

## **Kurzzusammenfassung der Vorträge beim 5.Kolloquium: Rheologische Messungen an mineralischen Baustoffmischungen am 01.Februar 1996 in Regensburg**

Bereits zum fünften mal fand am 01.Februar 1996 in Regensburg ein Kolloquium mit Workshop zum Thema: Rheologische Messungen an Baustoffmischungen statt. Sieben Referenten aus der Industrie und den Hochschulen berichteten über aktuelle Forschungsergebnisse und Praxiserfahrungen zu diesem Thema.

In einem Grundlagenvortrag zum Thema Rheologie von Suspensionen berichtete Dr.Ing.Wömpner von der Otto von Guericke Universität Magdeburg, Lehrstuhl für Strömungstechnik (Prof.Kecke), über grundlegende Effekte und Randbedingungen bei rheologischen Messungen und Betrachtungen an Suspensionen. Herr Wömpner zeigte, unter welchen Randbedingungen Suspensionen noch rheologischen Betrachtungsweisen unterzogen werden können.

Bei Suspensionen handelt es sich im allgemeinen um nicht newtonsche Flüssigkeiten. Hier treten Strukturviskose, plastische und tixotrope Effekte auf. Im weiteren zeigte Herr Wömpner, inwieweit sich Messungen an einem Rohrviskosimeter und am Viskomat PC vergleichen lassen. Beim Rohrviskosimeter werden Druckverluste bei verschiedenen Pumpgeschwindigkeiten in Rohren mit definiertem Durchmesser gemessen. Herkömmliche Viskometer kommen für Messungen an Suspensionen kaum in Betracht, da die Spaltweite bei einem üblichen Rotationsviskosimeter 5-10 mal so groß sein muß wie der größte vorkommende Partikeldurchmesser.

Es konnte gezeigt werden, daß sich die rheologischen Effekte bei der hydraulischen Förderung von Aschen mit dem Viskomat PC gut darstellen lassen. Selbst Wandgleiteneffekte, d.h. rheologische Effekte an einer Rohrwandung, können mit dem Viskomat gut reproduziert werden.

Im Vortrag von Dr.Riedhammer vom Zementwerk Rohrbachzement Dotternhausen ging es um Untersuchungen mit dem Viskomat PC über Unterschiede von traditionell gemischt-gemahlene Zementen und gemischten Zementen.

Bei der Verarbeitbarkeit von Betonen und Zementen zeigt sich ein Unterschied in Abhängigkeit davon, ob normaler Zementklinker und Ölschieferzementklinker gemeinsam gemahlen wurden, oder ob diese nachträglich zusammengemischt werden.

In einer ersten Untersuchung wurde ermittelt, ob sich die Verhältnisse von der realen Zementmühle auf eine Labormühle übertragen lassen. Beim Produktionszement konnte festgestellt werden, daß sich das Fließverhalten des Zementleimes in Abhängigkeit von der Mahl-Zeit stark ändert. Ein Optimum ergibt sich nach 2 Minuten Mischzeit. Speziell mit dem Labormischer konnte dieser Effekt ebenfalls reproduziert werden. Auch hier konnte eine optimal niedrige Fließgrenze mit 2 Minuten Mischzeit erreicht werden. Es ist so möglich, Mischzeiten und Mischverhältnisse im Labor zu optimieren, bevor diese auf die Großanlage übertragen werden.

Herr Dr.Ólafur Wallewick, vom Icelandic-Building-Research-Institute berichtete über den praktischen Einsatz von rheologischen Messungen an Baustoffen an einem konkret ausgeführten Beispiel, nämlich dem Bau einer Uferbefestigungsanlage. Hier zeigte Dr.Wallewick, wie rheologische Verfahren in der praktischen Betonoptimierung eingesetzt werden können.

Die zu bauende Uferbefestigungsanlage sollte aus hochfestem Beton erstellt werden, um eine maximale Frost-Tausalz- und mechanische Festigkeit zu erhalten. Hierfür wurde zuerst das Fließverhalten des Mörtel optimiert. Ausgehend von einer relativ schlecht fließenden

Mörtelmischung, bei feststehendem Wasserzementwert, wurde diese mit Verflüssigern optimiert. Während der Fertigung der Kaimauer wurden im Transportbetonwerk rheologische Messungen am Frischbeton vorgenommen. Per Funk wurden die entsprechenden Daten (Fließgrenzenparameter und Viskositätsparameter) an die Baustelle durchgegeben. Dort wurden dann die Parameter des Betons durch Zugabe von zwei Verflüssigern verarbeitungsgerecht eingestellt. Eine Veränderung des Wasserzementwert erfolgte nicht. In einem kurzen Videofilm wurde dies nochmals demonstriert.

Herr Dr. Wolter von der Holderbank- Management AG, erläuterte in seinem Vortrag, wie der Viskomat mit rheologischen Messungen an Zementleim und Mörtel im Holderbankkonzern eingesetzt wird.

Zuerst zeigte Herr Dr. Wolter auf, warum rheologische Messungen notwendig sind. In zunehmender Weise wird ein Teil des Zementklinkers durch Zusatzstoffe wie Flugasche, Microsilica, Hochofenschlacke etc. ersetzt. Dies führt zu einer Reduktion des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes und somit zu einer Minimierung der Umweltbelastung während der Herstellung. Gleichzeitig verändern sich aber die rheologischen Eigenschaften des Mörtels, und somit des Frischbetons. Um diese Effekte auszugleichen, werden bei Holderbank rheologische Messungen mit dem Viskomat PC durchgeführt.

