

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	I
Kurzfassung	II
Formelzeichen- und Abkürzungsverzeichnis	VI
Abbildungs- und Tabellenverzeichnis	IX
1 Einleitung	1
1.1 Motivation und Zielstellung der Arbeit	1
1.2 Abgrenzung der Wissenslücke anhand der verfügbaren Literatur	2
2 Einführung und Grundlagen	6
2.1 Ölwurf und Ölumlauflauf	6
2.2 Arbeitsfluide in Kaltdampfmaschinen	6
2.2.1 Kältemittel	6
2.2.2 Kältemaschinenöle	7
2.3 Kältemittelverdichter für Kaltdampfmaschinen	9
2.3.1 Arbeitsprinzipien und Bauarten von Kältemittelverdichtern	9
2.3.2 Halbhermetische Hubkolbenverdichter	10
2.4 Weiterführende Grundlagen zum Ölhaushalt und Ölwurf	12
2.4.1 Öldampfanteil in gasförmiger Kältemittelströmung	12
2.4.2 Ölwurf in Kälteanlagen mit und ohne Ölabscheider	13
2.4.3 Einfluss der Drehrichtung auf den Ölwurf	15
3 Einordnung und Abgrenzung der Arbeit	16
3.1 Versuchsverdichter	16
3.2 Arbeitsfluide und Betriebsbedingungen	18
4 Experimentelle Ermittlung der Ölwurfrate	20
4.1 Methoden zur experimentellen Ermittlung der Ölwurfrate	20
4.2 Prüfstands Aufbau und Bestimmung der Ölwurfrate	21
4.3 Mögliche Einflussgrößen auf den Ölwurf und gewählte Betriebspunkte	23
4.4 Basismessungen am Beispiel des Versuchsverdichters	25
5 Ermittlung der Beiträge wichtiger Subsysteme zum Ölwurf	28
5.1 Aufteilung eines halbhermetischen Hubkolbenverdichters in relevante Subsysteme	28
5.2 Subsystem Zylinder/Kolben	29
5.2.1 Beschreibung der Öltransport-Mechanismen am Subsystem Zylinder/Kolben	29
5.2.2 Integrale Messung der Ölwurfrate zum Subsystem Zylinder/Kolben	30
5.2.2.1 Messaufbau	30

5.2.2.2	Messergebnisse.....	32
5.3	Subsystem Hauptlager	34
5.3.1	Beschreibung der Öltransport-Mechanismen am Subsystem Hauptlager	34
5.3.2	Integrale Messung der Ölwurfate zum Subsystem Hauptlager	35
5.3.2.1	Messaufbau	35
5.3.2.2	Messergebnisse.....	36
5.3.3	Optimierungsansätze für das Subsystem Hauptlager	40
5.4	Subsystem Kurbelraum/Gasausgleich	42
5.4.1	Beschreibung der Öltransport-Mechanismen am Subsystem Kurbelraum/Gasausgleich	42
5.4.2	Qualitative Bewertung der Öltropfen im Kurbelraum.....	42
5.4.3	Ermittlung der Kältemittelmassenströme am Gasausgleich	44
5.4.3.1	Blow-By-Gas.....	44
5.4.3.2	Kältemittelmassenstrom infolge der Volumenänderung des Kurbelraums	48
5.4.3.3	Kältemittelmassenstrom infolge der Sauggaspulsation	51
5.4.3.4	Besonderheit infolge der Rotation der Exzenterwelle und des Rotors mit zwei parallelen Gasausgleichsöffnungen.....	56
5.4.3.5	Vergleich der ermittelten Kältemittelmassenströme am Gasausgleich	59
5.4.4	Integrale Messung der Ölwurfate zum Subsystem Kurbelraum/Gasausgleich	61
5.4.4.1	Einleitende Bemerkungen	61
5.4.4.2	Messaufbau	61
5.4.4.3	Messergebnisse bei Variation der Ölversorgung.....	62
5.4.4.4	Messergebnisse bei Variation der Gasausgleichsöffnung	63
5.4.5	Optimierungsansätze für das Subsystem Kurbelraum/Gasausgleich.....	69
5.4.5.1	Übersicht möglicher Optimierungsansätze	69
5.4.5.2	Reduzierung des Querschnitts der Gasausgleichsöffnung als Lösungsansatz	71
5.4.5.3	Kanal als Gasausgleich als Lösungsansatz	73
5.5	Subsystem Ölsumpf/Ölausgleich	76
5.5.1	Beschreibung der Öltransport-Mechanismen am Subsystem Ölsumpf/Ölausgleich	76
5.5.2	Modellversuch zum Öltransport im Bereich des Ölausgleichs	77
5.5.2.1	Modell- und Messaufbau.....	77
5.5.2.2	CFD-Simulation der Strömung innerhalb des Modells	80
5.5.2.3	Strömungsvorgänge.....	81
5.5.2.4	Messergebnisse der Ölwurfate des Modellversuchs	86

5.5.3	Integrale Messung der Ölwurfrate zum Subsystem Ölsumpf/Ölausgleich	87
5.5.3.1	Messaufbau	87
5.5.3.2	Messergebnisse	88
5.5.4	Optimierungsansätze für das Subsystem Ölsumpf/Ölausgleich	89
6	Superposition einzelner Öltransport-Mechanismen und Optimierungsansätze	93
6.1	Interaktionen zwischen den Subsystemen	93
6.2	Interaktionen zwischen den Optimierungsansätzen	95
7	Optimierungsbeispiele	99
7.1	Zusammenfassung Optimierungsmöglichkeiten	99
7.2	Entwicklungsbeispiele	101
8	Zusammenfassung und Ausblick	105
8.1	Fazit	105
8.2	Ausblick	106
9	Literatur- und Quellenverzeichnis	108
Anhang		113
	Anhang A – Exemplarische Berechnung der Blow-By-Gas-Strömung	113
	Anhang B – Einfluss der Querschnittsfläche des Gasausgleichs auf den Kältemittelmassenstrom infolge der Volumenänderung des Kurbelraums	115
	Anhang C – Mittelung und Messergebnisse der Druckpulsation im Kurbelraum	118