

1	Einführung	1
1.1	Allgemeine Betrachtungen zum Kraftfahrzeug	1
1.2	Anforderungen an moderne PKWs	3
1.3	Bauweise des PKWs	7
1.4	Entwicklungsprozess des Fahrzeugs und der Karosserie	20
	Literatur	22
2	Design- und Packageentwicklungen	25
2.1	Designabläufe und Inhalte	25
2.1.1	Arbeiten der Design-Vorentwicklung	28
2.1.2	Arbeiten der Designhauptentwicklungen	29
2.1.3	Einfluss der technischen Anforderungen an das Design	31
2.2	Fahrzeugkoordinatensystem und das „Trimmplatt“	32
2.3	Packageauslegung und Karosseriestruktur	34
2.3.1	Antrieb und Package	35
2.3.1.1	Fahrzeug mit Verbrennungsmotoren	35
2.3.1.2	Fahrzeug mit hybridem Antrieb	37
2.3.1.3	Fahrzeug mit Brennstoffzellenantrieb	39
2.3.1.4	Batterieelektrische Fahrzeuge	40
2.3.2	Packageauslegung des Vorderwagens	40
2.3.2.1	Konventionelle Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor und Hybridantrieb	40
2.3.2.2	Fahrzeug mit Brennstoffzellenantrieb	43
2.3.2.3	Batterieelektrische Fahrzeuge	46
2.4	Packageauslegung für die Karosseriezelle und den Innenraum	48
2.4.1	Auslegung des Innenraums	49
2.4.1.1	Sitzkonzept	51
2.4.1.2	Sichtverhältnis	53
2.4.2	Karosseriezelle und deren Querschnitte	60

2.4.3	Besonderheiten durch Hybrid-, Brennstoffzellen- und Batterieantrieb	62
2.5	Packageauslegung Hinterwagen	65
2.5.1	Fahrzeug mit ICE und hybridem Antrieb	65
2.5.2	BEV	66
2.6	Ergebnis der Packageauslegung	68
2.6.1	Ergebnis der Packageauslegung	68
2.6.2	Ergebnis der Packageauslegung für die Fahrzeugstruktur	69
2.7	Vom Package zur Karosseriekonstruktion	72
	Literatur	73
3	Karosseriemechanik	75
3.1	Allgemeine Anforderungen und Betrachtungen der auf die Karosserie wirkenden Kräfte	75
3.2	Quasistatische globale Beanspruchungen	76
3.3	Dynamische globale Belastungen	79
3.4	Beanspruchung der Karosserie durch das Fahrwerk	80
3.4.1	Statische vertikale Feder-/Dämpferkräfte auf Karosserie	82
3.4.1.1	Vorderachse	82
3.4.1.2	Hinterachse	84
3.4.2	Statische seitliche Kräfte über Querlenker auf Karosserie	86
3.4.3	Längskräfte durch Antrieb und Bremsung	87
3.4.4	Dynamische Fahrwerkskräfte	89
3.5	Sonstige Kräfte auf die Karosserie	94
3.5.1	Kräfte von der Lenkanlage	94
3.5.2	Kräfte von Motor und Antrieb	95
3.5.3	Kräfte von Türen und Klappen	95
3.6	Kräfte durch Crashvorgänge	95
	Literatur	96
4	Karosseriewerkstoffe und Fertigungsverfahren	97
4.1	Einleitung	97
4.1.1	Werkstoffvergleiche	98
4.1.2	Werkstoffauswahl	101
4.1.3	Werkstoffauswahl unter Bauraumbegrenzungen	105
4.1.4	Werkstoffauswahl bei Crashbeanspruchungen für metallische Werkstoffe	110
4.2	Stahlwerkstoff	112
4.2.1	Herstellung der Stahlblechwerkstoffe für den Fahrzeugbau	112
4.2.2	Stahl: Gruppierung – Eigenschaften – Anwendungen	115
4.2.3	Tailored Blanks	121
4.2.3.1	Tailored welded Blanks	121
4.2.3.2	Tailored rolled Blanks	123

