

Inhaltsverzeichnis

1	Leichtbau Motorteile	1
1.1	Leichte Kolben für Pkw Otto- und Dieselmotoren	
	H. Kamp	1
1.1.1	Einleitung	1
1.1.2	Leichtbau im Vergleich	2
1.1.2.1	Ottomotoren	2
1.1.2.2	Dieselmotoren	5
1.1.3	Methoden zur Gewichtsreduzierung bei Kolben	5
1.1.3.1	Werkstoffsubstitution	6
1.1.3.1.1	Alternativer Grundwerkstoff	6
1.1.3.1.2	Neue Gußlegierungen	7
1.1.3.1.3	Lokale Verstärkung	8
1.1.3.2	Konstruktive (geometrische) Optimierung	8
1.1.3.2.1	Ausführungsbeispiel für einen Ottomotorkolben	11
1.1.3.2.2	Ausführungsbeispiel für einen IDI-Dieselmotorkolben	16
1.1.3.2.3	Ausführungsbeispiel für einen DI-Dieselmotorkolben	18
1.1.4	Kolbenbolzen	23
1.1.5	Schlußfolgerungen	25
1.1.6	Zusammenfassung	25
1.1.7	Literaturverzeichnis	25
1.2	Möglichkeiten und Ansätze zur Reduzierung der Masse am Pleuel aus Sicht des Motorenentwicklers	27
	J. Böhme, W. Hoffmann	
1.2.1	Die Anforderungen an Pleuelstangen für die Pkw-Mehrzylindermotoren	27
1.2.2	Zur Berechnung und Auslegung	32
1.2.3	Stand der Serienentwicklung bei Herstellung, Bearbeitung und Werkstoffen	37
1.2.4	Alternative Herstellverfahren und Werkstoffe	41
1.2.4.1	Pleuelstangen aus faserverstärkten Verbundwerkstoffen	41
1.2.4.2	Pleuelstangen aus Stahlblech	45
1.2.5	Zusammenfassung und Ausblicke	49
1.2.6	Literatur	49

1.3	Die Laufbahngestaltung in Aluminium-Zylinderkurbelgehäusen	51
	M. Kloft	
1.3.1	Einleitung	51
1.3.2	Klassische Varianten der Zylinderlaufbahngestaltung	51
1.3.2.1	Nasse Graugußbuchsen	51
1.3.2.2	Trockene Graugußbuchsen	52
1.3.2.2.1	Eingegossene Buchsen	52
1.3.2.2.2	Eingeschrumpfte Buchsen	53
1.3.2.3	Legierung AlSi 17 Cu 4 Mg	54
1.3.2.4	Galvanische Nickeldispersionsbeschichtung der Zylinderlaufbahn	55
1.3.3	Neue Lösungen der Zylinderlaufbahngestaltung	55
1.3.3.1	Faserverstärkte Zylinderlaufbahn der Fa. Honda	55
1.3.3.2	Lokasil der Fa. Kolbenschmidt	56
1.3.3.3	Partikelverstärkte Aluminiumbuchsen	58
1.3.3.4	Thermische Beschichtung der Zylinderlaufbahn	59
1.3.4	Zusammenfassung	61
1.3.5	Literatur	61
1.4	Leichtbau im System Zylinderkopf – Verringerung von Gewicht und Reibung	62
	R. Hinz, F.-G. Hermsen, M. Schwaderlapp	
1.4.1	Einleitung	62
1.4.2	Reibungsaufteilung	64
1.4.3	Maßnahmen zur Reibungs- und Massenreduktion im System Zylinderkopf	66
1.4.4	Maßnahmen zur Reibungs- und Massenreduktion an den Ventiltriebskomponenten	68
1.4.4.1	Nockenwelle	68
1.4.4.2	Übertragungsglieder Tassenstößel und Rollenhebel	68
1.4.4.3	Ventile	69
1.4.4.4	Ventilfedern	70
1.4.5	Schlußfolgerung	71
1.4.6	Literatur	72
1.5	Leichtbaukurbelgehäuse für einen aufgeladenen, direkteinspritzenden Dieselmotor	73
	J. Abthoff, W. Gelse, J. Lang, K. Schnarrenberger	
1.5.1	Entwicklungsziele und Konzeption	73
1.5.2	Baugruppen und Bauteile	77
1.5.2.1	Zylinderkurbelgehäuse	77
1.5.2.2	Zylinderlaufbuchsen	80
1.5.2.3	Kurbelwellenlagerung	80

