

Produktionsoptimierung: Frischbetoneigenschaften

Reduzierung der Mischzeit von ultrahochfesten Betonen durch Optimierung der Betonzusammensetzung

Hochleistungsbetone wie der ultrahochfeste Beton (UHPC) zeichnen sich durch ausgesprochen gute Verarbeitungs-, Festigkeits- und Dauerhaftigkeitseigenschaften aus. Jedoch ist der Einsatz dieser Betone u. a. aufgrund sehr langer Mischzeiten bisher begrenzt. Ziel der dargestellten Untersuchungen war daher festzustellen, welche Besonderheiten in der Betonzusammensetzung zu den gegenüber Normalbetonen deutlich längeren Mischzeiten führen. Die einzelnen Bestandteile der Betonzusammensetzungen wurden systematisch variiert und die Auswirkungen auf die Mischzeit bis zum Erreichen optimaler Fließeigenschaften untersucht. Zur Auswertung wurde die minimal erforderliche Mischzeit (Stabilisationszeit) anhand der während des Mischprozesses aufgezeichneten Leistungskurve des Mischwerkzeugs berechnet. Es konnten eindeutige Aussagen zum Einfluss des Silicastaubgehalts, Quarzmehlgehalts, w/z Werts und Fließmittelgehalts gefunden werden. Die Ergebnisse zeigen, dass das Verhältnis der aktuellen Feststoffkonzentration im Beton φ zur maximal möglichen Feststoffkonzentration φ_{max} sowie die eingesetzten Zement- und Fließmittelarten die Mischzeit wesentlich beeinflussen.

■ Oliver Mazanec, Dirk Lowke, TUM, Centrum Baustoffe und Materialprüfung, Deutschland ■

Normalbetone bestehen im Wesentlichen aus Gesteinskörnung, Zement und Wasser. Teilweise werden auch feine Zusatzstoffe (z. B. Flugasche, Hüttensand) hinzugefügt um die Eigenschaften zu verändern. Aufgrund ihrer Zusammensetzung ist die zielsichere Herstellung von Normalbetonen mit herkömmlichen Mischern in kurzen Mischzeiten zumeist unter einer Minute möglich. Hochleistungsbetone mit gesteigerten Anforderungen an die Verarbeitbarkeit, Festigkeit und Dauerhaftigkeit, wie z. B. selbstverdichtende Betone (SVB), Hochfeste Betone (HPC) oder ultrahochfeste Betone (UHPC), setzen erhöhte Ansprüche an die Ausgangsstoffe und deren Zusammensetzung. Besonders ultrahochfeste Betone zeichnen sich durch extrem niedrige w/z-Werte, hohe Zusatzstoffgehalte und hohe Fließmittelgehalte aus. Zur Verbesserung der Duktilität werden diesen Betonen zusätzlich meist feine Stahlfasern in hohen Gehalten zugegeben. Um die hervorragenden Frisch- und Festbetoneigenschaften von Hochleistungsbetonen zu erreichen, wird die Kornpackung aller Feinstoffe, teilweise auch der gesamten Kornzusammensetzung, so optimiert, dass eine möglichst hohe Packungsdichte erreicht und der verbleibende Porenraum möglichst gering wird [1]. Um die mögliche Packungsdichte zu erreichen, ist die weitgehende Desagglomeration und Dispergierung von Zement, Zusatzstoffen und Fasern während des Mischprozesses eine wichtige Voraussetzung. Dies wird u. a. durch den Einsatz von Fließmitteln sichergestellt. Durch ihre Wirksamkeit können Agglomerate von fei-

nen Bestandteilen weitestgehend vermieden werden. Neben den Fließmitteln ist aber auch der eigentliche Mischprozess für die Dispergierung aller Ausgangsstoffe von großer Bedeutung. Für die vollständige Dispergierung aller Ausgangsstoffe ist bei Hochleistungsbetonen aufgrund der geringen w/z-Werte und hohen Zusatzmittelgehalte der Eintrag hoher Mischarbeit erforderlich [2]. Bei der Herstellung von Hochleistungsbetonen mit herkömmlichen

Mischanlagen äußert sich dies gegenüber Normalbetonen durch deutlich längere Mischzeiten. So waren bei den bisher realisierten Bauwerken Mischzeiten von über 4 min für SVB und über 12 min für UHPC keine Seltenheit [3, 4, 5]. Dies begrenzt den Betondurchsatz im Vergleich zu Normalbetonen erheblich und stellt damit einen wesentlichen Kostenfaktor dar.



