr. Jennifer Scheydt, Leiterin Engineering und Innovation, Deutschland.

Bildnachweise: HeidelbergCement AG, Steffen Fuchs; Palazzo Italia, Mailand, Mario & Pietro Carrieri (S10); HTC Global R&D, Dr. Martina Dietermann (S. 8)

« zurück

**Hinweis: Sollten Sie diesen Newsletter abbestellen wollen, schicken Sie uns bitte eine kurze E-Mail mit dem Betreff „Abbestellung NewsletterTechnik“ an [tecletter@heidelbergcement.com](mailto:tecletter@heidelbergcement.com)**