

Hans-Hermann Braess (Hrsg.)  
Ulrich Seiffert (Hrsg.)

# Vieweg Handbuch Kraftfahrzeug- technik

2., verbesserte Auflage

Mit 807 Abbildungen und 64 Tabellen



# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Mobilität</b>	<b>1</b>
1.1	Einleitung	1
1.2	Ursachen und Arten der Mobilität	2
1.2.1	Definitionen	2
1.2.2	„Aktivitäten bestimmen Mobilität“	3
1.2.3	Transportsysteme für den Güterverkehr	5
1.2.4	Einige spezielle Ausprägungen von Mobilität	5
1.3	Spannungsfelder und Nachteile der Mobilität	5
1.4	Mobilitätsrelevante Anforderungen an Automobile	6
1.4.1	Grundsätzliche Anforderungen	6
1.4.2	Spezielle Anforderungen	7
<b>2</b>	<b>Anforderungen, Zielkonflikte</b>	<b>9</b>
2.1	Produktinnovation, bisherige Fortschritte	9
2.2	Anforderungen durch den Gesetzgeber	16
2.2.1	Zulassung zum Straßenverkehr	16
2.2.2	Die nationalen und supranationalen Rechtsquellen	17
2.2.2.1	Straßenverkehrsrecht mit Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung (StVZO)	17
2.2.2.2	Richtlinien der Europäischen Gemeinschaft	18
2.2.2.3	Regelungen der UN-Wirtschaftskommission für Europa	20
2.2.2.4	Weitere Maßnahmen zum Abbau von Handelshemmnissen	20
2.2.3	Unfallvorbeugung (aktive Sicherheit)	20
2.2.3.1	Allgemeines	20
2.2.3.2	Bremsanlage	20
2.2.3.3	Sichtfeld	22
2.2.3.4	Schneeketten	22
2.2.3.5	Lichttechnische Einrichtungen	22
2.2.4	Fahrzeugsicherheit, Unfallfolgenmilderung	23
2.2.4.1	Allgemeines	23
2.2.4.2	Insassenschutz bei Frontalaufprall	23
2.2.4.3	Insassenschutz bei Seitenaufprall	23
2.2.5	Anforderungen an das Emissionsverhalten	23
2.2.5.1	Allgemeines	23
2.2.5.2	Geräuschpegel und Auspuffanlage	23
2.2.5.3	Abgase	24
2.2.5.3.1	Emissionen von Kraftfahrzeugmotoren	24
2.2.5.3.2	Emission aus Dieselmotoren (Rauchgastrübung)	26
2.2.5.4	Kraftstoffverbrauch und CGyAusstoß	26
2.2.5.5	Elektromagnetische Verträglichkeit und Funkentstörung	26
2.2.6	Verschiedenes	27
2.2.6.1	Anbringung des hinteren Kennzeichens	27
2.2.6.2	Sicherungseinrichtungen gegen unbefugte Benutzung, Wegfahrsperr	27
2.2.6.3	Fabrikschild, Fahrzeugidentifizierungsnummer	28
2.2.6.4	Messung der Motorleistung	28
2.2.6.5	Massen und Abmessung von Klasse M]-Fahrzeugen	28
2.2.7	Ausblick	28
2.3	Neue Technologien	28
<b>3</b>	<b>Fahrzeugphysik</b>	<b>33</b>
3.1	Grundlagen	33
3.1.1	Definitionen	34
3.1.2	Fahrwiderstand und Antrieb	34
3.1.3	Kraftstoffverbrauch beeinflussende Maßnahmen	36
3.1.4	Dynamische Kräfte	37

3.1.5	Bewegung des Fahrzeugaufbaus.....	37
3.1.6	Kräfte und Momente.....	38
3.1.7	Radaufhängungen.....	38
3.1.8	Lenkung.....	38
3.1.9	Räder und Reifen.....	39
3.2	Aerodynamik.....	39
3.2.1	Grundlagen.....	39
3.2.2	Wirkungsbereiche.....	40
3.2.2.1	Luftwiderstand/Fahrleistung.....	40
3.2.2.2	Fahrsicherheit.....	43
3.2.2.3	Benetzung und Verschmutzung.....	43
3.2.2.4	Einzelkräfte.....	44
3.2.2.5	Kühlung/Bauteiltemperaturen.....	45
3.2.2.6	Innenraumklima.....	46
3.2.2.7	Windgeräusche.....	46
3.2.3	Einordnung in die Gesamtentwicklung.....	47
3.3	Wärmetechnik.....	48
3.3.1	Kühlung von Verbrennungsmotoren.....	48
3.3.1.1	Auslegung von Kühlern.....	49
3.3.1.2	Kühlerbauarten.....	50
3.3.1.3	Lüfter und Lüfterantriebe.....	51
3.3.1.4	Kühlmodule.....	51
3.3.1.5	Gesamtsystem Motorkühlung.....	52
3.3.2	Beheizen und Kühlen des Fahrgastraumes.....	52
3.3.2.1	Die Funktion Heizen und ihre Komponenten.....	53
3.3.2.2	Die Funktion der Kälteanlage und ihre Komponenten.....	55
3.3.2.3	Kompressoren und Regelung der Kälteleistung.....	57
3.3.2.4	Auslegung der Klimaanlage.....	57
3.3.2.5	Kraftstoffmehrverbrauch durch die Klimaanlage.....	59
3.4	Fahrzeugakustik.....	59
3.4.1	Einleitung.....	59
3.4.2	Zieldefinition.....	60
3.4.3	Komponentenqualifikation.....	63
3.4.3.1	Antriebsaggregat.....	63
3.4.3.2	Antriebsstrang.....	66
3.4.3.3	Karosserie.....	68
3.4.3.4	Lenkungssysteme.....	71
3.4.4	Optimierung Gesamtfahrzeug.....	71
3.4.4.1	Aeroakustik.....	72
3.4.4.2	Übertragungspfadanalyse.....	74
3.4.4.3	Schwingungskomfort.....	76
3.4.5	Außengeräusch.....	78
3.4.6	Qualitätssicherung.....	80
<b>4</b>	<b>Formen und neue Konzepte.....</b>	<b>82</b>
4.1	Design.....	82
4.1.1	Definition von Design.....	82
4.1.2	Wachsende Bedeutung von Design.....	82
4.1.2.1	Design und Plattform-/Gleichteile-Konzept.....	82
4.1.2.2	Design und Markenimage.....	83
4.1.2.3	Design als Marketinginstrument.....	84
4.1.2.4	Trendforschung.....	84
4.1.2.5	Zielkonflikte.....	84
4.1.3	Exterieur/Interieur-Design, Colour & Trim, Advanced Design.....	84
4.1.4	Der Design-Prozess.....	86
4.1.4.1	Der klassische Design-Prozess.....	86
4.1.4.2	Der digitale Design-Prozess.....	88
4.1.4.3	Digital Process - Stärken und Schwächen.....	91

4.1.5	Ausblick.....	91
4.2	Fahrzeugkonzept und -package in der PKW-Entwicklung.....	92
4.2.1	Entwicklungsablauf.....	92
4.2.1.1	Produktanforderungen, Lastenheft.....	92
4.2.1.2	Erstellung Fahrzeugkonzept.....	92
4.2.1.3	Styling/Hard Point Package.....	92
4.2.1.4	Package.....	92
4.2.2	Fahrzeugkonzeptionierung als Prozess.....	92
4.2.2.1	Ablauf.....	92
4.2.2.2	Packageausführungsformen und Datenmanagement.....	93
4.2.3	Auslegungsbereiche und Einflussfaktoren des Fahrzeugpackages.....	94
4.2.3.1	Maßdefinitionen.....	94
4.2.3.2	Fahrzeugkonzept.....	94
4.2.3.2.1	Frontmotoranordnung.....	95
4.2.3.2.2	Heckmotoranordnung.....	97
4.2.3.2.3	Mittelmotoranordnung.....	97
4.2.3.2.4	Sonderformen der Aggregatanordnung.....	98
4.2.3.2.5	Vergleich der Fahrzeugkonzepte.....	98
4.2.3.3	Auslegungsbereiche des Fahrzeugpackages.....	99
4.2.3.3.1	Innenraum.....	99
4.2.3.3.2	Gepäckraum.....	100
4.2.3.3.3	Karosseriestruktur.....	100
4.2.3.3.4	Motorraum.....	100
4.2.3.3.5	Abgasanlage, Antriebsstrang und Unterboden.....	100
4.2.3.3.6	Tank, Leitungen und Reserverad.....	101
4.2.3.3.7	Maßvergleich verschiedener Fahrzeugklassen.....	102
4.2.3.4	Gesetzliche Forderungen.....	103
4.2.3.4.1	Direkte Einflüsse auf das Fahrzeugkonzept.....	103
4.2.3.4.2	Indirekte Einflüsse auf das Fahrzeugkonzept.....	103
4.2.3.5	Anforderungen aus Produktion und Kundendienst.....	103
4.2.3.5.1	Produktion und Modularisierung.....	103
4.2.3.5.2	Kundendienst.....	104
4.2.3.6	Strategische Einflüsse.....	104
4.2.3.6.1	Fahrzeugplattform.....	104
4.2.3.6.2	Fahrzeugvarianten.....	105
4.2.3.6.3	Baukasten.....	105
4.2.4	Fahrzeugkonzeptionierung in der Zukunft.....	105
4.3	Neuartige Antriebe.....	106
4.3.1	Elektroantriebe.....	106
4.3.1.1	Antriebssysteme für Elektrofahrzeuge.....	106
4.3.1.2	Elektromotoren für Elektrofahrzeuge.....	107
4.3.1.3	Umrichter.....	108
4.3.1.4	Traktionsbatterien.....	110
4.3.1.5	Ladegeräte.....	111
4.3.1.6	Ausblick.....	112
4.3.2	Brennstoffzellen als Antriebe für mobile Systeme.....	112
4.3.2.1	Necar-Fahrzeuge.....	116
4.3.2.2	Nebus-Brennstoffzellenbus.....	117
4.3.2.3	Schadstoffe bei Brennstoffzellenantrieben.....	118
4.3.2.4	Ausblick.....	119
4.3.3	Hybridantrieb.....	119
4.3.3.1	Szenario.....	119
4.3.3.2	Konzepte.....	120
4.3.3.3	Komponenten aus Hybridsicht.....	121
4.3.4	Stirlingmotor, Gasturbine und Schwungrad.....	123
4.3.4.1	Stirlingmotor.....	123
4.3.4.2	Gasturbine.....	124
4.3.4.3	Schwungrad - Flywheel.....	124

<b>5</b>	<b>Antriebe</b> .....	128
5.1	Ottomotor.....	128
5.1.1	Ottomotor (Grundlagen, Teil 1).....	128
5.1.1.1	Arbeitsweise.....	128
5.1.1.1.1	Viertakt-Verfahren.....	129
5.1.1.1.2	Wirkungsgrade.....	129
5.1.1.1.3	Definitionen, Kenngrößen.....	130
5.1.1.2	Gestaltung und Mechanik.....	131
5.1.1.2.1	Bauformen.....	131
5.1.1.2.2	Kurbeltrieb.....	133
5.1.1.2.3	Ventiltrieb.....	136
5.1.1.2.4	Ladungswechselorgane.....	138
5.1.1.2.5	Werkstoffe.....	141
5.1.1.3	Motormanagement.....	144
5.1.1.3.1	Einspritzung.....	144
5.1.1.3.2	Gemischbildung.....	145
5.1.1.3.3	Zündung.....	146
5.1.1.3.4	Verbrennung.....	149
5.1.1.3.5	Abgasemissionen und Katalysator.....	150
5.1.1.3.6	Motorsteuerung.....	153
5.1.1.4	Kühlung und Schmierung.....	155
5.1.1.5	Nebenaggregate und Package.....	158
5.1.2	Ottomotor (Teil 2).....	160
5.1.2.1	Zukunftslösungen.....	160
5.1.2.2	Direkteinspritzung.....	161
5.1.2.2.1	Brennverfahren.....	161
5.1.2.2.2	Ladungsbewegung.....	168
5.1.2.2.3	Einspritztechnik.....	168
5.1.2.2.4	Betriebsstrategie und Motormanagement.....	171
5.1.2.2.5	Abgasnachbehandlung.....	172
5.1.2.3	Variable Ventilsteuerung.....	173
5.1.2.3.1	Drosselfreie Laststeuerung.....	174
5.1.2.3.2	Konstruktive Lösungen.....	176
5.1.2.4	Downsizing und Aufladung.....	179
5.1.2.4.1	Betriebspunktverlagerung.....	179
5.1.2.4.2	Variable Verdichtung.....	180
5.2	Dieselmotor.....	182
5.2.1	Definitionen.....	182
5.2.2	Ausführungsformen.....	182
5.2.3	Historie einer Erfindung.....	182
5.2.4	Motortechnische Grundlagen.....	185
5.2.4.1	Einleitung.....	185
5.2.4.2	Vergleich motorischer Verbrennungsverfahren.....	186
5.2.4.3	Die Thermodynamik des Dieselmotors.....	187
5.2.5	Die dieselmotorische Verbrennung.....	188
5.2.5.1	Allgemeines.....	188
5.2.5.2	Einspritzung und Gemischbildung.....	189
5.2.5.3	Selbstzündung und Zündverzug.....	190
5.2.5.4	Abgasemissionen.....	191
5.2.6	Konstruktive Merkmale der Einspritzsysteme.....	195
5.2.6.1	Verteilereinspritzpumpe.....	195
5.2.6.2	Reihenpumpe.....	197
5.2.6.3	Einspritzdüsen und Düsenhalter.....	197
5.2.6.4	Pumpe-Düse.....	200
5.2.6.5	Speichereinspritzsystem.....	201
5.2.6.6	Simulation von Einspritzsystemen.....	201
5.2.7	Konstruktive Merkmale der Verbrennungsverfahren.....	202

	5.2.7.1	Vorkammerverfahren.....	202
	5.2.7.2	Wirbelkammerverfahren.....	203
	5.2.7.3	Direkte Einspritzung.....	203
	5.2.7.4	Triebwerk und Zylinderkopf.....	204
	5.2.7.5	Aufladung.....	205
	5.2.7.6	Lebensdauer.....	206
	5.2.8	Qualitative Bewertung von Verbrennungsverfahren.....	206
	5.2.9	Abgasnachbehandlung.....	207
	5.2.9.1	Oxidationskatalysator.....	207
	5.2.9.2	Dieselpartikel.....	207
	5.2.9.3	Entstickung.....	209
	5.2.10	Simulation der dieselmotorischen Verbrennung.....	211
	5.2.11	Dieseldieselkraftstoffe.....	213
	5.2.12	Die Zukunft des Dieselmotors.....	214
5.3		Aufladung.....	218
	5.3.1	Gründe und Ziele.....	218
	5.3.2	Systeme.....	219
	5.3.2.1	Abgasturbo-Aufladung.....	219
	5.3.2.2	Druckwellenaufladung.....	219
	5.3.2.3	Mechanische Aufladung.....	221
	5.3.3	Komponenten.....	221
	5.3.3.1	Abgasturbolader.....	221
	5.3.3.2	Druckwellenlader.....	223
	5.3.3.3	Kompressor.....	223
	5.3.3.3.1	Roots-Kompressor.....	223
	5.3.3.3.2	Spiral-Kompressor.....	224
	5.3.4	Probleme der Anwendung.....	225
5.4		Triebstrang.....	226
	5.4.1	Überblick.....	226
	5.4.1.1	Einleitung.....	226
	5.4.1.2	Aufgaben des Getriebes.....	227
	5.4.1.3	Aufbau und Elemente des Triebstrangs.....	228
	5.4.1.4	Achsantrieb.....	229
	5.4.1.5	Differenzialgetriebe.....	229
	5.4.1.6	Allrad-Verteilergetriebe.....	229
	5.4.1.7	Gelenkwellen.....	229
	5.4.1.8	Schwingungssystem.....	230
	5.4.2	Anfahrelemente.....	230
	5.4.2.1	Kupplungen.....	230
	5.4.2.2	Hydrodynamischer Drehmomentwandler.....	234
	5.4.3	Das Handschaltgetriebe-System.....	237
	5.4.3.1	Funktion und Aufbau.....	237
	5.4.3.2	Verzahnung.....	238
	5.4.3.3	Synchronisierung.....	238
	5.4.3.4	Weitere Getriebekomponenten.....	239
	5.4.3.5	Getriebebeschaltung.....	240
	5.4.3.6	Ausführungsbeispiele.....	240
	5.4.3.7	Automatisierte Schaltgetriebe.....	241
	5.4.4	Stufenautomatgetriebe.....	241
	5.4.4.1	Funktionsweise.....	241
	5.4.4.2	Auftau.....	242
	5.4.4.3	Baugruppen.....	243
	5.4.4.4	Betätigung.....	247
	5.4.4.5	Betriebsverhalten.....	248
	5.4.4.6	Ausführungsbeispiele.....	249
	5.4.5	Stufenlose Getriebe.....	250
	5.4.5.1	Funktionsweise.....	250
	5.4.5.2	Auftau.....	251

5.4.5.3	Baugruppen.....	252
5.4.5.4	Betätigung.....	254
5.4.5.5	Betriebsverhalten.....	254
5.4.5.6	Ausführungsbeispiele.....	254
5.4.6	Elektronische Getriebesteuerung.....	255
5.4.6.1	Gesamtsystem.....	255
5.4.6.2	Steuergerät.....	256
5.4.6.3	Bauteile.....	257
5.4.6.4	Funktionen.....	258
5.4.7	Ausblick.....	260
5.5	Allradantriebe, Brems- und Antriebsregelungen.....	262
5.5.1	Allradantriebs-Konzepte.....	262
5.5.1.1	Verwendung von Allradantrieben.....	262
5.5.1.2	Kennlinien von Allradantrieben.....	262
5.5.1.3	Systematik der Antriebe.....	263
5.5.1.4	Komponenten.....	263
5.5.1.5	Systemauswahl.....	268
5.5.1.6	Einfluss auf Crashverhalten.....	269
5.5.1.7	Geräusch- und Schwingungstechnik (NVH).....	269
5.5.1.8	Dimensionierung.....	269
5.5.1.9	Bremsverhalten von all radgetriebenen Fahrzeugen, Allradantrieb und Regelsysteme.....	269
5.5.2	Antriebs- und Bremsregelung.....	207
5.5.2.1	Unfallvorbeugende Sicherheit.....	270
5.5.2.2	Traktionssysteme.....	270
5.5.2.3	Stabilitätssysteme.....	271
5.5.2.3.1	Passive Systeme ASC, ASR.....	271
5.5.2.3.2	Aktive Systeme, DSC, ESP.....	272
5.5.2.4	DSC, ESP mit Fremdkraftbremsen.....	273
5.5.2.4.1	Brake-by-Wire.....	274
5.5.2.5	Sensorik.....	274
5.5.2.5.1	Raddrehzahlfühler.....	274
5.5.2.5.2	Fahrdynamiksensorik.....	276
5.5.2.6	Adaptive Cruise Control ACC.....	276
5.6	Optimierung der Nebenaggregate.....	278
5.6.1	Wachsender Energieverbrauch im Kfz durch eine steigende Anzahl von elektrischen Verbrauchern.....	278
5.6.2	Strategien zur Verbrauchsminimierung.....	279
5.6.2.1	Verbesserung der Energieerzeugung „on board“.....	279
5.6.2.1.1	Die Verbesserung des Generators.....	279
5.6.2.1.2	Die „Smart-power-Switch“.....	279
5.6.2.1.3	Das ISAD-System.....	279
5.6.2.1.4	Adaptronik.....	280
5.6.2.1.5	Die erhöhte Bordnetzspannung.....	280
5.6.2.1.6	Die 5 kW-Brennstoffzelle.....	280
5.6.2.2	Verbesserung des Wirkungsgrades und des Verbrauchs der Nebenaggregate.....	281
5.6.2.2.1	Elektrische Servolenkung.....	281
5.6.2.2.2	Bedarfsgerechte Kraftstoffpumpe.....	281
5.6.2.2.3	Elektrohydraulisches/electromechanisches Bremssystem.....	282
5.6.2.3	Energiemanagementsysteme.....	282
5.7	Chancen und Risiken des Zweitaktmotors.....	284
5.7.1	Das Zweitaktverfahren.....	284
5.7.2	Das verwendete Konzept.....	285
5.7.3	Die Entwicklungsschwerpunkte.....	286
5.7.3.1	Abgasverhalten.....	286
5.7.3.2	Geräuschverhalten.....	286
5.7.3.3	Kraftstoffverbrauch.....	286

	5.7.3.4	Mechanische Standfestigkeit.....	288
	5.7.3.5	Package/Gewicht.....	288
	5.7.3.6	Kosten.....	289
	5.7.4	Zusammenfassung und Bewertung.....	290
5.8		Alternative Kraftstoffe im Vergleich.....	290
	5.8.1	Systematik der Möglichkeiten für die Versorgung mobiler Verbraucher mit Antriebsenergie.....	290
	5.8.2	Kriterien für die Auswahl von Energieträgern für den Straßenverkehr.....	291
	5.8.3	Konventionelle Kraftstoffe und Möglichkeiten zu ihrer Weiterentwicklung.....	293
	5.8.4	Wesentliche Gründe für alternative Energieträger im Fahrzeug.....	293
	5.8.5	Biogene Kraftstoffe.....	294
	5.8.6	Methanol.....	294
	5.8.7	Erdgas.....	295
	5.8.8	Wasserstoff.....	295
<b>6</b>		<b>Aufbau.....</b>	<b>298</b>
6.1		Karosseriebauweisen.....	298
	6.1.1	Selbsttragende Karosserie.....	298
	6.1.1.1	Entwicklungsanforderungen.....	298
	6.1.1.2	Außenhaut.....	298
	6.1.1.2.1	Design.....	298
	6.1.1.2.2	Aerodynamik und Aeroakustik.....	299
	6.1.1.3	Package.....	300
	6.1.1.4	Karosseriestruktur.....	301
	6.1.1.4.1	Unterboden.....	301
	6.1.1.4.2	Auftau.....	303
	6.1.1.4.3	Zusammenbau Seitenwand.....	304
	6.1.1.4.4	Dach.....	304
	6.1.1.4.5	Anbauteile.....	305
	6.1.1.4.6	Verbindungstechnik.....	305
	6.1.1.5	Karosserieeigenschaften.....	306
	6.1.1.5.1	Zusammenbautoleranzen.....	306
	6.1.1.5.2	Karosseriesteifigkeiten.....	307
	6.1.1.5.3	Aufprallverhalten.....	307
	6.1.1.6	Ausblick.....	308
	6.1.2	Space-Frame/Beplankungen.....	308
	6.1.2.1	Einleitung.....	308
	6.1.2.2	AUDI-Space-Frame-Konzept.....	309
	6.1.2.3	Werkstoffe.....	310
	6.1.2.4	Bauelemente des ASF.....	311
	6.1.2.5	Fertigungstechnik.....	312
	6.1.2.6	Eigenschaften des ASF.....	313
	6.1.2.7	Energiebilanz.....	314
	6.1.2.8	Ausblick.....	316
	6.1.3	Cabriolet.....	316
	6.1.3.1	Einführung.....	316
	6.1.3.2	Rohbau.....	317
	6.1.3.2.1	Karosseriesteifigkeit.....	318
	6.1.3.2.2	Karosserietilger.....	318
	6.1.3.3	Unfallfolgenmildernde Sicherheit.....	319
	6.1.3.4	Türen.....	319
	6.1.3.5	Verdeck.....	319
	6.1.3.5.1	Verdeckauftau.....	320
	6.1.3.5.2	Textilumfang.....	320
	6.1.3.5.3	Dichtungen.....	320
	6.1.4	Mischbauweise.....	321
6.2		Materialien der Karosserie.....	330
	6.2.1	Metalle im Karosseriebau.....	331



6.2.2	Nichtmetalle im Karosseriebau.....	342
6.2.3	Multifunktionale Materialien im Karosseriebau - smart materials - der Zukunft.....	345
6.3	Oberflächenschutz.....	347
6.3.1	Nutzen des Oberflächenschutzes.....	347
6.3.1.1	Korrosionsschutz.....	347
6.3.1.2	Oberflächenschutz.....	348
6.3.1.3	Transportschutz.....	348
6.3.2	Entwicklung und Produktion des Oberflächenschutzes.....	348
6.3.2.1	Blechvorbeschichtung.....	349
6.3.2.2	Maßnahmen in der Karosseriekonstruktion.....	349
6.3.2.3	Maßnahmen in der Produktion.....	350
6.3.2.3.1	Kleben und Dichten.....	350
6.3.2.3.2	Vorbehandlung.....	350
6.3.2.3.3	Elektrotauchlackierung.....	352
6.3.2.3.4	Grund- und Decklackierung.....	353
6.3.2.4	Hohlraumkonservierung und Unterbodenschutz.....	354
6.3.2.4.1	Hohlraumkonservierung.....	354
6.3.2.4.2	Unterbodenschutz.....	355
6.3.2.5	Transportschutz.....	355
6.3.3	Ausblick.....	355
6.4	Fahrzeuginnenraum.....	356
6.4.1	Ergonomie und Komfort.....	356
6.4.1.1	Ergonomische Anforderungen an das „Gesamtfahrzeug“.....	356
6.4.1.2	Ergonomische Grundausslegungen.....	359
6.4.1.3	Entwicklungsmethoden, Einbindung der Ergonomie in dem Entstehungsprozess.....	363
6.4.2	Kommunikationssysteme und Navigation.....	366
6.4.2.1	Ziele und Lösungen.....	366
6.4.2.2	Autoradio.....	366
6.4.2.2.1	RDS (Radio Data System).....	367
6.4.2.2.2	TMC.....	367
6.4.2.2.3	DARC.....	368
6.4.2.3	DAB.....	368
6.4.2.4	Autotelefon.....	368
6.4.2.4.1	Einbau von Handys ins Fahrzeug.....	369
6.4.2.4.2	Festeinbautelefone.....	369
6.4.2.4.3	Radiophone.....	369
6.4.2.5	Bakenkommunikation.....	370
6.4.2.6	Navigation.....	370
6.4.2.6.1	Dynamische Navigation.....	370
6.4.2.7	Verkehrstelematik.....	371
6.4.2.8	Fahrerinformationssysteme.....	371
6.4.3	Innenraumbehaglichkeit/Thermischer Komfort.....	372
6.4.3.1	Komfortbedürfnisse des Autofahrers.....	373
6.4.3.2	Funktionen und Auftau des Klimagerätes.....	374
6.4.3.2.1	Funktionen des Klimagerätes - Luft fördern.....	375
6.4.3.2.2	Funktionen des Klimagerätes - Luft temperieren und entfeuchten.....	375
6.4.3.2.3	Funktionen des Klimagerätes - Luft verteilen.....	376
6.4.3.2.4	Funktionen des Klimagerätes - Luft reinigen.....	377
6.4.3.2.5	Bauformen des Klimagerätes.....	378
6.4.3.2.6	Auslegung des Klimagerätes.....	379
6.4.3.3	Regelung von Klimaanlage.....	379
6.4.3.3.1	Automatisierungsgrade.....	379
6.4.3.3.2	Bedienung von Klimaanlage, Ergonomie.....	380
6.4.3.3.3	Stellantriebe und Sensoren.....	381
6.5	Fahrzeugsicherheit.....	382
6.5.1	Allgemein.....	382

6.5.2	Gebiete des Fahrzeugsicherheit.....	383
6.5.3	Daten der Unfallstatistik.....	385
6.5.4	Biomechanik und Schutzkriterien.....	387
6.5.4.1	Biomechanik.....	387
6.5.4.1.1	Grundlagen.....	387
6.5.4.1.2	Belastungsgrenzen.....	387
6.5.4.2	Schutzkriterien.....	389
6.5.4.3	Simulationseinrichtungen.....	390
6.5.4.3.1	Kopf.....	390
6.5.4.3.2	Rumpf.....	390
6.5.4.3.3	Gesamtkörper.....	390
6.5.5	Quasistatische Anforderungen an die Karosserie.....	391
6.5.5.1	Sitz- und Sicherheitsgurtverankerungspunkt-Test.....	391
6.5.5.2	Dachfestigkeit.....	391
6.5.5.3	Seitenstruktur.....	391
6.5.6	Dynamische Fahrzeugkollision.....	392
6.5.6.1	Frontale Kollision.....	392
6.5.6.2	Seitliche Kollision.....	394
6.5.6.3	Heckkollision und Fahrzeugüberschlag.....	394
6.5.6.4	Karosserie.....	395
6.5.7	Insassenschutz.....	395
6.5.7.1	Fahrzeuginnenraum.....	395
6.5.7.2	Rückhaltesysteme.....	395
6.5.7.2.1	Sicherheitsgurte.....	396
6.5.7.2.2	Kinderrückhaltesysteme.....	396
6.5.7.2.3	Airbag-Systeme.....	397
6.5.7.2.4	Sitze, Sitzlehne und Kopfstütze.....	397
6.5.8	Zusammenwirken von Rückhaltesystemen und Fahrzeug.....	398
6.5.8.1	Unangegurterter.....	398
6.5.8.2	Dreipunktgurt.....	399
6.5.8.3	Airbag-Systeme.....	399
6.5.8.4	Einflüsse auf die Leistungsfähigkeit der Rückhaltesysteme.....	400
6.5.9	Seitenkollisionen.....	400
6.5.9.1	Theoretische Betrachtung.....	401
6.5.9.2	In den USA definierter Seitenaufpralltest.....	401
6.5.10	Kompatibilität.....	402
6.5.10.1	Allgemeine Aussage.....	402
6.5.10.2	PKW/LKW-Kollision.....	403
6.5.10.3	Die Fußgängerkollision.....	403
6.5.11	Rechnerunterstützung bei der Entwicklung von Sicherheitskomponenten.....	404
6.5.11.1	Grundlagen.....	404
6.5.11.2	Beschreibung der numerischen Werkzeuge.....	405
6.5.11.3	Komponentenberechnung.....	405
6.5.11.4	Gesamtfahrzeugauslegung.....	406
6.5.11.5	Gesamtmodell.....	406
6.5.11.5.1	Fahrzeugmodell.....	406
6.5.11.5.2	Insassensimulation.....	407
6.5.12	Zusammenfassung.....	408
	<b>Fahrwerk.....</b>	<b>409</b>
7.1	Allgemeines.....	409
7.1.1	Definition des Begriffs Fahrwerk.....	409
7.1.2	Aufgaben des Fahrwerks.....	409
7.1.3	Fahrdynamik und Fahrwerkskräfte.....	410
7.1.3.1	Querdynamik: Fahrwerkskräfte in Querrichtung.....	410
7.1.3.1.1	Lenken der Räder.....	410
7.1.3.1.2	Stabilisieren des Fahrzeugs auf einer vorgegebenen Bahn.....	411
7.1.3.2	Längsdynamik: Fahrwerkskräfte in Fahrzeuginnenrichtung.....	412

	7.1.3.3	Vertikaldynamik: Fahrwerkskräfte in Fahrzeughochrichtung	412
	7.1.4	Basis-Zielkonflikt	413
7.2		Bremsen	415
	7.2.1	Einführung	415
	7.2.2	Grundlagen von Bremsystemen	415
	7.2.2.1	Physikalische Grundlagen	415
	7.2.2.2	Arten von Bremsanlagen	415
	7.2.2.3	Gesetzliche Vorschriften	416
	7.2.2.4	Bremskreisanteile	416
	7.2.2.5	Bremsvorgang	416
	7.2.2.6	Bremsauslegung	417
	7.2.2.6.1	Bremskraftverteilung (BKV)	417
	7.2.2.6.2	BKV-Diagramm	418
	7.2.2.6.3	Dimensionierung	418
	7.2.2.6.4	Thermische Auslegung	418
	7.2.2.6.5	Pedalcharakteristik (Ergonomie)	418
	7.2.3.	Radbremse	419
	7.2.3.1	Trommelbremsen	419
	7.2.3.1.1	Feststellbremse	419
	7.2.3.1.2	Simplex Trommelbremse	419
	7.2.3.1.3	Duplex Trommelbremse	420
	7.2.3.1.4	Duo-Servo-Trommelbremsen	420
	7.2.3.1.5	Bremstrommeln	420
	7.2.3.1.6	Berechnung von Trommelbremsen	421
	7.2.3.2	Scheibenbremsen	421
	7.2.3.2.1	Scheibenbremsen-Bauformen	421
	7.2.3.2.2	Bremsscheiben	422
	7.2.3.2.3	Festsattel	422
	7.2.3.2.4	Rahmensattel	423
	7.2.3.2.5	Faustsattel	423
	7.2.3.2.6	Optimierte Faustsattelkonstruktionen	423
	7.2.3.2.7	Berechnung der Scheibenbremsen	423
	7.2.3.2.8	Kombinierter Faustsattel	424
	7.2.3.3	Werkstoffe	424
	7.2.3.4	Bremsbeläge	425
	7.2.4	Betätigung	425
	7.2.4.1	Tandem-Hauptzylinder	425
	7.2.4.1.1	Schnüffelloch-Tandem-Hauptzylinder	425
	7.2.4.1.2	Zentralventil-Tandem-Hauptzylinder	426
	1.2.4A3	Plunger-Tandem-Hauptzylinder	426
	7.2.4.2	Behälter	427
	7.2.4.3	Bremskraftverstärker	427
	7.2.4.3.1	Vakuum-Bremskraftverstärker	427
	7.2.4.3.2	Vakuumpumpe	428
	7.2.4.3.3	Funktionserweiterte Vakuum-Bremskraftverstärker	429
	7.2.4.3.4	Hydraulik-Bremskraftverstärker	429
	7.2.4.4	Bremskraftverteiler	429
	7.2.4.4.1	Bremsdruckbegrenzer	430
	7.2.4.4.2	Druckabhängige Druckminderer (festeingestellt)	430
	7.2.4.4.3	Lastabhängige Druckminderer	430
	7.2.4.5	Übertragungseinrichtungen (Verbindungen)	430
	7.2.4.6	Bremsflüssigkeit	430
	7.2.5	Elektronische Regelsysteme	431
	7.2.5.1	Allgemeines	431
	7.2.5.2	Physikalische Grundlagen	431
	7.2.5.2.1	Dynamik des gebremsten oder angetriebenen Rades	431
	7.2.5.2.2	Kraftschluss in Längsrichtung	431
	7.2.5.2.3	Kraftschluss in Querrichtung	432

	7.2.5.2.4	Kombination des Kraftschlusses in Längs- und Querrichtung . . . .	432
7.2.5.3		Sensoren für elektronische (Brems-)Regelsysteme . . . . .	433
	7.2.5.3.1	Radsensoren . . . . .	433
	7.2.5.3.2	Wegsensor in der Betätigung . . . . .	435
	7.2.5.3.3	Beschleunigungsschalter/Beschleunigungssensor . . . . .	435
	7.2.5.2.4	Lenkradwinkelsensor . . . . .	435
	7.2.5.3.5	Querbeschleunigungssensor . . . . .	435
	7.2.5.3.6	Gierratensensor . . . . .	435
	7.2.5.3.7	Drucksensor . . . . .	436
7.2.5.4		Hydraulisch/elektronische Regeleinheit für elektronische (Brems-)Regelsysteme . . . . .	436
7.2.5.5		Elektronische Regeleinheit für elektronische (Brems-)Regelsystem . . . . .	437
7.2.5.6		Bremsen mit AbS . . . . .	437
	7.2.5.6.1	ABS-Funktionalität . . . . .	437
	7.2.5.6.2	Arbeitsbereich des ABS . . . . .	438
7.2.5.7		Elektronische Bremskraftverteilung (EBV) . . . . .	439
7.2.5.8		Erweitertes Stabilitäts-Bremssystem (ESBS) . . . . .	440
7.2.5.9		Antriebsschlupfregelung (ASR) . . . . .	440
	7.2.5.9.1	ASR-Funktionalität . . . . .	440
	7.2.5.9.2	Bremsregelung der ARS (BASR) . . . . .	440
	7.2.5.9.3	Motorregelung der ASR (MASR) . . . . .	440
	7.2.5.9.4	Motor-Schleppmomenten-Regelung (MSR) . . . . .	440
7.2.5.10		Elektronisches Stabilitäts Programm (ESP) . . . . .	440
7.2.6		Assistenzsysteme . . . . .	441
	7.2.6.1	Bremsassistent (BA) . . . . .	441
	7.2.6.1.1	Elektronischer Bremsassistent . . . . .	441
	7.2.6.1.2	Mechanischer Bremsassistent . . . . .	442
	7.2.6.1.3	Hydraulischer Bremsassistent . . . . .	442
7.2.7		Entwicklung zukünftiger Bremssysteme . . . . .	443
	7.2.7.1	Elektrische Parkbremse (EPB) und aktive Parkbremse (APB) . . . . .	443
	7.2.7.2	Elektro-Hydraulische Bremse (EHB) . . . . .	444
	7.2.7.3	Elektro-Mechanische Bremse (EMB) . . . . .	445
7.3		Reifen . . . . .	447
	7.3.1	Einführung . . . . .	447
	7.3.2	Reifenauftau . . . . .	447
	7.3.3	Anforderungen an Reifen . . . . .	448
	7.3.3.1	Gebrauchseigenschaften . . . . .	448
	7.3.3.2	Gesetzliche Anforderungen . . . . .	452
	7.3.3.3	Reifen und Räder, Normung . . . . .	452
7.3.4		Kraftübertragung Reifen - Fahrbahn . . . . .	453
	7.3.4.1	Tragverhalten . . . . .	453
	7.3.4.2	Kraftschlussverhalten, Auftau von Horizontalkräften . . . . .	453
	7.3.4.3	Antreiben und Bremsen, Umfangskräfte . . . . .	453
	7.3.4.4	Schräglauf, Kräfte und Momente . . . . .	454
	7.3.4.5	Reifen unter Quer- und Längsschlupf . . . . .	455
	7.3.4.6	Reifengleichförmigkeit . . . . .	455
7.3.5		Reifen als integraler Baustein des Gesamtsystems Fahrzeug . . . . .	456
	7.3.5.1	Reifenmechanik, Materialeigenschaften . . . . .	457
	7.3.5.2	Reifenmodelle . . . . .	458
	7.3.5.3	Gesamtmodelle . . . . .	458
	7.3.5.4	Beschreibung des Fahrverhaltens . . . . .	459
	7.3.5.5	Synergien zwischen Reifen und anderen Systemkomponenten . . . . .	459
7.3.6		Zukünftige Reifentechnologien . . . . .	459
	7.3.6.1	Reifensysteme mit Notlaufseigenschaften . . . . .	459
	7.3.6.2	Reifenbezogene Zusatzprodukte . . . . .	459
	7.3.6.3	Auf Reifen abgestimmte Komponenten im Federungssystem . . . . .	459
	7.3.6.4	Zusatzfunktionen bei Reifen . . . . .	459
	7.3.6.5	Materialentwicklungs . . . . .	459

7.4	Fahrwerksauslegung.....	460
7.4.1	Kinematik der Radaufhängung.....	460
7.4.1.1	Radhubkinematik.....	460
7.4.1.2	Lenkinematik.....	462
7.4.2	Elastokinematik.....	463
7.4.2.1	Wirkung von Bauteilelastizitäten.....	463
7.4.2.2	Elastomerlager.....	464
7.4.2.3	Wirkung äußerer Kräfte.....	466
7.4.3	Radaufhängungen.....	469
7.4.3.1	Starrachsen.....	470
7.4.3.2	Einzelradaufhängungen.....	471
7.4.3.3	Verbundachsen.....	473
7.4.4	Federung, Dämpfung, Stabilisatoren.....	474
7.4.4.1	Tragfeder.....	474
7.4.4.2	Stabilisierung.....	478
7.4.4.3	Schwingungsdämpfung.....	479
7.4.4.4	Vertikaldynamiksysteme.....	481
7.4.4.5	Ausblick.....	485
7.4.5	Lenkung.....	486
7.4.5.1	Lenkungskinetik.....	487
7.4.5.2	Lenkgetriebe und -gestänge.....	496
7.4.5.3	Lenkunterstützung.....	497
7.4.6	Aktive Lenksysteme.....	501
7.4.6.1	Einleitung.....	501
7.4.6.2	Aktive Vorderradlenkungen.....	502
7.4.6.2.1	Aktive Servolenkungen.....	502
7.4.6.2.2	Überlagerungslenkungen.....	503
7.4.6.2.3	„Steerby wire“-Lenksysteme.....	503
7.4.6.3	Aktive Hinterradlenkungen.....	505
7.4.6.3.1	Hinterradlenkungen ohne fahrdynamische Regelung.....	506
7.4.6.3.2	Hinterradlenkungen mit fahrdynamischer Regelung.....	507
7.5	Beurteilungskriterien.....	509
7.5.1	Subjektive Fahreigenschaftsbeurteilung.....	509
7.5.2	Objektive Fahreigenschaftsbeurteilung.....	509
7.5.2.1	Geradeausfahrt.....	511
7.5.2.2	Kurvenverhalten.....	513
7.5.2.3	Übergangsverhalten.....	514
7.5.2.4	Ausblick.....	515
7.6	Kraftstoffsystem.....	516
7.6.1	Gesetzliche und kundenspezifische Vorschriften.....	516
7.6.1.1	Gesetzliche Vorschriften.....	516
7.6.1.2	Kundenspezifische Vorschriften.....	517
7.6.2	Anordnung im Fahrzeug.....	517
7.6.3	Systemvarianten.....	518
7.6.3.1	Externes Ausgleichsvolumen (z.B. BMW 3er).....	518
7.6.3.2	Internes Ausgleichsvolumen (z.B. Audi A4).....	518
7.6.4	Kraftstoff-Behälter.....	518
7.6.4.1	Metall-Kraftstoff-Behälter.....	518
7.6.4.2	Kunststoff-Kraftstoff-Behälter.....	519
7.6.5	Fördersysteme.....	520
7.6.5.1	Förderung des Kraftstoffs.....	520
7.6.5.2	Elektro-Kraftstoff-Pumpe (EKP) und deren Anordnung.....	520
7.6.5.3	Anforderungen zur elektrischen/elektronischen Systemeinbindung.....	521
7.6.5.4	Saugstrahlpumpe.....	521
7.6.5.5	Schwalltopf.....	522
7.6.6	Filterung des Kraftstoffs.....	522
7.6.7	Volumen-Messeinrichtung.....	522
7.6.7.1	Hebelgeber.....	523

7.6.7.2	Tauchrohrgeber.....	523
7.6.8	Sonderlösungen, Zusatz-Kraftstoff-Behälter.....	523
7.6.9	Kraftstoffversorgungsanlagen für alternative Energien.....	524
7.6.9.1	Alternative Kraftstoffe.....	524
7.6.9.2	Kundenanforderungen und gesetzliche Vorschriften.....	524
7.6.9.3	Anordnungen im Fahrzeug.....	524
7.6.9.4	Kraftstoffbehälter.....	524
7.6.9.5	Fördersysteme und Volumenmessung.....	526
<b>8</b>	<b>Elektrik/Elektronik.....</b>	<b>528</b>
8.1	Beleuchtung.....	528
8.1.1	Zulassung.....	528
8.1.2	Lichttechnische Begriffe.....	528
8.1.3	Scheinwerfer.....	528
8.1.3.1	Historische Entwicklung.....	528
8.1.3.2	Scheinwerferarten.....	529
8.1.3.3	Reflektortechnologie.....	529
8.1.3.4	Abschlusscheibe.....	531
8.1.3.5	Scheinwerfer-Einstellung.....	532
8.1.3.6	Scheinwerfer-Lichtquellen.....	533
8.1.3.7	Xenonlicht.....	534
8.1.4	Lichtbewertung.....	535
8.1.5	Tagfahrlicht.....	535
8.1.6	Zusatzscheinwerfer.....	536
8.1.7	Signalleuchten.....	536
8.1.7.1	Lichtquellen für Signalleuchten.....	537
8.1.7.2	Bauformen.....	537
8.1.8	Beleuchtungsstyling.....	537
8.1.9	Zukunftsentwicklung.....	538
8.2	Sensorik/Aktuatorik/Systemtechnik.....	538
8.2.1	Einleitung.....	538
8.2.2	Allgemeines.....	539
8.2.3	Sensorik.....	540
8.2.4	Aktuatorik.....	542
8.2.5	Kabel.....	543
8.2.6	Verbindungstechnik.....	544
8.2.7	Grundzüge der Signalverarbeitung und-Übertragung.....	544
8.2.8	Grundzüge der Steuer- und Regelungstechnik/Elektronik.....	546
8.2.9	Systemintegration, Plattformen.....	547
8.2.10	Offene Fragen - aktuelle Probleme.....	548
8.3	Bordnetz/CAN.....	549
8.3.1	Einleitung.....	549
8.3.1.1	Heutige Bordnetzstrukturen.....	549
8.3.1.2	Entwicklungstendenzen zukünftiger Bordnetze.....	549
8.3.2	Klauenpolgenerator.....	549
8.3.2.1	Auftau und Wirkungsweise.....	549
8.3.2.2	Leistungs- und Wirkungsgradverhalten.....	550
8.3.2.3	Spannungsregelung.....	550
8.3.3	Batterien.....	552
8.3.3.1	Batteriekenngrößen.....	552
8.3.3.2	Betriebsverhalten von Bleibatterien.....	552
8.3.3.3	Zweibatterienbordnetz.....	553
8.3.4	Zukünftige Bordnetzarchitekturen.....	553
8.3.4.1	Zweispannungsbordnetz 42 V/14 V.....	553
8.3.4.2	Signal- und Leistungsverteilung.....	554
8.3.4.3	Energiemanagement.....	555
8.3.5	CAN (Controller Area Network).....	556
8.3.5.1	Motivationen.....	556

	8.3.5.2	Einsatzgebiete.....	556
	8.3.5.3	Buskonfiguration.....	557
	8.3.5.4	Busvergabe und Adressierung.....	557
	8.3.5.5	Botschaftsformat.....	558
	8.3.5.6	Störungserkennung und -behandlung.....	559
	8.3.5.7	Implementierung.....	559
	8.3.5.8	Standardisierung.....	560
	8.3.5.9	Zusammenfassung.....	560
8.4		Multimedia Systeme im Kfz.....	560
	8.4.1	Analoge Rundfunksysteme.....	561
	8.4.1.1	Störeinflüsse des mobilen Rundfunkempfangs.....	561
	8.4.1.2	Rundfunk Zusatzdienste.....	561
	8.4.1.3	Autoradiogeräte für den Empfang analoger Rundfunkdienste.....	562
	8.4.2	Digitale Rundfunksysteme.....	562
	8.4.2.1	Digital Audio Broadcasting.....	563
	8.4.2.2	Digital Radio Mondiale.....	564
	8.4.2.3	Autoradiogeräte für den Empfang digitaler Rundfunksysteme.....	564
	8.4.3	Multimedia Vernetzung.....	564
	8.4.3.1	Evolution der Multimedia-Vernetzung im Kfz.....	565
8.5		Elektromagnetische Verträglichkeit.....	566
	8.5.1	Eigenentstörung.....	566
	8.5.2	Störfestigkeit gegen externe elektromagnetische Felder.....	567
	8.5.3	Fernentstörung.....	568
	8.5.4	Normen und Richtlinien.....	568
	8.5.5	Sicherstellung der EMV.....	568
<b>9</b>		<b>Werkstoffe und Fertigungsverfahren.....</b>	<b>569</b>
9.1		Ein Blick zurück.....	569
9.2		Werkstoffe moderner Kraftfahrzeuge.....	571
	9.2.1	Materialanteile im Automobilbau.....	572
	9.2.2	Anforderungen und Zielkonflikte.....	573
	9.2.3	Fortschritte in den Leistungsmerkmalen.....	573
	9.2.3.1	Festigkeit und Verarbeitung.....	573
	9.2.3.1.1	Stahlwerkstoffe.....	573
	9.2.3.1.2	Leichtmetalle.....	576
	9.2.3.1.3	Edelmetalle.....	583
	9.2.3.1.4	Kunststoffe.....	583
	9.2.3.1.5	Verglasung.....	587
	9.2.3.2	Verschleißschutz.....	588
	9.2.3.3	Korrosionsschutz.....	589
	9.2.4	Fortschritte in der Fügetechnik.....	591
	9.2.4.1	Schweißen und Löten.....	591
	9.2.4.2	Mechanische Fügeverfahren.....	592
	9.2.4.3	Kleben.....	594
	9.2.5	Fortschritte in der Um- und Urformung.....	595
	9.2.5.1	Metalle.....	595
	9.2.5.2	Polymere.....	599
	9.2.6	Fortschritte in der Umweltverträglichkeit.....	601
9.3		Wie geht es weiter?.....	607
<b>10</b>		<b>Produktentstehungsprozess.....</b>	<b>609</b>
10.1		Simultaneous Engineering und Projektmanagement im Produktentstehungsprozess.....	609
	10.1.1	Einleitung.....	609
	10.1.2	Der simultane Entwicklungsprozess - Simultaneous Engineering.....	609
	10.1.3	Vorentwicklung.....	610
	10.1.3.1	Erstellung eines Lastenheftes und Programmplanung.....	610
	10.1.3.2	Prozessablaufplanung.....	612
	10.1.3.3	Simultane Planung der internen und externen Entwicklung und Fertigung.....	616

10.1.3.4	Analytische Konstruktion und analytischer Fertigungsprozess.....	617
10.1.4	Serienentwicklung.....	618
10.1.4.1	Management des simultanen Entwicklungs- und Fertigungsprozesses.....	619
10.1.4.2	Reduzierter Testaufwand durch weniger Prototypstufen.....	620
10.1.5	Ausblick.....	621
10.2	Berechnung und Simulation.....	622
10.2.1	Einleitung.....	622
10.2.2	Organisatorische Gesichtspunkte.....	623
10.2.3	Methoden und Verfahren.....	623
10.2.3.1	Strukturberechnung.....	624
10.2.3.2	Strömungsberechnung.....	628
10.2.3.3	Simulationstechniken zur Unterstützung des Versuchs.....	631
10.3	Mess- und Versuchstechnik.....	632
10.3.1	Kurzer Rückblick.....	632
10.3.2	Grundsätzliches zur Mess- und Versuchstechnik im Automobilbau.....	632
10.3.3	Einige ausgewählte Beispiele.....	638
10.3.4	Zur Effizienz der Mess- und Versuchstechnik.....	639
10.4	Qualitätssicherung.....	640
<b>11</b>	<b>Automobil und Verkehr - Wie kann es weitergehen?.....</b>	<b>642</b>
11.1	Auto und Verkehr im Spannungsfeld von Wunsch, Wissenschaft und Wirklichkeit.....	642
11.2	Zur Gestaltung des Gesamtsystems Verkehr.....	642
11.3	Verkehrstechnologie-Management.....	647
11.4	Verkehrsorganisations-Management.....	648
<b>12</b>	<b>Ausblick - Wo geht es hin?.....</b>	<b>650</b>