

VDI 477

# Fortschritt-Berichte VDI

Reihe 12

Verkehrstechnik/  
Fahrzeugtechnik

Dipl.-Ing. Martin Unger,  
Berlin

Nr. 734

**Sicherheitskonzept  
für das Motorrad unter  
Beibehaltung seiner  
Erscheinungsform**

Technische Universität Darmstadt  
FG Fahrzeugtechnik

**Inventarnummer:**

**1937**

**VDI verlag**

**INHALTSVERZEICHNIS**

**Verwendete Formelzeichen .....VI**

**Abkürzungsverzeichnis .....VIII**

**Kurzfassung.....IX**

**1 Einleitung..... 1**

**2 Die Besonderheiten des Motorrads..... 3**

2.1 Stabile Geradeaus- und Kurvenfahrt..... 3

2.2 Bremsen..... 4

2.3 Sichtbarkeit von Motorradfahrern..... 6

**3 Klassifizierung von motorisierten Zweirädern ..... 9**

3.1 Einteilung der amtlichen Statistik ..... 9

3.2 Einteilung nach Motorradsegment ..... 10

    3.2.1 Sportmotorräder..... 10

    3.2.2 Naked Bikes..... 11

    3.2.3 Chopper und Cruiser ..... 12

    3.2.4 Tourenmotorräder..... 14

    3.2.5 Enduros ..... 15

    3.2.6 Roller ..... 16

**4 Unfallstatistik.....17**

4.1 Datenanalyse des Statistischen Bundesamtes ..... 17

    4.1.1 Unfallgeschehen von 1991 bis 2008..... 18

    4.1.2 Altersverteilung der Aufsassen bei Motorradunfällen von 1991 bis 2008..... 21

    4.1.3 Alleinunfälle von Motorradfahrern..... 22

    4.1.4 Einfluss des Leistungsgewichts auf die Unfallhäufigkeit..... 23

    4.1.5 Hauptverursacher von Motorradunfällen ..... 26

4.2 Analyse der Versicherungsdaten des GDV..... 27

    4.2.1 Hauptunfallkonstellationen..... 28

    4.2.2 Unfallschwereverteilung..... 28

    4.2.3 Hauptanstoß ..... 30

    4.2.4 Einfluss des Motorradtypen auf die Verletzungsschwere..... 31

    4.2.5 Einfluss des Leistungsgewichts auf die Verletzungsschwere..... 32

    4.2.6 Unfallverlauf und dessen Folgen ..... 33

    4.2.7 Überfliegen des Unfallgegners ..... 36

4.3 Motorradfahrerbefragung ..... 37

    4.3.1 Motivation des Motorradfahrers ..... 37

4.3.2	<i>Fahrkönnen, Fahrstil und Verkehrsverstöße</i>	39
4.3.3	<i>Unfallstruktur</i>	42
4.4	Zusammenfassung der statistischen Ermittlungen .....	43
<b>5</b>	<b>Unfallablauf und Verletzungen .....</b>	<b>45</b>
5.1	Unfälle mit mehr als einem Beteiligten .....	45
5.2	Alleinunfälle .....	49
<b>6</b>	<b>Prinzipien der passiven Fahrzeugsicherheit .....</b>	<b>51</b>
6.1	Prinzipien der passiven Sicherheit beim Pkw .....	52
6.1.1	<i>Vermeidung von Intrusionen und Sicherstellen des Überlebensraums</i> .....	52
6.1.2	<i>Frühe Teilnahme des Fahrzeuginsassen an der Verzögerung des Fahrzeugs</i> .....	53
6.1.3	<i>Energieaufnehmende Deformationszone und Vermeidung von Blockbildung</i> .....	54
6.2	Passive Sicherheitskonzepte der Motorradtechnik .....	55
6.2.1	<i>Überfliegen des gegnerischen Fahrzeugs</i> .....	55
6.3	Rückhaltemaßnahmen .....	58
6.3.1	<i>Einfluss des Übergangswinkels zwischen Sitzbank und Tank</i>	59
6.3.2	<i>Strukturmaßnahmen</i>	60
6.3.3	<i>Beeinflussung der Rutschbahn des Fahrzeugs</i>	61
