

Heinz Burg · Andreas Moser (*Hrsg.*)

Handbuch Verkehrsunfallrekonstruktion

Unfallaufnahme, Fahrdynamik,
Simulation

3. aktualisierte Auflage

Springer Vieweg

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	V
Zu diesem Buch	VII
Beiträge und Mitarbeiter	XI
Autorenverzeichnis	XV
Verzeichnis der Firmen und Organisationen	XVII

Teil A: Grundlagen **I**

AI Allgemeine Anmerkungen zum Sachverständigenwesen **3**

1	Einleitung	3
2	Arten von Sachverständigen	4
2.1	Sachverständige bei Gericht (Europa)	7
2.1.1	Strafprozess	7
2.1.2	Zivilprozess	7
2.2	Arten von Gutachten	8
2.2.1	Mündliche Gutachten	8
2.2.2	Schriftliche Gutachten	8
2.3	Detaillierte Hinweise und Grundlagen	9
2.3.1	Auftragsannahme	9
2.3.2	Grundlagen zur Gutachtenerstellung	10
2.4	Nachvollziehbarkeit	12
3	Naturwissenschaftliche Grundlagen	13
3.1	Naturgesetz	14
3.2	Theorie	15
3.3	Modell	15
3.4	Hypothese	16
3.5	Paradigma	16
3.6	Spekulation	16
3.7	Verifikation	16
3.8	Fiktion	17
3.9	Induktionsschluss	17
4	Aussagesicherheit	17
	<i>Literatur</i>	19

Die Bedeutung der Unfallgutachten in der Strafuntersuchung **20**

1	Aufgabe der Staatsanwaltschaft	20
2	Vorgehen der Strafuntersuchungsbehörden	20
2.1	Unfallhergang	20
2.1.1	Bewegungsablauf der beteiligten Fahrzeuge und Fussgänger	20

2.1.2	Geschwindigkeit	21
2.1.3	Synchronisation der Bewegungsabläufe der beteiligten Fahrzeuge und Fussgänger	21
2.2	(Infallursache)	21
2.3	Vermeidbarkeit Unfall (Kausalität)	22
2.3.1	Rechtslage	22
2.3.2	Beispiele aus der Praxis	22
3	Bedeutung Unfallgutachten in der Strafuntersuchung	23
4	Erwartungen an ein Unfallgutachten	23
4.1	Formelle Anforderungen an ein Unfallgutachten	23
4.2	Rekonstruktion Unfallablauf	24
4.3	Beurteilung von widersprechenden Darstellungen der Parteien zum Unfallhergang	25
4.4	Falsche Behauptungen als Erklärungen für den Unfall	25
4.4.1	Misslungenes Brems- oder Ausweichmanöver wegen eines Tieres ..	25
4.4.2	Unkorrektes Verhalten anderer Verkehrsteilnehmer	25
A2	Unfallaufnahme und Datenerhebung	27
1	Einleitung	27
2	Arten von Unfalldaten	28
3	Dokumentation von objektiven Merkmalen	29
3.1	Zeitpunkt der Datenerhebung	29
3.2	Dokumentation von Unfalldaten	29
3.3	Fotografische Dokumentation	30
3.4	Geräte zur Sicherung von objektiven Merkmalen	35
3.5	Vermessen von Unfallstelle und Spurenlagen	36
3.5.1	Geräte und Verfahren zur Vermessung von Unfallstellen	36
3.5.2	Rechtwinkel-Koordinaten-Messverfahren	36
3.5.3	Dreieck-Messverfahren	37
3.5.4	Vermessung von Kurven und Bögen	37
3.5.5	Messtischverfahren	39
3.5.6	Totalstation	39
4	Photogrammetrie	40
4.1	Einleitung	40
4.2	Anwendung	41
4.3	Luftbild-Photogrammetrie	41
4.4	Nahbereichs-Photogrammetrie	41
4.5	Innere Orientierung	42
4.6	Äußere Orientierung	42
4.7	Die Perspektivische Projektion – Zentralprojektion	42
4.8	Kollineare Abbildung	43
4.9	Photogrammetrische Auswertung	44
4.9.1	Transformation eines Punktes	45
4.9.2	Erklärung der verwendeten Koordinatensysteme	45
4.9.3	Transformation eines Bildpunktes in einen Straßenpunkt	46

4.10	Streifenprojektion	47
4.10.1	Prinzip	47
4.10.2	Ablauf einer Messung	48
4.10.3	Berechnung der Oberflächenkoordinaten	48
4.11	Beispiele	50
4.12	Luftbilder/Orthofotos	51
5	Fotografische Verfahren (Bildüberlagerung)	52
6	Sonnenstand	59
7	Daten und Informationen	61
7.1	Auswertung der Unterlagen	61
7.2	Untersuchung und Dokumentation der beteiligten Fahrzeuge/ Kollisionsobjekte	62
7.2.1	Übersichtsaufnahmen	65
7.2.2	Abbildungen zur Identifizierung und Individualisierung	65
7.2.3	Abbildungen zum technischen Zustand, zu technischen Details und zur Ausstattung	66
7.2.4	Abschnittsaufnahmen	68
7.2.5	Detailaufnahmen	69
7.2.6	Abbildungen mit Maßstab	72
7.3	Besichtigung, Dokumentation und Vermessung der Unfallstelle/Schadenörtlichkeit	79
7.3.1	Fahrzeugzusammenstellung/Ortstermin	79
8	Experimentelle Untersuchungen	81
8.1	Prinzipielle Untersuchungen	81
8.2	Spezielle Untersuchungen	84
	<i>Literatur</i>	89
A3	Messtechnik	91
1	Einleitung	91
1.1	Verwendung von Messgeräten vor Gericht	91
2	Grundlagen der Messtechnik	91
2.1	Direkte Messung	91
2.2	Indirekte Messung	91
2.3	Eichung	92
2.4	Kalibrierung	92
2.5	Messbereich	93
2.6	Genauigkeit/Fehler	93
2.7	Abtastrate	93
2.8	Linearität	93
2.9	Offsetfehler	94
2.10	Aufzeichnungszeit	94
2.11	Auflösung	94
2.12	Speichertiefe	94
2.13	Effektivwert –RMS	94
3	Statistische Kenngrößen	95
3.1	Arithmetischer Mittelwert	95
3.2	Median	95

