

# Entwurfs- und Bewertungskonzept für CO<sub>2</sub>-reduzierte Betone

## Development and evaluation concept for CO<sub>2</sub>-reduced concretes

Budelmann, H., Krauss, H.-W., Wachsmann, A., Hermerschmidt, W.

### Abstract

The reduction of Portland cement in concrete leads to high carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) savings in concrete constructions. A new development concept helps to design CO<sub>2</sub>-reduced but efficient concrete. The belonging evaluation concept allows an assessment of CO<sub>2</sub> savings and practical performance of the CO<sub>2</sub>-reduced concrete.

### 1. Einführung und Motivation

Die Betonbauweise verursacht weltweit hohe Treibhausemissionen. Das ist im Wesentlichen auf die Produktion des Zementklinkers zurück zu führen. Die Reduzierung des Zementgehalts im Beton bietet die Möglichkeit, die Ressourcen zu schonen und den CO<sub>2</sub> Ausstoß zu verringern. Aus diesem Grund wurde am iBMB in einem Verbundforschungsprojekt gemeinsam mit den Universitäten Clausthal und Hannover ein Entwurfs- und Bewertungskonzept für CO<sub>2</sub>-reduzierte Betone entwickelt.

### 2. Entwurfskonzept

Die Reduzierung des CO<sub>2</sub>-Gehalts erfolgte durch das partielle Ersetzen des klinkerreichen Portlandzements im Bindemittel durch Zusatzstoffe. Die Wahl des gewünschten Austauschgrads bildet den Ausgangspunkt der Optimierung. Der Zementaustausch erfolgte in Schritten von 20 Vol.% im Bereich von 100 % bis 20 % Zementanteil im Bindemittel. Im Projekt wurden neben den marktüblichen Zusatzstoffen Flugasche (FA), Hüttensand (HS) und Kalksteinmehl (KS) die Puzzolane Trass (TR) und Phonolith (PH) verwendet.

Zunächst wurde experimentell die Granulometrie auf Mörtelenebene optimiert. Das Ziel war die Entwicklung einer Rezeptur mit größtmöglicher Beweglichkeit, die sich mit dem Setzfließmaß abbilden lässt. Dazu wurden die Volumenanteile von Bindemittel und Sand am Gesamtvolumen variiert. Für die Mischung mit dem größten Setzfließmaß erfolgte im nächsten Arbeitsschritt die Einstellung der Zielkonsistenz über die Zugabemenge eines Flüssigkeitsgemisches aus PCE-Fließmittel und Wasser. Drei Fließmittel-Wasser Verhältnisse kamen zum Einsatz: 1:20, 1:30 und 1:40. Der hohe Fließmittelgehalt ermög-

lichte die Reduktion des Wassergehalts und die effiziente Nutzung des verbliebenen Wassers und sicherte so die Leistungsfähigkeit der Rezeptur trotz des reduzierten Zementgehalts. /1/

Die Überprüfung der Mörtelleistungsfähigkeit an den entwickelten Rezepturen führte zu Performancekurven (Bild 1), die den Zusammenhang von Druckfestigkeit und substituiertem Zementanteil im Bindemittel zeigen.

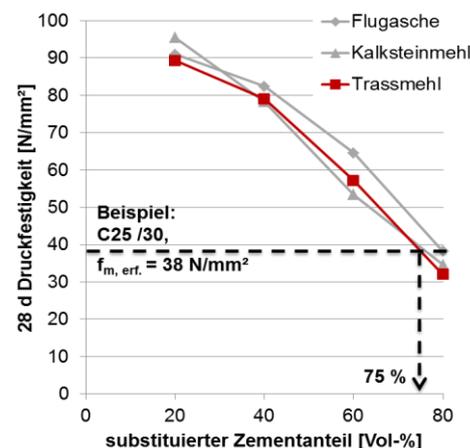


Bild 1: Performancekurve für drei Mörtelrezepturen in Abhängigkeit vom Zementaustauschgrad

Aus diesen Kurven konnte nun eine Mörtelrezeptur in einem bestimmten Festigkeitsbereich gewählt werden, aus der durch Ergänzung der Grobkörnung die zugehörige Betonrezeptur (siehe Tabelle 1) entwickelt wurde. /2/

Ausgangstoff	FA 20/80	KS 20/80	TR 20/80
	Masse [kg/m³]		
CEM I 52,5 R	113	110	94
Zusatzstoff	313	380	312
Sand 0/2	694	700	689
Split 2/8	347	350	345
Split 8/16	673	683	684
Wasser	127	127	160
PCE Fließmittel	6,4	6,3	8

Tabelle 1: Auswahl CO<sub>2</sub> reduzierter Betonrezepturen mit 80% Zusatzstoff im Bindemittel

### 3. Bewertungskonzept

Das Bewertungskonzept stützt sich auf das Konzept der gleichwertigen Betonleistungsfähigkeit. Da sich die neu entwickelten Betone durch die Reduzierung des Zements unterhalb des normativ geforderten Mindestzementgehalts bewegen, wird ihre Leistungsfähigkeit durch Vergleich mit normkonformen, marktüblichen Referenzbetonen für typische Bauaufgaben sichergestellt. Dieser Vergleich ist ein wesentlicher Baustein in der Bewertung. Als zweites Kriterium wird das CO<sub>2</sub>-Äquivalent der jeweiligen Betonrezeptur betrachtet. /3/

