

## Mehlkornoptimierung für Beton höchster Güte

DI Dr. Jürgen Macht, Univ.-Doz. DI Dr. Peter Nischer  
 Forschungsinstitut der Vereinigung der Österreichischen Zementindustrie, Wien

Selbstverdichtender Beton (SCC – self-compacting concrete) ist dadurch gekennzeichnet, dass er sich ohne von außen einwirkende Rüttelenergie entlüftet und gleichzeitig nahezu bis zum Niveausgleich fließt [1]. Diese Eigenschaften werden vor allem durch hohe Mehlgorngehalte und/oder Zugabe von Stabilisierern erreicht. Durch eine Optimierung der Sieblinie [2] ist es möglich, nicht nur bei geringeren Mehlgorngehalten stabileren Frischbeton zu erhalten [3], sondern es werden auch die Festbetoneigenschaften wesentlich verbessert [4] (siehe auch [5]).

### Erhöhung der Frischbetonstabilität

Bei der Herstellung von SCC mit einem Ausbreitmaß von über 70 cm sowie von Bohrpfehlen und Schlitzwänden mit einem Ausbreitmaß von etwa 60 cm kommt es immer wieder zu Verarbeitungsproblemen, insbesondere durch Entmischungen beim Einbau. Durch ein Absetzen der groben Gesteinskörnung kommt es zu Wasser- und Feinteilanreicherungen in den oberflächennahen Bereichen. Dies führt zu Qualitätsproblemen, die selbst dann auftreten können, wenn der Beton nach konventionellen Prüfverfahren und nach Augenschein entspricht. Ein Frischbeton kann als stabil bezeichnet werden, wenn diese Probleme nicht entstehen.

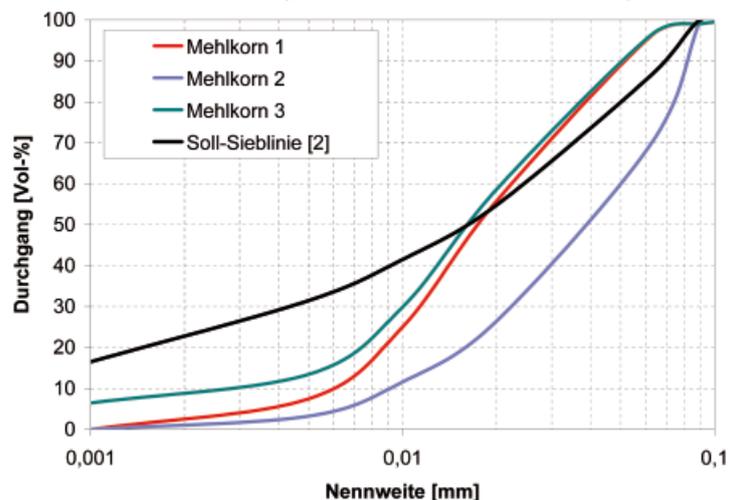
Umfangreiche Druckpressversuche [3] haben gezeigt, dass für stabilen Frischbeton, der sich beim Einbau nicht entmischt und bei dem sich die grobe Gesteinskörnung nach dem Verdichten nicht absetzt, umso mehr Mehlgorn (Korn < 0,125 mm) erforderlich ist, je weicher der Beton eingebaut wird. Je mehr Wasser und/oder Fließmittel für eine gewünschte Verarbeitbarkeit erforderlich

ist, umso größer ist die Entmischungsgefahr.

Für den jeweils erforderlichen Mehlgorngehalt sind die Korngrößenverteilung und die Korneigenschaften entscheidend. Je besser die Kornverteilung einer „Soll-Sieblinie“ gemäß Abbildung 1 [2] entspricht, umso weniger Mehlgorn ist für einen stabilen Frischbeton mit gleicher Stabilität und Verarbeitbarkeit erforderlich. Eine Anhebung des Mehlgorngehalts führt nur dann zu einer Verbesserung der Stabilität des Frischbetons, wenn hierdurch die Anpassung des Mehlgorns an dessen „Soll-Sieblinie“ nicht verschlechtert wird. Zusätzlich ist die Rauigkeit des Mehlgorns von Bedeutung – je rauer das Mehlgorn, umso schlechter die Verarbeitbarkeit des Betons. Die Rauigkeit des Mehlgorns wird von den geogenen Gegebenheiten und vom Herstellverfahren beeinflusst. Raue Körner erfordern auf Grund der größeren Oberfläche und der geringeren Beweglichkeit („Verkanten“ und „Verspießen“) höhere Wasser- und/oder Fließmittelzugaben, was wie bereits erwähnt zu höherer Entmischungsgefahr führt.

