

# **Motorradunfälle – Einflussfaktoren der Verkehrsinfrastruktur**

**Berichte der  
Bundesanstalt für Straßenwesen**

**Verkehrstechnik Heft V 268**

**bast**

# **Motorradunfälle – Einflussfaktoren der Verkehrsinfrastruktur**

von

Andreas Hegewald

unter Mitarbeit von

Sabine Fürneisen

Wolfgang Tautz

Bundesanstalt für Straßenwesen  
Bergisch Gladbach

**Berichte der  
Bundesanstalt für Straßenwesen**

Verkehrstechnik Heft V 268

**bast**

Die Bundesanstalt für Straßenwesen  
veröffentlicht ihre Arbeits- und Forschungsergebnisse  
in der Schriftenreihe **Berichte der  
Bundesanstalt für Straßenwesen**. Die Reihe  
besteht aus folgenden Unterreihen:

A - Allgemeines  
B - Brücken- und Ingenieurbau  
F - Fahrzeugtechnik  
M - Mensch und Sicherheit  
S - Straßenbau  
V - Verkehrstechnik

Es wird darauf hingewiesen, dass die unter  
dem Namen der Verfasser veröffentlichten  
Berichte nicht in jedem Fall die Ansicht des  
Herausgebers wiedergeben.

Nachdruck und photomechanische Wiedergabe,  
auch auszugsweise, nur mit Genehmigung  
der Bundesanstalt für Straßenwesen,  
Stabsstelle Presse und Öffentlichkeitsarbeit.

Die Hefte der Schriftenreihe **Berichte der  
Bundesanstalt für Straßenwesen** können  
direkt bei der Carl Schünemann Verlag GmbH,  
Zweite Schlachtpforte 7, D-28195 Bremen,  
Telefon: (04 21) 3 69 03 - 53, bezogen werden.

Über die Forschungsergebnisse und ihre  
Veröffentlichungen wird in der Regel in Kurzform im  
Informationsdienst **Forschung kompakt** berichtet.  
Dieser Dienst wird kostenlos angeboten;  
Interessenten wenden sich bitte an die  
Bundesanstalt für Straßenwesen,  
Stabsstelle Presse und Öffentlichkeitsarbeit.

Ab dem Jahrgang 2003 stehen die **Berichte der  
Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt)**  
zum Teil als kostenfreier Download im elektronischen  
BASt-Archiv ELBA zur Verfügung.  
<http://bast.opus.hbz-nrw.de>

## **Impressum**

**Bericht zum Forschungsprojekt: F1100.6107016:**  
Motorradunfälle – Einflussfaktoren der Verkehrsinfrastruktur

### **Herausgeber**

Bundesanstalt für Straßenwesen  
Brüderstraße 53, D-51427 Bergisch Gladbach  
Telefon: (0 22 04) 43 - 0  
Telefax: (0 22 04) 43 - 674

### **Redaktion**

Stabsstelle Presse und Öffentlichkeitsarbeit

### **Druck und Verlag**

Fachverlag NW in der  
Carl Schünemann Verlag GmbH  
Zweite Schlachtpforte 7, D-28195 Bremen  
Telefon: (04 21) 3 69 03 - 53  
Telefax: (04 21) 3 69 03 - 48  
[www.schuenemann-verlag.de](http://www.schuenemann-verlag.de)

ISSN 0943-9331

ISBN 978-3-95606-220-9

Bergisch Gladbach, November 2015

## Kurzfassung · Abstract

### Motorradunfälle - Einflussfaktoren der Verkehrsinfrastruktur

Ziel der Untersuchung war es, Motorradunfälle auf Landstraßen, bei denen der Motorradfahrer die Kontrolle über sein Motorrad verloren hat (Unfalltyp: Fahrnfall), vor dem Hintergrund eines möglichen Einflusses sowohl der Streckengeometrie als auch von Parametern des Straßenzustandes zu untersuchen. Ein weiteres Ziel der Untersuchung war die Bewertung der Wirksamkeit von verkehrsrechtlichen und straßenbaulichen Maßnahmen, welche der Verbesserung der Verkehrssicherheit von Motorradfahrern dienen.

Zur Beantwortung der Frage, inwieweit die Streckengeometrie einen Einfluss auf Motorradunfälle vom Typ „Fahrnfall“ haben kann, wurde ein Vergleich von 32 sicheren und 27 unsicheren Strecken durchgeführt. Dabei konnte gezeigt werden, dass die unsicheren Strecken durch eine deutlich höhere Kurvigkeit als die sicheren Strecken gekennzeichnet sind. Eine Detailanalyse von 254 Fahrnfällen zeigte weiterhin, dass sich die Motorradunfälle überwiegend in Kurven ereignen (86 %), und diese Kurven in der Regel einen Radius kleiner als 100 m haben (82 %). Vor diesem Hintergrund sollten im Bestandsnetz in Kurven mit einem Radius kleiner 100 m vorhandene Schutzeinrichtungen mit Unterfahrschutz ausgestattet werden. Dies sollte insbesondere für Strecken gelten, welche von einer großen Anzahl an motorisierten Zweirädern pro Tag befahren werden.

Hinsichtlich der Frage, inwiefern Defizite des Straßenzustandes Motorradunfälle vom Typ „Fahrnfall“ mit verursachen können, wurde eine Untersuchung durchgeführt, welche auf einem Vergleich der Verteilung des Straßenzustandes an 77 Unfallorten mit der Verteilung des Straßenzustandes eines großen Teils des Bundesstraßennetzes in Nordrhein-Westfalen basierte. Der Zustandsparameter, welcher an den Unfallorten deutlich schlechter war als im Straßennetz und dessen Verteilung sich an den Unfallorten von der Verteilung im Straßennetz statistisch signifikant unterschied, war die Ebenheit in Längsrichtung (Bodenwellen). Die Verteilungen aller anderen untersuchten Straßenzustandsparameter wie die Ebenheit in Querrichtung (Spurrinnen), die Rauheit (Griffigkeit) sowie die Zustandsmerkmale der Oberfläche, wie Netzrisse, Flickstellen und Ausbrüche, unterschieden sich am Unfallort nicht signifikant von den Verteilungen im Straßennetz oder waren an den Unfallorten besser als im Straßennetz.

Um die Wirksamkeit von verkehrsrechtlichen und straßenbaulichen Maßnahmen zur Verbesserung der Verkehrssicherheit von Motorradfahrern zu bewerten, wurde zunächst mittels eines webbasierten Fragebogens bei Unfallkommissionen abgefragt, wo derartige Maßnahmen bereits umgesetzt wurden und ob entsprechende Unterlagen zur Wirksamkeit der Maßnahmen zur Verfügung gestellt werden können. Im Rahmen des durchgeführten Vorher-Nachher-Vergleichs konnte gezeigt werden, dass die auf allen 8 untersuchten Strecken umgesetzten Maßnahmenpakete sowohl eine hohe Effektivität als auch Effizienz hinsichtlich der Verbesserung der Verkehrssicherheit erzielten. Die Bewertung von Einzelmaßnahmen war nur bedingt möglich, da auf den untersuchten Strecken fast ausnahmslos mehrere Maßnahmen gleichzeitig umgesetzt wurden. So wurden i.d.R. in einer unfallauffälligen Kurve die zul. Höchstgeschwindigkeit beschränkt, eine doppelte durchgezogene Fahrstreifenbegrenzungslinie in Fahrbahnmitte aufgebracht, aufgelöste Richtungstafeln installiert und ein Unterfahrschutz an vorhandenen Schutzeinrichtungen montiert.

### **Motorcycle crashes - influencing factors of road infrastructure**

The aim of the study was to investigate single motorcycle injury crashes (rider loses control over the motorcycle) on rural roads concerning potential influence of road geometry as well as road surface condition. Another aim of the study was to evaluate the effectiveness of road operational and road engineering measures which serve to improve road safety of motorcyclists.

To answer the question whether the road geometry can have an impact on motorcycle crashes (rider loses control over the motorcycle), a comparison of 32 safe and 27 unsafe sections was performed. The analyses showed that safe road sections have a lower mean curvature change rate than unsafe road sections. A further analysis of 254 single motorcycle injury crashes revealed that 86 % of these crashes occur in curves and that 82 % of these curves have a radius smaller than 100 m. For this reason, existing crash barriers in curves with a radius of less than 100 m should be equipped with an underride guard as a standard. This should especially apply to road sections with a high average daily traffic (ADT) of powered two-wheelers per day.

The question of how deficits of the road surface condition can be a causal factor in motorcycle injury crashes (rider loses control over the motorcycle) was investigated based on a comparison of the distribution of road surface condition at 77 crash scenes and the distribution of road surface condition of a large part of the federal road network in the federal state North Rhine-Westphalia. The road surface parameter which was much worse at the crash scene than in the road network and whose distribution at the crash scene and in the road network differs statistically significantly, was the unevenness in longitudinal direction (e.g. bumps). All other distributions of road surface condition parameters such as unevenness in transverse direction (rutting), friction value, crack networks, local repairs and potholes did not differ significantly between the crash scene and the road network or were even better at the crash scene.

To evaluate the effectiveness of road operational and road engineering measures to improve road safety of motorcyclists the accident commissions were asked via a web-based questionnaire where such measures had already been implemented and whether information about their effectiveness could be provided. In the subsequent before and after comparison it could be shown that the 8 investigated road sections implemented combination of measures achieved a high effectiveness and efficiency in terms of improving road safety for motorcyclist. The evaluation of individual measures

was only possible to a limited extent because in almost all cases several measures were implemented at the investigated road sections simultaneously. If a motorcycle crash spot was in a curve, normally a speed limit was introduced, a double solid lane marking applied in the middle of the road and an underride guard was fitted to existing crash barriers.

---

## Inhalt

<b>1</b>	<b>Einleitung .....</b>	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>Stand der Wissenschaft und Technik...7</b>	
2.1	FORSCHUNGSPROJEKTE.....	7
2.2	REGELWERKE .....	10
<b>3</b>	<b>Faktor Streckengeometrie .....</b>	<b>10</b>
3.1	VORGEHENSWEISE.....	10
3.2	ERGEBNISSE.....	12
3.2.1	SICHERE VERSUS UNSICHERE STRECKEN....	12
3.2.2	ANALYSE VON UNSICHEREN STRECKEN .....	12
3.2.3	ANALYSE VON KURVENFOLGEN.....	13
3.3	FAZIT .....	16
<b>4</b>	<b>Faktor Straßenzustand .....</b>	<b>16</b>
4.1	VORGEHENSWEISE.....	16
4.2	ERGEBNISSE.....	18
4.2.1	EBENHEIT IM LÄNGSPROFIL .....	18
4.2.2	EBENHEIT IM QUERPROFIL .....	20
4.2.3	RAUHEIT.....	21
4.2.4	MERKMALE OBERFLÄCHE .....	22
4.3	FAZIT .....	24
<b>5</b>	<b>Wirksamkeit von Maßnahmen .....</b>	<b>24</b>
5.1	GRUNDLAGEN.....	24
5.1.1	PROBLEMSTELLUNG .....	24
5.1.2	VORGEHENSWEISE.....	24
5.1.3	BERECHNUNGSGRUNDLAGEN .....	25
5.2	ERGEBNISSE.....	25
5.2.1	BEFRAGUNG .....	25
5.2.2	BEWERTUNG DER MAßNAHMEN.....	26
5.3	FAZIT .....	32
<b>6</b>	<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>33</b>
<b>7</b>	<b>Literatur .....</b>	<b>34</b>



## 1 Einleitung

Im Jahr 2007 ereigneten sich nach Angaben der amtlichen Statistik 335.845 Verkehrsunfälle mit Personenschäden in Deutschland, 10 % davon (33.458) unter Beteiligung von Motorrädern (DESTATIS, 2008). Von den 33.458 Unfällen mit Personenschaden unter Beteiligung von Motorrädern ereigneten sich 62 % (20.812) auf Stadtstraßen, 35 % (11.662) auf Landstraßen (Außerortsstraßen ohne Autobahn) und 3 % (984) auf Autobahnen. Insgesamt verunglückten bei Unfällen mit Personenschaden unter Beteiligung von Motorrädern 807 Motorradnutzer (Fahrer und Mitfahrer) tödlich, davon 20 % (163) auf Stadtstraßen, 73 % (589) auf Landstraßen und 7 % (55) auf Autobahnen. Anhand der Zahlen wird deutlich, dass sich die überwiegende Anzahl der Unfälle mit Personenschaden unter Beteiligung von Motorrädern innerorts ereignet, diese Unfälle i.d.R. jedoch durch eine geringere Unfallschwere gekennzeichnet sind. Im Gegensatz dazu sind Unfälle mit Personenschaden unter Beteiligung von Motorrädern auf Landstraßen durch eine hohe Unfallschwere gekennzeichnet.

Die häufigste Konfliktsituation, die im Jahr 2007 zu einem Motorradunfall auf einer Landstraße führte, war der Verlust der Kontrolle über das Motorrad (Anteil von 41 % am Unfallgeschehen), ohne dass andere Verkehrsteilnehmer dazu beigetragen haben (Heinrich et al., 2010). Der Verlust der Kontrolle über das Motorrad kann unterschiedliche Ursachen haben. Nach Heinrich et al. (2010) ging in 70 % der vom Motorradfahrer verursachten Unfälle auf Landstraßen, bei denen der Motorradfahrer die Kontrolle über sein Motorrad verloren hat und infolge dessen nach rechts oder links von der Fahrbahn abgekommen ist, eine nicht angepasste Geschwindigkeit dem Unfall voraus. Diese Unfallursache ist jedoch generell wenig aussagekräftig, da es den unfallaufnehmenden Polizeibeamten nur bedingt möglich ist, Aussagen über die Geschwindigkeit des verunglückten Motorradfahrers kurz vor dem Unfall zu treffen.

Eine EU-Studie (ACEM, 2009) von 921 Motorradunfällen kommt hinsichtlich der Ursachen der Unfälle zu dem Ergebnis, dass das Verhalten des Motorradfahrers in 87,9 % der untersuchten Unfälle unfallursächlich war. Bei 7,7 % der untersuchten Unfälle wurde die Straßenumgebung (road environment) als Hauptursache des Unfalls identifiziert. Bei den verhaltensbezogenen Ursachen handelt es sich laut der Untersuchung von ACEM (2009) zu einem Großteil um Wahrnehmungs- und Entscheidungsfehler. Diese Fehler können auch maßgeblich von der Straßenumgebung bzw. der Gestaltung der Verkehrsinfrastruktur beeinflusst werden.

Ziel der Untersuchung war es, Motorradunfälle auf Landstraßen, bei denen der Motorradfahrer die Kontrolle über sein Motorrad verloren hat, vor dem Hintergrund eines möglichen Einflusses der Straßenumgebung bzw. Verkehrsinfrastruktur zu untersuchen. Dabei wurde der Fokus sowohl auf die Streckengeometrie als auch auf Parameter des Straßenzustandes gelegt. Weiterhin wurde im Rahmen der Untersuchung die Wirksamkeit von bereits umgesetzten infrastrukturellen Maßnahmen überprüft, wie z.B. die Nachrüstung eines Unterfahrschutzes an vorhandenen Schutzeinrichtungen.

## 2 Stand der Wissenschaft und Technik

### 2.1 Forschungsprojekte

Nachfolgend werden die Ergebnisse von nationalen und internationalen Forschungsprojekten zu Motorradunfällen auf Landstraßen, welche den Einfluss sowohl der Streckengeometrie als auch von Parametern des Straßenzustandes u.a. als Untersuchungsziel hatten, dargestellt und kurz zusammengefasst.

#### **Assing (2002): Schwerpunkte des Unfallgeschehens von Motorradfahrern**

Grundlage der Untersuchung waren die Einzeldaten der amtlichen Straßenverkehrsunfallstatistik, die der BASt von den statistischen Landesämtern für Zwecke der Unfallforschung übermittelt werden. Die Datenbasis bildeten alle Unfälle mit Personenschaden der Jahre 1991 bis 1999, an denen mindestens ein Motorrad (Leichtkraftrad, Kraftrad und -roller mit amtlichem Kennzeichen) beteiligt war.

Im Rahmen der Untersuchung wurden aus der allgemeinen Analyse des Unfallgeschehens heraus Schwerpunkte - wie Motorradunfälle außerorts - abgeleitet und vertieft untersucht. Die Ergebnisse zu den Außerortsunfällen des Jahres 1999 sollen an dieser Stelle kurz reflektiert werden.

Obwohl sich im Jahr 1999 nur 35 % der Motorradunfälle auf Außerortsstraßen ereigneten, betrug der Anteil der tödlich verunglückten Verkehrsteilnehmer über 70 %. Dies zeigt sehr deutlich, dass Motorradunfälle auf Außerortsstraßen eine hohe mittlere Unfallschwere aufweisen. Weiterhin konnte die Untersuchung zeigen, dass 36 % der Außerortsunfälle Alleinunfälle waren. Diese sind jedoch im Vergleich zu Motorradunfällen mit mehreren Beteiligten durch eine geringe mittlere Unfallschwere gekennzeichnet.



Mehr als drei Viertel aller Motorrad-Alleinunfälle auf Außerortsstraßen sind vom Unfalltyp „Fahrnfall“, infolge dessen der Motorradfahrer i.d.R. nach rechts oder links von der Fahrbahn abkommt (45 % aller Alleinunfälle sind Fahrnfälle mit Abkommen nach rechts und 19 % mit Abkommen nach links). Bei den Außerortsunfällen von Motorradfahrern mit mehreren Beteiligten - Hauptverursacher Motorradfahrer - sind mehr als zwei Drittel der Unfälle Fahrnfälle (26 %) oder Unfälle im Längsverkehr (47 %). Ist ein anderer Verkehrsteilnehmer als der Motorradfahrer der Hauptverursacher, so handelt es sich in 60 % der Fälle um Unfälle, die durch Konflikte beim Abbiegen, Einbiegen oder Kreuzen ausgelöst wurden.

Ein Problemschwerpunkt von Motorrad-Alleinunfällen auf Außerortsstraßen ist der Kurvenbereich. Fast zwei Drittel (65 %) aller Alleinunfälle von Motorradfahrern im Jahr 1999 ereigneten sich in einer Kurve. Im Vergleich zu Unfällen, die sich nicht in einer Kurve ereignet haben, sind die Kurvenunfälle mit einer deutlich höheren mittleren Unfallschwere verbunden.

Laut der Untersuchung kommt es bei 42 % der Motorrad-Alleinunfälle im Jahr 1999 zu einem Anprall auf ein Hindernis neben der Fahrbahn. Neben der Kategorie sonstige Hindernisse (18 %) sind Schutzplanken (14 %) und Bäume (8 %) häufige Kollisionsobjekte. Besonders schwere Unfallfolgen verursachen Unfälle mit Anprall gegen einen Baum (die mittlere Unfallschwere ist um das 5-fache höher im Vergleich zu Unfällen ohne Anprall). Bei Anprall des Motorrades gegen eine Schutzplanke beträgt die mittlere Unfallschwere das 2,5-fache im Vergleich zu der mittleren Unfallschwere bei Unfällen ohne Aufprall.

