

Inhaltsverzeichnis

- 1 Grundlagen und Einsatzgebiete des Dieselmotors. 1**
 - Sebastian Fischer
 - 1.1 Arbeitsweise. 2
 - 1.1.1 Viertakt-Verfahren 2
 - 1.1.1.1 1. Takt: Ansaugtakt (Abb. 1.2a) 2
 - 1.1.1.2 2. Takt: Verdichtungstakt (Abb. 1.2b) 3
 - 1.1.1.3 3. Takt: Arbeitstakt (Abb. 1.2c) 3
 - 1.1.1.4 4. Takt: Ausstoßtakt (Abb. 1.2d) 4
 - 1.1.2 Ventilsteuerzeiten. 4
 - 1.1.3 Verdichtung (Kompression) 5
 - 1.2 Drehmoment und Leistung 5
 - 1.2.1 Drehmoment 5
 - 1.2.2 Leistung 6
 - 1.3 Motorwirkungsgrad 7
 - 1.3.1 Thermodynamischer Vergleichsprozess. 8
 - 1.3.1.1 Isentrope Kompression (1-2) 9
 - 1.3.1.2 Isochore Wärmezufuhr (2-3) 9
 - 1.3.1.3 Isobare Wärmezufuhr (3-3') 9
 - 1.3.1.4 Isentrope Expansion (3'-4) 9
 - 1.3.1.5 Isochore Wärmeabfuhr (4-1) 9
 - 1.3.2 Der reale Arbeitsprozess 9
 - 1.3.3 Wirkungsgrad. 10
 - 1.3.3.1 η_{th} : Thermischer Wirkungsgrad. 11
 - 1.3.3.2 η_g : Gütegrad 11
 - 1.3.3.3 η_u : Brennstoffumsetzungsgrad 12
 - 1.3.3.4 η_m : Mechanischer Wirkungsgrad 12
 - 1.3.3.5 η_i : Indizierter Wirkungsgrad 12

1.4	Betriebszustände	12
1.4.1	Start	12
1.4.1.1	Kraftstoffaufheizung	14
1.4.1.2	Starthilfesysteme	14
1.4.1.3	Einspritzanpassung	15
1.4.2	Nulllast	15
1.4.3	Leerlauf	15
1.4.4	Volllast	15
1.4.5	Teillast	16
1.4.5.1	Unterer Teillastbereich	16
1.4.6	Schubbetrieb	16
1.4.7	Stationärer Betrieb	16
1.4.8	Instationärer Betrieb	17
1.4.9	Übergang zwischen den Betriebszuständen	17
1.5	Betriebsbedingungen	18
1.5.1	Rauchgrenze	18
1.5.2	Verbrennungsdruckgrenze	18
1.5.3	Abgastemperaturgrenze	19
1.5.4	Drehzahlgrenzen	19
1.5.5	Höhen- und Ladedruckgrenzen	19
1.6	Einspritzsystem	20
1.7	Brennräume	21
1.7.1	Ungeteilter Brennraum (Direkteinspritzverfahren)	21
1.7.2	Geteilter Brennraum (indirekte Einspritzung)	23
1.7.2.1	Vorkammerv Verfahren	23
1.7.2.2	Wirbelkammerv Verfahren	24
1.8	Einsatzgebiete des Dieselmotors	25
1.8.1	Eigenschaftskriterien	25
1.8.2	Anwendungen	26
1.8.2.1	Stationärmotoren	26
1.8.2.2	Pkw und leichte Nfz	26
1.8.2.3	Schwere Nfz	26
1.8.2.4	Bau- und Landmaschinen	26
1.8.2.5	Lokomotiven	27
1.8.2.6	Schiffe	27
1.8.2.7	Mehr- oder Vielstoffmotoren	27
1.8.3	Motorkenndaten	27

