

Verbesserung von Frisch- und Festbetoneigenschaften

## Neuer Zusatzstoff für Hochleistungsbetone

Christoph Maibaum, Herten, und Roland Hüttl, Berlin

Hochleistungsbeton hat im letzten Jahrzehnt weltweit an Bedeutung gewonnen. Dabei haben sich die Anforderungen an die Verarbeitbarkeit, die Festigkeit und die Dauerhaftigkeit der Betone ständig erhöht. Voraussetzung für die Herstellung von Hochleistungsbetonen ist zumeist der Einsatz hochfeiner Zusatzstoffe wie z.B. Flugasche oder Mikrosilika sowie neu entwickelter besonders wirksamer Fließmittel. Der festigkeits- und dichtigkeitssteigernden Wirkung von Mikrosilika im Festbeton stehen jedoch häufig verschlechterte Eigenschaften des Frischbetons bezüglich der Verarbeitbarkeit gegenüber. Im Folgenden wird über einen neuen feinen Zusatzstoff berichtet, der nicht nur eine Verbesserung der Festbetoneigenschaften hinsichtlich Festigkeit und Dauerhaftigkeit bewirkt, sondern zusätzlich auch zu einer Verbesserung der Verarbeitbarkeit des Frischbetons führt.

### 1 Herstellung von Microsit®

Im Rahmen eines Forschungs- und Entwicklungsprojekts wurde in den letzten Jahren intensiv die Herstellung von Zusatzstoffen auf Basis von Steinkohlenflugasche mit stark erhöhter Feinheit untersucht. Das Resultat sind zwei sehr feine Zusatzstoffe, die heute unter dem Markennamen Microsit® von der BauMineral GmbH angeboten werden.

Die Herstellung erfolgt durch Sichtung einer zertifizierten Steinkohlenflugasche nach DIN EN 450. Bedingt durch das Herstellungsverfahren, das die Kugelform der Feinstpartikel nicht zerstört, und die Wahl der Ausgangsflugasche zeichnen sich die

Partikel der beiden Zusatzstoff-Typen durch nahezu vollkommene Kugelform über den gesamten Korngrößenbereich aus (Bild 1).

### 2 Chemische und physikalische Eigenschaften

Die chemischen Zusammensetzungen von Microsit®, Portlandzement und verschiedenen Zusatzstoffen sind in Tafel 1 angegeben. Ersichtlich ist, dass der neue Zusatzstoff in seiner chemischen Zusammensetzung mit einer gewöhnlichen Steinkohlenflugasche nach DIN EN 450 vergleichbar ist.

Die mittleren Partikelgrößen beider Typen unterscheiden sich und liegen in beiden Fällen zwischen denen von Mikrosilika und Ze-

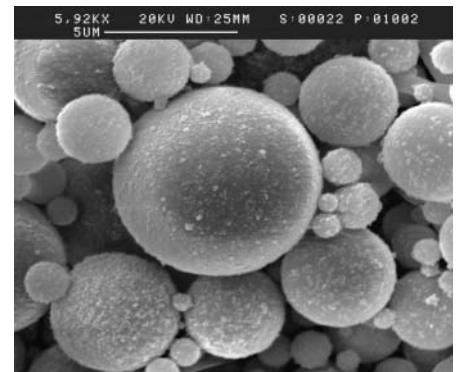


Bild 1: Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme von Microsit® M10

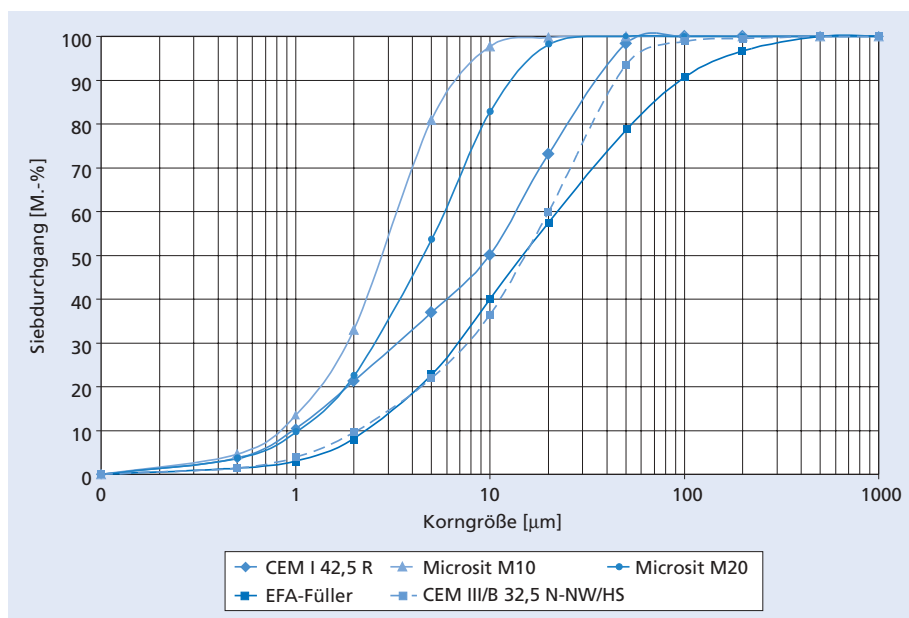


Bild 2: Korngrößenverteilung von Zementen, Microsit® und Steinkohlenflugasche (EFA-Füller)

