

Inhaltsverzeichnis

Symbol- und Abkürzungsverzeichnis..... V

Spalt- und Maschinenkonvention..... XII

1 Einleitung 1

2 Stand der Technik von Schraubenkompressoren 3

 2.1 Einordnung und Historie.....3

 2.2 Aufbau, Arbeitsspiel und arbeitsraumbegrenzende Spalte4

 2.3 Volumenkurve und Ladungswechselflächen.....7

 2.4 Geometrische und thermodynamische Kenngrößen.....10

 2.5 Simulationskonzepte13

 2.6 Untersuchungen einphasiger Spaltmassenströme16

 2.7 Untersuchungen zur geometrischen Optimierung.....23

3 Ziele der Arbeit und Vorgehensweise 31

4 Grundlagen der Spaltuntersuchungen 33

 4.1 Dimensionsanalyse und Kennzahlen33

 4.2 Untersuchte Spaltgeometrien.....36

 4.2.1 Stirnspalt.....36

 4.2.2 Gehäusespalte.....37

 4.3 Numerische Simulation der Spaltströmung40

 4.3.1 Grundgleichungen40

 4.3.2 Turbulente Strömungen und Turbulenzmodelle41

 4.3.3 Grenzschichttheorie und Transitionsmodell.....45

 4.3.4 Finite-Volumen-Methode, Rechengitter und Simulationsgenauigkeit48

 4.4 Experimentelle Spaltuntersuchung50

 4.4.1 Versuchsstand und untersuchtes Spaltmodell.....50

 4.4.2 Verwendete Messtechnik und Messunsicherheiten.....54

5 Ergebnisse der Spaltuntersuchung 59

 5.1 Randbedingungen, untersuchte Fluide und Netzstudie59

 5.2 Stirnspalt62

 5.2.1 Untersuchung der Ähnlichkeitsbeziehung und der Prandtl-Zahl.....63

5.2.2	Vergleich verschiedener Turbulenzmodelle und Experiment	66
5.2.3	Analytische Bestimmung des Strömungsbeiwertes	70
5.2.4	Ergebnisse bei unbewegter Berandung	73
5.2.5	Ergebnisse bei bewegter Berandung	79
5.2.6	Zwischenfazit und Implementierung der Ergebnisse	81
5.3	Nebenrotorgehäusespalt	85
5.3.1	Vergleich verschiedener Turbulenzmodelle und Experiment	86
5.3.2	Ergebnisse bei unbewegter Berandung	88
5.3.3	Variation der Rotorsteigung und Vergleich mit dem Stirnspalt	92
5.3.4	Ergebnisse bei bewegter Berandung	94
5.3.5	Zwischenfazit und Implementierung der Ergebnisse	95
5.4	Hauptrotorgehäusespalt	98
5.4.1	Vergleich verschiedener Turbulenzmodelle und Experiment	99
5.4.2	Ergebnisse bei unbewegter Berandung	99
5.4.3	Ergebnisse bei bewegter Berandung	103
5.4.4	Zwischenfazit und Implementierung der Ergebnisse	104
6	Grundlagen der thermodynamischen Optimierung	107
6.1	Untersuchte Rotorgeometrien	107
6.2	Simulationsprogramm KaSim	108
6.3	Automatisierte Kammermodellerstellung	109
6.3.1	Vorüberlegungen und Einschränkungen der Modellsynthese	109
6.3.2	Geometrieanalyse des Rotorprofils	111
6.3.3	Kammervolumina und Kammerverbindungsfläche	113
6.3.4	Ladungswechselflächen	115
6.3.5	Spaltverbindungen	118
6.4	Optimierungsalgorithmus	124
6.4.1	Optimierung des inneren Volumenverhältnisses	126
6.4.2	Optimierung der Rotorsteigung	126
6.5	Kennzahlen trockenlaufender Schraubenkompressoren	130
7	Potenzial nicht-konstanter Rotorsteigung	133
7.1	Randbedingungen und Variationsparameter	133
7.2	Verifizierung des Optimierungsalgorithmus	135

7.3 Vergleich zwischen konstanter und nicht-konstanter Steigung	137
7.4 Ergebnisse der Optimierungen	150
7.4.1 Variation von Umfangsmachzahl und Verdichtungsverhältnis	150
7.4.2 Variation von Spalthöhe-Durchmesser-Verhältnis und Umfangsreynoldszahl	158
7.4.3 Variation des Isentropenexponenten	162
7.5 Fazit und Bewertung des Potenzials	168
8 Experimentelle Prototypuntersuchung	173
8.1 Serienmaschine und Prototyp	173
8.2 Maschinenprüfstand und Messergebnisse	178
8.3 Fazit	184
9 Zusammenfassung und Ausblick	187
Literaturverzeichnis	191
Anhang	203
A.1 Dimensionsanalyse und Kennzahlen	203
A.1.1 Maschinenspalte	203
A.1.2 Schraubenkompressor	205
A.2 Sensorpositionen im Gehäuse des Spaltmodells	207