

Inhalt

Eidesstattliche Erklärung	II
KURZFASSUNG	III
ABSTRACT	IV
Verwendete Formelzeichen	VIII
1 Einleitung	1
2 Grundlagen und Stand der Technik	3
2.1 Aufbau und Einsatzgebiete von Radial-Wellendichtringen	3
2.2 Dichtmechanismen	4
2.2.1 Verzerrungshypothese	4
2.2.2 Seitenstromhypothese	5
2.2.3 Wischkantenhypothese	6
2.2.4 Nicht-newtonsches Schmierstoffverhalten	6
2.3 Dichtringwerkstoff	7
2.3.1 Quasistatisches Elastomerverhalten	8
2.3.2 Dynamisches Elastomerverhalten	11
2.3.3 Temperaturabhängige Werkstoffeigenschaften	12
2.4 Verschleiß im RWDR-System	14
2.4.1 Dichtringverschleiß	15
2.4.2 Wellenverschleiß	15
2.5 Reibung und Schmierungszustände von Radial-Wellendichtringen	16
2.6 Wechselwirkungen im Dichtsystem	19
2.7 Stand der Technik	22
2.7.1 Mikroskalige Simulationsmodelle	22
2.7.2 Makroskalige Verschleißsimulation	24
2.7.3 Makroskalige Simulation von Kontakttemperatur und Reibmoment	25
3 Ziel der Arbeit und gewählte Vorgehensweise	29
3.1 Ziel der Arbeit	29
3.2 Vorgehen zum Erreichen des Ziels	29
4 Modellierungsgrundlagen	31
4.1 Verschleißberechnung	31

4.1.1	Pressungsbasierte Ansätze	31
4.1.2	Reibenergiebasierte Ansätze	32
4.2	Verschleißmodellierung in FE-Umgebungen.....	33
4.3	Empirische Reibungs- und Kontakttemperaturberechnung	35
4.4	Semianalytische Kontakttemperaturberechnung	36
4.5	Wärmeaufteilung im Kontakt.....	38
5	Modellaufbau	40
5.1	Modellstruktur	40
5.2	Verschleißsimulation von Dichtring und Welle.....	42
5.3	Simulation von Reibmoment, Kontakttemperatur und Temperaturverteilung	43
5.3.1	Empirische Berechnung der Kontakttemperatur	43
5.3.2	Semi-Analytische Berechnung der Kontakttemperatur	44
5.3.3	Thermisches Netzwerk und Wärmeaufteilung im Dichtkontakt	52
5.3.4	Thermische Randbedingungen im FE-Modell	57
5.4	Simulation der Dichtringmontage	66
5.4.1	Randbedingungen bei der Montagesimulation	66
5.4.2	Auswertung der Berührbreite in der FE-Umgebung	66
5.5	Konvergenzverhalten des Simulationsmodells	68
6	Anwendungsfälle und Simulationsergebnisse.....	72
6.1	Versuchseinrichtungen.....	72
6.1.1	12-Zellen Dauerlaufprüfstand	72
6.1.2	Radialkraftmessgerät	73
6.1.3	Berührbreitenmessgerät	73
6.1.4	Topografiemessgerät „µSurf explorer“	74
6.1.5	Topografiemessgerät „GFM MikroCAD“	74
6.1.6	Thermografiekamera „VarioCAM hr head 400“	75
6.2	Simulation längsgedrehter Wellenlaufflächen im RWDR-System.....	75
6.2.1	Modellierung längsgedrehter Wellenlaufflächen.....	76
6.2.2	Anwendungsspezifische Anpassungen des Basismodells	80
6.2.3	Experimentelle und simulative Ergebnisse.....	81

6.3	Betriebsverhalten eines Radial-Wellendichtrings mit Schutzlippe.....	87
6.3.1	Anwendungsspezifische Anpassungen des Basismodells.....	87
6.3.2	Experimentelle und simulative Ergebnisse.....	89
6.4	Betriebsverhalten eines PTFE-Manschettendichtrings	97
6.4.1	Anwendungsspezifische Anpassungen des Basismodells.....	99
6.4.2	Experimentelle und simulative Ergebnisse.....	101
7	Zusammenfassung und Ausblick.....	107
8	Anhang.....	111
8.1	Schmierstoffparameter	111
8.2	Experimentelle Grundlage des Kontakttemperaturmodells von Engelke	112
8.3	Validierung der thermischen Randbedingungen.....	113
8.3.1	Einfluss der Wellengröße auf die Temperaturverteilung.....	113
8.3.2	Ergebnisse von Autoren anderer Forschungsstellen zur Temperaturverteilung im RWDR-System	115
8.4	Bewertung von Methoden zur Berührbreitenermittlung in der FE	116
8.5	Definition von Verschleiß-Messgrößen.....	118
8.6	Materialmodell zur Beschreibung des elasto-plastischen Materialverhaltens von PTFE bei der Simulation einer Manschettendichtung.....	119
8.7	Übersicht über den Modellierungsumfang der entwickelten Simulationsmodelle	120
9	Literatur.....	121
10	Zusammenstellung der eigenen Veröffentlichungen zur vorliegenden Arbeit	130
11	Studentische Arbeiten zur Dissertation	Fehler! Textmarke nicht definiert.
12	Lebenslauf.....	131