1.5.2.4	Steuergehäusedeckel	84
1.5.2.5	Ölwanne	84
1.5.2.6	Ölkreislauf	87
1.5.2.7	Motorkühlkreislauf und Nebenaggregate	88
1.5.3	Maßnahmen zur Optimierung des Geräuschkomforts	89
1.5.4	Zusammenfassung	91
1.5.5	Literaturhinweise	93
1.6	Leichtbaukurbelgehäuse mit Lokasil®-Technologie	94
	G. Ohrnberger, A. Rehr, A. Schneider	
1.6.1	Einleitung	94
1.6.1.1	Rückblick Kurbelgehäuseentwicklung bei Porsche	94
1.6.1.2	Erfahrungen aus bisherigen Eigen- und Kundenprojekten	94
1.6.2	Lokasil®-Technologie als Evolution zur Alusil®-Technologie	95
1.6.2.1	Gießverfahren	96
1.6.2.2	Oberflächenbearbeitung	98
1.6.2.3	Tribologie	98
1.6.2.4	Bisherige Ergebnisse	99
1.6.3	Vergleich verschiedener Kurbelgehäuse-Konzepte	100
1.6.3.1	Gießtechnik	100
1.6.3.2	Gewichte/Werkstoffkennwerte	100
1.6.3.3	Bearbeitung	101
1.6.3.4	Technologiebewertung	102
1.6.4	Zusammenfassung/Ausblick	103
1.6.5	Literaturverzeichnis	103
2	Leichtbau – Motoranbauteile	104
2.1	Leichtbau von Ansauganlagen durch werkstoffgerechte Auslegung und Integration von Komponenten	104
	M. Sanders, H.-U. Kühnel	
2.1.1	Einleitung	104
2.1.2	Stand der Technik	105
2.1.3	Möglichkeiten der Gewichtsreduktion	106
2.1.3.1	Geringe Werkstoffdichte	106
2.1.3.2	Dünne Wände	109
2.1.3.3	Vermeidung von Materialanhäufungen	110
2.1.3.4	Integration von Teilen und Komponenten	110
2.1.4	Gewichtserhöhende Randbedingungen	113
2.1.5	Ausblick	113

2.2	Elektromotorischer Systembaukasten (ESB) von VDO – Ansätze zur Gewichts- und Bauraum- reduzierung	116
	J. Luft	
2.2.1	Einleitung	116
2.2.2	Die Komponenten	116
2.2.2.1	Der Drosselklappenstutzen	116
2.2.2.2	Die Bypassstelliglieder zur Leerlaufregelung	118
2.2.2.3	Die Stellglieder zur Geschwindigkeitsregelung (Tempostat)	118
2.2.3	Der elektromotorische Systembaukasten (ESB)	119
2.2.3.1	Das Aufbaukonzept des ESB von VDO	120
2.2.3.2	Die Auswahl des Antriebskonzeptes für den ESB von VDO nach Leistungsfähigkeit, Bauraum und Gewicht	120
2.2.3.3	Reduzierung von Bauraumbedarf und Gewicht am Ansaugtrakt des Verbrennungsmotors durch die Einführung des Elektro- motorischen Systembaukastens der neuesten Generation	121
2.2.3.4	Die konsequente Bauraum- und Gewichtsreduzierung am ESB von VDO über die Generationen	123
2.2.3.4.1	Veränderungen am System, die zu einer Gewichts- und Bau- raumreduzierung im Stellglied führten	124
2.2.3.4.2	Veränderungen der Konstruktion, die zu einer Gewichts- und Bauraumreduzierung führten	124
2.2.3.5	Weitere Betrachtung der Komponenten des Elektro- motorischen Systembaukastens hinsichtlich Gewichts- und Bauraumreduzierung	126
2.2.4	Potential zur weiteren Gewichtsreduzierung am ESB von VDO	127
2.2.5	Zusammenfassung	129
2.3	Gewichtsreduzierung im Antriebsstrang – Beitrag der Motorensteuerung von Ottomotoren	130
	W. Häming	
2.3.1	Einleitung	130
2.3.2	Motronic von 1990	130
2.3.3	Gewichtsveränderungen der Komponenten	131
2.3.3.1	Motronic-Steuengerät	131
2.3.3.2	Sensoren	133
2.3.3.3	Kraftstoffversorgung	134
2.3.3.4	Zündanlage mit rotierender Hochspannungsverteilung	136
2.3.3.5	Leerlaufsteller	137
2.3.3.6	Regenerierventil	137
2.3.4	Gewichtsreduzierung Gesamtsystem	138
2.3.5	Ausblick	139
2.3.5.1	Systemoptimierung	139

