

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einführung</b> .....	<b>11</b>
<b>2</b>	<b>Dieselmotoren in Nutzfahrzeugen</b> .....	<b>14</b>
2.1	Ausgangslage .....	14
2.2	Grundlagen der Nutzfahrzeug- Dieseltechnik .....	15
2.3	Nutzfahrzeug-Dieselmotoren zwischen 300 und 600 PS.....	19
2.3.1	Stand der Technik: Modul Motorblock .....	25
2.3.2	Stand der Technik: Modul Kurbeltrieb .....	29
2.3.3	Stand der Technik: Modul Ventiltrieb .....	29
2.3.4	Stand der Technik: Modul Einspritzanlage.....	29
2.3.5	Stand der Technik: Modul Dichtungen.....	32
2.3.6	Stand der Technik: Modul Kühlsysteme.....	32
2.3.7	Stand der Technik: Modul Motorschmierung .....	32
2.3.8	Stand der Technik: Modul Ansaug- und Abgasführung .	32
2.3.9	Stand der Technik: Modul Sensoren und Neben- aggregate .....	37
2.3.10	Stand der Technik: Modul Aktoren und Steuerung .....	37
2.4	Kernanforderungen an einen Nutzfahrzeug-Dieselmotor .....	37
2.4.1	Verbrauch .....	38
2.4.2	Abgas .....	38
2.4.3	Lebensdauer.....	40
2.4.4	Geräuschemission .....	40
2.4.5	Gewicht.....	41
2.4.6	Einfluss der einzelnen Dieselmotoren-Module auf die Erfüllung der Kernanforderungen .....	41

<b>3</b>	<b>Grundmotor</b> .....	44
3.1	Kurbelgehäuse.....	44
3.1.1	Aufgabe und Funktion .....	44
3.1.2	Bauarten .....	45
3.1.3	Zylinder.....	47
3.1.4	Verfahren zur Herstellung von Kurbelgehäusen .....	49
3.1.5	Ölwanne .....	50
	3.1.5.1 Bauarten.....	51
	3.1.5.2 Einzelteile.....	51
3.2	Kurbeltrieb.....	52
3.2.1	Kurbelwelle.....	52
	3.2.1.1 Aufgabe und Funktion .....	52
	3.2.1.2 Werkstoffe.....	53
3.2.2	Pleuel .....	53
	3.2.2.1 Aufgabe und Funktion .....	53
	3.2.2.2 Aufbau des Pleuels .....	53
	3.2.2.3 Pleuelstangen- werkstoffe.....	55
	3.2.2.4 Beanspruchungen der Pleuelstange ...	55
	3.2.2.5 Gestaltung von Pleueln .....	56
	3.2.2.6 Rohteilfertigung....	56
	3.2.2.7 Mechanische Bearbeitung .....	57
3.2.3	Kolben .....	58
	3.2.3.1 Aufgabe und Funktion .....	58
	3.2.3.2 Konstruktive Gestaltung .....	58
	3.2.3.3 Konstruktive Grundlagen.....	59
	3.2.3.4 Kolbenbauarten....	61
	3.2.3.5 Kolbenherstellung .	64
	3.2.3.6 Laufflächen- und Oberflächenschutz .	65
	3.2.3.7 Kolbenwerkstoffe...	66