### Die Autoren:

**Dipl.-Ing. Christoph Maibaum** studierte Bergbau an der Rheinisch-Westfälisch Technischen Hochschule Aachen. Seit 1992 arbeitet er in leitender Funktion im Bereich Technik der BauMineral GmbH und ist zuständig für die Bereiche Anlagentechnik, Baustoffproduktion und Produktneuentwicklungen. Hier beschäftigt er sich derzeit im Wesentlichen mit der praxisbezogenen Umsetzung interner Forschungs- und Entwicklungsarbeiten sowie der Markteinführung neuer Produkte.

**Dr. rer. nat. R. Hüttl** studierte Chemie an der Ruprecht Karls Universität Heidelberg sowie der TU Berlin. Im Anschluss an seine Diplomarbeit war er als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Bauingenieurwesen, Fachbereich Baustoffkunde, der TU Berlin beschäftigt, wo er sich im Jahr 2000 promovierte. Ebenfalls seit 2000 ist er als geschäftsführender Gesellschafter der Gesellschaft für Materialprüfung und Baustoffforschung mbH, Berlin, tätig. Zusätzlich ist er Geschäftsführer der Materialprüfungsanstalt Berlin-Brandenburg.

ment bzw. Steinkohlenflugasche. In Bild 2 sind die Korngrößenverteilungen, in Tafel 2 die mittleren Partikelgrößen der beiden Microsit®-Typen denen von Zementen, Steinkohlenflugasche nach DIN EN 450 und Mikrosilika gegenübergestellt.

Durch die Verwendung der jeweiligen Microsit®-Typen

- M10 mit Partikelgrößen von 95 % ≤ 10 µm und
- M20 mit Partikelgrößen von 95 % ≤ 20 µm

wird die Sieblinie im Feinstkornbereich optimiert und damit eine hohe Dichtheit der zementgebundenen Matrix erzielt. Welcher der beiden Typen für diesen Zweck geeigneter ist, hängt unter anderem von der Feinheit des eingesetzten Zements ab.

Im Vergleich zu üblichen Steinkohlenflugaschen hat Microsit® eine höhere Kornroh-dichte. Sie nimmt mit zunehmender Feinheit zu und beträgt bei Typ M20 rd. 2,45 kg/dm<sup>3</sup> und bei Typ M10 rd. 2,50 kg/dm<sup>3</sup>. Die Schüttdichten bewegen sich dagegen im Rahmen der Bandbreiten herkömmlicher Steinkohlenflugaschen. Der Wasseranspruch des Typs M10 liegt bei rd. 30 M.-%, der vom Typ M20 bei rd. 25 M.-%. Diese Werte bewegen sich in der Bandbreite des Wasseranspruchs herkömmlicher Steinkohlenflugaschen und von Zement.

### 3 Wirkung von Microsit® in Zementmörteln

Im Rahmen einer Versuchsreihe wurden verschiedene Mörtelmischungen hinsichtlich Verarbeitbarkeit und Festigkeitsentwicklung untersucht. Die Prüfungen erfolgten nach DIN 18555-2 „Prüfung von Mörteln mit mineralischen Bindemitteln – Frischmörtel mit dichten Zuschlägen; Bestimmung der Konsistenz, der Rohdichte und des Luftgehalts“ und DIN EN 196-1 „Prüfverfahren für Zement; Bestimmung der Festigkeit“.

Referenzmischung war jeweils ein reiner Zementmörtel mit CEM I 42,5 R. In weiteren Mischungen wurden jeweils 15 M.-% und 25 M.-% des Zements gegen dieselbe

Tafel 1: Chemische Zusammensetzung von Zement, Steinkohlenflugasche, Microsit® und Mikrosilika

Chemische Hauptbestandteile		Portlandzement	Steinkohlenflugasche	Microsit®	Mikrosilika
SiO <sub>2</sub>	M.-%	19 bis 23	36 bis 55	50 bis 55	80 bis 99
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	M.-%	3 bis 7	22 bis 32	25 bis 26	0,5 bis 3
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	M.-%	1 bis 4	5 bis 19	5 bis 7	0,1 bis 5
CaO	M.-%	61 bis 67	1 bis 12,5	5 bis 6	0,7 bis 2,5

Tafel 2: Mittlere Partikelgröße von Zement, Steinkohlenflugasche, Microsit® und Mikrosilika

Feinheit		Portlandzement	Steinkohlenflugasche	Microsit®		Mikrosilika
				M10	M20	
Mittlere Partikelgröße	µm	10 bis 25	10 bis 30	2 bis 5	5 bis 8	0,1 bis 0,5

Menge Microsit® bzw. einer Steinkohlenflugasche ausgetauscht. Ergänzt wurden die Untersuchungen durch eine Mischung aus 90 M.-% Zement und 10 M.-% Mikrosilika.

