

Inhaltsverzeichnis

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| Abbildungen | iv |
| Tabellen | vii |
| Symbole | viii |
| 1 Einleitung | 1 |
| 2 Wissenschaftlicher Kenntnisstand | 4 |
| 2.1 Lagerkammern im Gesamtsystem Flugtriebwerk | 4 |
| 2.1.1 Ölsystem eines Flugtriebwerks | 4 |
| 2.1.2 Herausforderungen bei der Auslegung einer Lagerkammer | 6 |
| 2.2 Experimentelle Untersuchungen der Effekte in Lagerkammern | 7 |
| 2.2.1 Strömungsphänomene in Lagerkammern | 8 |
| 2.2.2 Ölströmung | 10 |
| 2.2.3 Luftströmung | 13 |
| 2.2.4 Interaktion zwischen Ölfilm und Luftströmung | 14 |
| 2.2.5 Interaktion zwischen Öltropfen und Luftströmung | 15 |
| 2.2.6 Wärmeübergang | 16 |
| 2.2.7 Zusammenfassung der experimentellen Untersuchungen | 20 |
| 2.3 Berechnungsansätze für Strömungen und Wärmeübergänge in Lagerkammern | 20 |
| 2.3.1 Analytische Ansätze | 21 |
| 2.3.2 Numerische Berechnung der reinen Luftströmung | 21 |
| 2.3.3 Vereinfachte numerische Ansätze für die Berechnung der Zweiphasenströmung | 22 |
| 2.3.4 Vollständige numerische Modellierung der Zweiphasenströmung | 23 |
| 2.3.5 Zusammenfassung der Berechnungsansätze | 24 |
| 2.4 Zusammenfassung des wissenschaftlichen Kenntnisstandes | 24 |
| 3 Zielsetzung und Vorgehensweise | 26 |

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 4 Experimenteller Aufbau | 28 |
| 4.1 Lagerkammerprüfstand | 28 |
| 4.2 Instrumentierung | 31 |
| 4.3 Durchführung der Messreihen | 33 |
| 4.4 Filmdickenmessung | 33 |
| 4.4.1 Messprinzip und Aufbau | 34 |
| 4.4.2 Messprozedur | 35 |
| 4.4.3 Messgenauigkeit | 35 |
| 4.5 Wärmeübergangsmessung | 37 |
| 4.5.1 Messprinzip und Aufbau | 37 |
| 4.5.2 Messprozedur | 40 |
| 4.5.3 Messgenauigkeit | 41 |
| 5 Ergebnisse und Diskussion | 44 |
| 5.1 Bestimmung des Zweiphasenströmungsregimes | 44 |
| 5.1.1 Strömungsregime in Lagerkammern | 44 |
| 5.1.2 Ölfilmverteilung am Umfang | 45 |
| 5.1.3 Identifizierung des Regimewechsels | 46 |
| 5.1.4 Öleinlauf vom Lager | 51 |
| 5.1.5 Korrelation der kritischen Impulsstromdichte | 52 |
| 5.2 Lokale Wandwärmeübergänge | 53 |
| 5.2.1 Durchgeführte Messungen | 53 |
| 5.2.2 Messergebnisse | 54 |
| 5.2.3 Bezug zum Strömungsregime | 54 |
| 5.2.4 Zusammenfassung | 59 |
| 5.3 Lokale Filmtemperaturen | 61 |
| 5.3.1 Ergebnisse | 61 |
| 5.3.2 Interpretation der lokalen Temperaturabweichungen | 62 |
| 5.4 Einführung neuer Lagerkammerkennzahlen | 64 |
| 5.4.1 Globaler Wärmeübergangskoeffizient | 64 |
| 5.4.2 Ölkühlleffektivität und Nutzölstrom | 65 |
| 5.4.3 Bestimmung der erforderlichen Rechengrößen | 67 |
| 5.4.4 Zusammenfassung der Berechnung der erforderlichen Rechengrößen | 73 |

| | | |
|------------------|----------------------------------------------------------------------------|------------|
| 5.5 | Auswertung der neuen Kennzahlen | 74 |
| 5.5.1 | Globaler Wärmeübergangskoeffizient | 74 |
| 5.5.2 | Ölkühleffektivität | 77 |
| 5.5.3 | Nutzölstrom | 79 |
| 5.6 | Ansatz zur allgemeinen Beschreibung des Wandwärmeübergangs in Lagerkammern | 80 |
| 5.6.1 | Korrelation des Nutzölstroms | 81 |
| 5.6.2 | Verknüpfung von Nutzölstrom und globalem Wärmeübergang | 82 |
| 5.6.3 | Zusammenfassung des Berechnungsansatzes | 85 |
| 5.6.4 | Bewertung des Berechnungsansatzes | 87 |
| 6 | Zusammenfassung und Ausblick | 92 |
| Literatur | | 95 |
| Anhang | | 107 |
| A.1 | Stoffwerte des verwendeten Turbinenöls | 107 |
| A.2 | Überblick über bisherige Lagerkammeruntersuchungen | 108 |