

Handbuch Verkehrsunfallrekonstruktion



Inhaltsverzeichnis

- [1 Zitat](#)
- [2 Inhaltsangabe](#)
 - [2.1 Änderungen in der zweiten Auflage](#)
- [3 Ergänzungen / Errata](#)
 - [3.1 Seite 91 \(2. Auflage\), Seite 119 \(3. Auflage\)](#)
 - [3.2 Seite 348 \(1. Auflage\)](#)
 - [3.3 Seite 953 \(2. Auflage\), Seite 957 \(3. Auflage\)](#)
- [4 Inhaltsverzeichnis der 1. Auflage](#)

Zitat

[Burg, H.](#); [Moser, A.](#) (Hrsg.): Handbuch Verkehrsunfallrekonstruktion – Unfallaufnahme, Fahrdynamik, Simulation. ATZ/MTZ-Fachbuch, Vieweg-Verlag Wiesbaden.

- 1. Auflage 2007: [ISBN 3-8348-0172-0](#). 952 Seiten, € 124,90
- 2. Auflage 2009: [ISBN 3-8348-0546-7](#). 1053 Seiten, € 124,90
- 3. Auflage 2017: [ISBN 978-3-658-16142-2](#). 1036 Seiten, € 219,99

Inhaltsangabe

Nachfolger des 1981 erschienenen [Burg/Rau](#), diesmal aber mit deutlich veränderter Autorenriege. Das Buch ist durchgehend farbig gestaltet. Ähnlich wie der Vorgänger gliedert sich das Buch in mit Großbuchstaben bezeichnete Abschnitte, nämlich

- A: Grundlagen
- B: Fallbeispiele
- C: Sonderthemen
- D: Begriffe, Formeln, Tabellen

(Das Inhaltsverzeichnis der ersten Auflage findet sich weiter unten.)

Änderungen in der zweiten Auflage

Nach erster Durchsicht ist die zweite Auflage weitgehend identisch mit der ersten. (Das Buch ist unwesentlich dicker geworden.) Folgende Kapitel wurden geändert:

Neue Kapitel:

- A1: Die Bedeutung der Unfallgutachten in der Strafuntersuchung, pp. 20 – 25. Der Autor, Dr. Juerg Boll, ist wahrscheinlich ein Jurist.
- A2: Digitale Vermessung von Unfallstellen mit optimierter Skizzenerstellung, pp 53 – 57

(Plöchinger, F.; Knödseder, C. et al.). Der Inhalt ähnelt oder deckt sich mit [Optimierte Vermessung von Unfallstellen mit automatisierter Skizzenerstellung](#).

- C14: Stahlleitplanken, pp. 901 – 933 (Prebil, I.; Kunc, R.) Offenbar die umfangreichste Erweiterung. U.a. eine Einführung in die Europäischen Normen und Simulationsrechnungen.

Überarbeitete Kapitel:

- A5: Im Kapitel "Kinematik" wurde das Weg-Zeit-Diagramm in der ersten Auflage nur angeschnitten. Die Darstellung wurde nun etwas erweitert.
- A7: Informationsaufnahme beim Kraftfahrer: Das Kapitel wurde nunmehr von Amos Cohen, einem bekannten schweizer Wahrnehmungspsychologen, weitgehend (oder komplett) neu geschrieben. (Version in der ersten Auflage von Werner Gratzner)
- A17: Schadenaufklärung: Scheint in Teilen überarbeitet worden zu sein
- B1: Im Kapitel "Unfälle mit Tieren" wurde schon in der ersten Auflage der Schwerpunkt auf Pferde gesetzt. Dieser Teil des Kapitels wurde nochmals erweitert. Als Co-Autorin wird jetzt Julia Caselitz genannt.

Ergänzungen / Errata

Seite 91 (2. Auflage), Seite 119 (3. Auflage)

Statt:
$$s = \frac{v_0 - v}{2}t$$
 muss es heißen:
$$s = \frac{v_0 + v}{2}t$$

Seite 348 (1. Auflage)

Das Diagramm Bild A11-8 (Beschleunigung moderner Krafträder bezogen auf die Motorleistung)

bezieht sich nach Angaben des Hauptautors [J. Priester](#) auf die Beschleunigung im Bereich 0 – 100 km/h. Zu beachten ist, dass diese Tests wohl vornehmlich von sehr geübten Fahrern durchgeführt wurden und der Normalfahrer wohl eher niedrigere Spitzenwerte erreicht.

Seite 953 (2. Auflage), Seite 957 (3. Auflage)

Definition des zentrischen Stoßes nach [DIN 75204](#).

Inhaltsverzeichnis der 1. Auflage

Kapitel	Inhalt	Seite
	Teil A: Grundlagen	1
A1	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
	Literatur	19

A2	Unfallaufnahme und Datenerhebung	21
1	Einleitung	21
2	Arten von Unfalldaten	22
3	Dokumentation von objektiven Merkmalen	23
3.1	Zeitpunkt der Datenerhebung	23
3.2	Dokumentation von Unfalldaten	23
3.3	Fotografische Dokumentation	24
3.4	Geräte zur Sicherung von objektiven Merkmalen	29
3.5	Vermessen von Unfallstelle und Spurenlagen	30
3.5.1	Geräte und Verfahren zur Vermessung von Unfallstellen	30
3.5.2	Rechtwinkel-Koordinaten-Messverfahren	30
3.5.3.	Dreieck-Messverfahren	31
3.5.4	Vermessung von Kurven und Bögen	32
3.5.5	Messtischverfahren	33
3.5.6	Totalstation	33
4.1	Einleitung	34
4.2	Anwendung	35
4.3	Luftbild-Photogrammetrie	35
4.4	Nahbereichs-Photogrammetrie	35
4.5	Innere Orientierung	36
4.6	Äußere Orientierung	36
4.7	Die Perspektivische Projektion - Zentralprojektion	36
4.8	Kollineare Abbildung	37
4.9	Photogrammetrische Auswertung	38
4.9.1	Transformation eines Punktes	39
4.9.2	Erklärung der verwendeten Koordinatensysteme	39
4.9.3	Transformation eines Bildpunktes in einen Straßenpunkt	40
4.10	Streifenprojektion	41
4.10.1	Prinzip	41
4.10.2	Ablauf einer Messung	42
4.10.3	Berechnung der Oberflächenkoordinaten	42
4.11	Beispiele	43
4.12	Luftbilder / Orthofotos	46