3.3	Standardabweichung	95
3.4	Quantil	96
3.5	Verteilungsfunktion	96
4	Arten von Messgeräten	96
4.1	Wegmessung	96
4.2	Geschwindigkeitsmessung	96
4.3	Beschleunigungs-/Verzögerungsmessung	97
5	Messgeräteübersicht	97
5.1	XLMeter	97
5.2	PocketDAQ	98
5.3	PICDaq, PICDaq-GPS	98
5.4	Racelogic	99
5.5	Corrsys/Datron	99
5.6	Unfalldatenspeicher UDS	99
5.7	Motometer	100
5.8	VZM100	100
5.9	VC2000/VC3000	101
5.10	GPS	101
5.10.1	Methoden des DGPS	102
5.10.2	Galileo	103
5.11	OBD	103
5.12	Lackdickenmessung	104
	<i>Literatur</i>	105
A4	Systematik der Fahrzeugtechnik	107
1	Systematik der Kraftfahrzeuge	107
2	Klasseneinteilung nach Vorschriften	109
3	Klasseneinteilung nach Marktgegebenheiten	110
3.1	Zweiradfahrzeuge	110
3.2	Vierradfahrzeuge	111
	<i>Literatur</i>	112
4	Begriffe aus der Fahrdynamik nach DIN 70 000	113
A5	Kinematik	117
1	Weg-Zeit-Analyse	117
1.1	Weg-Zeit-Funktionen	117
1.1.1	Gleichförmige Bewegung	117
1.1.2	Gleichmäßig beschleunigte Bewegung	118
1.1.3	Gleichmäßige Änderung der Beschleunigung	118
1.1.4	Translatorische Bewegung	118
1.1.5	Rotatorische Bewegung	119
2	Weg-Zeit-Diagramm	120
2.1	Einleitung	120
2.2	Einführung in die Thematik – Das Weg-Zeit-Diagramm	120
2.3	Grundlagen zur Verwendung des Weg-Zeit-Diagramms	121
2.4	Die Weg-Zeit-Analyse in der praktischen Anwendung	124

2.5	Zuordnung von Fahrbewegungen im Weg-Zeit-Diagramm	125
2.6	Vermeidbarkeitsbetrachtungen	127
2.7	Rechtliche Grundlagen der Vermeidbarkeitsbetrachtung	127
2.8	Räumliche Vermeidbarkeit	128
2.9	Zeitliche Vermeidbarkeit	129
2.9.1	Sichtbegrenzungslinien oder Sichtgrenzen	131
2.9.2	Sichtbegrenzungslinien bei Blick in einen Rückspiegel	132
3	Bremsvorgänge	133
3.1	Der Unterschied zwischen Theorie und Praxis	133
3.2	Verzögerung über der Zeit und über dem Weg	136
3.3	Bestimmung der mittleren Vollverzögerung von Kraftfahrzeugen bei der Zulassungsprüfung	139
3.4	Definitionen	140
	<i>Literatur</i>	140
4	Schleudervorgang	141
4.1	Einleitung	141
4.2	Fallbeispiele	141
4.3	Berechnungsverfahren	143
4.4	Anwendung von Näherungsformeln	145
4.4.1	Anwendung des mittleren Schwimmwinkels und Teilbremsfaktors	145
4.4.2	Formeln von Marquardt und McHenry	149
4.5	Spurverfolgung	150
4.5.1	Sehnenmodell	150
4.5.2	Lineares Modell	152
5	Fahrvorgänge	153
5.1	Zeitlicher Ablauf eines Bremsvorgangs als zusammengesetzte Bewegung	153
5.2	Berechnung des Gesamtweges aus der Anfangsgeschwindigkeit und Endgeschwindigkeit	155
5.3	Berechnung der Anfangsgeschwindigkeit aus Gesamtweg und Endgeschwindigkeit (Fahren auf Sicht oder halbe Sicht)	155
5.4	Berechnung der Reaktionszeit bei gegebener Anfangs- und Endgeschwindigkeit und gegebenem Gesamtweg	156
5.5	Berechnung der Bremsverzögerung bei gegebener Anfangsgeschwindigkeit und Gesamtweg	157
5.6	Berechnung der Anfangsgeschwindigkeit aus Gesamtzeit und Endgeschwindigkeit	157
5.7	Berechnung der Anfangsgeschwindigkeit aus Gesamtweg und Gesamtzeit	158
5.8	Losfahren-Umsetzen-Abbremsen	158
5.9	Die Kurvenfahrt von Fahrzeugen	160
5.9.1	Die Dynamik der Kurvenfahrt	160
5.9.2	Die fühlbare Querbeschleunigung	162
5.9.3	Der ausgenutzte Seitenreibwert	162
5.10	Der Spurwechselvorgang bzw. Ausweichvorgang	163
5.10.1	Gerade Straße	163
5.10.2	Gekrümmte Straße	166
5.11	Der Abbiegevorgang	168

6	Überholvorgang	171
6.1	Einleitende Erklärungen	171
6.2	Berechnungsverfahren	171
6.3	Einfache Abschätzungen	171
6.4	Formeln für geschlossene Lösungen	173
6.4.1	Oberholen mit konstanter Geschwindigkeit	175
6.4.2	Überholen mit konstanter Beschleunigung aus gleicher Anfangsgeschwindigkeit wie der Überholte	176
6.4.3	Überholen mit konstanter Beschleunigung ab Überholbeginn mit einer Anfangsgeschwindigkeiten, die ungleich der des Überholten ist	178
6.4.4	Überholen mit konstanter Beschleunigung ab Überholbeginn mit einer Anfangsgeschwindigkeit, die ungleich der des Überholten ist. Überholter beschleunigt oder verzögert während des Überholvorgangs	178
6.5	Abbruch des Überholvorgangs	179
6.6	Mindestsichtweite für den Überholvorgang	181
	<i>Literatur</i>	184
7	Ampelphasen	184
8	Radkontaktpuren	187
8.1	Allgemein	187
8.2	Einfaches Berechnungsmodell	191
8.3	Erweitertes Berechnungsmodell	194
8.4	Beispiele zu Radkontaktpuren	196
	<i>Literatur</i>	207
A6	Kinetik	209
1	Einleitung	209
2	Kinetische Berechnung der Bewegungen von Fahrzeugen/Gespannen	209
3	Fahrmodell	211
3.1	Koordinatensysteme	211
3.2	Die Berechnung der Radaufstandspunkte	213
3.3	Die Kräfte am freigeschnittenen Fahrzeug	214
3.4	Die Radkräfte	214
3.5	Feder-und Dämpferkräfte	215
3.6	Federanschläge	216
3.7	Radaufstandskräfte	216
3.8	Reifeneigenschaften	217
3.9	Das gebremste Rad	219
3.10	Fahrzeuge mit Anti-Blockier-System (ABS)	220
3.11	Das angetriebene Rad	220
3.12	Die Transformation der Reifenkräfte ins InertialSystem	220
3.13	Der Luftwiderstand	221
3.14	Die Anhängerkupplungskräfte	221
3.15	Die Bewegungsgleichungen für das Fahrzeug	221
3.16	Die Integration der Bewegungsgleichungen	222