2.3.5.2	Module	140
2.3.6	Zusammenfassung	142
2.3.7	Literatur	142
2.4	Gewichtsreduzierung an Kompressoren für Pkw-Klimaanlagen	143
	H.Holdack-Janssen	
2.4.1	Einleitung	143
2.4.2.	Stand der Technik bei Pkw-Klimaanlagen	144
2.4.2.1	Funktionsweise und Aufbau	144
2.4.2.2	Regelung der Klimaanlage	148
2.4.2.3	Antriebskonzept und Gewichte heutiger Kompressoren.	150
2.4.3	Grundsätzliche Möglichkeiten der Gewichtsreduzierung	151
2.4.3.1	Wahl eines anderen Antriebskonzeptes	151
2.4.3.2	Gewichtsreduzierung am offenen Kompressor mit Riemenantrieb	152
2.4.4	Die Verwendung von CO ₂ als Kältemittel	157
2.4.5	Zusammenfassung	161
2.4.6	Literatur	161
3	Leichtbau – Motoren	162
3.1	Potential zur Massenreduktion am Beispiel eines 4-Zylinder-Reihenmotors	162
	R. Hinz, M. Schwaderlapp	
3.1.1	Einleitung	162
3.1.2	Maßnahmen zum Leichtbau	162
3.1.3	Gewichtsaufteilung	164
3.1.4	Kurbelgehäuse	166
3.1.5	Zylinderkopf und Ventiltrieb	168
3.1.6	Kurbelwelle und Schwungrad	171
3.1.7	Schlußbetrachtung	172
3.1.8	Literatur	173
3.2	Leichtbau, Struktursteifigkeit und Laufkomfort	174
	G. Heuser, G. A. Warren, R. J. Menne, M. Joerres, T. Grünert	
3.2.1	Einleitung	174
3.2.2	Designauswahl am Beispiel des Kurbelgehäuses	174
3.2.2.1	Biegeeigenfrequenz	175
3.2.2.2	Beurteilung der Motorgewichte	177
3.2.2.3	Dichtsysteme	178
3.2.2.4	Abgestrahltes Geräusch	179
3.2.2.5	Gesamtbewertung des ausgewählten Konzeptes	181