4.3	Einführung in die Blechumformung für FZ-Bau	124
4.3.1	Kaltumformung	124
4.3.2	Warmumformung	131
4.3.3	Bewertung der Umformbarkeit von Blechwerkstoffen	135
4.4	Al-Werkstoffe	138
4.4.1	Herstellung und Eigenschaften von Aluminium	139
4.4.2	Blechumformung von Aluminium	142
4.4.3	Strangpressen von Aluminium	145
4.4.4	Plättchenbiegeversuch zur Bewertung der Duktilität des metallischen Werkstoffs	149
4.4.5	Aluminiumguss	151
4.4.5.1	Aluminiumgusslegierungen	153
4.4.5.2	Gussverfahren und Anwendungen	155
4.5	Verbindungstechnik	157
4.5.1	Widerstandspunktschweißen	157
4.5.2	Mechanische Fügeverfahren	163
4.5.2.1	Halbhohlstanznieten und Vollstanznieten	163
4.5.2.2	Das FDS-Verfahren	166
4.6	Kleben	168
4.7	Kombiniertes mechanisches Fügen und Widerstandspunktschweißen zur Fügung von Multi-Material-Strukturen	171
4.7.1	Widerstandselementschweißen	172
4.7.2	Widerstandsnietschweißen	173
4.7.3	Widerstandsnietschweißen zwischen Metall und FVK	175
	Literatur	178
5	Auslegung der Karosseriesteifigkeit	181
5.1	Karosseriesteifigkeit und Fahreigenschaften	181
5.2	Messung der globalen Karosseriesteifigkeit gegen Biegung und Torsion	181
5.3	Berechnung der Quersteifigkeit	185
5.4	Auswirkung der Steifigkeit auf die Fahreigenschaften des Gesamtfahrzeugs	186
5.5	Modellvorstellung mit der 3S-Methode und dem Balken-Modell	190
5.6	Biegung	194
5.6.1	Analyse mit der 3S-Methode	194
5.6.2	Betrachtung der Biegesteifigkeit der Seitenwand mit einem Balkenmodell	199
5.7	Torsion	201
5.7.1	Analyse der Torsion mit der 3S-Methode	201
5.7.2	Karosseriezelle als Schubfeldträger betrachtet	208
5.8	Steifigkeit des Vorderwagens	214
5.9	Steifigkeit der Heckwagen	216

5.10	Horizontale Steifigkeit	218
5.11	Karosserieübergänge	219
5.11.1	Karosserieübergang vom vorderen Wagen zur Karosseriezelle	219
5.11.2	Karosserieübergang vom Heckwagen zur Karosseriezelle	222
5.11.3	Vergleichmäßigung der Karosseriesteifigkeit.	223
5.11.4	Weitere steifigkeitssteigende Maßnahmen.	224
5.12	Lokale Steifigkeiten	226
5.13	Besonderheit eines Cabriolets	229
	Literatur.	231
6	Anforderungen an die Karosserie durch die passive Sicherheit.	233
6.1	Unfallforschung als Grundlage der Anforderungen	235
6.1.1	Unfallerhebung und -rekonstruktion	235
6.1.2	Unfallschwere	240
6.1.3	Unfallanalyse	241
6.1.4	Unfallfolgenschwere – Verletzungsschweregrad	243
6.2	Grundlage der Biomechanik.	246
6.2.1	Biomechanische Grenzwerte und deren Ermittlung	246
6.2.2	Wayne state University curve und Schutzkriterien	251
6.2.3	Der Dummy	258
6.2.3.1	Dummy für den Frontaufprall	260
6.2.3.2	Dummy für Seitenaufprall.	264
6.2.3.3	Dummy für Heckaufprall	265
6.3	Wesentliche gesetzliche Anforderungen an die Fahrzeugsicherheit.	266
6.3.1	Frontcrash Anforderungen	267
6.3.2	Seitencrash-Anforderungen	273
6.3.3	Heckcrash Anforderungen	281
6.3.4	Überschlag	285
6.4	Wesentliche Marktanforderungen.	288
6.4.1	US NCAP.	288
6.4.2	IIHS Anforderungen.	291
6.4.2.1	Frontaufprall mit ODB	291
6.4.2.2	Small Overlap Test	292
6.4.2.3	Seitenaufprall	295
6.4.3	Euro NCAP	296
6.4.3.1	Insassenschutz.	298
6.4.3.2	Schutz gefährdeter Verkehrsteilnehmer und Assistenzsysteme.	306
6.4.3.3	Gesamtbewertung und Sternevergabe.	308
6.4.4	Vergleiche gesetzlicher und Marktanforderungen	308