Abb. 1: 75-l-Intensiv-Mischer mit Sternwirbler



WIR BLICKEN IN DIE ZUKUNFT

Ziel und Vorgehen

Der Einfluss des Mischprozesses und der Betonzusammensetzung auf die notwendige Mischzeit von Hochleistungsbetonen wurde in den vorliegenden Untersuchungen betrachtet [6]. In die Untersuchungen wurden vorwiegend ultrahochfeste Betone einbezogen, da diese hinsichtlich des Anteils an Zusatzmitteln, Zusatzstoffen und Fasergehalten einen Extremfall unter den Hochleistungsbetonen darstellen. Die gefundenen Ansätze lassen sich jedoch auch auf andere fließmittelbasierte Hochleistungsbetone übertragen.

Im ersten Schritt wurden Untersuchungen zum Einfluss des Mischprozesses (Mischzeit, Werkzeuggeschwindigkeit) auf die Frischbetoneigenschaften von ultrahochfesten Betonen durchgeführt [7, 8]. Für die Untersuchungen wurde ein 75-l-Intensivmischer mit variabel steuerbarer Werkzeuggeschwindigkeit (1 bis 20 m/s) eingesetzt (Abb. 1). Zudem war es möglich, während des Mischvorgangs die elektrische Leistung am Mischwerkzeug zu erfassen und aufzuzeichnen. Die Betoneigenschaften wurden anhand des Setzfließmaßes, der Trichterauslaufzeit und der Druckfestigkeit charakterisiert. In dem vorliegenden Beitrag werden die Ergebnisse zum Einfluss der Betonzusammensetzung vorgestellt. Um diesen systematisch erfassen zu können, wurden ausgehend von einer Referenzzusammensetzung (Tabelle 1) das Wasser-Feinstoffverhältnis (VW/VF), die Feinstoffsieblinie, der Grobkorngehalt sowie der Fließmittelgehalt und die Fließmittelart variiert.

Tabelle 1: Zusammensetzung des Referenzbetons in kg/m³

Ausgangsstoffe	UHPC
Zement (Feinheit 4.840 cm ² /g)	853
Quarzmehl	212
Silicastaub	138
Wasser	167
Sand 0/0,5 mm	999
Fließmittel (PCE 1)	35
w/z-Wert	0,22
V _w /V _F ¹	0,46
1 Wasser / Feinstoffverhältnis (< 125 µm)	

Definition der Stabilisationszeit

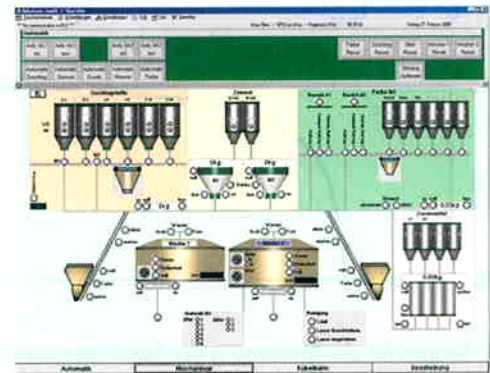
Zunächst musste ein geeignetes Verfahren entwickelt werden, um die zur Herstellung der unterschiedlichen Betone aufzuwendende Mischarbeit bzw. die Eigenschaften der Betone während des Mischprozesses erfassen und miteinander objektiv vergleichen zu



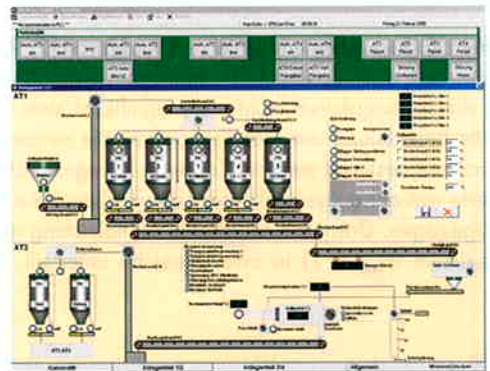
■ M.Sc. Oliver Mazanec studierte Bauingenieurwesen an der Leibniz Universität Hannover. Anschließend war er von März bis September 2005 im Ingenieurbüro Schießl Gehlen Sodeikat GmbH in München beschäftigt. Seit September 2005 arbeitet er als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Centrum Baustoffe und Materialprüfung (cbm) der Technischen Universität München. Sein Forschungsschwerpunkt ist die Optimierung des Misch- und Verarbeitungsprozesses von ultrahochfesten Betonen (UHPC). mazanec@cbm.bv.tum.de



■ Dipl.-Ing. Dirk Lowke studierte Bauingenieurwesen an der Brandenburgischen Technischen Universität in Cottbus. Von 2001 bis 2005 arbeitete er als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Centrum Baustoffe und Materialprüfung (cbm) der Technischen Universität München. Seit 2006 ist er Leiter der Arbeitsgruppe Betontechnologie am cbm. Seine Forschungsschwerpunkte sind die Optimierung der Verarbeitungseigenschaften, die Rheologie und das Mischen von Beton sowie die Dauerhaftigkeit und die zeitabhängigen Verformungseigenschaften selbstverdichtender Betone. lowke@tum.de



- Modulare Prozessleitsysteme
- Automatisierte Steuerungen
- Komplett integrierte Feuchtemessung im Mischer und in den Sandsilos
- Erfahrung in Spezialbetonen (SVB etc.)