6.3.4	<i>Sicherheitskonzepte für Einspurfahrzeuge ohne Serieneinsatz</i>	62
<b>7</b>	<b>Schutzkriterien .....</b>	<b>64</b>
<b>8</b>	<b>Übertragung der Prinzipien der passiven Sicherheit auf das Motorrad .....</b>	<b>69</b>
8.1	Ausgangssituation .....	70
8.2	Definition der betrachteten Motorräder .....	71
8.3	Auswahl der Maßnahmen für Unfälle mit mehr als einem Beteiligten .....	74
8.4	Auswahl der Maßnahmen für Alleinunfälle .....	78
<b>9</b>	<b>Simulation .....</b>	<b>81</b>
9.1	Definition der Variation der Crash-Konstellationen .....	81
9.2	Verwendete Soft- und Hardware .....	85
<b>10</b>	<b>Modellaufbau .....</b>	<b>87</b>
10.1	FE-Modelle der Fahrzeuge .....	87
10.2	Modellaufbau der Schutzmaßnahmen .....	90
10.3	Vorversuche zum Sicherstellen der biomechanischen Grenzwerte .....	94
10.3.1	<i>Betrachtung der Nackenkräfte</i> .....	95
10.3.2	<i>Belastungen durch den Beckengurt</i> .....	100
10.4	Validität des Modells .....	101
10.4.1	<i>Fahrzeugpuls</i> .....	103

10.4.2	<i>Vergleich der Kinematik von Simulation und Full-Scale- Crashtest</i>	105
10.4.3	<i>Vergleich der Belastungswerte von Simulation und Full- Scale-Crashtest</i>	107
10.4.4	<i>Ergebnisse der Validitätsbetrachtung</i>	108
<b>11</b>	<b>Auswertung der Simulationsergebnisse.....</b>	<b>109</b>
11.1	Konstellation 114 .....	110
11.1.1	<i>Auswertung der Belastungswerte Sportmotorrad .....</i>	<i>110</i>
11.2	Konstellation 413 (beide Fahrzeuge in Bewegung).....	118
11.2.1	<i>Auswertung der Belastungswerte Sportmotorrad .....</i>	<i>118</i>
11.3	Konstellation 412 .....	125
11.3.1	<i>Auswertung der Belastungswerte Sportmotorrad .....</i>	<i>125</i>
11.3.2	<i>Auswertung der Belastungswerte Chopper .....</i>	<i>132</i>
11.4	Konstellation 414 .....	139
11.4.1	<i>Auswertung der Belastungswerte Sportmotorrad .....</i>	<i>139</i>
11.4.2	<i>Auswertung der Belastungswerte Chopper .....</i>	<i>146</i>
11.5	Konstellation 413 (gestoßenes Fahrzeug steht).....	153
11.5.1	<i>Auswertung der Belastungswerte Sportmotorrad .....</i>	<i>153</i>
11.5.2	<i>Auswertung der Belastungswerte Chopper .....</i>	<i>160</i>
11.6	Vergleich der Konstellationen .....	167
11.7	Vergleich der Schutzmaßnahmen .....	169
11.8	Vergleich der unterschiedlichen Motorradtypen .....	172
11.9	Auswertung der Simulation des Alleinunfalls.....	174
<b>12</b>	<b>Diskussion der Ergebnisse .....</b>	<b>179</b>
12.1	Konstellation 413 (gestoßenes Fahrzeug steht).....	179
12.2	Konstellation 413 (beide Fahrzeuge sind in Bewegung) .....	180
12.3	Konstellation 114 .....	180
12.4	Konstellation 412 / 414 .....	181
<b>13</b>	<b>Beschreibung eines passiv sicheren Motorradkonzepts .....</b>	<b>183</b>
<b>14</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick .....</b>	<b>185</b>
14.1	Zusammenfassung .....	185
14.2	Diskussion .....	186
14.3	Ausblick .....	187
<b>15</b>	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>189</b>