4	Das Anhängermodell	225
4.1	Der un gelenkte Anhänger	225
4.2	Sattelkraftfahrzeuge	227
4.3	Der gelenkte Anhänger	228
4.4	Die Vorgabe von Anfangsbedingungen bei Hängergespannen	230
4.4.1	Anfangsbedingungen für den un gelenkten Anhänger	231
4.4.2	Anfangsbedingungen für den gelenkten Anhänger	232
5	Zur Berechnung der Kräfte zwischen Reifen und Fahrbahn	234
5.1	Einführung	234
5.2	Messtechnische Erfassung der Reifeneigenschaften	235
5.3	Mathematische Ersatzmodelle für Reifen	235
5.4	Modellbildung	236
	<i>Literatur</i>	237
6	Grobe Einteilung der Reifenmodelle	238
6.1	Linearisierte Beschreibung	238
6.2	Nichtlineare Approximation gemessener Kennfelder	238
6.3	Einfache Deformationsmodelle	238
6.4	Strukturmodelle	238
6.5	Realisierte und angewandte Modelle nach Autoren	238
	<i>Literatur</i>	239
7	Dynamik von Kraftfahrzeugen	240
7.1	Gemessene Luftwiderstandsbeiwerte von Einspurfahrzeugen und anderen Fahrzeugen	240
7.2	Bremskraftverteilung Grundlagen	241
7.2.1	Berechnung des Bremsvorgangs eines Personenwagen	241
7.2.2	Grundlagen	241
7.2.3	Achskraftverteilungsdiagramm	241
7.2.4	Bremskraftverteilungsdiagramm	245
7.2.5	Bremskräfte im Bremskraftverteilungsdiagramm bei Steigerung der Bremswirkung	249
7.2.6	Einfluss der Beladung auf das Bremskraftverteilungsdiagramm	250
7.2.7	Bremskraft-Steuereinrichtungen	250
7.2.8	Einfluss der Motorbremswirkung auf das Bremskraftverteilungsdiagramm	251
7.2.9	Hinterradantrieb	251
7.2.10	Vorderradantrieb	251
7.2.11	Einfluss der Luftkräfte auf das Bremskraftverteilungsdiagramm	252
7.3	Zusammenhang zwischen Bremskraftverteilung und Fahrzeugtyp	252
7.3.1	Mittelmotor-Sportwagen	252
7.3.2	Oberklasse-Limousine	253
7.3.3	Mittelklassefahrzeug mit Vorderradantrieb	254
7.3.4	Allradgetriebenes Geländefahrzeug mit kurzem Radstand	255
7.3.5	Motorrad	256
	<i>Literatur</i>	257

8	Gefahren oder gestanden?	259
8.1	Einführung	259
8.2	Anknüpfungsinformationen	259
8.3	Bewertungsgrundlagen	260
8.4	Theoretische Überlegungen	261
8.5	Repräsentative Versuchsergebnisse und Bewertungen	261
8.6	Schlussfolgerungen für die praktische Anwendung	267
	<i>Literatur</i>	267
A7	Informationsaufnahme beim Kraftfahrer	269
	Wahrnehmung und Sicherheitsverhalten	269
1	Einleitung	269
2	Sensomotorik	270
3	Kognition	271
4	Sensorik und Alterungsvorgang	274
5	Blickverhalten	277
6	Nutzbarer Sehfeldumfang	278
7	Folgerungen	280
	<i>Literaturhinweise</i>	283
A8	Vermeidbarkeitsbetrachtungen	287
1	Einleitung	287
2	Festlegung des Reaktionspunktes	288
3	Grundsätzliche Überlegungen zu den Vermeidbarkeitsmöglichkeiten	292
4	Berechnungsmöglichkeiten	292
	<i>Literatur</i>	296
A9	Kollisionsmechanik	297
1	Einleitung	297
	<i>Literatur</i>	299
2	Grundlagen	300
2.1	Newton'sche Axiome	300
2.1.1	Lex Prima: Trägheitsprinzip	300
2.1.2	Lex Secunda: Aktionsprinzip; Grundgesetz der Dynamik	300
2.1.3	Lex Tertia: (Reaktionsprinzip; Wechselwirkungsprinzip)	301
2.2	Kollisionsphasen	301
2.3	Erhaltungssätze	303
2.3.1	Impulserhaltung – Impulserhaltungssatz	303
2.3.2	Drallerhaltung – Drallerhaltungssatz	303
2.3.3	Energieerhaltungssatz	304
2.4	Stoßtheorien	305
2.4.1	Stoßtheorie nach Flertz und Saint Venant	305
2.4.2	Stoßtheorie nach Galilei, Huygens und Newton (klassische Stoßtheorie)	305

2.5	Ergänzungshypothesen zur klassischen Stoßtheorie	305
2.5.1	Stoßzahlhypothese nach Newton	305
2.5.2	Stoßzahlhypothese nach Poisson	305
2.5.3	Richtungshypothese nach Marquard	305
2.5.4	Hypothese nach Slibar für Kollisionen ohne Abgleiten	306
2.5.5	Gleithypothese von Kudlich und später Böhm und Hörz	306
	<i>Literatur</i>	306
3	Gerader zentraler Stoß	307
3.1	Realer Ablauf eines geraden zentralen Stoßes	311
3.2	Berechnung nach EDCrash bzw. Crash3	314
	<i>Literatur</i>	315
4	Grafische Verfahren	316
4.1	Antriebs-Balance-Verfahren	318
4.2	Rhomboid-Schnittverfahren	321
4.3	Gegenverkehrsunfall	324
	<i>Literatur</i>	328
5	Rechnerische Verfahren	328
5.1	Zweidimensionaler exzentrischer Stoß	328
5.2	Dreidimensionaler exzentrischer Stoß	330
5.3	Vorwärtsrechnung	330
5.3.1	Physikalische Grundlagen	330
5.3.2	Stoßrechnung nach der Impuls- und Drallerhaltung	332
5.3.3	Impulserhaltung	332
5.3.4	Drallerhaltung	332
5.3.5	Kontaktpunktgeschwindigkeiten	332
5.3.6	Zusatzgleichungen, Stoßhypothesen	333
5.3.7	Restitution, Stoßziffer	333
5.3.8	Kollision ohne Abgleiten	333
5.3.9	Ableitkollision	333
5.3.10	Reibungstheorie	334
5.3.11	Festlegung der Berührtangente bzw. -ebene, des Reibungsfaktors und der Stoßziffer in der Praxis	334
5.3.12	Zerreißung von Strukturen	337
5.3.13	Schlussfolgerung	341
5.4	Kontrollgrößen	341
5.4.1	Geschwindigkeitsänderung	341
5.4.2	Gierwinkel	341
5.4.3	Berührungspunktgeschwindigkeit	342
5.4.4	Differenz der Berührungspunktgeschwindigkeiten nach der Kollision ...	343
5.4.5	Derk-Faktor	343
5.4.6	Der Stoßantrieb	343
5.4.7	Die induzierten Giergeschwindigkeiten	344
5.4.8	Die Differenz der Giergeschwindigkeiten	344
5.4.9	Der Reibwert	344
5.4.10	Die Deformationsenergie	344
5.4.11	EES-Werte nach Massen- und Eindringtiefenverhältnis	345
5.4.12	Das „Verhältnis von Geschwindigkeitsänderung zu EES“ GEV	345
	<i>Literatur</i>	346