Feuchtemessung

in Beton

und Sand



Bikotronic Industrie-Elektronik GmbH
 Im Hohen Acker 7 - 67146 Deidesheim - Deutschland
 Tel.: 06326 96530 - Fax: 06326 965350
info@bikotronic.de - www.bikotronic.de

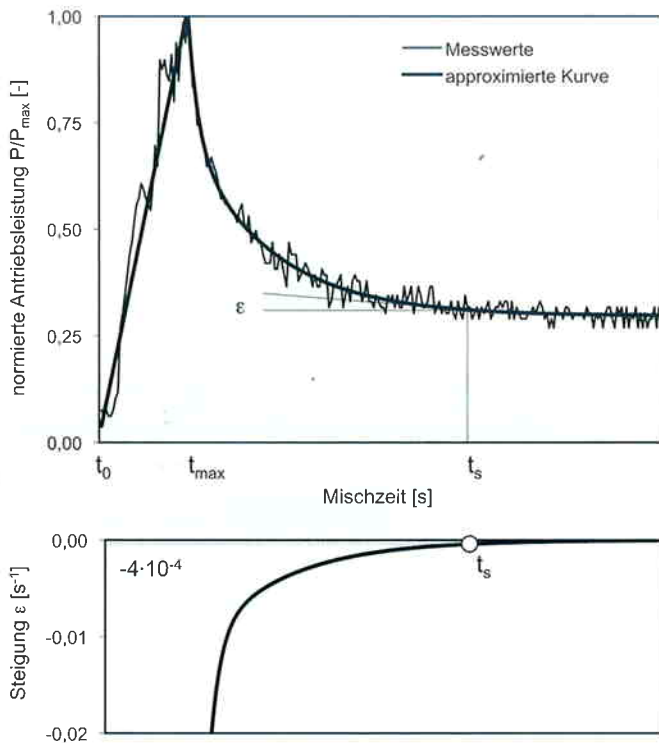


Abb. 2: Beispiel für die Bestimmung der Stabilisationszeit t_s

können. Mit dem eingesetzten Mischer war eine Leistungszeichnung während des Mischprozesses möglich. Hierdurch konnte in Anlehnung an [9], eine Stabilisationszeit t_s anhand der aufgezeichneten Leistungskurve des Mischwerkzeugs berechnet werden. Die Stabilisationszeit ist als die Zeit definiert, bei der sich die Kurvensteigung der Leistungskurve des Mischwerkzeugs einem festgelegten Grenzkriterium annähert (Abb. 2).

In eigenen Vorversuchen und Untersuchungen von [2, 9, 10] wurde nachgewiesen, dass optimale Frischbetoneigenschaften vorliegen, sobald die Leistungskurve nicht mehr signifikant sinkt. Somit kann durch die Berechnung der Stabilisationszeit die mindest erforderliche Mischzeit bestimmt werden. Zur Berechnung der Stabilisationszeit wurde von der aufgezeichneten Leistungskurve die Leerlaufleistung abgezogen. Daraufhin wurde die Nettoleistung normiert und am Maximum ($P_{max} = 1$) in zwei Bereiche unterteilt. Die beiden

Bereiche wurden durch approximierten Funktionen beschrieben. Dies erfolgte zwischen dem Mischbeginn t_0 und bis zum Erreichen der maximalen Leistung t_{max} durch lineare Approximation (Abb. 2). Der anschließende Bereich (t_{max} bis t_s) wurde mit einer Exponentialfunktion (Gl. 1) angenähert.

$$P = P_0 + P_1 e^{-\frac{t}{t_1}} + P_2 e^{-\frac{t}{t_2}} \quad (1)$$

Die Stabilisationszeit t_s ist als die Zeit definiert, bei der die Kurvensteigung $\epsilon = dP/dt$ ein Kriterium von $4 \cdot 10^{-4}$ erreicht. Bei diesem Kriterium wiesen alle Betone optimale Werkstoffeigenschaften auf, was ein Anzeichen für eine weitgehende Dispergierung der Ausgangsstoffe ist. Beispielhaft sind in Abbildung 3 die aufgezeichneten und normierten Leistungskurven mit den berechneten Stabilisationszeiten für zwei unterschiedliche Betonzusammensetzungen dargestellt.

