

Dipl.-Ing. Klaus Rofall, Hagen

**Ein Beitrag zur
Verifizierung eines
Simulationssystems für
trockenlaufende
Schraubenkompressoren**

Reihe **1**: Konstruktionstechnik/
Maschinenelemente

Nr. **299**

Inhaltsverzeichnis

Verzeichnis der verwendeten Abkürzungen, Indizes und Symbole	VIII
1. Einleitung	1
1.1. Stand der Forschung	3
1.2. Ziel der Arbeit	6
1.3. Vorgehensweise und Werkzeug	7
2. Funktion eines trockenlaufenden Schraubenkompressors	8
2.1. Arbeitsweise	8
2.2. Arbeitsraumspalte	11
2.2.1. Stirnspalt	11
2.2.2. Gehäusespalt	12
2.2.3. Profileingriffsspalt	12
2.2.4. Kopfrundungsöffnung	13
3. Untersuchter Schraubenkompressor	14
4. Simulation des Betriebsverhaltens trockenlaufender Schraubenkompressoren	16
4.1. Aufbau des Simulationssystems	16
4.2. Benötigte Ausgangsdaten für eine Berechnung	19
4.3. Programmmodule der wichtigsten Berechnungsschritte	19
4.3.1. Programmmodule zur Geometrieberechnung	19
4.3.2. Programmmodule zur thermodynamischen Berechnung	19
4.3.3. Programmmodule zur Bestimmung der Wärmeübergangsrandbedingungen und der Temperaturverteilung mit der Methode der Finiten Elemente	20
4.3.3.1. Netzgenerierung	21
4.3.3.2. Bestimmen der Wärmeübergangsrandbedingungen	22
4.3.3.2.1. Wärmeübergangsrandbedingungen der Rotoren	22
4.3.3.2.2. Wärmeübergangsrandbedingungen des Gehäuses	23

4.3.4.	Programmmodule zur Bestimmung der mechanischen Randbedingungen und der Bauteilverformung mit der Methode der Finiten Elemente	26
4.3.5.	Programmmodule zur Bestimmung der Gehäuse- und Stirnspalthöhenänderung	27
5.	Sensitivitätsanalyse der Simulationsrechenergebnisse für ausgewählte Parameter	28
5.1.	Einfluß der Höhe der Wärmeübergangskoeffizienten	29
5.1.1.	Wärmeübergangskoeffizienten der Gehäuseaußenflächenelemente	30
5.1.2.	Wärmeübergangskoeffizienten der Innenflächenelemente außerhalb des Arbeitsraumes	31
5.1.3	Wärmeübergangskoeffizienten der Innenflächenelemente innerhalb des Arbeitsraumes	32
5.2.	Einfluß der Bauteilnetze	33
5.2.1.	Einfluß der Rotornetze	34
5.2.2.	Einfluß der Gehäusenetze	37
5.3.	Einfluß der Verschiebungsrandbedingungen	42
5.4.	Einfluß der Rotordrehwinkelstellung	44
6.	Versuchsanlage zur Verifizierung des Simulationssystems	45
6.1.	Gasweg	45
6.2.	Ölweg und Wasserweg	48
7.	Durchgeführte Untersuchungen	50
7.1.	Indizierung des Schraubenkompressors	50
7.1.1.	Versuchsdurchführung	52
7.1.2.	Versuchsergebnisse und Auswertung	53
7.1.2.1.	Kammerdruckverlauf	53
7.1.2.2.	Maschinenkenngrößen und Betriebsdaten	54
7.2.	Messung der Gehäuseoberflächentemperaturen	56
7.2.1.	Physikalische Grundlagen der Thermografie	57
7.2.2.	Eingesetztes Thermografiesystem	59

7.2.3.	Versuchsdurchführung	62
7.2.4.	Versuchsergebnisse und Auswertung	66
7.2.4.1.	Gesamtansicht	67
7.2.4.2.	Rotorgehäuse	71
7.2.4.3.	Ansaugkanal	76
7.2.4.4.	Druckseitiger Deckel	76
7.2.4.5.	Getriebegehäuse	77
7.2.4.6.	Antriebseitiger Deckel	78
7.3.	Messung der Spalthöhenänderung	78
7.3.1.	Eingesetztes Wegmeßsystem	79
7.3.2.	Installation der Wegmeßaufnehmer	80
7.3.3.	Versuchsdurchführung	83
7.3.4.	Versuchsergebnisse	84
7.3.5.	Auswertung der Versuchsergebnisse	87
7.3.5.1.	Hauptrotorstirnspalt	87
7.3.5.2.	Nebenrotorstirnspalt	89
7.3.5.3.	Hauptrotorgehäusespalt	92
7.3.5.4.	Nebenrotorgehäusespalt	95
8.	Vergleich von Rechnung und Messung	97
8.1.	Simulationsrechnungen	97
8.2.	Vergleich der thermodynamischen Ergebnisse	99
8.3.	Vergleich der Gehäuseoberflächentemperaturen	104
8.4.	Vergleich der Spalthöhenänderungen	111
8.4.1.	Stirnspalthöhenänderungen	111
8.4.2.	Gehäusespalthöhenänderungen	113
9.	Zusammenfassung	117
10.	Literaturverzeichnis	120