



Band 25

Dipl.-Ing.
Jan-Dirk Gerken

Einfluss von Mikrostrukturen auf das Verschleiß- und Betriebsverhalten eines Nocken-Tassenstößel-Ventiltriebs



Technische Universität Clausthal

Einfluss von Mikrostrukturen auf das Verschleiß- und Betriebsverhalten eines Nocken-Tassenstößel-Ventiltriebs

Dissertation

zur Erlangung des Grades eines Doktors
der Ingenieurwissenschaften

vorgelegt von

Dipl.-Ing. Jan-Dirk Gerken

aus Lüdinghausen

genehmigt von der

Fakultät für Mathematik / Informatik und Maschinenbau
der Technischen Universität Clausthal

Tag der mündlichen Prüfung

21.12.2018

Fortschrittsberichte des Instituts für Tribologie und
Energiewandlungsmaschinen

Band 25

Jan-Dirk Gerken

**Einfluss von Mikrostrukturen
auf das Verschleiß- und Betriebsverhalten
eines Nocken-Tassenstößel-Ventiltriebs**

D 104 (Diss. TU Clausthal)

Shaker Verlag
Düren 2019

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Zugl.: Clausthal, Techn. Univ., Diss., 2018

Vorsitzender: Prof. Dr.-Ing. Volker Wesling
1. Prüfer: Prof. Dr.-Ing. Hubert Schwarze
2. Prüfer: Prof. Dr.-Ing. Gunther Brenner

Copyright Shaker Verlag 2019

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8440-6901-3
ISSN 1611-8154

Shaker Verlag GmbH • Am Langen Graben 15a • 52353 Düren
Telefon: 02421 / 99 0 11 - 0 • Telefax: 02421 / 99 0 11 - 9
Internet: www.shaker.de • E-Mail: info@shaker.de

Danksagung

Die vorliegende Arbeit entstand während meiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Tribologie und Energiewandlungsmaschinen der Technischen Universität Clausthal. Ich bedanke mich auf diesem Weg bei allen, die auf vielfältigste Art und Weise zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben.

Mein ganz besonderer Dank gilt meinem Doktorvater, Herrn Prof. Dr.-Ing. H. Schwarze, für die wissenschaftliche Betreuung meiner Dissertation und für die Möglichkeit diese Arbeit zu realisieren.

Herrn Prof. Dr.-Ing. G. Brenner danke ich für sein Interesse an dieser Arbeit, die fachliche Beratung, die Übernahme des Korreferates und die damit verbundene Arbeit.

Mein Dank gilt auch der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG für die Finanzierung des Projekts „Einfluss von Mikrostruktur und Einlaufprozedur auf Reibung und Verschleißintensität im Nocken-Stößel Tribosystem“ im Rahmen des Schwerpunktprogramms SPP 1551 „Ressourceneffiziente Konstruktionselemente“ über das viele Grundlagen für diese Arbeit entstanden sind. Weiterhin danke ich dem Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU und insbesondere Herrn G. Regel für die freundliche Zusammenarbeit in diesem Forschungsprojekt und der Fertigung der notwendigen Nocken und ihrer Mikrotexturierung.

Meinen ehemaligen Arbeitskollegen danke ich für die äußerst angenehme Zeit am Institut und die stete Unterstützung. Besonderer Dank gilt Herrn Dipl.-Math. C. Kraft, Herrn Dr.-Ing. H. Blumenthal und Herrn Dr. rer. nat. L. Brouwer für die zahlreichen konstruktiven Diskussionen und Inspirationen. Ich danke den Mitarbeitern der Institutswerkstatt für ihren tatkräftigen Einsatz am Prüfstand sowie dem Sekretariat mit Frau E. Türk und Frau S. König für die stets verlässliche Hilfe bei allen Verwaltungsangelegenheiten.

Ich danke meinen Eltern und meiner Schwester für Ihre Unterstützung und Geduld auf meinem Weg vom Studium bis zum Abschluss dieser Arbeit, ohne die dies alles nicht möglich gewesen wäre.

Inhaltsverzeichnis

Formelzeichenverzeichnis	III
Abstract	1
1 Einleitung.....	2
1.1 Problemstellung und Relevanz der Arbeit	3
1.2 Aufbau der Arbeit	4
1.3 Stand der Technik	5
1.3.1 Stößel-Ventiltrieb – Funktion und Verschleißverhalten	5
1.3.2 Mikrostrukturen in der Literatur	12
1.3.3 Mikrostrukturen im Nocken-Tassenstößel-Kontaktsystem	21
2 Numerische Kontaktmodelle.....	28
2.1 Reynolds'sche Differenzialgleichung.....	28
2.2 Stößel-Stößelführungs-System	31
2.3 Nocken-Stößelboden-System	42
3 Einzelnocken-Prüfstand	54
3.1 Kinematik	54
3.2 Sensorik	56
3.3 Datenverarbeitung.....	57
4 Ergebnisdarstellung	59
4.1 Verschleißvoruntersuchungen.....	61
4.2 Numerische Berechnungsmodelle	69
4.2.1 Numerische Parameterstudie zur Formtoleranz.....	69
4.2.2 Analyse des Nocken-Stößelboden-Kontakts	74
4.3 Mikrostrukturierung	81
4.3.1 Referenzbauteile	82
4.3.2 Mikrostrukturierung der Nockenoberfläche.....	87
4.3.3 Verschleißauswertung Einzelnocken-Prüfstand	94

4.3.4	Reibungsanalyse.....	101
5	Diskussion	116
6	Ausblick	125
	Literaturverzeichnis.....	126