Ergebnisse und Diskussion

Einfluss der Partikelpackung

Die notwendige Mischzeit (Stabilisationszeit) wird neben der eingesetzten Mischtechnik [2] wesentlich durch die Zusammensetzung des Betons beeinflusst [2, 9, 10]. Mit Hilfe der Stabilisationszeit t_s wurde der Einfluss der einzelnen Ausgangsstoffe auf die Mischzeit verschiedener ultrahochfester Betone quantifiziert.

Für die Untersuchungen wurde die Zusammensetzung des feinkörnigen ultrahochfesten Referenzbetons systematisch variiert. Der feinkörnige ultrahochfeste Beton bestand aus Wasser, Zement, Silicastaub, Quarzmehl, Quarzsand und Fließmittel. Da sich ultrahochfeste Betone durch sehr hohe Silicastaubgehalte auszeichnen, wurden in der ersten Versuchsreihe die Auswirkungen des Silicastaubgehalts auf die Stabilisationszeit untersucht. Das Silicastaubvolumen wurde im Bereich zwischen 10 und 30 Vol.-% bezogen auf das Volumen der Feinstoffe (Silicastaub, Zement, Quarzmehl) variiert. Das Verhältnis zwischen dem Volumen der Feinstoffe und dem Volumen des Wassers blieb dabei unverändert. Das Silicastaubvolumen der Referenzmischung betrug 15 Vol.-% bezogen auf das Volumen der Feinstoffe (VF). Durch eine Verringerung des Silicastaubvolumens gegenüber der Referenzzusammensetzung stieg die Stabilisationszeit signifikant an (Abb. 4). Demgegenüber

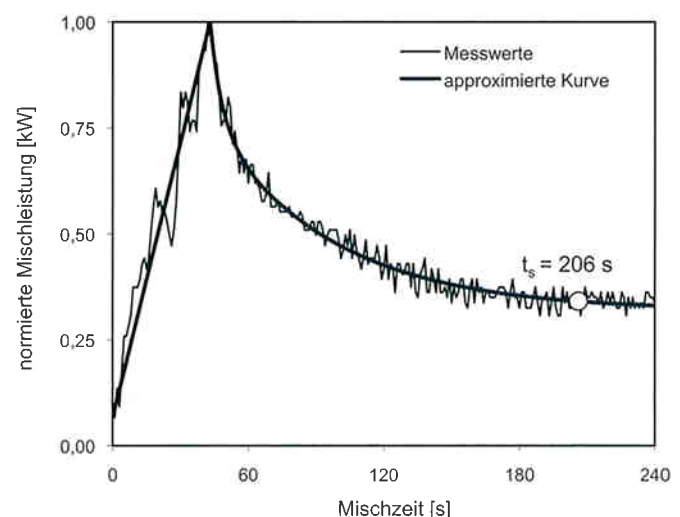
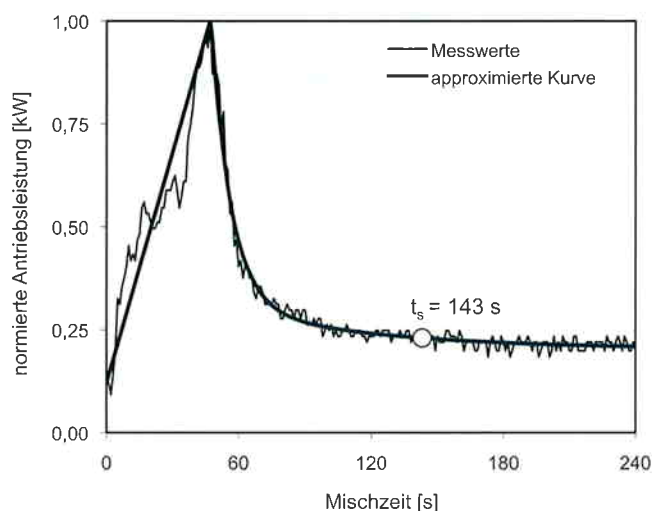


Abb. 3: normierte Leistungskurve für zwei unterschiedliche Betonzusammensetzungen mit den berechneten Stabilisationszeiten

nahm die Stabilisationszeit bei einer Erhöhung des Silicastaubvolumens über 15 Vol.-% deutlich ab. Eine Erhöhung des Silicastaubgehalts über 27 Vol.-% führte zu keiner weiteren Verkürzung der Stabilisationszeit, vielmehr stieg diese wieder geringfügig an.