	Literatur	46
A3	Messtechnik	47
1	Einleitung	47
1.1	Verwendung von Messgeräten vor Gericht	47
2	Grundlagen der Messtechnik	47
2.1	Direkte Messung	47
2.2	Indirekte Messung	47
2.3	Eichung	48
2.4	Kalibrierung	48
2.5	Messbereich	49
2.6	Genauigkeit / Fehler	49
2.7	Abtastrate	49
2.8	Linearität	49
2.9	Offsetfehler	50
2.10	Aufzeichnungszeit	50
2.11	Auflösung	50
2.12	Speichertiefe	50
2.13	Effektivwert - RMS	50
3	Arten von Messgeräten	51
3.1	Wegmessung	51
3.2	Geschwindigkeitsmessung	51
3.3	Beschleunigungs-Verzögerungsmessung	51
4	Messgeräteübersicht	52
4.1	XLMeter	52
4.2	Pocket-DAQ	52
4.3	Corrsys / Datron	53
4.4	Unfalldatenspeicher UDS	53
4.5	VZM100	54
4.6	Motometer	54
4.7	VC2000 / VC3000	55
4.8	GPS	55
4.8.1	Methoden des DGPS	56
4.8.2	Galileo	57

4.9	OBD	57
4.10	Lackdickenmessung	58
	Literatur	58
A4	Systematik der Fahrzeugtechnik	59
1	Systematik der Kraftfahrzeuge	59
2	Klasseneinteilung nach Vorschriften	61
3	Klasseneinteilung nach Marktgegebenheiten	62
3.1	Zweiradfahrzeuge	62
3.2	Vierradfahrzeuge	63
	Literatur	64
4	Zur Berechnung der Kräfte zwischen Reifen und Fahrbahn	65
4.1	Einführung	65
4.2	Messtechnische Erfassung der Reifeneigenschaften	66
4.3	Mathematische Ersatzmodelle für Reifen	66
4.4	Modellbildung	67
	Literatur	69
5	Grobe Einteilung der Reifenmodelle	69
5.1	Linearisierte Beschreibung	69
5.2	Nichtlineare Approximation gemessener Kennfelder	69
5.3	Einfache Deformationsmodelle	69
5.4	Strukturmodelle	69
5.5	Realisierte und angewandte Modelle nach Autoren	69
	Literatur	70
6	Begriffe aus der Fahrdynamik nach DIN 70 000	71
A5	Kinematik	75
1	Weg-Zeit-Analyse	75
1.1	Weg-Zeit-Funktionen	75
1.1.1	Gleichförmige Bewegung	75
1.1.2	Gleichmäßig beschleunigte Bewegung	76
1.1.3	Gleichmäßige Änderung der Beschleunigung	76
1.1.4	Translatorische Bewegung	76
1.1.5	Rotatorische Bewegung	77
1.2	Weg-Zeit-Diagramm	78

1.3	Sichtbegrenzungslinien oder Sichtgrenzen	79
1.4	Sichtbegrenzungslinien bei Blick in einen Rückspiegel	80
2	Bremsvorgänge	81
2.1	Der Unterschied zwischen Theorie und Praxis	81
2.2	Verzögerung über der Zeit und über dem Weg	84
2.3	Bestimmung der mittleren Vollverzögerung von Kraftfahrzeugen bei der Zulassungsprüfung	87
2.4	Definitionen	88
	Literatur	88
3	Schleudervorgang	89
3.1	Einleitung	89
3.2	Fallbeispiele	89
3.3	Berechnungsverfahren	91
3.4	Anwendung von Näherungsformeln	93
3.4.1	Anwendung des mittleren Schwimmwinkels und Teilbremsfaktors	93
3.4.2	Formeln von Marquardt und McHenry	97
3.5	Spurverfolgung	98
3.5.1	Sehnenmodell	98
3.5.2	Modellverfeinerung	100
3.5.3	Lineares Modell	101
3.5.4	Ellipsen-Modell	101
4	Fahrvorgänge	102
4.1	Zeitlicher Ablauf eines Bremsvorgangs als zusammengesetzte Bewegung	102
4.2	Berechnung des Gesamtweges aus der Anfangsgeschwindigkeit und Endgeschwindigkeit	104
4.3	Berechnung der Anfangsgeschwindigkeit aus Gesamtweg und Endgeschwindigkeit (Fahren auf Sicht oder halbe Sicht)	105
4.4	Berechnung der Reaktionszeit bei gegebener Anfangs- und Endgeschwindigkeit und gegebenem Gesamtweg	105
4.5	Berechnung der Bremsverzögerung bei gegebener Anfangsgeschwindigkeit und Gesamtweg	106
4.6	Berechnung der Anfangsgeschwindigkeit aus Gesamtzeit und Endgeschwindigkeit	106
4.7	Berechnung der Anfangsgeschwindigkeit aus Gesamtweg und Gesamtzeit	107
4.8	Einholvorgänge (Einbiegen - Auffahren)	107
4.8.1	Einholen nach dem Spurwechsel	107

