

# TECHNISCHE UNIVERSITÄT BERLIN

Institut für Strömungsmechanik und Technische Akustik (ISTA)  
Fachgebiet Numerische Fluidodynamik  
Prof. Dr. sc. techn. habil. J. Sesterhenn

---

Bachelorarbeit zum Thema

## **Modellierung und CFD Simulation einer Drehkolbenpumpe über ein Kammermodell**

vorgelegt von

**Julius Basler**  
Matrikelnr. 357719

Berlin, den 21. Juni 2018

Studiengang	Physikalische Ingenieurwissenschaft
Gutachter	Prof. Dr. rer. nat. Julius Reiß Prof. Dr. sc. techn. habil. Jörn Sesterhenn
Betreuer	Dr. rer. nat. Andreas Spille-Kohoff (CFX Berlin Software GmbH)

---

# Inhaltsverzeichnis

<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>III</b>
<b>Nomenklatur</b>	<b>V</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1 Zielsetzung der Arbeit . . . . .	1
1.2 Aufbau der Arbeit . . . . .	1
1.3 Allgemeines zu rotierenden Verdrängerpumpen . . . . .	2
1.4 Stand der Technik . . . . .	3
<b>2 Theoretische Grundlagen</b>	<b>7</b>
2.1 Grundlagen der Strömungsmechanik . . . . .	7
2.2 Grundlagen der Strömungssimulation . . . . .	9
2.2.1 1D Strömungslöser Flownex . . . . .	10
2.2.2 3D Strömungslöser ANSYS CFX . . . . .	14
<b>3 Modellierung der Drehkolbenpumpe</b>	<b>15</b>
3.1 Modellierung auf Basis funktionaler Zusammenhänge . . . . .	16
3.2 Modellierung über 3D-CFD . . . . .	17
3.2.1 Rotor- und Statorvernetzung . . . . .	17
3.2.2 Pre-Processing . . . . .	20
3.3 Modellierung über ein Kammermodell . . . . .	22
3.3.1 Grundlagen von Kammermodellen . . . . .	22
3.3.2 Identifikation der Arbeitskammern . . . . .	23
3.3.3 Identifikation der Kammerverbindungen . . . . .	25
3.3.4 Automatisierte Generierung des Kammermodells . . . . .	27
3.3.5 FLOWNEX-System der Drehkolbenpumpe . . . . .	42
<b>4 Simulation und Auswertung</b>	<b>47</b>
4.1 Simulation und Vergleich zur Referenzlösung für einen typischen Betriebspunkt . . . . .	48
4.2 Erstellung von Pumpenkennlinien für verschiedene Drehzahlen und Auslassdrücke . . . . .	50
4.2.1 Variation der Drehzahl . . . . .	50
4.2.2 Variation des Auslassdrucks . . . . .	52
4.3 Abschließende Auswertung . . . . .	54

<b>5 Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>55</b>
<b>Literatur</b>	<b>IX</b>
<b>Anhang</b>	<b>i</b>

## 5 Zusammenfassung und Ausblick

Zielsetzung der vorliegenden Arbeit war die Modellierung und Simulation einer Rotationsverdrängermaschine über ein Kammermodell am Beispiel einer Drehkolbenpumpe. Zur Modellierung wurde ein Programm zur Generierung der Eingangsdaten des Kammermodells erstellt. Die Simulation erfolgte mittels der Systemsimulationssoftware FLOWNEX, deren Ergebnisse mit einer über 3D-CFD berechneten Referenzlösung verglichen wurden.

Im ersten Kapitel wurden zunächst die Aufgabenstellung, die Funktionsweise von Drehkolbenpumpen und deren Stand der Technik vorgestellt. Darüber hinaus wurde auf den Stand der Technik in der Simulation eingegangen und ein Überblick über relevante Modellierungsformen zur Simulation gegeben.

Im Anschluss daran wurden die theoretischen Grundlagen der Strömungsmechanik und des verwendeten 1D-Strömungslösers dargelegt. Der zur Berechnung der Referenzlösung verwendete 3D-Strömungslöser wurde ebenfalls kurz vorgestellt.

Im dritten Kapitel wurden drei Formen der Modellierung der Drehkolbenpumpe erläutert und durchgeführt. Hierbei wurde zunächst die Modellierung auf Basis funktionaler Zusammenhänge zur Bestimmung der idealen Förderströme der Drehkolbenpumpe durchgeführt.

