Inhaltsverzeichnis

Vorwort V
Kurzfassung VII
Inhaltsverzeichnis IX
Formelzeichen und Abkürzungen XIII
Abbildungsverzeichnis XVII
Tabellenverzeichnis XXIII
1 Einleitung 1
1.1 Grundlegende Einleitung 1
1.2 Grundlagen des Ölverbrauchs 3
1.2.1 Definition Ölverbrauch 3
1.2.2 Ölverbrauch in der Literatur - Vorausgegangene Untersuchungen 4
1.2.3 Ölverbrauchsquellen 5
1.2.3.1 Ölverlust durch Blowby 6
1.2.3.2 Ölverlust durch Abdampfen 7
1.2.3.3 Direkter Öltransport in den Brennraum 8
1.2.3.4 Anteile der Ölverbrauchsquellen 10
1.2.4 Ölverbrauch im transienten Motorbetrieb 14
1.3 Grundlagen der Tribologie der Kolbengruppe 17
1.3.1 Reibung 17
1.3.2 Verschleiß 18
1.3.3 Schmierung 19
1.4 Ziel der Arbeit 21
2 Messmittel 25
2.1 Messmotor 25
2.2 Messaufbau Ring- und Gasdynamik 25
2.2.1 Messschwinge 26
2.2.2 Messkolben 27
2.2.3 Einbausituation im Motor 28
2.3 Ölverbrauchsmessmethoden 31
2.3.1 Gravimetrie 31
2.3.2 SO_2-Tracertechnologie 31
3 Simulationsmodelle und Grundlagen der statistischen Versuchsplanung 35

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

3.1 Simulationsmodelle Ring- und Gasdynamik 35
3.1.1 Betrachtete Betriebspunkte im Kennfeld 35
3.1.2 Abgleich Messung-Simulation 36
3.2 Theorie der statistischen Versuchsplanung 38
3.2.1 Problemstellung und Ziel 39
3.2.2 Grundlagen der statistischen Versuchsplanung 40
3.2.3 Vorgehensweise bei der Optimierung mittels statistischer Versuchsplanung 42
3.2.3.1 Systemidentifikation 42
3.2.3.2 Versuchsplan 43
3.2.3.3 Modellbildung und –analyse 44
3.2.3.4 Optimierung 45
3.2.3.5 Validierung 46
3.3 Simulationsmodell Zylinderoptimierte Kolbenringe 46
3.3.1 Abaqus Modell – Modellierung der Kolbenringe und der Zylinderlaufbahn 47
3.3.1.1 Notwendige Vorbereitungen 47
3.3.1.2 Modellbeschreibung 50
3.3.2 Optimierungsalgorithmus 53
3.3.2.1 Grundaufbereitung der Simulationsmodelle für die Optimierung mittels Optimus 53
3.3.2.2 Grundeinstellungen für die Optimierung 55
3.3.2.3 Optimierungspfad Optimus 56
4 Ergebnisse der Optimierungsschritte 59
4.1 Reduzierung des Ölverbrauchs durch gezielte Auslegung der Systemrandbedingung Kurbelkammerdruck 59
4.1.1 Ausgangssituation - Zwischenringdrücke und Gasflüsse bei Niedriglast 59
4.1.2 Wirkungsweise der Kurbelkammerdruckabsenkung auf den Ölverbrauch 61
4.1.2.1 Messung des Zwischenringdrucks für unterschiedliche Kurbelkammerdruckniveaus 62
4.1.2.2 Simulation des Gasflusses in Abhängigkeit des Kurbelkammerdruckniveaus 63
4.1.2.3 Ring- und Gasdynamik bei Seriendruck und abgesenktem Druck in der Kurbelkammer 64
4.1.2.3.1 Ölquetschen zwischen Ring- und Nutflanken - Squeezing 65
4.1.2.3.2 Ölmitreißen durch den Gasstrom - Dragging 66
4.1.3 Simulationsgestützte Auslegung des optimalen Kurbelkammerdruckniveaus 68
4.1.4 Messergebnisse 69
4.1.4.1 Wirkungsbereich der getroffenen Maßnahme zur Kurbelkammerdruckabsenkung 69

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

4.1.4.2 Beeinflussung des Blowby-Gasstroms 70
4.1.4.3 Ölverbrauchsmessungen 72
4.1.4.3.1 Stationärer Ölverbrauch 72
4.1.4.3.2 Dynamischer Ölverbrauch 74
4.1.4.4 Analyse der Reduzierung der Ölverbrauchspeaks im Kundenzyklus 78
4.1.4.4.1 Druckverhältnisse und Gasströme vor und während des Ölverbrauchspeaks 79
4.1.4.4.2 Ölansammlung in der ersten Ringnut und auf dem Feuersteg 82
4.1.4.4.3 Verantwortliche Ölverbrauchsmechanismen für Ölverbrauchspeaks 82
4.1.4.4.4 Quantifizierung des Nutfüllungsgrades in Abhängigkeit des Kurbelkammerdruckniveaus 92
4.1.5 Fazit 95
4.2 Optimierung des Systemverbunds Kolben/Kolbenringe mittels statistischer Versuchsplanung 96
4.2.1 Staffelung der Optimierungsschritte 97
4.2.2 Allgemeines zu den Versuchsplänen 98
4.2.3 Optimierungskriterien und Gewichtungen 99
4.2.4 Automatisierung der Simulationsmodelle 100
4.2.5 Erste Optimierungsstufe - DoE1 101
4.2.5.1 Optimierungsergebnisse 101
4.2.5.2 Haupteinflussfaktoren 106
4.2.5.3 Messkolben mit Anpassung an Serienringpaket 107
4.2.6 Zweite Optimierungsstufe - DoE2 108
4.2.6.1 Optimierungsergebnisse 108
4.2.6.2 Haupteinflussfaktoren 111
4.2.7 Dritte Optimierungsstufe - DoE2* 112
4.2.7.1 Probleme und Abhilfe zu DoE2 112
4.2.7.1.1 Simulative Betrachtung der Verschlechterungen 112
4.2.7.1.2 Abhilfemaßnahmen 119
4.2.7.2 Optimierungsergebnisse 120
4.2.8 Messergebnisse 129
4.2.8.1 Ergebnisse der ersten Optimierungsstufe - DoE1 129
4.2.8.1.1 Blowby 129
4.2.8.1.2 Ölverbrauch 131
4.2.8.2 Ergebnisse der zweiten Optimierungsstufe - DoE2 133
4.2.8.2.1 Blowby 133

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

4.2.8.2.2 Ölverbrauch 134
4.2.8.3 Ergebnisse der dritten Optimierungsstufe - DoE2* 136
4.2.8.3.1 Blowby 136
4.2.8.3.2 Ölverbrauch 137
4.2.9 Absenkung der Tangentialkräfte zur Reibungsreduktion 139
4.2.10 Fazit 140
4.3 Optimierung des Bauteils Kolbenring - Zylinderoptimierte Kolbenringe 141
4.3.1 Grundlegende Voraussetzungen 142
4.3.2 Ausgangszustand 143
4.3.3 Simulationsergebnisse 144
4.3.3.1 Optimierungsergebnisse 144
4.3.3.2 Allgemeine Erkenntnisse 147
4.3.3.3 Validierung der Mittelung der Zylinderdeformation 148
4.3.3.4 Prüfung der Notwendigkeit zur Ringfixierung 150
5 Zusammenfassung und Ausblick 153
Literaturverzeichnis 159

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.