Hinsichtlich von Einflussfaktoren der Verkehrsinfrastruktur - in diesem Fall speziell zum Fahrbahnzustand - kann dem Bericht entnommen werden, dass bei 83 % aller im Jahr 1999 registrierten Motorradunfälle die Fahrbahn trocken war. Im Vergleich dazu betrug der Anteil aller Verkehrsunfälle bei trockenem Fahrbahnzustand nur 66 %. Dieser Unterschied kann damit erklärt werden, dass die meisten Motorradfahrer ihr Motorrad nur bei guten Witterungsbedingungen benutzen.

#### **Zehn & Heger (2004): Was macht die Straße für den Motorradfahrer interessant und was gefährlich?**

Ziel der Studie war die Unfallursachenermittlung von Motorradunfällen, um daraus Rückschlüsse für sichere Straßen ziehen zu können. Im Rahmen der durchgeführten Unfallanalyse im Land Brandenburg konnte festgestellt werden, dass die Unfallhäufigkeit nicht nur davon abhängig ist, wie oft und

mit welchen Motiven die Strecke befahren wird, sondern auch von den geometrischen Gegebenheiten der Straße. Für eine bekannte Motorradstrecke (L 291 Eberswalde – Liepe) wurde deshalb eine Sicherheitsanalyse unter Einbeziehung der fahrgeometrischen, fahrdynamischen und fahrpsychologischen Gegebenheiten durchgeführt. Die Unfall- und Sicherheitsanalyse konnte zeigen, dass die straßenseitigen Faktoren erheblichen Anteil am Unfallgeschehen haben und ursächlich aus Diskrepanzen in der Schnittstelle Fahrer – Straße herrühren.

#### **Spornier (2006): Risiken beim Motorradfahren – Spezielle Einflussgrößen durch Straßenführung und Umfeld**

Im Rahmen der Studie, die in Zusammenarbeit mit dem TÜV Bayern und einigen Polizeidienststellen im Raum Bayern und Nordrhein-Westfalen durchgeführt wurde, erfolgte eine vertiefte Analyse von Motorradunfällen an Unfallschwerpunkten außerhalb von Ortschaften. Ziel war es, Unfalleinflussgrößen aus dem Umfeld, wie Straßenverlauf, Straßenzustand und dem Fahrverhalten an Unfallhäufungsstellen zu identifizieren.

Insgesamt wurden 15 Unfallhäufungsstellen betrachtet. In der Untersuchung wurde eine Örtlichkeit als Unfallhäufungsstelle definiert, wenn sich innerhalb eines Zeitraumes von 5 Jahren (1999 bis 2003) mindestens drei Motorradunfälle mit Personenschaden ereigneten.

Hinsichtlich des Straßenverlaufs im Bereich der Unfallhäufungsstelle konnte festgestellt werden, dass sich die meisten Motorradunfälle in Kurven ereigneten, welche an eine längere Gerade anschlossen. Ein mangelhafter Fahrbahnzustand konnte an keiner der untersuchten Unfallhäufungsstellen als Einflussfaktor identifiziert werden.

#### **Gerlach & Oderwald (2007): Schutzeinrichtungen am Fahrbahnrand kritischer Streckenabschnitte für Motorradfahrer**

Ziel des Forschungsprojektes „Schutzeinrichtungen am Fahrbahnrand kritischer Streckenabschnitte für Motorradfahrer“ war es, Kriterien für den Einsatz von straßenbegleitenden Schutzeinrichtungen am Fahrbahnrand herzuleiten, welche neben ihrer Schutzwirkung für alle Verkehrsteilnehmer auch besonders die Sicherheitsbelange von Motorradfahrern berücksichtigen.

Im Rahmen des Projektes wurde auf das digitale Straßennetz des Landes Rheinland-Pfalz sowie die digitalen Unfalldaten zurückgegriffen. Mit diesen Daten wurde die Straßengeometrie an der Un-

fallstelle und in definierten Bereichen davor untersucht. Hierbei wurden die Daten einer punktuellen Betrachtung unterzogen. Ziel war es, einen Zusammenhang zwischen dem Streckenverlauf vor der Unfallstelle und dem Ort des Unfallgeschehens herzuleiten, um die These zu stützen, dass der Streckenverlauf vor dem Unfallort einen nicht unerheblichen Einfluss auf das Unfallgeschehen hat.

Weiterhin wurden die Daten aus Rheinland-Pfalz genutzt, um unfallauffällige Strecken mit Strecken ohne unfallauffälligkeiten zu vergleichen. Bei dieser Auswertung wurden linienhafte Kriterien - wie die Kurvigkeit, die Anzahl der Verlaufsänderungen der Streckentrassierung, die Verteilung von Radien sowie von Quer- und Längsneigung - ausgewertet und miteinander verglichen.

Diese Vergleichsuntersuchung lieferte verwertbare Ergebnisse. So konnte dargelegt werden, dass Streckenabschnitte, welche:

- eine Kurvigkeit über > 200 gon/km und
- maximal 15 Änderungen des Streckenverlaufs pro km und
- einen Geradenanteil von max. 50 % und
- eine Länge von über 2 km

aufweisen, ein erhöhtes Risikopotenzial für Motorradfahrer im Vergleich zum durchschnittlichen Gefährdungspotenzial der Vergleichsstrecken darstellen.

#### **Kühn (2008): Analyse des Motorradunfallgeschehens**

Das Ziel der Untersuchung lag in der Ermittlung von fahrzeugtechnischen und straßenseitigen Einflussfaktoren auf das Unfallgeschehen sowie die Verletzungsschwere von Motorradfahrern.

Im Rahmen der Untersuchung wurden über 12.000 polizeilich registrierte Unfälle mit Beteiligung motorisierter Zweiräder in Sachsen der Jahre 2004, 2005 und 2006 betrachtet. Für einen paarweisen Vergleich von unfallauffälligen und -unauffälligen Strecken wurden 219 Streckenabschnitte mit 1.622 Unfällen ausgewählt. Die 126 unfallauffälligen Strecken mit insgesamt 530 Motorradunfällen wurden besichtigt und auf örtliche Umstände hin analysiert. Es zeigt sich, dass im Außerortsbereich vor allem Streckenabschnitte mit hoher Kurvigkeit (> 225 gon/km), Fahrbahnen mit geringer Breite (< 6 m) und ohne Mittelmarkierung sowie Abschnitte mit hoher Längsneigung unfallbegünstigend wirken. Kurze Abstände von Knotenpunkten und Sicht einschränkung im Bereich von Kurven oder Knotenpunkten, wie beispielsweise durch Kuppen,

Brücken und Dämme, sind zusätzlich von negativem Einfluss.

Als eine typische Unfallkonstellation auf Landstraßen wurde der Motorrad-Alleinunfall mit Abkommen von der Fahrbahn nach rechts identifiziert. Kennzeichnend sind eine hohe Schwere der Unfälle und ein hoher Anteil der Unfälle, die am Wochenende passieren. Die hohe Unfallschwere hängt neben den außerorts hohen Geschwindigkeiten mit einem Aufprall auf ein Hindernis neben der Fahrbahn zusammen. In mehr als zwei Drittel der Fälle erfolgte ein solcher Aufprall, bei rund der Hälfte davon prallt der Motorradfahrer an eine Schutzplanke.

#### **ACEM (2009): MAIDS - In-depth investigations of accidents involving powered two wheelers**

Um die Unfallursachen von motorisierten Zweirädern besser zu verstehen, wurde im Rahmen eines EU-Projektes eine umfassende Untersuchung von motorisierten Zweiradunfällen unter Verwendung von sogenannten „in-depth“ erhobenen Unfalldaten durchgeführt. Als Datengrundlage dienten Unfalldaten von 921 motorisierten Zweiradunfällen aus Deutschland (GIDAS – 250 Fälle), Frankreich, den Niederlanden, Spanien und Italien der Jahre 1999 und 2000. Im Rahmen der Untersuchung wurden 523 Motorradunfälle, wovon sich 186 (rund ein Viertel) auf Außerortstraßen ereigneten, betrachtet.

Für die 921 untersuchten Unfälle von motorisierten Zweiradfahrern konnte gezeigt werden, dass das Verhalten des Motorradfahrers in 87,9 % der untersuchten Unfälle unfallursächlich war. Bei 7,7 % der untersuchten Unfälle wurde die Straßenumgebung (road environment) als Hauptursache des Unfalls identifiziert. Bei den verhaltensbezogenen Ursachen handelt es sich laut der Untersuchung zu einem Großteil um Wahrnehmungs- und Entscheidungsfehler. Diese Fehler können auch maßgeblich von der Straßenumgebung bzw. der Gestaltung der Verkehrsinfrastruktur beeinflusst werden.

Im Rahmen der Untersuchung wurden sowohl Defizite des Straßenumfeldes als auch des Straßenzustandes untersucht. Als Beispiele für Defizite des Straßenumfeldes werden im Bericht die folgenden genannt: fehlende Gefahrenzeichen, fehlende Reflektoren an Strukturen die an die Fahrbahn angrenzen, Kurven mit abnehmendem Radius sowie unzureichende Sichtfelder. Als Beispiele für Defizite des Straßenzustandes werden Schlaglöcher, Bindemittelanreicherungen und beschädigte Fahrbahnrande/Bordsteine angeführt.

An 57 der betrachteten 921 Unfallstellen wurde ein Defizit des Straßentwurfes festgestellt, jedoch war dieses Defizit nur bei 7 Unfällen (0,8 %) der maßgebende Einflussfaktor und bei 19 Unfällen

(2,1 %) einer von mehreren Einflussfaktoren. An 146 der betrachteten 921 Unfallstellen wurde ein Defizit des Straßenzustandes festgestellt, jedoch war dieses Defizit nur bei 19 Unfällen (2,1 %) der maßgebende Einflussfaktor und bei 6 Unfällen (0,6 %) einer von mehreren Einflussfaktoren.

Da die Auswertung der Unfälle nicht differenziert nach Ortslage und Motorradart erfolgte, ist zu berücksichtigen, dass die im Rahmen der Untersuchung erzielten Ergebnisse eher für den Innerortsbereich zutreffend sind.

## 2.2 Regelwerke

Die Ergebnisse aus den Forschungsprojekten haben bereits weitestgehend Eingang in Richtlinien und Empfehlungen gefunden. Neben verhaltensbezogenen und fahrzeugtechnischen Maßnahmen enthalten diese u.a. verkehrsinfrastrukturelle Maßnahmenvorschläge zur Verbesserung der Verkehrssicherheit von Motorradfahrern. Nachfolgend soll kurz auf nationale und internationale Empfehlungen und Richtlinien eingegangen werden.

Auf nationaler Ebene sind der im Jahr 2003 erschienene „Leitfaden zur Erhöhung der Verkehrssicherheit auf Motorradstrecken“ des Hessischen Landesamtes für Straßen- und Verkehrswesen sowie das Praxisheft Nr. 6 des IFZ (Institut für Zweiradsicherheit) von Forke & Gajewski zum Thema „Motorradfreundlicher Straßenbau“ zu nennen. Ergänzt wurden diese beiden Leitfäden im Jahr 2007 durch das „Merkblatt zur Verbesserung der Verkehrssicherheit auf Motorradstrecken“ kurz MVMoT, welches von der FGSV veröffentlicht wurde. Allen Regelwerken gemein ist, dass diesen Hinweise zu verkehrsrechtlichen, betrieblichen und straßenbaulichen Maßnahmen zur Vermeidung bzw. Verringerung der Unfallschwere von Motorradunfällen zu entnehmen sind. Das MVMoT und der Hessische Leitfaden enthalten zudem Hinweise zur Identifikation von Unfalhhäufungsstellen.

Auf internationaler Ebene gibt es von den folgenden Institutionen Regelwerke: SETRA/CERTU (Frankreich), CROW (Niederlande), NMCU (Norwegen), BIVV (Belgien), IHIE (Großbritannien) und der FSV (Österreich). Diese Regelwerke (abgesehen von den Österreichischen Empfehlungen) bildeten u.a. die Grundlage für die im Jahr 2006 vom ACEM (Association des Constructeurs Europeens des Motorcycles) veröffentlichten „Guidelines for PTW-Safer road design in Europe“ sowie die Veröffentlichung der FEMA (Federation of Motorcyclists Association) im Jahr 2007 zum Thema „A European Agenda for Motorcycle Safety – The Motorcyclist’s Point of View“. Inhaltlich ähneln die internationalen Regelwerke den vorgenannten

nationalen Regelwerken. Im Gegensatz zu den nationalen Regelwerken enthalten diese jedoch auch Maßnahmen für den Innerortsbereich.

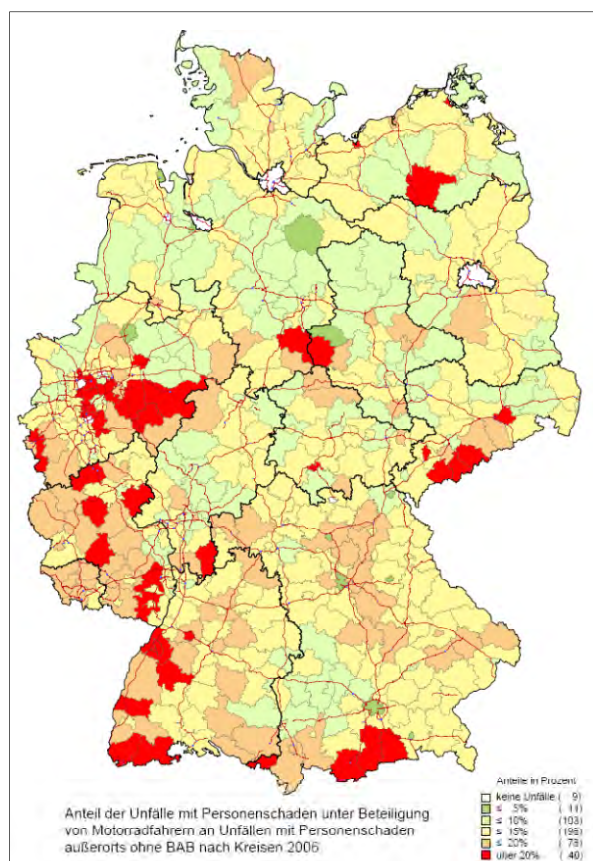
## 3 Faktor Streckengeometrie

### 3.1 Vorgehensweise

Welche Parameter der Streckengeometrie einen Einfluss auf Motorradunfälle vom Typ „Fahrunfall“ haben, lässt sich anhand eines Vergleiches von sicheren Strecken mit unsicheren Strecken zeigen. Weist die sichere Strecke beispielsweise ein Merkmal (bspw. Geschwindigkeitsbeschränkung) auf, welches auf der unsicheren Strecke nicht vorhanden ist, ereignen sich die Unfälle ggf. aufgrund dieses Merkmals. Als Untersuchungsmethode wurde daher ein Vergleich von sicheren und unsicheren Landstraßen gewählt.

Strecken wurden als unsicher definiert, wenn sich auf diesen mindestens 3 Motorradunfälle mit Personenschaden, bei denen der Motorradfahrer die Kontrolle über sein Motorrad verloren hat (Fahrunfall), innerhalb von 5 Jahren ereignet hatten. Im Gegensatz dazu durften sich im selben Betrachtungszeitraum bei vergleichbarer Verkehrsstärke keine Motorradunfälle mit Personenschaden vom Typ „Fahrunfall“ auf den sicheren Strecken ereignen haben.

Zur Auswahl der Untersuchungsstrecken wurde zunächst eine Deutschlandkarte erstellt, welche den Anteil von Unfällen mit Personenschaden unter Beteiligung von Motorradfahrern mit Personenschaden an allen Unfällen mit Personenschaden des Jahres 2006 darstellt (vgl. Bild 1). Danach haben Unfälle unter Beteiligung von Motorradfahrern in den Bundesländern Nordrhein-Westfalen, Rheinland-Pfalz, Baden-Württemberg sowie Bayern einen besonders hohen Anteil. Der besonders hohe Anteil von Motorradunfällen in diesen Bundesländern lässt sich am ehesten damit erklären, dass diese Bundesländer über ausgedehnte Mittelgebirge verfügen, welche für Motorradtouren besonders attraktiv sind.



**Bild 1:** Übersichtskarte über den Anteil der Motorradunfälle in Deutschland

Für die weiterführende Untersuchung wurden von den Bundesländern Nordrhein-Westfalen, Rheinland-Pfalz sowie Bayern georeferenzierte Unfalldaten (Betrachtungszeitraum: RP und BY 2002-2006; NW 2003-2007) abgefragt, mittels derer sichere und unsichere Streckenabschnitte identifiziert wurden. Die georeferenzierten Unfalldaten wurden mit einem digitalen Straßennetz verknüpft, in welchem optisch die sicheren und unsicheren Strecken dargestellt werden konnten. Da den Straßendatenbanken keine detaillierten Informationen hinsichtlich der Streckengeometrie entnommen werden können, mussten die Trassierungselemente messtechnisch erfasst werden. Vor dem Hintergrund, dass die Aufnahme der Streckengeometrie mit einem erheblichen Aufwand verbunden ist, wurden nur wenige ausgewählte sichere und unsichere Streckenabschnitte erfasst. Bei der Auswahl der wenigen sicheren und unsicheren Strecken war die durchschnittlich tägliche Verkehrsstärke der motorisierten Zweiräder entscheidend, da dass Unfallgeschehen deutlich von der Verkehrsstärke der entsprechenden Verkehrsteilnehmer abhängig ist. Vor diesem Hintergrund wurden also nur Strecken ausgewählt, auf denen eine annähernd identisch hohe durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke (DTV) von motorisierten Zweirädern zu verzeichnen war. Im Rahmen der Untersuchung konnten nur Strecken betrachtet werden, für welche Zähl-

daten aus der Straßenverkehrszählung (SVZ) des Jahres 2005 vorlagen.

Zu Erfassung der Streckengeometrie wurde das mobile Messsystem „UNO“ des Lehrstuhls für Gestaltung von Straßenverkehrsanlagen der Technischen Universität Dresden eingesetzt. Dieses Fahrzeug ist u.a. mit einem hochgenauen Positionierungssystem ausgestattet (Lippold et al., 2008). Mit dem Fahrzeug wurden ausgewählte sichere und unsichere Strecken in jeder Richtung einmal mit verminderter Geschwindigkeit befahren. Im Ergebnis lag eine Punktfolge (Trajektorie) jeweils für den linken und den rechten Fahrbahnrand vor. Daraus wurden die Achse und die Gradienten interpoliert. Anschließend wurden die Daten in ein CAD-System für den Straßentwurf übergeben, mit Hilfe dessen die Nachtrassierung erfolgte. Die Genauigkeit der nachtrassierten Achse im Vergleich zur stationären Vermessung kann der Untersuchung von Ebersbach (2005) entnommen werden. Während der Befahrung wurden zudem georeferenzierte Stereobilder vom Fahrraum aufgenommen. Den Bildern konnten somit ergänzende Informationen entnommen werden (z.B. Querschnittsbreiten, Beschilderung, Markierung, Schutzplanken etc.).