3.2.3	Einfluß der Hauptlagerbauform auf das Eigenschwingungsverhalten, die Geräuschabstrahlung und die Geräuschqualität	182
3.2.4	Vergleich massiver zu hohl gegossener Kurbelwellenzapfen	185
3.2.5	Motorkonzept und Grundabmessungen	188
3.2.6	Technologischer Stand des Zetec-SE	189
3.2.6.1	NVH	189
3.2.6.2	Drehmoment- und Leistungscharakteristik	191
3.2.6.3	Kraftstoffverbrauch	192
3.2.6.4	Leerlaufqualität	193
3.2.6.5	Abgasanlage und Abgasnachbehandlung	194
3.2.7	Zusammenfassung	195
3.2.8	Literaturverzeichnis	196
3.3	Leichtbau am Beispiel des BMW Sechszylinder-Motors	197
	W. Riedl	
3.3.1	Entwicklungsziele und Maßnahmen	197
3.3.2	Hauptmerkmale und Nenndaten	198
3.3.3	Grundmotor	198
3.3.3.1	Kurbelgehäuse	199
3.3.3.2	Kurbeltrieb	200
3.3.3.3	Ventiltrieb	201
3.3.4	Anbauteile	201
3.3.4.1	Sauganlage	201
3.3.4.2	Abgassystem	203
3.3.5	Gewicht	204
3.3.6	Funktionsergebnisse	207
3.3.6.1	Drehmomentverlauf, Fahrleistungen	207
3.3.6.2	Kraftstoffverbrauch	209
3.3.6.3	Emissionen	209
3.3.6.4	Akustik	212
4	Leichtbau – Triebstrang	213
4.1	Leichtbau bei PKW-Getrieben durch Verwendung von Magnesium als Gehäusewerkstoff	213
	K. Barnreiter	
4.1.1	Einleitung	213
4.1.2	Grundlegendes und Geschichtliches	213
4.1.3	Produktion und Verwendung	214
4.1.4	Ausstieg und Wiedereinstieg in Magnesium bei AUDI:	215
4.1.5	Magnesium als Getriebegehäusewerkstoff	216
4.1.5.1	Werkstoffwahl	216

4.1.5.2	Gewichtsbetrachtung	216
4.1.5.3	Festigkeit	217
4.1.5.3.1	Beanspruchung aus Verzahnungs- und Lagerkräften	217
4.1.5.3.2	Schraubverbindungen	218
4.1.5.4	Korrosion	220
4.1.5.4.1	Kontaktkorrosion	220
4.1.5.4.2	Flächenkorrosion	221
4.1.5.5	Geräuschverhalten	221
4.1.5.6	Bearbeitung	222
4.1.5.7	Kosten	223
4.1.5.8	Recycling	223
4.1.6	Schlußbetrachtung	224
4.1.7	Literatur	224
4.2	Gewichtsreduzierung im PKW-Antriebsstrang	225
	F. Küçükay	
4.2.1	Einführung	225
4.2.2	Leichtbau durch „genaue Kenntnis über die Belastung“ und „Belastungsreduzierung“	226
4.2.2.1	Kenntnis der Belastung	227
4.2.2.2	Belastungsreduzierung	229
4.2.2.2.1	Antriebsstrangbelastung bei hochdynamischem Anfahrvorgang	230
4.2.2.2.2	Kupplung mit Überlastschutz	231
4.2.3	Verwendung von Magnesium	234
4.2.4	Anwendungsbeispiele	236
4.2.4.1	Schaltgetriebe	237
4.2.4.2	Automatikgetriebe	239
4.2.4.3	Achsgetriebe	240
4.2.4.4	Gelenkwelle	243
4.2.4.5	Abtriebswellen	245
4.2.5	Zusammenfassung	246
4.2.6	Literatur	247
4.3	Das 6-Gang-Kompaktgetriebe, ein Beitrag zur Gewichtserleichterung im Kraftfahrzeug	248
	E. Sander	
4.3.1	Einleitung	248
4.3.2	Beschreibung der Radsatzauslegung	250
4.3.3	Mechanischer Wirkungsgrad und Radsatzberechnung	253
4.3.4	Bediensicherheit und Komfort	254
4.3.5	Ausblick und Zusammenfassung	258
4.3.6	Anmerkung	259
4.3.7	Literaturhinweise	259

