

## Untersuchungen zur Verwendbarkeit von Stahlwerksschlacke als Zuschlag im Beton

Förderstelle: AiF

Nr.: 12968

Laufzeit: 01.08.2001 bis 31.07.2003

Projektleiter: Dr.-Ing. E. Lang

### Kurzfassung

Ziel dieses Forschungsvorhabens war es, auf Grundlage von Laboruntersuchungen die Verwendbarkeit verschiedener Stahlwerksschlacken als Gesteinskörnung für Beton und Mörtel nachzuweisen. Die Schwerpunkte konzentrierten sich dabei auf die Bewertung der Raumbeständigkeit und der Leistungsfähigkeit der mit Schlacken hergestellten Betone. Zur Bewertung der Raumbeständigkeit, die durch das Auftreten von freiem Kalk und/oder freiem MgO in der Schlacke gefährdet sein kann, sollte ergänzend zu den bestehenden Verfahren zur Eignungsprüfung von Mineralstoffgemischen ein geeignetes Prüfverfahren für seinen Einsatz im Beton entwickelt werden.

Untersucht wurden zwei Elektroofenschlacken (EOS), zwei unbehandelte LD-Schlacken (LDS), eine behandelte LD-Schlacke (Lidonit®), eine versuchsweise luftgranulierte LD-Schlacke (Bild 1) sowie eine Hochofenstückschlacke (HOS).

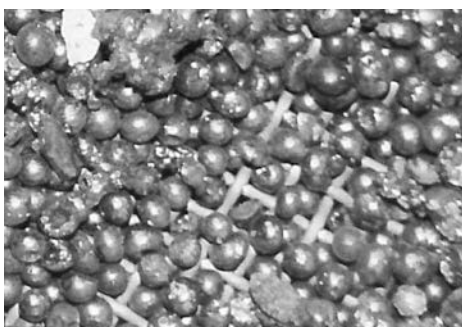


Bild 1: Luftgranulierte LDS(0,5-2,0 mm)

Für Schlackenbrechsand 0/2 mm musste entgegen der ursprünglichen Zielsetzung Natursand beibehalten werden, da die Betone andernfalls zu steif wurden. Zur Verbesserung der Verarbeitbarkeit wurde bei den Betonen mit Schlacken Steinkohlenflugasche als Zusatzstoff verwendet (40 kg/m<sup>3</sup>).

Die Rezepturen der Referenzbetone sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengestellt:

Festigkeitsklasse	-	C 20/25	C 45/55	C 70/85
Zementart	-	CEM III/A 32,5	CEM III/A 42,5	CEM III/A 42,5
Zementmenge	kg/m <sup>3</sup>	340	380	455
Gesteinskörnung	kg/m <sup>3</sup>	1843,3	1808,3	1867,0
Sieblinie	-	A/B 0/32	A/B 0/32	A/B 0/16
Fließmittel	M.-% <sub>Z</sub>	0,53	0,63	1,50
Wasser	kg/m <sup>3</sup>	170	170	132
w/z-Wert	-	0,50	0,45	0,29

Die wichtigsten Ergebnisse des Forschungsvorhabens sind nachfolgend skizziert.

Die gegenwärtig erzeugten Körnungen aus Stahlwerksschlacken, die überwiegend im Verkehrsbau verwendet werden, müssen optimiert werden, um die Anforderungen gemäß DIN 4226-1 (Gesteinskörnungen für Beton und Mörtel, Ausgabe 2001) zielsicher einhalten zu können.

Die Eluatwerte der Stahlwerksschlacken, insbesondere die der konventionell im Beet abgekühlten Schlacken, lagen, gemessen im DEV-S4-Verfahren, innerhalb der für die Schlacken bekannten Wertebereiche sowie in der Spannweite anderer Betonbestandteile, z. B. Steinkohlenflugaschen. Dies gilt insbesondere für die Spurenelementgehalte, für die überwiegend sehr niedrige Gehalte  $< 0,01$  mg/l gemessen wurden. Die Eluatkonzentrationen der Stahlwerksschlacken begründen keine Notwendigkeit, diese unter Umweltaspekten Einschränkungen bei ihrer Verwendung als Gesteinskörnung für Beton zu unterwerfen.

Aufgrund der porösen Gefügestruktur wiesen die Stahlwerksschlacken einen höheren Wasseranspruch auf im Vergleich zu konventionellen Gesteinskörnungen. Daher wird empfohlen, die Gesteinskörnungen aus Stahlwerksschlacken (mit Ausnahme des dichten LDS-Granulats) vor ihrer Verwendung mit Wasser zu sättigen, um so ihre Verarbeitbarkeit günstig zu beeinflussen. Gleichzeitig steht aus dem Porenraum Wasser für eine "innere Nachbehandlung" des Betons zur Verfügung.

Der Einsatz von Stahlwerksschlacken führte gegenüber den Gesteinskörnungen aus Rheinsand/-kies mit Ausnahme des kugeligen LDS-Granulats zu einer deutlichen Zunahme der Betondruckfestigkeiten. Die Festigkeitsentwicklung von Betonen mit LDS-Granulat war vergleichbar mit der von Referenzbetonen. Die Spaltzugfestigkeit des Betons sowie der dynamische und der statische E-Modul wurden durch den Einsatz von Stahlwerksschlacken ebenfalls erhöht.

