

Konsistenz- messung

**Aussagen zum Strukturaufbau
des Betons und zur
dynamischen Viskosität**



Nicolas Pföhler,
Maschinenfabrik
Gustav Eirich



Beim Mischen von Beton im Fertigteilwerk muss die jeweils rezepturabhängige Konsistenz über lange Zeit konstant sein. Bei der Entwicklung neuer Betone sollen auf einfache Weise relative Aussagen z.B. über die Wirkung von Zusatzstoffen und Zusatzmitteln gewonnen werden. Für beide Anwendungen hat Eirich passende Lösungen.

Insbesondere bei der Aufbereitung von Betonen für die Herstellung von Fertigteilen ist eine gleichbleibende Konsistenz von großer Bedeutung. Variierende Feuchtegehalte beeinflussen nicht nur die Verarbeitbarkeit, sondern auch die Farbintensität der Oberflächen. Zuschlagstoffe bringen oft unterschiedliche und wechselnde Mengen an Wasser mit. Durch Feuchtemessgeräte in Fördereinrichtungen und Mixern soll sichergestellt werden, dass Betone mit konstanten Wassermengen aufbereitet werden. Streuungen in den Eigenschaften der Zuschlagstoffe und Ungenauigkeiten bei der Dosierung werden dadurch jedoch nicht vollständig geheilt, der Beton kann den vermeintlich richtigen Wassergehalt haben, jedoch eine „falsche“ Konsistenz.

Wirbler erzeugt dreidimensionale Materialströmung

Viele Hersteller von Fertigteilen verwenden deshalb zusätzlich die Leistungsaufnahme des Mixers als Parameter für die Konsistenz. Dies ist bei Ringtrog-, Planeten- und Doppelwellenmischern jedoch eine sehr ungenaue Methode. Die Mischwerkzeuge laufen wand- bzw. bodennah. Einklemmtes Mischgut führt zu Reibung, ein

Teil der eingebrachten Leistung geht verloren. Im Laufe der Zeit verschleiben die Mischwerkzeuge, die Abstände zu Wand bzw. Boden nehmen zu, der Anteil der eingebrachten Leistung, die als Reibung verloren geht, ändert sich. Eine über längere Zeit gleichbleibende Konsistenz des Betons – zunehmend wichtig für Hochleistungsbetone – kann über die Leistungsaufnahme nicht erreicht werden. Deshalb werden vereinzelt in Betonmischern zusätzliche Konsistenz-Messausrüstungen eingesetzt, z.B. ein in den Mischer einzubauender Sondenarm, der für Ringtrogmischer und für Planetenmischer angeboten wird. In Doppelwellenmischern ist dieses System nicht einsetzbar.

Fertigteilhersteller, die mit Eirichmischern arbeiten, kommen bei der Konsistenzmessung ohne den Einbau von zusätzlichen Teilen im Mischbehälter aus. Das Mischsystem ist eine Weiterentwicklung des Ringtrog- und Planetenmischers. Im Gegensatz zu diesen Mixern führt hier ein drehender Behälter das zu verarbeitende Gut dem Mischwerkzeug, Wirbler genannt, zu. In Kombination mit einem ortsfesten Materialumlenker an der Behälterwandung entsteht im Mischraum eine intensive dreidimensionale Materialströmung. Der Wirbler braucht

nur zwei kleine Bodenabreinigungsmesser, um den Behälterboden ansatzfrei zu halten. Im Vergleich zu anderen Mischsystemen sind Reibung und Verschleiß minimiert. Die eingebrachte Leistung kann somit näherungsweise als geleistete Mischarbeit betrachtet werden. Totraumzonen, wie diese bei anderen Mischsystemen auftreten können, werden verhindert, weil jedes Teilvolumen des Mischgutes dem Mischwerkzeug zugeführt wird. Auch Entmischen im Mischer, wie dies für andere Mischsysteme beschrieben wird, wird damit zuverlässig ausgeschlossen. In der Regel ist deshalb bei Eirichmischern die Leistungsaufnahme ein Parameter für die Konsistenz. Eine zusätzliche Messausrüstung im Mischbehälter erübrigt sich. Nicht nur in der Betonindustrie ist dies von Bedeutung, auch in vielen weiteren Branchen werden Mischprozesse über den Leistungseintrag in den Eirichmischer gesteuert. Die charakteristische Leistungs- bzw. Drehmomentaufnahme ist auch die wesentliche Grundlage für rheologische Betrachtungen. Mit dem Eirichmischer besteht also das Potenzial, die Prozesssteuerung im Produktionsbetrieb zukünftig auf dieser Basis weiter zu verbessern.