4.8.2	Einholen nach dem Einbiegen	108
4.8.3	Berechnung der Differenzgeschwindigkeit	110
4.8.4	Berechnung des Tiefenabstandes	111
4.8.5	Berechnung der Reaktionsdauer und Beschleunigung des vorderen Fahrzeugs	112
4.8.6	Berechnung der Anfangsgeschwindigkeit des Auffahrenden	113
4.8.7	Berechnung der Reaktionszeit des Auffahrenden	113
4.8.8	Berechnung der Differenzgeschwindigkeit	113
4.8.9	Berechnung der Reaktionszeit und Bremsverzögerung	113
4.8.10	Vermeidbarkeitsbetrachtung	113
4.9	Losfahren-Umsetzen-Abbremsen	115
4.10	Die Kurvenfahrt von Fahrzeugen	117
4.10.1	Die Dynamik der Kurvenfahrt	117
4.10.2	Die fühlbare Qürbeschleunigung	119
4.10.3	Der ausgenutzte Seitenreibungswert	119
4.11	Der Spurwechselvorgang bzw. Ausweichvorgang	120
4.11.1	Gerade Straße	121
4.11.2	Gekrümmte Straße	124
4.12	Der Abbiegevorgang	126
5	Überholvorgang	129
5.1	Einleitende Erklärungen	129
5.2	Berechnungsverfahren	129
5.3	Einfache Abschätzungen	129
5.4	Formeln für geschlossene Lösungen	131
5.4.1	Überholen mit konstanter Geschwindigkeit	133
5.4.2	Überholen mit konstanter Beschleunigung aus gleicher Anfangsgeschwindigkeit wie der Überholte	134
5.4.3	Überholen mit konstanter Beschleunigung ab Überholbeginn mit einer Anfangsgeschwindigkeiten, die ungleich der des Überholten ist	136
5.4.4	Überholen mit konstanter Beschleunigung ab Überholbeginn mit einer Anfangsgeschwindigkeit, die ungleich der des Überholten ist. Überholter beschleunigt oder verzögert während des Überholvorgangs	136
5.5	Abbruch des Überholvorgangs	137
5.6	Mindestsichtweite für den Überholvorgang	139
	Literatur	142
6	Ampelphasen	143

A6	Kinetik	147
1	Einleitung	147
2	Kinetische Berechnung der Bewegungen von Fahrzeugen / Gespannen	147
3	Fahrmodell	149
3.1	Koordinatensysteme	149
3.2	Die Berechnung der Radaufstandspunkte	151
3.3	Die Kräfte am freigeschnittenen Fahrzeug	152
3.4	Die Radkräfte	152
3.5	Feder- und Dämpferkräfte	153
3.6	Federansschläge	154
3.7	Radaufstandskräfte	154
3.8	Reifeneigenschaften	155
3.9	Das gebremste Rad	157
3.10	Fahrzeuge mit Anti-Blockier-System (ABS)	158
3.11	Das angetriebene Rad	158
3.12	Die Transformation der Reifenkräfte ins Inertialsystem	158
3.13	Der Luftwiderstand	159
3.14	Die Anhängerkupplungskräfte	159
3.15	Die Bewegungsgleichungen für das Fahrzeug	159
3.16	Die Integration der Bewegungsgleichungen	160
4	Das Anhängermodell	163
4.1	Der ungelenkte Anhänger	164
4.2	Sattelkraftfahrzeuge	166
4.3	Der gelenkte Anhänger	166
4.4	Die Vorgabe von Anfangsbedingungen bei Hängergespannen	169
4.4.1	Anfangsbedingungen für den ungelenkten Anhänger	170
4.4.2	Anfangsbedingungen für den gelenkten Anhänger	171
5	Dynamik von Kraftfahrzeugen	173
5.1	Gemessene Luftwiderstandsbeiwerte von Einspurfahrzeugen und anderen Fahrzeugen	173
5.2	Bremskraftverteilung Grundlagen	174
5.2.1	Berechnung des Bremsvorgangs eines Personenwagen	174
5.2.2	Grundlagen	174
5.2.3	Achskraftverteilungsdiagramm	174

5.2.4	Bremskraftverteilungsdiagramm	178
5.2.5	Bremskräfte im Bremskraftverteilungsdiagramm bei Steigerung der Bremswirkung	182
5.2.6	Einfluss der Beladung auf das Bremskraftverteilungsdiagramm	183
5.2.7	Bremskraft-Steuereinrichtungen	183
5.2.8	Einfluss der Motorbremswirkung auf das Bremskraftverteilungsdiagramm	184
5.2.9	Hinterradantrieb	184
5.2.10	Vorderradantrieb	185
5.2.11	Einfluss der Luftkräfte auf das Bremskraftverteilungsdiagramm	185
5.3	Zusammenhang zwischen Bremskraftverteilung und Fahrzeugtyp	186
5.3.1	Mittelmotor-Sportwagen	186
5.3.2	Oberklasse-Limousine	187
5.3.3	Mittelklassefahrzeug mit Vorderradantrieb	187
5.3.4	Allradgetriebenes Geländefahrzeug mit kurzem Radstand	188
5.3.5	Motorrad	189
	Literatur	190
A7	Informationsaufnahme beim Kraftfahrer	193
1	Einleitung	193
2	Definitionen	193
3	Reaktionspunkt	194
3.1	Visuelle Informationsaufnahme	196
4	Aufmerksamkeit (konzentrativ - distributiv)	197
5	Visuelles System	197
5.1	Akkommodationszeit	197
5.2	Verteilung der Sinneszellen auf der Netzhaut	197
5.3	Gesichtsfeld	198
5.4	Statische Sehschärfe	198
5.5	Dynamische Sehschärfe	198
6	Analytische Ermittlung des Gefahrenerkennungspunktes eines sich bewegenden Hindernisses mit Hilfe der Sehwinkeländerung	199
6.1	Einleitung	199
6.2	Wahrnehmung statischer Objekte	199
6.3	Tiefenwahrnehmung	199
6.4	Bewegungswahrnehmung	200
6.4.1	Wahrnehmung der eigenen Bewegung (Geschwindigkeitswahrnehmung)	201

6.4.2	Wahrnehmung der Bewegung (Geschwindigkeit) eines Objekts (Bewegungswahrnehmung)	201
6.4.3	Wahrnehmung der Relativbewegung (Relativgeschwindigkeit)	204
	Literatur	208
A8	Vermeidbarkeitsbetrachtungen	209
1	Einleitung	209
2	Festlegung des Reaktionspunktes	210
3	Grundsätzliche Überlegungen zu den Vermeidbarkeitsmöglichkeiten	214
4	Berechnungsmöglichkeiten	214
	Literatur	218
A9	Kollisionsmechanik	219
1	Einleitung	219
	Literatur	221
2	Grundlagen	222
2.1	Newton'sche Axiome	222
2.1.1	Lex Prima: Trägheitsprinzip	222
2.1.2	Lex Secunda: Aktionsprinzip; Grundgesetz der Dynamik	222
2.1.3	Lex Tertia: Reaktionsprinzip; Wechselwirkungsprinzip	223
2.2	Kollisionsphasen	223
2.3	Erhaltungssätze	225
2.3.1	Impulserhaltung - Impulserhaltungssatz	225
2.3.2	Drallerhaltung-Drallerhaltungssatz	225
2.3.3	Energieerhaltungssatz	226
2.4	Stoßtheorien	227
2.4.1	Stoßtheorie nach Hertz und Saint Venant	227
2.4.2	Stoßtheorie nach Galilei, Huygens und Newton (klassische Stoßtheorie)	227
2.5	Ergänzungshypothesen zur klassischen Stoßtheorie	227
2.5.1	Stoßzahlhypothese nach Newton	227
2.5.2	Stoßzahlhypothese nach Poisson	227
2.5.3	Richtungshypothese nach Marquard	227
2.5.4	Hypothese nach Slibar für Kollisionen ohne Abgleiten	228
2.5.5	Gleithypothese von Kudlich und später Böhm und Hörz	228
	Literatur	228
3	Gerader zentraler Stoß	229