4.4	Entwicklung von Leichtbau-Längswellen	260
J. Trommer		
4.4.1	Einleitung	260
4.4.2	Leichtbauwerkstoffe für Längswellen	260
4.4.2.1	Lang- und kurzfaser verstärkte Kunststoffe	260
4.4.2.2	Aluminium Legierungen und ihre Verarbeitung	261
4.4.3	Längswellenkomponenten	261
4.4.3.1	Längswellenrohr	261
4.4.3.1.1	Rohr aus faserverstärktem Kunststoff	261
4.4.3.1.2	Rohr aus Aluminium	262
4.4.3.2	Endstücke	264
4.4.3.2.1	Composite Disc	264
4.4.3.2.2	Kunststoff-Flansch	265
4.4.3.2.3	Kreuzgelenkgabel und Schiebemuffe aus Aluminium	267
4.4.3.2.4	Gelenkkörper aus Aluminium	267
4.4.4	Verbindungstechnik für Rohr und Endstück	269
4.4.4.1	Reibschweißen von Stahl mit Aluminium	269
4.4.4.2	Preß- und Klemmverbindung für Kunststoff und Aluminium	271
4.4.4.3	Klebeverbindung FVW-Rohr mit Kunststoff-Flansch	272
4.4.5	Crashanforderungen/Lösungsbeispiele crashoptimierter Längswellen	273
4.4.5.1	Crashoptimierte Faserverbundwerkstoff-Längswellen	273
4.4.5.1.1	mittiges Rohrversagen („Centre Failure“)	273
4.4.5.1.2	Verschieben der Endstücke, Aufreißen des Rohres	274
4.4.5.1.3	axialkraftfreie Klebeverbindung	275
4.4.5.2	Crashoptimierte Aluminium-Längswellen	275
4.4.5.2.1	mittiges Rohrversagen (centre failure)	276
4.4.5.2.2	Verschieben der Endstücke im Rohr	276
4.4.6	Zusammenfassung	277
4.4.7	Ausblick	279
4.4.8	Literatur	281
4.5	Entwicklung von Leichtbau-Seitenwellen	283
P. Amborn		
4.5.1	Kurzfassung	282
4.5.2	Einleitung	282
4.5.3	Gleichlaufgelenke	283
4.5.4	Zwischenwelle	284
4.5.4.1	Vollwelle	284
4.5.4.2	Rohrwelle(Monoblock- und Schweißvariante)	284
4.5.5	Akustik	284
4.5.6	Verdrehsteifigkeit	285
4.5.7	Monoblockwelle	285

4.5.7.1	Low-cost-Monoblockwelle	287
4.5.7.2	Dick-dünne Monoblockwelle mit konstantem Außendurchmesser	287
4.5.7.3	Optimierte Leichtbau Monoblockwelle	288
4.5.7.4	Verdrehsteif- und akustik-optimierte Monoblockwelle	288
4.5.8	Zusammenfassung und Ausblick	289
4.5.9	Literatur	289
4.6	Fahrwerks – und Strukturteile im Premium-Druckguß	290
	F. Butz	
4.6.1	Einleitung	290
4.6.2	Aluminium Gußprodukte	291
4.6.3	Wachstumsbereiche	295
4.6.4	Verfahrensinnovationen	296
4.6.5	Rapid-Prototyping	298
4.6.6	Premium-Druckguß	300
4.6.6.1	Prozeß	300
4.6.6.2	Anwendungen	306
4.6.7	Zusammenfassung	306
4.7	Entwicklung eines Aluminium-Halbzeugs-Längsnahtgeschweißte Aluminiumrohre für Pkw-Achsträger	307
	T. Schulze	
4.7.1	Einleitung	307
4.7.2	Fertigungskonzept des Achsträgers	307
4.7.3	Aufgabenstellung des Entwicklungspartners	308
4.7.4	Halbzeugalternativen	308
4.7.4.1	Herstellprozeß längsnahtgeschweißter Rohre	308
4.7.4.2	Legierungsauswahl	310
4.7.4.3	Halbzeugauswahl	312
4.7.5	Herstellprozeß des Achsträgers	312
4.7.6	Gegenüberstellung der Fertigungskonzepte für Aluminium-Achsträger	314
4.7.7	Zusammenfassung und Ausblick	314