Industrielle Gemeinschaftsforschung

Schlussbericht

zu IGF-Vorhaben Nr. 19329 BR/1

Thema

Modellierung des Materialverhaltens von Suspensionen im Übergangsbereich zwischen fluidem und granularem Verhalten

Berichtszeitraum

01.02.2017 - 31.01.2019

Forschungsvereinigung

Forschungskuratorium Maschinenbau e.V. (FKM)
Lyoner Str. 18
60528 Frankfurt am Main

Forschungseinrichtung(en)

IAB - Institut für Angewandte Bauforschung Weimar gemeinnützige GmbH
Über der Nonnenwiese 1
99428 Weimar

Weimar, 24.04.2019 — Ort, Datum

Dr.-Ing. Ulrich Palzer — Name und Unterschrift aller Projektleiterinnen und Projektleiter der Forschungseinrichtung(en)

Gefördert durch:

Forschungsnetzwerk Mittelstand

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie

aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

Zusammenfassung

Ziel des Forschungsprojekts „Mischparameter“ war die Entwicklung eines neuen Simulationsverfahrens, welches das Verhalten realer Suspensionen im Bereich der betonverarbeitenden Industrie beschreibt. Insbesondere sollten Materialmodelle für Zementleim und Frischbeton zur Anwendung in der Numerischen Strömungsmechanik (CFD) erstellt und erprobt werden. Hierbei lag ein Schwerpunkt auf der Abbildung technischer Prozesse wie beispielsweise Transport- und Mischvorgänge von zementgebundenen Suspensionen. Zudem sollte die Heterogenität des Frischbetons im Simulationsmodell berücksichtigt werden, um lokale Unterschiede der Zusammensetzung des Gemenges z. B. durch Entmischung abzubilden. Dies ist unter anderem relevant in Pumpprozessen, bei denen sich im Außenbereich des Rohres eine Gleitschicht bildet, die andere Eigenschaften hat als der Beton im zentralen Bereich des Rohres. Auch bei Mischprozessen kann durch die unterschiedlichen Geschwindigkeiten der Mischwerkzeuge eine (ungewollte) Entmischung der unterschiedlichen Bestandteile erfolgen.

Ein wesentliches Augenmerk bei der Entwicklung der Materialmodelle lag darauf, den Berechnungsaufwand möglichst gering zu halten. Daher wurde ein integraler Ansatz gewählt, bei dem die Verteilung der Feststoffphasen (Zement und Gesteinskörnungen) über eine skalare Transportgleichung berechnet wird. Die lokalen rheologischen Eigenschaften (Viskosität und Fließgrenze) des Frischbetons ergeben sich aus der vorliegenden Zusammensetzung im Berechnungsgebiet. Um das komplexe Materialverhalten der Suspensionen zu erfassen, wurden Trägheitseffekte und Entmischungsvorgänge beim skalaren Transport der Feststoffanteile berücksichtigt.

Im Rahmen des Projekts wurde das Simulationsmodell erfolgreich entwickelt und dessen Leistungsfähigkeit anhand von Rohrströmungen und Mischprozessen überprüft. Dabei wurden Programmbibliotheken sowohl für die kommerzielle Anwendersoftware ANSYS Fluent als auch für die Open-Source-Software OpenFOAM erstellt. Die Ergebnisse des Forschungsvorhabens besitzen ein hohes Innovationspotenzial. Durch die geleisteten Arbeiten im Projekt wurde der Anwendungsbereich der CFD auf dem Gebiet der Simulation von Suspensionen entscheidend erweitert. Die Kopplung von skalarem Feststofftransport mit einem rheologischen Modell ermöglicht es, Verarbeitungs- und Transportprozesse von Frischbeton realitätsnäher zu simulieren. Zudem können Transportphänomene wie die Sedimentation von Feststoff und scherbedingte Konzentrationsänderungen erfasst werden. Da es sich bei dem entwickelten Verfahren trotz der Modellierung des Feststofftransports um eine einphasige Fluidsimulation handelt, fällt der Rechenaufwand im Vergleich zu Mehrphasen-Lösern deutlich geringer aus. Zudem können, verglichen mit klassischen CFD-Verfahren, sehr hohe Feststoffgehalte simuliert werden, wie sie in realen zementgebundenen Suspensionen vorkommen.

Die Resultate der Forschungsarbeit haben sowohl wissenschaftliche als auch wirtschaftliche Relevanz. Die Kombination von höherer Genauigkeit und Realitätsnähe der Berechnungsergebnisse sowie geringfügig erhöhtem Rechenbedarf im Vergleich zu Standard-Simulationsmodellen der CFD macht das Simulationsmodell für KMUs interessant, die suspensionsverarbeitende Maschinen entwickeln und auslegen möchten. Die Anwendung des Simulationsmodells ist nicht nur auf die betonverarbeitende Industrie beschränkt. Bedingt durch die allgemeingültige Formulierung der Modellansätze ist eine Adaptierung des Verfahrens für weitere Wirtschaftsbereiche denkbar, bei denen Suspensionen hergestellt oder transportiert werden. In diesem Zusammenhang sind der Tiefbau (Spülbohrverfahren), die Montanindustrie,

aber auch die Lebensmittel- und pharmazeutische Industrie zu nennen. Bei der Modellierung von Transportvorgängen steht die Untersuchung des Absetzverhaltens sowie die Bestimmung des Druckverlusts im Mittelpunkt, um Förderlänge und Pumpenleistung auslegen zu können. Im Fall der Mischprozesse sind die Ermittlung von Verweil- und Mischzeit sowie die Abstimmung der Prozessparameter und Maschinengeometrie auf das Mischgut von Bedeutung. Generell trägt das Simulationsverfahren zur Erhöhung des Prozessverständnisses und zur Lokalisierung von Störgrößen bei.