

Technische Universität Berlin

Fakultät V Verkehrs- und Maschinensysteme

Institut für Strömungsmechanik

Fachgebiet für Fluidsystemdynamik

Numerische Untersuchungen  
geschlossener 2-Kanal  
Abwasserlaufräder für ein gegebenes  
Spiralgehäuse

wissenschaftliche Arbeit

zur Erlangung des akademischen Grades Bachelor of Science

eingereicht von:

**Stran Abdulkhaliq**

**Matrikelnummer: 383845**

**Studiengang: Maschinenbau**

**Datum: 09.01.2023**

# Abstract

The aim of this bachelor's thesis was to develop and examine the numerical flow simulation of different closed-two-channel sewage impellers with given volute casing. The simulation is motivated by prior work where the geometry of sewage impellers was constructed. The geometry includes two closed two-channel sewage impellers with the associated volute casing, which were created using a CAD program and was made available for meshing. To further support the design of the sewage impellers, velocity and pressure distributions were calculated and visualized. Of most importance is the pressure distribution on the blade leading edges and on the hub geometry, to ensure the slipping off textiles through pressure differences. Furthermore, a grid independence study of an impeller was conducted in order to be able to assess the quality of the flow simulation depending on the grid elements. Therefore, three grids with different degrees of fineness were created and examined for the delivery head.

To conduct the simulations, the program Ansys CFX was used. While the program Turbogrid was utilized for the meshing of the sewage impellers, the program Ansys Meshing was used for the volute.

Moreover, a best efficiency operating point was specified and the set-up for the CFD simulation was prepared. In addition, the delivery head for the sewage impellers was determined. To do so, the rotation speed and volume flow were set.

Both, stationary and transient calculations were made for the two impellers at their best efficiency point. The numerical simulation results were then evaluated and compared with existing, real measurement results. By doing so, the simulation results largely corresponded to the measurement results, especially transiently. Stationary, however, the calculations proved to be insufficient due to the transient components (e.g. interaction of rotor and stator), which cannot be neglected in pumps.

In summary, the simulation of the two impellers showed that cavitation occurs at the best efficiency point due to the flow angle and the low mass flow.

# Zusammenfassung

Im Rahmen einer Bachelorarbeit an der Technischen Universität Berlin, im Fachgebiet Fluidsystemdynamik, soll die numerische Simulation verschiedener geschlossener Zwei-Kanal Abwasserlaufräder, für ein gegebenes Spiralgehäuse, durchgeführt und verglichen werden. Die numerische Simulation soll insbesondere als Unterstützung für die Auslegung der Abwasserlaufräder dienen. Dazu wurden Geschwindigkeits- und Druckverteilungen berechnet und visualisiert. Dabei ist die Druckverteilung an den Schaufeleintrittskanten sowie an der Nabengeometrie von großer Relevanz, um so mittels Druckdifferenzen das Abrutschen von Textilien zu gewährleisten. Darüber hinaus wurde eine Netzunabhängigkeitsstudie eines Laufrades durchgeführt, um die Qualität einer Strömungssimulation, in Abhängigkeit der Netz-Elemente, beurteilen zu können. Dazu wurden drei Netze mit unterschiedlichen Feinheitsgraden erstellt und auf die Förderhöhe untersucht.

Die Simulation erfolgte über das Programm Ansys CFX, welches am Fachgebiet verwendet wird. Die Geometrie umfasst hierbei zwei geschlossene Zwei-Kanal Abwasserlaufräder, mit dem dazugehörigen Spiralgehäuse, welche bereits über ein CAD Programm erstellt und für die Vernetzung zur Verfügung gestellt wurden. Für die Vernetzung der Laufräder wurde das Programm TurboGrid verwendet, während die Spirale über Ansys Meshing vernetzt wurde.

Nach der Vernetzung der CAD-Modelle, wurde ein Betriebspunkt (Bestpunkt-Betrieb) vorgegeben und das Set-up für die CFD-Simulation vorbereitet.

Für die Abwasserlaufräder, welche in Kreiselpumpen zum Einsatz kommen, sollte die Förderhöhe bestimmt werden. Hierzu wurde eine Drehzahl und ein Volumenstrom vorgegeben.

Des Weiteren wurden für die beiden Laufräder sowohl stationäre als auch transiente Rechnungen im Bestpunkt durchgeführt.

Anschließend wurden die numerischen Simulationsergebnisse ausgewertet, gegenübergestellt und mit bestehenden, realen Messergebnissen verglichen. Dabei zeigte sich, vor allem transient, eine weitgehende Übereinstimmung der Simulationsergebnisse zu den Messergebnissen. Im stationären Fall erwiesen sich die Rechnungen jedoch, aufgrund der instationären Anteile (z.B. Wechselwirkung von Rotor und Stator), die in Pumpen nicht zu vernachlässigen sind, als unzureichend.

Alles in allem zeigte sich in der Simulation der beiden Laufräder, im Bestpunkt Betrieb, dass aufgrund der Anströmwinkel und des geringen Massenstroms, Kavitation auftritt.

