

Aktive und passive Schallreduktion am Dieselmotor

Dissertation

zur Erlangung des akademischen Grades

Doktoringenieur

(Dr.-Ing.)

von Dipl.-Ing. Tommy Luft

geb. am 11. November 1980 in Lutherstadt Eisleben

genehmigt durch die Fakultät für Maschinenbau
der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

Gutachter:

Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. Helmut Tschöke

Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. h. c. Ulrich Gabbert

Promotionskolloquium am 25.02.2016

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	I
Kurzfassung	II
Abstract	III
Liste der verwendeten Abkürzungen und Symbole	VI
1. Einleitung	1
2. Motorakustik – Stand der Technik	4
2.1 Geräuschenstehung bei Verbrennungsmotoren	5
2.2 Passive und aktive Schallabstrahlungsminderung	8
2.2.1 Passive Schallabstrahlungsminderung	9
2.2.2 Aktive Schallabstrahlungsminderung	10
3. Ziele und Gliederung der Arbeit	12
4. Versuchs-, Mess- und Regelungstechnik	15
4.1 Messräume	15
4.2 Körper- und Luftschallmesstechnik	16
4.3 Thermografische Messtechnik	19
4.4 Regelungstechnik	20
4.5 Versuchsmotoren	22
5. Analyse und Simulation akustischer Motortransferpfade	24
5.1 Motormessungen	24
5.2 Transferpfadanalyse	26
5.3 Einfache und multiple Kohärenzanalyse	29
5.4 Modellbildung mittels künstlicher neuronaler Netze	38
5.4.1 Modellstruktur und Modelloptimierung	42
5.4.2 Simulation von Körperschalltransferpfaden	49
5.4.3 Simulation von Luftschalltransferpfaden	51
6. Aktive Schwingungs- und Schallreduktion am Beispiel der Ölwanne	56
6.1 Numerische Simulation	57
6.1.1 Strukturmechanische Modelle	58
6.1.2 Positionierung der piezoelektrischen Aktoren	60
6.1.3 Luftschallberechnung	62
6.2 Regelstrategien	63
6.2.1 Direkte Geschwindigkeitsrückführung	64
6.2.2 Adaptiver Regelungsansatz	66
6.2.2.1 Struktur adaptiver Regelungen	66

6.2.2.2	Neuro-Fuzzy-Systeme.....	67
6.2.2.3	Adaptiver Neuro-Fuzzy-Regler.....	72
6.3	Experimentelle Verifikation.....	78
6.3.1	Frei-frei aufgehängte Ölwanne.....	78
6.3.2	Elastisch gelagerter Rumpfmotor.....	82
6.3.3	Fremdangeregter Vollmotor.....	86
6.3.4	Betriebsschwingungsanalyse – Befuerter Motor.....	87
7.	Passive und (aktive) Schalldämpfung und Schalldämmung.....	92
7.1	Materialsubstitution.....	93
7.1.1	Vergleich von drei Ölwannen aus verschiedenen Werkstoffen... 95	
7.1.1.1	Passives und aktives Systemverhalten.....	96
7.1.1.2	Vor- und Nachteile.....	101
7.2	Thermoakustische Motorkapsel.....	102
7.2.1	Thermografische und akustische Istzustandsanalyse.....	102
7.2.2	Aufbau und Materialien.....	103
7.2.3	Akustische Untersuchungen.....	107
7.2.4	Temperaturabklingkurven.....	113
8.	Zusammenfassung.....	115
	Literaturverzeichnis.....	119
	Anhang.....	125