

Inhaltverzeichnis

Inhaltverzeichnis	I
Symbolverzeichnis	III
1. Einleitung	1
1.1. Vorwort	1
1.2. Problemstellung	1
1.3. Stand der Forschung	2
1.4. Ziel der Arbeit	9
2. Tribologische Grundlagen	10
2.1. Reibung	10
2.2. Verschleiß	13
2.3. Schmierung	14
2.4. Analytische Modelle und Theorien über abrasiven Verschleiß	16
2.4.1. Abrasiver Zwei-Körper-Verschleiß	17
2.4.2. Abrasiver Drei-Körper-Verschleiß	21
2.5. Bliztemperatur	25
3. Zusammensetzung und Verhalten der Fremdkörper im Spalt	27
3.1. Ermittlung der Zusammensetzung und Verteilung von Schmutzpartikeln aus realen, ausgefallenen Motoren	27
3.1.1. Zusammensetzung der gefundenen Fremdkörper im Spalt	27
3.1.2. Größenverteilung	29
3.2. Untersuchung des Partikelverhaltens im Spalt	33
3.2.1. Einbettung	34
3.2.2. Bruchverhalten von Einzelpartikeln	35
4. Experimentelle Technik	38
4.1. Versuchsaufbau	38
4.2. Versuchsmaterial	39
4.2.1. Welle	39
4.2.2. Lagerschalen	40
4.2.3. Fremdkörper	44
4.2.4. Schmierstoff	45
4.3. Versuchsdurchführung	45
5. Grundlagen der Berechnung	47
5.1. Einleitung	47
5.2. Hypothese	47
5.3. Berechnung der Partikelform	47
5.4. Berechnung der auf die Partikel ausgeübten Kräfte	48
5.5. Berechnung der Eindringtiefe	50

5.6. Berechnung des Verschleißvolumens	51
5.7. Berechnung des verschobenen Materials	52
5.8. Berechnung des Reibungskoeffizienten	53
5.9. Berechnung der Blitztemperatur	53
6. Ergebnisse	57
6.1. Zwei-Körper-Verschleiß	57
6.1.1. Versuchsteilcharakterisierung, idealisierter Zwei-Körper-Kontakt, Ritztest	57
6.1.2. Untersuchung der beschädigten Lauffläche nach dem Zwei-Körper-Verschleiß	65
6.2. Vorversuche und Versuchsparameter zum Drei-Körper-Verschleiß	68
6.2.1. Versuche mit sauberem Öl	69
6.2.2. Versuche mit Al_2O_3	72
6.3. Drei-Körper-Verschleiß	77
6.3.1. Einfluss des Lagerwerkstoffes	77
6.3.2. Einfluss der Materialeigenschaften der Fremdpartikel	81
6.3.3. Einfluss der Partikelgröße	85
6.3.4. Einfluss des Werkstoffs der Welle	89
6.3.5. Einfluss des Belastungsverlaufs	92
6.3.6. Einfluss der Gleitgeschwindigkeit	95
6.3.7. Andere Parameter-Kombinationen	98
6.4. Simulation und Berechnung eines Drei-Körper-Verschleißmodells	100
6.4.1. Vorgehensweise	101
6.4.2. Simulation der Form des Fremdkörpers	101
6.4.3. Berechnung der Normalkraft an den Partikeln und ihrer Eindringtiefe	103
6.4.4. Parametrisierung der Form des Verschleißschnittes (Furche)	106
6.4.5. Berechnung des Verschleißvolumens	107
6.4.6. Berechnung des verschobenen Materials	108
6.4.7. Reibungskoeffizient	108
6.4.8. Blitztemperatur	111
7. Berechnungsergebnisse mit dem Simulationsprogramm	113
7.1. Berechnung der Eindringtiefe und Modellierung der Form der Verschleißspur	113
7.2. Berechnung der Blitztemperatur	114
7.3. Berechnung der kritischen Temperaturbereiche	116
7.4. Berechnung der kritischen Einbettungsbereiche	117
7.5. Berechnung der kritischen Adhäsionsbereiche	117
7.6. Berechnung der gesamtkritischen Bereiche	118
8. Diskussion der Ergebnisse	122
8.1. Diskussion der Versuchsergebnisse	122
8.2. Diskussion der theoretischen Ergebnisse	124
9. Zusammenfassung	125
Literaturverzeichnis	127
Anhänge	135