

Schlussbericht vom 01.07.2022

zu IGF-Vorhaben Nr. 20638 BG

Thema

Entwicklung eines validierten und effizienten Rechenverfahrens zur Erweiterung des Betriebsbereiches von Kreiselpumpen für die Förderung von gasbeladenen Flüssigkeiten

Kurztitel: Flüssig-Gasgemischförderung mit Kreiselpumpen

Berichtszeitraum

01.04.2019 - 30.06.2022

Forschungsvereinigung

Forschungskuratorium Maschinenbau e.V. - FKM

Forschungseinrichtung(en)

- 1) Ruhr-Universität Bochum, Institut für Thermo- und Fluidodynamik, Lehrstuhl für Hydraulische Strömungsmaschinen
- 2) Otto-von-Guericke Universität Magdeburg, Institut für Strömungstechnik und Thermodynamik, Lehrstuhl für Strömungsmechanik und Strömungstechnik
- 3) TU Darmstadt, Fachgebiet Simulation reaktiver Thermo-Fluid Systeme

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Zusammenfassung

Bei der Förderung von Flüssigkeits-Gas-Gemischen mit radialen Kreiselpumpen können bereits geringe Gasbeladungen der Flüssigkeit zu einem deutlichen Förderhöhenabfall führen, sodass der Betriebsbereich von Kreiselpumpen erheblich reduziert ist. Die zuverlässige Berechnung der Gemischförderung war bisher nicht möglich. Ziel des Projektes war daher die Entwicklung eines Mehrphasen-Strömungslösers, der eine simulative Berechnung des Zweiphasen-Förderverhaltens von Kreiselpumpen ermöglicht und damit die Grundlage zur Entwicklung von Hocheffizienz-Kreiselpumpen für die Gemischförderung legt. Im Projekt wurde ein kombiniert experimentell-numerischer Ansatz verfolgt. Die Forschungsstelle (FSt) Magdeburg führte optische Zweiphasen-Strömungsmessungen an verschiedenen aus transparenten Polycarbonat gefertigten, radialen Kreiselpumpen durch. Dabei wurden konstruktive (2D- und 3D-Beschaukelung, vorgeschalteter Inducer) und betriebliche (Drehzahl, Durchfluss, Luftbeladung) Parameter variiert, um deren Einfluss auf die Gemischförderung systematisch zu untersuchen. So verbesserte vor allem ein vorgeschalteter, optimierter Inducer und eine Drehzahlerhöhung die Resistenz der Kreiselpumpe gegenüber hohen Gasbeladungen. Darüber hinaus wurde eine einzigartige experimentelle Datenbasis geschaffen, die als Validierungsgrundlage des entwickelten 3D-Strömungslösers diente.

Die Entwicklung des 3D-Strömungslösers wurde von den FSten Bochum und Darmstadt durchgeführt. Zur Berechnung sowohl dispers verteilter Blasenpopulationen als auch zusammenhängender, den Förderhöhenabfall bewirkender Gasakkumulationen wurde ein hybrider Mehrphasenlöser entwickelt, der basierend auf dem Euler-Euler 2-Fluid (EE2F) Modell zur Simulation von dispersen Blasenströmungen stufenlos ein Grenzflächen-auflösendes Verfahren (Volume-of-Fluid-Verfahren, kurz: VOF) zur Simulation von scharfen Phasengrenzflächen hinzuschaltet. Der neuartige Strömungslöser wurde zunächst von der FSt Darmstadt an einer horizontalen Diffusorströmung erprobt, anschließend von der FSt Bochum auf die Pumpenströmung übertragen und weist erstmals folgende Merkmale auf: Mittels skalenadaptiver Turbulenzmodellierung können die hohen Instationaritäten der Zweiphasenströmung realitätsnah abgebildet werden. Durch den hybriden Löseransatz wird der Morphologiewechsel von disperser Blasenströmung zu anhaftenden Gastaschen erfasst. Gleichzeitig ermöglicht eine Blasenpopulationsmodellierung (PBM) die Berücksichtigung der polydispersen Blasengrößenverteilungen. Die PBM führt zu einer Korrelation zwischen Orten starker Koaleszenz, großer Blasen und schließlich kohärenten Gasgebieten und damit zu einer physikalisch konsistenten Beschreibung lokaler Gasansammlungen. Die Umsetzung der PBM erfolgte vor dem Hintergrund eines moderaten Rechenaufwandes.

Der kombiniert experimentell-numerische Ansatz war zielführend. Unter anderem konnten zwei gemeinsame Publikationen aller drei FSten in internationalen Fachzeitschriften platziert werden. Die in dem Projekt ermittelten und in diesem Bericht ausführlich dokumentierten Wirkzusammenhänge zwischen Gasbeladung der Flüssigkeit, Strömungszustand, Form der Gasakkumulation und Mechanismen des Förderhöhenabfalls werden es den KMU ermöglichen, ein Pumpendesign zu gestalten, das die Beherrschung des Förderhöhenabfalls und die Erweiterung des Betriebsbereiches sicherstellt. Darüber hinaus steht das lizenzkostenfreie, auf der open-source Software *OpenFOAM* basierende Rechenverfahren den KMU zur Verfügung. Die nach Projektabschluss folgende Einführung des Rechenverfahrens in den Produktentstehungsprozess der KMU ist unternehmensproprietär. Die Durchdringung der KMU mit dem Rechenverfahren wird durch ein vom VDMA Pumpen&Systeme finanziertes Transferprojekt unterstützt, in dem das Rechenverfahren zusätzlich in eine kommerzielle CFD-Software übertragen werden soll. Eine Anschlussfähigkeit wird in einer Anwendung des Rechenverfahrens auf eine breite Variantenvielfalt von Maßnahmen zur Verbesserung der Gemischförderung gesehen.

Hinweis:

Weitere Informationen und der Schlussbericht zu diesem Vorhaben können bezogen werden über:

Das Forschungskuratorium
Maschinenbau e.V. (FKM)



Lyoner Str. 18
D 60528 Frankfurt am Main
www.fkm-net.de
info@fkm-net.de

Den Forschungsfond Pumpen



Lyoner Str. 18
D 60528 Frankfurt am Main
pu.vdma.org
harald.frank@vdma.org