

## Kurzbericht

### **Alkalisch aktivierte Hüttensande für die betontechnische Anwendung unter aggressiven Bedingungen**

Förderkennzeichen: AiF 15800 BG

Bearbeitungszeitraum: 01.10.2008 - 31.03.2011

Projektpartner: FEhS - Institut für Baustoff-Forschung  
Universität Kassel  
Bauhaus-Universität Weimar

Ziel des Vorhabens war die Erarbeitung von aktuellem Grundlagenwissen zur Charakterisierung alkaliaktivierter Hüttensande und deren Anwendung für die Herstellung eines Betonrohr-Demonstrators. Es war notwendig, die vorhandene, jedoch keineswegs aufgeklärte Interdependenz zwischen der Hüttensandzusammensetzung und der Zusammensetzung des alkalischen Aktivators (hier insbesondere Wassergläser) zu untersuchen, um so eine planbare Mischungskonfektionierung für Betone mit alkalisch aktiviertem Hüttensand als Bindemittel zu ermöglichen. Es wurden umfassend sowohl industriell erzeugte Hüttensande als auch solche charakterisiert, die im Labor chemisch modifiziert, neu aufgeschmolzen und granuliert wurden. In enger Kooperation der 3 Forschungsstellen war es möglich, eine Vielzahl von Grundlageninformationen zu den unreaktierten Hüttensanden wie zu den unter Verwendung unterschiedlicher alkalischer Anreger hergestellten Bindern zu gewinnen. Neben den klassischen zementtechnischen Parametern wurden zur Charakterisierung u.a. Röntgenbeugung, Lichtmikroskopie, FT-IR- und NMR-Spektrometrie sowie dynamische Differenzkalorimetrie/Thermogravimetrie angewandt.

Das Vorhaben hat wichtige Erkenntnisse in wissenschaftlicher, aber auch in versuchspraktischer Art erbracht. Die Untersuchungen zum Phasenbestand und Umsetzungsgrad ergaben, dass als Reaktionsprodukte alkalisch aktivierter Hüttensande hauptsächlich C-S-H-Phasen gebildet werden. Bei der Auswertung der <sup>29</sup>Si-NMR-Messungen an laborgranulierten Hüttensanden konnten die größten Glasstruktur-Veränderungen bei unterschiedlichen Basizitäten CaO/SiO<sub>2</sub> nachgewiesen werden. Daraus resultiert mit steigender Basizität eine Erhöhung des Umsetzungsgrads der alkalisch aktivierten Binder. Dies bestätigt die Erfahrungen klassischer Hochofenzemente. Abgesehen davon ist die Übertragbarkeit der für die zementären Systeme gültigen Erfahrungen auf Hüttensand-Wasserglas-Systeme kaum möglich. Nur das System Hüttensand - NaOH scheint dem Hochofenzement-System vergleichsweise nahe zu kommen. Wesentliche Praxiserkenntnis des

Projektes ist, dass die gezielte Auswahl des Wasserglases die dominierende Stellgröße zur Beeinflussung der Frisch- und Festmörteleigenschaften darstellt. Mit der Entscheidung, ob ein Natrium- oder Kalium-Wasserglas mit hohem oder niedrigem Wasserglasmodul und einer bestimmten Alkali-Konzentration genutzt wird, können Verarbeitungseigenschaften, Erstarrungs- und Erhärtungszeiten sowie Gefüge- und Festigkeitsentwicklung grundsätzlich gezielt gesteuert werden. Dadurch lassen sich an die Praxisanforderungen angepasste Rezepturen entwickeln.

Der Nutzen für KMU der Betonindustrie liegt im Aufzeigen der Grundlagen für konkrete Bindemittelrezepturen. Der im Rahmen des Projektes gefertigte Rohrdemonstrator ([Bild 1](#), [Bild 2](#)) belegt prinzipiell die Umsetzbarkeit des Konzepts alternativer Bindemittel auf Hüttensandbasis.