Das Schwind- und Quellverhalten der Betone mit Stahlwerksschlacken war im Laborklima vergleichbar mit dem der Referenzbetone. Das Kriechen wurde geringfügig reduziert.

Um den Frostwiderstand entsprechend der Expositionsklasse XF3 (hohe Wassersättigung ohne Taumittel) zu überprüfen wurde der nicht genormte CIF-Test verwendet (CEN/TR 15177). Es zeigte sich, dass neben den Betonen der Festigkeitsklasse C45/55 auch fast alle Betone der Festigkeitsklasse C20/25, die mit Ausnahme des LDS-Granulats eine Druckfestigkeit nach 28 Tagen von mindestens  $42 \text{ N/mm}^2$  aufwiesen (Anforderung DIN 1045-2: C35/45 bzw. C30/37 bei langsam erhärtenden Betonen), das von der BAW definierte Abnahmekriterium der max. Abwitterung von  $1000 \text{ g/m}^2$  erfüllten. Der Abfall des dynamischen E-Moduls überstieg jedoch, unabhängig von der Gesteinskörnung und der Festigkeitsklasse, das Abnahmekriterium von max. 25 % zum Teil sehr deutlich. Welche baupraktische Bedeutung dies hätte ist jedoch unbekannt, da gemäß DIN 1045-2 hergestellte Betone in der Praxis nicht durch eine innere Schädigung versagen. Es besteht also ein Widerspruch zwischen z.T. negativem Labor- und positivem Praxisverhalten.

Bei der Prüfung der Raumbeständigkeit besteht eine bedingte Korrelation zwischen dem niederländischen, von Hoogovens entwickelten Kochtest und der Dehnungsuntersuchung nach einem modifizierten Le-Chatelier-Test. Die Trennschärfe zur Beurteilung der Raumbeständigkeit von Stahlwerksschlacken im Beton mittels modifizierter Le-Chatelier-Prüfung ist noch nicht ausreichend. Hierzu sind weitere Untersuchungen erforderlich. Nach gegenwärtigem Kenntnisstand sollte der Gehalt an freiem CaO in der Stahlwerksschlacke  $< 1,0 \text{ M.-%}$  betragen, um langfristig Schäden an Betonen (vgl. [Bild 2](#)), die ständig oder häufig wechselnder Durchfeuchtung unterliegen, sicher auszuschließen. Bis zum Projektende im Alter von 360 Tagen waren weder an den im Freien noch den im Laborklima gelagerten Betonen Abplatzungen oder andere Schäden festzustellen.

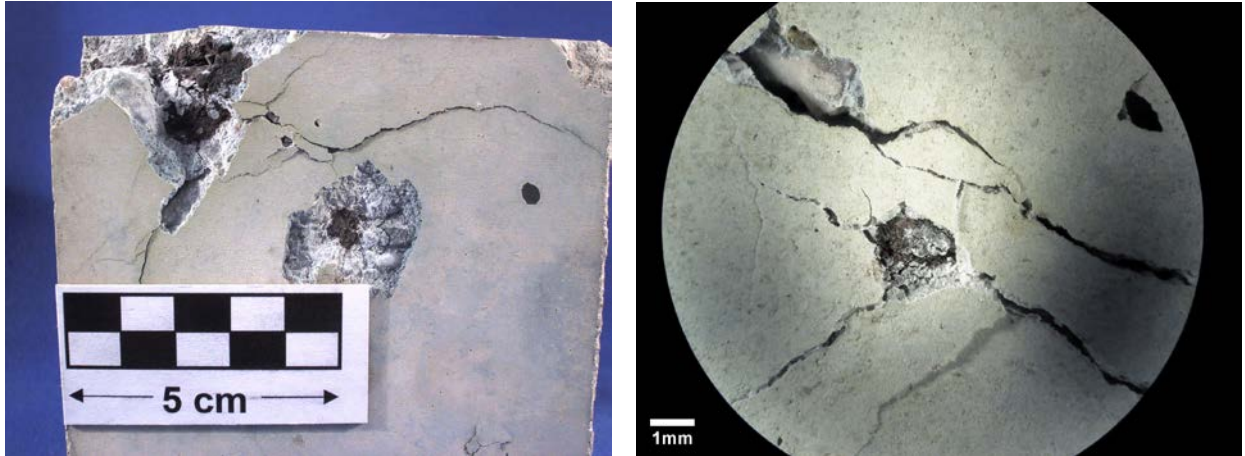


Bild 2: Schädigung des Betongefüges C 20/25 mit LDS I (6,1 M.-% Freikalk) während des Kochtests

Die umfangreichen Laboruntersuchungen lieferten den generellen Nachweis zur Verwendbarkeit der Stahlwerksschlacken als Zuschlag im Beton unter der Voraussetzung, dass die Raumbeständigkeit sachgerecht kontrolliert wird.