

**EXPERIMENTELLE UNTERSUCHUNG EINES PKW-KÜHLSYSTEMS
ZUR VERBESSERUNG DES WARMLAUFVERHALTENS UND
ZUR OPTIMIERUNG DER ENERGIEBILANZ**

Dem Fachbereich Maschinenbau und Verfahrenstechnik
der Technischen Universität Kaiserslautern
zur Erlangung des akademischen Grades

DOKTOR-INGENIEUR (Dr.-Ing.)

vorgelegte

DISSERTATION

von

Dipl.-Ing. Sven Urlaub

aus Lichtenau

Tag der mündlichen Prüfung:	16.01.2009
Dekan:	Prof. Dr.-Ing. S. Ripperger
Vorsitzender:	Prof. Dr.-Ing. D. Zühlke
Berichterstatter:	Prof. Dr.-Ing. D.-H. Hellmann
	Prof. Dr.-Ing. R. Flierl

SAM Forschungsberichte

Band 19

Sven Urlaub

**Experimentelle Untersuchung
eines Pkw-Kühlsystems zur Verbesserung
des Warmlaufverhaltens und zur
Optimierung der Energiebilanz**

D 386 (Diss. Technische Universität Kaiserslautern)

Shaker Verlag
Aachen 2009

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.: Kaiserslautern, TU, Diss., 2009

Copyright Shaker Verlag 2009

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

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8322-8112-0

ISSN 1615-6587

Shaker Verlag GmbH • Postfach 101818 • 52018 Aachen

Telefon: 02407 / 95 96 - 0 • Telefax: 02407 / 95 96 - 9

Internet: www.shaker.de • E-Mail: info@shaker.de

Vorwort

Die vorliegende Arbeit entstand während meiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Strömungs- und Verdrängermaschinen an der Technischen Universität Kaiserslautern.

Ich danke Herrn Professor Dr.-Ing. D.-H. Hellmann als Leiter des Lehrstuhls für Strömungs- und Verdrängermaschinen für das jeder Zeit entgegengebrachte Vertrauen und die stetige Unterstützung sowie die fachlichen Diskussionen und Anregungen.

Ferner danke ich Herrn Professor Dr.-Ing. R. Flierl für die Übernahme des Koreferats und die kritische Durchsicht der Arbeit sowie Herrn Professor Dr.-Ing. D. Zühlke für die kurzfristige Übernahme des Vorsitzes der Prüfungskommission.

Allen Kollegen und Mitarbeitern des Lehrstuhls für Strömungs- und Verdrängermaschinen danke ich für die kooperative Zusammenarbeit, die fachlichen Diskussionen und die gemeinsamen Aktivitäten während meiner Zeit am Lehrstuhl.

Mein besonderer Dank gilt meiner Frau Barbara, die mit Ihrer unermüdlichen Unterstützung und durch Ihre Anwesenheit einen wesentlichen Beitrag zur Fertigstellung der Arbeit geleistet hat.

Lichtenau, März 2009

Sven Urlaub

0. Inhaltsverzeichnis

	Seite
0. Inhaltsverzeichnis.....	i
1. Einleitung	1
2. Aufgabenstellung	3
2.1. Ziel.....	4
3. Stand der Technik	5
3.1. Motorkühlkonzepte.....	7
3.1.1. Indirekte Motorkühlung (Flüssigkeitskühlung).....	10
3.2. Motorkühlsysteme	17
3.3. Kühlsystemaufbau in Pkw- und Nutzfahrzeugmotoren.....	20
3.3.1. Wassermantel.....	21
3.3.2. Kühlwasserpumpe.....	24
3.3.3. Wärmetauscher und Kühlgebläse	28
3.3.4. Temperaturregler, Ausgleichsbehälter und Leitungen.....	32
4. Messaufbau und Versuchsparameter.....	37
4.1. Hydraulischer Prüfstand	38
4.2. Befeuerter Motorenprüfstand.....	41
4.2.1. Motor, Kühlsystem und Bremse	43
4.2.2. Messstellen.....	51
4.3. Versuchsparameter und Messmatrix.....	55
5. Warmlaufversuche	59
5.1. Modifikationen der Kühlwasserpumpe.....	63
5.2. Modifikationen der Kühlsystemkomponenten	76
6. Modifiziertes Systemverhalten.....	84
6.1. Herleitung der Vergleichszyklen	84
6.2. Messdatenerfassung	88
6.2.1. Analyse des Leerlaufverhaltens	90
6.2.2. Analyse des Verzögerungsbetriebs	93
6.2.3. Analyse des Lastfalls I.....	95
6.2.4. Analyse des Lastfalls II.....	98
6.2.5. Analyse des Lastfalls III	101
6.2.6. Analyse des Lastfalls IV	105

6.3.	Auswertung der Vergleichszyklen	114
6.3.1.	Vergleichszyklus VZ-A	115
6.3.2.	Vergleichszyklus VZ-B	118
6.3.3.	Vergleichszyklus VZ-C	120
6.4.	Vergleich mit MVEG-Prüfzyklus	121
7.	Fehlerbetrachtung	126
7.1.	Systematische Fehler	126
7.2.	Statistische Fehler	126
7.3.	Fehlerabschätzung der relevanten Messgrößen	128
7.3.1.	Hydraulischer Prüfstand	128
7.3.2.	Befuerter Motorenprüfstand	129
8.	Zusammenfassung	131
9.	Ausblick	134
10.	Verzeichnisse	135
10.1.	Abkürzungen und Indizes	135
10.2.	Abbildungen und Tabellen	137
10.2.1.	Abbildungen	137
10.2.2.	Tabellen	139
10.3.	Literaturverzeichnis	141
10.4.	Betreute Studien- und Diplomarbeiten	146
11.	Anhang	147
11.1.	Stoff- und Kalibrierdaten der Messgeräte	147
11.1.1.	Hydraulischer Pumpenprüfstand	151
11.1.2.	Befuerter Motorenprüfstand	152