

Numerische Strömungsberechnung für Verdrängermaschinen mit Hilfe bewegter Berechnungsgitter

André Ludwig

Masterthesis

Berlin, den 01.03.2007

Prüfungsausschuss:

Vorsitzender / 1. Gutachter:

2. Gutachter:

Prof. Dr.-Ing. Stefan Frank

Dr.-Ing. Alexander Steinmann

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Einführung	1
1.2	Problemstellung.....	2
1.3	Ziel der Arbeit	3
2	Stand der Technik der numerischen Strömungsberechnung von Verdrängermaschinen	4
2.1	Schraubenverdichter.....	4
2.2	Drehkolbenpumpe	5
2.3	Innenzahnradpumpe.....	6
2.4	Numerische Strömungsberechnungen	7
3	Berechnung des Fördervolumenstroms von Verdrängermaschinen	15
3.1	Schraubenverdichter.....	15
3.2	Drehkolbenpumpe	17
3.3	Innenzahnradpumpe.....	19
4	Durchführung der numerischen Strömungsberechnungen	21
4.1	Schraubenverdichter.....	21
4.1.1	Geometrie	21
4.1.2	Gittergenerierung	22
4.1.3	Berechnungsvorbereitung und Randbedingungen	23
4.2	Drehkolbenpumpe	25
4.2.1	Geometrie	25
4.2.2	Gittergenerierung	26
4.2.3	Berechnungsvorbereitung und Randbedingungen	28
4.3	Innenzahnradpumpe.....	29
4.3.1	Geometrie	29
4.3.2	Gittergenerierung	29
4.3.3	Berechnungsvorbereitung und Randbedingungen	31

5	Ergebnisse der numerischen Strömungsberechnungen	34
5.1	Schraubenverdichter.....	34
5.2	Drehkolbenpumpe	37
5.3	Innenzahnradpumpe.....	41
6	Diskussion der Ergebnisse und Schlussfolgerungen	45
7	Ausblick	47
8	Zusammenfassung	48
9	Nomenklatur	49
10	Literaturverzeichnis	51
11	Bildteil	54
12	Gittergenerierung und Gitterimport.....	132

8 Zusammenfassung

In dieser Arbeit werden die Strömungsverhältnisse in drei rotierenden Verdrängermaschinen numerisch berechnet. Bei diesen Verdrängermaschinen handelt es sich um einen Schraubenverdichter, eine Drehkolbenpumpe und eine Innenzahnradpumpe.

Schwerpunkt dabei ist die Erstellung der bewegten Berechnungsgitter. Für den Schraubenverdichter und die Drehkolbenpumpe wird der automatische Gittergenerierer SCORG verwendet. Hierfür werden die Rotorgeometrien als Koordinatenpunkte exportiert. Mit Hilfe des Programmteils SCORPATH wird aus diesen Punkten und einer zusätzlichen Datei, in der weitere geometrische Daten gespeichert sind, die Geometrie der Rotoren erstellt. Für diese Geometrie werden mit SCORG Berechnungsgitter für das Strömungsvolumen der Rotoren für jeden Zeitschritt einer Umdrehung erstellt, die nacheinander in den Solver importiert werden.

Der Schraubenverdichter wird für eine Drehzahl von 200 s^{-1} mit dem Fluid Luft und für eine Umdrehung berechnet. Am Eintritt wird ein Druck von $-0,5 \text{ bar}$ (Referenzdruck $1,0 \text{ bar}$) und am Austritt ein Druck von $0,75 \text{ bar}$ angesetzt. Die Berechnungszeit für eine Umdrehung beträgt etwa 7 Tage. In Folge der Kompressibilität der Luft und der hohen Drehzahl kommt es zum Aufschwingen des Massenstroms. Die Berechnungsdauer genügt nicht, um die Schwingungen abklingen zu lassen. Der Verlauf zeigt aber, dass sich nach weiterer Berechnungszeit, mit Abklingen der Schwingung, der richtige Massenstrom einstellen wird.

Die Berechnung der Drehkolbenpumpe wird für eine Drehzahl von $6,333 \text{ s}^{-1}$ mit dem Fluid Wasser für 4 Umdrehungen in einer Berechnungszeit von 6 Tagen durchgeführt. Am Eintritt wird ein Druck von 0 bar (Referenzdruck $1,0 \text{ bar}$) und am Austritt ein Druck von $1,5 \text{ bar}$ angesetzt. Kurz nach Berechnungsbeginn stellt sich der Betriebsmassenstrom ein.

Für die Innenzahnradpumpe werden die beweglichen Gitter manuell erzeugt. Für sie kann das Programm SCORG nicht angewendet werden, da bei ihr ein Zahnrad innerhalb eines Hohlrads angeordnet ist. Da die Zahnräder der Innenzahnradpumpe eine höhere Zähneanzahl haben, als der Schraubenverdichter und die Drehkolbenpumpe, können, bei konstanter Zeitschrittweite, weniger Berechnungsgitter pro Zahn erzeugt werden. Für die Drehung um einen Zahn werden 11 Berechnungsgitterpaare erzeugt. Die Innenzahnradpumpe wird für eine Drehzahl von $33,333 \text{ s}^{-1}$ mit Öl nach SAE 10 und für etwa 1,3 Umdrehung in 6 Tagen berechnet. Am Eintritt wird ein Druck von $-0,3 \text{ bar}$ (Referenzdruck $1,0 \text{ bar}$) und am Austritt von 19 bar angesetzt. Kurz nach Berechnungsbeginn stellt sich der Betriebsmassenstrom ein.

Für die Berechnung der drei Verdrängermaschinen wurden im Anschluss der Massenstromverlauf, die Geschwindigkeitsverteilung und die Druckverteilung ausgewertet. Die Auswertung der Ergebnisse zeigt, dass Verdrängermaschinen mit Hilfe von deformierten und rotierenden Berechnungsgittern und ANSYS CFX Software numerisch berechnet werden können.