

Pannensicherer SCC-Beton – Darstellung des Verarbeitungsfensters

Ing. Markus Kroneder

Geschäftsleitung Betonzusatzmittel Österreich, BASF Construction Chemicals Austria GmbH, Krieglach

Verarbeitungsfenster von SCC

Die anwendungstechnische Erfahrung beim Einsatz von selbstverdichtendem Beton (SCC) zeigt, dass das Verarbeitungsfenster, also jener Bereich, in dem der SCC optimale Frischbetoneigenschaften aufweist, bei vielen üblichen SCC-Betonrezepturen sehr klein ist. Das Verarbeitungsfenster definiert den Zusammenhang zwischen der Frischbetonkonsistenz, definiert als Fließmaß, und der Viskosität (Klebrigkeit) des SCC, definiert als Ausfließzeit aus dem V-Trichter (die Prüfmethode sind in der europäischen Richtlinie für SCC - Ausgabe Mai 2005 - dokumentiert).

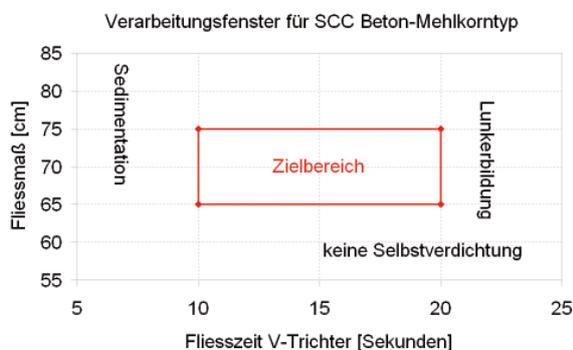


Bild 1

Als praxisgerechte und auch in der einschlägigen Fachliteratur meistpublizierte Grenzwerte können 65-75 cm Fließmaß und 10-20 Sekunden Ausfließzeit empfohlen werden. Das entspricht der Fließmaßklasse SF2 und der Viskositätsklasse VS2/VF2 lt. europäischer Richtlinie für SCC (Ausgabe Mai 2005).

Frischbetonprüfung von SCC

Nur die konsequente Prüfung beider Kennwerte (Fließmaß und Fließzeit), sowohl bei der Rezepturentwicklung als auch bei der laufenden Qualitätskontrolle, stellt sicher, dass die an

SCC gestellten hohen Anforderungen zielsicher erfüllt werden.

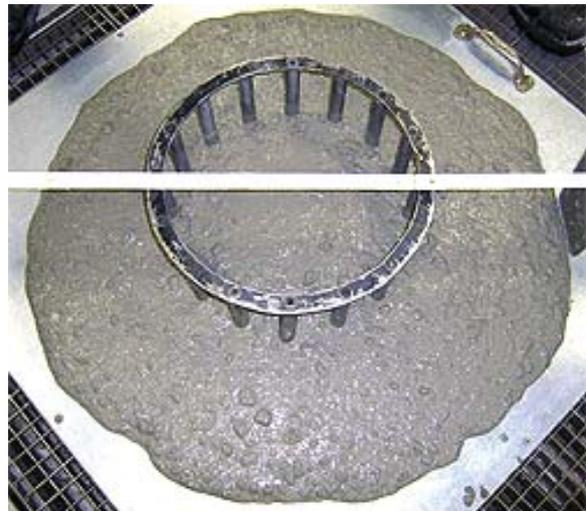


Bild 1.1.1: Fließmaß mit Blockiererring

Bild 1.1.2: V-Trichter zur Bestimmung der Auslaufzeit



Das Verlassen des Verarbeitungsfensters führt entweder zum Verlust der selbstverdichtenden und selbstentluffenden

Eigenschaft oder die Sedimentationsstabilität geht verloren und der SCC wird instabil und entmischt. Naturgemäß liegt hier ein direktes Zusammenspiel aus Fließfähigkeit und Klebrigkeit vor, welches bei den hohen Ansprüchen an SCC eben wenig Spielraum lässt.

Bei der Fließmaß-Prüfung empfiehlt sich, immer den Blockkiering einzusetzen, da dadurch Unzulänglichkeiten in der Beton-zusammensetzung aufgezeigt werden, auch wenn die Kennwerte „Fließmaß“ und „Fließzeit“ noch innerhalb der Vorgabewerte liegen. Bei optimaler Zusammensetzung des SCC wird der Kennwert Fließmaß durch den Blockkiering praktisch nicht beeinflusst.



