

Schlussbericht

zu IGF-Vorhaben Nr. 18015 N/1

Thema

Entwicklung eines 3D CFD-Codes zur Vorhersage von Kavitation und der Haltedruckhöhe (NPSH) in Kreiselpumpen

Berichtszeitraum

01.01.2014 - 31.10.2016

Forschungsvereinigung

Forschungskuratorium Maschinenbau e.V. - FKM

Forschungsstelle(n)

Lehrstuhl für Hydraulische Strömungsmaschinen, Ruhr-Universität Bochum

09.01.2017

Prof. Dr.-Ing. Romuald Skoda

Ort, Datum

Name und Unterschrift aller Projektleiter der Forschungsstelle(n)

Gefördert durch:

Kurzfassung:

Der zuverlässige Einsatz von Pumpen in einem großen Bereich von Betriebspunkten erfordert eine genaue Kenntnis des Kavitationsverhaltens. Die Bestimmung der Förder- und Saughöhe bei kavitierendem Betrieb und Visualisierungen durch Experimente sind mit einem hohen Zeit- und Kostenaufwand verbunden, weshalb zunehmend 3D Simulationsmethoden eingesetzt werden. In dem Vorhaben soll die neuartige 3D Simulationsmethode hydrRUB, die im Gegensatz zu in kommerziellen Simulationsprogrammen implementierten Kavitationsmodellen über keinerlei empirische Modellparameter verfügt, zur genauen Vorhersage der Haltedruckhöhe (NPSH) in Kreiselpumpen untersucht werden. Die mit dieser Methode erzeugten Ergebnisse dienen als Referenzlösung für industrielle, rechenzeiteffiziente ratenbasierte Kavitationsmodelle, welche ebenfalls untersucht, optimiert und validiert werden sollen.

Im Rahmen dieses Projektes wird eine Hydrofoilumströmung, Blendenströmung sowie zwei Kreiselpumpenströmungen, RP12 ($n_q=12$ 1/min) und RP26 ($n_q=26$ 1/min), mit beiden Simulationsmethoden, Referenzverfahren (hydrRUB) und industriellem Verfahren (ANSYS CFX), untersucht. Zur Validierung der Simulationsergebnisse werden mit den am HSM errichteten Prüfständen, Kavitationsprüfstand und Kreiselpumpenprüfstand, Drosselkurven der Blendenströmung, sowie die NPSH_{3%}-Kennlinie der RP12 für verschiedene Rauheit der Bauteile gemessen. Für die Ergebnisse des Hydrofoils, das mit CLE-Profil (circular leading edge) bezeichnet wird, und der RP26 werden Messdaten der TU Darmstadt verwendet.

Die Referenzlösungen weisen auf Kosten eines sehr hohen Rechenaufwands eine genaue Vorhersage der Kavitationsdynamik und -struktur mit sehr guter Übereinstimmung zu den Messdaten auf und demonstrieren die Grenzen der industriellen Verfahren. Mit diesen wird die in den Experimenten vorliegende Wolkenkavitation erst nach einer Optimierung des Kavitationsmodells hinsichtlich der Ablösefrequenzen am CLE-Profil und Durchfluss der Blendenströmung registriert. Optimiert wurden die Vorfaktoren für Verdampfung und Kondensation zusammen mit einer Modifikation der Wirbelviskosität, es kann jedoch eine lediglich qualitative Übereinstimmung der Ablösefrequenzen erreicht werden. Der Vorteil des optimierten Kavitationsmodells auf die Querschnittsversperrungswirkung von Kavitation und die NPSH_{3%}-Kennlinien ist dagegen gering, da bereits mit der Standardausführung des ratenbasierten Kavitationsmodells eine zufriedenstellende Genauigkeit bei beiden Pumpentypen erreicht wird. Während die Referenzlösungen bei Wolkenkavitation deutlich genauere Ergebnisse als das industrielle Verfahren (ANSYS CFX) liefern, zeigen Sie aufgrund der bereits guten Vorhersage des NPSH mit ANSYS CFX keinen Vorteil.

Strömungsablösungen, und deren Auswirkung auf die Kavitationsstrukturen können bei den untersuchten Testfällen nur bei lokaler Verwendung eines low-Reynolds number Turbulenzmodells in Kombination mit einem ausreichend feinen Rechengitter ($y^+ \sim 1$) aufgelöst werden. Bei der Kreiselpumpe RP12 ($n_q=12$ 1/min) treten diese in Überlast an der Spiralgehäusezunge auf, wo auch Kavitationsgebiete registriert werden, die den Förderhöhenabfall maßgeblich beeinflussen.

Für das ratenbasierte Kavitationsmodell in ANSYS CFX steht der Industrie als Transferinhalt ein optimiertes Kavitationsmodell zur Verfügung, das neben einer genauen Berechnung der NPSH-Kurven von Kreiselpumpen verschiedener spezifischer Drehzahl eine genauere Vorhersage der Kavitationsdynamik ermöglicht. Das Ziel des Forschungsvorhabens ist vollständig erreicht worden. In einem angestrebten Folgevorhaben sollen diese Ergebnisse zusammen mit den Referenzlösungen von hydrRUB aufgegriffen werden und den Grundstein für die Entwicklung eines Verfahrens zur Vorhersage kavitationserosionssensitiver Wandzonen in Kreiselpumpen bilden.

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