

Georg Partlic und Florian Petscharnig

## Leichtgesteinskörnung für Beton

### DI Georg Partlic

Betontechnik Gesellschaft m.b.H.

### DI Florian Petscharnig

Wiietersdorfer & Peggauer Zementwerke GmbH

Ziel dieses Artikels ist die Darstellung der Herstellung eines kostengünstigen Leichtbetons aus ausreichend verfügbaren Rohstoffen.

Beton ist ein Baustoff, der viele Eigenschaften aufweist, die für die jeweilige Anwendung durch Auswahl der Ausgangsstoffe variiert werden können. Die Herstellung von Leichtbeton kann durch Einsatz von Porenbildnern im Zementstein oder aber durch Verwendung von Leichtgesteinskörnungen (früher Zuschläge) realisiert werden. Häufig wendet man auch Kombinationen der beiden Möglichkeiten an.

Zielsetzung dieses vom FFF unterstützten Projektes ist also die Produktion einer kostengünstigen Leichtgesteinskörnung aus ausreichend verfügbaren Rohstoffen. Es soll damit Leichtbeton der Festigkeitsklasse LC 16/18 bzw. LC 20/22 in den Rohdichteklassen D 1,4 bis D 2,0 nach ÖNORM B 4710-1 hergestellt werden.

Mit der neuen Leichtgesteinskörnung soll es auch möglich sein, Betone im Hinblick auf Umwelteinflüsse, also Expositions-klassen, wie Frost- und/oder Frosttausalz, chemische Beständigkeit und Wasserundurchlässigkeit zu erzeugen.

Das Forschungsprojekt gliedert sich in drei Bereiche, nämlich

- Auswahl geeigneter Ausgangsstoffe
- Herstellung der Leichtgesteinskörnung mit den entsprechenden Eigenschaften
- Beurteilung der Leichtgesteinskörnung zur Erzeugung von Leichtbeton

### 1. Auswahl der Ausgangsstoffe

Aus Patentrecherchen ist bekannt, dass Gesteinskörnungen für Beton aus Sand oder staubförmigen Stoffen mit hydraulischen Bindemitteln hergestellt werden können.

Flugaschen aus Verbrennungsanlagen sind nicht nur in großen Mengen verfügbar, sondern werden in Zukunft auch schwierig bzw. mit hohen Kosten entsorgt werden müssen. Dies betrifft vor allem Flugaschen aus Anlagen, die mit Biomasse betrieben werden, da die Verwendung dieser Produkte für Beton und Zement nicht zugelassen ist.

Flugaschen haben aber latenthyadraulische Eigenschaften, die nach Anregung mit geeigneten Stoffen gute Festigkeiten entwickeln. Als Anreger kann Kalk oder Zement verwendet werden.

Die Versuche im Rahmen des Forschungsprojektes wurden also mit Flugaschen und Zement begonnen, wobei zusätzlich Porenbildner verwendet wurden. Als Zement kam nach ersten Tests für alle weiteren Versuche die Type CEM II/A-M 42,5 N zum Einsatz, deren Festigkeitsentwicklung in Bild 1 dargestellt ist.

Die für die Versuche ausgewählte Flugasche stammt aus einer Rindenverbrennungsanlage und wurde in Anlehnung an die Anforderungen der ÖNORM B 3309 beurteilt. Auffallend waren die hohe Reaktivität und ein Aktivitätskoeffizient von 102 % nach 28 Tagen. Auch ohne Anregung waren Reaktionen feststellbar, wobei die Festigkeit an Normenprismen jedoch zeigte, dass die gemeinsame Anwendung mit Zement notwendig ist.

Zur Beurteilung des Bindemittelleimes wurden Mischungen aus Zement und Flugasche in jeweils 25 %-Schritten durchgeführt, deren Ergebnisse hinsichtlich des adiabatischen Temperaturverlaufes das Bild 2 zeigt. Mit denselben Mischungen wurden auch Festigkeiten an Normenprismen ermittelt, deren Druckfestigkeit in Bild 3 ersichtlich sind.

Als Porenbildner wurden in den Versuchen einerseits ein für Beton üblicher Luftporenbildner, andererseits ein Schaumbildner

Bild 1:

Druckfestigkeiten

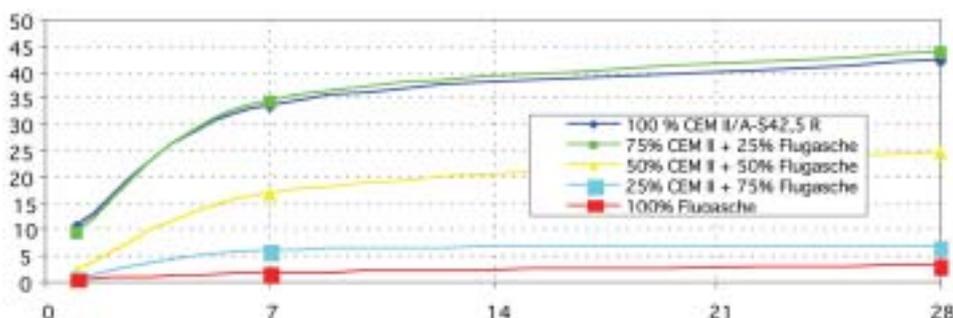


Bild 2:

Thermoanalyse

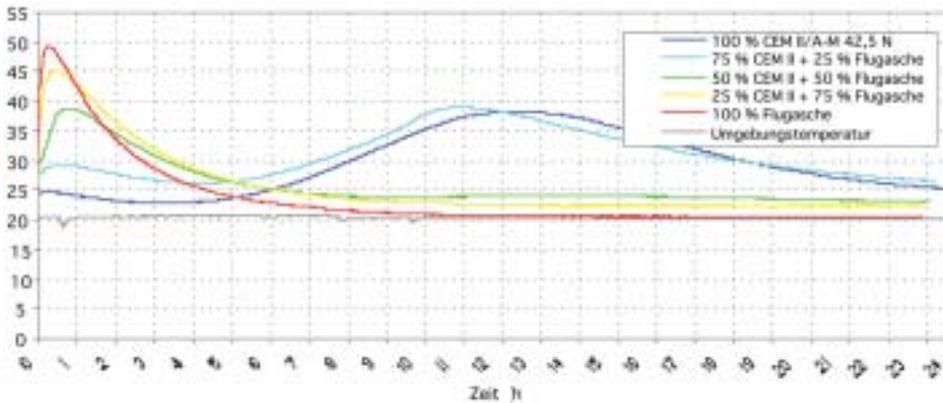


Bild 3:

Festigkeiten in Abhängigkeit des Mischungsverhältnisses

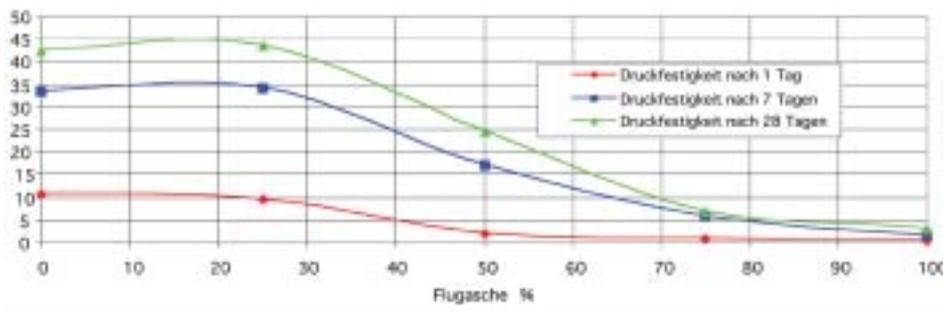


Bild 4:



aus einem Gemisch von synthetischen und natürlichen Tensiden verwendet. Versuche wurden auch mit pulverförmigem Porenbildner aus Aluminiumpulver durchgeführt.

## 2. Herstellverfahren und Eigenschaften der Leichtgesteinskörnung

Die Herstellung der Leichtgesteinskörnung erfolgte mit Hilfe eines Pelletierers, wobei die Herstellverfahren hinsichtlich Drehzahl, Neigung und Umfangsgeschwindigkeit variiert wurden. Als günstig haben sich dabei für den verwendeten Pelletierer (Bild 4) ergeben:

Drehzahl: 20 – 25 U/min  
 Neigung der Trommel: ca. 30°  
 Umfangsgeschwindigkeit: ca. 0,15 m/s

Zusätzlich wurde die Reihenfolge der Zugabe der Bestandteile verändert, um optimale Korngrößen und Kornverteilungen, aber auch Festigkeiten zu erhalten. Ein Teil der Flugasche muss als Bindemittelgemisch mit dem Zement vorgemischt werden, während der zweite Teil bei der Pelletierung nachdosiert wird. Die besten Ergebnisse wurden mit Flugasche/Zementverhältnissen 1:1 bis 2,5:1 als Leimvormischung und nachfolgender Zugabe von 40 % der Flugasche erzielt.

Zur Beurteilung der Leichtgesteinskörnungen wurden folgende Eigenschaften geprüft:

- Korngrößenverteilung
- Schüttdichte
- Kornrohdichte
- Wasseraufnahme
- Kornfestigkeit
- Wärmeentwicklung während der Erhärtungsphase
- Entwicklung der Kornfestigkeit

Die **Korngrößenverteilung**, ein wichtiger Faktor für die Anwendung der Leichtgesteinskörnung im Beton, aber auch ein Parameter für den Herstellprozess wurde mittels Trockensiebung nach ÖNORM B 3304 ermittelt. In einigen Versuchsserien war es möglich, eine für die Betonherstellung ohne Fraktionierung geeignete Gesteinskörnung zu erzielen.

