

Florian Kramer

Passive Sicherheit von Kraftfahrzeugen

Biomechanik - Simulation -
Sicherheit im Entwicklungsprozess

2., überarbeitete und erweiterte Auflage

Mit 346 Abbildungen und 32 Tabellen

ATZ/MTZ-Fachbuch



Inhaltsverzeichnis

Vorwort zur zweiten Auflage.....v

Danksagung.....VI

1 Die passive Sicherheit.....1

1.1 Sicherheitswissenschaftliche Grundbegriffe.....1

1.2 Die passive Fahrzeug-Sicherheit als Teilgebiet der
Straßenverkehrssicherheit.....2

Literarnachweis zu Kapitel 1.....7

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.....28

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.....45

Literarnachweis 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.....67

Inhaltsverzeichnis

3.1.4	Das Abdomen und das Becken.....	75
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.....	111
3.3.4	Schutzkriterien in der Diskussion.....	122
	Literarnachweis zu Kapitel 3.....	134

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.....	160
4.2.6	Out of Position-Situation.....	162
4.3	Maßnahmen zum Selbstschutz.....	164
4.3.1	Karosserie und Deformationsstruktur.....	164
4.3.2	Gurtsysteme und -komponenten.....	170
4.3.3	Airbag-Systeme und -Komponenten.....	185
4.3.4	Insassenschutz-Systeme.....	200
4.3.5	Selbstschutzmaßnahmen für Zweirad-Fahrer.....	212
4.3.6	Selbstschutzmaßnahmen für Nutzfahrzeuge.....	217
4.4	Maßnahmen zum Kontrahentenschutz.....	223
4.4.1	Maßnahmen am PKW zum Schutz äußerer Verkehrsteilnehmer.....	223
4.4.2	Maßnahmen am NFZ zum Schutz von PKW-Insassen und äußeren Verkehrsteilnehmern.....	228
4.5	Nachkollisionäre und sonstige Sicherheitsmaßnahmen.....	233
	Literarnachweis zu Kapitel 4.....	240

	5	Sensorik zur Unfalldetektierung.....	243
?	5.1	Entwicklung der Sensorik.....	244
	5.1.1	Mechanische Sensoren.....	244
	5.1.2	Elektromechanische Sensoren.....	245
	5.1.3	Elektronische Sensoren.....	250

5.2	Seiten-Sensoren.....	25i
5.2.1	Beschleunigungssensoren.....	25!
5.2.2	Druck-Sensor.....	25!
5.3	Up Front Sensor.....	26i
5.4	Systeme zur Insassen-Erkennung.....	26
5.4.1	Kindersitz-Erkennung.....	26;
5.4.2	Sitzgebundene Systeme.....	26;
5.4.3	Optische Systeme.....	26!
5.4.4	Übersicht zu Insassen-Erkennungssystemen.....	26!
5.5	PreCrash-Sensorik.....	26i
5.6	Airbag-Elektronik.....	26i
5.6.1	Spannungsversorgung und Energiereserve.....	27i
5.6.2	Sensoren sowie Steuerungs- und Überwachungseinheiten.....	27i
5.6.3	Zündungseinrichtung.....	27i
5.6.4	Speicherung von Ereignisdaten.....	27
5.7	Sicherheitsanforderungen an die Airbag-Elektronik.....	27
5.7.1	Mechanische Systeme.....	27;
5.7.2	Elektromechanische Systeme.....	27;
5.7.3	Elektronische Systeme.....	27;
5.7.4	Integritätslevel für die Zuverlässigkeit.....	27
5.8	Datenübertragung.....	27!
5.8.1	Bus-Systeme.....	28i
5.8.2	Bus-fähige Anzünder.....	28;
5.9	Systemintegration hinsichtlich aktiver und passiver Sicherheit.....	28'
	Literaturnachweis zu Kapitel 5.....	28:

Überprüfung und Bewertung der Sicherheit..... 28-

6.1	Quantifizierung der Straßenverkehrssicherheit.....	28i
6.2	Gesetzgebung.....	29«
6.2.1	Vorschriften in Deutschland und in Europa.....	29«
6.2.2	Vorschriften in den USA und anderen Staaten.....	29;
6.2.3	Zusammenfassung der Vorschriften in verschiedenen Ländern.....	29;
6.2.4	Künftige Vorschriften zur passiven Sicherheit.....	30'
6.3	Bewertung auf der Basis der Unfallstatistik.....	30'
6.3.1	Highway Loss Data Institute Report.....	30i
6.3.2	FOLKSAM Report.....	30
6.3.3	Secondary Safety Rating System for Cars.....	30
6.4	Bewertung auf der Basis von experimentellen Untersuchungen.....	30
6.4.1	ADAC-Testverfahren zur passiven Sicherheit von PKW.....	31i
6.4.2	Bewertung nach „auto motor und sport“ (ams-Test).....	31
6.4.3	Crash Worthiness Rating System for Cars (CWRSC).....	31
6.4.4	New Car Assessment Program (NCAP).....	31;
6.4.5	Die Quantifizierung der passiver Sicherheit für PKW-Insassen und das Sicherheitskriterien-System SiKriS.....	31
6.5	Verletzungsfolgekosten und Sachschäden.....	32;
	Literaturnachweis zu Kapitel 6.....	32i

7 Experimentelle Simulation.....	328
7.1 Versuchsarten.....	329
7.1.1 Fahrzeugversuche.....	329
7.1.2 Schlittenversuche.....	335
7.1.3 Komponentenversuche.....	338
7.2 Versuchseinrichtungen und -anlagen.....	341
7.3 Anthropometrische Testpuppen (Dummies).....	342
7.3.1 Anforderungen.....	343
7.3.2 Instrumentierung.....	344
7.3.3 Verwendete Dummies und ihr Einsatz.....	346
7.4 Messtechnik.....	350
7.4.1 Messkette.....	351
7.4.2 Messwert-Geber.....	351
7.4.3 Messdaten-Erfassung und -Verarbeitung.....	353
7.5 Film- und Beleuchtungstechnik.....	357
Literaturnachweis zu Kapitel 7.....	360
8 Rechnerische Simulation.....	361
8.1 Geschichte der rechnerischen Simulation.....	361
8.2 Berechnungsverfahren.....	363
8.2.1 Mehrkörper-Systeme mit dem Fokus „Insassensicherheit“.....	363
8.2.2 Mehrkörper-Systeme mit dem Fokus „Unfallrekonstruktion“.....	364
8.2.3 Finite-Elemente-Methode.....	365
8.2.4 Kontrollvolumen und Strömungssimulation.....	368
8.2.5 Gekoppelte Systeme.....	369
8.2.6 Hardware-Architekturen.....	372
8.2.7 Kommerzielle Programmsysteme.....	373
8.3 Berechnungsmodelle.....	373
8.3.1 Unfallrekonstruktion.....	374
8.3.2 Strukturberechnung.....	375
8.3.3 Insassensimulation mit Dummy-Modellen.....	379
8.3.4 Simulation von Fußgänger- und Zweirad-Kollisionen.....	383
8.3.5 Simulationen mit Modellen des menschlichen Körpers.....	387
8.4 Berechnungsbewertung.....	389
8.5 Rechnerische Optimierung im Bereich der passiven Sicherheit.....	390
Literaturnachweis zu Kapitel 8.....	392
9 Passive Sicherheit im Fahrzeugentwicklungsprozess.....	396
9.1 Prozessziele und Entwicklungsorganisation.....	397
9.2 Der Entwicklungsprozess.....	397
9.3 Qualität und deren Absicherung.....	399
9.4 Herausforderungen innerhalb der Projektarbeit.....	401

9.4.1	Gesetzliche Anforderungen.....	401
9.4.2	Rating-Anforderungen.....	404
9.5	Rechnerische Simulation und experimentelle Absicherung im Entwicklungsablauf.....	404
9.5.1	Einsatz der Entwicklungswerkzeuge.....	405
9.5.2	Absicherung neuer Technologien und Werkstoffe.....	411
9.5.3	Möglichkeiten und Grenzen.....	412
9.6	Integration der Unfallforschung in den Entwicklungsablauf am Beispiel Mercedes-Benz.....	413
	Literaturnachweis zu Kapitel 9.....	417
	Sachwortverzeichnis.....	418