Für Betone mit einem Ausbreitmaß von etwa 65 cm sind 120 l Mehlgorn je m<sup>3</sup> Beton nur dann

Abbildung 1: Mehlgorn – theoretisch optimale Kornverteilung und untersuchte Kornverteilungen



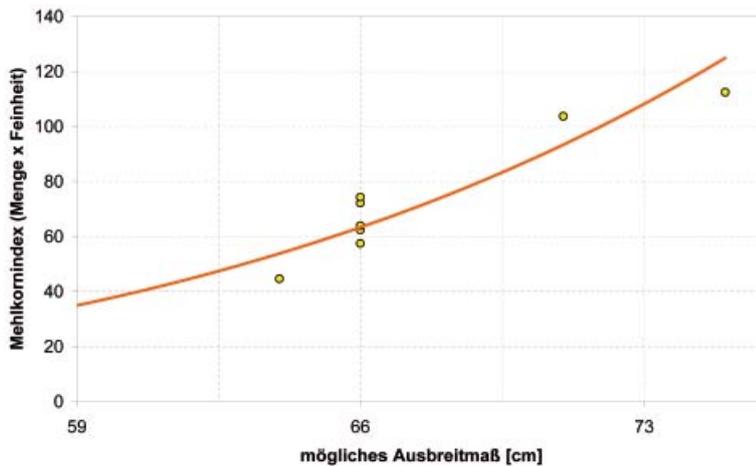


Abbildung 2: Zusammenhang zwischen möglichem Ausbreitmaß und Mehlkornindex [3]

ausreichend, wenn die Kornverteilung im Kornbereich über 0,01 mm mit der je nach Kornform erforderlichen „Soll-Sieblinie“ gut übereinstimmt (Mehlkorndichte 1 in Abbildung 1). Hohe Anteile kleiner 0,01 mm (z. B. durch Zugabe von Mikrosilica – Mehlkorndichte 3 in Abbildung 1) im Beton führen, wegen des größeren Wasser- bzw. Fließmittelbedarfes, vielfach zu keiner Verbesserung der Stabilität des Frischbetons.

Wird für Betone mit einem Ausbreitmaß von etwa 65 cm der Mehlkorndichte auf 150 l je m<sup>3</sup> Beton erhöht, ist auch etwas gröberes Mehlkorn mit einer schlechteren Anpassung an die „Soll-Sieblinie“ verwendbar. Bei Mehlkorn, das mit der „Soll-Sieblinie“ gut übereinstimmt, ist bei diesem Mehlkorndichte ohne Beeinträchtigung der Stabilität des Frischbetons ein Ausbreitmaß über 70 cm möglich.

Für Betone mit einem Ausbreitmaß über 70 cm (SCC) sind bei etwas gröberer Sieblinie im Mehlkorn mit einer schlechteren Anpassung an

die „Soll-Sieblinie“ etwa 190 l Mehlkorn je m<sup>3</sup> Beton erforderlich.

Abbildung 2 zeigt einen Zusammenhang zwischen dem möglichen, ohne Entmischung erzielbaren Ausbreitmaß zu einem so genannten Mehlkornindex (Summe der Siebdurchgänge bei 0,01 mm, 0,02 mm, 0,063 mm, 0,09 mm und 0,125 mm multipliziert mit dem Anteil des Mehlkorns im Beton) [3], der einen Zusammenhang zwischen Mehlkorndichte und Sieblinie des Mehlkorns darstellt.

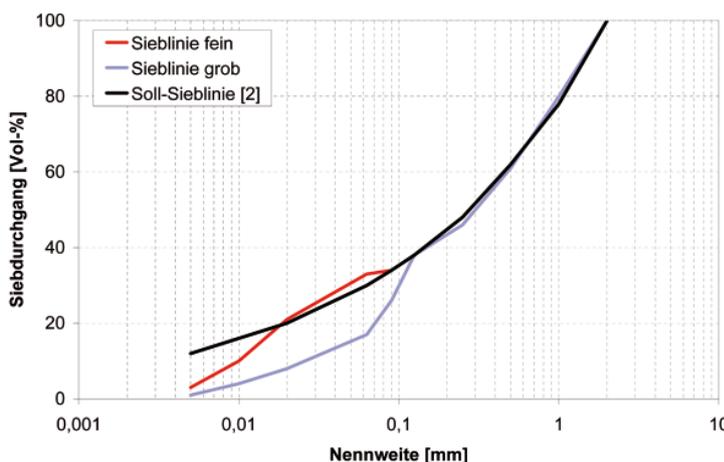
### Verbesserung der Festbetoneigenschaften

Um die Auswirkungen einer Sieblinienoptimierung bis in den Mehlkornbereich auf die Porenstruktur des erhärteten Betons zu bestimmen, wurden in unterschiedlichem Betonalter Proben mit unterschiedlichen Sieblinien – siehe Abbildung 3 (Sieblinie fein wurde mit Mehlkorndichte 1 gemäß Abbildung 1 hergestellt, Sieblinie grob mit Mehlkorndichte 2) – aber gleichem W/B-Wert mit der

Quecksilberdruckporosimetrie und der Elektronenmikroskopie untersucht sowie die Festigkeiten des erhärteten Betons bestimmt [4].

