

# Strömungssimulation einer blasenbetriebenen Mikropumpe

Datum: 27. August 2004

Version: 1

Autor: Andreas Reinecke  
CFX Berlin Software GmbH  
Mainzer Str. 23  
D-10247 Berlin  
phone +49 30 293811-20

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Mikropumpen</b>	<b>4</b>
2.1	Einführung . . . . .	4
2.2	Mikropumpen mit mechanisch bewegten Teilen . . . . .	5
2.3	Nicht-mechanische Mikropumpen . . . . .	6
2.4	Mikropumpe der Firma MEMSflow . . . . .	7
<b>3</b>	<b>Geometrie, Vernetzung und Randbedingungen</b>	<b>10</b>
3.1	Originalgeometrie und Vereinfachung . . . . .	10
3.2	Gittergenerierung . . . . .	11
3.3	Randbedingungen . . . . .	11
<b>4</b>	<b>Simulationsmodelle</b>	<b>16</b>
4.1	Laminare Strömung . . . . .	16
4.2	Mehrphasensimulation . . . . .	16
4.3	Wärmetransport . . . . .	19
4.4	Auftrieb und Oberflächenspannung . . . . .	19
4.5	Vorhandene Phasenwechselmodelle . . . . .	19
4.6	Entwicklung eines angepassten Verdampfungsmodells . . . . .	21
4.7	Entwicklung eines angepassten Verdampfungs- und Kondensationsmodells	25
<b>5</b>	<b>Validierung</b>	<b>27</b>
5.1	Validierung des Verdampfungsmodells . . . . .	27
5.2	Validierung des Verdampfungs- und Kondensationsmodells . . . . .	36
<b>6</b>	<b>Berechnungen</b>	<b>39</b>
6.1	Berechnung zum Verdampfungsmodell . . . . .	39
6.2	Berechnung zum Verdampfungs- und Kondensationsmodell . . . . .	41
<b>7</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>44</b>
	<b>Literatur</b>	<b>45</b>
<b>A</b>	<b>Anhang</b>	<b>48</b>
A.1	ccl-Datei zum Verdampfungs- und Kondensationsmodell . . . . .	48
A.2	ccl-Datei zum Auslesen der Wärmeleistung . . . . .	57

## 7 Zusammenfassung und Ausblick

In dieser Arbeit wurde mit Hilfe der numerischen Strömungssimulation eine Mikropumpe mit Phasenwechsel untersucht. Die Geometrie sowie die nötigen technischen Parameter wurden von der in Dänemark ansässigen Firma MEMSflow zur Verfügung gestellt.

In Kapitel 2 wurden verschiedene Typen von Mikropumpen sowie deren Wirkprinzipien erläutert. Die Mikropumpe der Firma MEMSflow wurde hinsichtlich Aufbau, Funktionsweise und Verwendung näher beschrieben.

Die wesentlichen Schritte bei der Strömungssimulation sind Geometrieaufbereitung, Gittererstellung und Definition der Randbedingungen. Kapitel 5 erklärt eingehend den Begriff der kombinierten Ein-/Auslass-Randbedingung (Opening) sowie die Realisierung des zur Verdampfung nötigen Wärmeeintrages.

Die Berechnung kann nur unter Beachtung bestimmter physikalischer Modelle durchgeführt werden. Zunächst wurde gezeigt, dass im Mikrokanal von Laminarität ausgegangen werden kann. Des Weiteren ist eine Einteilung zur Simulation von gemischten Fluiden vorgenommen worden. Dabei wurde herausgestellt, dass die Berechnung der Mikropumpe mit Hilfe des homogenen *Euler-Euler*-Modells mit freier Oberfläche durchgeführt werden sollte. Zusätzlich sind einige Erläuterungen zu Wärmetransport, Auftrieb und Oberflächenspannung aufgeführt.

Das zentrale Thema der Arbeit ist die Simulation des Phasenwechsels. Zunächst wurden die in CFX implementierten Modelle untersucht, wobei sich herausgestellt hat, dass diese zur Berechnung einer einzelnen großen Gasblase in einem Mikrokanal ungeeignet sind, da sie Blasensieden beschreiben und damit auf dem dispersen Modell basieren. Aus diesem Grund wurde im Rahmen dieser Arbeit mit der Entwicklung eines speziell angepassten Verdampfungs- und Kondensationsmodells begonnen. Hierbei werden Verdampfung und Kondensation über geeignete Quellterme der Kontinuitäts- und Energiegleichung realisiert.

Es wurde gezeigt, dass das Modell die gestellten Anforderungen erfüllen kann. Durch die gezielte Beeinflussung des Parameters `rEvaporation` konnte das kontinuierliche Anwachsen einer Gasblase simuliert werden. Die Kondensation nach Abschalten der Wärmequelle wurde ebenfalls erfolgreich berechnet.

Für die Validierung wurden vorerst konstante Materialparameter angenommen. Des Weiteren wurde die Oberflächenspannung nicht mit einbezogen. Zur Komplettierung des Modells müssen temperaturabhängige Stoffgesetze sowie die Oberflächenspannung implementiert werden. Danach können die eigentlichen Berechnungsaufgaben, wie z.B. der gepulste Wärmeeintrag und das Ziehen der Gasblase, bearbeitet werden. Abschließend wäre die Erweiterung der Simulation auf drei Dimensionen möglich, um den direkten Vergleich mit dem Experiment zu ermöglichen.