Der Zusammenhang zwischen der Stabilisationszeit und dem Silicastaubgehalt lässt sich anhand der Kornpackung der Feststoffe erklären. Der Wasseranspruch eines Korngemisches ist wesentlich von der Packungsdichte des Feststoffgemisches abhängig [1]. Durch die Erhöhung des Silicastaubgehalts werden die Hohlräume zwischen den jeweils größeren Zement- und Quarzmehlpartikeln ausgefüllt, so dass die Packungsdichte erhöht und der verbleibende Hohlraum verringert wird (s. Abbildung 4, Skizzen der Partikelpackung). Durch das aus den Hohlräumen verdrängte Wasser vergrößert sich besonders bei den kleinen Partikeln die Wasserfilmdicke. Mit zunehmender Wasserfilmdicke sind die Partikel beweglicher und können leichter gemischt werden. Zudem wird die innere Reibung des Korngemisches durch die kugelige Form der Silicastaubpartikel herabgesetzt, was ebenfalls zur Verringerung der Stabilisationszeit beiträgt.

Die oben dargestellten Zusammenhänge zum Einfluss des Silicastaubgehalts auf die Stabilisationszeit lassen sich durch einen allgemeingültigen physikalischen Parameter ausdrücken. Die Untersuchungen haben gezeigt, dass der aktuelle Feststoffgehalt ϕ im Beton und die maximale mögliche Feststoffkonzentration ϕ_{max} (maximale

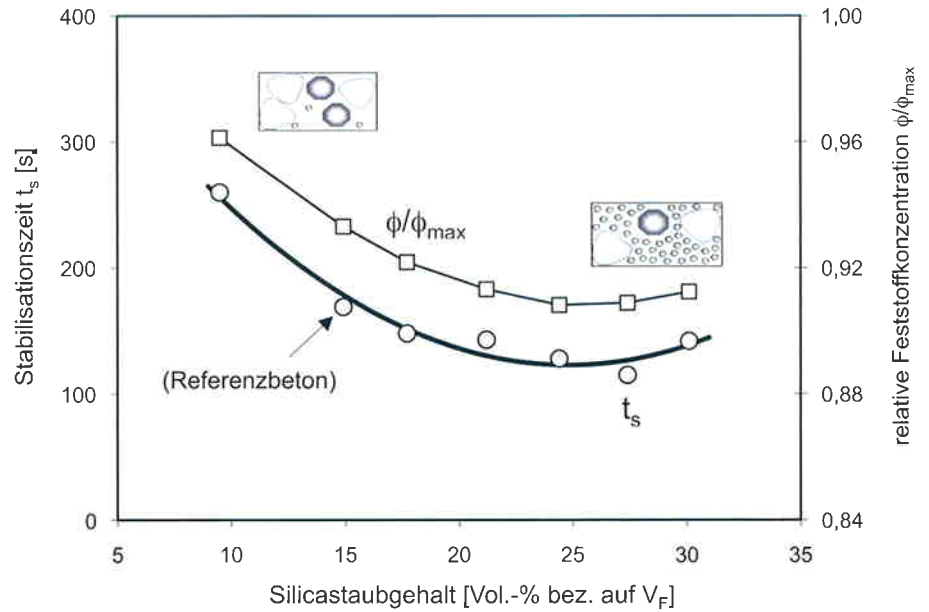


Abb. 4: Stabilisationszeit t_s und relative Feststoffkonzentration ϕ/ϕ_{max} in Abhängigkeit vom Silicastaubgehalt

Packungsdichte des Feststoffgemischs) die wesentlichen Parameter für die benötigte Stabilisationszeit darstellen. Der Zusammenhang zwischen dem aktuellen Feststoffgehalt ϕ und der maximal möglichen Feststoffkonzentration ϕ_{max} kann auch als relative Feststoffkonzentration ausgedrückt werden (vgl. [10]). Die maximale mögliche Feststoffkonzentration ϕ_{max} wird im Wesentlichen durch die Korngrößenverteilung und die Kornform bestimmt. Für die Untersuchungen wurde die maximale Feststoffkonzentration nach dem Verfahren von Schwanda [11, 12] berechnet. In Abbildung 4 ist neben der Stabilisationszeit der Zusammenhang zwischen der relativen Feststoffkonzentration und dem Silicastaub-

volumen dargestellt. Die Stabilisationszeit korreliert sehr gut mit der relativen Feststoffkonzentration. Durch den volumengleichen Austausch von Zement und Quarzmehl durch Silicastaub bleibt der aktuelle Feststoffgehalt ϕ im Beton konstant. Mit zunehmendem Silicastaubvolumen werden Hohlräume zwischen den größeren Partikel (Zement und Quarzmehl) mit den feinen Silicastaubpartikeln gefüllt, wodurch die maximal mögliche Feststoffkonzentration ϕ_{max} ansteigt. Durch den Anstieg der maximalen Feststoffkonzentration bei konstantem Feststoffgehalt nimmt die relative Feststoffkonzentration zunächst ab. Ab einem Silicastaubgehalt von ca. 27 Vol. % sind die feinen Hohlräume weitestgehend