3.2.4	Kolbenringe .....	67
3.2.4.1	Aufgabe und Funktion .....	67
3.2.4.2	Bauformen .....	67
3.2.4.3	Werkstoffe.....	68
3.2.5	Kolbenbolzen .....	68
3.2.5.1	Aufgabe und Funktion .....	68
3.2.5.2	Bauarten.....	68
3.2.5.3	Werkstoffe.....	68
3.2.5.4	Kolbenbolzen- sicherung.....	68
3.2.6	Lagerung des Kurbeltriebs..	69
3.2.6.1	Grundlagen der Gleitlagertechnik...	69
3.2.6.2	Lagerausführungen	69
3.2.6.3	Spezifische Vorteile von Gleitlagern .....	69
3.3	Zylinderkopf.....	72
3.3.1	Aufgabe und Funktion .....	72
3.3.2	Bauarten .....	73
3.3.3	Werkstoffe .....	73
3.3.4	Gießverfahren in der Zylinderkopfherstellung .....	73
3.3.5	Ventildeckel.....	74
3.3.5.1	Aufgabe und Funktion .....	74
3.3.5.2	Werkstoffe.....	74
3.3.5.3	Herstellungs- verfahren .....	74
3.4	Motorsteuerung .....	75
3.4.1	Aufgabe und Funktion .....	75
3.4.1.1	Anordnung der Ventile .....	75
3.4.1.2	Anordnung der Nockenwelle .....	75
3.4.1.3	Variable Ventil- steuerung .....	77
3.4.1.4	Zylinderabschaltung	78
3.4.1.5	Mechanisch variabler Ventiltrieb (Valvetronic) .....	78
3.4.1.6	Elektromagnetischer Ventiltrieb (EMTV).	79
3.4.2	Baugruppe Nockenwelle .....	79

	3.4.2.1 Aufgabe und Funktion .....	79
	3.4.2.2 Herstellung .....	80
	3.4.2.3 Werkstoffe.....	80
	3.4.2.4 Antrieb .....	80
3.4.3	Baugruppe Ventile .....	81
	3.4.3.1 Aufgabe und Funktion .....	81
	3.4.3.2 Ventilarten .....	81
	3.4.3.3 Werkstoffe.....	81
3.4.4	Ventilfedern .....	82
	3.4.4.1 Aufgabe und Funktion .....	82
	3.4.4.2 Bauformen .....	82
3.4.5	Ventilsitzring .....	83
	3.4.5.1 Anforderungen .....	83
	3.4.5.2 Werkstoffe.....	83
3.4.6	Ventilführung .....	84
	3.4.6.1 Aufgabe und Funktion .....	84
	3.4.6.2 Werkstoffe.....	84
3.4.7	Ventilspielausgleich .....	84
	3.4.7.1 Mechanischer Ventilspielausgleich	84
	3.4.7.2 Hydraulischer Ventilspielausgleich über Tassenstößel .	86
	3.4.7.3 Schwinghebelauflager mit Ventilspielausgleich.....	86
3.4.8	Ventildrehvorrichtung.....	86
3.4.9	Hydraulischer Kettenspanner .....	86
3.5	Dichtsysteme.....	87
	3.5.1 Zylinderkopfdichtsysteme (ZKD) .....	88
	3.5.1.1 Arten.....	88
	3.5.1.2 Fazit.....	90
	3.5.2 Diverse Dichtungsarten .....	90
	3.5.2.1 Flachdichtungen....	90
	3.5.2.2 Fazit.....	93
	3.5.3 Elastomer-Dichtsysteme .....	93
	3.5.4 Kurbelwellendichtsysteme ..	95
3.6	Nebenaggregate.....	97
	3.6.1 Starter (Anlasser).....	97

