

## **Entwicklung einer robusten rheologischen Qualitätskontrolle für Extrusions-Mörtel in der Additiven Fertigung**

Betreuer: C. Maximilian Hechtl / Mareike Thiedeitz

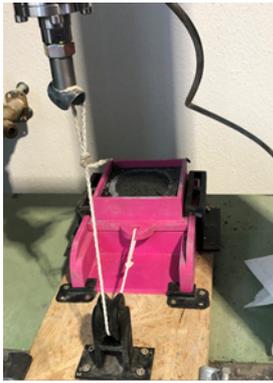
Mail: m.hechtl@tum.de / mareike.thiedeitz@tum.de

### **Hintergrund und Aufgabenstellung:**

Die Betonextrusion ist ein Fertigungsverfahren, bei dem ein Bauteil schichtweise entsteht. In der Bauindustrie gewinnt der 3D-Druck mittels Betonextrusion zunehmend an Attraktivität, da variable Gestaltungsmöglichkeiten ohne komplizierte Schalungskonzepte, Materialeinsparungen durch Konzeptionierung gradierter Bauteile und beschleunigte Bauprozesse möglich sind. Trotz vieler Vorteile des Bauverfahrens sind sowohl die Prozess- als auch die Materialoptimierung noch Gegenstand der Forschung. Die Rheologie des Frischbetons muss zielgenau eingestellt werden: Während des Pumpprozesses wird zur Einsparung von Pumpenergie und zur Verhinderung von Verstopfung in der Pumpe eine geringe Viskosität und Fließgrenze des Betons benötigt. Nach Ablage der Betonstränge benötigt das Material allerdings eine hohe Fließgrenze und eine ausreichende Steifigkeit, um Eigenlasten und die Last der nachfolgenden Schichten abtragen zu können. Diese Eigenschaft wird als Baubarkeit bezeichnet. Sie bestimmt die maximal mögliche vertikale Baugeschwindigkeit direkt.

Bei dem Near-Nozzle-Mixing wird lediglich fließfähiger Zementleim gepumpt und kurz vor der Ausbringung aus der Düse mit Gesteinskörnung homogenisiert. Statt einen Strukturaufbau über chemische Zusatzmittel einzustellen, wie es in herkömmlichen Druckprozessen der additiven Betonextrusion erforderlich ist um von der geringen Viskosität und Fließgrenze während des Pumpens möglichst schnell eine Erhöhung von beiden zur Gewinnung von Baubarkeit zu erhalten, kann nun über das Verhältnis von Leim zu Gesteinskörnung die benötigte Steifigkeit eingestellt werden; physikalischer (thixotroper) und chemisch bedingter Strukturaufbau (durch Hydratation) unterstützen die Strukturentwicklung zusätzlich.

Zur zielgenauen Quantifizierung der Baubarkeits-Entwicklung der extrudierten Stränge, müssen die Entwicklung der Fließgrenze, der Strukturaufbau und der Deformationsmodul des Materials über die Zeit ermittelt werden. Herkömmliche Messmethoden sind beispielsweise der Slug test (Kalkulation der Fließgrenze), Slow Penetration test (Entwicklung der Fließgrenze über die Zeit), der Scherkastenversuch (Fließgrenze sowie der Kohäsion des Materials) und der uniaxiale Druckversuch (Bruchkriterium und Deformationsmodul). Rheologische Messmethoden, die die Viskosität, Fließgrenze und Strukturaufbau zielgenau bestimmen, sind auf die steifen Mörtel nicht ohne Weiteres anwendbar und erlauben höchstens qualitative Einschätzungen der Materialentwicklung.



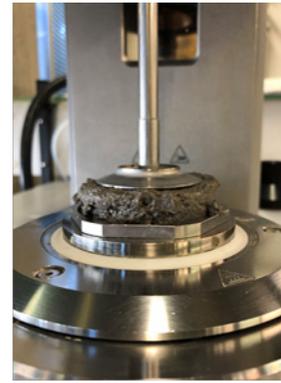
*Scherkastenversuch*



*Compression test*



*Slow penetration test*



*Rheometrie*

In der Masterarbeit soll auf Grundlage vorangegangener Untersuchungen eine rheometrische Messmethode entwickelt werden, die verlässliche rheologische Kennwerte ermöglicht. Die Ergebnisse sollen mit den bekannten Messmethoden verglichen werden und so eine wissenschaftliche Einschätzung der Materialentwicklung im Vergleich zu angewandten Messmethoden darstellen.

Messungen sollen zunächst an einem inerten, also nicht reaktiven Modellmörtel erfolgen. Besonderer Wert wird bei der Rheometrie auf eine zielgenaue Entwicklung optimaler Randbedingungen gelegt. Dies betrifft die Oberflächenhaftung, die Interaktion des Materials mit dem Rheometer, die Einstellung der erforderlichen Messparameter sowie die sinnhafte Analyse der Ergebnisse.

Ziel ist es, die rheologischen Kenngrößen die Fließgrenze, den Strukturaufbau sowie den Deformationsmodul verlässlich über die Zeit bestimmen zu können und so die erforderlichen Parameter für Simulations- oder Prognosemodelle der Baubarkeit zur Verfügung zu stellen.

Start der Arbeit: zum nächstmöglichen Zeitpunkt

Zum Start der Arbeit wird ein Exposé verlangt.

Die Masterarbeit beinhaltet Laborarbeit. Ein Großteil der Laborarbeit wird in unserem Labor in Acherding stattfinden. Ein Auto ist für den Einsatzort von Vorteil.

**Datum und Unterschrift des betreuenden Professors**