

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	1
2 Technologie von Verbrennungsmotoren	5
2.1 Funktionsweise des Viertaktmotors.....	6
2.2 Benzindirekteinspritzung	8
2.2.1.1 Hochdruckpumpe	10
2.2.1.2 Einspritzventil	14
2.3 Dieseleinspritzung	16
2.3.1.1 Niederdrucksystem.....	18
2.3.1.2 Hochdrucksystem.....	19
2.3.1.3 Hochdruckpumpe	20
2.3.1.4 Injektoren.....	21
3 Flüssodynamik in Einspritzsystemen	25
3.1 Ursachen der Ausprägung von Pulsationen.....	26
3.1.1 Einspritzvorgang der Injektoren.....	27
3.1.1.1 Mengenentnahme	27
3.1.1.2 Druckstoß aufgrund des Nadelabschließvorgangs.....	34
3.1.1.3 Reflektion der Druckwellen.....	38
3.1.1.4 Druckverlust	40
3.1.2 Förderung der Hochdruckpumpe.....	42
3.2 Dämpfung der Druckamplituden.....	47
3.2.1 Hydrospeicher	47
3.2.2 Druckwellenreflektion	51
3.2.2.1 Blenden	51
3.2.2.2 Resonatoren.....	53
3.2.3 Dissipative Energieumwandlung	56
3.2.4 Reflektion und Dissipation der Pulsationsenergie	57
3.2.4.1 Dämpfungsdiode	57
3.2.4.2 Poröse Materialien	58
4 Konzeption und Aufbau der Versuchsanlagen.....	63
4.1 Versuchsstände zur Untersuchung der Flüssodynamik	63
4.1.1 Fahrzeugspezifische Common-Rail Komponenten	63
4.1.2 Ottomotorischer Common-Rail Versuchsaufbau	66
4.1.3 Dieselmotorischer Common-Rail Versuchsaufbau	70

4.1.4	Steuerungs- und Messtechnik	72
4.1.4.1	Anlagensteuerung und -regelung	72
4.1.4.2	Messtechnik zur Erfassung der Fluidodynamik	75
4.1.4.3	Einspritzmengenmessung	76
4.1.4.4	Datenerfassung	78
4.1.5	Anlagenbedienung und -steuerung	79
4.2	Porendämpferaufnahme für das Benzineinspritzsystem	80
4.2.1	Poröse Werkstoffe	81
4.2.2	Konstruktive Auslegung	83
5	Experimentelle Untersuchungen und Ergebnisse	89
5.1	Definition der Versuchs- und Auswerteparameter	89
5.1.1	Betriebsparameter	89
5.1.2	Ansteuerung der Regelventile	92
5.1.3	Auswertestrategie	95
5.2	Fluidpulsationen in Common-Rail Einspritzsystemen	96
5.2.1	Dieselbetriebenes System	97
5.2.1.1	Statischer Anlagenbetrieb	98
5.2.1.2	Dynamische Betriebsweise	100
5.2.2	Benzinbetriebenes System	104
5.2.2.1	Einspritzung bei statischem Systemdruck	104
5.2.2.2	Dynamische Betriebsstrategie	108
5.3	Dämpfungspotential poröser Werkstoffe für das Benzinsystem	114
5.3.1	Verifikation im statischen Anlagenbetrieb	115
5.3.1.1	Einfluss der Porenqualität	115
5.3.1.2	Auswirkung des Dämpferaufbaus	123
5.3.1.3	Zusammenhang Druckverlust und Dämpfung	126
5.3.2	Dämpfungspotential mit Anlagendynamik	128
5.3.2.1	Verifikation mit einem Dämpfer im System	130
5.3.2.2	Realitätsabgleich mit 4 Dämpfern	139
6	Alternative Dämpfungsmethoden für Common-Rail Einspritzsysteme ...	145
6.1	Elastomerdämpfer für dieselbetriebene Common-Rail Systeme	145
6.2	Gasgeladener Inline-Dämpfer für benzinbetriebene Systeme	151
7	Simulation der Fluidodynamik	163
7.1	Modellierung des Common-Rail Benzineinspritzsystems	164
7.1.1.1	Vereinfachtes Modell des Common-Rail Systems	164
7.1.1.2	Berechnungsergebnisse zum Modell des Originalsystems	167

7.2	Modellierung des Parendämpfers	169
7.2.1	Ergebnisse mit Leitungäquivalent.....	170
7.2.2	Poröse Werkstoffe zur Amplitudendämpfung	173
8	Einfluss der Pulsationsdämpfung auf die Schallemission	181
8.1	Analyse der Schallquellen des Common-Rail Systems.....	182
8.2	Evaluierung des Einflusses von Dämpfelementen	186
9	Zusammenfassung und Ausblick	199
10	Symbol- und Abkürzungsverzeichnis	203
10.1	Symbolverzeichnis	203
10.2	Abkürzungsverzeichnis	208
11	Literaturverzeichnis.....	211
12	Anhang	225
12.1	Statische Untersuchung des Einflusses der Rondenlänge.....	225
12.2	Ergebnisse reduzierter Rondendurchmesser	226