Folgende Einsatzgebiete gibt es dabei:

1. Die Bestimmungen des rheologischen Verhaltens von Mischzementen
2. Die Erfassung des Einflusses von Betonzusatzmitteln
3. Der Nachweis des Falschabbindens von Zementen
4. Kontrolle des Fließverhaltens von Rohschlamm

Um einen konzerninternen Austausch der Meßdaten zu ermöglichen, wurden bei Holderbank Prüfvorschriften für den intralaboratoralen Austausch von Meßergebnissen erarbeitet. Neben der vom Viskomat erfaßten Größen wird zusätzlich ein Faktor für die Tixotropie errechnet. Weiterhin ein Faktor für das Ansteifen des Zements, d. h. es wird die relative Veränderung der Mörtelkonsistenz berechnet. Die Messungen erfolgen stets an einem sogenannten Fein- oder Feinstmörtel, d.h. Mörtel mit einem Sandanteil bis 0,5mm Korndurchmesser. An einem Übersichtsdiagramm (g/h Diagramm) wurde dargestellt, wie sich ein Referenzmörtel in seinem Fließverhalten verändert, wenn verschiedene Parameter variiert werden, zum Beispiel: Mehlkornanteil, Füllungsgrad, Verflüssigerzugabe, Veränderung des Wasser-Zement-Wertes.

Ein weiteres Anwendungsgebietes der Viskomat PC ist die dynamische Messung von Falschbindern. Hierzu wird über 60 Minuten das Drehmoment bei konstanter Drehzahl des Meßtopfes erfaßt.

Dr. Häselbarth und Dr. Jamel von der Hochschule für Architektur und Bauwesen berichteten zum Thema Verformungsverhalten von Frischmörtel und Frischbeton.

Es wurden Ergebnisse von rheologischen Untersuchungen zum Fließverhalten von Zementmörtel und -beton vorgestellt. Die Versuche wurden mit dem viskomat PC (Mörtel) und dem BML-Viskosimeter (Beton) durchgeführt, vergleichsweise erfolgten Ausbreitversuche. Als wesentliche Erkenntnisse wurde dokumentiert, daß die Fließeigenschaften weniger durch den Wassergehalt, sondern vielmehr durch das Verhältnis Leim- bzw. Feinstmörtel zu Zuschlag (auch als Füllungsgrad bezeichnet) beeinflußt werden. Das Wasser/Zement-Verhältnis ist eine zusätzliche Einflußgröße, es bestimmt wesentlich die Viskosität. Bei Zugabe verflüssigender Zusatzmittel und

Veränderungen im Feinstoffbereich zeigte es sich, daß im Vergleich zu Ausbreitversuchen mit rheologischen Verfahren detaillierte Aussagen über die Wirkung der Zusätze möglich sind. Mit dem viskomat PC und dem BML-Viskosimeter werden Kennwerte ermittelt, die für das Verformungsverhalten wichtigen Größen Fließgrenze und plastische Viskosität kennzeichnen. Der Schwerpunkt zukünftiger Arbeiten besteht darin, die Wirkung von verflüssigenden Zusätzen im Zusammenhang mit Betonzusatzstoffen wie Aschen und Gesteinsmehl zu untersuchen.

Herr Dr. Scharfe von der Firma Franken Maxit konnte von praktischen Erfahrungen in der Qualitätssicherung und in der Produktentwicklung im Trockenmörtelbereich berichten. Er zeigte, wie sich Verarbeitungsprobleme auf der Baustelle durch Messungen im Viskomat PC nachweisen lassen.

Franken Maxit hat sich durch umfangreiche Praxistests interne Normen für die Fließeigenschaften von Trockenmörteln und Putzen erarbeitet. So können bereits im Vorfeld Produktionsstreuungen erkannt werden. Reklamationen über das Fließverhalten von Putzen sind im Viskomat eindeutig reproduzierbar. Bei Neuentwicklungen kann ein Anpassen an ein rheologisches Optimum erfolgen, bevor tatsächlich im Technikum Putzversuche mit den neuen Mischungen gefahren werden. Dies gilt auch für Fremdvergleiche.

Prof. Teubert von der Fachhochschule Regensburg berichtete von Messungen an Bauklebern, im Speziellen von Fliesenklebern. In herkömmlicher Weise mit dem Viskomat PC gemessen, besteht die Gefahr, daß sich der Fliesenkleber entmischt, daß also der Rührkörper nicht mehr optimal vom Fliesenkleber umflossen wird.

An der Fachhochschule Regensburg wurde deshalb ein spezielles Meßprofil mit sehr niedrigen Fließgeschwindigkeiten entwickelt, mit dem eine Messung innerhalb einer Topfumdrehung abgeschlossen werden kann. Der Geschwindigkeitsbereich bewegt sich dabei zwischen einer und fünf Umdrehungen pro Minute.

Untersucht wurden Fliesenkleber in Abhängigkeit von der Wasserzugabe, des Alters und des Herstellers. Es konnte gezeigt werden, daß die relative Fließgrenze  $G$  und die relative Viskosität  $H$  mit abnehmendem Wassergehalt zunehmen. Dies gilt ebenfalls bei zunehmendem Alter des Fliesenklebers. Hierzu wurden die Messungen im 5 Minuten Abstand vom Anmachzeitpunkt mehrmals wiederholt. Die Messungen erfolgten stets bei abnehmender Geschwindigkeit, so daß Einflüsse der Tixotropie vermieden werden konnten.