

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	iv
Tabellenverzeichnis	x
Nomenklatur	xi
1 Einleitung	1
2 Kenntnisstand und Zielsetzung	5
2.1 Wälzlager in der Luftfahrt	5
2.2 Dreipunktlager als Triebwerkslager.....	8
2.3 Heutiger Wissensstand: Triebwerkslagerschmierung, Kontaktmechanik und Werkstoffanstrengung	10
2.3.1 Lagerschmierkühlung, -verlustleistung und -temperatur.....	10
2.3.2 Kontaktgeometrie	16
2.3.3 Kontaktmechanik und Werkstoffanstrengung	18
2.3.4 Hydrodynamische Schmierung und Viskosität	23
2.3.5 Elastohydrodynamische Schmierung (EHD).....	27
2.3.6 Lagerlebensdauer.....	31
2.4 Motivation und Zielsetzung der Arbeit.....	34
2.4.1 Motivation der Arbeit	34
2.4.2 Zielsetzung der Arbeit und Lösungsweg	35
3 Untersuchungen zur Reduzierung der Verlustleistung und Beanspruchung im Triebwerkskugellager mittels direkter Außenringkühlung	39
3.1 Konzept der direkten Außenringkühlung	39
3.2 Prüflager und Prüfstandsaufbau.....	40
3.3 Prüfplan und Testparameter.....	48
3.4 Experimentelle Ergebnisse	49

3.4.1 Ölzuführwirkungsgrad und Pumpwirkung.....	49
3.4.2 Temperaturen.....	53
3.4.3 Wärme- und Verlustleistung.....	62
3.4.4 Einfluss der Flussrichtung des Kühlkanalölstroms	74
3.4.5 Experimentelle Bestimmung der Temperaturabhängigkeit der spezifischen Wärmekapazität des Schmierkühlöls.....	76
3.5 Theoretische Betrachtungen.....	79
3.5.1 Druckverluste im Kühlkanal.....	80
3.5.2 Wärmeübertragungsmodell.....	87
3.5.3 Einfluss der äußeren Randbedingungen auf die Temperaturverteilung (Sensitivitätsanalyse)	93
3.5.4 Ergebnisse für einen Kühlkanal mit rechteckigem Strömungsquerschnitt (Basiskonfiguration)	98
3.5.5 Ergebnisse für einen Kühlkanal mit einem halbkreisförmigen Strömungsquerschnitt	102
3.5.6 Einfluss der Kühlkanalkonstruktion auf den Wärmeübergang und die Pumpenleistung.....	107
4 Untersuchungen zur Reduzierung der Verlustleistung und Beanspruchung im Triebwerkskugellager mittels Schmiegungsvariation	113
4.1 Bedeutung der Schmiegung im Kugellager	114
4.2 Prüflager und Prüfstandsaufbau	115
4.3 Prüfplan und Testparameter	117
4.4 Ergebnisse	118
4.4.1 Temperaturen	118
4.4.2 Verlustleistungen	120
4.4.3 Bewertung der Ergebnisse	122
5 Theoretische Untersuchungen zur Ermittlung der Beanspruchung und Verlustleistung im Wälzkontakt	125
5.1 Bestimmung der Eingabegrößen für die TEHD-Berechnung	127

5.1.1 Gleitgeschwindigkeiten	127
5.1.2 Temperaturen.....	130
5.1.3 Kontaktbelastung und Hertzche Theorie.....	131
5.1.4 Oberflächenrauheit	135
5.1.5 Relative Reibleistung.....	136
5.2 Modellierung des TEHD-Kontakts.....	138
5.3 Ergebnisse der TEHD-Berechnungen.....	145
5.3.1 Schmierfilmdicke und Temperaturen	146
5.3.2 Pressung, Scherspannungen und Reibung	151
5.3.3 Bewertung der Berechnungsergebnisse	159
6 Zusammenfassung	163
Literaturverzeichnis	167
Anhang	177