Bild 2: Beginnende Blockierneigung der groben Gesteinskörnung

Rezepturenentwicklung – Okamura-Verfahren

Für eine zielgerichtete Rezepturenentwicklung von SCC-Mehlkornotyp bietet das „Okamura-Verfahren“ einen sehr brauchbaren Rahmen.

Grundlage dieses Verfahrens ist, dass der Stoffraumanteil an grober Gesteinskörnung mit 50 % (gerechnet als Volumen der lose geschütteten Gesteinskörnung im Gesamtstoffraum des Betons) fix festgelegt wird. Weiters wird der Anteil an feiner Gesteins-

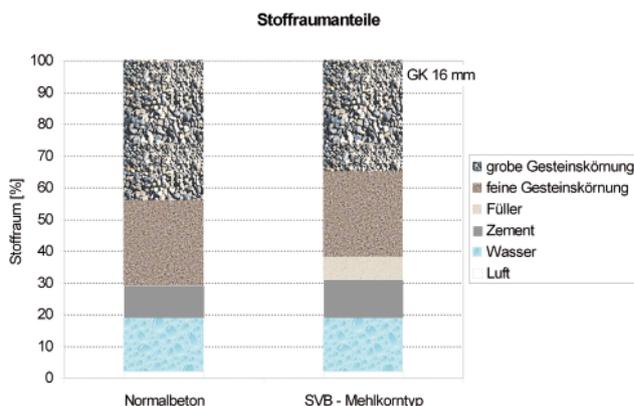


Bild 3.1: Stoffraumanteile im Vergleich

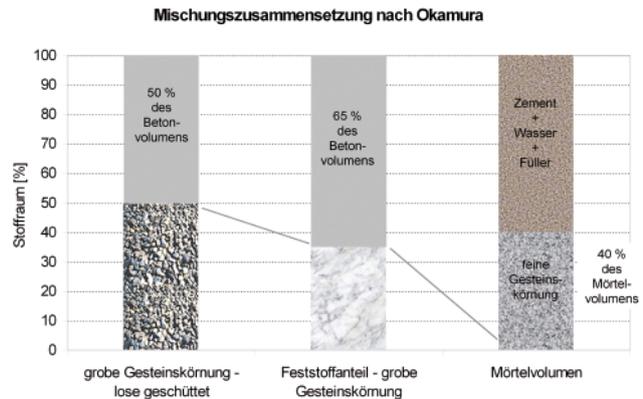


Bild 3.2: Stoffraumanteile von SCC-Mehlkornotyp nach dem Konzept Okamura

körnung (Fraktion 0/4 mm) mit 40 Gew.-% im verbleibenden Beton-Stoffraum festgelegt.

In der Folge wird der optimale Wasseranspruch der Feinststoffanteile (Zement, Flugasche, Steinmehl etc.) über einen einfachen Laborversuch ermittelt. Der Anteil an Zement und

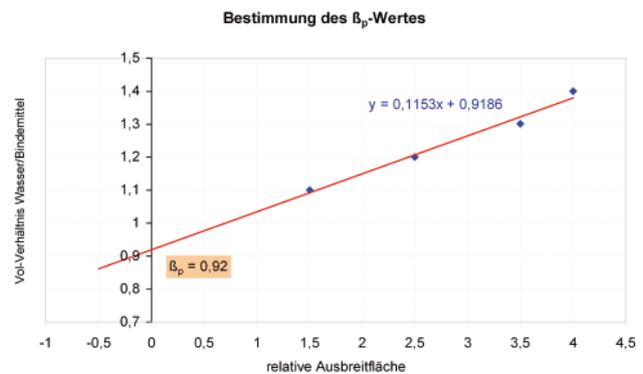


Bild 4: β_p -Wert Bestimmung Okamura-Verfahren

Feinststoffen (im Folgenden mit „SCC-BM“ bezeichnet) ergibt sich in der Folge aus der Stoffraumrechnung.

Dieser Ansatz unterscheidet sich doch sehr wesentlich von der für Beton üblichen Rezepturenentwicklung, bei der ja in der Regel der Gesamtwassergehalt und der Bindemittelgehalt zu Beginn vom Betontechnologen festgelegt werden.