	3.6.1.1 Aufgabe und Funktion .....	97
	3.6.1.2 Aufbau .....	98
3.6.2	Generator .....	98
	3.6.2.1 Aufgabe und Funktion .....	98
	3.6.2.2 Auslegungskriterien .....	100
	3.6.2.3 Arten der Generatorkühlung .....	100
3.6.3	Luftpresser (Druckluftkompressor) .....	101
<b>4</b>	<b>Einspritzsysteme .....</b>	<b>102</b>
4.1	Bauarten .....	102
4.2	Common-Rail-Systeme .....	102
	4.2.1 Pumpe .....	102
	4.2.1.1 Vorförderpumpe ....	102
	4.2.1.2 Hochdruckpumpe...	102
	4.2.2 Injektor.....	104
	4.2.2.1 Aufgabe und Funktion .....	104
	4.2.2.2 Ansteuerungsarten	106
	4.2.3 Hochdruckspeicher (Rail) ...	107
	4.2.3.1 Bauteile.....	107
	4.2.3.2 Fazit.....	109
4.3	Pumpe-Düse-System .....	110
	4.3.1 Hochdruck-Einspritzelement (Pumpe) .....	110
	4.3.1.1 Aufgabe und Funktion .....	110
	4.3.1.2 System PDE (Pumpe-Düse-Element) .....	110
	4.3.1.3 System PLD (Pumpe-Leitung-Düse).....	112
	4.3.2 Einspritzdüse .....	115
	4.3.2.1 Aufgabe und Funktion .....	115
	4.3.2.2 Düsenarten .....	116
	4.3.3 Ansteuerung .....	117
4.4	Niederdrucksystem .....	118
	4.4.1 Tank .....	119
	4.4.2 Kraftstoffvorwärmung .....	119
	4.4.3 Kraftstofffilter .....	119
	4.4.4 Kraftstoffförderpumpe .....	121

4.4.5	Elektrisches Abschalt- ventil.....	122
4.4.6	Kraftstoffkühlung.....	122
4.4.7	Kraftstoffleitungen.....	122

<b>5</b>	<b>Ansaugsystem und Abgasstrom .....</b>	<b>123</b>
5.1	Ansaugsystem .....	123
5.1.1	Luftfilter .....	123
5.1.1.1	Kenngrößen zur Beurteilung von Filtermedien .....	125
5.1.1.2	Messung und Auswertung .....	125
5.1.2	Ansaugrohrkrümmer .....	125
5.2	Abgassystem .....	127
5.2.1	Abgaskrümmer.....	127
5.2.1.1	Gusskrümmer .....	128
5.2.1.2	Rohrkrümmer .....	129
5.2.1.3	Einfachwandige Halbschalen- krümmer .....	130
5.2.1.4	Luftspaltisolierte Krümmer (LSI-Krümmer) .....	131
5.2.1.5	Abgaskrümmer als „Teilmodul eines integrierten Systems“ .....	131
5.2.1.6	Krümmer-Kompo- nenten .....	132
5.2.2	Aufladung.....	133
5.2.2.1	Mechanische Aufladung .....	133
5.2.2.2	Abgasturbo- aufladung .....	134
5.2.2.3	Ladedruckregelung	135
5.2.2.4	Fazit.....	135
5.2.3	Ladeluftkühler .....	136
5.2.3.1	Arten der Ladeluft- kühlung .....	136
5.2.3.2	Auslegung des Ladeluftkühlers .....	137
5.2.3.3	Werkstoffe für Ladeluftkühler .....	137
5.3	Motorstaubremsen .....	137

5.3.1	Motorbremsen mit Auspuffklappe.....	138
5.3.2	Motorbremsen mit Konstantdrossel.....	138
<b>6</b>	<b>Verbrennung und Abgasbehandlung .....</b>	<b>140</b>
6.1	Einspritzverfahren.....	140
6.1.1	Direkteinspritzverfahren.....	140
6.1.1.1	Mehrlochdüsenverfahren mit Luftdrall .....	142
6.1.1.2	MAN-M-Verfahren ...	143
6.1.2	Nebenkammer-Einspritzverfahren.....	143
6.1.2.1	Wirbelkammerverfahren .....	144
6.1.2.2	Vorkammerverfahren .....	144
6.1.2.3	Luftspeicherverfahren (Lanovaverfahren) .	144
6.2	Abgasrückführung .....	145
6.2.1	Aufgabe und Funktion .....	146
6.2.2	Mechanik.....	146
6.2.3	Antriebe.....	147
6.3	Katalysator .....	147
6.3.1	Reduktionskatalysator .....	147
6.3.2	Oxidationskatalysator .....	147
6.4	Partikelfilter .....	148
6.4.1	Gesundheitliche Bedenken .....	148
6.4.2	Verfahren, Aufbau und Funktion.....	149
6.4.3	Diesel-Grenzwerte nach Euro 5.....	151
6.5	Kaltstarthilfsanlagen .....	151
6.5.1	Glühanlage .....	152
6.5.2	Heizflanschanlage.....	153
6.5.3	Flammkerzenanlage.....	153
<b>7</b>	<b>Kühlung und Schmierung.....</b>	<b>155</b>
7.1	Kühlsystem .....	155
7.1.1	Aufgabe und Funktion .....	155
7.1.2	Kühlungsarten .....	155
7.1.3	Kühler.....	157

