

Andreas Maiwald

**Numerische Analyse des
Wanderverhaltens von Wälzlageringen**

disserta

Verlag

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Problemstellung.....	1
1.2	Definitionen zu Bezugs- und Bewertungsgrößen.....	3
1.2.1	Begriffsdefinitionen.....	3
1.2.2	Wellen- und Ringgeometrie.....	4
1.2.3	Spiel und Übermaß der Lagersitz-Passungen.....	4
1.2.4	Bezogene Radialbelastung.....	5
1.2.5	Wellenbiegung.....	6
1.2.6	Wandergeschwindigkeit.....	7
1.2.7	Wandermoment.....	8
1.2.8	Definition der Wanderrichtung.....	8
1.3	Stand der Technik / Forschung.....	9
1.3.1	Gestaltung von Lagersitzen.....	9
1.3.2	Relativbewegungen im Lagersitz.....	11
1.3.3	Tribokorrosion.....	12
1.3.4	Einflussfaktoren auf die Wanderneigung.....	13
1.3.5	Abhilfemaßnahmen.....	16
1.3.6	Wandergrenze.....	18
1.3.7	Schlussfolgerung.....	20
1.4	Zielsetzung / Lösungsweg.....	22
2	Simulationsmethodik zur Untersuchung des Wanderns	24
2.1	Allgemeines.....	24
2.2	3D-Kinematik-Simulation.....	26
2.2.1	Grundaufbau.....	26
2.2.2	Modellvarianten.....	27
2.2.3	Piktogramme.....	29
2.2.4	Werkstoffkennwerte.....	31
2.2.5	Randbedingungen.....	31
2.2.6	Kontakt.....	34
2.2.7	Vernetzung.....	37
2.2.8	Simulationsablauf.....	41
2.2.9	Datenauswertung.....	42
2.2.9.1	Wandermoment.....	42
2.2.9.2	Schlupf bzw. Wanderdrehzahl.....	44
2.2.10	Schlussfolgerung und Validierung.....	46
2.3	2D-Simulation.....	48
3	Mechanismen des Wanderns	50
4	Parameteranalyse zum Wanderverhalten von Wälzlagern am Beispiel des Zylinderrollenlagers NU205	53
4.1	Allgemeines.....	53
4.2	System Außenring / Gehäuse unter Punktlast.....	54
4.2.1	Allgemeines.....	54
4.2.2	Einfluss des Lagergehäuses.....	55
4.2.3	Einfluss der Lagergeometrie.....	56

4.2.4	Einfluss der Lagerrandbedingungen	59
4.2.5	Einfluss der Passung	60
4.2.6	Tribologischer Einfluss	61
4.3	System Innenring / Welle unter Umfangslast	62
4.3.1	Allgemeines	62
4.3.2	Einfluss der Wellengeometrie	62
5	Vergleich der Wanderneigung und Wandergrenzen verschiedener Lagerbauformen.....	65
5.1	Allgemeines	65
5.2	Lagertyp	66
5.2.1	Zylinderrollenlager NU205 (Referenz)	66
5.2.2	Keramik-Zylinderrollenlager NU205 Keramik	67
5.2.3	Rollenhülse RH 48x32x12	68
5.2.4	Rillenkugellager 6205	70
5.2.5	Tonnenlager 20205	71
5.2.6	Kegelrollenlager 30205	72
5.2.7	Schrägkugellager 7205	76
5.3	Lagergröße	77
5.3.1	Zylinderrollenlager Baureihe 05 ($d_i = 25$ mm)	77
5.3.2	Zylinderrollenlager Baureihe 16 ($d_i = 80$ mm)	77
5.3.3	Zylinderrollenlager Baureihe 20 ($d_i = 100$ mm)	78
5.3.4	Zylinderrollen-Großlager NU29/530 ($d_i = 530$ mm)	78
5.4	Schlussfolgerungen	79
6	Maßnahmen zur Reduzierung von Wandereffekten	82
6.1	Allgemeines	82
6.2	Gestalterische Maßnahmen	82
6.3	Konstruktive Maßnahmen	84
6.3.1	Maßnahmen am Gehäuse	84
6.3.2	Wandersperre	88
7	Berechnung der Wandergrenze	92
7.1	Allgemeines	92
7.2	Theoretische Grundlagen	92
7.2.1	Definition des Gültigkeitsbereichs	92
7.2.2	Festigkeitsbetrachtungen	93
7.2.2.1	Vorbetrachtungen	93
7.2.2.2	Ergebnisse	95
7.3	Biegefreie Lagersitze (Innen- und Außenring)	97
7.3.1	Modellaufbau biegefreier Lagersitz (Innen- und Außenring)	97
7.3.2	Analytischer Ansatz	99
7.3.3	Verifizierung (Biegefreier Lagersitz, Innen- und Außenring)	101
7.3.3.1	Referenzwerte für die Wandergrenze (biegefreier Lagersitz am Beispiel des Außenringes)	101
7.3.3.2	Verifikation des Berechnungsmodells biegefreier Lagersitz (Innen- und Außenring)	103

7.3.3.3	Verifikation des analytischen Ansatzes biegefreier Lagersitz (Innen- und Außenring)	104
7.3.3.4	Schlussfolgerungen	105
7.3.4	2D-FE-Routine <i>SimWag</i>	106
7.4	Biegebelastete Lagersitze (Innenring)	108
7.4.1	Modellaufbau	108
7.4.2	Referenzwerte für die Wandergrenze (biegebelasteter Lagersitz, Innenring)	109
7.4.3	Verifikation des Berechnungsmodells.....	111
8	Berechnungsmodell zur Ermittlung der Wanderkraft von punktlastigen Lageraußenringen	113
8.1	Aufbau des simulativen Berechnungsansatzes	113
8.2	Verifikation des Berechnungsmodells.....	114
8.3	Erweiterung des Berechnungsmodells durch Integration des Fugenspiels ζ^*	117
9	Zusammenfassung	120
10	Ausblick	123
11	Literatur	124