



Entwicklung eines Motorprüfstands zur Untersuchung der
Kolbengruppenreibung und deren Haupteinflussgrößen

Martin Karl Werner

Entwicklung eines Motorprüfstands zur
Untersuchung der Kolbengruppenreibung
und deren Haupteinflussgrößen

Martin Karl Werner



Herausgegeben von:
Prof. Dr.-Ing. Georg Wachtmeister
LVK - Lehrstuhl für Verbrennungskraftmaschinen
Technische Universität München

Zugleich:
Dissertation, München, Technische Universität München, 2014

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, der Wiedergabe auf photomechanischem oder ähnlichem Wege und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen bleiben - auch bei nur auszugsweiser Verwendung - vorbehalten.

Die Informationen in diesem Buch wurden mit großer Sorgfalt erarbeitet. Dennoch können Fehler nicht völlig ausgeschlossen werden. Verlag und Autor übernehmen keine juristische Verantwortung oder irgendeine Haftung für eventuell verbliebene fehlerhafte Angaben und deren Folgen.

Layout und Satz: Martin Karl Werner
Copyright © Martin Karl Werner 2014
ISBN: 978-3-943813-07-4
1. Auflage

TECHNISCHE UNIVERSITÄT MÜNCHEN
INSTITUT FÜR ENERGIETECHNIK
LEHRSTUHL FÜR VERBRENNUNGSKRAFTMASCHINEN

**Entwicklung eines Motorprüfstands zur Untersuchung der
Kolbengruppenreibung und deren Haupteinflussgrößen**

Martin Karl Werner

Vollständiger Abdruck der von der Fakultät für Maschinenwesen der Technischen
Universität München zur Erlangung des akademischen Grades eines
Doktor-Ingenieurs
genehmigten Dissertation.

Vorsitzender: Univ.-Prof. Wolfgang Polifke, Ph. D.
Prüfer der Dissertation: 1. Univ.-Prof. Dr.-Ing. Georg Wachtmeister
2. Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Heinz Ulbrich (i. R.)

Die Dissertation wurde am 17.10.2013 bei der Technischen Universität München eingereicht
und durch die Fakultät für Maschinenwesen am 25.02.2014 angenommen.

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	i
Abbildungsverzeichnis	iii
Tabellenverzeichnis	v
Formelzeichen und Abkürzungen	vi
1 Einleitung	1
2 Grundlagen	3
2.1 Chronik: Tribologie, Reibung und Schmierung.....	3
2.2 Reibung der Kolbengruppe.....	7
2.3 Physikalische Gesetzmäßigkeiten und Modellierung.....	10
2.3.1 Festkörperreibung.....	10
2.3.2 Flüssigkeitsreibung.....	11
2.4 Verbrennungsmotor.....	15
3 Stand der Technik	19
3.1 Methoden zur Bestimmung der Kolbengruppenreibung.....	19
3.2 Floating Liner Methode.....	20
3.2.1 Herausforderungen.....	22
3.2.2 Bestehende Systeme.....	25
3.3 Berechnung.....	29
4 Forschungsbedarf und Zielsetzung der Arbeit	31
5 Versuchsträger	33
5.1 Versuchsmotor.....	33
5.1.1 Grundmotor.....	36
5.1.2 Zylinderkopf.....	39
5.2 Prüfstand.....	43
5.2.1 Messtechnik, Steuerung und Applikation.....	43
5.2.2 Temperaturmessung Kolben und Laufbuchse.....	49
5.2.3 Medienversorgung.....	51
5.3 Messsystem Kolbengruppenreibung.....	52
5.3.1 Gestaltungsmerkmale.....	52
5.3.2 Entwicklungsstufen.....	54
5.3.3 Erprobung.....	56
5.3.4 Zusammenfassung.....	63

6 Messungen	65
6.1 Betriebsparameter.....	65
6.1.1 Ungefeuerter Betrieb.....	65
6.1.2 Gefeuerter Betrieb.....	68
6.1.3 Zusammenfassung.....	75
6.2 Einlauf.....	77
6.3 Reproduzierbarkeit.....	81
6.4 Komponentenversuch.....	87
7 Untersuchungen zum Betriebsspiel	90
7.1 Thermische Verformung Laufbuchse.....	91
7.2 Thermische Verformung Kolben.....	95
7.3 Einfluss des Betriebsspiels auf die Kolbengruppenreibung.....	97
7.4 Zusammenfassung und weiterführende Betrachtung.....	102
8 Zusammenfassung und Ausblick	108
Literaturverzeichnis	112
Anhang	120