	7.1.3.1 Aufgabe und Funktion .....	157
	7.1.3.2 Kühlerauslegung ...	158
7.1.4	Ventilator .....	159
7.1.5	Wasserpumpe (Kühlflüssigkeitspumpe).....	160
7.1.6	Ausgleichsbehälter.....	160
7.1.7	Kühlkreislaufregelung .....	161
7.1.8	Heizung/Klimatisierung .....	163
	7.1.8.1 Anlagen mit motorabhängiger Heizung .....	164
	7.1.8.2 Auslegung der Heizung .....	165
7.1.9	Kühlmittel .....	166
7.1.10	Kühlmittleitungen .....	167
7.2	Schmierung.....	167
	7.2.1 Ölpumpe.....	167
	7.2.1.1 Aufgabe und Funktion .....	167
	7.2.1.2 Arten.....	168
7.2.2	Regelventil .....	168
7.2.3	Ölfilter .....	169
	7.2.3.1 Aufgabe und Funktion .....	169
	7.2.3.2 Arten.....	169
7.2.4	Ölkühler .....	171
	7.2.4.1 Aufgabe und Funktion .....	171
	7.2.4.2 Arten.....	172
7.2.5	Kolbenkühlung .....	173
	7.2.5.1 Arten.....	173
	7.2.5.2 Kühlungsvarianten für Otto- und Dieselmotoren.....	174
<b>8</b>	<b>Motormanagement.....</b>	<b>175</b>
8.1	Elektronikstruktur .....	176
	8.1.1 Sensoren .....	176
	8.1.1.1 Lufttemperaturmesser.....	180
	8.1.1.2 Luftmassenmesser .	181
	8.1.2 Wesentliche Steuergeräte...	182
	8.1.3 Aktoren .....	183
8.2	Signalumwandlung .....	184

8.3	Software.....	186
8.3.1	Schichtenkonzept der Software.....	187
8.3.2	Optimierung des Motors durch Software .....	187
8.3.3	Software heute .....	189

<b>9</b>	<b>Entwicklungs- und Innovationspotenziale.....</b>	<b>191</b>
9.1	Einspritzung.....	193
9.2	Verbrennungsprozess sowie Steuer- und Regelungstechnik .....	194
9.3	Ansaug- und Abgasführung .....	200
9.4	Geräuschminimierung .....	202
9.5	Gewichtsoptimierung.....	204
9.6	Künftige Nutzfahrzeug-Dieselmotoren .....	206
9.6.1	Ausblick: Modul Motorblock	206
9.6.2	Ausblick: Modul Kurbeltrieb	208
9.6.3	Ausblick: Modul Ventiltrieb	209

9.6.4	Ausblick: Modul Einspritz- anlage.....	211
9.6.5	Ausblick: Modul Dichtungen	212
9.6.6	Ausblick: Modul Kühl- systeme.....	213
9.6.7	Ausblick: Modul Motor- schmierung .....	213
9.6.8	Ausblick: Modul Abgas- und Ansaugführung .....	213
9.6.9	Ausblick: Modul Sensoren und Nebenaggregate .....	216
9.6.10	Ausblick: Modul Aktoren und Steuerung.....	217
<b>10</b>	<b>Überblick und Ausblick .....</b>	<b>219</b>
<b>11</b>	<b>Anhang .....</b>	<b>227</b>
<b>12</b>	<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>248</b>
<b>13</b>	<b>Sachwortverzeichnis.....</b>	<b>252</b>