6	Berechnung der Deformationsenergie aus Versuchen	347
6.1	EBS (Equivalent barrier speed)	348
6.2	EES (Energy equivalent speed)	349
6.3	Beispiel AREC 2003 – WH0327	349
6.4	Deformationsprofil	350
	<i>Literatur</i>	354
7	Kraftrechnung – Steifigkeitsbasierte Stoßmodelle	355
7.1	Ellipsoid Modell	355
7.1.1	Kompression – Restitution	355
7.1.2	Ellipsoid-Ellipsoid-Kontakt (Fahrzeug-Fahrzeug)	356
7.1.3	Ellipsoid-Ebenen-Kontakt (Fahrzeug-Untergrund)	357
7.1.4	Grundmodelle für Kontaktberechnungen	358
7.2	Mesh-Modell	359
7.2.1	Knoteneigenschaften	360
7.2.2	Kontakte zwischen Netz und Untergrund	360
7.2.3	Fahrzeug-Fahrzeug-Kontakte	361
8	Finite-Elemente-Berechnung	362
8.1	Einleitung	362
8.2	FE-Modell-Beschreibung	364
8.3	Finite-Elemente-Berechnung	365
8.4	Knoten	366
8.5	Randbedingungen/Zwangsbedingungen	367
8.6	Externe Lasten	367
8.7	Kontaktberechnung	367
8.8	Diskretisierungsprozess – Netzgenerierung	367
8.9	Material Modelle	368
8.10	Ergebnisse	369
8.11	Berechnungszeit	370
	<i>Literatur</i>	370
9	Zusammenhang zwischen EES, bleibender Deformation, Kollisionsdauer und Struktursteifigkeit	371
9.1	Einleitung	371
9.2	EES-Wert-Berechnung	371
9.3	Berechnung der Kollisionsdauer	374
9.4	Strukturformeln	376
9.4.1	Massenproportionale Rückverformung	378
9.4.2	Nicht massenproportionale Rückverformung	378
9.4.3	Definition einer Struktur mit nichtlinearer Kennlinie	380
9.5	Berechnung des EES-Wertes aus Unfallversuchen	383
9.6	Crash-Tests	385
9.6.1	Aus ams	385
9.6.2	Eigene Versuche zur HWS-Problematik	386
9.6.3	Dekra-Versuche	386
9.6.4	Schlussbemerkung	389

A10 Fußgängerunfälle	391
1 Einleitung	391
1.1 Unfallarten	391
1.2 Definitionen	394
2 Kinematik	396
2.1 Kontaktphase	397
2.2 Primärkontakt/Erstkontakt	397
2.3 Unterzieheffekt	398
2.4 Rotationsbewegungen	398
2.5 Aufschöpfen oder Aufladen	399
2.6 Flugphase	400
2.7 Rutschphase	401
2.8 Wurfweite	402
2.9 Längswurfweite beim vollen Frontalzusammenstoß	402
2.10 Längswurfweite bei hinein- oder herauslaufendem Fußgänger	406
2.11 Querwurfweite	409
2.12 Überfahren/Überrollen	410
2.13 Beispiel eines Unfalls durch Überfahren	410
2.14 Unfälle mit Überrollen	412
2.15 Geschwindigkeitsverlust des Kraftfahrzeugs	413
3 Bestimmung des Kollisionspunkts	414
3.1 Schrankenverfahren	415
<i>Literatur</i>	418
4 Daten für Berechnungen	419
4.1 Gehen	419
4.2 Schnell Gehen	420
4.3 Laufen	420
4.4 Rennen	421
<i>Literatur</i>	426
All Unfälle mit Zweirädern	427
1 Einleitung	427
2 Einteilung der Zweiräder	428
3 Statistik/Unfallforschung	429
4 Einlaufphase	432
4.1 Grundlagen zur Dynamik	432
4.2 Kurvenfahrt	432
4.3 Beschleunigung	433
4.4 Höchstgeschwindigkeit	435
4.5 Bremsen	436
4.6 Kippen	440
4.7 Ausweichen	441
5 Kollisionsphase	443
5.1 Crash-Versuche	443
5.2 Impulserhaltungssatz	447
5.3 Energieerhaltungssatz	447

6 Auslauf	450
<i>Literatur</i>	453
A12 Pkw-Pkw-Unfälle	455
1 Zum Straßenverkehr in Deutschland und in Europa	455
2 Qualitätssicherung durch Ringtests	460
3 Validierung/Verifikation von Rekonstruktionsprogrammen	463
4 Daten für Berechnungen	464
4.1 Anfahren und Beschleunigen	464
4.2 Bremsverzögerung	471
4.3 Ausrollen von Pkw	477
4.4 Reibungskoeffizienten	478
<i>Literatur</i>	481
A13 Unfälle mit Nutzfahrzeugen	483
1 Allgemeines	483
2 Tachographen	483
<i>Literatur</i>	486
A14 Unfälle mit land- oder forstwirtschaftlichen Fahrzeugen	487
1 Unfallursachen	487
2 Allgemeine Bemerkungen zur Technik von lof-Fahrzeugen	488
2.1 Allgemeine Tendenzen	488
2.2 Traktorenkonzepte	488
2.3 Ausblick	490
3 Rekonstruktionsgrundlagen	490
3.1 Sicherheitsvorschriften	492
3.2 Crash-Tests	492
<i>Literatur</i>	494
A15 Überschlagsunfälle	495
1 Einleitung	495
2 Allgemein	495
3 Überschlagsphasen	495
4 Arten von Überschlägen	497
4.1 Rollover mit Zusammenstoß	497
4.2 Rampen-Rollover	497
4.3 Verhakter Rollover (Trip over)	498
4.4 Fahrzeugdynamischer Rollover	498
4.5 Absturz	499
4.6 Überschlag nach vorne	499
5 Experimentelle Test-und Evaluierungsmethoden	500
5.1 SAEJ2114 Dolly test (FMVSS 208)	500
5.2 FMVSS 216 Roofcrush (Dacheindrückung)	500
5.3 FMVSS 201 Occupant protection in interior impact (Insassenschutz)	501

