

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	xi
Tabellenverzeichnis	xv
Symbolverzeichnis	xvii
1 Einführung	1
2 Grundlagen und wissenschaftlicher Kenntnisstand	3
2.1 Getriebemechanik	4
2.1.1 Reibung und Verluste	4
2.1.2 Tribologie	9
2.2 Thermalmodellierung von Zahnrädern	15
2.3 Prallkühlung an Zahnrädern	19
2.4 Wärmeübergang durch Prallkühlung	22
2.4.1 Prallkühlung durch Flüssigkeitsstrahlen	24
2.4.2 Prallkühlung an bewegten Oberflächen	26
2.4.3 Instationäre Prallkühlung	27
2.4.4 Zusammenfassung	28
2.5 Zielsetzung dieser Arbeit	29
3 Untersuchte Öleinspritzkühlung	31
3.1 Öleinspritzkühlung	31
3.2 Düsenströmung	35
3.3 Kinematik des Ölstrahls	38
4 Experimentelle Methode zur Bestimmung des Öl-Zahnrad-Wärmeübergangs	45
4.1 Erzeugung des Wärmeübergangs	45
4.2 Modellvereinfachung zur Erhöhung der Auflösung	48
4.3 Iterative Berechnung des Wärmeübergangs	50
4.4 Experimentelle Umsetzung	52
4.4.1 Optimierte Gestaltung eines Versuchszahnrads	52
4.4.2 Instrumentierung des Versuchszahnrads	54

4.5	Analyse der Messgenauigkeit	58
4.5.1	Monte-Carlo-Methode	59
4.5.2	Unsicherheit der Wärmeübergangsmessungen	61
4.5.3	Zusammenfassung	65
5	Versuchsaufbau und Messtechnik	67
5.1	Implementierung in einem Versuchsstand	67
5.2	Anlagen zur Ölversorgung und Luftkühlung	70
5.3	Messtechnik	71
6	Ergebnisse	73
6.1	Messung und Auswertung des Wärmeübergangs	74
6.2	Charakterisierung des Öl-Zahnrad-Wärmeübergangs	78
6.2.1	Einfluss der Drehzahl und des Ölvolumenstroms	79
6.2.2	Einfluss des Düsenwinkels	89
6.2.3	Einfluss der Temperatur	96
6.3	Ableitung einer Korrelation aus den gewonnenen Daten	98
7	Zusammenfassung	103
Anhang		105
A.1	Gemessene Betriebspunkte und Wärmeübergangsverteilungen	105
A.1.1	Tabellarische Darstellung der Parameter	105
A.1.2	Ortsaufgelöste Wärmeübergangskoeffizienten	107
A.2	Stoffwertkorrelationen des verwendeten Öls	130
A.3	Herleitung des spezifischen Relativimpulses	130
Literaturverzeichnis		133