Eine gute Anpassung der Sieblinie des Mehlkorns oberhalb von 0,02 mm an eine optimale Sieblinie führt bei den untersuchten Probenaltern von 0 bis 90 Tagen zu einer feinporigeren und gleichmäßigeren Porenverteilung als bei feinteilarmen Betonen. Abbildung 4 bestätigt diese Aussage. Bei annähernd gleicher Gesamt-

Abbildung 3: Sieblinien der untersuchten Betone



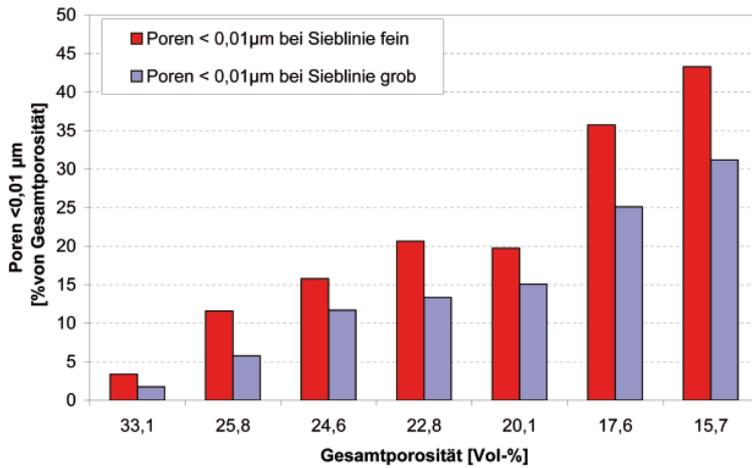


Abbildung 4: Porenanteil < 0,01 µm in Abhängigkeit von der Gesamtporosität bei feiner und bei grober Sieblinie

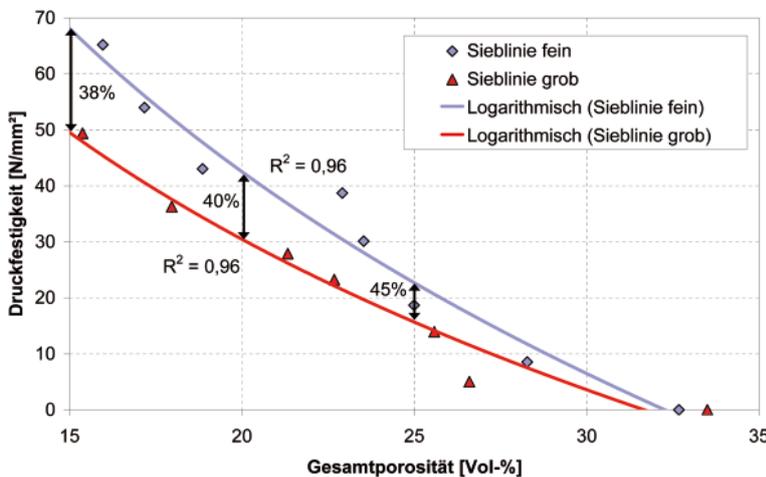


Abbildung 5: Druckfestigkeit in Abhängigkeit der Gesamtporosität – durch Mehlkornoptimierung Erhöhung um etwa 40 %

porosität ist der Anteil an Poren < 0,01 µm bei der besser angepassten Sieblinie wesentlich höher.

Durch diese „bessere“ Porenverteilung können bei der optimierten Sieblinie bei gleichem Gesamtporenraum bis zu 40 % höhere Festigkeiten im Vergleich zu einer gröberen Porenverteilungen erzielt werden, siehe Abbildung 5.

## Zusammenfassung

Die Mehlkornoptimierung ist ein wichtiger Prozess, um Betone höchster Güte zielsicher herzustellen. Dies trifft vor allem auch auf SCC auf Grund des oftmals hohen Mehlkorngehalts zu. Mehlkornoptimierung führt zu einem stabilen Frischbeton bei gleichzeitiger Einsparung von Mehlkorn und Ressourcenschonung. Zum anderen bedeutet Mehlkornoptimierung für den erhärteten Beton höhere Festigkeiten, ein dichteres Gefüge und damit eine höhere Dauerhaftigkeit.

## Literatur

- [1] Brameshuber, W.: Selbstverdichtender Beton. Düsseldorf: Verlag Bau und Technik, 2004 (Schriftenreihe Spezialbetone, Bd. 5).
- [2] Macht J., Nischer P.: Mehlkornoptimierung – Notwendigkeit und Möglichkeiten zur Ermittlung der Korneigenschaften. BFT Heft 4 2006.
- [3] Nischer P., Macht J.: Weiche Betone mit verschiedenem Mehlkorn. Maßnahmen zur Verbesserung der Verarbeitbarkeit. BFT Heft 8, 2006.
- [4] Nischer, P., Macht, J.: Mehlkornoptimierung zur Verbesserung der Betongüte. BFT Heft 3 2007.
- [5] Brouwers, H. J. H., Radix, H. J.: Self-Compacting Concrete: Theoretical and experimental study. Cement and Concrete Research 35 (2005) pp. 2116-2136.