3.1	Realer Ablauf eines geraden zentralen Stoßes	233
3.2	Berechnung nach EDCrash bzw. Crash3	236
	Literatur	237
4	Grafische Verfahren	238
4.1	Antriebs-Balance-Verfahren	240
4.2	Rhomboid-Schnittverfahren	243
4.3	Gegenverkehrsunfall	246
	Literatur	250
5	Rechnerische Verfahren	250
5.1	Zweidimensionaler exzentrischer Stoß	250
5.2	Dreidimensionaler exzentrischer Stoß	252
5.3	Vorwärtsrechnung	252
5.3.1	Physikalische Grundlagen	252
5.3.2	Stoßrechnung nach der Impuls- und Drallerhaltung	254
5.3.3	Impulserhaltung	254
5.3.4	Drallerhaltung	254
5.3.5	Kontaktpunktgeschwindigkeiten	254
5.3.6	Zusatzgleichungen, Stoßhypothesen	255
5.3.7	Restitution, Stoßziffer	255
5.3.8	Kollision ohne Abgleiten	255
5.3.9	Abgleitkollision	255
5.3.10	Reibungstheorie	256
5.3.11	Festlegung der Berührtangente bzw. -ebene, des Reibungsfaktors und der Stoßziffer in der Praxis	256
5.3.12	Zerreißung von Strukturen	259
5.3.13	Schlussfolgerung	263
5.4	Kontrollgrößen	263
5.4.1	Geschwindigkeitsänderung	263
5.4.2	Gierwinkel	263
5.4.3	Berührungspunktgeschwindigkeit	264
5.4.4	Differenz der Berührungspunktgeschwindigkeiten nach der Kollision	265
5.4.5	Der k-Faktor	265
5.4.6	Der Stoßantrieb	265
5.4.7	Die induzierten Giergeschwindigkeiten	266

5.4.8	Die Differenz der Giergeschwindigkeiten	266
5.4.9	Der Reibwert	266
5.4.10	Die Deformationsenergie	266
5.4.11	EES-Werte nach Massen- und Eindringtiefenverhältnis	267
5.4.12	Das "Verhältnis von Geschwindigkeitsänderung zu EES" GEV	267
	Literatur	268
6	Berechnung der Deformationsenergie aus Versuchen	269
6.1	EBS (Equivalent barrier speed)	271
6.2	EES (Energy equivalent speed)	271
6.3	Beispiel AREC 2003 - WH0327	272
6.4	Deformationsprofil	272
	Literatur	276
7	Kraftrechnung - Steifigkeitsbasierte Stoßmodelle	277
7.1	Ellipsoid Modell	277
7.1.2	Kompression - Restitution	277
7.1.3	Ellipsoid-Ellipsoid-Kontakt (Fahrzeug-Fahrzeug)	278
7.1.4	Ellipsoid-Ebenen-Kontakt (Fahrzeug-Untergrund)	279
7.1.5	Grundmodelle für Kontaktberechnungen	280
7.2	Mesh-Modell	281
7.2.1	Knoteneigenschaften	282
7.2.2	Kontakte zwischen Netz und Untergrund	283
7.2.3	Fahrzeug-Fahrzeug-Kontakte	284
	Literatur	284
8	Zusammenhang zwischen EES, bleibender Deformation, Kollisionsdauer und Struktursteifigkeit	285
8.1	Einleitung	285
8.2	EES-Wert-Berechnung	285
8.3	Berechnung der Kollisionsdauer	288
8.4	Strukturformeln	290
8.4.1	Massenproportionale Rückverformung	292
8.4.2	Nicht massenproportionale Rückverformung	292
8.4.3	Definition einer Struktur mit nichtlinearer Kennlinie	294
8.5	Berechnung des EES-Wertes aus Unfallversuchen	297
8.6	Crash-Tests	300

8.6.1	Aus ams	300
8.6.2	Eigene Versuche zur HWS-Problematik	300
8.6.3	Dekra-Versuche	301
8.6.4	Schlussbemerkung	303
A10	Fußgängerunfälle	305
1	Einleitung	305
1.1	Unfallarten	305
1.2	Definitionen	308
2	Kinematik	310
1.3	Kontaktphase	311
1.4	Primärkontakt / Erstkontakt	311
1.5	Unterzieheffekt	312
1.6	Rotationsbewegungen	312
1.7	Aufschöpfen oder Aufladen	313
1.8	Flugphase	314
1.9	Rutschphase	315
1.10	Wurfweite	316
1.11	Längswurfweite beim vollen Frontalzusammenstoß	316
1.12	Längswurfweite bei hinein- oder herauslaufendem Fußgänger	320
1.13	Querwurfweite	323
1.14	Überfahren / Überrollen	324
1.15	Beispiel eines Unfalls durch Überfahren	324
1.16	Unfälle mit Überrollen	326
1.17	Geschwindigkeitsverlust des Kraftfahrzeugs	327
3	Bestimmung des Kollisionspunkts	328
3.1	Schrankenverfahren	329
	Literatur	332
4	Daten für Berechnungen	333
4.1	Gehen	333
4.2	Schnell Gehen	334
4.3	Laufen	334
4.4	Rennen	335
	Literatur	340

