

## **Prof. Dipl.-Geol. Jürgen Teubert**

Bautechnische Beratungen  
J.-Sellmayr-Straße 8  
93089 Aufhausen  
Telefon (0 94 54) 12 83  
Telefax (0 94 54) 13 46

### **Zur sofortigen Freigabe**

**Donnerstag, 14. August 1997**

## **Rheologie von Baustoffen**

### *Workshop und Kolloquium an der FH Regensburg*

#### **Rheologie am Bau immer wichtiger**

Vor 30 Jahren wurde begonnen, mittels rheologischer Messungen den Baustoff Beton hinsichtlich der Verarbeitungseigenschaften in den Griff zu bekommen. Dazu wurden verschiedene Verfahren entwickelt, die sich allerdings in der Praxis nur schwer durchsetzen konnten. Das lag zum einen daran, daß diese Verfahren ein neues Materialverständnis erforderten, was nicht alle Fachkräfte nachvollziehen konnten und zum anderen daran, daß sich in der Bauindustrie die Qualitätskontrolle und Forschung nur noch auf die vom Gesetzgeber geforderten Prüfungen beschränkte, so daß Innovationen hier über Jahrzehnte nicht mehr möglich waren. Nun aber scheint doch Bewegung in die Sache zu kommen, zumal der Handlungsdruck durch zunehmend aufwendigere Konstruktionen und sich häufender Bauschäden stärker wird. Auch für die Hersteller von Trockenmörtel, Fließestrich und Bauchemie werden rheologische Meßverfahren immer wichtiger.

Um dieser Entwicklung Rechnung zu tragen veranstaltete die Fachhochschule Regensburg zum sechsten Mal in Folge einen Workshop mit Kolloquium zum Thema: Rheologische Messungen an mineralischen Baustoffmischungen. In einem eintägigen Laborworkshop wurde die Anwendung verschiedener Meßgeräte im Baustofflabor durch praktische Versuche vermittelt. Die Workshopteilnehmer konnten sich dabei in die Anwendungsbereiche Grundlagen der Rheologie, Messungen an Betonmörteln, Messungen an Putzen und Messungen am Frischbeton einarbeiten.

Sechs Referenten berichteten am Kolloquium über die neuesten Erkenntnisse aus Industrie und Forschung. Wir geben hier die Kurzfassungen der Vorträge wieder:

#### **Scherbeanspruchung von Zementleim**

Herr Dipl.-Ing. H.-J. Keck von der Universität GH Essen, IBPM Institut für Bauphysik und

Materialwissenschaft, berichtete von der Modellvorstellung vom Verhalten der Zementleimstruktur unter Scherbeanspruchung. Das Verhalten des Zementleims unter Scherbeanspruchung wird durch die Wechselwirkung der folgenden drei Einflüsse bestimmt:

- das Verflochten der Einzelpartikel aufgrund elektrostatischer Anziehungskräfte
- die Zerstörung der Agglomerate durch die Belastung (Strukturbruch)
- die Zunahme der Bindungskräfte infolge Hydratation

Je nach Flockungsgrad (Mengenverhältnis von Agglomeraten zu Einzelpartikeln), Belastungshöhe und -fortschritt der Hydratation ergibt sich ein bestimmter Strukturzustand, der eine Art Gleichgewicht zwischen Bildung und Zerstörung von Agglomeraten darstellt. Dabei bestimmen Strukturzustand und Belastungshöhe den Scherwiderstand. Eine Variation der Belastung führt zwangsläufig zu einer Änderung des Strukturzustands, indem sich der Flockungsgrad der neuen Belastung anpaßt. So werden bei Belastungserhöhung Agglomerate zerstört und der Scherwiderstand fällt ab. Dagegen über wiegt bei Belastungssenkung die Agglomeratbildung und der Widerstand nimmt zu. Folglich spiegelt der Widerstandsverlauf über die Zeit unter konstanter Scherbelastung die Veränderung des Strukturzustands wieder.

#### **Dickstoffsuspensionen**

Dr.-Ing. Hans-Volker Wömpner von der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, sprach über Untersuchungen an Dickstoffsuspensionen aus Wasser, Salz, Reststoffen ( $d_{50} = 50 \mu\text{m}$ ) und Shredder ( $d_{50} = 4 \dots 6 \text{ mm}$ ). Es wurden Untersuchungen mit einem viskomat PC (Mörtelpaddel und Abstreifer) und einer Rohrförderanlage mit Rohrabschnitten unterschiedlicher Durchmesser durchgeführt. Für nicht mit Shredder beladene Dickstoffsuspensionen zeigen sich beim

Rohrtransport keine merkbar  
Wandgleiterscheinungen. Das Fließverhalten ist durch das Binghammodell mit den Parametern Fließgrenze  $\tau_0$  und Binghamviskosität  $\eta_B$  beschreibbar. Da der viskomat PC mit dem Mörtelpaddel kein definiertes Schergefälle besitzt können die Parameter scheinbare Fließgrenze  $g$  und scheinbare Viskosität  $h$  dabei nicht unmittelbar übertragen werden.

Mit Shredder beladene Dickstoffsuspensionen zeigen beim Rohrtransport Wandgleiterscheinungen. Die Vergleichsauswertung erfolgte bei unterschiedlichen Beladungsanteilen zwischen den Rohrkemlinien ( $\Delta p_v = (v)$ ) und den im viskomat PC gemessenen Drehmomentverläufen ( $M = f(N)$ ). Dabei zeigt sich eine gute Übereinstimmung zwischen beiden Verfahren. Der als Referenzgerät eingesetzte viskomat PC könnte im vorgestellten Anwendungsfall bei ähnlichen Stoffeigenschaften die Material- und zeitaufwendigen Rohrversuche drastisch reduzieren.

