

Inhaltsverzeichnis

Vorwort.....	iii
Abstract	v
Kurzfassung	vii
Inhaltsverzeichnis.....	ix
1 Einleitung.....	1
2 Physikalische Grundlagen	3
2.1 Grundlagen der modalen Analyse.....	3
2.1.1 Der gedämpfte Einmassenschwinger	3
2.1.2 Experimentelle Modalanalyse (EMA).....	5
2.1.3 Betriebsschwingungsanalyse (BSA)	7
2.1.4 Identifikation kohärenter Eigenmoden.....	7
2.2 Grundlagen der Akustik	8
2.2.1 Körper- und Luftschall	8
2.2.2 Schallpegelgrößen und deren Filterung.....	10
2.2.3 Gestörte Schallausbreitung.....	12
2.2.4 Raumakustik.....	13
2.3 Drehmomentaufnahme.....	15
3 Stand der Technik	17
3.1 Moderne Common Rail Einspritzsysteme.....	17
3.1.1 Systemübersicht.....	17
3.1.2 Niederdrucksystem.....	18
3.1.3 Hochdrucksystem.....	18
3.2 Die Hochdruckpumpe	19
3.2.1 Klassifizierung von Pumpentypen.....	19
3.2.2 Aufbau und Antrieb von EZKP	20
3.2.3 Mengenregelung von EZKP	21

3.3	Messung von Luft- und Körperschall.....	23
3.3.1	Luftschallwandler.....	23
3.3.2	Körperschallwandler	24
3.3.3	Akustische Vermessung von Hochdruckpumpen.....	25
3.4	Messung des Drehmomentes	26
3.4.1	Messverfahren	26
3.4.2	Messung von Drehmomenten mittels DMS	28
4	Versuchsaufbau und Messtechnik	31
4.1	Konzept des Komponentenprüfstandes.....	31
4.1.1	Mechanische Grundstruktur	32
4.1.2	Tribologisches System und Schmiermittelzyklus	33
4.1.3	Kraftstoffkreislauf.....	34
4.1.4	Peripherie des Prüfstandes	34
4.2	Metrologische Erfassung der Zielgrößen.....	35
4.2.1	Antriebsmoment	35
4.2.2	Drehzahl	35
4.2.3	Hydraulischer Durchfluss.....	36
4.2.4	Absolutdruck und Temperatur	36
4.3	Funktion und Regelung der Betriebskenngrößen.....	37
5	Analyse und Implementierung eines Messkonzeptes zur Erfassung von Luftschall.....	39
5.1	Akustische Vorbetrachtung	39
5.1.1	Problemstellung	39
5.1.2	Verbesserungsmöglichkeiten	41
5.1.3	Diskussion und Entscheidungsfindung.....	42
5.1.4	Vibroakustische Signalerfassung und -auswertung	45
5.1.5	Vorgehensweise: Analysekonzept	46
5.2	Optimierungskette	48
5.2.1	Analysestufe 1: Psychoakustisch offensichtliche Störquellen	48
5.2.2	Analysestufe 2: Modales Verhalten und vibroakustische Zusammenhänge.....	51

5.2.3	Analysestufe 3: Lokalisierung psychoakustisch nicht offensichtlicher Störquellen.....	59
5.2.4	Analysestufe 4: Störpegelkorrektur	60
5.3	Evaluierung anhand von Messungen in einer Schallmesskammer.....	60
5.3.1	Vergleich der Terzspektren.....	61
5.3.2	Vergleich der Summenpegel.....	63
6	Messbarkeit des dynamischen Drehmomentes	65
6.1	Phänomenologie des Messfehlers.....	65
6.2	Fehlerursachenforschung.....	66
6.2.1	Methodik und Vorgehen: Fehlerbaumanalyse.....	66
6.2.2	Physikalische Beschreibung des kausalen Zusammenhanges	73
6.3	Möglichkeiten zur Verbesserung: Entscheidungsfindung	76
6.3.1	Optimierungsmöglichkeiten des Systems	76
6.3.2	Findung einer geeigneten Abhilfemaßnahme	77
6.4	Umsetzung und Validierung	80
6.4.1	Simulative Prognose des Systemverhaltens	80
6.4.2	Konstruktive Realisierung	83
6.4.3	Validierung	88
7	Diskussion der Messgrößen	91
7.1	Schallemission.....	91
7.1.1	Einfluss der Betriebsparameter.....	91
7.1.2	Sensitivitätsanalyse.....	96
7.1.3	Reproduzierbarkeit	99
7.1.4	Grenzen und Genauigkeit des Messaufbaus.....	101
7.2	Dynamisches Drehmoment	104
7.2.1	Einfluss der Betriebsparameter.....	104
7.2.2	Sensitivitätsanalyse.....	110
7.2.3	Reproduzierbarkeit	114
7.2.4	Grenzen des Messkonzeptes	115
7.3	Ableitung von Messplänen.....	118
7.3.1	Schallemission.....	119

7.3.2	Drehmoment	121
8	Zusammenfassung und Ausblick	123
8.1	Zusammenfassung	123
8.2	Ausblick	125
	Anhang.....	127
	Abkürzungsverzeichnis.....	153
	Nomenklatur	155
	Abbildungsverzeichnis.....	163
	Tabellenverzeichnis	167
	Literaturverzeichnis	169
	Lebenslauf	177
	Publikationen	179