5.4	Inverted Drop Test (Inverser Dachfalltest)	501
5.5	ADAC-Korkenzieher-(Corkscrew-)Test	502
5.6	Alternative Testprozeduren	502
5.7	Schlussbemerkung	504
	<i>Literatur</i>	504
A16	Schienenfahrzeuge/Straßenbahnen	505
1	Geschichte der Straßenbahnen	505
2	Straßenbahntypen	505
2.1	Fahrerhaus	505
2.2	Bremsanlagen	507
2.3	Fahrdatenerfassung	509
3	Reaktion bei Notbremsvorgängen	512
	<i>Literatur</i>	513
A17	Schadenaufklärung	515
1	Einführung	515
2	Begehensformen	517
2.1	Das abgesprochene Schadenereignis	517
2.2	Das fingierte Schadenereignis	517
2.3	Das fiktive Schadenereignis	517
2.4	Der provozierte Verkehrsunfall	517
2.5	Der ausgenutzte Verkehrsunfall	517
3	Kollisionsanordnungen und wirtschaftliches Interesse	518
3.1	Das abgesprochene Schadenereignis	518
3.2	Das fingierte Schadenereignis	525
3.3	Das fiktive Schadenereignis	528
3.4	Der provozierte Verkehrsunfall	530
3.5	Der ausgenutzte Verkehrsunfall	532
4	Daten und Informationen	537
4.1	Auswertung der Unterlagen	537
4.2	Weitere Informationen zum Geschehensablauf	537
5	Bewertung der Daten und Anknüpfungsinformationen	540
6	Methoden zur Schadenaufklärung aus technischer Sicht	540
6.1	Theoretische Untersuchungen	540
6.2	Experimentelle Untersuchungen	540
7	Gutachtenerstellung	541
	<i>Literatur</i>	543
A18	Insassensimulation	545
1	Einleitung	545
2	Fragestellungen	545
3	Simulationsmodelle	546

4	Simulation	547
4.1	Gelenke	548
4.2	Kontakte	549
4.3	Crash-Puls	550
4.4	Rückhaltesysteme	550
4.5	Verfahrensschritte	551
4.6	Innenraummodellierung	552
5	Ergebnisse	553
	<i>Literatur</i>	554
A19	Biomechanik	555
1	Einleitung	555
2	Grundlagen der Anatomie	555
3	Belastungsgrößen – Klassifizierung der Verletzungsschwere	556
3.1	Abbreviated Injury Scale (AIS)	556
3.2	Die Verletzungsbeeinträchtigungsskala IIS (Injury Impairment Scale)	558
3.3	Der3-ms-Wert	559
3.4	Das Kopf-Verletzungskriterium HIC (Head Injury Criterion)	559
3.5	Das Viskosekriterium VC (Viscous Criterion)	560
3.6	Das Hals-Verletzungskriterium NIC (Neck Injury Criterion)	560
4	Biomechanische Belastungsgrenzen	560
5	Beurteilung von Halswirbelsäulenverletzungen aus technischer Sicht	562
5.1	Allgemeine Ausführungen	562
5.2	Aufprallarten	563
5.2.1	Heckkollision	563
5.2.2	Frontalkollision	565
5.2.3	Seitenkollision	565
5.3	Belastungsgrenzen	567
5.4	Schweregrad der HWS-Verletzung und statistische Ergebnisse	568
	<i>Literatur</i>	569
A20	Simulation und Animation	571
1	Einleitung	571
2	Simulation	572
2.1	Grenzen der Simulation	573
2.2	Verifikation	573
2.3	Ringversuche	574
2.4	Simulationsmodelle	574
2.4.1	Kinematische Simulation	574
2.4.2	Kinetische Simulation	575
3	Animation	575
4	Möglichkeiten und Grenzen der Anwendung von Simulationsprogrammen	577
5	Nachvollziehbarkeit	577
	<i>Literatur</i>	578

Teil B: Fallbeispiele	579
B1 Unfälle mit Tieren	581
1 Allgemeines	581
2 Daten für Berechnungen – Tiere	581
3 Pferde	582
3.1 Grundlagen	582
3.2 Die Gangarten der Pferde	583
3.2.1 Der Schritt	584
3.2.2 Der Trab	585
3.2.3 Der Galopp (Canter)	586
3.2.4 Der Pass und der Tölt	587
3.2.5 Rückwärtsrichten	587
3.3 Pferderassen	588
3.4 Wert	591
3.5 Ausbildung	591
3.6 Ausrüstung	591
4 Falldarstellungen	594
5 Versuche	597
<i>Literatur</i>	597
B2 Unfälle mit Fußgängern	599
1 Sachverhalt	599
2 Auftrag	599
3 Objektive Merkmale	600
4 Unfallrekonstruktion	602
4.1 Vermeidbarkeit für den Pkw-Fahrer	604
5 Zusammenfassung	606
B3 Unfälle mit Zweiradfahrzeugen	607
1 Sachverhalt	607
2 Durchgeführte Maßnahmen/Aufgabenstellung/Lösungsweg	607
3 Objektive Merkmale	608
4 Analyse	612
4.1 Bewegungsabläufe/Kollision	612
4.2 Geschwindigkeitsberechnungen	613
4.3 Vermeidbarkeit für den Pkw-Fahrer	614
B4 Unfälle mit motorisierten Zweirädern	615
1 Pkw kollidiert mit vorfahrtsberechtigtem Krad	615
1.1 Sachverhalt	615
1.2 Durchgeführte Maßnahmen/Aufgabenstellung/Lösungsweg	615
1.3 Objektive Merkmale	616
1.3.1 Beschädigungen/technische Zustände	616
1.3.2 Unfallstelle/Endstände/Spuren	618