A11	Unfälle mit Zweirädern	341
1	Einleitung	341
2	Einteilung der Zweiräder	342
3	Statistik / Unfallforschung	343
4	Einlaufphase	346
4.1	Grundlagen zur Dynamik	346
4.2	Kurvenfahrt	346
4.3	Beschleunigung	347
4.4	Höchstgeschwindigkeit	349
4.5	Bremsen	350
4.6	Kippen	354
4.7	Ausweichen	355
5	Kollisionsphase	357
5.1	Crash-Versuche	357
5.2	Impulserhaltungssatz	361
5.3	Energieerhaltungssatz	361
6	Auslauf	364
	Literatur	367
A12	Pkw-Pkw-Unfälle	369
1	Zum Straßenverkehr in Deutschland und in Europa	369
2	Qualitätssicherung durch Ringtests	374
3	Validierung / Verifikation von Rekonstruktionsprogrammen	377
4	Daten für Berechnungen	378
4.1	Anfahren und Beschleunigen	378
4.2	Bremsverzögerung	385
4.3	Ausrollen von Pkw	391
4.4	Reibungskoeffizienten	392
	Literatur	395
A13	Unfälle mit Nutzfahrzeugen	397
1	Allgemeines	397
2	Tachographen	397
	Literatur	400
A14	Unfälle mit land- oder forstwirtschaftlichen Fahrzeugen	401

1	Unfallursachen	401
2	Allgemeine Bemerkungen zur Technik von lof-Fahrzeugen	402
2.1	Allgemeine Tendenzen	402
2.2	Traktorenkonzepte	402
2.3	Ausblick	404
3	Rekonstruktionsgrundlagen	404
3.1	Sicherheitsvorschriften	406
3.2	Crash-Tests	406
	Literatur	408
A15	Überschlagsunfälle	409
1	Einleitung	409
2	Allgemein	409
3	Überschlagsphasen	409
4	Arten von Überschlägen	411
4.1	Rollover mit Zusammenstoß	411
4.2	Rampen-Rollover	411
4.3	Verhakter Rollover (Trip over)	412
4.4	Fahrzeugdynamischer Rollover	412
4.5	Absturz	413
4.6	Überschlag nach vorne	413
5	Experimentelle Test- und Evaluierungsmethoden	414
5.1	SAE J2114 Dolly test (FMVSS 208)	414
5.2	FMVSS 216 Roofcrush (Dacheindrückung)	414
5.3	FMVSS 201 Occupant protection in interior impact (Insassenschutz)	415
5.4	Inverted Drop Test (Inverser Dachfalltest)	415
5.5	ADAC-Korkenzieher-(Corkscrew-)Test	416
5.6	Alternative Testprozeduren	416
5.7	Schlussbemerkung	418
	Literatur	418
A16	Schienenfahrzeuge / Straßenbahnen	419
1	Geschichte der Straßenbahnen	419
2	Straßenbahntypen	419
2.1	Fahrerhaus	419

2.2	Bremsanlagen	421
2.3	Fahrdatenerfassung	423
3	Reaktion bei Notbremsvorgängen	426
	Literatur	427
A17	Schadenaufklärung	429
1	Einführung	429
1.1	Kategorie 1	430
1.2	Kategorie 2	431
1.3	Kategorie 3	435
2	Begehensformen	437
2.1	Das vorsätzlich herbeigeführte Schadenereignis	437
2.2	Das fingierte Schadenereignis	437
2.3	Das fiktive Schadenereignis	437
2.4	Der provozierte Verkehrsunfall	437
2.5	Der ausgenutzte Verkehrsunfall	437
3	Kollisionsanordnungen und wirtschaftliches Interesse	438
3.1	Das vorsätzlich herbeigeführte Schadenereignis	438
3.2	Das fingierte Schadenereignis	445
3.3	Das fiktive Schadenereignis	448
3.4	Der provozierte Verkehrsunfall	450
3.5	Der ausgenutzte Verkehrsunfall	452
4	Daten und Informationen	458
4.1	Auswertung der Unterlagen	458
4.2	Weitere Informationen zum Geschehensablauf	459
4.3	Untersuchung und Dokumentation der beteiligten Fahrzeuge / Kollisionspartner	461
4.3.1	Übersichtsaufnahmen	464
4.3.2	Abbildungen zur Identifizierung und Individualisierung	465
4.3.3	Abbildungen zum technischen Zustand, zu technischen Details und zur Ausstattung	465
4.3.4	Abschnittsaufnahmen	467
4.3.5	Detailaufnahmen	469
4.3.6	Abbildungen mit Maßstab	472
4.4	Besichtigung, Dokumentation und Vermessung der Unfallstelle / Schadenörtlichkeit	479

5	Bewertung der Daten und Anknüpfungsinformationen	480
6	Methoden zur Schadenaufklärung aus technischer Sicht	480
6.1	Theoretische Untersuchungen	480
6.1.1	Photographische Verfahren (Bildüberlagerung)	480
6.1.2	Sonnenstand	488
6.1.3	Radkontaktspuren	490
6.1.4	Simulationsprogramme	504
6.2	Experimentelle Untersuchungen	508
6.2.1	Prinzipielle Untersuchungen	508
6.2.2	Spezielle Untersuchungen	509
6.2.3	Fahrzeugzusammenstellung / Ortstermin	514
7	Gutachtenerstellung	516
	Literatur	518
A18	Insassensimulation	521
1	Einleitung	521
2	Fragestellungen	521
3	Simulationsmodelle	522
4	Simulation	523
4.1	Gelenke	524
4.2	Kontakte	525
4.3	Crash-Puls	526
4.4	Rückhaltesysteme	526
4.5	Verfahrensschritte	527
4.6	Innenraummodellierung	528
5	Ergebnisse	529
	Literatur	530
A19	Biomechanik	531
1	Einleitung	531
2	Grundlagen der Anatomie	531
3	Belastungsgrößen - Klassifizierung der Verletzungsschwere	532
3.1	Abbreviated Injury Scale (AIS)	532
3.2	Die Verletzungsbeeinträchtigungsskala IIS (Injury Impairment Scale)	534
3.3	Der 3 ms-Wert	535