ANLAGEN

RECYCLING

MISCHER

AUTOMATION

ARCEN[®]

Rua de S. Caetano n° 125, Z.I. S.Caetano
 4410-494 Canelas - V.N.Gaia, Portugal
 Phone: +351227637130 • Fax: +351227637159
 E-mail: sales@arcen.com • Web: www.arcen.com

INTER AT
 HALLE 4 - STAND 4J030

**DOSIEREN, MISCHEN, RECYCLERN
 UND AUTOMATISIEREN**

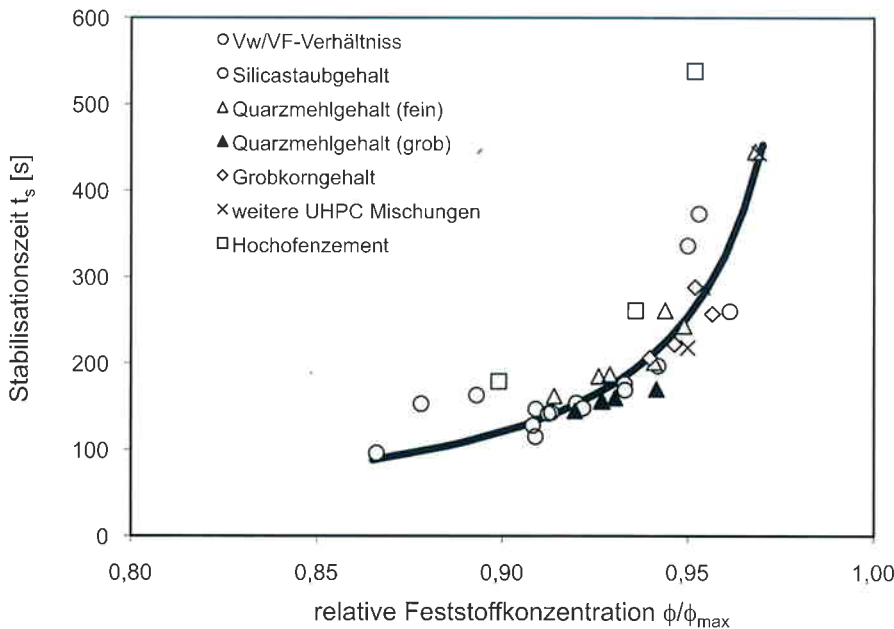


Abb. 5: Zusammenhang zwischen Stabilisationszeit und relativer Feststoffkonzentration

mit Silicastaub gefüllt, so dass durch eine weitere Erhöhung des Silicastaubgehalts die maximale Feststoffkonzentration abnimmt. Dies hat eine Erhöhung der relativen Feststoffkonzentration und der Stabilisationszeit zur Folge.

Neben der Variation des Silicastaubgehalts zeigt Abbildung 5 die Stabilisationszeit der Versuche mit unterschiedlichen Volumenverhältnissen von Wasser zu Feinstoffen (VW/VF-Verhältnis), Quarzmehlgehalten, Quarzmehlarten, Grobkorngehalten sowie Fließmittelgehalten in Abhängigkeit von deren relativer Feststoffkonzentration. Zudem sind die Stabilisationszeiten von drei weiteren ultrahochfesten Betonen dargestellt, die sich in ihrer Zusammensetzung deutlich von dem Referenzbeton unterscheiden, jedoch mit den gleichen Ausgangsstoffen wie der Referenzbeton hergestellt wurden. Auch deren Stabilisationszeiten ordnen sich in die Korrelation ein. Die Ergebnisse zeigen somit, dass der Feststoffgehalt eines Betons und die maximal mögliche Packungsdichte des Feststoffgemischs die wesentlichen Parameter für die benötigte Mischzeit darstellen. Hochleistungsbetonen besitzen gegenüber Normalbetonen mit fließfähigen Konsistenzen deutlich höhere relative Feststoffkonzentrationen, was der wesentliche Grund für die längeren Mischzeiten von Hochleistungsbetonen ist. Die Mischzeit von Hochleistungsbetonen kann somit durch eine optimale Kornpackung (z. B. Austausch von Zement und Quarzmehl durch Silicastaub) wodurch die maximale Feststoffkonzentration erhöht und folglich die relative Feststoff-

konzentration verringert wird, verkürzt werden.