Mit dem Messfahrzeug wurde für 32 sichere und 27 unsichere Strecken die Streckengeometrie erhoben. Vor dem Hintergrund, dass im Straßennetz deutlich mehr sichere Strecken vorhanden sind, ist die Anzahl der sicheren Streckenabschnitte im Vergleich zu den unsicheren Streckenabschnitten etwas höher. Wie Tabelle 1 zu entnehmen ist, ist der DTV von motorisierten Zweirädern auf beiden Streckenkategorien annähernd identisch. Ein Einfluss des  $DTV_{\text{mot. Zweiräder}}$  kann daher ausgeschlossen werden.

	sichere Strecken	unsichere Strecken
Streckenabschnitte	32	27
Mittl. Streckenlänge [m]	4288	4712
Mittl. $DTV_{\text{mot. Zweiräder}}$ [mot. Zweiräder/24h]	247	245
Motorradunfälle mit Personenschaden vom Typ „Fahrunfall“	0	254
Unfalldichte [Motorradunfälle mit Personenschaden vom Typ „Fahrunfall“ je km und a]	0	0,48

**Tab. 1:** Übersicht sichere und unsichere Strecken

Die durchgeführte Untersuchung war vom Aufbau dreigeteilt. Im ersten Teil wurden die sicheren und unsicheren Strecken miteinander verglichen und Unterschiede zwischen beiden Streckentypen herausgearbeitet. Im zweiten Teil wurden ausschließlich die unsicheren Strecken und im Speziellen die Unfallörtlichkeiten betrachtet. Abschließend wurden im dritten Teil Kurvenfolgen im Detail untersucht, in denen Motorradfahrer die Kontrolle über ihr Motorrad verloren hatten und dabei mindestens verletzt wurden.

## 3.2 Ergebnisse

### 3.2.1 Sichere versus unsichere Strecken

Vor dem Hintergrund, dass Untersuchungen von Sporer (2006), Gerlach & Oderwald (2007) und Kühn (2008) bereits zeigen konnten, dass insbesondere kurvenreiche Strecken durch eine hohe Anzahl sowie einen hohen Anteil von Motorradunfällen gekennzeichnet sind, wurde zunächst die Kurvigkeit der sicheren und unsicheren Strecken miteinander verglichen.

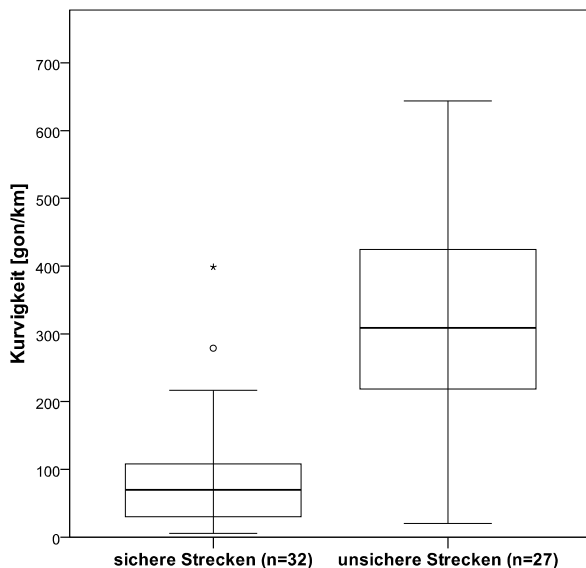


Bild 2: Vergleich Kurvigkeit

Die Kurvigkeit einer Strecke ist wie folgt definiert: Die Kurvigkeit ist die Summe der Winkeländerungen geteilt durch die Länge der Untersuchungsstrecke. Dabei setzt sich die Summe der absoluten Winkeländerungen zusammen aus den Winkeländerungen vom Kreis- und vom Übergangsbogen. Bild 2 zeigt in der Form eines Box-Whisker Plots, dass die Kurvigkeit auf den sicheren Strecken deutlich geringer ist als auf den unsicheren Strecken. Auf den sicheren Strecken beträgt die mittlere Kurvigkeit 87 gon/km ( $\sigma \pm 83$ ), wohingegen die mittlere Kurvigkeit auf den unsicheren Strecken

316 gon/km ( $\sigma \pm 225$ ) beträgt. Dieses Ergebnis bedeutet, dass die Kurvigkeit und somit auch die Trassierung im Lageplan einen entscheidenden Einfluss auf die Anzahl der Motorradunfälle hat. Da eine hohe Kurvigkeit i.d.R. eng mit hohen Längsneigungen bzw. der Trassierung im Höhenplan verknüpft ist, kann davon ausgegangen werden, dass dieses Ergebnis auch für die Trassierung im Höhenplan reproduzierbar ist.

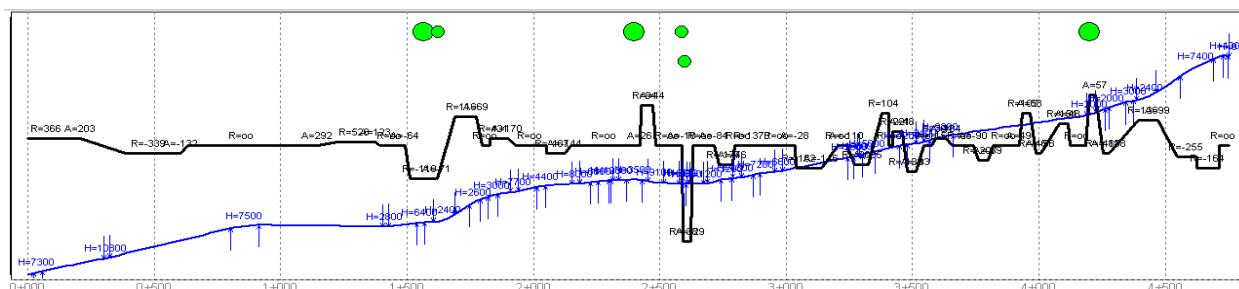
Bei der Streckenaufnahme wurden neben der Streckengeometrie auch weitere Informationen der Strecke (bspw. Fahrbahnmarkierung, Beschilderung) erhoben. Diese Informationen konnten jedoch aufgrund der unterschiedlichen Bezugsjahre der Streckenaufnahme und der verwendeten Unfalldaten nicht ausgewertet werden, da keine Informationen über verkehrsrechtliche als auch verkehrstechnische Maßnahmen und deren Umsetzungszeitpunkt digital vorlagen. Wie die Betrachtung der unsicheren Strecken im Jahr 2009 zeigen konnte, wurden auf vielen der auf Basis der Unfalldaten von 2002 bis 2006 bzw. 2003 bis 2007 als unsicher eingestuften Strecken bereits umfangreiche Maßnahmen zur Verbesserung der Verkehrssicherheit umgesetzt (bspw. Installation Unterfahrschutz; Beschränkungen der zul. Höchstgeschwindigkeit). Ein Vergleich des Merkmals der mittleren zul. Höchstgeschwindigkeit für die sicheren und unsicheren Strecken wäre vor diesem Hintergrund nicht legitim.

Weitere nicht die Streckengeometrie betreffende Unterschiede zwischen sicheren und unsicheren Strecken könnten die angeordnete zulässige Höchstgeschwindigkeit und deren Befolgungsgrad sein. Im Rahmen dieser Untersuchung war die Überprüfung dieser Fragestellung jedoch aus den oben genannten Gründen nicht möglich.

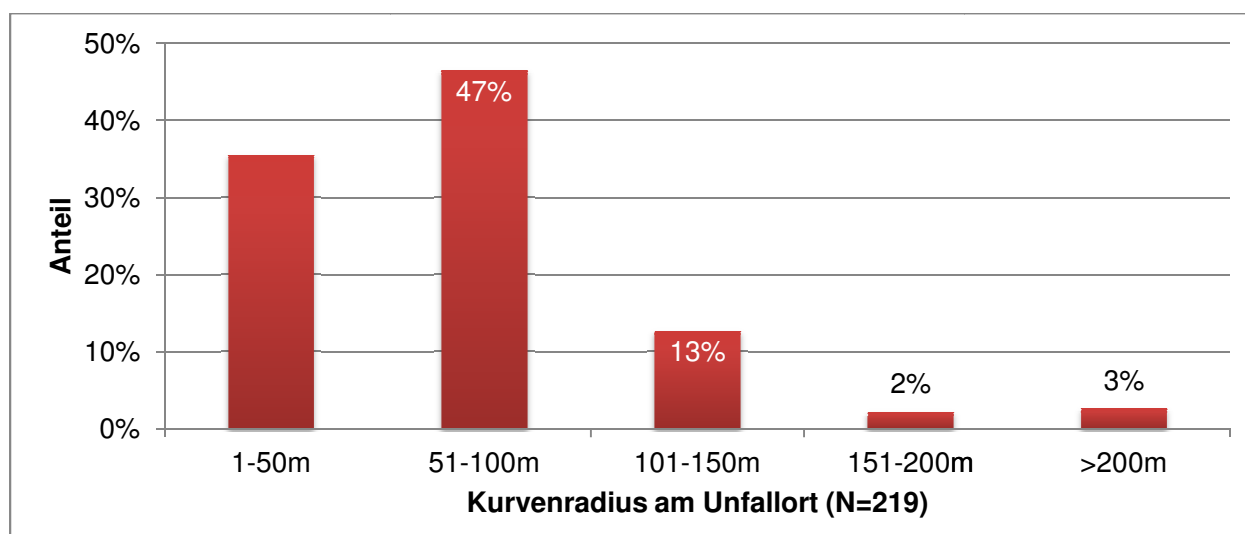
### 3.2.2 Analyse von unsicheren Strecken

In Bild 3 ist die Streckengeometrie und die Lage der Motorradunfälle mit Personenschaden, bei denen der Motorradfahrer die Kontrolle über sein Motorrad verloren hat, für eine 5 km lange, als unsicher eingestufte Strecke dargestellt. In Bild 3 kennzeichnet die schwarze Linie die Entwurfselemente im Lageplan (Krümmungsband), die blaue Linie die Entwurfselemente im Höhenplan (das Tangentenpolygon) und die grünen Punkte geben die Lage der Unfälle an. Es wird deutlich, dass sich alle 6 Motorradunfälle in Kurven ereignet haben und die Kurven einen relativ kleinen Kurvenradius aufweisen.

Im Rahmen der Betrachtung aller 27 unsicheren Strecken hinsichtlich der Lage der Unfälle (N=254) wurde deutlich, dass sich 86 % der Motorradunfälle



**Bild 3:** Streckengeometrie einer unsicheren Strecke



**Bild 4:** Kurvenradius am Unfallort

mit Personenschaden vom Typ „Fahrnfall“ in Kurven ereignet haben (N=219). Im Umkehrschluss bedeutet dies, dass sich nur 14 % der untersuchten Motorradunfälle auf einer Geraden ereigneten.

Da Kurven und deren Radius einen entscheidenden Einfluss auf Motorradunfälle vom Typ „Fahrnfall“ haben, wurde im nächsten Schritt der Kurvenradius am Unfallort untersucht (N=219). Die Untersuchung zeigte, dass sich 82 % der Kurvenunfälle in einer Kurve mit einem Radius kleiner 100 m ereigneten (N=180). 36 % der untersuchten Kurvenunfälle ereigneten sich sogar in Kurven mit einem Radius kleiner als 50 m (N=78). Im Gegensatz dazu sind Kurvenunfälle in Kurven mit einem Radius größer als 150 m eher selten (N=11). Deren Anteil liegt bei nur 5 % (siehe Bild 4).

### 3.2.3 Analyse von Kurvenfolgen

Im Rahmen der Untersuchung wurde das Trassierungselement vor der Unfallkurve untersucht. Dabei wurden nur die Kurven untersucht, in denen sich ein Motorradunfall mit Personenschaden vom Typ „Fahrnfall“ ereignet hat und für die die Fahrtrichtung des Motorradfahrers bekannt war. Insgesamt wurden 75 Kurven untersucht.

Kurven, in denen sich mindestens zwei Motorradunfälle mit Personenschaden vom Typ „Fahrnfall“ ereignet haben (mit einem maximalen Abstand von 50 m voneinander), wurden als Unfallhäufungsstelle (UHS) eingestuft. Eine solche UHS ist in Bild 3 bei Station 2+600 gegeben.

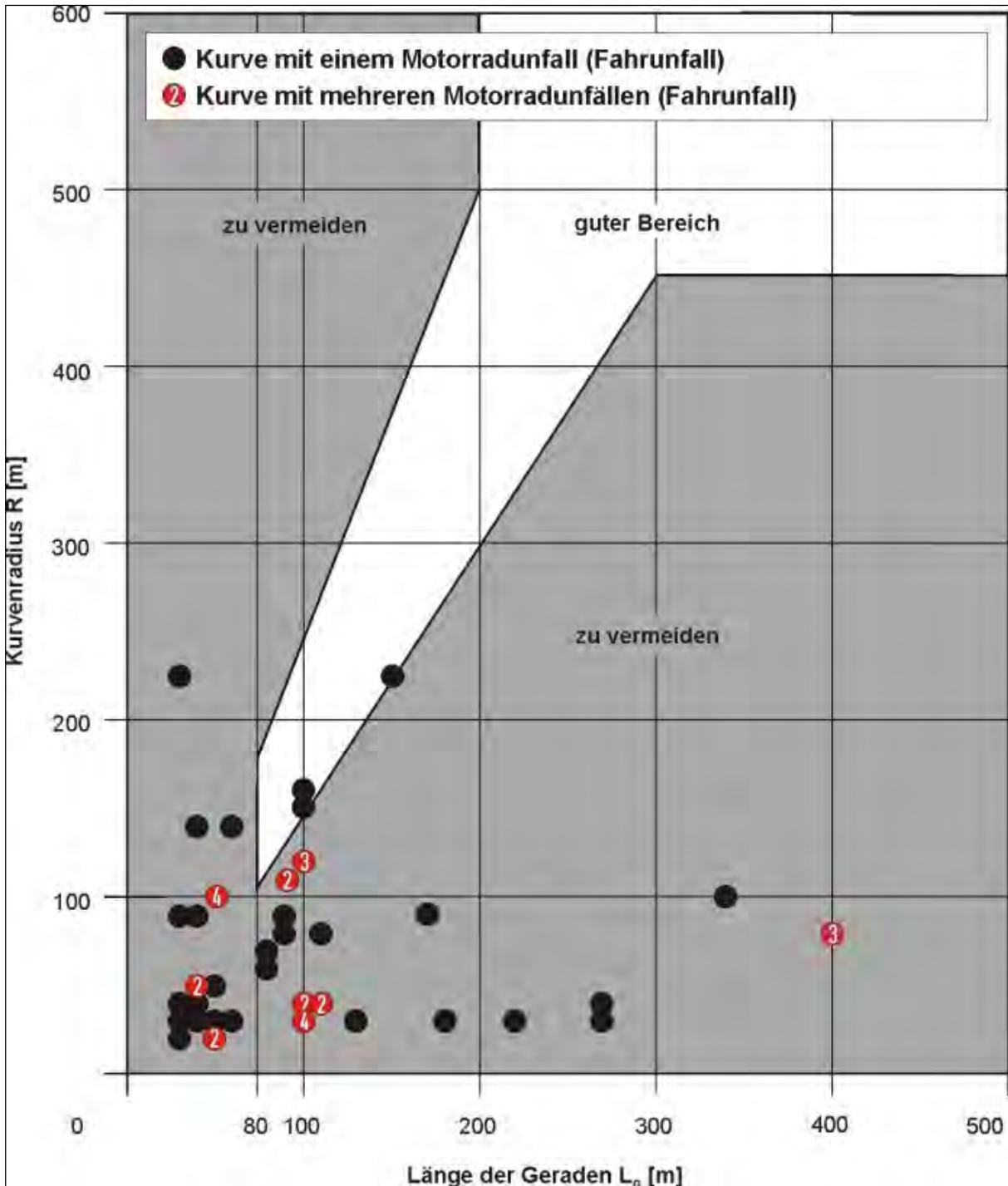
Im ersten Schritt wurden Kurven im Anschluss einer Geraden untersucht. Bei 37 der 75 untersuchten Kurven war das vorhergehende Trassierungselement eine Gerade. Von den 37 untersuchten Kurven denen eine Gerade vorausging, waren 9 Kurven nach eigener Definition eine UHS.

Bild 5 ist dem Entwurf der Richtlinien für die Anlage von Landstraßen (RAL) entnommen und zeigt die Kurvenradien, welche im Anschluss an eine Gerade der Länge x vermieden werden sollten. In diesem Diagramm sind darüber hinaus die 37 untersuchten Kurven im Anschluss einer Geraden durch einen Punkt gekennzeichnet, in denen sich mindestens 1 Motorradunfall mit Personenschaden vom Typ „Fahrnfall“ ereignet hat.

Bild 5 zeigt sehr deutlich, dass nur eine unfallauffällige Kurve nach einer Geraden im zulässigen bzw. guten Bereich liegt. Weiterhin ist Bild 5 zu entnehmen, dass Motorradunfälle vom Typ „Fahrnfall“

unfall“ in Kurven mit kleinen Radien, welcher einer kurzen Geraden folgen, gehäuft auftreten. Dabei scheint der Kurvenradius jedoch einen größeren Einfluss als die Länge der davor liegenden Geraden zu haben. Dies wird daran deutlich, dass auch Kurven mit kleinem Radius, denen eine lange Gerade vorausgeht, im Untersuchungskollektiv enthalten - also unfallauffällig - sind.

Die UHS (in Bild 5 als rote Punkte dargestellt) konzentrieren sich weitestgehend auf Kurven mit einem Radius kleiner 120 m, welche im Anschluss einer Geraden mit einer Länge kleiner 120 m folgen. Alle UHS liegen in Kurven im Anschluss einer Geraden, die nach geltendem Regelwerk zu vermeiden sind.



**Bild 5:** Unfallauffällige Kurven im Anschluss einer Geraden

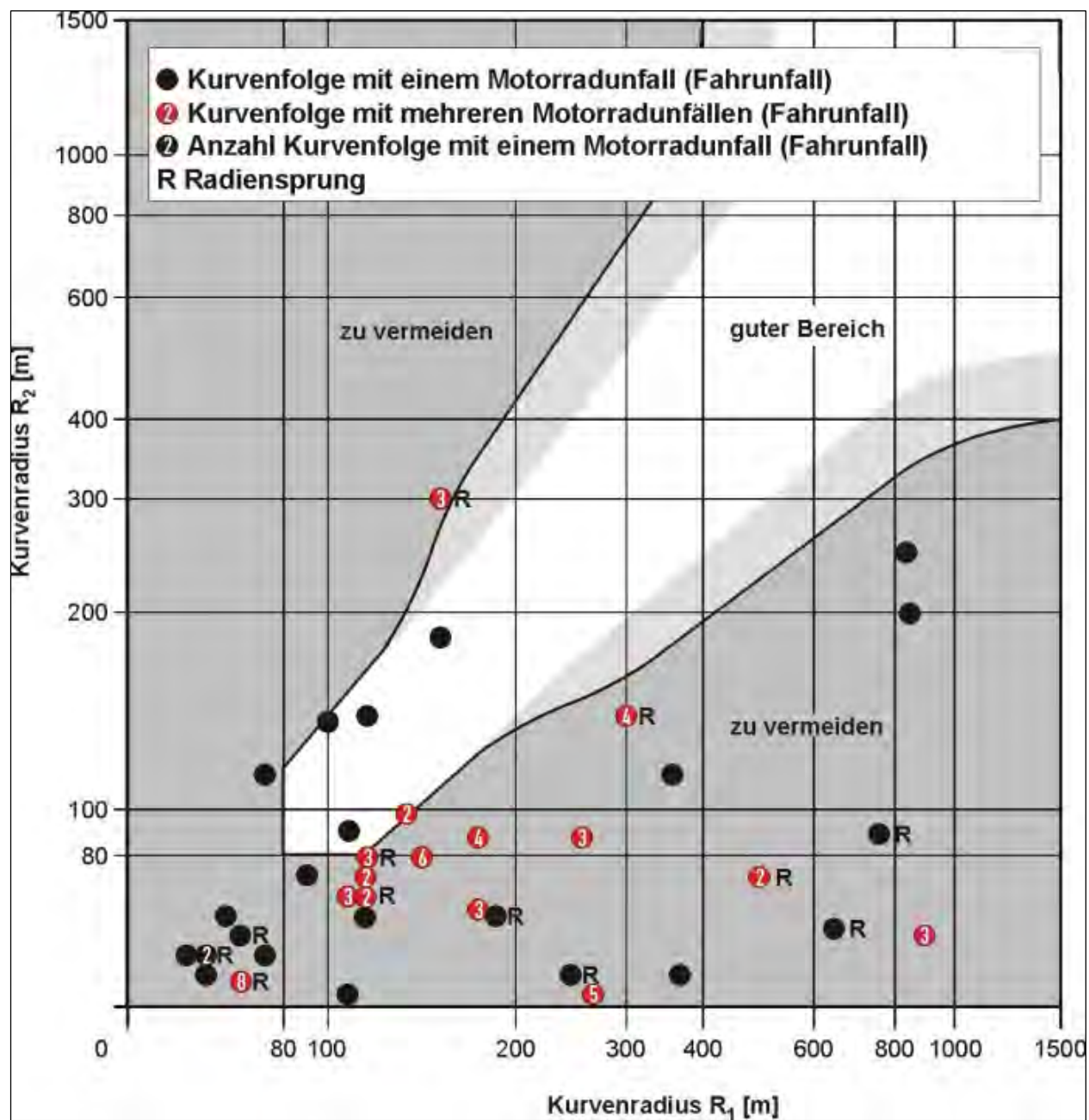


Bild 6: Unfallauffällige Kurvenfolgen



Im nächsten Schritt wurden Kurven im Anschluss einer gegensinnig oder gleichsinnig gerichteten Kurve untersucht. Bei 38 der 75 untersuchten Kurven war das vorhergehende Trassierungselement eine Kurve. Von den 38 untersuchten Kurven, denen eine Kurve vorausging, waren 15 Kurven nach eigener Definition eine UHS. Ein Kurvensprung (Aufeinanderfolge von zwei gleichsinnig gerichteten Kurven) konnte bei 12 der 38 untersuchten Kurvenfolgen festgestellt werden.

Bild 6 ist dem Entwurf der RAL (FGSV, 2010) entnommen und zeigt zu vermeidende Kurvenfolgen. In diesem Diagramm sind darüber hinaus die 38 untersuchten Kurvenfolgen durch einen Punkt gekennzeichnet, in denen sich mindestens 1 Motorradunfall mit Personenschaden vom Typ „Fahrerunfall“ ereignet hat.

Bild 6 zeigt sehr deutlich, dass nur drei unfallauffällige Kurvenfolgen im zulässigen bzw. guten Bereich liegen. Eine Häufung von Motorradunfällen vom Typ „Fahrerunfall“ in Kurvenfolgen, bei denen auf eine Kurve mit kleinem Radius (kleiner als 100 m) ebenfalls eine Kurve mit kleinem Radius (kleiner als 100 m) folgt, ist nur bedingt erkennbar. Vielmehr scheint erneut der Kurvenradius der unfallauffälligen Kurve einen größeren Einfluss zu haben als der Kurvenradius der vorausgehenden Kurve. Dies wird daran deutlich, dass auch Kurven mit kleinem Radius, denen eine Kurve mit großem Kurvenradius vorausgeht, im Untersuchungskollektiv enthalten - also unfallauffällig - sind.

Eine Konzentration der UHS ist für Kurven mit einem Radius kleiner 100 m, welchen eine Kurve mit einem Radius zwischen 100 m und 200 m vorausgeht, feststellbar. Für UHS, an denen sich besonders viele Motorradunfälle vom Typ „Fahrerunfall“ ereignet haben, besteht die Tendenz, dass an diesen ein Radiensprung vorhanden ist.

12 von 15 UHS liegen in Kurvenfolgen, die nach geltendem Regelwerk zu vermeiden sind.

### 3.3 Fazit

Die Untersuchung des motorradunfallrelevanten Einflussfaktors der Streckengeometrie konnte zeigen, dass sich Motorradunfälle mit Personenschaden vom Typ „Fahrerunfall“ überwiegend auf Strecken mit einer hohen Kurvigkeit ereignen. Dabei verunglücken die Motorradfahrer überwiegend in Kurven, welche durch einen relativ kleinen Kurvenradius von unter 100 m gekennzeichnet sind. Des Weiteren konnte nachgewiesen werden, dass sich gewisse Kombinationen von Trassierungselementen des Lageplans negativ auf die Verkehrssicherheit von Motorradfahrern auswirken.

Hinsichtlich möglicher Maßnahmen ist zunächst festzuhalten, dass nach dem Entwurf der neuen

Richtlinien für die Anlage von Landstraßen (FGSV, 2010) für die unterste Entwurfsklasse (EKL 4) ein Radienbereich von 150 bis 300 m empfohlen wird. Zudem sind nach FGSV (2010) Elementfolgen, wie sie in Bild 5 und Bild 6 in grau gekennzeichnet sind, zu vermeiden (auch bereits nach RAS-L waren diese Elementfolgen zu vermeiden). Im Bestand finden sich jedoch viele Strecken, die nicht dem aktuellen bzw. zukünftigen Regelwerk entsprechen. Eine Änderung der Trassierung ist selbst an UHS i.d.R. aufgrund topografischer Zwangsbedingungen sowie fehlender finanzieller Mittel nur in Ausnahmefällen möglich. Auch die Forderung nach einem hindernisfreien Seitenraum lässt sich nur in den seltensten Fällen umsetzen. Oberstes Ziel sollte es daher sein, zumindest die Unfallfolgen zu reduzieren. Dies kann dadurch erreicht werden, dass der Anprall von Motorradfahrern an Hindernisse im Seitenraum durch entsprechende passive Schutzeinrichtungen vermieden wird. Dabei sollten die passiven Schutzeinrichtungen so ausgelegt werden, dass von diesen keine höhere Verletzungsgefahr ausgeht als vom Hindernis selbst (Stichwort: Unterfahrschutz).

Im Bestandsnetz finden sich jedoch zahlreiche Schutzeinrichtungen, welche nicht mit einem Unterfahrschutz ausgestattet sind. Vor dem Hintergrund, dass eine Ausstattung aller vorhandenen Schutzeinrichtungen mit einem Unterfahrschutz mit einem hohen finanziellen Aufwand verbunden wäre, stellt sich die Frage, an welchen Örtlichkeiten eine Nachrüstung den größten Nutzen erwarten lässt. Zu dieser Frage hat die Untersuchung klar gezeigt, dass Kurvenradien unter 100 m besonders unfallauffällig sind. Eine Nachrüstung des Unterfahrschutzes an vorhandenen Schutzeinrichtungen in Kurven mit einem Radius kleiner 100 m lässt den höchsten Nutzen auf den Strecken erwarten, welche von einer hohen Anzahl an motorisierten Zweiradfahrern frequentiert wird.

## 4 Faktor Straßenzustand

### 4.1 Vorgehensweise

Aufgrund ihrer Bauart kann die Fahrstabilität von Motorradfahrern durch Schäden an der Fahrbahn deutlich eingeschränkt werden. Inwieweit Motorradunfälle mit Personenschaden, bei denen der Motorradfahrer die Kontrolle über sein Motorrad verloren hat, auf Schäden an der Fahrbahn zurückzuführen sind, wurde im Rahmen der nachfolgenden Untersuchung analysiert.

In Deutschland werden im Rahmen der Zustandserfassung und -bewertung der Fahrbahnoberflächen von Straßen (ZEB) auf Bundesfernstraßen

die Längs- und Querebenheit, die Griffigkeit der Fahrbahnoberfläche sowie das Oberflächenbild (Flickstellen, Netzrisse) alle vier Jahre messtechnisch erfasst. Neben den genannten bewertungsrelevanten Straßenzustandsparametern werden zusätzliche Parameter (bspw. Bindemittelanreicherungen) aufgenommen. Die Zustandsgrößen werden mit schnellfahrenden Messsystemen erfasst und dem Ordnungssystem des Straßennetzes zugeordnet. Im Verfahrensablauf der Zustandsbewertung werden die Straßenzustandsgrößen, die aus den messtechnisch mit physikalischen Dimensionen in der Örtlichkeit erfassten Zustandsdaten ermittelt wurden, in dimensionslose normierte Zustandswerte (Notenskala 1 bis 5) für Abschnitte mit einer Regellänge von 100 m (außerorts) umgerechnet. Zur abschließenden Bewertung des Straßenzustandes werden die Zustandswerte zu einem Gesamtwert zusammengefasst. Weitere Informationen zur Erfassung und Bewertung des Straßenzustandes im Rahmen des Verfahrens der ZEB können den Arbeitspapieren zur Systematik der Straßenerhaltung entnommen werden (FGSV, 2001).

Die nachfolgend durchgeführte Untersuchung basiert auf einem Vergleich des Straßenzustandes an Unfallorten mit dem Straßenzustand eines großen Teils des Straßennetzes. Als Datenbasis dienen

die Straßenzustandsdaten, welche im Jahr 2007 für die einbahnig zweistreifigen Bundesstraßen in Nordrhein-Westfalen messtechnisch erhoben wurden. Den Motorradunfällen mit Personenschaden vom Typ „Fahrerunfall“, welche sich im Jahr 2007 auf Bundesstraßen in Nordrhein-Westfalen ereignet hatten und für welche der Unfallort georeferenziert vorlag, wurde der im Jahr 2007 erfasste Straßenzustand am Unfallort zugeordnet. Insgesamt konnten 77 Unfallorte, an denen Motorradfahrer die Kontrolle über ihr Motorrad verloren hatten und sich dabei mindestens verletzen, der Straßenzustand zugeordnet werden. Um den so ermittelten Straßenzustand an den Unfallorten einschätzen zu können, wurde zum Vergleich der Straßenzustand eines großen Teils des außerörtlichen Bundesstraßennetzes in NRW (2.895 km) verwendet.

Die Verknüpfung der Unfalldaten mit den Straßenzustandsdaten stellte eine Herausforderung dar. Hinsichtlich des Straßenzustandes lag nur ein über einen 100 m Abschnitt gemittelter Straßenzustandsparameter vor. Bei dem angegebenen Unfallort war nicht klar, wie weit vor dem Unfallort (Lage Motorrad/Motorradfahrer) der Unfall tatsächlich ausgelöst wurde. Vor diesem Hintergrund wurde dem Unfall der Straßenzustand zugeordnet, welcher 50 m vor dem Unfallort ermittelt wurde.

Merkmalsgruppe	Zustandsmerkmal	Zustandsindikator	Zustandsgröße
Ebenheit im Längsprofil	Allgemeine Unebenheit	Unebenheitsmaß, spektrale Dichte der Unebenheitshöhen $\Phi_h(\Omega_0)$ [cm <sup>3</sup> ]	AUN
		Welligkeit [-]	W
	Periodische Hindernisse	Längsebenheitswirkindex [-]	LWI
Ebenheit im Querprofil	Spurrinnen	Maximum aus rechter und linker Spurrinntiefe [mm]	MSPT
		Maximum aus rechter und linker fiktiver Wassertiefe [mm]	MSPH
Rauheit	Griffigkeit	Seitenreibungsbeiwert (Mittelwert der mit $V_n$ auf 60 km/h geschwindigkeitskorrigierten $SFC_{k_n}$ ) [-]	GRI60
Substanzmerkmale, Oberfläche Asphalt	Netzrisse	betroffener Flächenanteil der Fahrbahnoberfläche [%]	NRI
	Flickstellen	betroffener Flächenanteil der Fahrbahnoberfläche [%]	FLI
	Ausbrüche	betroffener Flächenanteil der Fahrbahnoberfläche [%]	AUS
	Bindemittelanreicherungen	betroffener Flächenanteil der Fahrbahnoberfläche [%]	BIN

Tab. 2: Untersuchte Zustandsparameter

Im nächsten Schritt wurde überprüft, ob sich die Verteilung der Straßenzustandsparameter der Unfallorte von der Verteilung der Straßenzustandsparameter des Straßennetzes signifikant unterscheiden oder ob sie aus ein und derselben Grundgesamtheit stammen. Zur Beantwortung dieser Fragestellung wurde der nicht-parametrische Kolmogoroff-Smirnoff-Test (KS-Test) angewandt. Für den KS-Test lautet die Nullhypothese, dass sich die beiden Verteilungen (Straßenzustandsparameter an der Unfallstelle und im Straßennetz) nicht signifikant unterscheiden (Herz et al., 1992).

$$H_0 : F_1(x) = F_2(x)$$

Der Test basiert auf einem Vergleich der Verteilungsfunktionen. Als Prüfgröße dient die maximale Differenz zwischen beiden Verteilungen (Herz et al., 1992).

$$D = \max \{F_1(x) - F_2(x)\}$$

Der kritische Wert berechnet sich bei einem Signifikanzniveau von  $\alpha = 0,05$  und bei einer Stichprobenanzahl größer 35 wie folgt (Herz et al., 1992):

$$D_{\text{krit.}} = \frac{1,36}{\sqrt{n}}$$

$$n = \frac{n_1 \cdot n_2}{n_1 + n_2}$$

Ist die Prüfgröße  $D$  bzw. die maximale Differenz zwischen beiden Verteilungen größer als der kritische Wert ( $D_{\text{krit.}}$ ), so ist die Nullhypothese zu verwerfen. Dies bedeutet, dass sich die beiden Verteilungen signifikant unterscheiden.

Wie „extrem“ das Ergebnis ist, wird mit dem  $p$ -Wert angedeutet. Je kleiner der  $p$ -Wert, desto mehr spricht das Ergebnis gegen die Nullhypothese. Ein  $p$ -Wert kleiner als das Signifikanzniveau ( $\alpha = 0,05$ ) bedeutet, dass die Nullhypothese abgelehnt wurde.

Im Rahmen der Untersuchung wurden die in Tabelle 2 dargestellten Zustandsparameter analysiert. Diese Parameter wurden ausgewählt, da erwartet wurde, dass diese einen Einflussfaktor bei Motorradunfällen darstellen könnten.

## 4.2 Ergebnisse

### 4.2.1 Ebenheit im Längsprofil

Die Ebenheit im Längsprofil ist die Übereinstimmung der Form der tatsächlichen Schichtoberfläche mit der Form der projizierten oder aus Bestandsdaten definierten Oberfläche in Längsrichtung (parallel zur Straßenachse). Unebenheiten in Längsrichtung sind geometrische Unregelmäßigkeiten der Straßenoberfläche in Form von Höhenabweichungen von der planmäßigen Oberflächengeometrie.



**Bild 7:** Beispiel einer „künstlichen“ Unebenheit im Längsprofil

Unebenheiten im Längsprofil können durch kraftschlussmindernde dynamische Radlastschwankungen die Fahrsicherheit beeinträchtigen und durch Vertikalbeschleunigungen die Konditionssicherheit des Motorradfahrers vermindern.

Die Ebenheit im Längsprofil wird anhand der Zustandsmerkmale „Allgemeine Unebenheit“ und „Periodische Hindernisse“ erfasst. Im Rahmen dieser Untersuchung wurden das Unebenheitsmaß und die Welligkeit als Indikator der „Allgemeinen Unebenheit“ sowie der Längsebenheitswirkindex als Indikator der „Periodischen Hindernisse“ analysiert.

#### Unebenheitsmaß

Das Unebenheitsmaß ist ein Indikator für regellose Unebenheiten (ein Beispiel für periodische Unebenheiten sind die Fugen bei Betonfahrbahnen). Je größer das Unebenheitsmaß ist, umso stärker sind die regellosen Unebenheiten.

Wie Tabelle 3 zeigt, ist die maximale Differenz ( $D$ ) zwischen den Verteilungen „Unfallorte“ und „Straßennetz“ größer als der kritische Wert ( $D_{\text{krit.}}$ ). Das heißt, dass die Nullhypothese verworfen wird. Demzufolge unterscheidet sich die Verteilung des Unebenheitsmaßes an den Unfallorten von der im Straßennetz signifikant ( $p < 0,050$ ). Dass sich beide Verteilungen signifikant unterscheiden zeigt auch Bild 8 sehr deutlich. Dieser ist zu entnehmen,

dass der Median des Unebenheitsmaßes der Unfallorte mit  $1,44 \text{ cm}^3$  deutlich größer als der Median des Unebenheitsmaßes im Straßennetz ( $0,88 \text{ cm}^3$ ) ist. Es kann daher geschlussfolgert werden, dass das Unebenheitsmaß ein Einflussfaktor bei Motorradunfällen vom Typ „Fahrerfall“ sein könnte.

D	$D_{\text{krit.}}$	p-Wert	$H_0$
0,293	0,155	0,000	abgelehnt

Tab. 3: Unebenheitsmaß (AUN) [ $\text{cm}^3$ ]

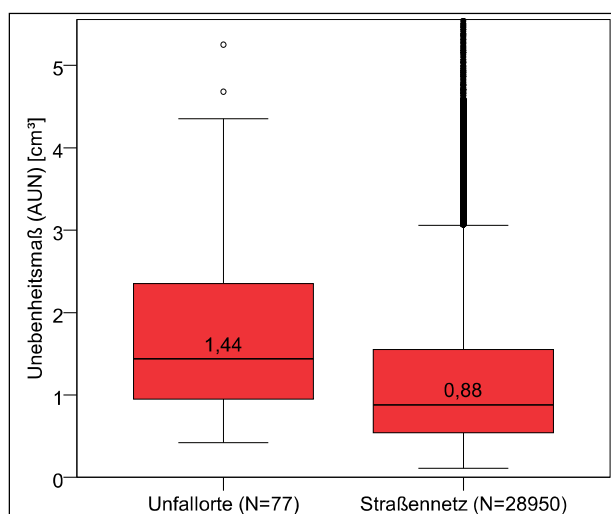


Bild 8: Boxplot Unebenheitsmaß

Der Warnwert, dessen Erreichen Anlass zu intensiver Beobachtung, zur Analyse der Ursachen für den schlechten Zustand und ggf. zur Planung von geeigneten Maßnahmen gibt, wird an 13 Unfallorten überschritten (Warnwert ist  $3 \text{ cm}^3$ ). Eine Überschreitung des Schwellenwertes, bei dessen Erreichen die Einleitung von baulichen oder verkehrsbeschränkenden Maßnahmen geprüft werden muss, konnte an 3 Unfallorten registriert werden (Schwellenwert wird bei  $9 \text{ cm}^3$  erreicht). Aus diesen Ergebnissen kann gefolgert werden, dass 13 Motorradunfälle vom Typ „Fahrerfall“ durch ein schlechtes Unebenheitsmaß beeinflusst worden sein könnten. Das maximale Unebenheitsmaß an einem Unfallort betrug  $23,41 \text{ cm}^3$ .

### Welligkeit

Die Welligkeit ist eine Größe, welche Informationen über das Verhältnis von kurz- und langwelligen Unebenheitsanteilen gibt. Eine hohe Welligkeit deutet auf lange Wellen mit hohen Amplituden hin.

Der Median der Welligkeit an den Unfallorten (2,68) unterscheidet sich kaum von dem Median der Welligkeit im Straßennetz (2,49). Die Verteilung der Welligkeit der Unfallorte unterscheidet sich jedoch von der Verteilung der Welligkeit im Straßennetz dahingehend, dass der Median der Welligkeit der Unfallorte in etwa dieselbe Größe hat wie das 75<sup>th</sup> Perzentil der Welligkeit des Stra-

ßennetzes (siehe Bild 9). Auch der durchgeführte KS-Test bestätigt, dass sich beide Verteilungen statistisch signifikant unterscheiden ( $p < 0,050$ ). Im Rahmen des durchgeführten Vergleichs kann daher geschlussfolgert werden, dass

D	$D_{\text{krit.}}$	p-Wert	$H_0$
0,270	0,155	0,000	abgelehnt

Tab. 4: Welligkeit (W) [-]

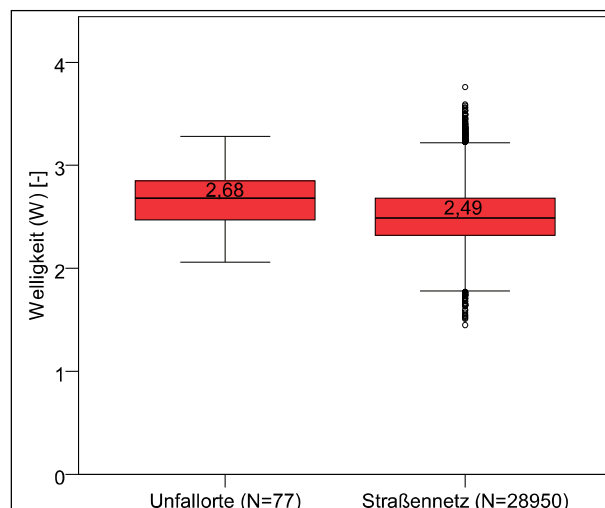


Bild 9: Boxplot Welligkeit

die Welligkeit ein Einflussfaktor bei Motorradunfällen vom Typ „Fahrerfall“ sein könnte.

Für die Welligkeit liegen keine Warn- und Schwellenwerte vor. Die maximale Welligkeit an einem Unfallort betrug 3,28.

### Längsebenheitswirkindex

Der Längsebenheitswirkindex ist eine wirkbezogene Kenngröße für Unebenheiten. Mit diesem werden Einzelhindernisse und periodische Hindernisse bewertet.

Wie Bild 10 zeigt, liegt der Median des Längsebenheitswirkindexes der Unfallorte bei 1,77 und der des Straßennetzes bei 1,33. Nach dem KS-Test unterscheidet sich die Verteilung des Längsebenheitswirkindexes der Unfallorte signifikant ( $p < 0,050$ ) von der Verteilung des Längsebenheitswirkindexes des Straßennetzes. Es ist jedoch zu berücksichtigen, dass die maximale Differenz ( $D$ ) zwischen den Verteilungen „Unfallorte“ und „Straßennetz“ fast dem kritischen Wert ( $D_{\text{krit.}}$ ) entspricht. Die Nullhypothese wurde demzufolge relativ schwach abgelehnt, was sich auch in einem p-Wert von 0,023 widerspiegelt. Im Rahmen des durchgeführten Vergleichs kann daher geschlussfolgert werden, dass der Längsebenheitswirkindex nur indirekt ein Einflussfaktor bei Motorradunfällen vom Typ „Fahrerfall“ darstellen könnte.

D	D <sub>krit.</sub>	p-Wert	H <sub>0</sub>
0,171	0,155	0,023	abgelehnt

Tab. 5: Längsebenheitswirkindex (LWI) [-]

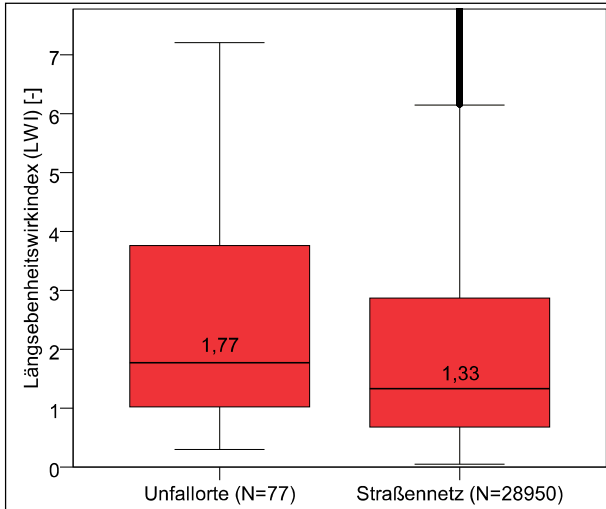


Bild 10: Boxplot Längsebenheitswirkindex

Der Warnwert sowie Schwellenwert für den Längsebenheitswirkindex ist identisch mit denen des Unebenheitsmaßes (unterschiedlich ist nur die Einheit). An 23 Unfallorten wurde der Warnwert von 3 und an 4 Unfallorten der Schwellenwert von 9 überschritten. Aus diesen Ergebnissen kann gefolgert werden, dass 23 Motorradunfälle vom Typ „Fahrerunfall“ durch einen schlechten Längsebenheitswirkindex beeinflusst worden sein könnten. Der maximale Längsebenheitswirkindex an einem Unfallort betrug 44,3.

#### 4.2.2 Ebenheit im Querprofil

Die Ebenheit im Querprofil ist die Übereinstimmung der Form der tatsächlichen Schichtoberfläche mit der Form der projizierten Oberfläche in Querrichtung (quer zur Achse der Straße). Unebenheiten in Querrichtungen sind dementsprechend Abweichungen der Form der Ist-Oberfläche von der Form der Soll-Oberfläche.



Bild 11: Beispiel einer Unebenheit im Querprofil

Unebenheiten im Querprofil können die Verkehrssicherheit beeinträchtigen, indem sie durch verschlechterten Wasserabfluss den Kraftschluss zwischen Fahrbahnoberfläche und Fahrzeugreifen vermindern. Außerdem können sie durch Fahrtrichtungsbeeinflussungen die Spurhaltung von Motorradfahrern beeinträchtigen und den Motorradfahrer zusätzlich beanspruchen.

Die Ebenheit im Querprofil wird anhand des Zustandsmerkmals Spurrinnen erfasst. Im Rahmen dieser Untersuchung wurden das Maximum aus rechter und linker Spurrinntiefe und das Maximum aus rechter und linker fiktiver Wassertiefe analysiert.

#### Maximum aus rechter und linker Spurrinntiefe

Bei der Berechnung der Spurrinntiefe wird die Messung des größten Stichmaßes unter einer auf die Fahrbahn rechtwinklig zur Fahrbahnachse aufgelegten 2 m Messlatte nachempfunden. Hierbei werden alle über die Breite des Fahrstreifens möglichen Positionen untersucht, um das jeweils größte Stichmaß für die rechte und linke Fahrstreifenhälfte zu ermitteln.

Wie Bild 12 zeigt, beträgt der Median der maximalen Spurrinntiefe an den 77 untersuchten Unfallorten 2,1 mm. Der Median der maximalen Spurrinntiefe der Unfallorte liegt somit etwas unterhalb des Medians des Straßennetzes (2,9 mm). Dies bedeutet, dass die maximale Spurrinntiefe an den Unfallorten tendenziell geringer war als im Straßennetz. Es ist daher nicht nachweisbar, dass die maximale Spurrinntiefe ein Einflussfaktor bei Motorradunfällen (Typ „Fahrerunfall“) darstellt.

D	D <sub>krit.</sub>	p-Wert	H <sub>0</sub>
0,219	0,155	0,001	abgelehnt

Tab. 6: Maximum Spurrinntiefe (MSPT) [mm]

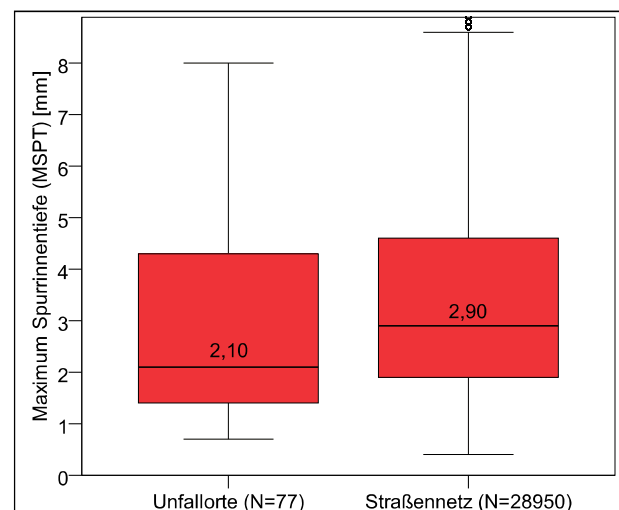


Bild 12: Boxplot Maximum Spurrinntiefe

Nur an einem der 77 Unfallorte wurde der Warnwert (entspricht einer maximalen Spurrinnentiefe von 10 mm) mit 14,4 mm überschritten. An keiner der Unfallorte wurde der Schwellenwert (entspricht einer maximalen Spurrinnentiefe von 20 mm) erreicht. Daraus kann geschlossen werden, dass ein Motorradunfall vom Typ „Fahrnfall“ durch Spurrinnen beeinflusst worden sein könnte.

#### Maximum aus rechter und linker fiktiv. Wassertiefe

Die fiktive Wassertiefe wird aus allen für das jeweilige Einzelquerprofil möglichen theoretischen Wasseransammlungen in einer Spurrinne ermittelt. Die Berechnung erfolgt ausgehend von den als Einzelhöhenpunkten vorliegenden Einzelquerprofilen mit der dazugehörigen Neigung.

Bild 13 ist zu entnehmen, dass sowohl an den Unfallorten als auch im Straßennetz mindestens 50 % der untersuchten Stellen keine Flickstellen aufweisen. Das 50 % Perzentil, welches durch den Median (schwarzer Balken in der roten Box) angezeigt wird, liegt in diesen Fall auf dem Nullpunkt. Das 75<sup>th</sup> Perzentil (obere Grenze der roten Box) ist jedoch an den Unfallorten geringer. Im Rahmen des durchgeführten Vergleichs ist daher ein Nachweis, dass das Maß der fiktiven Wassertiefe in Spurrinnen ein Einflussfaktor bei Motorradunfällen vom Typ „Fahrnfall“ sein könnte, nicht möglich.

D	D <sub>krit.</sub>	p-Wert	H <sub>0</sub>
0,163	0,155	0,034	abgelehnt

Tab.7: Maximum fiktive Wassertiefe (MSPH) [mm]

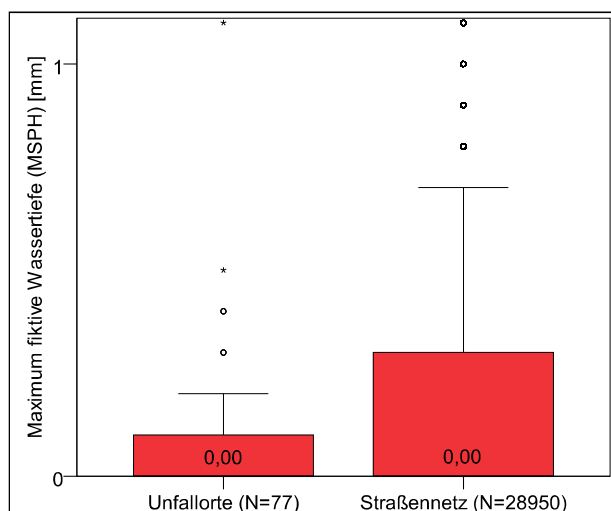


Bild 13: Boxplot Maximum fiktive Wassertiefe

An keinem der 77 Unfallorte wurden der Warnwert (entspricht einer fiktiven Wassertiefe von 4 mm) sowie der Schwellenwert (entspricht einer fiktiven Wassertiefe von 6 mm) erreicht. Daraus kann geschlossen werden, dass kein Motorradunfall vom Typ „Fahrnfall“ durch Wasseransammlungen in Spurrinnen beeinflusst wurde.

Dass sowohl die Spurrinnentiefe als auch die fiktive Wassertiefe im Rahmen dieser Untersuchung keinen signifikanten Einfluss auf Motorradunfälle vom Typ „Fahrnfall“ zu haben scheint, mag möglicherweise an der Tatsache liegen, dass die beiden Zustandsmerkmale nur auf wenigen Streckenabschnitten von außerörtlichen einbahnig zweistreifigen Bundesstraßen in NRW den Warn- und Schwellenwert überschreiten.

#### 4.2.3 Rauheit

Die Rauheit wird anhand des Zustandsmerkmals Griffigkeit erfasst. Die Griffigkeit kennzeichnet die Wirkung der Textur und der stofflichen Beschaffenheit der Fahrbahnoberfläche auf den Kraftschluss zwischen Fahrzeugreifen und Fahrbahn. Die Erfassung der Griffigkeit erfolgt durch Messung des Reibungsbeiwerts zwischen einem Messreifen und der angefeuchteten Fahrbahnoberfläche der rechten Radspur.

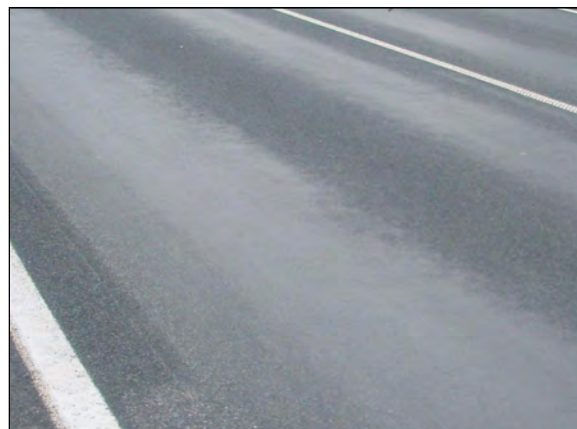


Bild 14: polierter Streifen im Bereich der Radspur

Wie Bild 15 zeigt, ist der Median der Griffigkeit der Unfallorte mit denen im Straßennetz fast identisch. Dieses Ergebnis wird durch den KS-Test bestätigt. Nach diesem unterscheiden sich die Verteilung der Griffigkeitswerte an den Unfallorten nicht signifikant ( $p > 0,050$ ) von der im Straßennetz. Im Rahmen des durchgeführten Vergleichs ist ein Nachweis, dass die Griffigkeit ein Einflussfaktor bei Motorradunfällen vom Typ „Fahrnfall“ sein könnte, demzufolge nicht möglich.

Nur an einem der 77 Unfallorte wurde der Warnwert (entspricht einem Seitenreibungsbeiwert von 0,39) unterschritten. An keinem der Unfallorte wurde der Schwellenwert (entspricht einem Seitenreibungsbeiwert von 0,32) unterschritten. Daraus kann geschlossen werden, dass ein Motorradunfall vom Typ „Fahrnfall“ durch Defizite bei der Griffigkeit beeinflusst worden sein könnte.

D	D <sub>krit.</sub>	p-Wert	H <sub>0</sub>
0,098	0,155	0,448	angenommen

Tab. 7: Griffigkeit (GRI60) [-]

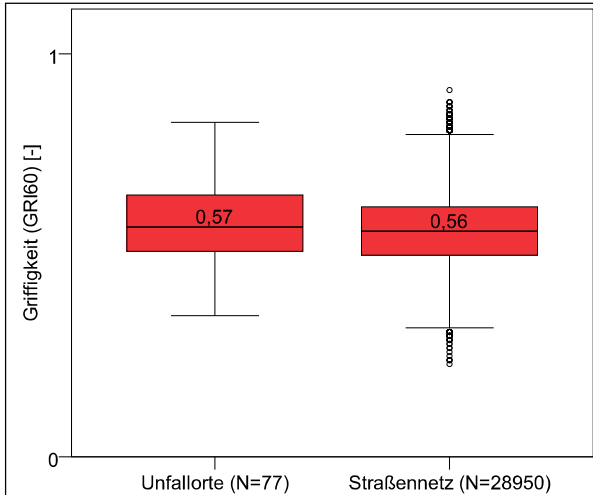


Bild 15: Boxplot Griffigkeit

Dass die Griffigkeit an den Unfallorten nicht wie vermutet deutlich schlechter ist als im Straßennetz, kann daran liegen, dass sich eine ungenügende Griffigkeit erst bei Nässe entscheidend auf das Unfallgeschehen auswirkt. Die meisten Motorradfahrer vermeiden jedoch die Fahrt bei ungünstigen Witterungsbedingungen. Dies spiegelt sich auch in der sehr geringen Anzahl von Motorradunfällen bei Nässe wieder.

Von den im Rahmen des Projektes betrachteten Motorradunfällen mit Personenschaden vom Typ „Fahrunfall“ ereigneten sich nur 8 der insgesamt 77 Unfälle bei Nässe. An diesen 8 Unfallorten betrug der Median des Seitenreibungsbeiwertes 0,5. Dieser liegt somit unter dem Median an allen 77 Unfallorten. Demzufolge scheint bei keinem der 8 Unfällen bei Nässe ein Defizit hinsichtlich der Griffigkeit ein Einflussfaktor gewesen zu sein.

#### 4.2.4 Merkmale Oberfläche

Die Merkmalsgruppe Substanzmerkmale (Oberfläche, Asphalt) umfasst die im Oberflächenbild der Fahrbahn erkennbaren strukturellen Schäden der Fahrbahnbefestigung. Die Zustandsmerkmale werden auf Basis von film- oder videotechnischer Aufzeichnungen der Fahrbahnoberfläche fahrstreifenbezogen erfasst. Die Auswertung erfolgt auf Basis eines Flächenrasters, dessen Rasterfelder in Querrichtung 1/3 der Fahrstreifenbreite und in Längsrichtung 1 m betragen. Für jedes Rasterfeld wird das Auftreten der entsprechenden Schäden registriert. Auf dieser Basis erfolgt die Berechnung der mittleren Ausprägung bzw. der relativen Häufigkeit von Schäden.

Als Substanzmerkmale von Asphaltfahrbahnen wurden Netznisse und Rissanhäufungen, Flickstellen, Ausbrüche sowie Bindemittelanreicherungen betrachtet.

#### Netznisse und Rissanhäufungen

Netznisse und Rissanhäufungen sind eine Häufung von Rissen, die netzartig miteinander verbunden sein können, wobei die Maschenweite des Netzes sehr unterschiedlich sein kann (vgl. Bild 16).



Bild 16: Beispiel eines Netznisses

Bild 17 ist zu entnehmen, dass sowohl an den Unfallorten als auch im Straßennetz mindestens 50 % der untersuchten Örtlichkeiten keine Netznisse aufweisen (Median ist 0,00). Das 75<sup>th</sup> Perzentil des betroffenen Flächenanteils an Netznissen ist jedoch an den Unfallorten etwas geringer. Laut KS-Test unterscheiden sich die beiden Verteilungen nicht signifikant ( $p > 0,050$ ). Im Rahmen des durchgeführten Vergleichs ist ein Nachweis, dass Netznisse ein Einflussfaktor bei Motorradunfällen vom Typ „Fahrunfall“ sein könnten, nicht möglich.

D	D <sub>krit.</sub>	p-Wert	H <sub>0</sub>
0,062	0,155	0,932	angenommen

Tab. 8: Netznisse (NRI) [%]

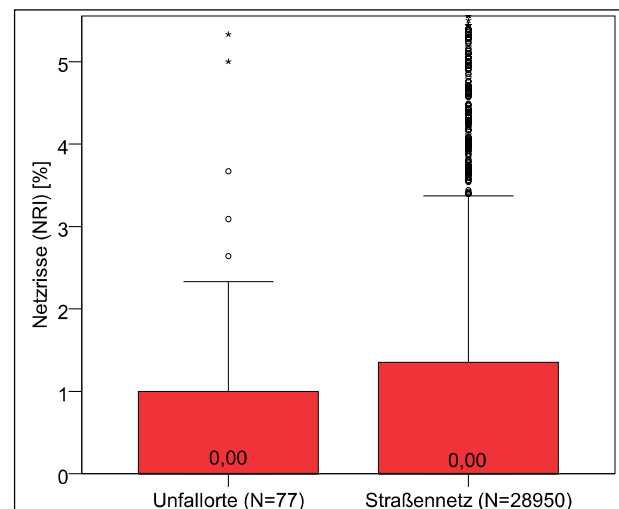


Bild 17: Boxplot Netznisse

Der Warnwert (entspricht einem betroffenen Flächenanteil von 5 %) wird an 9 Unfallorten überschritten. Eine Überschreitung des Schwellenwertes (entspricht einem betroffenen Flächenanteil von 10 %) konnte an 5 Unfallorten registriert werden. Aus diesen Daten kann gefolgert werden, dass 9 Motorradunfälle vom Typ „Fahrerunfall“ durch Netzrisse beeinflusst worden sein könnten. Der maximal betroffene Flächenanteil an einem Unfallort betrug 38,2 %.

### Flickstellen

Flickstellen kennzeichnen einen örtlich begrenzten Bereich einer geschädigten Verkehrsfläche, die durch Ausbessern wiederhergestellt wurde (siehe Bild 18).



**Bild 18:** Beispiel von Flickstellen

Wie Tabelle 10 zeigt, unterscheidet sich die Verteilung hinsichtlich des betroffenen Flächenanteiles an Flickstellen an den Unfallorten nicht von der im Straßennetz (Nullhypothese klar angenommen). Dies hängt maßgeblich damit zusammen, dass mindestens 75 % der untersuchten Stellen sowohl an den Unfallorten als auch im Straßennetz keine Flickstellen aufweisen. Deswegen wurde an dieser Stelle auch auf die Darstellung des Box-Whisker-Plots verzichtet. Im Rahmen des durchgeführten Vergleichs ist ein Nachweis, dass Flickstellen ein Einflussfaktor bei Motorradunfällen vom Typ „Fahrerunfall“ sein könnten, nicht möglich.

D	D <sub>krit.</sub>	p Wert	H <sub>0</sub>
0,046	0,155	0,997	angenommen

**Tab. 10:** Flickstellen (FLI) [%]

Der Warnwert (entspricht einem betroffenen Flächenanteil von 10 %) wird an 6 Unfallorten überschritten. Eine Überschreitung des Schwellenwertes (entspricht einem betroffenen Flächenanteil von 15 %) konnte an 2 Unfallorten registriert werden. Aus diesem Ergebnis kann gefolgert werden, dass 6 Motorradunfälle vom Typ „Fahrerunfall“ durch Flickstellen beeinflusst worden sein könnten. Der maximal betroffene Flächenanteil an einem Unfallort betrug 33,3 %.

### Ausbrüche

Das Herauslösen von Teilen der Fahrbahnoberfläche infolge Verkehr, Verwitterung und Witterungseinfluss wird als Ausbruch bezeichnet (siehe Bild 19).



**Bild 19:** Beispiel eines Ausbruchs

Wie Tabelle 11 zeigt, unterscheiden sich die Verteilung hinsichtlich des Zustandsmerkmals „Ausbrüche“ an den Unfallorten nicht von der im Straßennetz (Nullhypothese klar angenommen). Dies hängt maßgeblich damit zusammen, dass mindestens 75 % der untersuchten Stellen sowohl an den Unfallorten als auch im Straßennetz keine Ausbrüche aufweisen. Deswegen wurde an dieser Stelle ebenfalls auf die Darstellung des Box-Whisker-Plots verzichtet. Im Rahmen des durchgeführten Vergleichs ist ein Nachweis, dass Ausbrüche ein Einflussfaktor bei Motorradunfällen vom Typ „Fahrerunfall“ sein könnten, nicht möglich.

D	D <sub>krit.</sub>	p Wert	H <sub>0</sub>
0,013	0,155	1,000	angenommen

**Tab. 11:** Ausbrüche (AUS) [%]

Der maximal betroffene Flächenanteil an einem Unfallort betrug 0,66 %. Da jedoch auch ein relativ kleiner Ausbruch einen Unfall auslösen kann, kann nicht ausgeschlossen werden, dass Ausbrüche an den Unfallorten ein Einflussfaktor bei Motorradunfällen vom Typ „Fahrerunfall“ sein könnten.



## Bindemittelanreicherungen

Das Austreten von bituminösem Bindemittel an der Straßenoberfläche wird als Bindemittelanreicherung bezeichnet (siehe Bild 20)



**Bild 20:** Beispiel einer Bindemittelanreicherung

Im Straßennetz wurden Bindemittelanreicherungen nur an wenigen Stellen messtechnisch erfasst. An den 77 betrachteten Unfallorten konnten keine Bindemittelanreicherungen festgestellt werden. Im Rahmen des durchgeführten KS-Tests konnten keine Unterscheide der beiden Verteilungen festgestellt werden. Ein Nachweis, dass Bindemittelanreicherungen ein Einflussfaktor bei Motorradunfällen vom Typ „Fahrunfall“ sein könnten, ist demzufolge nicht möglich.

D	D <sub>krit.</sub>	p Wert	H <sub>0</sub>
0,023	0,155	1,000	angenommen

**Tab. 12:** Bindemittelanreicherungen (BIN) [%]

Bindemittelanreicherungen verlängern den Bremsweg und verringern in Kurven die maximale Schräglage entscheidend. Aufgrund dieser Eigenschaften geht unabhängig von den Ergebnissen dieser Untersuchung von Bindemittelanreicherungen ein hohes Unfallpotential aus.

## 4.3 Fazit

Im Rahmen der Untersuchung konnte gezeigt werden, dass der Straßenzustand einen Einfluss auf Motorradunfälle mit Personenschaden vom Typ „Fahrunfall“ haben kann. Der Zustandsparameter, welcher am Unfallort deutlich schlechter war als im Straßennetz und dessen Verteilung sich an den Unfallorten und im Straßennetz statistisch signifikant unterschied, war die Ebenheit in Längsrichtung. Vor diesem Hintergrund sollte in Erwägung gezogen werden, diesem Zustandsmerkmal im Rahmen der ZEB-Berechnung des Gesamt(zustand)wertes der Straße ein höheres Gewicht zuzuordnen.

Auch wenn an den meisten der 77 untersuchten Unfallorte kein wirklicher Mangel des Straßenzustandes vorlag (Extrembeispiel: Bindemittelanreicherungen) bedeutet dies noch nicht, dass bspw. Bindemittelanreicherungen ungefährlich für Motorradfahrer sind. Ein solches Ergebnis kann letztendlich darauf zurückgeführt werden, dass das betrachtete Unfallkollektiv relativ klein war. Eine deutliche Ausweitung des Unfallkollektivs wäre erstrebenswert gewesen, war jedoch im Rahmen dieser Untersuchung nicht möglich. Wesentliche Gründe für dieses kleine Unfallkollektiv waren, dass zunächst nur Motorradunfälle mit Personenschaden vom Typ „Fahrunfall“ betrachtet wurden, da davon ausgegangen wurde, dass der Straßenzustand bei diesem Unfallkollektiv am ehesten einen Einfluss gehabt haben könnte. Des Weiteren musste zum einen der Unfall georeferenziert vorliegen und zum anderen mussten für den Unfallort alle untersuchten Straßenzustandsparameter ebenfalls georeferenziert vorliegen. Durch diese Forderungen reduzierte sich die Anzahl der betrachteten Unfallorte entscheidend.

## 5 Wirksamkeit von Maßnahmen

### 5.1 Grundlagen

#### 5.1.1 Problemstellung

Das MVMoT (2007) empfiehlt in Abhängigkeit von der Unfallsituation ein breites Spektrum an verkehrsrechtlichen sowie straßenbaulichen und betrieblichen Maßnahmen zur Reduktion von Unfällen unter Beteiligung von Motorradfahrern. Zuverlässige Aussagen über die Wirksamkeit der Maßnahmen liegen jedoch zum derzeitigen Zeitpunkt nur für wenige Maßnahmen vor. Dieses Kapitel widmet sich deshalb der Bewertung der Wirksamkeit von Maßnahmen zur Vermeidung bzw. zur Verringerung der Unfallschwere von Motorradunfällen.

#### 5.1.2 Vorgehensweise

Um einen Beispielskatalog mit geeigneten Maßnahmen zur Verbesserung der Verkehrssicherheit von Motorradfahrern zu erstellen, wurde zunächst ein Onlinefragebogen unter Verwendung der Plattform „Google Text & Tabellen“ gestaltet (<http://tinyurl.com/27tsrfv>). Dieser wurde per E-Mail an den Vorsitz der Unfallkommission (in Abhängigkeit vom Bundesland ist dies die Verkehrsbehörde, die Straßenbauverwaltung oder die Polizei) geschickt.

Insgesamt wurden 45 Unfallkommissionen in den Bundesländern Hessen, Rheinland-Pfalz, Mecklenburg-Vorpommern und Bayern per E-Mail ange-

schrieben. Bei der Auswahl wurde auf bestehende Kontakte zurückgegriffen, welche im Rahmen des FE 82.277 „Möglichkeiten der schnelleren Umsetzung und Priorisierung straßenbaulicher Maßnahmen zur Erhöhung der Verkehrssicherheit“ geknüpft wurden (GERLACH/KESTING/THIEMEYER, 2008). Im Rahmen dieser Untersuchung wurden jedoch nur Kontakte ausgewählt, von denen die E-Mail Adressen vorlagen. Zusätzlich wurden bestehende Kontakte zu einer Unfallkommission in Nordrhein-Westfalen genutzt.

Unfallkommissionen, die im Online-Fragebogen angaben, dass Wirksamkeitsuntersuchungen zu Maßnahmen zur Verbesserung der Verkehrssicherheit von Motorradfahrern vorliegen und diese auch zur Verfügung gestellt werden können, wurden zwecks Übermittlung der Daten telefonisch kontaktiert.

Die übermittelten Unfalldaten wurden in ein Bewertungstool, welches von GERLACH/KESTING/THIEMEYER (2008) entwickelt und im Rahmen dieser Untersuchung an die Fragestellung angepasst wurde, eingegeben. Dieses Bewertungstool diente sowohl der Ermittlung der Effektivität als auch der Effizienz von Maßnahmen zur Verbesserung der Verkehrssicherheit von Motorradfahrern.

### 5.1.3 Berechnungsgrundlagen

An dieser Stelle soll ein kurzer Einblick über die Kenngrößen sowie die Berechnungsverfahren innerhalb des Bewertungstools gegeben werden. In Anlehnung an GERLACH/KESTING/THIEMEYER (2008) werden die Effektivität (Wirksamkeit/Zielerreichung) und die Effizienz (Verhältnis Nutzen/Aufwand) bestimmt.

Die Effektivität der Maßnahme wird anhand der Kennzahlen „Vermiedene Anzahl der Unfälle mit Personenschaden pro Jahr“ und „Nutzen pro Jahr“ bestimmt.

#### Vermiedene Anzahl der Unfälle mit Personenschaden pro Jahr

Die vermiedene Anzahl der Unfälle mit Personenschaden pro Jahr ist die Differenz aus der Anzahl der Unfälle mit Personenschaden pro Jahr vor Umsetzung der Maßnahme und der Anzahl der Unfälle mit Personenschaden pro Jahr nach Umsetzung der Maßnahme. Da sich diese Kennzahl aus einem einfachen Vorher-Nachher-Vergleich ergibt, müssen die folgenden Bedingungen berücksichtigt werden:

- Vorher- und Nachherzeitraum umfassen immer volle Jahre (bei der Betrachtung von Motorradunfällen besonders wichtig, da inhomogener Jahresverlauf der Unfälle – kaum Unfälle im Winter)

- Keine Änderung der verkehrlichen ( $DTV_{Kfz}$ ,  $DTV_{mot}$  Zweiräder) Bedingungen im Vorher- und Nachherzeitraum
- Keine Änderungen der generelle Unfallentwicklung im Vorher- und Nachherzeitraum (während die Anzahl der verunglückten Pkw-Fahrer in den letzten Jahren deutlich zurückgegangen ist, ist die Anzahl der verunglückten Motorradfahrer nur leicht rückläufig)
- Eingewöhnungszeitraum (min. 1 Monat)

Bei der Bewertung von Maßnahmen zur Verbesserung der Verkehrssicherheit von Motorradfahrern ist es zudem sinnvoll, die jährliche Durchschnittstemperatur sowie Regenmenge zu betrachten. Wie ASSING (2007) nachwies, korreliert die Durchschnittstemperatur mit der Anzahl der Motorradunfälle mit Personenschaden pro Tag.

Nicht alle genannten Bedingungen konnten im Rahmen dieser Untersuchung berücksichtigt werden, da die notwendigen Informationen (bspw. DTV, Witterungsbedingungen) nicht vorlagen. Bei der Interpretation der Ergebnisse ist dieser Umstand zu berücksichtigen.

#### Nutzen pro Jahr

Der Nutzen pro Jahr, ausgedrückt durch die vermiedenen Unfallkosten pro Jahr, gibt die Veränderung des Unfallgeschehens infolge der umgesetzten Maßnahme an. Zur Berechnung des jährlichen Nutzens ist die Differenz aus den Unfallkosten vor und nach Umsetzung der Maßnahme zu bilden. Da die Anzahl der Motorradunfälle an einer Unfallhäufungsstelle i.d.R. deutlich unter 15 liegt, werden die pauschalen Unfallkostensätze für Unfälle mit Personenschaden und Sachschaden zur Berechnung der Unfallkosten verwendet (vgl. FGVS, 2003).

Die Bestimmung der Effizienz der Maßnahme erfolgt über die Ermittlung des Nutzen-Kosten-Verhältnisses (NKV). Das Verfahren zur Bestimmung des NKV kann dem Merkblatt für die Auswertung von Straßenverkehrsunfällen - Teil 2: Maßnahmen gegen Unfallhäufungen (FGSV, 2001) entnommen werden.

## 5.2 Ergebnisse

### 5.2.1 Befragung

Von 27 der 45 angeschriebenen Unfallkommissionen wurde der Online-Fragebogen ausgefüllt. Von den 27 gaben 16 an, dass in den letzten Jahren Maßnahmen zur Verbesserung der Verkehrssicherheit von Motorradfahrern umgesetzt wurden. Dies waren zu 100 % verkehrsrechtliche Maßnahmen (bspw. Verdeutlichung des Kurvenverlaufs durch Markierung, Leitposten Leiteinrichtungen oder Leitprofilen) und bei weiteren 44 % straßen-

bauliche Maßnahmen (bspw. Verbesserung der Fahrbahnoberfläche) zur Vermeidung von Motorradunfällen. 14 der 16 Unfallkommissionen führten des Weiteren straßenbauliche/betriebliche Maßnahmen (bspw. motorradfreundliche Schutzeinrichtungen) zur Verminderung der Unfallschwere von Motorradunfällen durch.

Die Frage, ob bei einer oder mehreren der umgesetzten Maßnahmen eine Wirksamkeitsuntersuchung durchgeführt wurde, bestätigten 6 Unfallkommissionen mit ja. Jedoch konnten nur 3 Unfallkommissionen Unterlagen zu durchgeführten Maßnahmen und Wirksamkeitsuntersuchungen zur Verfügung stellen. Für 6 Strecken konnte anhand der zur Verfügung gestellten Daten die Wirkung der umgesetzten Maßnahmen bestimmt werden.

### 5.2.2 Bewertung der Maßnahmen

Neben den 6 Strecken wurden zwei weitere Strecken in die Untersuchung einbezogen. Dies sind zum einen die L 165, welche im MVMoT (2007) im Anhang als Beispiel für eine Sonderuntersuchung genannt ist, sowie die B 51, welche im Rahmen der Untersuchung von GERLACH/KESTING/THIEMEYER (2008) bewertet wurde. Insgesamt konnte somit für 8 Strecken die Wirksamkeit von Maßnahmen zur Verbesserung der Verkehrssicherheit von Motorradfahrern betrachtet werden.

Die ursprüngliche Intention der Bewertung war, die Wirkung einer Einzelmaßnahme zu ermitteln. Aufgrund der Tatsache, dass bisher kaum Einzelmaßnahmen sondern i.d.R. ein ganzes Maßnahmenpaket umgesetzt wurde, war eine maßnahmenbezogene Aussage über die Wirkung nicht möglich. Deshalb werden nachfolgend nur Aussagen über die Wirkung von mehreren unterschiedlichen Maßnahmen (Maßnahmepakete) getroffen.

Bei allen Verkehrssicherheitsmaßnahmen, die auf Basis eines auffälligen Unfallgeschehens umgesetzt werden, wird aufgrund der Schwankungen im Unfallgeschehen ein Auswahlfehler getroffen, welcher bei der Bewertung der Sicherheitswirkung der Maßnahme berücksichtigt werden sollte (vgl. Spahn, 2012). Durch den Auswahlfehler wird die Maßnahmenwirkung i.d.R. überschätzt. Vor diesem Hintergrund sollte der Auswahlzeitraum nicht dem Vorherzeitraum entsprechen. In der Praxis ist dies jedoch nur schwer zu gewährleisten, da in der Regel relativ schnell nach Feststellen der Unfallauffälligkeit auch eine Maßnahme umgesetzt wird bzw. Maßnahmen nur dort umgesetzt werden, wo das Unfallgeschehen deutlich überdurchschnittlich ist. Um den Auswahlfehler etwas zu minimieren, wurde im Rahmen dieser Untersuchung versucht, die Überschneidung von Auswahl- und Vorherzeitraum der Unfallanalyse zu minimieren.

### Strecke 1 - L 165 (NW)

Auf dem Abschnitt der L 165 zwischen der Landesgrenze von Nordrhein-Westfalen und Rheinland-Pfalz und dem Knotenpunkt mit der K 55 bei Esche ereignete sich innerhalb eines Zeitraumes von 5 Jahren eine auffällig hohe Anzahl von Verkehrsunfällen unter Beteiligung von Motorradfahrern. Zwischen 1993 und 1997 wurden auf diesem ungefähr 7 km langen Abschnitt insgesamt 32 Motorradunfälle erfasst, 22 davon mit schwerem Personenschaden. Hauptunfalltyp war der Fahrnfall. Zudem konnte festgestellt werden, dass sich die meisten Motorradunfälle während des Wochenendes (speziell am Sonntag) ereigneten.

Aufgrund der Unfallsituation wurde für den Streckenabschnitt ein Maßnahmenkonzept erstellt, welches in unterschiedlichen Stufen von 1998 bis 2004 umgesetzt wurde. Im ersten Schritt wurden zunächst die folgenden Maßnahmen zur Vermeidung von Unfällen durchgeführt:

- Beschränkung der zul. Höchstgeschwindigkeit auf 50 km/h in Einzelkurven
- Markierung einer doppelten durchgezogenen Fahrstreifenbegrenzung im Bereich von Knotenpunkten und Kuppen
- Verdeutlichung der optischen Führung durch aufgelöste Richtungstafeln in Kurven

Da sich nach Umsetzung dieser Maßnahmen weiterhin Motorradunfälle mit schwerem Personenschaden ereigneten, wurden in einem zweiten Schritt Maßnahmen zur Verringerung der Unfallschwere umgesetzt. Dazu wurde in einigen unfallauffälligen Kurven an bestehenden Schutzeinrichtungen ein Unterfahrschutz nachgerüstet.

Vor dem Hintergrund, dass sich die Verkehrssicherheit nach Umsetzung dieser Maßnahmen nur an den Stellen verbesserte, wo diese Maßnahmen ergriffen wurden, eine Verbesserung für die gesamte Strecke jedoch nicht bestätigt werden konnte, wurden in einem dritten Schritt die folgenden Maßnahmen umgesetzt:

- Ersetzen von Richtungstafeln durch Leitpfosten in dichtem Abstand
- Beseitigung von Hindernissen im Seitenraum bzw. Aufstellen von Schutzeinrichtung mit Unterfahrschutz vor Hindernissen
- Ersetzen von Verkehrszeichen auf Mittelinseln durch flexible, rot-weiß reflektierende Poller
- Reduktion des Abstandes zwischen Bankett und Unterfahrschutz durch Auffüllen der Bankette mit Siebmaterial

- Aufstellbereich für Linksabbieger an unfallauffälligen Knotenpunkten
- Individuelle Beschilderung an schlecht einsehbaren Knotenpunkten

Mit der Installation des letzten Unterfahrschutzes an einer Schutzeinrichtung wurde Ende April 2004 die letzte Maßnahme umgesetzt. Die Kosten für die Umsetzung aller Maßnahmen beliefen sich auf eine geschätzte Summe von rund 130.000 €. Weitere Details und vor allem Bilder zu den einzelnen Maßnahmen, können dem Anhang 3 des MVMot (FGSV, 2007) entnommen werden.

	Vorher (93 97)	Nachher (05 09)
Betrachtungszeitraum [Monate]	60	60
Motorradunfälle im Betrachtungszeitraum (SP/LV/SS)	32 (28/4/0)	11 (7/4/0)
Motorradunfälle Unfallkategorie 1 - 3 (SP+LV) pro Jahr	6,4	2,2

Tab. 13: Vorher-Nachher-Vergleich L 165

Nach Umsetzung der Maßnahmen konnte ein deutlicher Rückgang der Anzahl von Motorradunfällen festgestellt werden. So ereigneten sich im Nachher-Zeitraum (2005 bis 2009) nur noch 11 Motorradunfälle, 7 davon mit schwerem Personenschaden. Die mittlere jährliche Anzahl der Motorradunfälle mit Personenschaden ging von 6,4 auf 2,2 zurück (entspricht einen Rückgang von 66 %).

Da bei dieser Strecke die Maßnahmen über einen sehr langen Zeitraum umgesetzt wurden, wodurch sich die Vorher-Nachher-Betrachtung über einen Zeitraum von 17 Jahren (1993 bis 2009) erstreckte, wurde ergänzend die Wirksamkeit im Rahmen eines Vorher-Nachher-Vergleiches mit Kontrollstrecke ermittelt (Berechnungsgrundlagen siehe FGSV, 1991). Der Vorteil dieses Verfahrens ist, dass neben dem Unfallgeschehen auf der Untersuchungsstrecke auch das Unfallgeschehen auf einer Kontrollstrecke untersucht wird. Dadurch ist es möglich, maßnahmenfremde Einflüsse (bspw. steigender Verbreitungsgrad von ABS für Motorräder) auf die Unfallentwicklung im Untersuchungszeitraum zu berücksichtigen und somit die alleinige Wirkung der untersuchten Maßnahme zu quantifizieren. Als Kontrollstrecke dienten vereinfachend alle Außerortsstraßen (mit BAB).

Auf der Kontrollstrecke ereigneten sich im Vorherzeitraum von 1993 bis 1997 insgesamt 67.932 Motorradunfälle mit Personenschaden. Im Nachherzeitraum von 2005 bis 2009 belief sich die Zahl dieser Unfälle auf 63.222. Dies entspricht einem Rückgang um 7 % im Vergleich zum Vorherzeitraum. Im Ergebnis der Berechnung der Maßnah-

menwirkung im Rahmen des Vorher-Nachher-Vergleiches mit Kontrollstrecke konnte im Untersuchungsabschnitt der L 165 ein maßnahmenbedingter Rückgang der Unfallzahlen um 62 % ermittelt werden. Dieser trendbereinigte Rückgang um 62 % ist aufgrund des nur geringfügigen Rückganges der Unfallzahlen auf der Kontrollstrecke von 7 % in der Größenordnung, von dem im Rahmen des einfachen Vorher-Nachher-Vergleichs ermittelten Rückgang um 66 %.

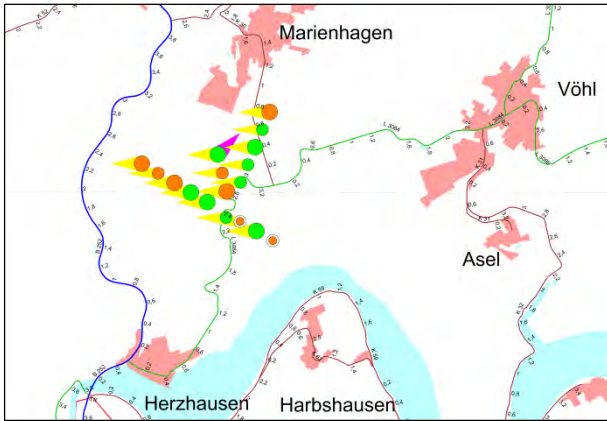
Die umgesetzten Maßnahmen im untersuchten Abschnitt der L 165 können als besonders effektiv bewertet werden. Durch die umgesetzten Maßnahmen können pro Jahr 462.000 € an Unfallkosten eingespart werden. Aufgrund der Größenordnung der vermiedenen Unfallkosten ergibt sich ein Nutzen-Kosten-Verhältnis von 27.

### Strecke 2 - L 3084 (HE)

Der betreffende Abschnitt der L 3084 liegt zwischen der Gemeinde Vöhl und Herzhausen (im Landkreis Waldeck-Frankenberg), ca. 40 km südwestlich von Kassel. Aufgrund der Topographie und des Straßenverlaufes ist die Landesstraße eine beliebte Motorradstrecke.

In Fahrtrichtung Herzhausen gibt es im Streckenverlauf eine langgezogene Rechtskurve, in welcher der Radius innerhalb der Kurve abrupt abnimmt. Der Kurvenverlauf ist zudem für die Verkehrsteilnehmer kaum einsehbar mit der Folge, dass im Annäherungsbereich die Geschwindigkeit nicht ausreichend an den Kurvenverlauf angepasst wurde. Es ereigneten sich Unfälle mit Abkommen von der Fahrbahn sowie Kollisionen mit dem Gegenverkehr. Im weiteren Streckenverlauf waren zwei weitere Kurven unfallauffällig.

Aufgrund der Unfallsituation wurde im Jahr 2001 durch die Unfallkommission eine Mehrjahresbetrachtung des Unfallgeschehens für die Jahre 1998 bis 2001 durchgeführt. Bei der Untersuchung wurde festgestellt, dass sich im betrachteten Abschnitt insgesamt 12 Motorradunfälle ereignet haben, davon 6 mit schwerem Personenschaden. Zwischen Januar und Mai des nachfolgenden Jahres 2002 ereigneten sich 4 weitere Motorradunfälle mit insgesamt 4 Schwer- und 5 Leichtverletzten.



**Bild 21:** Unfallsituation vor Umsetzung der Maßnahmen (1998 - 05/2002)

Bei einem Ortstermin wurde durch die Unfallkommission beschlossen, die nachfolgend aufgeführten Maßnahmen in den unfallauffälligen Kurven durchzuführen:

- Sichtverbesserung durch Böschungsabtrag bzw. Gehölzpflge, Freischneiden des Kurveninnenbereiches
- Zusätzliches Aufstellen aufgelöster Richtungstafeln
- Markierungsarbeiten, Aufbringen einer durchgezogenen Fahrstreifenbegrenzungslinie
- Unterfahrerschutz an bestehenden Schutzplanken

Die vorgenannten Maßnahmen wurden beginnend mit den Sichtverbesserungsmaßnahmen (Anfang des Jahres 2002) und abschließend mit der Montage des Unterfahrerschutzes an die vorhandenen Schutzeinrichtungen (Oktober 2002) nacheinander ausgeführt. Die genannten Einzelmaßnahmen konnten mit einer Gesamtsumme von 50.000 € realisiert werden.

Nach Umsetzung der Maßnahmen konnte ein deutlicher Rückgang der Motorradunfälle festgestellt werden. So ereigneten sich zwischen 2003 und 2006 nur noch 3 Motorradunfälle mit schwerem Personenschaden. Die mittlere jährliche Anzahl der Motorradunfälle mit Personenschaden ging von 2,8 auf 0,8 zurück (entspricht einem Rückgang von 71 %).

Die umgesetzten Maßnahmen auf dem entsprechenden Abschnitt der L 3084 können als besonders effektiv bewertet werden. Durch die Maßnahmen werden 221.750 € pro Jahr an Unfallkosten vermieden. Trotz der drei schweren Motorradunfälle im Nachherzeitraum sowie der relativ hohen Investitionskosten ist das Nutzen-Kosten-Verhältnis mit 40 dennoch hoch.

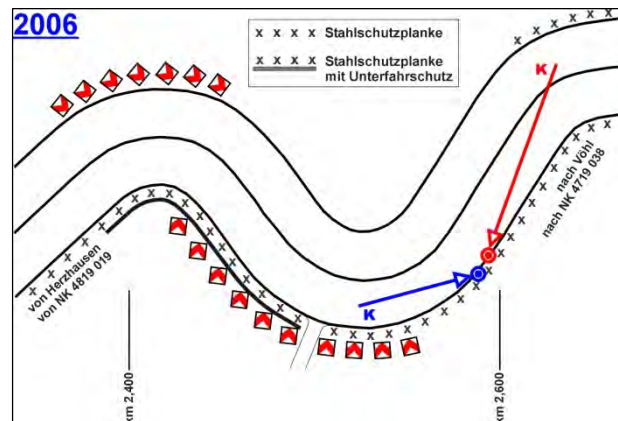
	Vorher (98 01)	Nachher (03 06)
Betrachtungszeitraum [Monate]	48	48
Motorradunfälle im Betrachtungszeitraum (SP/LV/SS)	12 (6/5/1)	3 (3/0/0)
Motorradunfälle Unfallkategorie 1 - 3 (SP+LV) pro Jahr	2,8	0,8

**Tab. 14:** Vorher-Nachher-Vergleich L 3084



**Bild 22:** Umgesetzte Maßnahmen auf der L 3084

Eine deutlich höhere Effizienz hätte sich erreichen lassen, wenn in dem betrachteten Bereich alle Schutzeinrichtungen mit Unterfahrerschutz ausgestattet worden wären. So kam es im Jahr 2006 zu 2 Motorradunfällen mit schwerem Personenschaden, bei denen die Motorradfahrer an die Schutzeinrichtung ohne Unterfahrerschutz prallten (siehe Bild 23). Genau an derselben Stelle ereigneten sich bereits in den Jahren von 1998 bis 2002 insgesamt 5 Abkommensunfälle von der Fahrbahn mit Anprall an die Schutzeinrichtung. Bis auf einen Unfall waren diese jedoch nur mit leichtem Personenschaden verbunden.



**Bild 23:** Motorradunfälle im Jahr 2006 auf L 3084

### Strecke 3 - B 62 (NW)

Im Abschnitt der B 62 zwischen dem Knotenpunkt mit der B 508 und der K 29 (2,5 km) wurde Anfang des Jahres 2002 eine Unfallhäufungsstelle identifiziert. Innerhalb eines Zeitraumes von nur einem Jahr ereigneten sich in dem sehr kurvigen Abschnitt 6 Unfälle unter Beteiligung von Motorradfahrern (4 davon mit schweren Personenschaden und 1 Unfall mit Leichtverletzten). Als Hauptunfalltyp wurde der Fahrnfall registriert. Zudem konnte festgestellt werden, dass sich die meisten Motorradunfälle während des Wochenendes ereignet hatten.

Aufgrund der Unfallsituation wurden im September 2002 folgende Maßnahmen umgesetzt:

- Beschränkung der zul. Höchstgeschwindigkeit auf 70 km/h
- Verstärkte Geschwindigkeitskontrollen durch die Polizei (besonders an den Wochenenden)
- Installation von Warntafel („Unfallstrecke“, „Radarkontrollen“)
- Nachrüsten der Schutzplanken mit Unterfahrschutz
- Markierung einer doppelten durchgezogenen Fahrstreifenbegrenzung in den unfall-auffälligen Kurven

	Vorher (01)	Nachher (03 06)
Betrachtungszeitraum [Monate]	12	48
Motorradunfälle im Betrachtungszeitraum (SP/LV/SS)	6 (4/1/1)	6 (3/0/3)
Motorradunfälle Unfallkategorie 1 - 3 (SP+LV) pro Jahr	5,0	0,8

Tab. 15: Vorher-Nachher-Vergleich B 62



Bild 24: Umgesetzte Maßnahmen auf der B 62

Nach der Umsetzung der Maßnahmen ereigneten sich in den 4 Jahren zwischen 2003 und 2006 nur noch 6 Motorradunfälle, 3 davon mit schwerem Personenschaden. Die mittlere jährliche Anzahl der Motorradunfälle mit Personenschaden ging von 5 auf 0,8 zurück (entspricht einem Rückgang von 85 %).

Die umgesetzten Maßnahmen auf dem entsprechenden Abschnitt der B 62 können sowohl als effektiv als auch effizient bewertet werden. Durch die Maßnahmen konnten 469.250 € pro Jahr an Unfallkosten vermieden werden. Aufgrund der relativ geringen Investitionskosten von nur 7.500 € ergibt sich ein Nutzen-Kosten-Verhältnis von 502.

### Strecke 4 - B 51 (SL)

In einem Zeitraum von 3 Jahren (1999 bis 2001), ereigneten sich in einer Kurve der B 51 bei Kleinblittersdorf (Überflieger zur Staatsgrenze) 5 Motorradunfälle, 4 davon mit schwerem Personenschaden. Alle 4 schweren Motorradunfälle waren vom Typ „Fahrnfall“ und im Unfallverlauf kam es zu einem Anprall an die vorhandene Schutzeinrichtung. Aufgrund dieser Unfallsituation wurde im Jahr 2002 an die vorhandene Schutzeinrichtung ein Unterfahrschutz installiert. Die damit verbundenen Kosten sind nicht bekannt, es wird jedoch geschätzt, dass diese ungefähr 7.000 € betragen.

	Vorher (99 01)	Nachher (03 04)
Betrachtungszeitraum [Monate]	36	24
Motorradunfälle im Betrachtungszeitraum (SP/LV/SS)	5 (4/1/0)	1 (0/1/0)
Motorradunfälle Unfallkategorie 1 - 3 (SP+LV) pro Jahr	1,7	0,5

Tab. 16: Vorher-Nachher-Vergleich B 51



Bild 25: Umgesetzte Maßnahme auf der B 51

Nach Umsetzung der Maßnahme konnte ein deutlicher Rückgang der Anzahl an Motorradunfällen festgestellt werden. So ereignete sich in den Jahren 2003 und 2004 nur noch 1 Motorradunfall mit Leichtverletzten. Die mittlere jährliche Anzahl von Motorradunfällen mit Personenschaden ging von 1,7 auf 0,5 zurück (entspricht einem Rückgang von 71 %).