1.4	Analyse	621
1.4.1	Rekonstruktion der Bewegungsabläufe	621
1.4.2	Geschwindigkeiten	622
1.4.3	Weg-Zeit-Betrachtungen und Vermeidbarkeit	627
B5	Unfälle mit Pkw	631
1	Sachverhalt	631
2	Auftrag	631
3	Objektive Merkmale	631
4	Unfallrekonstruktion	633
5	Zusammenfassung	637
B6	Unfälle mit Kleintransportern	639
1	Sachverhalt	639
2	Durchgeführte Maßnahmen/Aufgabenstellung/Lösungsweg	639
3	Objektive Merkmale und sonstige Informationen	640
3.1	Beschädigungen	640
3.2	Unfallstelle/Endstände/Spuren	641
4	Analyse	643
4.1	Rekonstruktion der Bewegungsabläufe	643
4.2	Geschwindigkeiten	644
4.2.1	Kollisionsgeschwindigkeiten	644
4.2.2	Ausgangsgeschwindigkeiten	647
4.3	Weg-Zeit-Betrachtungen	649
4.4	Unfallursache	649
B7	Unfälle mit Nutzfahrzeugen	651
	Reisebus kippt beim Abbiegen auf linke Seite	651
1	Sachverhalt	651
2	Durchgeführte Maßnahmen/Aufgabenstellung/Lösungsweg	651
3	Objektive Merkmale	652
3.1	Unfallstelle/Endpositionen/Spuren	652
3.2	Fahrzeugkenndaten/Beschädigungen	656
4	Technischer Zustand	657
5	Rekonstruktion des Bewegungsablaufes	661
5.1	Geschwindigkeit des Busses	662
5.2	Weg-Zeit-Verhalten und Vermeidbarkeit	664
	Schwerlasttransporter schwenkt bei Kurvenfahrt aus und kollidiert mit einem entgegen kommenden Pkw	666
1	Sachverhalt	666
2	Auftrag	666
3	Objektive Merkmale	666
3.1	Merkmale am Sattelzug	668
3.2	Sichtverhältnisse für den Fahrer des Sattelzugs	669

4	Unfallrekonstruktion	671
5	Unfallvermeidung	672
	Unfall Bus/Radfahrer	673
6	Bremsversuch auf dem Bus mit PocketDAQ	674
7	Spuren an den Fahrzeugen	675
8	Spuren auf der Fahrbahn	675
9	Geschwindigkeit des Busses	676
	Auffahrkollision von Nutzfahrzeugen	677
B8	Unfälle mit land-oder forstwirtschaftlichen Fahrzeugen	681
	Überholender Pkw kollidiert mit nach links abbiegendem Traktor	681
1	Sachverhalt	681
2	Auftrag	681
3	Objektive Merkmale	681
3.1	Besichtigung des Traktors	685
4	Unfallrekonstruktion	686
5	Unfallvermeidung	689
6	Zusammenfassung	689
B9	Unfälle mit Schienenfahrzeugen	691
1	Sachverhalt	691
2	Parteivorträge und sonstige Informationen	692
2.1	Klagevortrag	692
2.2	Beklagtenvortrag	693
2.3	Beweisaufnahme	693
3	Sachverständige Feststellungen und Ausführungen	693
3.1	Fahrdatenerfassung der Straßenbahn	693
3.2	Ortsbesichtigung und Erkennbarkeit des Blaulichts	694
3.3	Vergleich der Fahrdatenerfassung mit dem XLMeter	695
3.4	Kollision zwischen Straßenbahn und Polizeifahrzeug	696
3.5	Weg-Zeit-Berechnungen	697
4	Zusammenfassung	700
B10	Alleinunfälle	701
1	Einleitung	701
2	Fallbeispiel 1: Überschreiten der Kurvengrenzgeschwindigkeit	701
2.1	Ablauf	702
2.2	Augenschein, Rekonstruktion (alle Fahrzeuge sind Vergleichsfahrzeuge) ..	704
2.3	Unfalldynamische Grundlagen	705
2.4	Unfallanalyse (Hergang)	707
2.5	Sicherheitsgurte	710
2.6	Anhaltestrecken	711

2.7	Beurteilung der Fahrweise des BMW-Fahrers	711
2.8	Die Person des BMW-Fahrers	711
3	Fallbeispiel 2: „Flugunfall“	712
3.1	Unfalluntersuchung	712
4	Zusammenfassung	715
BII	Überschlagunfälle	717
	Pkw kollidiert mit einem Geländewagen	717
1	Sachverhalt	717
2	Durchgeführte Maßnahmen/Aufgabenstellung/Lösungsweg	717
3	Objektive Merkmale	718
4	Analyse	724
4.1	Bewegungsabläufe/Kollision	724
4.2	Geschwindigkeitsberechnungen	725
4.3	Vermeidbarkeit	726
B12	Beispiele zu Insassenverletzungen	727
	Beweissicherung und Rekonstruktion von Straßenverkehrsunfällen mit unklarer Sitzposition	727
1	Einleitung	727
2	Fallbeispiel 1	728
2.1	Ausgangssituation	728
2.2	Ablauf der Beweissicherung	728
3	Fallbeispiel 2	731
3.1	Ausgangssituation	731
3.2	Ablauf der Beweissicherung	731
4	Fallbeispiel 3	734
4.1	Ausgangssituation	734
4.2	Ablauf der Beweissicherung	734
5	Aufgaben der Sachverständigen bei der Konfrontation mit unklaren Fahreigenschaften	736
5.1	Technischer Sachverständiger	736
5.1.1	Arbeit am Unfallort	736
5.1.2	Spurensicherung am Fahrzeug	737
5.1.3	Teilnahme an medizinischen Untersuchungen	738
5.1.4	Rekonstruktion der Bewegungsabläufe	738
5.2	Medizinischer Sachverständiger	738
6	Fazit	740
	<i>Literatur</i>	740

Teil C: Sonderthemen	741
C1 Aktive und passive Sicherheit	743
1 Die Fahrzeugsicherheit und das Risiko	743
2 Die aktive Sicherheit	743
3 Die passive Sicherheit	744
4 Nutzung von Daten und Informationen aus der aktiven für die passive Sicherheit	744
<i>Literatur</i>	745
C2 Sicherheitsgurte	747
A-Technik der Gurtsysteme	747
1 Bedeutung der Gurtanlage-Quote	747
2 Komponenten und Funktionsweise des Sicherheitsgurts	747
3 Sensierung und Auslösekriterien	749
4 Fragestellung aus der Sicht des Gutachters	749
<i>Literatur</i>	750
B – Spurenkundliche Überprüfung der Gurtsysteme	751
1 Einleitung	751
2 Sicherstellung von Sicherheitsgurten	751
3 Bewertung von Spuren als Tragspuren	751
4 Untersuchung von Sicherheitsgurten (Dreipunkt-Sicherheitsgurte ohne Straffer)	752
4.1 Vor-Untersuchungen	752
4.2 Mikroskopische Untersuchungen	752
5 Gurtstraffer/Gurtstrammer	755
6 Zusammenfassung	755
<i>Literatur</i>	756
7 Spurenkundliche Überprüfung der Gurtsysteme: Ein Fallbeispiel	756
7.1 Einleitung	756
7.2 Spurensicherung am Unfallort und am Fahrzeug – Sicherheitsgurten?	756
7.3 Bewertung von Spuren als Tragspuren	760
7.4 Zusammenfassung	760
<i>Literatur</i>	760
C3 Airbag-Systeme	761
1 Der Airbag als Sicherheitsbestandteil heutiger Automobile	761
2 Komponenten und Funktionsweise von Airbag-Systemen	762
3 Sensierung und Auslösekriterien	763
4 Fragestellung aus der Sicht des Gutachters	764
<i>Literatur</i>	765

