

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	I
Kurzfassung	II
Inhaltsverzeichnis	III
Nomenklatur	VII
1 Einführung	1
1.1 Problemstellung	3
1.2 Ziele der Arbeit	4
1.3 Aufbau der Arbeit	4
2 Grundlagen der Kaldampfmaschine	7
2.1 Funktions- und Arbeitsweise der Kältemaschine	7
2.2 Die Kältemittelkompressoren	11
2.2.1 Scrollkompressoren	14
2.2.2 Rollkolbenkompressoren	20
2.3 Schmierstoffe in hermetischen Kältemittelkompressoren	25
2.3.1 Das Tribo-System von Scroll- und Rollkolbenkompressoren	25
2.3.2 Kältemaschinenöle	29
3 Das Langzeitverhalten von Kältemaschinen und ihren Arbeitsstoffen	33
3.1 Beanspruchungen einer Kältemaschine	35
3.2 Das chemische Stoffverhalten im Inneren	41
3.2.1 Korrosionsvorgänge	42
3.2.2 Alterung von Kältemaschinenölen	44
3.2.3 Thermische Beanspruchungen	45
3.2.4 Chemische Reaktionen verursacht durch Verunreinigungen	46
3.3 Schädigungen an Kaldampfmaschinen und ihren Kältemittelkompressoren	50
3.3.1 Schädigungen an Kältemittelkompressoren	51
3.3.2 Systemanalyse von hermetischen Kältemittelkompressoren	54

3.3.3	Ausfallarten von Kältemittelkompressoren.....	56
3.3.4	Ursachen für Schäden an Kältemittelkompressoren.....	58
4	Ermittlung zuverlässigkeitstechnischer Kennwerte	75
4.1	Definitionen und Begriffe	75
4.2	Das Ausfallverhalten technischer Systeme	76
4.3	Ermittlung von Zuverlässigkeitskennwerten	78
4.3.1	Grundgesamtheit und Stichprobenumfang.....	78
4.3.2	Zensierungsarten von Ausfalldaten.....	78
4.3.3	Bestimmung einer Lebensdauerverteilung.....	80
4.4	Allgemeine Methoden zur Verkürzung der Versuchszeit	83
4.4.1	Erhöhte Beanspruchungen	83
4.4.2	Steigerung der Nutzungsrate	84
4.4.3	Degradation.....	84
4.5	Etablierte Testmethoden für Kältemittelkompressoren.....	85
4.5.1	Drucküberhöhung.....	87
4.5.2	Tests mit hohem Druckverhältnis (Verschleißtests)	88
4.5.3	Tests mit hoher Heißgastemperatur (Hochtemperaturprüfung).....	89
4.5.4	Flüssigkeitsschläge.....	91
4.5.5	Flüssigkeitsstarts	91
4.5.6	Schlechtölversuche.....	91
4.5.7	Mangelschmierungs-Tests.....	93
4.5.8	Dauerlauf-Tests.....	93
4.5.9	Start-Stopp-Zyklen (Dauerschaltprüfung)	94
4.5.10	Degradations-Tests	95
5	Diagnosemerkmale von Kältemittelkompressoren	99
5.1	Diagnoseparameter von Kältemittelkompressoren.....	101
5.1.1	Analyse thermischer Zustandsgrößen	102
5.1.2	Leistungsparameteranalyse	103
5.1.3	Massenstromanalyse	105

5.1.4	Schallemissionsanalyse	106
5.1.5	Gebrauchtölanalyse.....	108
5.2	Diagnosekennzahlen von Kältemittelkompressoren.....	109
6	Prüfstands-Entwicklung zur Untersuchung des Degradationsverhaltens	115
6.1	Der Kühlwasserkreislauf.....	116
6.2	Der Kaltdampf-Prüfstand	117
6.3	Der Hybrid-Prüfstand	120
6.4	Messeinrichtung zur Ermittlung der Schallemission (SE).....	124
6.5	Zugrundeliegende Messunsicherheiten	128
7	Experimentelle Untersuchungen	131
7.1	Potenziale der Schallemissionsanalyse	131
7.1.1	Einfluss der Flächenpressung des Messadapters	132
7.1.2	Einfluss des Kopplungsmittels	134
7.1.3	Einfluss der Temperatur	135
7.1.4	Überlagerung verschiedener Schallemissionsquellen.....	136
7.2	Evaluierung der Diagnosekennzahlen	143
7.3	Experimente zur Untersuchung der Degradation.....	150
7.3.1	Start-Stopp-Tests	151
7.3.2	Mangelschmierungstest	154
8	Zusammenfassung und Ausblick.....	165
8.1	Zusammenfassung.....	165
8.2	Fazit.....	168
8.3	Ausblick	169
9	Literaturverzeichnis.....	171
10	Anhang	183
10.1	Eigenschaften von Kältemaschinenölen.....	184
10.2	Systemanalyse eines hermetischen Scrollkompressors.....	189
10.3	Die Bildung von Diagnosekennzahlen mithilfe der Dimensionsanalyse	190
10.4	Die multiple Regressionsanalyse	193

10.5	Ergebnisse der Regressionsanalysen	198
10.6	Höhendiagramme	201
10.7	Fehlerfortpflanzung.....	202
10.7.1	Diagnosekennzahl.....	202
10.7.2	Funktionserfüllungsgrad	202
10.7.3	Kälteleistungszahl.....	202
10.7.4	Kälteleistung	202