2 Gemischbildung, Einspritzung und Einspritzsysteme	29
Sebastian Fischer, Werner Pape, Christoph Kendlbacher, Matthias Hickl, Thomas Becker, Christian Seibel, Martin Bernhaupt und Ulrich Projahn	
2.1 Gemischbildung und Dieseleinspritzung	29
2.1.1 Gemischbildung	29
2.1.2 Zerstäubung und Verbrennung	30
2.1.3 Gemischverteilung	32
2.1.4 λ -Werte beim Dieselmotor	32
2.1.4.1 Dieseleinspritzung und Einflussgrößen	34
2.1.5 Einspritzdruck	34
2.1.6 Spritzbeginn	35
2.1.6.1 Früher Einspritzbeginn	36
2.1.6.2 Später Einspritzbeginn	36
2.1.7 Förderbeginn	37
2.1.8 Einspritzmenge	38
2.1.9 Einspritzdauer	39
2.1.10 Einspritzverlauf	41
2.1.10.1 Einspritzverlauf bei nockengesteuerten Einspritzsystemen	41
2.1.10.2 Einspritzverlauf bei speicherzeitgesteuerten Einspritzsystemen	42
2.1.11 Einspritzfunktionen	43
2.1.11.1 Voreinspritzung	44
2.1.11.2 Angelagerte Nacheinspritzung	44
2.1.11.3 Späte Nacheinspritzung	45
2.1.11.4 Digital Rate Shaping (DRS)	45
2.1.11.5 Zumessgenauigkeit	46
2.2 Diesel-Einspritzsysteme im Überblick	47
2.2.1 Bauarten	47
2.2.1.1 Reiheneinspritzpumpen	48
2.2.1.2 Verteilereinspritzpumpen	49
2.2.1.3 Einzelzylinder-Systeme	51
2.2.1.4 Speichereinspritzsysteme	52
2.3 Common-Rail-Systeme	54
2.3.1 Aufbau	56
2.3.1.1 Niederdrucksystem	58
2.3.1.2 Hochdrucksystem	61
2.3.2 Druckregelung	64
2.3.2.1 Hochdruckseitige Regelung	64
2.3.2.2 Saugseitige Regelung	64
2.3.2.3 Saug- und hochdruckseitige Regelung	66

2.3.3	Steuerung und Regelung	66
2.3.4	Common-Rail-System für Schwerölbetrieb	68
	Literatur	71
3	Hochdruckkomponenten des Common-Rail-Systems für Pkw- und Nfz-Dieselmotoren	73
	Christoffer Uhr, Dietmar Zeh, Andreas Rettich, Helmut Sommariva, Uwe Gordon, Gerd Lösch, Michael Stengele, Tomáš Kománek, Helmut Gießauf, Peter Haider, Christoph Kendlbacher, Johannes Schnedt, Adil Okumuşoğlu, Herbert Lederhilger, Mario Stasjuk und Ulrich Projahn	
3.1	Übersicht	73
3.2	Injektoren	74
3.2.1	Magnetventil-Injektoren	76
3.2.1.1	Aufbau	76
3.2.1.2	Arbeitsweise	76
3.2.1.3	Düse geschlossen (Ruhezustand)	76
3.2.1.4	Düse öffnet (Einspritzbeginn)	77
3.2.1.5	Düse geöffnet	78
3.2.1.6	Düse schließt (Einspritzende)	78
3.2.1.7	Ansteuerung Magnetventil-Injektor	79
3.2.1.8	Injektorkennfeld	79
3.2.1.9	Injektorvarianten	82
3.2.2	Magnetventil-Injektoren mit Druckverstärkung	83
3.2.2.1	Aufbau	86
3.2.2.2	Arbeitsweise	86
3.2.2.3	Düse geschlossen (Ruhezustand)	86
3.2.2.4	Einspritzung mit Raildruck	86
3.2.2.5	Einspritzung mit Druckverstärker	87
3.2.3	Injektoren mit Piezoaktor	88
3.2.3.1	Aufbau	88
3.2.3.2	Funktion des Servoventils	90
3.2.3.3	Arbeitsweise des hydraulischen Kopplers	91
3.2.3.4	Ansteuerung des Piezo-Inline-Injektors	92
3.2.3.5	Verbesserung der Schaltdynamik	94
3.3	Hochdruckpumpen	96
3.3.1	Anforderungen und Aufgabe	96
3.3.2	Aufbau und Funktion	97
3.3.3	Kopplung an den Motor	98
3.3.4	Mengensteuerung	99
3.3.4.1	Zumesseinheit	99
3.3.4.2	Elektrisches Saugventil	100