C4	Schutzhelme	767
1	Einleitung	767
2	Erste Untersuchungen am Helm	767
3	ECE-Typenprüfung von Helmen	767
4	Beschädigungen am Helm	768
5	Untersuchungen am Kinnriemen und am Helmschloss	769
6	Literatur zu Helmverlusten bei Motorradunfällen	770
7	Zusammenfassung	770
8	Begriffsbestimmungen (Schutzhelme und Visiere ECE-R 22)	771
	<i>Literatur</i>	772
C5	Reifen und Räder	773
1	Einleitung	773
2	Sicherstellung von Rädern und Reifen	773
3	Reifenschäden als Unfallfolgen	774
4	Untersuchung von Rädern/Reifen	774
5	Walkspuren an Rädern/Reifen	775
6	Zusammenfassung	777
	<i>Literatur</i>	778
C6	Glühlampen	779
1	Einleitung	779
2	Sicherung von Glühlampen	779
3	Untersuchungen von Glühlampen	780
3.1	Visuelle und elektrische Untersuchung	780
3.2	Beurteilungskriterien bei Glühlampenuntersuchungen	780
3.3	Oxidationsspuren an Glühlampen	782
3.4	Untersuchung von blauen Aufdampfungen an Glühlampen	783
4	Bewertung von Spuren an Glühlampen	783
5	Fallversuche mit Glühlampen	783
6	Blinkerlampen und Blinkfrequenz	784
7	Xenon-Lampensysteme	784
8	LED-Lampensysteme	785
9	Zusammenfassung	786
	<i>Literatur</i>	786
C7	Fahrzeugschlüssel	787
1	Fragestellung	787
2	Schlüssel und elektronische Sicherungssysteme	787
2.1	Mechanischer Schlüsselteil	787
2.2	Elektronischer Schlüsselteil	790
3	Schlüsseluntersuchung	791
3.1	Zugehörigkeit zum Fahrzeug	793
3.2	Duplizierspuren	794
3.3	Spuren durch Manipulationen an einem Transponder	796
	<i>Literatur</i>	796

C8 Mikrospuren	797
A – Mikrospuren, Spurensicherung, Mikrospurenauswertung	797
1 Einleitung	797
2 Sicherung von Mikrospuren	797
3 Auswertung von Mikrospuren	798
4 Bewertung von Mikrospuren	798
5 Arten von Mikrospuren	799
6 Einsatz des Spurensicherungsklebebands	799
7 Stereomikroskopische Vor-Untersuchungen	800
8 Beeinflussung des Spurenmaterials durch die Klebebänder respektive den Klebstoff	800
9 Mikroskopische Untersuchungen	800
9.1 UV/VIS-Spektroskopie (Lackspuren, textile Fasern)	801
9.2 FourierTransformierte-InfraRot-(FT-IR-)Spektroskopie (Lackspuren, Kunststoffe)	801
9.3 Pyrolyse-GC-MS (Pyrolyse-Gas-Chromatografie-Massenspektroskopie) (Lackspuren, Kunststoffe)	802
9.4 Biologische Spuren (Pflanzenfasern, Moose, Holz etc.)	803
9.5 Anorganische Spuren (Straßenschmutz, Steinchen, Mauerabrieb, metallische Spuren etc.)	803
9.6 Menschliche und tierische Haare	803
9.7 Blut, Speichel, Sperma und Gewebespuren (inklusive DNA-Material)	805
9.8 Glas (Splitter, Scherben)	805
10 Lackspuren/Lackdatenbank	806
11 Zusammenfassung	806
<i>Literatur</i>	807
B – Spurensicherung mit der Spurilx-Folie	808
1 Einleitung	808
2 Anwendungsfälle der SpurFix-Methode	810
3 Spurensicherung mit der Spurfix-Folie	811
4 Besonderheiten der Spurfix-Folie	811
5 Typische Spuren	812
6 Weiterführende Untersuchungen	813
7 Zusammenfassung	814
<i>Literatur</i>	814
C9 Elektronik im Kraftfahrzeug	815
A-Übersicht	815
1 Einführung	815
2 Anwendungsgebiete	815
3 Vernetzung und Bussysteme	816
4 Steuergeräte	817

5	Sensoren	819
5.1	Temperatursensoren	819
5.2	Positionssensoren	819
5.3	Optische Sensoren	820
5.4	Induktive Drehzahlsensoren	820
5.5	Beschleunigungssensoren	820
5.6	Ultraschallsensoren	820
5.7	Weitere Sensoren	820
5.8	Schalter und Taster	821
6	Diagnose und Prüfmöglichkeiten	821
7	Optische Lichtleitersysteme	823
8	Lichttechnik	824
9	Vorgehensweise bei Fehlersuche	824
10	Zusammenfassung/Ausblick	825
	<i>Literatur</i>	826
B – Event Data Recorder (EDR) und Datenauslesung mit dem BOSCH CDR Tool ...		827
1	Einleitung	827
2	Auslesung von elektronischen Daten	829
3	Datenauslesung über den OBD-Stecker	830
4	Datenauslesung direkt vom Airbagsteuergerät (ACM)	831
5	Allgemeine Hinweise	832
6	US Regulations (Verordnungen)	833
7	Beispiele aus Gutachten	835
7.1	Auffahrunfall	835
7.2	Komplexer Unfall	835
8	Aus- und Weiterbildung	836
8.1	Operator Training	836
8.2	Fünf-Tage Grundausbildung für Polizeibeamte und Sachverständige für Unfallrekonstruktion	836
9	Datenrechte/Privacy	838
	<i>Literatur</i>	839
C10 Zukünftige Methoden bei der Spurensicherung		841
1	Einleitung	841
2	Geschichte und Grundlagen	841
3	3D-Photogrammetrie	842
4	Neue Möglichkeiten und Bedürfnisse	842
5	3D-Scanner-Technologien	843
6	Anwendungsmöglichkeiten und Fallbeispiele	844
	<i>Literatur/www-Adressen</i>	852