Einsatz in Forschung und Entwicklung

Besondere Anforderungen liegen vor für Mischer, die für Forschung und Entwicklung eingesetzt werden. Hier interessiert nicht nur die Gleichmäßigkeit, sondern auch die Erfassung des Einflusses unterschiedlicher Bindemittel, Zuschlagstoffe und Mischregime auf Konsistenz und Verarbeitbarkeit. Nach dem Mischen werden deshalb Proben entnommen und rheologische Daten in Beton-Rheometern ermittelt. Oft ist es von Interesse, den zeitlichen Verlauf über längere Zeit zu erfassen. Der Beton wird dann nach der Zeit x kurz aufgemischt, und wieder wird eine Probe für das Rheometer entnommen.

Für den Einsatz in Forschung und Entwicklung hat Eirich 2005 „Mischer mit Ablaufautomatisierung und Prozessdatenverarbeitung“ entwickelt. Die Steuerung – heute als Premium Touch Control angeboten – erfasst zum einen die geleistete Mischarbeit, zum anderen kann die Mischarbeit für den Mischvorgang oder dessen Teilschritte vorgewählt werden. Die in enger Zusammenarbeit zwischen Eirich-Verfahrenstechnikern und Mitarbeitern von Hochschulen entwickelte „Hochschulsteuerung“ registriert und protokolliert zum einen alle Maschinenparameter (wie z.B. Geschwindigkeit des Mischbehälters, Geschwindigkeit des Mischwerkzeugs, Stromaufnahme des Mischbehälters und des Werkzeugs, Temperaturen der Mischung) und ermittelt zum anderen den jeweiligen Leistungseintrag in die Mischung. Der Mischablauf wird so dokumentiert und 100 % wiederholbar. Am charakteristischen Leistungsverlauf kann optisch verfolgt werden, wann der Beton „fertig“ ist.

Erfassung rheologischer Daten

Für die Premium Touch Modelle der Mischer R05 mit einem Nutzvolumen von 40 L, R08 mit 75 L und R09 mit 150 L steht nun eine Erweiterung der Steuerung zur Verfügung. Dieses



Abb. 1: Eirichmischer R05T
Die Konsistenzmessung funktioniert im Eirichmischer ohne den Einbau zusätzlicher Komponenten.

Upgrade ermöglicht die einfache Erfassung rheologischer Daten. Der Eirichmischer ähnelt vom Aufbau her Rotationsrheometern, die nach dem Searle-Prinzip arbeiten, bei denen also der Messbehälter stillsteht und das Messwerkzeug rotiert. Mit „stehender Mischbehälter, rotierendes Mischwerkzeug“ können direkt im Eirichmischer über das Antriebsdrehmoment des Wirblers die Scherspannung und über die Umfangsgeschwindigkeit des Wirblers die Scherrate ermittelt werden. Messungen erfolgen in einem Stufen- oder Rampenprofil, jeweils mit Ermittlung der Aufwärts- und Abwärtslast. Die Visualisierung zeigt die

rheologischen Stoffkennwerte der einschlägigen rheologischen Modelle nach Bingham und Herschel-Bulkley. Das Bingham-Modell liefert hierbei Kennwerte für die dynamische Fließgrenze sowie für die dynamische Viskosität aus dem Abwärtsprofil. Zusätzlich kann unter Berücksichtigung des Aufwärtsprofils mit dem Herschel-Bulkley-Modell eine Aussage zum Strukturaufbau des Betons und zur statischen Fließgrenze gemacht werden. Die kombinierte Betrachtung von Auf- und Abwärtsprofil lässt eine Bewertung der Thixotropie zu.

Alle relevanten Kennwerte werden von der Steuerung automatisch berechnet und ausgegeben, eine aufwändige manuelle Auswertung großer Datenmengen entfällt. Die rheologischen Eigenschaften werden dabei nicht als absolute Größen ermittelt; die erhaltenen relativen Werte ermöglichen jedoch Aussagen über die rheologischen Eigenschaften der Mischung.

Die Erweiterung Rheologie ist in bestehenden Steuerungen nachrüstbar. Die neue Technik wird bereits in Baustofftechnik-Entwicklungslabors genutzt. Es ist davon auszugehen, dass Konsistenzmessung im Mischer neben Beton viele weitere Branchen interessieren wird.

Der Autor

Nicolas Pfoehler, Maschinenfabrik Gustav Eirich

Bilder © Maschinenfabrik Gustav Eirich

Diesen Beitrag können Sie auch in der Wiley Online Library als pdf lesen und abspeichern:
<https://dx.doi.org/10.1002/citp.202100316>

Kontakt
Maschinenfabrik Gustav Eirich
GmbH & Co KG, Hardheim
Nicolas Pfoehler
nicolas.pfoehler@eirich.de · www.eirich.de

Abb. 2: Im Eirichmischer können über das Antriebsdrehmoment des Wirblers die Scherspannung und über die Umfangsgeschwindigkeit des Wirblers die Scherrate ermittelt werden.

