

Inhaltsverzeichnis

Formelzeichen- und Abkürzungsverzeichnis ix

1 Einleitung 1

 1.1 Motivation und Problemstellung1

 1.2 Zielsetzung und Aufbau der Arbeit 3

2 Theoretische Grundlagen 5

 2.1 Grundlagen der Tribologie 5

 2.1.1 Das tribologische System6

 2.1.2 Dimensionsbereiche tribologischer Systeme 7

 2.1.3 Kontakt- und Bewegungsarten8

 2.1.4 Schmierung11

 2.1.5 Reibung15

 2.1.6 Verschleiß18

 2.1.7 Tribometrie 22

 2.2 HERTZsche Theorie 23

 2.3 Kontakt rauer Oberflächen29

 2.3.1 Charakterisierung rauer Oberflächen30

 2.3.2 Stochastische Kontaktmodelle 37

 2.3.3 Deterministische Kontaktmodelle 47

 2.4 Elastohydrodynamische Schmierung49

 2.4.1 REYNOLDSSche Differentialgleichung 50

 2.4.2 Schmierfilmhöhengleichung 56

 2.4.3 Kräftegleichgewicht 57

 2.4.4 Schmierstoffeigenschaften 57

 2.4.5 Kavitation61

 2.4.6 Elastische Deformation 62

 2.4.7 Berücksichtigung der Oberflächenrauheit und des
 Festkörperkontakts64

 2.4.8 Dimensionslose Gleichungen66

 2.4.9 Numerische Lösung 67

 2.5 Verschleißmodelle69

 2.5.1 Verschleißmodelle auf makroskopischer Ebene69

 2.5.2 Verschleißmodelle auf mikroskopischer Ebene 76

3 Stand der Forschung 79

 3.1 Einführung79

3.2	Verschleißmodellierung im Grenz- und Trockenreibungsgebiet.....	82
3.3	Verschleißmodellierung im Mischreibungsgebiet	85
3.4	Fazit.....	89
4	Handlungsbedarf und Vorgehensweise.....	91
5	Entwicklung eines Vorgehensmodells zur numerischen Verschleißmodellierung.....	93
5.1	Lösungsansatz	93
5.2	Verschleißmodellierung im Mischreibungsgebiet	94
5.2.1	Simulationsablauf.....	95
5.2.2	EHD-Modell	96
5.2.3	Kontaktmodell	97
5.2.4	Oberflächentopographiemodell.....	101
5.2.5	Verschleißmodell.....	103
5.3	Verschleißmodellierung im Grenz- und Trockenreibungsgebiet.....	106
5.3.1	Simulationsablauf.....	106
5.3.2	Kontaktmodell	107
5.3.3	Verschleißmodell.....	110
5.4	Stetiger Übergang zwischen dem Misch- und Grenzreibungsgebiet in der Verschleißsimulation	111
5.5	Verschleißmodellierung beschichteter Kontakte.....	114
5.6	Kopplung der Berechnungsmodelle.....	119
6	Bestimmung der Eingangsgrößen für die Verschleißsimulation	125
6.1	Oberflächenkennwerte.....	125
6.2	Verschleißkoeffizient.....	134
6.2.1	Versuche mit unadditiviertem Polyalphaolefin PAO 6	134
6.2.2	Versuche mit additiviertem Polyalphaolefin PAO 6.....	144
6.2.3	Beschleunigung der experimentellen Modellversuche.....	148
7	Simulation und Modellvalidierung.....	149
7.1	Numerische Verschleißsimulationen ausgewählter Anwendungsbeispiele.....	149
7.1.1	Axial-Zylinderrollenlager (Mischreibungsgebiet)	150
7.1.2	Axial-Zylinderrollenlager (Grenzreibungsgebiet)	161
7.1.3	Radial-Rillenkugellager (Mischreibungsgebiet)	166
7.1.4	Radial-Rillenkugellager (ungeschmiert, beschichtet).....	185
7.1.5	Ausblick: Transiente Kontaktberechnung	191
7.2	Vergleich zwischen Simulation und Experiment	192

7.2.1	Simulation der Versuche am 2-Scheiben-Tribometer im Grenzreibungsgebiet.....	192
7.2.2	Axial-Zylinderrollenlager im Mischreibungsgebiet	194
7.2.3	Axial-Zylinderrollenlager im Grenzreibungsgebiet	196
7.3	Diskussion.....	199
8	Zusammenfassung und Ausblick.....	203
9	Summary and Outlook.....	207
	Anhang.....	211
	Literaturverzeichnis.....	219