3.4	Das Kopf-Verletzungskriterium HIC (Head Injury Criterion)	535
3.5	Das Viskosekriterium VC (Viscous Criterion)	536
3.6	Das Hals-Verletzungskriterium NIC (Neck Injury Criterion)	536
4	Biomechanische Belastungsgrenzen	536
5	Beurteilung von Halswirbelsäulenverletzungen aus technischer Sicht	538
5.1	Allgemeine Ausführungen	538
5.2	Aufprallarten	539
5.2.1	Heckkollision	539
5.2.3	Frontalkollision	541
5.2.4	Seitenkollision	541
5.3	Belastungsgrenzen	543
5.4	Schweregrad der HWS-Verletzung und statistische Ergebnisse	544
	Literatur	545
A20	Simulation und Animation	547
1	Einleitung	547
2	Simulation	548
2.1	Grenzen der Simulation	549
2.2	Verifikation	549
2.3	Ringversuche	550
2.4	Simulationsmodelle	550
2.4.1	Kinematische Simulation	550
2.4.2	Kinetische Simulation	551
3	Animation	551
4	Möglichkeiten und Grenzen der Anwendung von Simulationsprogrammen	553
5	Nachvollziehbarkeit	
	Literatur	554
	Teil B: Fallbeispiele	555
B1	Unfälle mit Tieren	557
1	Allgemeines	557
2	Daten für Berechnungen - Tiere	557
2.1	Die Gangarten der Pferde	559
2.2	Pferderassen	560
3	Falldarstellungen	563

4	Versuche	566
	Literatur	566
B2	Unfälle mit Fußgängern	567
1	Sachverhalt	567
2	Auftrag	567
3	Objektive Merkmale	568
4	Unfallrekonstruktion	570
4.1	Vermeidbarkeit für den Pkw-Fahrer	572
5	Zusammenfassung	574
B3	Unfälle mit Zweiradfahrzeugen	575
	Beispiel 1 : Pkw kollidiert mit einem Fußgänger, der ein Fahrrad schiebt	575
1	Sachverhalt	575
2	Durchgeführte Maßnahmen / Aufgabenstellung / Lösungsweg	575
3	Objektive Merkmale	576
4	Analyse	580
4.1	Bewegungsabläufe / Kollision	580
4.2	Geschwindigkeitsberechnungen	581
4.3	Vermeidbarkeit für den Pkw-Fahrer	582
B4	Unfälle mit motorisierten Zweiräder	583
1	Pkw kollidiert mit vorfahrtsberechtigtem Krad	583
1.1	Sachverhalt	583
1.2	Durchgeführte Maßnahmen / Aufgabenstellung / Lösungsweg	583
1.3	Objektive Merkmale	584
1.3.1	Beschädigungen / technische Zustände	584
1.3.2	Unfallstelle / Endstände / Spuren	586
1.4	Analyse	589
1.4.1	Rekonstruktion der Bewegungsabläufe	589
1.4.2	Geschwindigkeiten	590
1.4.3	Weg-Zeit-Betrachtungen und Vermeidbarkeit	595
B5	Unfälle mit Pkw	599
1	Sachverhalt	599
2	Auftrag	599
3	Objektive Merkmale	599

4	Unfallrekonstruktion	601
5	Zusammenfassung	605
B6	Unfälle mit Kleintransportern	607
1	Sachverhalt	607
2	Durchgeführte Maßnahmen / Aufgabenstellung / Lösungsweg	607
3	Objektive Merkmale und sonstige Informationen	608
3.1	Beschädigungen	608
3.2	Unfallstelle / Endstände / Spuren	609
4	Analyse	611
4.1	Rekonstruktion der Bewegungsabläufe	611
4.2	Geschwindigkeiten	612
4.2.1	Kollisionsgeschwindigkeiten	612
4.2.2	Ausgangsgeschwindigkeiten	615
4.3	Weg-Zeit-Betrachtungen	617
4.4	Unfallursache	617
B7	Unfälle mit Nutzfahrzeugen	619
	Reisebus kippt beim Abbiegen auf linke Seite	619
1	Sachverhalt	619
2	Durchgeführte Maßnahmen / Aufgabenstellung / Lösungsweg	619
3	Objektive Merkmale	620
3.1	Unfallstelle / Endpositionen / Spuren	620
3.2	Fahrzeugkenndaten / Beschädigungen	624
4	Technischer Zustand	625
5	Rekonstruktion des Bewegungsablaufes	629
5.1	Geschwindigkeit des Busses	630
5.2	Weg-Zeit-Verhalten und Vermeidbarkeit	632
	Schwerlasttransporter schwenkt bei Kurvenfahrt aus und kollidiert mit einem entgegen kommenden Pkw	634
1	Sachverhalt	634
2	Auftrag	634
3	Objektive Merkmale	634
3.1	Merkmale am Sattelzug	636
3.2	Sichtverhältnisse für den Fahrer des Sattelzugs	637
4	Unfallrekonstruktion	639

5	Unfallvermeidung	640
	Unfall Bus / Radfahrer	641
1	Bremsversuch auf dem Bus mit PC-DAQ	642
2	Spuren an den Fahrzeugen	643
3	Spuren auf der Fahrbahn	643
4	Geschwindigkeit des Busses	644
5	Auffahrkollision von Nutzfahrzeugen	645
B8	Unfälle mit land- oder forstwirtschaftlichen Fahrzeugen	649
1	Überholender Pkw kollidiert mit nach links abbiegendem Traktor	649
2	Auftrag	649
3	Objektive Merkmale	649
3.1	Besichtigung des Traktors	653
4	Unfallrekonstruktion	654
5	Unfallvermeidung	657
6	Zusammenfassung	657
B9	Unfälle mit Schienenfahrzeugen	659
1	Sachverhalt	659
2	Parteivorträge und sonstige Informationen	660
2.1	Klagevortrag	660
2.2	Beklagtenvortrag	661
2.3	Beweisaufnahme	661
3	Sachverständige Feststellungen und Ausführungen	661
3.1	Fahrdatenerfassung der Straßenbahn	661
3.2	Ortsbesichtigung und Erkennbarkeit des Blaulichts	662
3.3	Vergleich der Fahrdatenerfassung mit dem XLMeter	663
3.4	Kollision zwischen Straßenbahn und Polizeifahrzeug	664
3.5	Weg-Zeit-Berechnungen	665
4	Zusammenfassung	668
B10	Alleinunfälle	669
1	Einleitung	669
2	Fallbeispiel 1 : Überschreiten der Kurvengrenzgeschwindigkeit	669
2.1	Ablauf	670
2.2	Augenschein, Rekonstruktion (alle Fahrzeuge sind Vergleichsfahrzeuge)	672