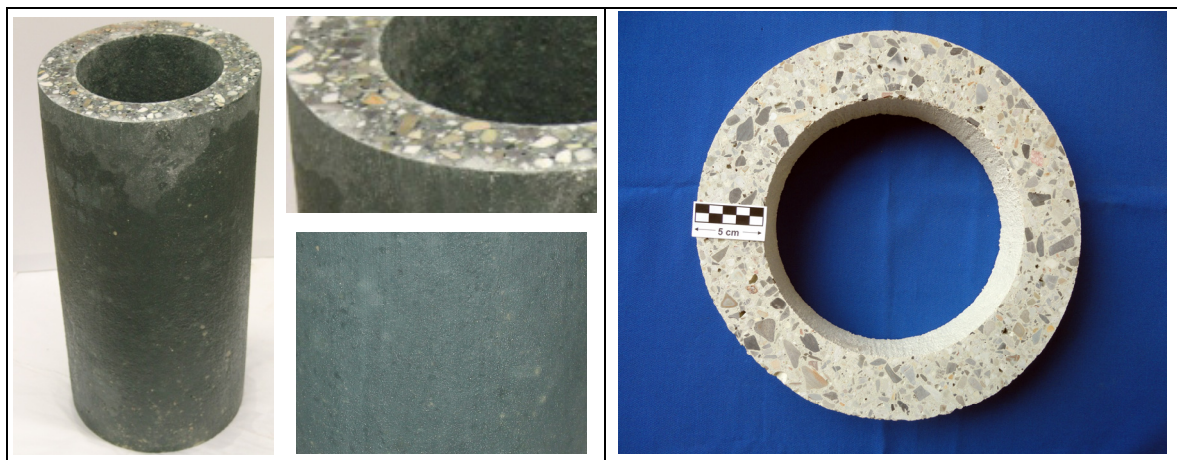


Bild 1: links: fertiger Rohrdemonstrator  
rechts: Schnitt- und Oberfläche

Bild 2: Rohrabschnitt nach Luftzutritt

Hinderlich für eine betriebliche Anwendung ist zurzeit das bisherige Fehlen geeigneter Betonzusatzmittel (insbesondere Fließmittel), die sowohl auf den Hüttensand als auch auf die sehr hohe Alkalität der Mörtel/Betone (pH 14) abgestimmt sind. Hier ist noch erheblicher Entwicklungsbedarf gegeben. Zu klären ist auch, ob nicht optimales Verhalten in Frost-Tau(salz)-Versuchen darauf beruhen, dass die Probekörper aufgrund von Verarbeitungsproblemen nicht ausreichend verdichtet wurden und daher keinen optimalen Gefügewiderstand boten, oder ob tatsächlich eine weitere Optimierung der Betonrezepturen im Hinblick auf Dauerhaftigkeitseigenschaften notwendig ist. Grundsätzlich wurde ein hoher chemischer Widerstand, insbesondere gegen Sulfat- und Säureangriff, nachgewiesen.

Das Ziel des Vorhabens wurde erreicht. Das abgeschlossene Forschungsvorhaben stellt einen Beitrag dazu dar, Binder auf Basis alkaliaktivierter Hüttensande aus dem Bereich der Forschung in den anwendungsnahen Bereich zu verlagern.

Es gibt ein wachsendes Interesse der Betonindustrie an alternativen Bindemitteln. Auch international werden alkaliaktivierte Hüttensande, wie "Geopolymere" ganz allgemein, sehr intensiv diskutiert, ohne dass aber bisher ein industrieller Durchbruch gelungen wäre. Häufig wird dabei pauschal ein signifikanter Vorteil hinsichtlich Primärenergie- und Rohstoffbedarf sowie CO<sub>2</sub>-

Emissionen unterstellt. Jedoch zeigen Erfahrungen, dass diesbezügliche Aussagen stets nur in Abhängigkeit von den konkreten Einsatzstoffen zu treffen sind.

Das IGF-Vorhaben 15800 BG der VDEh-Gesellschaft zur Förderung der Eisenforschung mbH wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung und -entwicklung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert. Dafür sei an dieser Stelle herzlich gedankt.

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Technologie

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages