

Dr.-Ing. Dieter Anselm

# Die Pkw-Karosserie

Konstruktion  
Deformationsverhalten  
Unfallinstandsetzung

Vogel Buchverlag



# Inhaltsverzeichnis

Vorwort .....	5
Einführung .....	13
<b>1 Rund ums Automobil .....</b>	<b>15</b>
1.1 Die Automobilindustrie heute .....	17
1.2 Grenzen des Automobils .....	18
1.3 Verändertes Anforderungsprofil .....	21
1.4 Europäische Forschung und Entwicklung .....	24
1.5 Die japanische Herausforderung .....	25
1.6 Die Öffnung der Grenzen nach dem Osten .....	26
1.7 Europäische Union .....	27
1.8 Das Auto im Jahr 2000 .....	28
<b>2 Konstruktion von Pkw-Karosserien .....</b>	<b>31</b>
2.1 Karosseriebauweisen .....	32
2.2 Ablauf der Karosserieentwicklung .....	35
2.2.1 Entwicklungsstrategien .....	36
2.2.1.1 Image .....	37
2.2.1.2 Entwicklungsablauf .....	38
2.2.1.3 Simultaneous Engineering .....	39
2.2.1.4 Projektmanagement .....	41
2.2.1.5 Entwicklungszeit .....	42
2.2.2 Entwicklungsschritte .....	42
2.2.2.1 Grundkonzept .....	42
2.2.2.2 Produktentwicklung .....	48
2.2.2.3 Design .....	53
2.2.2.4 Karosseriekonstruktion .....	64
2.2.2.5 Musterbau .....	66
2.2.2.6 Versuchsfahrzeugbau .....	67
2.2.2.7 Vorserie/Nullserie .....	68
2.3 Karosseriestruktur .....	69
2.3.1 Konstruktionsprinzipien .....	69
2.3.1.1 Fahrgastzelle .....	72
2.3.1.2 Vorderwagen .....	80
2.3.1.3 Hinterwagen .....	86
2.3.1.4 Karosserieanbauteile .....	88
2.3.2 Spezielle Konstruktionen .....	101
2.3.2.1 Coupés .....	101
2.3.2.2 Kombifahrzeuge .....	102
2.3.2.3 Großraumlimousinen/Vans .....	106



2.3.2.4	Kleinwagen .....	111
2.3.2.5	Geländewagen .....	116
2.3.2.6	Offene Fahrzeuge .....	123
2.3.2.7	Sportwagen .....	131
2.3.2.8	Rennsportfahrzeuge .....	133
2.3.2.9	Gepanzerte Limousinen und Werttransporter .....	135
2.3.2.10	Fahrzeuge mit variabler Karosserie .....	136
2.3.3	Beanspruchung der Karosserie .....	137
2.3.4	Berechnungsmethoden .....	140
2.3.4.1	Computer Aided Engineering .....	140
2.3.4.2	Mathematische Ausgangspunkte .....	141
2.3.4.3	Lebensdauerberechnung .....	142
2.3.4.4	Finite-Element-Methode .....	143
2.3.4.5	Computer Aided Optimization .....	147
2.3.4.6	Crashsimulationsverfahren .....	147
2.3.4.7	Modalanalyse .....	148
2.3.4.8	Mehrkörpersysteme .....	149
2.3.4.9	Expertensysteme .....	150
2.3.4.10	Umformsimulation .....	150
2.3.5	Gewichtsoptimierung .....	151
2.3.5.1	Gewichtsentwicklung .....	151
2.3.5.2	Einsparpotential .....	154
2.3.5.3	Karosserieoptimierung .....	155
2.3.5.4	Kraftstoffverbrauch .....	156
2.3.5.5	Materialsubstitution .....	157
2.3.6	Einflüsse auf die Konstruktion .....	162
2.3.6.1	Aerodynamik .....	162
2.3.6.2	Akustik .....	166
2.3.6.3	Qualität .....	175
2.3.6.4	Betriebsfestigkeit .....	179
2.3.7	Materialien .....	182
2.4	Innenraum .....	183
2.4.1	Design .....	184
2.4.2	Designentwicklung .....	186
2.4.3	Ergonomie .....	187
2.4.4	Insassenschutz .....	188
2.4.5	Komponenten .....	189
2.4.5.1	Karosseriekomfort .....	189
2.4.5.2	Fahrerarbeitsplatz .....	189
2.4.5.3	Betätigungshebel .....	190
2.4.5.4	Instrumente .....	190
2.4.5.5	Rundumsichtfeld .....	191
2.4.5.6	Spiegel .....	191
2.4.5.7	Innenverkleidung .....	191
2.4.5.8	Sonnenblende .....	192
2.4.5.9	Instrumenten- bzw. Schalttafel (Armaturentafel bzw. -brett)/Mittelkonsole .....	193
2.4.5.10	Handschuhkastenklappe .....	194
2.4.5.11	Kombinationsinstrument .....	194
2.4.5.12	Anzeigen .....	194
2.4.5.13	Geschwindigkeitsmeßinstrument .....	195
2.4.5.14	Multi-Informationsdisplay .....	195
2.4.5.15	Bordmonitor .....	195



2.4.5.16	Lenksäule	196
2.4.5.17	Lenkrad	196
2.4.5.18	Cockpit-Modul	197
2.4.5.19	Türverkleidungen	197
2.4.5.20	Sitze	197
2.4.5.21	Kindersitzbank	201
2.4.5.22	Armlehne	201
2.4.5.23	Durchlademöglichkeit	201
2.4.5.24	Verzurrösen	202
2.4.5.25	Kofferraum-Innenverkleidung	202
2.4.5.26	Rückhaltesysteme	202
2.4.5.27	Kopfstütze	202
2.4.5.28	Heizung und Lüftung	203
2.4.5.29	Latentwärmespeicher	204
2.4.5.30	Klimaanlage	205
2.4.5.31	Staub- und Pollenfilter	205
2.4.5.32	Elektrik	206
2.5	Motor-/Getriebeanordnung	206
2.5.1	Triebwerk	206
2.5.2	Getriebe	207
2.5.3	Motorraum	207
2.5.4	Produktthaftpflicht	208
2.6	Insassensicherheit	208
2.6.1	Unfallforschung	211
2.6.1.1	Experimental Safety Vehicle	211
2.6.1.2	Crashversuche	212
2.6.1.3	Unfallgeschehen	213
2.6.1.4	Kosten-Nutzen-Analysen	214
2.6.2	Aktive Sicherheit	215
2.6.3	Passive Sicherheit	217
2.6.3.1	Selbstschutz	218
2.6.3.2	Partnerschutz	227
2.6.3.3	Fahrzeugschutz	234
2.7	Materialwirtschaft	235
2.7.1	Logistik	235
2.7.2	Fertigungstiefe	237
2.7.3	Umweltgerechte Materialwirtschaft	240
2.8	Fertigung	241
2.8.1	Fertigungskosten	242
2.8.2	Verfahrenstechnik	243
2.8.3	Modularisierung	243
2.8.4	Fertigungsvorbereitung	247
2.8.5	Fertigungsablauf	248
2.8.6	Qualitätskontrolle/Qualitätssicherung	249
2.8.7	Schlanke Produktion	251
3	Deformationsverhalten von Pkw-Karosserien	257
3.1	Crash-Berechnungsmethoden	257
3.2	Energieumsetzung	260
3.2.1	Vorderwagen	260
3.2.2	Motorlängsträger	261
3.2.3	Deformation der Seite	264
3.2.4	Maximale Energieaufnahme	265

3.2.5	Abknickung	265
3.2.6	Unstetigkeiten	266
3.2.7	Vermessung von Crashfahrzeugen	266
3.3	Empirische Versuche	266
3.3.1	Gesetzliche Crashversuche in Europa	269
3.3.2	Hybrid-Versuche	270
3.3.3	US-Tests	272
3.3.4	Seitencrash nach Euro-Norm	274
3.3.5	Crashreparaturtest	274
3.3.6	Andere Testverfahren	275
3.3.7	Crash der Fachpresse	277
3.3.8	Überschlagtest an Cabrios	277
3.3.9	Crashdurchführung	278
3.3.10	Testpuppen	278
3.4	Deformationsverhalten von Fahrzeugkomponenten	281
3.4.1	Komponenten im Frontbereich	282
3.4.1.1	Äußere Form	282
3.4.1.2	Vorderer Querträger	283
3.4.1.3	Vorderer Längsträger	284
3.4.1.4	Stoßfänger	292
3.4.1.5	Energieabsorbierende Elemente	295
3.4.1.6	Blechteile im Frontbereich	302
3.4.1.7	Aggregateteile im Frontbereich	306
3.4.2	Komponenten im Heckbereich	309
3.4.3	Komponenten im Seiten- und Dachbereich	314
4	Reparaturverhalten von Pkw-Karosserien	319
4.1	Schadenbilder	321
4.1.1	Schadenanalyse	322
4.1.2	Richtbankbenutzung	323
4.1.3	Einfachschaden	324
4.1.4	Strukturschaden	325
4.1.5	Einfacher Frontschaden	325
4.1.6	Mittlerer Frontschaden	326
4.1.7	Schwerer Frontschaden	326
4.1.8	Wirtschaftlicher Totalschaden	327
4.2	Reparaturstufen	327
4.3	Reparaturtechnik	330
4.3.1	Vermessung	330
4.3.2	Rückformung	333
4.3.3	Handwerkliche Arbeiten	340
4.3.4	Abschnittsreparatur	343
4.3.5	Reparaturbleche	348
4.3.6	Schrauben statt Schweißen	349
4.4	Verbesserung des Reparaturverhaltens	351
4.4.1	Reparaturfreundlichkeit	352
4.4.2	Hinweise für den Konstrukteur	353
4.4.3	Reparaturoptimierte Konstruktionen	366
4.4.4	Reparaturhinweise	371
4.5	Sonderkonstruktionen	375
4.5.1	Exoten	375
4.5.2	Geländewagen	375
4.5.3	Offene Fahrzeuge	377

7.4.1	Mathematische Betrachtungen .....	480
7.4.2	Korrelationsmatrix .....	483
7.4.3	Wertung der statistischen Berechnungen .....	486
7.5	Analyse realer Unfälle .....	486
7.5.1	Schadenverteilung .....	487
7.5.2	Relation Reparaturkosten zu Schadenhäufigkeiten .....	489
7.5.3	Relation Reparaturkosten zu Aufprallgeschwindigkeit .....	490
<b>8</b>	<b>Crashverhalten verschiedener Pkw-Karosseriekonstruktionen .....</b>	<b>493</b>
8.1	Karosserien vor und nach einer Modellpflege .....	493
8.1.1	Verbesserungspotential .....	494
8.1.2	Frontaufprall .....	495
8.1.3	Heckaufprall .....	501
8.2	Karosserien von Stufen- und Fließheckfahrzeugen .....	508
8.2.1	Deformations- und Reparaturverhalten .....	508
8.2.2	Hinweise für den Konstrukteur .....	516
8.2.3	Reparaturkostenanalyse .....	520
	<b>Farbanhang .....</b>	<b>521</b>
	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>529</b>
	<b>Verzeichnis der verwendeten Abkürzungen, Formelzeichen und Einheiten .....</b>	<b>543</b>
	<b>Stichwortverzeichnis .....</b>	<b>549</b>