Die zur Berechnung der Referenzlösung über ANSYS CFX verwendete Modellierung über 3D-CFD wurde ebenfalls erläutert. Hierbei wurde auf die Vernetzung und das Pre-Processing eingegangen. Es wurden zwei Fälle mit unterschiedlichen Gitterauflösungen und Grenzschichtbehandlungen vorgestellt, die im Weiteren Anwendung als Referenzlösungen fanden.

Die Modellierung über ein Kammermodell wurde anschließend ausführlich beschrieben und erläutert. Dazu wurde der Arbeitsraum der Drehkolbenpumpe in Arbeitskammern und deren Verbindungen aufgeteilt, welche die Grundlage des Kammermodells bilden. Die Vorgehensweise bei der Erstellung des Programms zur automatisierten Generierung des Kammermodells wurde anschließend begründet und erläutert.

Abschließend wurde in diesem Kapitel das zur Simulation in FLOWNEX erstellte System des Kammermodells vorgestellt. Es erfolgte sowohl eine Betrachtung der Wahl der Komponenten und deren Parameter als auch der Interaktion des Systems mit den Eingangsdaten.

---

Die Simulation der Drehkolbenpumpe sowie die Auswertung der Ergebnisse bilden das vierte Kapitel. Zunächst wurden Eingangsparameter und Randbedingungen des FLOWNEX-Systems und der ANSYS CFX-Lösung vorgestellt. Zur Auswertung der Simulationsergebnisse wurde der drehwinkelabhängige Massenstrom am Auslass der Drehkolbenpumpe der FLOWNEX-Simulation mit der Referenzlösung verglichen und diskutiert. Dieses Kapitel ging zudem auf die Unterschiede zwischen den Rechenzeiten ein.

Das Kapitel zur Simulation und Auswertung wurde mit der Erstellung von Pumpenkennlinien zum Förderstrom der Drehkolbenpumpe in Abhängigkeit von Drehzahl und Auslassdruck abgeschlossen. Die Ergebnisse der Simulation über ein Kammermodell wurden hierbei mit dem idealen Förderstrom und den Referenzlösungen verglichen. Hierzu wurden die Abweichungen der FLOWNEX-Simulation von den über ANSYS CFX berechneten Ergebnisse diskutiert. Hier konnte gezeigt werden, dass die Nutzung der Modellierung und Simulation über ein Kammermodell ihren Anforderungen entsprechend nützliche Ergebnisse liefern kann.

Weitere Untersuchungen und Entwicklungen der in dieser Arbeit vorgestellten Methode zur Simulation einer Rotationsverdrängermaschine über ein Kammermodell könnten in folgenden Bereichen stattfinden:

- **Optimierung der Spaltströmungen**  
Zur besseren Abbildung der Spaltströmungen könnte deren Durchströmungsverhalten auf eine Referenzlösung angepasst und damit die Abbildungsqualität erhöht werden. Ebenfalls wäre zur Behandlung der Radial- und Kontaktspalte der Einsatz der in FLOWNEX vorhandenen ANSYS CFX-Kopplung denkbar.
- **Durchführung einer Spaltstudie**  
In dieser Arbeit wurden Pumpenkennlinien für die Variation der Drehzahl und des Auslassdrucks durchgeführt. Ähnlich dazu kann der Einfluss des Radialspalts auf den Massenförderstrom ermittelt und mit einer Referenzlösung verglichen werden. Da sich hierbei die Geometrie der Maschine ändert, wäre eine erneute Generierung der Eingangsdaten des Kammermodells notwendig.
- **Vergleich weiterer Parameter**  
Bisher können ausschließlich die Massenströme an Ein- und Auslass der Drehkolbenpumpe zum Vergleich mit einer Referenzlösung genutzt werden. Um weitere Strömungsgrößen wie beispielsweise den Druck der Kammern mit der Referenzlösung vergleichen zu können, müssten geeignete Verfahren zur Bestimmung der repräsentativen Strömungsgröße innerhalb einer Kammer (bzw. eines Zahnraums) in der 3D-CFD-Lösung gefunden werden.
- **Pumpenbauarten**  
Das im Rahmen dieser Arbeit erstellte Programm zur Generierung des Kammermodells könnte im Hinblick auf weitere Pumpenbauarten verwendet bzw. erweitert werden. Eine Anwendung für beispielsweise vierflügelige Drehkolbenpumpen wäre beispielsweise durch leichte Anpassungen denkbar.

- Medium

Die behandelte Drehkolbenpumpe kann durch Verwendung von Luft als Arbeitsmedium als Roots-Gebläse eingesetzt werden. Durch Anpassung der FLOWNEX-Parameter könnte auch ein solcher Anwendungsfall simuliert und mit einer Referenzlösung verglichen werden.

---