Einfluss der Zement- und Fließmittelart

Neben der Kornpackung ist die Stabilisationszeit von den verwendeten Zement- und Fließmittelarten abhängig. Dies zeigen die

Ergebnisse der Untersuchungen mit unterschiedlichen Zementarten (Abb. 5). Für die Untersuchungen wurde der Portlandzement des Referenzbetons durch einen Hochofenzement ersetzt, wodurch die Stabilisationszeit bei unterschiedlichen relativen Feststoffkonzentrationen anstieg. Dieser Anstieg war noch deutlicher, als das Fließmittel PCE 1 durch ein anderes Fließmittel ausgetauscht wurde ($\varphi/\varphi_{\max} = \text{konstant}$) (Abb. 6a). Alle Fließmittel waren industrielle Produkte auf Basis von Polycarboxylatether, die sich in ihrer molaren Masse und der anionischen Ladungsdichte unterschieden. Abbildung 7 zeigt die Molekülstrukturen der Fließmittel PCE 1 und PCE 3. Daraus geht hervor, dass beide Fließmittel die gleiche Seitenkettenlänge haben, die Hauptkettenlänge des Fließmittels PCE 3 jedoch mehr als doppelt so lang gegenüber der des Fließmittels PCE 1 ist.

Um aufzuzeigen, warum sich die Stabilisationszeit bei den jeweiligen Fließmittel so stark unterscheidet, wurde 10, 30 und 60 min nach Mischende Porenlösung aus dem Frischbeton ausgepresst und in dieser der gesamte organische Kohlenstoffgehalt (engl. TOC) gemessen. Hieraus konnte der Adsorptionsgrad der Fließmittel berechnet werden. Die Untersuchungen zeigen, dass die Stabilisationszeit von dem Adsorptions-

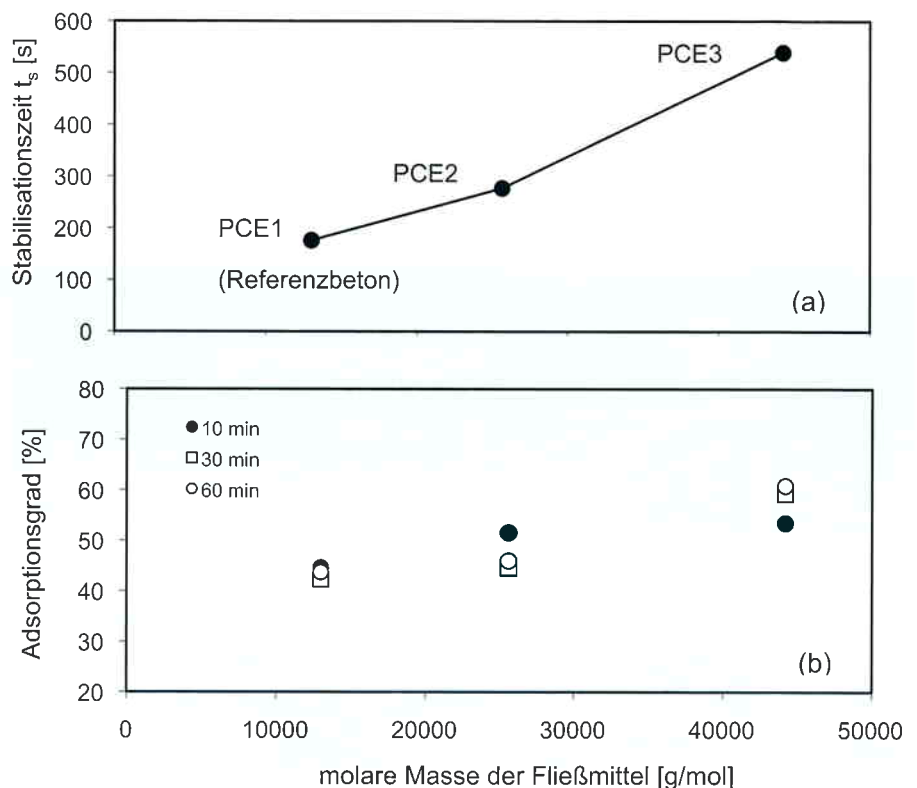


Abb. 6: (a) Einfluss der molaren Masse auf die Stabilisationszeit (φ/φ_{\max} und der Fließmittelgehalt sind konstant). (b) Zusammenhang zwischen der Adsorption und der molaren Masse der Fließmittel