6.5	Sicherheitsanforderungen an BEV	311
6.6	Überprüfung der Sicherheit	312
6.6.1	Crashbahn und Fahrzeugversuche	312
6.6.2	Schlittentest	313
6.6.3	Fallturmversuche für Komponentenentwicklungen	316
	Literatur.	317
7	Karosserieentwicklung für passive Sicherheit	319
7.1	Grundlagen der Sicherheitsmaßnahmen.	319
7.1.1	Grundlage der Auslegung bei einer Frontkollision	320
7.1.1.1	Strukturcharakteristik Vorderwagen	320
7.1.1.2	Prinzip für den Insassenschutz	325
7.1.2	Grundlage der Auslegung bei einer Seitenkollision.	328
7.2	Grundlage zur Energieabsorption von Karosseriestrukturen	330
7.2.1	Beschreibung für Crash bei axialen Belastungen.	331
7.2.1.1	Abschätzung der Energieabsorption gemäß Wierzbicki und Abramowicz.	336
7.2.1.2	Effekt der Belastungsgeschwindigkeit	338
7.2.1.3	Vergleiche Energieabsorptionsvermögen ver- schiedener Werkstoffe.	340
7.2.2	Beschreibung des Crashvorgangs bei einer Biegebelastung ...	342
7.2.2.1	Vergleiche von Biege widerständen verschiedener Werkstoffe	347
7.3	Karosserieentwicklung für die passive Sicherheit	348
7.3.1	Vorderwagenstrukturen	349
7.3.2	Strukturen für den SOL-Lastfall	360
7.3.3	Seitenstruktur und Karosseriezellen.	365
7.3.4	Hinterwagenstrukturen.	371
7.3.5	Besonderheiten bei Cabriolets	372
7.3.6	Karosserie für Chassis-Rahmenbauweise	373
7.4	Funktionen, Anforderungen und Charakteristiken wichtiger Karosseriekomponenten	376
7.5	Karosserieknotenkonstruktion und Bedeutung.	378
7.6	Werkstoffeinsatz	381
7.7	Insassenschutzsysteme	383
7.7.1	Sicherheitsgurt	384
7.7.2	Airbags	389
7.7.3	Sekundäre Komponenten	396
7.7.4	Insassenschutzsysteme zukünftiger Fahrzeuge	398
7.8	Schutzsysteme für die Batterie	399
	Literatur.	400

8	Karosseriemodule	403
8.1	Frontend und Stoßfänger	404
8.1.1	Stoßfänger/CMS	405
8.1.1.1	CMS-Auslegung und Eigenschaften	412
8.1.1.2	Besonderheiten bei der FEM-Auslegung des Stoßfängers als Komponente	418
8.1.2	Montageträger für den Kühler und Scheinwerfer	420
8.1.2.1	Anforderungen an den Montageträger	420
8.1.2.2	Auslegung und Bauweise des Montageträgers	421
8.2	Instrumententafelträger	425
8.2.1	Anforderungen	427
8.2.2	Bauweise und Auslegung des IP-Trägers	429
8.3	Batteriekasten	434
8.3.1	Begriffe und Anforderungen des Batteriesystems	434
8.3.2	Bauweise und Auslegung des Batteriegehäuses	439
8.3.2.1	Al-intensive Bauweise	439
8.3.2.2	Stahlbauweise	445
8.4	Komponentenentwicklungsmethode	446
8.4.1	B-Säule-Modell	446
8.4.2	Türmodell	451
	Literatur	457
9	Entwicklung für den Partnerschutz	459
9.1	Kompatibilität zwischen zwei Fahrzeugen	459
9.1.1	Kompatibilität bei einer Frontkollision	460
9.1.2	Kompatibilität bei einer Seitenkollision	466
9.2	Fußgängerschutz	468
9.2.1	Schutz von der Hüfte und vom Bein	472
9.2.2	Kopfschutz	476
	Literatur	480
10	Türen und Klappen	483
10.1	Türentwicklungen	483
10.1.1	Package und Anforderungen	484
10.1.2	Struktur der Tür	489
10.1.2.1	Bauweise der PKW-Tür	489
10.1.2.2	Strukturentwicklungen der Türen	493
10.1.2.3	Türkonzept mit integrierter B-Säule	498
10.1.2.4	Tür aus Multimaterialsystemen	501
10.1.3	Tür-Modul und Türzusammenbau	508
10.1.4	Türfunktionsträger aus Multimaterialsystemen	510
10.1.5	Dichtung der Tür	511

10.2	Motorhaube	514
10.3	Heckklappe	517
	Literatur	521
11	Fahrzeug- und Karosseriemodularisierung und -Fertigung	523
11.1	Modularisierung	524
11.1.1	Plattform	524
11.1.2	Modulare Baukasten	529
11.2	Karosseriezusammenbau	533
11.2.1	Materialausnutzungsgrad und Konstruktion	533
11.2.2	Karosseriezusammenbau	535
11.2.3	Umfang der Fügetechnik	539
11.3	Lackierung und Versiegelung der Karosserie	541
	Literatur	545
	Stichwortverzeichnis	547