Die Überprüfung der Leistungsfähigkeit erfolgte in den drei Teilbereichen Frischbeton, mechanische Kennwerte und Dauerhaftigkeit. In allen drei Teilbereichen konnte gezeigt werden, dass die Leistungsfähigkeit der Referenzbetone weitestgehend erreicht werden kann. Beispielpflicht zeigt Bild 2 die Festigkeitsentwicklung der neu entwickelten Betone und der Referenzbetone PC1 für einen Innenbauteil mit geringen Anforderungen und PC5 für ein Fertigteil.

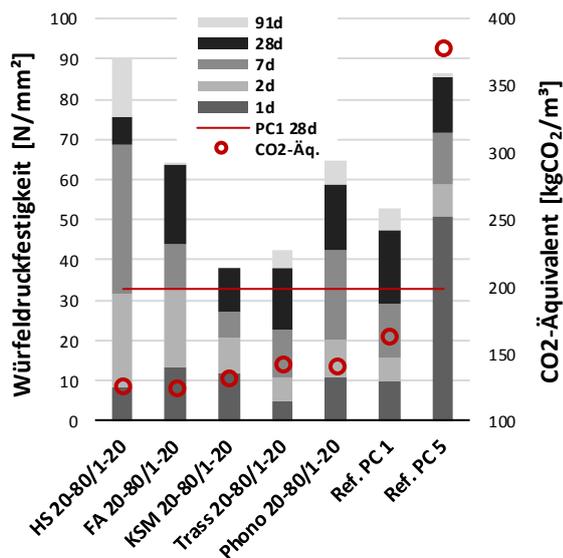


Bild 2: Festigkeitsentwicklung und CO<sub>2</sub>-Äquivalente von zwei Referenzbetonen und fünf CO<sub>2</sub>-reduzierten Betonen mit 80% Zusatzstoff im Bindemittel

Für den Überblick über verschiedene Leistungsparameter wurde wie in Bild 3 gezeigt, ein Netzdiagramm gewählt. Die Leistung des Referenzbetons bildet hier die Mindestanforderung für die Parameter und wird mit 100% gleichgesetzt. Die Leistungsfähigkeit der neu entwickelten Betone kann so leicht mit dem Referenzbeton verglichen und das CO<sub>2</sub>-Äquivalent kann als Einzelwert abgelesen werden. Die Ergebnisse zeigen, dass die Betone den Anforderungen aus der Praxis genügen. /4/

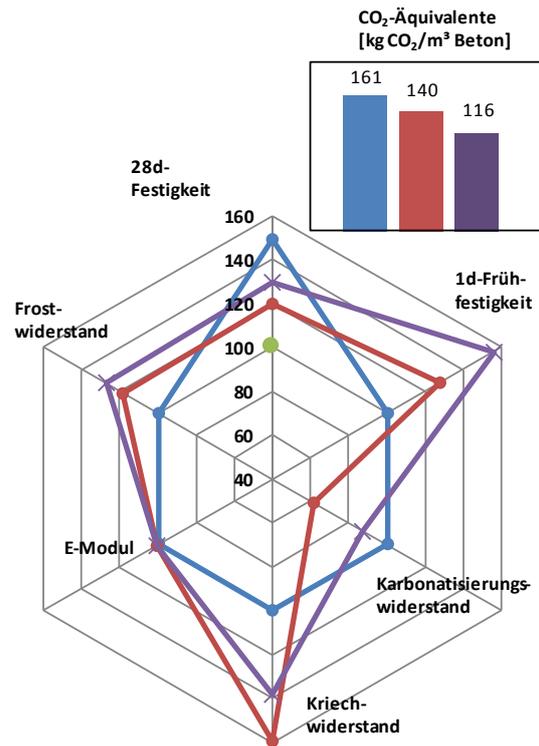


Bild 3: Technische Leistungsfähigkeit der neuen Betone im Vergleich zum Referenzbeton und die zugehörige CO<sub>2</sub>-Einsparung

### 4. Literatur

- /1/ Gläser, T.: Eine neue Methode zur Optimierung der Teilchenbeweglichkeit für den Entwurf bauaufgabenspezifischer Hochleistungsbetone. Dissertation, LU Hannover, 2016 (in Vorbereitung).
- /2/ Lohaus, L. et. al.: A new performance-based design concept for developing CO<sub>2</sub>-reduced "RedCarb"-concrete, Tagungsband Eco-Crete, Int. symposium on sustainability, Reykjavik, Island 2014.
- /3/ DIN EN 206: Beton - Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität, Juli 2016.
- /4/ Budelmann, H., Lohaus, L., Wolter, A., et al.: Development and evaluation concept for CO<sub>2</sub>-reduced concretes. In: BWI Betonwerk International. H. 3, S. 12-22, 2015.