

# Werkstoffverhalten von Ultra-hochfestem Beton im frühen Alter

## Early age properties of Ultra High Performance Concrete (UHPC)

Budelmann, Harald; Ewert, Jens

### Abstract

UHPC is often used in combination with other building materials, in so-called "hybrid" or rangy constructions with high contents of reinforcement in combination with steel fibres. The hardening of UHPC often occurs in thermal and mechanical bond with stiffer members. High cement contents provide a quick and high heat release during hydration leading to thermal restraint and cracking of young concrete, with the subsequence of reduced durability of UHPC structures. Within the framework of the Priority Program 1182 - Sustainable Building with Ultra High Performance Concrete (UHPC), supported by the Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG), the Institute for Building Materials, Concrete Structures and Fire Protection (iBMB) is investigating the early age properties of UHPC in the normal temperature range. The main aim is the development of constitutive models to describe the degree of hydration and the mechanical properties of hardening UHPC. Besides the development of compression and tensile strength and Young's Modulus concrete hardening models must comprise the description of the heat release, degree of hydration, creeping and shrinkage.

### 1. Einleitung

UHPC wird häufig im Verbund mit anderen Baustoffen, in sogenannten „hybriden“ Bauweise oder in feingliedrigen Bauteilen mit hohem Bewehrungsgehalten in Kombination mit Faserbewehrung eingesetzt, meist vorgefertigt und vorgespannt. Bei vielen Anwendungen erfolgt die Erhärtung von UHPC im thermischen und mechanischen Verbund mit steiferen Verbundpartnern. Aufgrund der hohen Bindemittelgehalte, die für eine rasche und hohe Wärmefreisetzung bei der Hydratation verantwortlich sind und des ausgeprägten autogenen Schwindens von UHPC ist dann zu erwarten, dass bereits im frühen Alter innere und äußere Zwangsbeanspruchungen aus der Entwicklung der lastunabhängigen Verformungen aufzunehmen sind. Um diese Zwangsbeanspruchungen beschreiben und deren Schädlichkeit beurteilen zu können, benötigt man Kenntnis über die Entwicklung der Festigkeit und Verformungen, vor allem auch der zeitab-

hängigen Verformungen, in den ersten Stunden und Tagen der Hydratation.

### 2. Werkstoffverhalten von Ultra-hochfestem Beton im frühen Alter

Das iBMB partizipiert bereits in der zweiten Förderperiode des Schwerpunktprogramms SPP1182 „Nachhaltiges Bauen mit Ultra-hochfestem Beton“ gefördert durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG).

Das Gesamtziel des Forschungsvorhabens ist es, für UHPC konstitutive Werkstoffmodelle im frühen Alter, also für die ersten Stunden und Tage der Erhärtung, bereit zu stellen. Besonderes Augenmerk wird hierbei auf die frühen autogenen Verformungen gelegt. Es werden vorrangig zwei Referenzbetone betrachtet, die unter versiegelten Bedingungen bei verschiedenen Temperaturstufen erhärten oder einer moderaten Wärmebehandlung unterzogen werden. Bei den Referenzbetonen handelt es sich um den Feinkornbeton M2Q und den Grobkornbeton B4Q (Rezeptur siehe Bild 1).

	Einheit	M2Q	B4Q
Zement CEM I 52,5R HS-NA	kg/m <sup>3</sup>	832	650
Quarzsand 0,125/0,50 mm	kg/m <sup>3</sup>	975	354
Basalt 2/8	kg/m <sup>3</sup>	-	597
Sand/Kies 0/8	kg/m <sup>3</sup>	-	-
Mikrosilika	kg/m <sup>3</sup>	135	177
Stahlfasern	kg/m <sup>3</sup>	192	194
Quarzmehl 60 µm	kg/m <sup>3</sup>	207	325
Quarzmehl 300 µm	kg/m <sup>3</sup>	-	131
Fließmittel	kg/m <sup>3</sup>	29,4	30,4
Wasser	kg/m <sup>3</sup>	166	158
Wasserzementwert	-	0,20	0,24
Wasserfeststoffverhältnis	-	0,17	0,19

Bild 1 Betonrezeptur

Ausgangspunkt ist der vorliegende Entwicklungsstand konstitutiver Ingenieurmodelle für das Werkstoffverhalten normal- und hochfester Betone im frühen Alter. Diese Modelle sollen anhand experimenteller Untersuchungen für UHPC überprüft und erweitert werden; ggf. sind neue

Modellansätze für die besonderen betontechnologischen Parameter des UHPC sowie dessen Temperaturgeschichte während der Erhärtung zu entwickeln.

Die bisher durchgeführten Untersuchungen für den Fein- und Grobkornbeton sind die Ermittlung der mechanischen Kurzzeiteigenschaften (Druck- und Zugfestigkeit und Druck- und Zugelastizitätsmodul), Ermittlung der lastabhängigen und lastunabhängigen Verformungen. Das Bild 2 zeigt exemplarisch für die durchgeführten Versuche die Ermittlung der zentrischen Zugfestigkeit inklusive Zugelastizitätsmodul an einer Probe mit einem Durchmesser von 80 mm und einer Höhe von 300 mm.

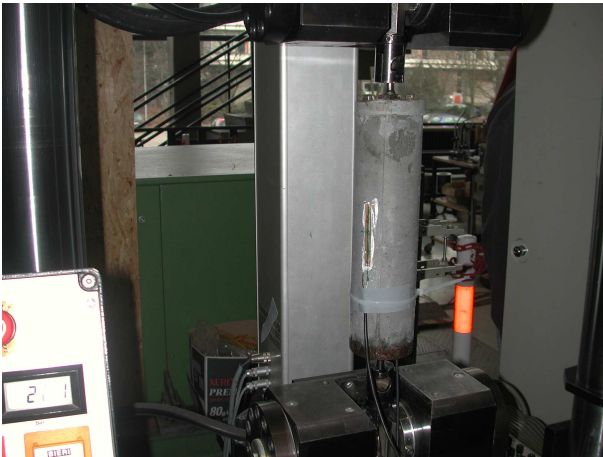


Bild 2: zentrische Zugprüfung UHPC

Zum Ende der zweiten Förderperiode werden zusätzliche Ergänzungsversuche UHPC mit reduziertem Zementgehalt durch Zugabe von Hüttensand durchgeführt werden. Damit liegt dann ein Datenfundus zur zeitlichen Entwicklung der Kurzzeiteigenschaften und des zeitabhängigen Verformungsverhaltens für jungen UHPC vor.

Mit Abschluss des Projekts werden die gewonnenen Erkenntnisse in konstitutive Stoffmodelle zur Beschreibung der mechanischen Kurzzeiteigenschaften (Druck- und Zugfestigkeit, Elastizitätsmodul), des Kriechens und autogenen Schwindens im jungen Alter integriert.

Damit werden zum Projektabschluss stoffgesetzliche Grundlagen bereit gestellt, um z.B. Spannungen in erhärtenden Bauteilen berechnen zu können, eine Prognose der Rissbildung durch Zwängungen oder Eigenspannungen vorzunehmen, die dauerhaftigkeitsrelevant sein kann oder um z.B. die anfänglichen Spannkraftverluste in UHPC-Bauteilen mit sofortigem Verbund bzw. den Vorspannzeitpunkt berechnen zu können.