2.3	Unfalldynamische Grundlagen	673
2.4	Unfallanalyse (Hergang)	675
2.5	Sicherheitsgurte	678
2.6	Anhaltestrecken	679
2.7	Beurteilung der Fahrweise des BMW-Fahrers	679
2.8	Die Person des BMW-Fahrers	679
3	Fallbeispiel 2: "Flugunfall"	680
3.1	Unfalluntersuchung	680
4	Zusammenfassung	683
B11	Überschlagunfälle	685
	Pkw kollidiert mit einem Geländewagen	685
1	Sachverhalt	685
2	Durchgeführte Maßnahmen / Aufgabenstellung / Lösungsweg	685
3	Objektive Merkmale	686
4	Analyse	692
4.1	Bewegungsabläufe / Kollision	692
4.2	Geschwindigkeitsberechnungen	693
4.3	Vermeidbarkeit	694
B12	Insassenverletzungen	695
	Beweissicherung und Rekonstruktion von Straßenverkehrsunfällen mit unklarer Sitzposition	695
1	Einleitung	695
2	Fallbeispiel 1	696
2.1	Ausgangssituation	696
2.2	Ablauf der Beweissicherung	696
3	Fallbeispiel 2	699
3.1	Ausgangssituation	699
3.2	Ablauf der Beweissicherung	699
4	Fallbeispiel 3	702
4.1	Ausgangssituation	702
4.2	Ablauf der Beweissicherung	702
5	Aufgaben der Sachverständigen bei der Konfrontation mit unklaren Fahrereigenschaften	704
5.1	Technischer Sachverständiger	704

5.1.1	Arbeit am Unfallort	704
5.1.2	Spurensicherung am Fahrzeug	705
5.1.3	Teilnahme an medizinischen Untersuchungen	706
5.1.4	Rekonstruktion der Bewegungsabläufe	706
5.2	Medizinischer Sachverständiger	706
6	Fazit	708
	Literatur	708
	Teil C: Sonderthemen	709
C1	Aktive und passive Sicherheit	711
1	Die Fahrzeugsicherheit und das Risiko	711
2	Die aktive Sicherheit	711
3	Die passive Sicherheit	712
4	Nutzung von Daten und Informationen aus der aktiven für die passive Sicherheit	712
	Literatur	713
C2	Sicherheitsgurte	715
	A - Technik der Gurtsysteme	715
1	Bedeutung der Gurtanlage-Quote	715
2	Komponenten und Funktionsweise des Sicherheitsgurts	715
3	Sensierung und Auslösekriterien	717
4	Fragestellung aus der Sicht des Gutachters	717
	Literatur	718
	B - Spurenkundliche Überprüfung der Gurtsysteme	719
1	Einleitung	719
2	Sicherstellung von Sicherheitsgurten	719
3	Bewertung von Spuren als Tragspuren	719
4	Untersuchung von Sicherheitsgurten (Dreipunkt-Sicherheitsgurte ohne Straffer) ...	720
4.1	Vor-Untersuchungen	720
4.2	Mikroskopische Untersuchungen	720
5	Gurtstraffer / Gurtstrammer	723
6	Zusammenfassung	723
	Literatur	724
7	Spurenkundliche Überprüfung der Gurtsysteme: Ein Fallbeispiel	724
7.1	Einleitung	724

7.2	Spurensicherung am Unfallort und am Fahrzeug - Sicherheitsgurten?	724
7.3	Bewertung von Spuren als Tragspuren	728
7.4	Zusammenfassung	728
	Literatur	728
C3	Airbag-Systeme	729
1	Der Airbag als Sicherheitsbestandteil heutiger Automobile	729
2	Komponenten und Funktionsweise von Airbag-Systemen	730
3	Sensierung und Auslösekriterien	731
4	Fragestellung aus der Sicht des Gutachters	732
	Literatur	733
C4	Schutzhelme	735
1	Einleitung	735
2	Erste Untersuchungen am Helm	735
3	ECE-Typenprüfung von Helmen	735
4	Beschädigungen am Helm	736
5	Untersuchungen am Kinnriemen und am Helmschloss	737
6	Literatur zu Helmverlusten bei Motorradunfällen	738
7	Zusammenfassung	738
8	Begriffsbestimmungen (Schutzhelme und Visiere ECE-R 22)	739
	Literatur	740
C5	Reifen und Räder	741
1	Einleitung	741
2	Sicherstellung von Rädern und Reifen	741
3	Reifenschäden als Unfallfolgen	742
4	Untersuchung von Rädern / Reifen	742
5	Walkspuren an Rädern / Reifen	743
6	Zusammenfassung	745
	Literatur	746
C6	Glühlampen	747
1	Einleitung	747
2	Sicherung von Glühlampen	747
3	Untersuchungen von Glühlampen	748
3.1	Visuelle und elektrische Untersuchung	748

3.2	Beurteilungskriterien bei Glühlampenuntersuchungen	748
3.3	Oxidationsspuren an Glühlampen	750
3.4	Untersuchung von blauen Aufdampfungen an Glühwendeln	751
4	Bewertung von Spuren an Glühlampen	751
5	Fallversuche mit Glühlampen	751
6	Blinkerlampen und Blinkfrequenz	752
7	Xenon-Lampensysteme	752
8	LED-Lampensysteme	753
9	Zusammenfassung	754
	Literatur	754
C7	Fahrzeugschlüssel	755
1	Fragestellung	755
2	Schlüssel und elektronische Sicherungssysteme	755
2.1	Mechanischer Schlüsselteil	755
2.2	Elektronischer Schlüsselteil	758
3	Schlüsseluntersuchung	759
3.1	Zugehörigkeit zum Fahrzeug	761
3.2	Duplizierspuren	762
3.3	Spuren durch Manipulationen an einem Transponder	764
	Literatur	764
C8	Mikrospuren, Mikrospurensicherung, Mikrospurenauswertung	765
1	Einleitung	765
2	Sicherung von Mikrospuren	765
3	Auswertung von Mikrospuren	765
4	Bewertung von Mikrospuren	766
5	Arten von Mikrospuren	766
6	Einsatz des Spurensicherungsklebebands	767
7	Stereomikroskopische Vor-Untersuchungen	767
8	Beeinflussung des Spurenmaterials durch die Klebebänder respektive den Klebstoff	768
9	Mikroskopische Untersuchungen	768
9.1	UV / VIS-Spektroskopie (Lackspuren, textile Fasern)	768
9.2	Fourier-Transformierte-Infra-Rot-(FT-IR-)Spektroskopie (Lackspuren, Kunststoffe)	768

9.3	Pyrolyse-GC-MS (Pyrolyse-Gas-Chromatografie-Massenspektroskopie) (Lackspuren, Kunststoffe)	770
9.4	Biologische Spuren (Pflanzenfasern, Moose, Holz etc.)	770
9.5	Anorganische Spuren (Straßenschmutz, Steinchen, Mäurabrieb, metallische Spuren etc.)	771
9.6	Menschliche und tierische Haare	771
9.7	Blut, Speichel, Sperma und Gewebespuren (inklusive DNA-Material)	772
9.8	Glas (Splitter, Scherben)	773
10	Lackspuren / Lackdatenbank	774
11	Zusammenfassung	774
	Literatur	775
C9	Elektronik im Kraftfahrzeug	777
1	Einführung	777
2	Anwendungsgebiete	777
3	Vernetzung und Bussysteme	778
4	Steuergeräte	779
5	Sensoren	781
5.1	Temperatursensoren	781
5.2	Positionssensoren	781
5.3	Optische Sensoren	782
5.4	Induktive Drehzahlsensoren	782
5.5	Beschleunigungssensoren	782
5.6	Ultraschallsensoren	782
5.7	Weitere Sensoren	782
5.8	Schalter und Taster	783
6	Diagnose und Prüfmöglichkeiten	783
7	Optische Lichtleitersysteme	785
8	Lichttechnik	786
9	Vorgehensweise bei Fehlersuche	786
10	Zusammenfassung / Ausblick	787
	Literatur	788
C10	Zukünftige Methoden bei der Spurensicherung	789
1	Einleitung	789
2	Geschichte und Grundlagen	789

3	3D-Photogrammetrie	790
4	Neue Möglichkeiten und Bedürfnisse	790
5	3D-Scanner-Technologien	791
6	Anwendungsmöglichkeiten und Fallbeispiele	792
	Literatur / www-Adressen	801
C11	Biomechanische Daten	803
1	Einleitung	803
2	Modellierung des menschlichen Körpers	806
2.1	Körpersegmente	807
2.1.1	Charakteristika von Körpersegmenten	807
2.2	Methoden zur Ermittlung der Charakteristika von Körpersegmenten	808
2.2.1	Die Schwingungsmethode	808
2.2.2	Anthropometrie und anthropometrische Datenbanken	811
2.2.3	Medizinische Bildgebung und Gewebesegmentierung	812
2.2.4	Eigenschaften der Masse und Trägheit von Körpersegmenten	817
	Literatur	819
C12	Bemerckbarkeit von Kleinkollisionen	821
1	Einführung	821
2	Feststellen des Verursachers	821
3	Möglichkeiten der Bemerckbarkeit von Kleinkollisionen	822
3.1	Optische Bemerckbarkeit	822
3.2	Akustische Bemerckbarkeit	823
3.3	Taktile bzw. kinästhetische Bemerckbarkeit	824
4	Beschädigungsmerkmale	824
5	Verformungswiderstand	825
6	Kollisionsversuche	825
7	Zusammenfassung	827
	Literatur	827
C13	Dunkelheitsunfälle	829
	Teil 1: Sichtbarkeit aus lichttechnischer Sicht, der Dunkelheitsunfall	829
	Rekonstruktion durch Berechnung	829
1	Abgrenzung, Zielstellung	829
2	Lichttechnische Größen	829

2.1	Raumwinkel	830
2.2	Lichtstrom Ψ	831
2.3	Beleuchtungsstärke E	831
2.4	Lichtstärke I	831
2.5	Leuchtdichte L	831
3	Wahrnehmungsphysiologische Grundlagen, Wahrnehmungsmodell	832
4	Wahrnehmung und Wahrnehmungsmodelle	833
4.1	Arten der Wahrnehmungsmodelle	833
4.2	Wahrnehmungsmodell bei stationärer Beleuchtung	834
4.3	Wahrnehmungsmodell bei Kfz-Scheinwerferbeleuchtung	834
5	Berechnung der Wahrnehmung nach dem Kontrastwahrnehmungsmodell	834
5.1	Berechnung ohne Blendung	834
5.2	Berechnung mit Blendung	836
6	Die lichttechnische Unfallrekonstruktion (prinzipielle Vorgehensweise)	838
7	Messung lichttechnisch relevanter Größen	839
7.1	Messung der Leuchtdichte	839
7.1.1	Messung der Leuchtdichte mit direkt messenden Leuchtdichtemessern	840
7.1.2	Messung der Leuchtdichte mit bildauflösenden Verfahren	840
7.2	Messung der Beleuchtungsstärke	841
7.3	Folgen ungenügender V(X)-Anpassung bei Leuchtdichte- und Beleuchtungsstärkemessgeräten	842
	Literatur	843
	Teil 2: Übersicht und allgemeine Hinweise zur Bearbeitung von Dunkelheitsunfällen	844
1	Rekonstruktionsmethoden und Einflussgrößen für die lichttechnische Rekonstruktion	844
2	Blickzuwendungszeit	848
	Literatur	850
3	Physiologisch-optische Grundlagen und visüeller Wahrnehmungsprozess	851
	Literatur	854
	Teil D: Begriffe, Formeln, Tabellen	855
D1	Fachbegriffe nach DIN 75204 Straßenfahrzeuge	857
1	Teil 1 - Bewegungsvorgang, Weg-Zeit-Betrachtung, Kollisionsvorgang	857
2	Teil 2- Spuren	874
3	Teil 3 - Unfallumstände, Fahrzeug, Person	878

4	In Befund und Gutachten zu verwendende Benennungen (ÖNorm 5050 - Anhang B)	881
D2	Begriffe und Abkürzungen	887
1	Wichtige Abkürzungen in der Fahrzeugsicherheit	887
2	Firmen und Institutionen	888
D3	Medizinische Fachausdrücke	891
	Anhang 1	931
	Anhang 2	934
	Literatur	936
	Sachwortverzeichnis	937