#### Frischbetoneigenschaften abhängig vom Zement

Frau Dr.-Ing. Monika Helm vom Technologiezentrum, Wachau, hat sich in den letzten Jahren verstärkt mit einer wichtigen Frischbetoneigenschaft, der Verarbeitbarkeit befaßt. Dabei konnte die Abhängigkeit zwischen rheologischen Mörtel­eigenschaften und Eigenschaften des Frischbetons aufgezeigt werden, die im Hinblick auf die Betonprojektierung genutzt wird.

Mit dem viskomat PC wurden Zemente verschiedener Hersteller untersucht. Verwendet wurden dabei Zementmörtel bei einem Füllungsgrad (Volumenanteil Sand im Zementleim) von  $f_v = 0,8$  und einem Wasser-Zement-Wert  $w_z = 0,45$  mit einem Normsand (nach EN 196 Gößtkorn 2 mm). Die scheinbare Fließgrenze  $g$  und die scheinbare Viskosität  $h$  wurde bei 4, 40 und 80 Minuten erfaßt. Begleitend dazu erfolgten die Bestimmung des Ausbreitmaß mit dem Haegermantisch und die Erfassung der Zementfestigkeit nach 2, 7 und 28 Tagen.

Trotz einer sehr hohen Gleichmäßigkeit der Festigkeiten nach 28 Tagen waren die Zemente in ihrem rheologischen Verhalten sehr unterschiedlich. Es konnte eine gute Korrelation zwischen der scheinbaren Fließgrenze und dem Ausbreitmaß gefunden werden. Zemente mit einer hohen Standardabweichung der relativen Fließgrenze nach 4 Minuten weisen auch einen erheblichen Zuwachs der Standardabweichung bei 80 Minuten auf. Die Streuung zeigt sich ebenso bei den Ausbreitmaßen. Aus der Kenntnis der scheinbaren Fließgrenze lassen sich Rückschlüsse auf den Wasseranspruch ableiten. Gerade diese Abhängigkeit ist, z. B. beim Austausch von

Zementen in den Betonrezepturen, für die Betonprojektierung von wesentlicher Bedeutung.

#### Wirkungsmechanismen von Betonzusatzmitteln

Dr. Spanka vom Forschungsinstitut der Zementindustrie, Düsseldorf, befaßte sich in seinem Vortrag mit den Wirkungsmechanismen verflüssigender Betonzusatzmittel. Die Verarbeitbarkeit von Frischbeton, seine Konsistenz und sein Zusammenhaltevermögen werden beeinflusst durch den Kornaufbau des Fein- und Grobzuschlags sowie durch Menge und Fließfähigkeit des Zementleims. Dabei ist besonders die Wirkung von von Betonzusatzstoffen und Betonzusatzmitteln zu berücksichtigen. Im Vordergrund der Arbeit stehen Untersuchungen über die Wirkung verflüssigender Zusatzmittel auf die Fließfähigkeit von Zementleim sowie von Leimen aus Zement-Flugaschemischungen oder aus inerten mehlfeinen Stoffen wie Quarzmehl. Anhand der Zementleimversuche sowie von Versuchen mit mit inerten Mehlkornsuspension wurde ein Modell zur Beschreibung der von verflüssigenden Betonzusatzmitteln verursachten physikalischen Wirkungen erarbeitet. Mit diesem Modell kann einerseits die verflüssigende Wirkung dieser Mittel, andererseits auch deren möglicher ungünstiger Einfluß auf Überdosierungen beschrieben werden. Auf der Grundlage des Modells lassen sich Regeln ausarbeiten, wie eine optimale Wirkung von Betonverflüssigern und -fließmitteln erzielt werden kann, um Beton mit hohem Zusammenhaltevermögen und geringer Wasserabsonderung zu erhalten.

#### Meßregime für Putze entwickelt

Frau Dipl.-Ing. Annette Untergehrer von der FH München sprach über die Entwicklung eines Meßregimes zur Beurteilung der Verarbeitungseigenschaften von Putzen. Dazu wurde ein viskomat PC, sowie ein Haegermantisch verwendet. Putze verändern ihr Fließverhalten in Abhängigkeit der Zeit und der Beanspruchung. Wenn man im Labor gemessene Werte auf die Praxis anwenden will, ist es notwendig, die Anmischprozedur möglichst gut an die in der Putzmaschine bis zum Verarbeiten an der Wand auftretende Beanspruchung anzunähern. Dazu wurde versucht, die auftretenden Beanspruchungen mittels theoretischer Berechnungen zu ermitteln, wobei allerdings zu viele Annahmen eine sichere Aussage nicht zulassen, zumal auch keine Daten vorliegen, wie die Beanspruchung des Materials im Labormischer aussieht. Deshalb blieb nur der experimentelle Weg. Es wurden verschiedene Putze auf der Baustelle vermessen und der Wassergehalt mittels vermuffeln bestimmt. Die gleichen Putze wurden nun im Labor mit dem gleichen Wassergehalt, aber mit verschiedensten Varianten und Ruhezeiten aufbereitet, bis die Ergebnisse möglichst den auf der Baustelle gemessenen Kurven entsprachen.