

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung	XI
Symbolverzeichnis	XV
Abkürzungsverzeichnis	XXIII
1 Einleitung	1
1.1 Motivation und Thema der Arbeit	1
1.2 Stand der Forschung	2
1.2.1 Wälzlagertechnik	2
1.2.2 Steifigkeit und Dämpfung von Wälzlagern	3
1.2.3 Reibmoment von Wälzlagern	5
1.2.4 Wälzlager als dynamisches Maschinenelement in der Simulation	6
1.3 Ziel der Arbeit	8
1.4 Aufbau der Arbeit	9
2 Grundlagen des Simulationsmodells	11
2.1 Funktion und Aufbau von Wälzlagern	11
2.2 Aufbau des Simulationsmodells	15
3 Modellierung der Wälzagerkinematik	21
3.1 Position der Ringe	21
3.2 Position der Wälzkörper	24
3.2.1 Position in Umfangsrichtung	24
3.2.2 Position in radialer Richtung	26
3.3 Geschwindigkeit der Wälzkörper	28
4 Modellierung der Wälzagersteifigkeit	31
4.1 Kugellager – Punktlast	32
4.1.1 Näherungsverfahren zur Bestimmung der Hertzschen Beiwerte nach <i>Grekoussis</i> und <i>Michailidis</i>	36
4.2 Rollenlager – Linienlast	37
4.2.1 Lösung durch numerische Integration der Kontaktgleichung	38
4.2.2 Formulierung des Linienkontaktes als konzentrierte Kraft	39
4.2.3 Scheibenmodelle ohne Querabhängigkeit der Scheiben	42
4.2.4 Lösung nach <i>Houpert</i>	44
4.2.5 Scheibenmodell mit Quereinfluss (AST)	46
4.2.6 Scheibenmodell mit Korrekturfaktor (DIN ISO 281)	50
4.2.7 Berechnung der Kraft am Wälzkörper für Scheibenmodelle	54
4.3 Implementierung als FORTRAN-Routinen	56

5	Modellierung der Reibungsverluste im Lager	59
5.1	Berechnung des Lagerreibmoments nach FAG (1999)	61
5.2	Berechnung des Lagerreibmoments nach SKF (2004)	63
5.2.1	Das Rollreibungmoment M_{rr}	64
5.2.2	Das Gleitreibungmoment M_{sl}	66
5.2.3	Das Reibmoment durch Strömungsverluste M_{drag}	67
5.2.4	Das Reibmoment von Berührungsdichtungen M_{seal}	68
5.2.5	Überblick über das Verhalten des SKF-Modells	68
5.3	Modellierung des Reibmomentes an Linienkontakten	69
5.3.1	Kinematische Größen des elastohydrodynamischen Kontakts	70
5.3.2	Schmierstoffeigenschaften	71
5.3.3	Minimale Schmierpalthehöhe für Linienkontakte	72
5.3.4	Gleitreibung im Einzelkontakt	78
5.3.5	Rollreibung im Einzelkontakt	81
5.3.6	Berechnung der Verlustmomente am Wälzkörper	84
5.4	Implementierung als FORTRAN-Routine	87
6	Vergleich mit Prüfstandsmessungen	89
6.1	Aufbau des Prüfstands	89
6.1.1	Erfassung der Messgrößen	93
6.1.2	Datenerfassung und -verarbeitung	100
6.2	Durchführung der Messungen	101
6.3	Vergleichsmodell des Prüfstandes in MSC.ADAMS	103
6.3.1	Aufbau	103
6.3.2	Erfassung der Simulationsgrößen	105
6.4	Vergleich von Messung und Simulation	106
7	Bewertung der Simulationsmodelle	113
7.1	Physikalisches Modell	113
7.1.1	Kinematik	113
7.1.2	Radial- und Verkippsteifigkeit	115
7.1.3	Reibungsverluste	124
7.2	Rechenzeit	127
7.3	Grenzen des Modells	129
8	Zusammenfassung und Ausblick	133
	Anhang	139
A	Datenblätter der Fette	139
B	Datenblätter des Schmieröls	143
	Literaturverzeichnis	145