

# Schlussbericht

---

zu IGF-Vorhaben Nr. 19533 N/1

## Thema

Turbulenzskalenauflösende Strömungssimulation von Kreiselpumpen

## Berichtszeitraum

01.05.2017 bis 29.02.2020

## Forschungsvereinigung

Forschungskuratorium Maschinenbau e.V. - FKM e.V.

## Forschungsstelle(n)

Lehrstuhl für Hydraulische Strömungsmaschinen (HSM)  
Ruhr-Universität Bochum

Bochum, den 13.07.2020

Prof. Dr.-Ing. Romuald Skoda

---

Ort, Datum

---

Name und Unterschrift aller Projektleiter der Forschungsstelle(n)

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Energie

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

## Zusammenfassung

Steigende Anforderungen an Kreiselpumpensysteme z. B. durch die EU-Gesetzgebung erfordern einen energieeffizienten Betrieb auch in Off-Design-Punkten (Teil- und Überlast) und die Beherrschung von turbulenten instationären Betriebszuständen, für die die Genauigkeit verfügbarer Strömungsberechnungsverfahren aufgrund der darin hinterlegten lediglich statistischen Modellierung der Turbulenz (URANS) nicht ausreicht. Da die turbulenzskalenauflösende Large-Eddy Simulation (LES) zu rechenintensiv für KMU ist, wird ein turbulenzskalenadaptives Rechenverfahren (SAS) für Kreiselpumpen entwickelt, das abhängig vom Rechengitter und den verfügbaren Rechenressourcen lediglich die größten und wichtigsten Turbulenzstrukturen auflöst und damit wirtschaftlich sinnvoll ein ausreichendes Maß an höherer Genauigkeit erzielt. Die Validierung erfolgt an bereits verfügbaren Messdaten für eine Radialpumpe mit Fokus auf dem hoch-instationären Teillastbetrieb. Die Bewertung der SAS-Ergebnisse wird neben den Messdaten auch durch LES-Referenzlösungen gestützt, die an einem akademischen Testfall, der repräsentativ für Strömungsablösungen im Teillastbetrieb von Kreiselpumpen ist, mit entsprechend hohem Rechenaufwand erzeugt wurden. Eine Validierung an einer Axialpumpe ist aufgrund der unzureichenden Messdatenlage nicht möglich. Dennoch lassen Simulationsergebnisse aus einem angrenzenden Forschungsvorhaben zu Pumpmischern, in dem das hier entwickelte SAS-Rechenverfahren bereits erprobt wurde, auf eine Übertragbarkeit der Ergebnisse auf andere Maschinentypen schließen.

Während die URANS im gesamten Betriebsbereich bezüglich stationärer Charakteristiken und sogar orts aufgelöster zeitlich gemittelter Geschwindigkeitsverteilungen zufriedenstellende Ergebnisse liefert, wird besonders in Teillast die Turbulenzintensität gänzlich falsch reproduziert. Das SAS-Verfahren hingegen liefert bereits mit moderat höherem Rechenaufwand eine deutlich genauere Prognose der Turbulenzintensität. Eine wesentliche und für die Pumpenindustrie wertvolle Erkenntnis des Vorhabens ist, dass diese Verbesserung bereits auf relativ groben, für URANS und damit den industriellen Alltag üblichen Rechengittern erzielt wird. Ein moderat erhöhter Rechenaufwand (ca. Faktor 3) ist in der kleineren zur zeitlichen Auflösung der Turbulenzstrukturen erforderlichen Zeitschrittweite begründet. Eine Verfeinerung des Rechengitters bewirkt lediglich noch eine geringfügig weiter erhöhte Genauigkeit bei unverhältnismäßig höherem Rechenaufwand, die SAS konvergiert also nicht gegen eine LES-Lösung. Die Ursache dafür konnte klar herausgearbeitet werden und ist in den für die URANS-Rückfalllösung benötigten Modellansätzen der SAS begründet. Damit kann die klare Empfehlung für den zukünftigen Einsatz der SAS in der Pumpenindustrie formuliert werden, die bisher verwendete Rechengittertopologie weiterzuverwenden und lediglich von URANS auf SAS zu wechseln.

Nach Abstimmung mit dem projektbegleitenden Ausschuss erfolgte der Transfer des Rechenverfahrens auf Basis der lizenzkostenfreien Software *Foam-extend*, die in eine durchgängige anwenderfreundliche Toolkette integriert und an der kommerziellen in der Pumpenindustrie weit verbreiteten CFD-Software *ANSYS CFX* abgeglichen wurde. Die Ergebnisse von *Foam-extend* und *ANSYS CFX* werden als nahezu gleichwertig bewertet. Alle Transfermaßnahmen inklusive Dokumentation, Best-Practice-Guide und Beta-Tests bei ausgewählten Unternehmen sind abgeschlossen. Lediglich das bereits terminierte Übergabeseminar musste aufgrund der aktuellen COVID-19-Pandemie abgesagt werden, wird aber baldmöglichst nachgeholt. Die Software steht den Unternehmen aber bereits zur Verfügung. Das neue Rechenverfahren kann somit auch in KMU zur genauen Prognose instationärer Strömungszustände, u. a. Entstehungsorte und Stärke von verlustbehafteten Wirbelstrukturen, transiente Rotorkräfte, Geräuschentwicklung und Rotor-Stator-Interaktion eingesetzt werden und stellt somit ein notwendiges Basiswissen für die Entwicklung zukünftiger Pumpensysteme und die Absicherung derer Betriebszustände bereit.

Damit sind die Projektziele vollumfänglich erreicht.

**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](http://www.fkm-net.de)  
[info@fkm-net.de](mailto:info@fkm-net.de)

Den Forschungsfond Pumpen



Lyoner Str. 18  
D 60528 Frankfurt am Main  
[pu.vdma.org](http://pu.vdma.org)  
[harald.frank@vdma.org](mailto:harald.frank@vdma.org)