3.3.5	Hauptbauarten für Pkw	101
3.3.5.1	Common-Rail-Ein-Kolben- und -Zwei-Kolben- Radial-Hochdruckpumpe CP4	102
3.3.5.2	Common-Rail-Drei-Kolben-Radial-Hochdruckpumpe ...	104
3.3.5.3	Common-Rail-Drei-Kolben-Radial-Hochdruckpumpe CP1H.	104
3.3.5.4	Common-Rail-Drei-Kolben-Radial- Hochdruckpumpe CP3	104
3.3.6	Hauptbauarten für Nutzfahrzeuge	104
3.3.6.1	Kraftstoffgeschmierte Common-Rail-Reihen- Hochdruckpumpe	106
3.3.6.2	Ölgeschmierte Common-Rail-Reihen-Hochdruckpumpe ...	106
3.3.6.3	Common-Rail-Reihen-Hochdruckpumpe CPN2	106
3.3.6.4	Common-Rail-Reihen-Hochdruckpumpe CB.	107
3.3.6.5	Common-Rail-Steckpumpe.	108
3.4	Hochdruck-Kraftstoffspeicher und -Anbaukomponenten	111
3.4.1	Hochdruck-Kraftstoffspeicher	111
3.4.1.1	Aufbau und Funktion	111
3.4.1.2	Auslegung	112
3.4.1.3	Bauarten	112
3.4.2	Anbaukomponenten	113
3.4.2.1	Raildrucksensor.	113
3.4.2.2	Druckregelventil	113
3.4.2.3	Aufbau.	113
3.4.2.4	Arbeitsweise	114
3.4.2.5	Druckbegrenzungsventil	116
3.4.2.6	Aufbau und Arbeitsweise	116
3.5	Hochdruckkomponenten des Common-Rail-Systems für Großdieselmotoren.	117
3.5.1	Injektoren	118
3.5.1.1	Aufbau und Funktion	118
3.5.2	Hochdruckpumpen	121
3.5.3	Hochdruckpumpe in Reihenbauart	121
3.5.3.1	Aufbau und Funktion	121
3.5.3.2	Steckpumpen.	122
3.5.4	Rail- und Anbaukomponenten	124
3.5.5	Druckbegrenzungsventile.	125
3.5.5.1	Aufbau und Funktion	125
3.5.6	Durchflussbegrenzer	127
3.5.6.1	Aufbau und Funktion	127

3.5.7	Spülventile für Schwerölanwendungen	128
3.5.7.1	Aufbau und Funktion	128
3.6	Einspritzdüsen und Düsenhalter	129
3.6.1	Grundfunktion	129
3.6.2	Aufbau und Bauarten	131
3.6.2.1	Lochdüsen	131
3.6.2.2	Sacklochdüse	133
3.6.2.3	Sitzlochdüse	134
3.6.2.4	Auslegung	134
3.6.2.5	Sitzgeometrie	134
3.6.2.6	Nadelführung	135
3.6.2.7	Nadelhub	135
3.6.2.8	Spritzlochlänge	136
3.6.2.9	Spritzgeometrie und Strahlauslegung	136
3.6.2.10	Werkstoffe und Kuppentemperatur	137
3.6.2.11	Weiterentwicklung der Düse	137
3.6.2.12	Düsenhalter	138
3.6.2.13	Arbeitsweise	140
3.6.2.14	Stufenhalter	140
3.6.2.15	Zweifeder-Düsenhalter	140
3.6.2.16	Düsenhalter mit Nadelbewegungssensor	142
3.7	Hochdruckverbindungen	143
3.7.1	Hochdruckanschlüsse	143
3.7.1.1	Dichtkegel mit Überwurfmutter	143
3.7.1.2	Druckrohrstutzen	143
3.7.1.3	Hochdruck-Kraftstoffleitungen	143
	Literatur	146

Einspritzsysteme für Dieselmotoren	149
---	------------