

Florian Kramer

Passive Sicherheit von Kraftfahrzeugen

Biomechanik - Simulation -
Sicherheit im Entwicklungsprozess

3., überarbeitete Auflage

it 346 Abbildungen und 31 Tabellen

PRAXIS | ATZ/MTZ-Fachbuch .



Inhaltsverzeichnis

Vorwort zur dritten Auflage.....	V
Danksagung.....	VII
1 Die passive Sicherheit	1
1.1 Sicherheitswissenschaftliche Grundbegriffe.....	1
1.2 Die passive Fahrzeug-Sicherheit als Teilgebiet der Straßenverkehrssicherheit.....	3
Literaturnachweis zu Kapitel 1.....	8
2 Unfallforschung	9
2.1 Unfalldatenerhebung und -Statistik.....	11
2.1.1 Zielsetzung der Unfallstatistik.....	12
2.1.2 Polizeilich erhobene Unfalldaten.....	12
2.1.3 In depth-Untersuchungen.....	13
2.2 Unfallmechanik und -rekonstruktion.....	15
2.2.1 Rekonstruktion von Unfällen.....	16
2.2.2 Unfallschwere.....	18
2.3 Unfallanalyse.....	19
2.3.1 Aufklärung der Unfallursachen.....	20
2.3.2 Ableitung von Verbesserungsmaßnahmen.....	21
2.4 Strukturierung des Unfallgeschehens.....	23
2.4.1 Unfallart.....	24
2.4.2 Unfalltyp.....	26
2.4.3 Kollisionsart.....	29
2.4.4 Kollisionstyp.....	32
2.4.5 Aufprallart.....	37
2.4.6 Aufpralltyp.....	39
2.4.7 Belastungsart und Belastungstyp.....	41
2.4.8 Verletzungsart und Verletzungstyp.....	44
Literaturnachweis zu Kapitel 2.....	47
3 Biomechanik	49
3.1 Anatomie des menschlichen Körpers und Verletzungsmechanismen.....	49
3.1.1 Der Kopf.....	50
3.1.2 Die Wirbelsäule.....	55
3.1.3 Der Thorax.....	66
3.1.4 Das Abdomen und das Becken.....	74
3.1.5 Die Extremitäten.....	84

3.2	Verletzungsschwere und deren Monetarisierung.....	94
3.2.1	Verletzungsschweregrad.....	95
3.2.2	Verletzungsskalierung nach AIS.....	96
3.2.3	Andere Verletzungsskalierungen.....	97
3.2.4	Monetäre Bewertung der Verletzungsschwere.....	99
3.3	Verletzungs- und Schutzkriterien.....	101
3.3.1	Definitionen.....	102
3.3.2	Untersuchungsmethoden zur Ermittlung von Schutzkriterien.....	105
3.3.3	Gesetzlich festgelegte Schutzkriterien.....	110
3.3.4	Schutzkriterien in der Diskussion.....	123
	Literaturnachweis zu Kapitel 3.....	136
4	Sicherheitsmaßnahmen.....	143
4.1	Zielsetzung und Definitionen.....	143
4.1.1	Selbst- und Kontrahentenschutz.....	144
4.1.2	Wirkrichtung der Schutzmaßnahmen.....	145
4.2	Schutzprinzipien.....	145
4.2.1	Energetische Betrachtung.....	145
4.2.2	Wechselwirkung zwischen Frontal- und Seitenkollision.....	148
4.2.3	Kompatibilität.....	148
4.2.4	Prinzip des Geschwindigkeitsangleichs.....	157
4.2.5	Ride Down-Effekt.....	159
4.3	Maßnahmen zum Selbstschutz.....	163
4.3.1	Karosserie und Deformationsstruktur.....	163
4.3.2	Gurtsysteme und -komponenten.....	168
4.3.3	Airbag-Systeme und -Komponenten.....	183
4.3.4	Insassenschutz-Systeme.....	198
4.3.5	Selbstschutzmaßnahmen für Zweirad-Fahrer.....	210
4.3.6	Selbstschutzmaßnahmen für Nutzfahrzeuge.....	215
4.4	Maßnahmen zum Kontrahentenschutz.....	221
4.4.1	Maßnahmen am PKW zum Schutz äußerer Verkehrsteilnehmer.....	221
4.4.2	Maßnahmen am NFZ zum Schutz von PKW-Insassen und äußeren Verkehrsteilnehmern.....	226
4.5	Nachkollisionäre und sonstige Sicherheitsmaßnahmen.....	231
	Literaturnachweis zu Kapitel 4.....	237
5	Sensorik zur Unfalldetektierung.....	241
5.1	Entwicklung der Sensorik.....	242
5.1.1	Mechanische Sensoren.....	242
5.1.2	Elektromechanische Sensoren.....	243
5.1.3	Elektronische Sensoren.....	248
5.2	Seiten-Sensoren.....	256
5.2.1	Beschleunigungssensoren.....	256
5.2.2	Druck-Sensor.....	257
5.3	Up Front-Sensor.....	257
5.4	Systeme zur Insassen-Erkennung.....	258
5.4.1	Kindersitz-Erkennung.....	259
5.4.2	Sitzgebundene Systeme.....	260