Der nächste Schritt ist ein Laborversuch an Feinbeton (SCC-BM und feine Gesteinskörnung GK 0/4 mm) mit dem vorher ermittelten Wassergehalt, der dazu dient, die geeignete Fließmitteltype und die notwendige Fließmitteldosierung festzulegen.



Bild 4.1: Laborversuchsanordnung für Feinbetonversuch – Fließmaß



Bild 4.2: Laborversuchsanordnung für Feinbetonversuch – Fließzeit

Dabei werden das Fließmaß mittels Hägermann-Trichter und die Ausfließzeit aus einem kleineren V-Trichter gemessen. Als Zielwerte finden sich in der Fachliteratur meist 25 cm für das Fließmaß und 10 Sekunden für die Fließzeit.

Diese Labormethode ist sehr gut dafür geeignet, die doch diffizile Frage der geeigneten Fließmitteltype und Dosierung mit geringem Aufwand im Vorfeld abzuklären. Fließmittel auf PCE-Basis, die sich auf Grund der sehr guten verflüssigenden Wirkung für die Herstellung von SCC durchgesetzt haben, unterscheiden sich zum Teil signifikant, was den Einfluss auf die Klebrigkeit des Frischbetons anbelangt. Das Zusammenspiel der Kennwerte Fließmaß und Fließzeit wird dadurch entscheidend geprägt. Für eine gute Sedimentationsstabilität ist bei

SCC eine gewisse „Klebrigkeit“ eine entscheidende Voraussetzung. Nur durch eine gezielte Auswahl der PCE-FM-Type ist es sichergestellt.

Mit einiger Erfahrung und der Wahl geeigneter Vorgabewerte und Zielwerte kann die Betonrezeptur dann direkt von den beiden o. a. Laborversuchen abgeleitet werden. Die SCC-Rezeptur ergibt sich ohne weitere Stoffraumveränderungen. Eine geringfügige Anpassung der Fließmitteldosierung kann in der Praxis evtl. notwendig sein.

Nach eigenen praktischen Erfahrungen haben sich als Vorgabewerte für den Stoffraumanteil der groben Gesteinskörnung ein Wert von 51 % (gerechnet als Volumen der lose geschütteten Gesteinskörnung im Gesamtstoffraum des Betons) und 42 % Anteil an feiner Gesteinskörnung (Gew.-Anteil im verbleibenden Betonstoffraum) bewährt.

Die Vorgabewerte für das Fließmaß beim Feinbetonlaborversuch (zur Ermittlung der geeigneten Fließmitteltype und Dosierung) legen wir mit 28 cm fest, für die Ausfließzeit mit 8 Sekunden.

Mit diesem Verfahren können aufwändige Betonversuche für die Entwicklung von SCC-Rezepturen weitgehend minimiert werden.

Weiterführende Informationen über das Okamura-Verfahren finden Sie unter:

<http://www.basf-cc.at/DCCAustria/De/Service/TechnicalDocumentation/sccpannenfrei.htm>

„Robustheit“ von SCC in der Praxis

SCC-Mehlkornrezepturen, die nach dem o. a. Verfahren entwickelt werden, enthalten 600-650 kg Feinststoffanteile (Zement, Flugasche, Steinmehl etc.) und können mit einer AB/2-Gesamtsieblinie der Gesteinskörnung hergestellt werden.

Bei entsprechender Komposition der Feinststoffkomponente ergeben sich dabei keine höheren Kosten gegenüber einer „üblichen SCC-Rezeptur“ mit 400 kg Zement und 100 kg Flugasche.

Durch die gezielte Ermittlung des für das gegebene Feinststoffgemisch optimalen Gesamtwassergehalts und die Wahl einer geeigneten Fließmitteltype resultiert eine wesentlich bessere Sedimentationsstabilität (Entmischungssicherheit) im Vergleich zu „üblichen SCC-Rezepturen“.

turen“, ohne dass die Selbstentlüftungseigenschaft (und damit verbunden sind ja lunkerfreie Sichtflächen) herabgesetzt wird.

