

---

# Inhaltsverzeichnis

<b>Mitarbeiterverzeichnis</b> .....	XV
<b>1 Die integrale Sicherheit</b> .....	1
1.1 Sicherheitswissenschaftliche Grundbegriffe .....	2
1.2 Die Fahrzeug-Sicherheit als Teilgebiet der Straßenverkehrssicherheit . . .	4
Literatur .....	9
<b>2 Unfallforschung</b> .....	11
2.1 Unfalldatenerhebung und -statistik .....	14
2.1.1 Zielsetzung der Unfallstatistik .....	14
2.1.2 Polizeilich erhobene Unfalldaten .....	14
2.1.3 In-depth-Untersuchungen .....	16
2.2 Unfallmechanik und -rekonstruktion .....	18
2.2.1 Rekonstruktion von Unfällen .....	19
2.2.2 Unfallschwere .....	21
2.3 Unfallanalyse .....	22
2.3.1 Aufklärung der Unfallursachen .....	23
2.3.2 Ableitung von Verbesserungsmaßnahmen .....	24
2.4 Strukturierung des Unfallgeschehens .....	27
2.4.1 Unfallart .....	28
2.4.2 Unfalltyp .....	29
2.4.3 Kollisionsart .....	32
2.4.4 Kollisionstyp .....	37
2.4.5 Aufprallart .....	40
2.4.6 Aufpralltyp .....	43
2.4.7 Belastungsart und Belastungstyp .....	45
2.4.8 Verletzungsart und Verletzungstyp .....	48
Literatur .....	50

<b>3</b>	<b>Biomechanik</b> .....	53
3.1	Anatomie des menschlichen Körpers und Verletzungsmechanismen . . .	54
3.1.1	Der Kopf .....	55
3.1.2	Die Wirbelsäule .....	60
3.1.3	Der Thorax .....	74
3.1.4	Das Abdomen und das Becken .....	85
3.1.5	Die Extremitäten .....	96
3.2	Verletzungsschwere und deren Monetarisierung .....	106
3.2.1	Verletzungsschweregrad .....	107
3.2.2	Verletzungsskalierung nach AIS .....	108
3.2.3	Andere Verletzungsskalierungen .....	110
3.2.4	Monetäre Bewertung der Verletzungsschwere .....	111
3.3	Verletzungs- und Schutzkriterien .....	113
3.3.1	Definitionen .....	114
3.3.2	Untersuchungsmethoden zur Ermittlung von Schutzkriterien . . .	118
3.3.3	Gesetzlich festgelegte Schutzkriterien .....	124
3.3.4	Schutzkriterien in der Diskussion .....	136
	Literatur .....	149
<b>4</b>	<b>Sicherheitsmaßnahmen</b> .....	157
4.1	Zielsetzung und Definitionen .....	158
4.1.1	Selbst- und Kontrahentenschutz .....	158
4.1.2	Wirkrichtung der Schutzmaßnahmen .....	159
4.2	Schutzprinzipien .....	160
4.2.1	Energetische Betrachtung .....	160
4.2.2	Wechselwirkung zwischen Frontal- und Seitenkollision .....	162
4.2.3	Kompatibilität .....	163
4.2.4	Prinzip des Geschwindigkeitsangleichs .....	172
4.2.5	Ride-Down-Effekt .....	174
4.2.6	Out-of-Position-Situationen .....	176
4.3	Maßnahmen zum Selbstschutz .....	178
4.3.1	Karosserie und Deformationsstruktur .....	179
4.3.2	Gurtsysteme und -komponenten .....	183
4.3.3	Airbag-Systeme und -Komponenten .....	199
4.3.4	Insassenschutz-Systeme .....	214
4.3.5	Selbstschutzmaßnahmen für Zweirad-Fahrer .....	226
4.3.6	Selbstschutzmaßnahmen für Nutzfahrzeuge .....	232

4.4	Maßnahmen zum Kontrahentenschutz . . . . .	237
4.4.1	Maßnahmen am PKW zum Schutz äußerer Verkehrsteilnehmer . . . . .	238
4.4.2	Maßnahmen am NFZ zum Schutz von PKW-Insassen und äußeren Verkehrsteilnehmern . . . . .	242
4.5	Nachkollisionäre und sonstige Sicherheitsmaßnahmen . . . . .	246
	Literatur . . . . .	253
<b>5</b>	<b>Sensorik zur Unfalldetektierung . . . . .</b>	<b>257</b>
5.1	Entwicklung der Sensorik . . . . .	258
5.1.1	Mechanische Sensoren . . . . .	258
5.1.2	Elektromechanische Sensoren . . . . .	259
5.1.3	Elektronische Sensoren . . . . .	264
5.2	Sensor-Anwendungen . . . . .	271
5.2.1	Up-Front-Sensoren . . . . .	273
5.2.2	Seiten-Sensoren . . . . .	273
5.2.3	Systeme zur Insassen-Erkennung . . . . .	275
5.2.4	PreCrash-Sensorik . . . . .	280
5.2.5	Assistenz-Systeme . . . . .	283
5.3	Randbedingungen . . . . .	287
5.3.1	Airbag-Elektronik . . . . .	287
5.3.2	Spannungsversorgung und Energiereserve . . . . .	289
5.3.3	Sensoren sowie Steuerungs- und Überwachungseinheiten . . . . .	290
5.3.4	Zündungseinrichtung . . . . .	290
5.3.5	Speicherung von Ereignisdaten . . . . .	291
5.3.6	Sicherheitsanforderungen an die Airbag-Elektronik . . . . .	291
5.3.7	Datenübertragung . . . . .	298
5.4	Systemintegration hinsichtlich aktiver und passiver Sicherheit . . . . .	303
5.5	Künftige Entwicklungen und Erwartungshorizont . . . . .	307
	Literatur . . . . .	310
<b>6</b>	<b>Überprüfung und Bewertung der Sicherheit . . . . .</b>	<b>311</b>
6.1	Quantifizierung der Straßenverkehrssicherheit . . . . .	311
6.2	Gesetzgebung . . . . .	315
6.2.1	Vorschriften in Deutschland und in Europa . . . . .	316
6.2.2	Vorschriften in den USA und anderen Staaten . . . . .	318
6.2.3	Zusammenfassung der Vorschriften in verschiedenen Ländern . . . . .	319
6.2.4	Künftige Vorschriften zur passiven Sicherheit . . . . .	330