5.4.3	Optische Systeme	261
5.4.4	Übersicht zu Insassen-Erkennungssystemen	262
5.5	PreCrash-Sensorik	263
5.6	Airbag-Elektronik	265
5.6.1	Spannungsversorgung und Energiereserve	266
5.6.2	Sensoren sowie Steuerungs- und Überwachungseinheiten	267
5.6.3	Zündungseinrichtung	267
5.6.4	Speicherung von Ereignisdaten	268
5.7	Sicherheitsanforderungen an die Airbag-Elektronik	268
5.7.1	Mechanische Systeme	269
5.7.2	Elektromechanische Systeme	269
5.7.3	Elektronische Systeme	270
5.7.4	Integritätslevel für die Zuverlässigkeit	274
5.8	Datenübertragung	275
5.8.1	Bus-Systeme	276
5.8.2	Bus-fähige Anzünder	278
5.9	Systemintegration hinsichtlich aktiver und passiver Sicherheit	280
	Literaturnachweis zu Kapitel 5	282
6	Überprüfung und Bewertung der Sicherheit	283
6.1	Quantifizierung der Straßenverkehrssicherheit	283
6.2	Gesetzgebung	287
6.2.1	Vorschriften in Deutschland und in Europa	287
6.2.2	Vorschriften in den USA und anderen Staaten	289
6.2.3	Zusammenfassung der Vorschriften in verschiedenen Ländern	289
6.2.4	Künftige Vorschriften zur passiven Sicherheit	301
6.3	Bewertung auf der Basis der Unfallstatistik	303
6.3.1	Highway Loss Data Institute Report	303
6.3.2	FOLKSAM Report	304
6.3.3	Secondary Safety Rating System for Cars	304
6.4	Bewertung auf der Basis von experimentellen Untersuchungen	305
6.4.1	ADAC-Testverfahren zur passiven Sicherheit von PKW	307
6.4.2	Bewertung nach „auto motor und sport“ (ams-Test)	308
6.4.3	Crash Worthiness Rating System for Cars (CWRSC)	308
6.4.4	New Car Assessment Program (NCAP)	309
6.4.5	Die Quantifizierung der passiven Sicherheit für PKW-Insassen und das Sicherheitskriterien-System SiKriS	314
6.5	Verletzungsfolgekosten und Sachschäden	319
	Literaturnachweis zu Kapitel 6	323
7	Experimentelle Simulation	325
7.1	Versuchsarten	326
7.1.1	Fahrzeugversuche	326
7.1.2	Schlittenversuche	331
7.1.3	Komponentenversuche	334
7.2	Versuchseinrichtungen und -anlagen	337

7.3	Anthropometrische Testpuppen (Dummies).....	338
7.3.1	Anforderungen.....	339
7.3.2	Instrumentierung.....	340
7.3.3	Verwendete Dummies und ihr Einsatz.....	342
7.4	Messtechnik.....	346
7.4.1	Messkette.....	346
7.4.2	Messwert-Geber.....	347
7.4.3	Messdaten-Erfassung und-Verarbeitung.....	349
7.5	Film- und, Beleuchtungstechnik.....	353
	Literaturnachweis zu Kapitel 7.....	354
8	Rechnerische Simulation.....	357
8.1	Die Geschichte der rechnerischen Simulation.....	357
8.2	Berechnungsverfahren.....	359
8.2.1	Mehrkörper-Systeme mit dem Fokus „Insassensicherheit“.....	359
8.2.2	Mehrkörper-Systeme mit dem Fokus „Unfallrekonstruktion“.....	360
8.2.3	Finite-Elemente-Methode.....	361
8.2.4	Kontrollvolumen und Strömungssimulation.....	364
8.2.5	Gekoppelte Systeme.....	366
8.2.6	Hardware-Architekturen.....	368
8.2.7	Kommerzielle Programmsysteme.....	368
8.3	Berechnungsmodelle.....	369
8.3.1	Unfallrekonstruktion.....	370
8.3.2	Strukturberechnung.....	371
8.3.3	Insassensimulation mit Dummy-Modellen.....	374
8.3.4	Simulation von Fußgänger-und Zweirad-Kollisionen.....	378
8.3.5	Simulationen mit Modellen des menschlichen Körpers.....	382
8.4	Berechnungsbewertung.....	384
8.5	Rechnerische Optimierung im Bereich der passiven Sicherheit ...	385
	Literaturnachweis zu Kapitel 8.....	387
9	Passive Sicherheit im Fahrzeugentwicklungsprozess.....	391
9.1	Prozessziele und Entwicklungsorganisation.....	392
9.2	Der Entwicklungsprozess.....	392
9.3	Qualität und deren Absicherung.....	394
9.4	Herausforderungen innerhalb der Projektarbeit.....	396
9.4.1	Gesetzliche Anforderungen.....	396
9.4.2	Rating-Anforderungen.....	398
9.5	Rechnerische Simulation und experimentelle Absicherung im Entwicklungsablauf.....	399
9.5.1	Einsatz der Entwicklungswerkzeuge.....	400
9.5.2	Absicherung neuer Technologien und Werkstoffe.....	405
9.5.3	Möglichkeiten und Grenzen.....	405
9.6	Integration der Unfallforschung in den Entwicklungsablauf am Beispiel Mercedes-Benz.....	407
	Literaturnachweis zu Kapitel 9.....	410
	Sachwortverzeichnis.....	411