# Inhaltsverzeichnis

<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>ii</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>iii</b>
<b>1 Literaturrecherche zu 3D-CFD-Abwasserlaufrädern</b>	<b>1</b>
1.1 Pumpen zur Abwasserförderung . . . . .	1
1.2 Abwasserlaufräder . . . . .	2
1.2.1 Betriebsparameter und Kennwerte . . . . .	4
1.3 Numerische Strömungssimulation von Abwasserlaufrädern . . . . .	6
1.3.1 Stand der Technik zu 3D-CFD-Simulationen von Abwasserlaufrädern . . . . .	6
<b>2 Grundlagen der Strömungssimulation - CFD</b>	<b>9</b>
2.1 Erhaltungsgleichungen - Navier-Stokes-Gleichungen . . . . .	9
2.2 Turbulenzmodelle . . . . .	11
2.3 Diskretisierung . . . . .	13
2.3.1 Räumliche Diskretisierung . . . . .	14
2.3.2 Zeitliche Diskretisierung . . . . .	16
2.3.3 Konsistenz, Stabilität und Konvergenz . . . . .	18
2.4 Berechnung der Strömung in Wandnähe . . . . .	19
2.5 Netzgenerierung von Pumpenkomponenten . . . . .	20
2.6 Randbedingungen bei Pumpenkomponenten . . . . .	21
2.7 Frame Change Models - Relativbewegung von Rotor und Stator . . . . .	22
<b>3 Durchführung der Simulation</b>	<b>24</b>
3.1 Verwendete Programme . . . . .	24
3.2 Netzgenerierung . . . . .	24
3.2.1 Netzgenerierung der Laufräder . . . . .	24
3.2.2 Netzgenerierung der Spirale . . . . .	28
3.2.3 Präprozessor- und Löser-Einstellungen . . . . .	29
<b>4 Netzunabhängigkeitsanalyse</b>	<b>32</b>
<b>5 Auswertung der Ergebnisse</b>	<b>35</b>
<b>6 Ausblick</b>	<b>44</b>
<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>45</b>
<b>Anhang A: Vergleich der stationären und transienten Ablösungsgebiete</b>	<b>I</b>

*Inhaltsverzeichnis*

<b>Anhang B: Druckverteilung des 1. Laufrades über 360° in 24° Schritten</b>	<b>II</b>
<b>Anhang C: Druckverteilung des 2. Laufrades über 360° in 24° Schritten</b>	<b>III</b>

## 6 Ausblick

Die Simulation bietet einige Verbesserungsmöglichkeiten. Dazu zählt die Simulation von mehreren Betriebspunkten im transienten Fall, um Kennlinien für die Förderhöhe und den Wirkungsgrad, bei verschiedenen Volumenströmen (Teil- und Überlastbetrieb), zu ermitteln. Bei dem zweiten Laufrad wäre vor allem die Simulation von mehreren Betriebspunkten von Interesse, da der Volumenstrom bei  $500 \frac{m^3}{h}$  viel zu niedrig erscheint. Damit kann bei dem zweiten Laufrad nachgewiesen werden, ob das falsche Anströmen der Schaufeleintrittskante, tatsächlich auf den Volumenstrom zurückzuführen ist oder eher geometriebedingt ist. Die Kennlinien können ebenfalls für das erste Laufrad ermittelt werden, um Aussagen im Teil- und Überlastbetrieb für die Pumpe treffen zu können. Die verschiedenen Volumenströme können in der Ansys Workbench mit Hilfe von „Design Points“, im Bereich „Parametersatz“, eingestellt und automatisiert berechnet werden. Jedoch ist dies sehr zeitintensiv und benötigt dementsprechend viel Rechenkapazität.

In jedem Falle kommt es bei den beiden Laufrädern, am gegebenen Bestpunkt-Betrieb, zu Kavitation. Es gilt bei zunehmender Kavitation eine Abnahme der Förderhöhe, da der Druckaufbau an den kavitierenden Stellen am Laufrad verhindert wird [8, S. 53]. Aufgrund dessen sollten für beide Laufräder höhere Volumenströme ausprobiert werden, um zu prüfen, ob weiterhin Kavitation entsteht. Andernfalls müssten die Eintrittskanten besser an die Strömung angepasst werden.

Eine weitere Verbesserungsmöglichkeit der Berechnung ist die Simulation des Radseitenraums, welches sich auf die Förderhöhe und den Wirkungsgrad der Pumpe auswirkt [9]. Zudem kann mittels einer Mehrphasen-CFD-Simulation, genauere Aussagen über die Auswirkung von Kavitation auf die Förderhöhe und den Wirkungsgrad getroffen werden.

Alles in allem bietet die CFD-Simulation viele Möglichkeiten, um die Auslegung der Abwasserlaufräder zu unterstützen. Fernab der Kavitation können mit dem erstellten numerischen Setup auch weitere Analysen zur Überprüfung der Genauigkeit der Strömungssimulationen durchgeführt werden. Anhand der numerischen Ergebnisse ist eine Verbesserung der Laufradströmung, im Hinblick auf das verstopfungsfreie Fördern von Faserstoffen, möglich.