6.3	Bewertung auf der Basis der Unfallstatistik . . . . .	333
6.3.1	Highway Loss Data Institute Report . . . . .	333
6.3.2	FOLKSAM-Report . . . . .	333
6.3.3	Secondary Safety Rating System for Cars . . . . .	334
6.4	Bewertung auf der Basis von experimentellen Untersuchungen . . . . .	334
6.4.1	ADAC-Testverfahren zur passiven Sicherheit von PKW . . . . .	337
6.4.2	Bewertung nach „auto motor und sport“ (ams-Test) . . . . .	337
6.4.3	Crash Worthiness Rating System for Cars (CWRSC) . . . . .	338
6.4.4	New Car Assessment Program (NCAP) . . . . .	339
6.4.5	Die Quantifizierung der passiven Sicherheit für PKW-Insassen und das Sicherheitskriterien-System SiKriS . . . . .	347
6.5	Verletzungsfolgekosten und Sachschäden . . . . .	351
	Literatur . . . . .	355
<b>7</b>	<b>Experimentelle Simulation . . . . .</b>	<b>357</b>
7.1	Versuchsarten . . . . .	358
7.1.1	Fahrzeugversuche . . . . .	358
7.1.2	Schlittenversuche . . . . .	364
7.1.3	Komponentenversuche . . . . .	368
7.2	Versuchseinrichtungen und -anlagen . . . . .	371
7.3	Anthropometrische Testpuppen (Dummys) . . . . .	372
7.3.1	Anforderungen . . . . .	373
7.3.2	Instrumentierung . . . . .	374
7.3.3	Verwendete Dummys und ihr Einsatz . . . . .	376
7.4	Messtechnik . . . . .	381
7.4.1	Messkette . . . . .	382
7.4.2	Messwert-Geber . . . . .	382
7.4.3	Messdaten-Erfassung und -Verarbeitung . . . . .	384
7.5	Film- und Beleuchtungstechnik . . . . .	388
	Literatur . . . . .	390
<b>8</b>	<b>Rechnerische Simulation . . . . .</b>	<b>393</b>
8.1	Die Geschichte der rechnerischen Simulation . . . . .	394
8.2	Berechnungsverfahren . . . . .	395
8.2.1	Mehrkörper-Systeme mit dem Fokus „Insassensicherheit“ . . . . .	395
8.2.2	Mehrkörper-Systeme mit dem Fokus „Unfallrekonstruktion“ . . . . .	397
8.2.3	Finite-Elemente-Methode . . . . .	398
8.2.4	Kontrollvolumen und Strömungssimulation . . . . .	401
8.2.5	Gekoppelte Löser . . . . .	403

8.2.6	Hardware-Architekturen . . . . .	406
8.2.7	Kommerzielle Programmsysteme . . . . .	406
8.3	Berechnungsmodelle . . . . .	407
8.3.1	Unfallrekonstruktion . . . . .	407
8.3.2	Strukturberechnung . . . . .	408
8.3.3	Insassensimulation mit Dummy-Modellen . . . . .	413
8.3.4	Simulation von Fußgänger- und Zweirad-Kollisionen . . . . .	417
8.3.5	Simulationen mit Modellen des menschlichen Körpers . . . . .	422
8.4	Aspekte der Crash-Simulation . . . . .	425
8.4.1	Berechnungsbewertung . . . . .	425
8.4.2	Rechnerische Optimierung im Bereich der passiven Sicherheit . . . . .	426
8.4.3	Simulationsdaten-Management . . . . .	428
	Literatur . . . . .	429
<b>9</b>	<b>Passive Sicherheit im Fahrzeugentwicklungsprozess . . . . .</b>	<b>433</b>
9.1	Prozessziele und Entwicklungsorganisation . . . . .	434
9.2	Entwicklungsprozess und Entwicklungsphasen . . . . .	435
9.3	Anforderungen an die passive Fahrzeugsicherheit . . . . .	436
9.3.1	Gesetzliche Anforderungen . . . . .	437
9.3.2	Rating-Anforderungen . . . . .	439
9.3.3	Produkthaftungsanforderungen . . . . .	439
9.3.4	Herstellerspezifische Anforderungen . . . . .	440
9.4	Entwicklungsqualität und deren Absicherung . . . . .	440
9.5	Rechnerische Simulation und experimentelle Absicherung im Entwicklungsablauf . . . . .	442
9.5.1	Einsatz der Entwicklungswerkzeuge . . . . .	444
9.5.2	Absicherung neuer Technologien und Werkstoffe . . . . .	449
9.5.3	Möglichkeiten und Grenzen . . . . .	450
9.6	Herausforderungen innerhalb der Projektarbeit . . . . .	452
9.7	Sicherheitsinnovationen im Entwicklungsprozess . . . . .	454
9.8	Integration der Unfallforschung in den Entwicklungsablauf am Beispiel Mercedes-Benz . . . . .	456
	Literatur . . . . .	459
	<b>Sachverzeichnis . . . . .</b>	<b>461</b>