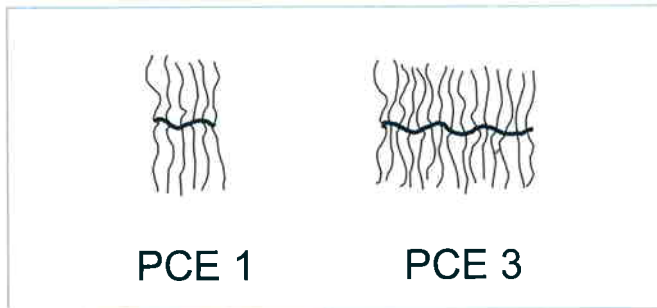


Abb. 7: Molekülstruktur der Fließmittel

grad der Fließmittel auf den Oberflächen von Bindemitteln und Zusatzstoffen abhängig ist (Abb. 6b). Mit steigender molarer Masse stiegen die Stabilisationszeit und der Adsorptionsgrad an. Die Adsorption wird von der molaren Masse (M_n) der Fließmittel beeinflusst [14]. Tendenziell verringert sich die für den Adsorptionsprozess wichtige konformative Beweglichkeit der Fließmittel mit steigender molarer Masse und zunehmender Seitenkettenlänge, wodurch der Adsorptionsgrad zunimmt, die Adsorptionsgeschwindigkeit jedoch abnimmt [15]. Daher benötigen Fließmitteln mit großer molarer Masse längere Stabilisationszeiten.

Schlussfolgerungen für die Praxis

Nach [7, 8] lässt sich die Mischzeit bei der industriellen Fertigung durch eine Erhöhung der Mischgeschwindigkeit verkürzen. Da dies jedoch besonders bei älteren Mischanlagen nicht immer möglich ist, sollte zudem eine gezielte Optimierung der Betonzusammensetzung hinsichtlich der Kornzusammensetzung und des Fließmitteltyps erfolgen. So ist es z. B. möglich durch einen teilweisen Austausch von Zement durch sehr feines Quarzmehl oder Silicastaub die maximale Feststoffkonzentration von UHPC bei gleich bleibender Druckfestigkeit zu erhöhen und die Mischzeit signifikant zu reduzieren. Zudem können kurze Mischzeiten durch den Einsatz schnell wirkender Fließmitteln (geringe molare Masse) erreicht werden. Mit dem fundierten Wissen über den Einfluss der Betonzusammensetzung auf den Mischprozess ist es möglich, die Mischzeit bei verbesserten Werkstoffeigenschaften zu reduzieren. Dies ist eine wichtige Voraussetzung für die wirtschaftliche Anwendung von UHPC in der Praxis.

Zusammenfassung

Hochleistungsbetone wie z. B. der ultrahochfeste Beton benötigen lange Mischzeiten zur Herstellung. In den dargestellten Untersuchungen wurde gezeigt, welche Besonderheiten in der Betonzusammensetzung zu den gegenüber Normalbetonen längeren Mischzeiten führen. An einem feinkörnigen ultrahochfesten Beton wurde systematisch das Wasser-Feinstoff-Verhältnis, die Feinstoffsieblinie, der Grobkorngehalt sowie der Fließmittelgehalt und die Fließmittelart variiert. Die notwendige Mischzeit (Stabilisationszeit) wurde anhand der während des Mischprozesses aufgezeichneten Leistungskurve des Mischwerkzeugs berechnet. Die Ergebnisse zeigen, dass das Verhältnis der aktuellen Feststoffkonzentration im Beton φ zur maximalen möglichen Feststoffkonzentration φ_{max} (Packungsdichte) sowie die eingesetzten Zement- und Fließmittelarten die Mischzeit wesentlich beeinflusst. Die Mischzeit kann danach verringert werden wenn:

- die maximale Feststoffkonzentration durch optimale Kornzusammensetzung erhöht wird (z. B. durch teilweisen Austausch von Zement und Quarzmehl durch Silicastaub),
- für den Mischprozess schnell wirkende Fließmittel mit geringer molarer Masse eingesetzt werden.

Das Konzept der relativen Feststoffkonzentration bildet die Grundlage, um die notwendige Mischzeit von ultrahochfesten Betonen zu reduzieren. In weiteren Untersuchungen soll der Einfluss verschiedener Fließmittel-Zement-Zusatzstoffkombinationen untersucht werden. So soll es möglich werden, die zur Erreichung einer optimalen Mischgüte erforderliche Mischzeit für ultrahochfesten Beton vorherzusagen und reproduzierbar optimale Frischbetoneigenschaften zu erzielen.

Danksagung

Die Untersuchungen erfolgten im Rahmen des von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) geförderten Schwerpunktprogramms SPP 1182 „Nachhaltiges Bauen mit UHPC“. Zudem danken wir dem Lehrstuhl für Bauchemie der TU München für die detaillierte Charakterisierung der Fließmittel.

technologie. vielfalt. turnkey. stationäre betonanlagen von doubrava

www.betonanlage.at

T: +43 7674 601 0

4800 ATTNANG / AUSTRIA



Industrieanlagen