

# TECHNISCHE UNIVERSITÄT BERLIN

Institut für Strömungsmechanik und Technische Akustik (ISTA)  
Fachgebiet Experimentelle Strömungsmechanik  
Prof. Dr.-Ing. C. O. Paschereit

---

Bachelorarbeit zum Thema

## CFD-Simulation einer verdünnten Strömung am Beispiel einer Drehschieberpumpe

Simon Galap

Berlin, den 10. Mai 2017

Email: simongalap@gmail.com  
Matrikelnummer: 342281  
Studiengang: Physikalische Ingenieurwissenschaft  
Betreuer: Prof. Dr.-Ing. C. O. Paschereit  
Dr. rer. nat. A. Spille-Kohoff  
Dr. -Ing. O. Krüger

# Inhaltsverzeichnis

<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>III</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>V</b>
<b>Nomenklatur</b>	<b>VII</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1 Motivation . . . . .	1
1.2 Zielsetzung . . . . .	1
1.3 Gliederung der Arbeit . . . . .	2
1.4 Stand der Technik . . . . .	2
<b>2 Grundlagen</b>	<b>5</b>
2.1 Grundlagen der Numerischen Strömungssimulation . . . . .	5
2.1.1 Strömungsmechanische Grundlagen . . . . .	5
2.1.2 Numerische Grundlagen . . . . .	8
2.1.3 Grundlagen der Turbulenzmodellierung . . . . .	15
2.2 Vakuumarten, Verdünnung einer Strömung und Knudsen-Zahl . . . . .	17
2.3 Geschwindigkeitsschlupf- und Temperatursprungrandbedingung . . . . .	19
<b>3 Validierung der Geschwindigkeitsschlupfrandbedingung</b>	<b>23</b>
3.1 Kanalgeometrie und Simulationsbedingungen . . . . .	23
3.2 Vernetzung . . . . .	25
3.3 Ergebnisse mit ANSYS FLUENT . . . . .	26
3.4 Implementierung in ANSYS CFX und Ergebnisse . . . . .	28
3.5 Verifikation der Einsetzbarkeit der Schlupfrandbedingung in einem Mikrokanal mit veränderlichem Querschnitt . . . . .	29

<b>4</b>	<b>Simulation einer Drehschieberpumpe in ANSYS CFX</b>	<b>35</b>
4.1	Geometrie . . . . .	35
4.2	Vernetzung . . . . .	37
4.3	Berechnungssetups . . . . .	47
4.4	Ergebnisse und Auswertung . . . . .	56
<b>5</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>65</b>
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>67</b>

# Kapitel 5

## Zusammenfassung und Ausblick

In dieser Arbeit wurde zuerst überprüft, ob die mit der leichten Verdünnung verbundene Geschwindigkeitsschlupfrandbedingung mit der Software ANSYS FLUENT richtig abgebildet wird. Dies konnte anhand eines Vergleichs mit den Experimenten von *Arkilic et al.* in einem Mikrokanal verifiziert werden. Da diese Randbedingung in ANSYS FLUENT nur für laminare Strömung angeschaltet werden kann, wurde sie im Hinblick auf die Simulation größerer Systeme in ANSYS CFX implementiert. Diese wurde mit dem gleichen Fall wie ANSYS FLUENT validiert und es zeigte sich wenig Diskrepanz zwischen den beiden Softwares.

Danach wurde noch überprüft, ob diese Randbedingung auch in Geometrien einsetzbar ist, wo die Strömung nur auf einem Teil der Geometrie schlupft. Es konnte gezeigt werden, dass die somit berechnete Schlupfgeschwindigkeit mit fallender *Knudsen*-Zahl gegen  $0 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  tendiert. Diese Randbedingung kann also auch dort eingesetzt werden, wo die Strömung sich als Kontinuum verhält. Daraufhin wurde eine eigene Drehschieberpumpengeometrie erstellt und vernetzt. Es wurden 4 Betriebspunkte für eine gegen 1 atm verdichtende Pumpe für Einlassdrücke von 15 000 Pa, 20 000 Pa, 30 000 Pa und 40 000 Pa berechnet und ausgewertet. Unter Annahme der vollständigen Akkomodation konnten die lokalen Effekte des Geschwindigkeitsschlupfs beobachtet werden. Es zeigte sich, dass der Massenstrom im Spalt, wo das Druckverhältnis am größten ist, stets steigt, wenn die Randbedingung eingesetzt wird. Allerdings konnte wenig Wirkung auf das Gesamtverhalten der Pumpe beobachtet werden. Dies liegt an der Tatsache, dass die Bereiche höherer Verdünnung nur einen kleinen Anteil des Strömungsraums darstellen.

Im Hinblick auf eine weiterführende Arbeit wäre die Entwicklung eines Netzbewegungskonzepts, das die geometrische Auslegung weniger einschränkt, hilfreich, um Vakuumpumpen zu simulieren, die ein höheres Vakuum erzeugen. Dies könnte mit dem Einsatz eines anderen Netzbewegungskonzepts geschehen, wie zum Beispiel mit TwinMesh. Außerdem würde die Bestimmung des Impulsakkommodationskoeffizienten von großer Hilfe sein, da dieser die Ausmaße des Geschwindigkeitsschlupfs stark beeinflusst.