CII Biomechanische Daten	853
1 Einleitung	853
2 Modellierung des menschlichen Körpers	856
2.1 Körpersegmente	857
2.1.1 Charakteristika von Körpersegmenten	857
2.2 Methoden zur Ermittlung der Charakteristika von Körpersegmenten	858
2.2.1 Die Schwingungsmethode	858
2.2.2 Anthropometrie und anthropometrische Datenbanken	861
2.2.3 Medizinische Bildgebung und Gewebesegmentierung	862
2.2.4 Eigenschaften der Masse und Trägheit von Körpersegmenten	867
<i>Literatur</i>	869
C12 Bemerkbarkeit von Kleinkollisionen	871
1 Einführung	871
2 Feststellen des Verursachers	871
3 Möglichkeiten der Bemerkbarkeit von Kleinkollisionen	872
3.1 Optische Bemerkbarkeit	872
3.2 Akustische Bemerkbarkeit	873
3.3 Taktile bzw. kinästhetische Bemerkbarkeit	874
4 Beschädigungsmerkmale	874
5 Verformungswiderstand	875
6 Kollisionsversuche	875
7 Zusammenfassung	877
<i>Literatur</i>	877
C13 Dunkelheitsunfälle	879
Teil 1: Sichtbarkeit aus lichttechnischer Sicht, der Dunkelheitsunfall, Rekonstruktion durch Berechnung	879
1 Abgrenzung, Zielstellung	879
2 Lichttechnische Größen	879
2.1 Raumwinkel	880
2.2 Lichtstrom O	881
2.3 Beleuchtungsstärke E	881
2.4 Lichtstärke I	881
2.5 Leuchtdichte L	881
3 Wahrnehmungsphysiologische Grundlagen, Wahrnehmungsmodell	882
4 Wahrnehmung und Wahrnehmungsmodelle	883
4.1 Arten der Wahrnehmungsmodelle	883
4.2 Wahrnehmungsmodell bei stationärer Beleuchtung	884
4.3 Wahrnehmungsmodell bei Kfz-Scheinwerferbeleuchtung	884
5 Berechnung der Wahrnehmung nach dem Kontrastwahrnehmungsmodell	884
5.1 Berechnung ohne Blendung	884
5.2 Berechnung mit Blendung	886
6 Die lichttechnische Unfallrekonstruktion (prinzipielle Vorgehensweise)	888

7	Messung lichttechnisch relevanter Größen	889
7.1	Messung der Leuchtdichte	889
7.1.1	Messung der Leuchtdichte mit direkt messenden Leuchtdichtemessern	890
7.1.2	Messung der Leuchtdichte mit bildauflösenden Verfahren	890
7.2	Messung der Beleuchtungsstärke	891
7.3	Folgen ungenügender V(/.)-Anpassung bei Leuchtdichte- und Beleuchtungsstärkemessgeräten	892
	<i>Literatur</i>	893
Teil 2: Übersicht und allgemeine Hinweise zur Bearbeitung von Dunkelheitsunfällen		894
1	Rekonstruktionsmethoden und Einflussgrößen für die lichttechnische Rekonstruktion	894
2	Blickzuwendungszeit	898
	<i>Literatur</i>	900
3	Physiologisch-optische Grundlagen und visueller Wahrnehmungsprozess	901
	<i>Literatur</i>	904
C14 Stahlleitplanken		905
1	Einleitung	905
2	Übersicht der Normen der EN 1317 und der technischen Spezifikation für öffentliche Straßen	905
2.1	Empfehlungen der Norm EN 1317-1	906
2.2	Index für die Schwere der Beschleunigung (ASI – acceleration severity index)	907
2.3	Normzusatz EN 1317-2: 1999/A:2006	907
2.4	Theoretische Anprallgeschwindigkeit des Kopfes (THIV – theoretical head impact velocity)	908
2.5	Kopfverzögerung nach dem Anprall (PHD – post-impact head deceleration)	909
2.6	Index der Fahrzeugkabinenverformung (VCD1 – vehicle cockpit deformation index)	909
2.7	Kinetische Energie und theoretische durchschnittliche Anprallkraft	909
2.8	Stufen der Fahrzeugrückhaltung	910
3	Übersicht der Norm EN 1317-2	911
3.1	Tragfähigkeitskriterien für Leitplanken und Testkriterien	911
3.2	Wirkungsbereich der Leitplanke	912
3.3	Parameter von Leitplanken	913
3.4	Fahrzeugparameter	913
3.5	Testgelände	914
4	Empfehlungen der Norm EN 1317-3	914
4.1	Anprallstufen	915
4.2	Verformungsklassen von Leitplanken nach dem Anprall	916
5	Empfehlungen der Norm EN 1317-4	917
5.1	Aufprall des Fahrzeugs in die Endkonstruktion	918
5.2	Verformungen der Endkonstruktion	919

5.3	Testparameter von Endkonstruktionen und Fahrzeugen	920
6	Technische Spezifikation für öffentliche Straßen TSC 02.210: 2008; Leit-Planken, Bedingungen und Montagearten	921
7	Verlauf der numerischen Testsimulation der Leitplanke	925
7.1	Numerische Modelle der Testfahrzeuge	925
7.2	Der Lastkraftwagen Ford F800	925
7.2.1	Der Personenkraftwagen Dodge Neon	926
7.3	Modellierung von Stahlleitplanken	927
7.3.1	Geometrische Modelle von Leitplankenelementen	927
7.3.2	Numerisches Modell einer Stahlleitplanke	927
7.3.3	Materialmodell	928
7.3.4	Modell von Linienelementen	928
7.3.5	Modellierung des Erdreichs	929
7.4	Rand- und Anfangsbedingungen	930
7.4.1	Anprall des Lastkraftwagens Ford F800	930
7.4.2	Anprall des Personenkraftwagens Dodge Neon	931
7.4.3	Anprall des Personenkraftwagens Dodge Neon in einer Kurve	931
8	Dynamische Analyse	932
8.1	Analyseergebnisse	932
8.1.1	Prüfung der Stahlleitplanken nach dem Testkriterium TB 42	932
8.1.2	Prüfung der Leitplanke nach dem Testkriterium TB 22	934
8.1.3	Anprall des Personenkraftwagens Dodge Neon in einer Kurve in einem Winkel von 20°	935
9	Schlussfolgerungen	936
	<i>Literatur</i>	937
Teil D: Begriffe, Tabellen		935
D1 Fachbegriffe nach DIN 75204 Straßenfahrzeuge		941
1	Teil 1 – Bewegungsvorgang, Weg-Zeit-Betrachtung, Kollisionsvorgang	941
2	Teil 2 – Spuren	958
3	Teil 3 – Unfallumstände, Fahrzeug, Person	962
4	In Befund und Gutachten zu verwendende Benennungen (ÖNorm 5050 – Anhang B)	965
D2 Begriffe und Abkürzungen		971
1	Wichtige Abkürzungen in der Fahrzeugsicherheit	971
2	Firmen und Institutionen	972
D3 Medizinische Fachausdrücke		975
	Anhang 1	1015
	Anhang 2	1018
	Literatur	1020
Sachwortverzeichnis		1021