Die **Schüttdichte** wurde in Abhängigkeit von der Kornfraktion im 1 l-Luftgehaltsprüfer ermittelt und liegt zwischen 700 und 900 kg/m<sup>3</sup>.

Die **Kornrohddichte** wurde ebenfalls im Luftgehaltsprüfopf bestimmt und liegt bei 1600 bis 1750 kg/m<sup>3</sup>.

Die Beurteilung der **Wasseraufnahme** ist für Leichtgesteinskörnungen ein wesentlicher Bestandteil und wurde nach ÖNORM B 3233 ausgeführt, wobei man Werte kleiner 8 % erzielte.

Auch für die Ermittlung der **Kornfestigkeit** wendete man die bereits erwähnte ÖNORM an, wobei für die Fraktionen über 8 mm die Festigkeitsklasse V, für die Kornklasse 4–8 die Festigkeitsklasse IV erreicht wurde.

Die **Wärmeentwicklung** während der Erhärtungsphase ist für die Beständigkeit der Leichtgesteinskörnung beim Entleeren der Pelletiertrommel und auch für die Lagerungsfähigkeit maßgebend. Eine zu hohe Reaktionstemperatur muss jedoch unbedingt vermieden werden, damit eine vollständige Erhärtungsreaktion die Eigenschaften sicherstellt.

Die Entwicklung der **Kornfestigkeit** zeigt Bild 5.

Zur weiteren Beurteilung der Leichtgesteinskörnung wurden mikroskopische Untersuchungen, einerseits mittels Stereomikroskops und Bildanalyse, andererseits mit

einem Auflichtmikroskop durchgeführt. Wesentlich dabei waren die Untersuchungen des Porensystems, sowohl hinsichtlich Porengröße als auch Porenverteilung. Die Auswertungen des Kreis- und Sehnenmodells zeigten, dass die Porigkeit – bedingt durch den Herstellprozess – in den äußeren Schichten geringer ist als im Kern der Aggregate.

Die Beurteilung der Kornoberflächen weist zum überwiegenden Teil dichtes Gefüge auf, was sich auf Kornfestigkeit und Wasseraufnahme günstig auswirkt.

### 3. Beurteilung der Leichtgesteinskörnung im Leichtbeton

Die an Betonrezepturen durchgeführten Versuche sind nur im Vergleich zu Leichtgesteinskörnungen aus Blähton oder anderen ähnlichen Leichtgesteinskörnungen zu sehen. Beurteilt wurden als Frischbetoneigenschaften die Konsistenz, vor allem die Konsistenzbeibehaltung und als Eigenschaften am erhärteten Leichtbeton die Druckfestigkeit, Wasserundurchlässigkeit, Einflüsse auf den E-Modul und das Schwindverhalten, aber auch die Beurteilung der Frostbeständigkeit.

Durch Anwendung einer Zusatzmittelkombination aus Luftporenbildner und Langzeitfließmittel (Duriment LZF) erhielt man eine gut verarbeitbare Konsistenz und ein

ausreichendes Anhalten dieser Konsistenz. In Abhängigkeit von der Rohddichte kann ab 1550 kg/m<sup>3</sup> die Festigkeitsklasse LC 25/28 zielsicher erreicht werden.

In den punktuell durchgeführten Versuchen wurde die Wasserundurchlässigkeit des Leichtbetons bestätigt.

Der E-Modul einer Rezeptur mit Leichtgesteinskörnung lag bei 20000 N/mm<sup>2</sup>, und der Abfall nach 25 Frosttauwechselzyklen betrug 2,3 %. Leichtbeton mit dieser Leichtgesteinskörnung ist also frostbeständig.

Das in Versuchen ermittelte Schwindmaß für Leichtbeton liegt bei 1,4 mm/m nach 56 Tagen. Dieser Wert ist zwar für Leichtbetone dieser Rohdichteklasse durchaus üblich, muss aber bei baupraktischen Anwendungen unbedingt berücksichtigt werden.

### 4. Ausblick

Die Entwicklung einer Leichtgesteinskörnung auf Basis günstiger Rohstoffe mit kostengünstigen Produktionsparametern ist labortechnisch abgeschlossen. Für die Umsetzung des Projektes sind die Standortfrage und vor allem die Marktfähigkeit genau zu beurteilen. Mit gezielten Marketingmaßnahmen, vor allem unter Berücksichtigung der Umweltaspekte, kann dieses Projekt umgesetzt werden.

Bild 5:

