

Kurzbericht

Eignung metallurgischer Schlacken für die Verwendung als Gesteinskörnung in Beton

Förderkennzeichen: AiF 21567 N
 Bearbeitungszeitraum: 01.12.2020 bis 31.05.2023
 Kontaktperson: Dr.-Ing. A. Ehrenberg; a.ehrenberg@fehs.de

Hintergrund und Zielstellung

Beton besteht neben Zement, Zusatzstoff und Wasser zu etwa 70 Vol.-% aus Gesteinskörnungen, deren physikalische, mineralogischen und chemischen Eigenschaften wesentlich für Tragfähigkeit und Dauerhaftigkeit eines Betonbauwerkes verantwortlich sind. Aus Gründen der Nachhaltigkeit und der Kreislaufwirtschaft ist es sinnvoll, natürliche durch industrielle Gesteinskörnungen, z.B. durch metallurgische Schlacken, zu ersetzen. Hierfür ist zwingend erforderlich, dass die mit ihnen hergestellten Betone sowohl alle technischen als auch umweltrelevanten Anforderungen erfüllen, um dauerhafte Bauwerke ohne nachteilige Umwelteinwirkungen zu realisieren. Für das Forschungsvorhaben wurden daher folgende Ziele definiert:

- die Entwicklung eines praxisnahen Prüfverfahrens zur Bewertung der Raumbeständigkeit im Beton
- die Bewertung der betontechnischen Eignung
- die Beurteilung umweltrelevanter Eigenschaften.

Dieser Kurzbericht beschäftigt sich mit den technischen Aspekten des Projekts. In einem weiteren Beitrag wird der Aspekt Umweltverträglichkeit behandelt werden, in dem Fragen zur Relevanz von Feststoffgrenzwerten für Schwermetalle sowie zum Elutionsverhalten der Gesteinskörnungen, der damit hergestellten Betone sowie der daraus gewonnenen rezyklierten Gesteinskörnungen detailliert diskutiert werden.

Entwicklung eines Prüfverfahrens

Mit Hilfe einer statistischen Versuchsplanung wurden 63 Versuche definiert, mit denen die die Raumbeständigkeit beeinflussenden Faktoren und deren mögliche Spannweite untersucht wurden. Auf Basis der statistischen Auswertung von annähernd 1600 Datensätzen wurden die Einflussgrößen hinsichtlich Signifikanz, prüfbeschleunigende Wirkung und Neigung zur Artefaktbildung bewertet. Außerdem wurde die Aussagekraft verschiedener Prüfgrößen untersucht.

Als Ergebnis der statistischen Auswertung konnte ein Prüfverfahren definiert werden, dessen Aussagekraft in einem zweiten Schritt mit Ergebnissen aus Überprüfungs- und Auslagerungsversuchen abgeglichen wurde. Die Rahmenbedingungen des Prüfverfahrens gibt Tabelle 1 wieder. Zur Bewertung der Raumbeständigkeit wird eine Einstufung in Schädigungsklassen aufgrund visueller Begutachtung der Probekörper vorgenommen (Bild 1). Das Prüfverfahren wurde auf Basis von Untersuchungen mit 13 industriellen Gesteinskörnungen abgeleitet. Parallel wurden Betonprobekörper für Langzeituntersuchungen unter Praxisbedingungen hergestellt und ausgelagert. Bis auf 2 Gesteinskörnungen, die im Laborversuch infolge der beschleunigten Reaktion eines moderaten Freikalkgehalts als nicht raumbeständig eingestuft wurden, wurden die Prüfergebnisse bereits durch die Auslagerungsversuche bestätigt. Nach Projektende werden mit den verbliebenen Betonen Langzeituntersuchungen weitergeführt, um zu zeigen, ob und wann Gefügeschäden und Dehnungen zeitverzögert auftreten.

Betonzusammensetzung	w/z-Wert 0,60 Größtkorn 8 mm, GK ggf. brechen Zementgehalt über k-Wert der GK und w/z-Wert definiert
Probekörper	Prismen 40 mm x 40 mm x 160 mm
Vorlagerung	1 d in Form bei 20 °C und > 95 % r.F. 6 d unter Wasser bei 20 °C
Prüfbedingungen	Prüftemperatur 60 °C Aufheizen innerhalb von 6 h Max. 14 d Prüfung
Prüfgrößen	Visuelle Bewertung nach 7 und 14 d Messung des dynamischen E-Moduls

Tabelle 1: Definition des praxisnahen Raumbeständigkeitsprüfverfahrens

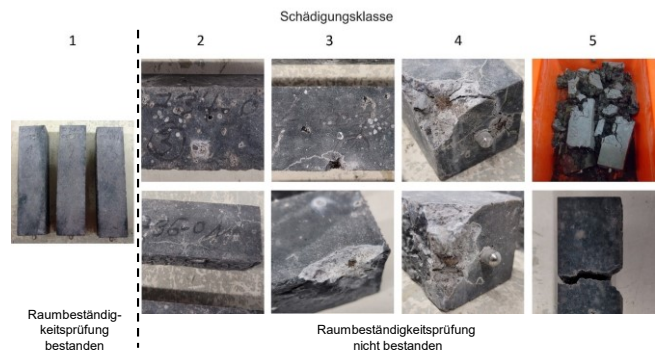


Bild 1: Schädigungsklassen und Bewertungsschema des neuen Raumbeständigkeitsprüfverfahrens

Betontechnologische Eignung der Gesteinskörnungen

Die betontechnologische Eignung der industriellen Gesteinskörnungen wurde mit umfangreichen Untersuchungen zu den Frischbetoneigenschaften, der Festigkeitsentwicklung und zur Dauerhaftigkeit überprüft. Hinsichtlich der Verarbeitbarkeit des Frischbetons sind die Probleme aufgetreten, die generell bei der Verwendung gebrochener Gesteinskörnungen und insbesondere bei einem Austausch auch der Sandfraktion 0/2 zu erwarten sind (Worst-case-Betrachtung). Diesen Problemen kann aber durch verschiedene betontechnologische Maßnahmen entgegengewirkt werden, wie Begrenzung der Natursteinsubstitution, Vornässung oder verarbeitungsfördernde Betonzusatzmittel. Es zeigte sich ferner, dass die benötigte Festigkeitsentwicklung und die erforderlichen Dauerhaftigkeitseigenschaften erreicht wurden. Die betontechnologische Eignung der industriellen Gesteinskörnungen wurde abschließend im Rahmen eines Demonstratorversuchs in einem Transportbetonwerk erfolgreich überprüft (Bild 2). Hierfür wurde das Gesteinskörnungsgemisch optimiert, d.h. die industrielle Gesteinskörnung wurde nur in der Fraktion 8/16 verwendet (60 % LDS 3, 40 % Kies). Insgesamt wurden zweimal je 5 m³ Transportbeton erzeugt für die Herstellung von Demonstratorbauteilen, wie je 1 m³ große "Legosteine" (Bild 3) oder weitere Auslagerungsprüfkörper (Bild 4).



Bild 2: Frischbetonlagerung im Fahrmischer bei üblicher Rotation der Mischtrommel



Bild 3: Herstellung der "Legosteine" im Transportbetonwerk



Bild 4: Wandelement

Dank

Das IGF-Vorhaben Nr. 21567 N der Forschungsvereinigung FEhS-Institut für Baustoff-Forschung e.V. wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert. Für diese Förderung sei an dieser Stelle gedankt.

Der Spenner Herkules GmbH danken die Autoren für die Unterstützung und die gute Kooperation insbesondere bei Planung und Durchführung der Demonstratorversuche.