Die praktische Erfahrung zeigt, dass „übliche SCC-Rezepturen“ (400 kg/m^3 Zement + 100 kg/m^3 Flugasche), bei denen eine Gesamtsieblinie B zum Einsatz kommt, bereits bei einer Abweichung von $+5 \text{ l/m}^3$ Gesamtwasser instabil werden und zum Entmischen neigen. Speziell die Kombination aus Schwankungen im Bereich der feinen Gesteinskörnung (etwas feinteilärmere Kornverteilung) und einer geringfügigen Erhöhung des Gesamtwasseranteils bringen solche SCC-Rezepturen schnell zum „Kippen“.

SCC-Mehlkornrezepturen, die nach dem Konzept Okamura aufgebaut sind, vertragen üblicherweise eine Wasservariation von $+10 \text{ l/m}^3$ bei gleichzeitig etwas „reschener“ Gesamtsieblinie. Entmischungserscheinungen treten üblicherweise erst bei größeren Abweichungen von den Rezepturvorgabewerten auf. Das naheliegende Verlangen der Bauindustrie nach „robustem“ SCC lässt sich damit sicherlich leichter erfüllen. Die systembedingt unvermeidlichen Schwankungen in der Betonzusammensetzung (speziell beim Gesamtwassergehalt und beim Gehalt an Feinteilen in der Gesteinskörnung) lassen sich damit bis zu gewissen Grenzen abfangen.



*Bild 5.1 und 5.2:
Gesteinskörnung im Vergleich*

Laborbetonversuche haben gezeigt, dass in einem SCC-Mehlkornrezept, das mit einem speziell optimierten SCC-BM von Lafarge hergestellt wurde, die komplette Gesteinskörnung gewechselt werden kann, ohne dass dadurch eine Neuabstimmung der Rezeptur notwendig wird. Im aktuellen Fall wurde von quarzitischem Rundkorn (Ostösterreich) auf kalzitisches Kant-

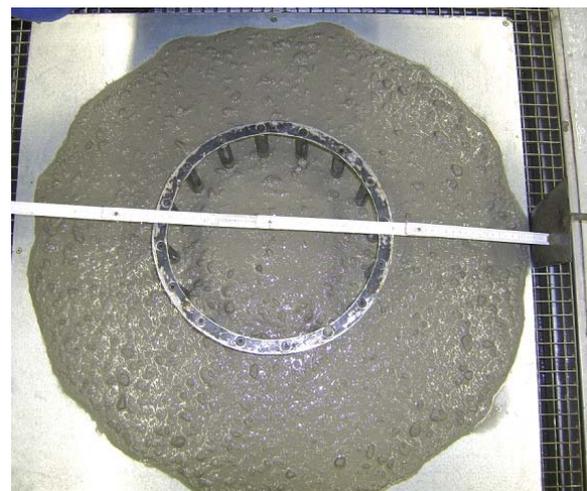
korn (Westösterreich) gewechselt. Unter Beibehaltung aller anderen Rezepturbestandteile (gleicher Gesamtwassergehalt, gleicher Gehalt an SCC-BM, gleiches Fließmittel mit gleicher Dosierung) resultierten Frischbetonkennwerte, die wieder exakt im Zentrum des Zielverarbeitungsfensters lagen.

Ausblick

Als durchaus realistische Zukunftsaussicht steht im Raum, dass ein Transportbetonwerk mit einem vorgegebenen SCC-Mehlkornrezept, unter Verwendung speziell entwickelter SCC-BM, mit der vorhandenen Standard-Gesteinskörnung ohne Vorversuche einen „pannenfreien SCC“ realisiert.

Der notwendige Gesamtwassergehalt liegt dabei bei 180 l/m^3 , wenn speziell optimierte SCC-Bindemittel verwendet werden. Dadurch wird der Gefahr von erhöhtem Schwinden des SCC wirkungsvoll entgegengewirkt.

Auch der Überwachungsaufwand speziell an der Einbaustelle kann im Vergleich zu der bis dato üblichen Gepflogenheit deutlich vermindert werden – eine Folge der deutlich höheren „Robustheit“ von derart hergestelltem SCC.



*Bild 6: SCC-Mehlkornrezept mit 650 kg/m^3 SCC-BM
 10 l/m^3 über Zielwassergehalt; Anteil $0/4 \text{ mm}$ 3 %
unter Ziel
76 cm Fließmaß; 9 Sekunden Fließzeit
keine Sedimentation, keine Blockierneigung*