Bild 3 zeigt die ermittelten relativen Ausbreitmaße der verschiedenen Mischungen bei einer konstanten Wasserzugabemenge. Das Ausbreitmaß des reinen Zementmörtels ist gleich 100 % gesetzt. Bei Verwendung der neuen Zusatzstoffe sowie bei der Verwendung der Steinkohlenflugasche ist eine Verbesserung der Verarbeitbarkeit erkennbar. Die Vergrößerung des Ausbreitmaßes fällt umso deutlicher aus, je feiner der Zusatzstoff und je höher die Austauschmenge ist. Die Mischung mit Mikrosilika zeigt dagegen ein deutlich geringeres Ausbreitmaß als der reine Zementmörtel.

Die Ergebnisse der Festigkeitsprüfungen nach 28 und 56 Tagen sind in Bild 4 aufgetragen. Während die Druckfestigkeiten der Mischung mit der herkömmlichen Steinkohlenflugasche sich in der gleichen Größenordnung bewegen wie die des reinen Zementmörtels, weisen die Mischungen mit Microsit® bzw. Mikrosilika um rd. 10 % höhere Festigkeiten auf.

### 4 Zusammenfassung

Microsit® ist ein neuer, durch Sichtung von Steinkohlenflugasche hergestellter feinkörniger Zusatzstoff-Typ für Betone, Mörtel bzw. sonstige zementgebundene Baustoffe. Hinsichtlich der Feinheit werden zwei Typen mit Übereinstimmungszertifikat nach DIN EN 450 unterschieden:

- M10 mit Partikelgrößen von 95 % ≤ 10 µm und
- M20 mit Partikelgrößen von 95 % ≤ 20 µm.

Die Korngrößenverteilung beider Typen liegt direkt unterhalb der Korngrößenverteilung von Zementen. Die Partikel besitzen nahezu ideale Kugelform. Aufgrund dieser Eigenschaften können die Festbetoneigenschaften hinsichtlich Festigkeit sowie Dichtheit und damit Beständigkeit gegenüber chemischem und physikalischem Angriff gesteigert werden. Zusätzlich werden auch die Frischbetoneigenschaften hinsichtlich Rheologie bzw. Verarbeitbarkeit verbessert. Der neue Zusatzstoff eignet sich daher besonders für den Einsatz in Hochleistungsbetonen und selbstverdichtenden Betonen.

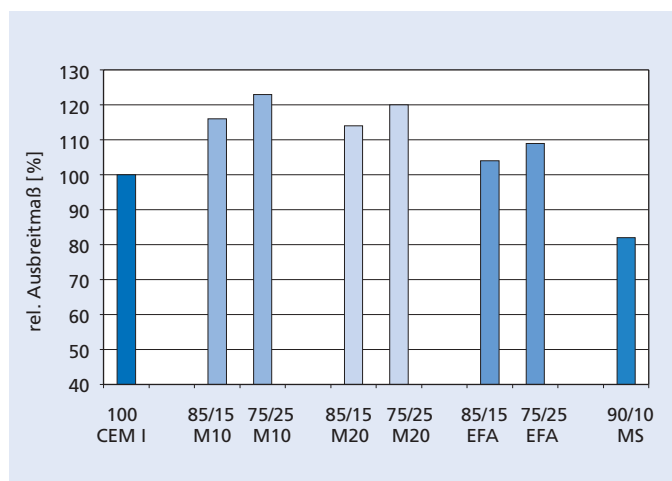


Bild 3: Relative Ausbreitmaße von Zementmörtel (= 100 %) und Mörtel aus Zement, Microsit®, Steinkohlenflugasche (EFA-Füller) und Mikrosilika bei konstanter Wasserzugabemenge

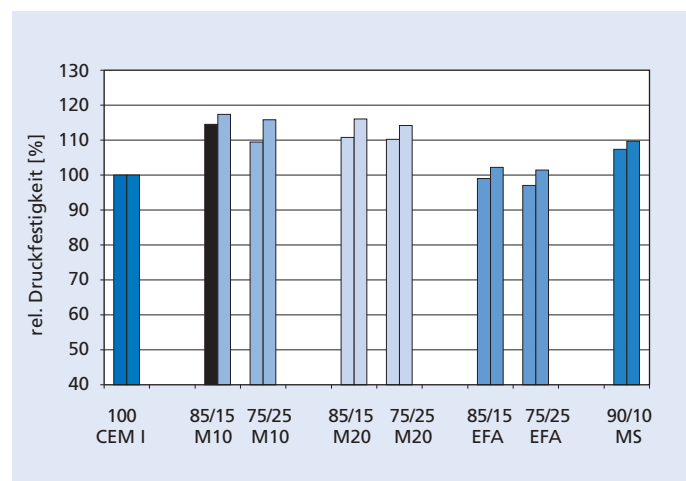


Bild 4: Relative Druckfestigkeiten von Zementmörtel (= 100 %) und Mörtel aus Zement, Microsit®, Steinkohlenflugasche (EFA-Füller) und Mikrosilika bei konstanter Wasserzugabemenge nach 28 und 56 Tagen