Dieser doch deutliche Rückgang der Anzahl an Motorradunfällen ist vor dem Hintergrund, dass die Installation eines Unterfahrschutzes an vorhandenen Schutzeinrichtungen der Verringerung der Unfallschwere dient, nicht eindeutig zu erklären. Eine mögliche Erklärung könnte jedoch sein, dass sich weiterhin Motorradunfälle ereignen, diese jedoch nicht mehr mit Personenschaden verbunden sind und demzufolge auch polizeilich nicht mehr gemeldet werden. Ob sich ggf. der Unterfahrschutz auch auf das Fahrverhalten auswirkt, nach dem Motto: „Hier ist es gefährlich, also fahre ich langsamer“, ist zum derzeitigen Zeitpunkt nicht bekannt.

Die umgesetzte Maßnahme kann sowohl als effektiv als auch effizient bewertet werden. Durch die Maßnahme konnten 128.333 € pro Jahr an Unfallkosten vermieden werden. Aufgrund der relativ geringen Investitionskosten von geschätzten 7.000 €, ergibt sich ein Nutzen-Kosten-Verhältnis von 369.

### Strecke 5 – B 508 (NW)

Im Abschnitt der B 508 zwischen dem Knotenpunkt mit der B 62 und der K 29 ereigneten sich innerhalb eines Zeitraumes von 3 Jahren (2001 bis 2003) in einer Kurve mit einem relativ kleinen Kurvenradius (km 0,7-1,2) 6 Unfälle unter Beteiligung von Motorradfahrern (4 davon mit schweren Personenschaden und 2 Unfälle mit Leichtverletzten). Als Hauptunfalltyp wurde der Fahrnfall registriert.

Aufgrund der Unfallsituation wurden im Juli 2004 die folgenden Maßnahmen umgesetzt:

- Beschränkung der zul. Höchstgeschwindigkeit auf 50 km/h (einseitig)
- Verstärkte Geschwindigkeitskontrollen durch die Polizei
- Nachrüsten der Schutzplanken mit Unterfahrschutz
- Markierung einer doppelten durchgezogenen Fahrstreifenbegrenzung in den unfallauffälligen Kurven
- Sanierung der Fahrbahndecke

Insgesamt beliefen sich die Kosten für die Umsetzung der Maßnahmen im Bereich der Kurve auf geschätzte 7.500 € (ohne Fahrbahndeckensanierung).



Bild 26: Umgesetzte Maßnahmen auf der B 508

	Vorher (01 03)	Nachher (05 07)
Betrachtungszeitraum [Monate]	36	36
Motorradunfälle im Betrachtungszeitraum (SP/LV/SS)	6 (4/2/0)	0 (0/0/0)
Motorradunfälle Unfallkategorie 1 - 3 (SP+LV) pro Jahr	2,0	0,0

Tab. 17: Vorher-Nachher-Vergleich B 508

Im betrachteten Nachherzeitraum von 2005 bis 2007 ereigneten sich keine Motorradunfälle. Die mittlere jährliche Anzahl von Motorradunfällen mit Personenschaden ging demzufolge von 2 auf 0 zurück (entspricht einen Rückgang von 100 %).

Aufgrund des hohen Nutzens pro Jahr (220.000 € vermiedene Unfallkosten pro Jahr) und des hohen Nutzen-Kosten-Verhältnisses von 222 können die umgesetzten Maßnahmen als sehr effizient und effektiv eingestuft werden.

### Strecke 6 - S 2135 (BY)

Die Ruselhochstraße (Abschnitt der S 2135) - eine ehemalige Berggrennstrecke - ist bei schönem Wetter eine sehr beliebte Motorradstrecke. Auf Höhe von Irlmoos befindet sich die Wegemacherkurve, eine sogenannte Applauskurve. Auf den in der Kurvenaußenseite liegenden Parkplatz platzierten sich insbesondere Motorradfahrer um anderen Motorradfahrern, welche die Kurve in riskanter Fahrweise befuhren, zu applaudieren.

Zwischen 2002 und 2005 ereigneten sich in der Wegemacherkurve 6 Motorradunfälle, 5 davon mit schwerem Personenschaden. Als Hauptunfalltyp wurde der Fahrnfall registriert. Zudem konnte festgestellt werden, dass sich die meisten Motorradunfälle während des Wochenendes ereigneten.



Bild 27: Wegmacherkurve der Ruselhochstraße

	Vorher (02 05)	Nachher (07 08)
Betrachtungszeitraum [Monate]	48	24
Motorradunfälle im Betrachtungszeitraum (SP/LV/SS)	6 (5/1/0)	0 (0/0/0)
Motorradunfälle Unfallkategorie 1 - 3 (SP+LV) pro Jahr	1,5	0,0

Tab. 18: Vorher-Nachher-Vergleich S 2135

	Vorher (03 05)	Nachher (07 08)
Betrachtungszeitraum [Monate]	36	24
Motorradunfälle im Betrachtungszeitraum (SP/LV/SS)	5 (5/0/0)	2 (2/0/0)
Motorradunfälle Unfallkategorie 1 - 3 (SP+LV) pro Jahr	1,7	1,0

Tab. 19: Vorher-Nachher-Vergleich Strecke 7

Dies veranlasste die Unfallkommission im Jahr 2006 die folgenden Maßnahmen durchzuführen:

- Beschränkung der zul. Höchstgeschwindigkeit auf 60 km/h
- Verstärkte Geschwindigkeitskontrollen durch die Polizei am Wochenende
- Anlage einer Sichtschutzbepflanzung zwischen dem Parkplatz der Zuschauer und der Wegmacherkurve

Nach Umsetzung der Maßnahmen konnten keine Motorradunfälle mehr registriert werden. Die mittlere jährliche Anzahl von Motorradunfällen mit Personenschaden ging von 1,5 auf 0 zurück (entspricht einem Rückgang von 100 %).

Die umgesetzten Maßnahmen in der Wegmacherkurve der S 2135 können sowohl als besonders ef-

fizient als auch effektiv bewertet werden. Durch die Maßnahmen können 165.000 € pro Jahr an Unfallkosten vermieden werden. Aufgrund der niedrigen Investitionskosten von 5.000 € im Vergleich zum Nutzen, ergibt sich ein sehr hohes Nutzen-Kosten-Verhältnis von 235.

### Strecke 7 - L46 (RP)

Zwischen 2003 und 2005 ereigneten sich auf der L 46 zwischen Quint und Zemmer (7 km langer Abschnitt) 5 Motorradunfälle mit schwerem Personenschaden. Aufgrund des Unfallgeschehens wurden im Jahr 2006 die folgenden Maßnahmen ergriffen:

- Die vorhandene Geschwindigkeitsbeschränkung im Bereich der Doppelkurve wurde verlängert
- In der Doppelkurve wurden Richtungstafeln aufgestellt
- Im Bereich der Doppelkurve wurde an vorhandenen Schutzeinrichtungen ein Unterfahrschutz installiert.

Nach Umsetzung der Maßnahmen konnte ein Rückgang der Anzahl an Motorradunfällen festgestellt werden. So ereigneten sich im Jahr 2007 und 2008 nur noch 2 Motorradunfälle mit schwerem Personenschaden. Die mittlere jährliche Anzahl von Motorradunfällen mit Personenschaden ging von 1,7 auf 1,0 zurück (entspricht einem Rückgang von 41 %).

Durch die umgesetzten Maßnahmen können pro Jahr 73.333 € an Unfallkosten eingespart werden. Das Nutzen-Kosten-Verhältnis beträgt 104.

### Strecke 8 – L 3336 (HE)

Die L 3336 im Abschnitt zwischen Rotenburg a.d. Fulda und dem Knotenpunkt mit der L 3254 ist eine beliebte Motorradstrecke. Im Zeitraum zwischen 2003 und 2007 ereigneten sich auf dem rund 5 km langen Abschnitt 13 Unfälle unter Beteiligung von Motorradfahrern, davon 11 vom Typ „Fahrerunfall“. Von diesen 11 Motorradunfällen vom Typ „Fahrerunfall“ ereigneten sich sechs Unfälle in einer Kurve mit einem relativ kleinen Radius bei km 1,8. Vor diesem Hintergrund entschied die Unfallkommission die folgenden Maßnahmen umzusetzen:

- Beschränkung der zul. Höchstgeschwindigkeit auf 50 km/h im Bereich der Kurven bei km 1,8 und 2,6
- Intensivierung polizeilicher Kontrollen
- Rückbau und Schutzbeplankung der Parkfläche bei km 1,8
- Unterfahrschutz bei Kurve km 1,8 und 2,6



- rot-weiße Elemente auf der Schutzplanke bei km 1,8
- Erneuerung der Fahrbahnmarkierung auf der gesamten Strecke und
- Entschärfung des Seitenraums von Hindernissen auf der gesamten Strecke

Die Maßnahmen wurden im Frühjahr 2008 umgesetzt und die Kosten für die Umsetzung betragen 13.500 €. Nach Umsetzung der Maßnahmen konnte ein deutlicher Rückgang der Anzahl von Motorradunfällen festgestellt werden. So ereignete sich im Jahr 2009 nur noch 1 Motorradunfall mit schwerem Personenschaden. Die mittlere jährliche Anzahl der Motorradunfälle mit Personenschaden ging von 2,4 auf 1 zurück (entspricht einem Rückgang von 58 %).

Durch die Maßnahmen können pro Jahr 155.400 € an Unfallkosten eingespart werden. Aufgrund des schweren Motorradunfalls im Nachherzeitraum sowie der relativ hohen Investitionskosten ergibt sich ein Nutzen-Kosten-Verhältnis von 77.

Abschließende Erkenntnisse sind erst nach einem Nachherzeitraum von 3 Jahren möglich.

Tab. 20: Vorher-Nachher-Vergleich L 3336

	Vorher (03 07)	Nachher (09)
Betrachtungszeitraum [Monate]	60	12
Motorradunfälle im Betrachtungszeitraum (SP/LV/SS)	13 (7/5/1)	1 (1/0/0)
Motorradunfälle Unfallkategorie 1 - 3 (SP+LV) pro Jahr	2,4	1,0



Bild 28: Umgesetzte Maßnahmen auf der L 3336

### 5.3 Fazit

Wie die Wirksamkeitsuntersuchung von Maßnahmen zur Verbesserung der Verkehrssicherheit von Motorradfahrern gezeigt hat, konnte auf allen 8 untersuchten Strecken, auf denen Maßnahmen umgesetzt wurden, eine positive Sicherheitswirkung bestätigt werden. Dies zeigt sich sehr deutlich in Tabelle 21, welche eine Übersicht über die Wirkung der Maßnahmen auf den jeweiligen Strecken gibt. Tabelle 21 ist zu entnehmen, dass auf allen 8 Strecken die Maßnahmen sowohl eine hohe Effektivität als auch Effizienz erreichen.

Durch eine besonders hohe Effizienz zeichnen sich vor allem die verkehrsrechtlichen Maßnahmen (bspw. Geschwindigkeitsbeschränkungen) aus, da diese mit einem relativ kleinen Budget umgesetzt werden können und bei ausreichender polizeilicher Kontrolle auch eine hohe Effektivität aufweisen. Die Effizienz von straßenbaulichen Maßnahmen (bspw. Böschungsabtrag) ist aufgrund der höheren Investitionskosten im Vergleich zu verkehrsrechtlichen Maßnahmen geringer, jedoch können straßenbauliche Maßnahmen eine hohe Effektivität erzielen. Es ist jedoch festzuhalten, dass zur wirkungsvollen Beseitigung von Unfallhäufungen ein Zusammenspiel von straßenbaulichen und verkehrsrechtlichen Maßnahmen in der Regel unabdinglich ist (Stichwort: Einheit von Bau und Betrieb).

Strecke (Jahr der Maßnahmenumsetzung)	Effektivität		Effizienz
	Vermiedene Anzahl von Unfällen mit Personenschaden pro Jahr	Nutzen pro Jahr (vermiedene Unfallkosten)	Nutzen Kosten Verhältnis (NKV)
1 L 165 (1998)	66 %	462.000 €	27
2 L 3084 (2002)	71 %	221.750 €	40
3 B 62 (2002)	85 %	469.250 €	502
4 B 51 (2002)	71 %	128.333 €	369
5 B 508 (2004)	100 %	220.000 €	222
6 S 2135 (2006)	100 %	165.000 €	235
7 L 46 (2006)	41 %	73.333 €	104
8 L 3336 (2008)	58 %	155.400 €	77

Tab. 21: Übersicht über die Wirkung der Maßnahmen auf den Einzelstrecken

Vor dem Hintergrund, dass auf den untersuchten Strecken fast ausschließlich mehrere Maßnahmen gleichzeitig umgesetzt wurden, war eine Bewertung von Einzelmaßnahmen nicht möglich. Der klassische Fall war, dass in einer unfallauffälligen Kurve die zul. Höchstgeschwindigkeit beschränkt, eine doppelte durchgezogene Fahrstreifenbegrenzungslinie in Fahrbahnmitte aufgebracht, aufgelöste Richtungstafeln installiert und Unterfahrschutz an vorhandenen Schutzeinrichtungen montiert wurden. Nur auf einer Strecke konnte die alleinige Wirkung des Unterfahrschutzes nachgewiesen werden.

Entgegen den Erwartungen, wonach sich durch den Unterfahrschutz nur die Unfallschwere verringern lässt, wurde ein Rückgang der Motorradunfälle mit Personenschaden um 71 % ermittelt. Womöglich hängt der deutliche Rückgang damit zusammen, dass die Verletzungsschwere der Motorradunfälle so stark abgesenkt wird, dass der Unfall nicht mehr polizeilich erfasst wird. Eine andere Erklärung könnten jedoch die niedrigen Unfallzahlen und die damit verbundenen deutlichen jährlichen Schwankungen im Unfallgeschehen sein.

Im Endeffekt kann folgendes Fazit gezogen werden: Straßenbauliche und verkehrsrechtliche Maßnahmen sind wirkungsvoll besonders im Vergleich zu den derzeit möglichen verhaltens- und fahrzeugbezogenen Maßnahmen. Vor diesem Hintergrund, sollten straßenbauliche und verkehrsrechtliche Maßnahmen insbesondere auf Strecken mit einem überdurchschnittlich hohen  $DTV_{\text{mot. Zweiräder}}$  und/oder auffälligen Unfallgeschehen von Motorrädern eingesetzt werden.

## 6 Zusammenfassung

Inwieweit Motorradunfälle, bei denen der Motorradfahrer die Kontrolle über sein Motorrad verliert (Fahrerunfall), durch Defizite sowohl der Streckengeometrie als auch des Straßenzustandes beeinflusst werden, wurde im Rahmen der Untersuchung analysiert.

Betreffend die Betrachtung von Defiziten an der Streckengeometrie konnte die Untersuchung zeigen, dass Motorradfahrer überwiegend in Kurven mit einem Kurvenradius kleiner 100 m verunglücken. Für die 27 untersuchten und als unsicher eingestuften Strecken (mindestens 3 Fahrerunfälle von Motorradfahrern innerhalb von 5 Jahren) ergab die Untersuchung, dass sich 86 % der Fahrerunfälle in Kurven ereigneten. 82 % dieser Kurvenunfälle ereigneten sich in Kurven mit einem Radius kleiner als 100 m. Das Defizit ergibt sich somit eindeutig aus zu kleinen Kurvenradien.

Des Weiteren konnte nachgewiesen werden, dass sich eine ungünstige Radienfolge negativ auf die Verkehrssicherheit von Motorradfahrern auswirkt. Vor allem Unfallhäufungsstellen (Definition im Rahmen dieser Untersuchung: mindestens 2 Fahrerunfälle innerhalb von 50 m), weisen negative aufeinanderfolgende Entwurfselemente auf - speziell aufeinanderfolgende Kurven mit stark unterschiedlichen Radien.

Betreffend die Betrachtung von Defiziten des Straßenzustandes konnte die Untersuchung zeigen, dass der Straßenzustand einen Einfluss auf Motorradunfälle mit Personenschaden vom Typ „Fahrerunfall“ haben kann. Der Zustandsparameter, welcher am Unfallort deutlich schlechter war als im Straßennetz und dessen Verteilung sich am Unfallort und im Straßennetz statistisch signifikant unterschied, war die Ebenheit in Längsrichtung. Es ist daher davon auszugehen, dass sich im Speziellen Unebenheiten in Längsrichtung negativ auf das Unfallgeschehen von Motorradfahrern auswirken können.

Im letzten Teil der Untersuchung wurde die Sicherheitswirkung von baulichen und verkehrsrechtlichen Maßnahmen bewertet. Die durchgeführte Wirksamkeitsuntersuchung von Maßnahmen zur Verbesserung der Verkehrssicherheit von Motorradfahrern konnte bestätigen, dass auf allen 8 untersuchten Strecken, auf denen Maßnahmen umgesetzt wurden, die Verkehrssicherheit von Motorradfahrern verbessert wurde.

## 7 Literatur

- ACEM – Association des Constructeurs Europeens de Motorcycles (2006): Guidelines for PTW-Safer road design in Europe. Internet: <http://tinyurl.com/5vpvz3f>, Zugriff am 17.01.2011.
- ACEM - Association des Constructeurs Europeens de Motorcycles (2009): MAIDS - In-depth investigations of accidents involving powered two wheelers, Final report 2.0. Brüssel, Internet: <http://www.maids-study.eu>, Zugriff am 13.10.2010.
- ASSING, K. (2002): Schwerpunkte des Unfallgeschehens von Motorradfahrern. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Schriftenreihe „Mensch und Sicherheit“, Heft M 137, Bergisch Gladbach.
- BIVV - Belgisch instituut voor verkeersveiligheid (2005): Aandacht voor motorrijders in de weginfrastructuur. Internet: <http://tinyurl.com/6fhjig4>, Zugriff am 17.01.2011.
- CROW (2003): Handboek gemotoriseerde tweewielers – Een Handreiking voor veilig wegontwerp, wegonderhoud en wegbeheer. Internet: <http://tinyurl.com/6gko86g>, Zugriff am 17.01.2010.
- DESTATIS - Statistisches Bundesamt (2008): Verkehr - Verkehrsunfälle 2007, Fachserie 8, Reihe 7, (eigene Auswertung), Wiesbaden.
- EBERSBACH, D. (2005): Die Messfahrzeuge TU 400 und TU 401. Vortrag im Rahmen des Lehrstuhlkolloquiums am 05.12.2005, Internet: <http://tinyurl.com/6z9cnk8>, Zugriff am 19.01.2011.
- FEMA – Federation of European Motorcyclists Association (2007): A European Agenda for Motorcycle Safety – The Motorcyclist's Point of View. Internet: <http://tinyurl.com/2w7zbi>, Zugriff am 17.01.2011.
- FGSV - Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (1991): Hinweise zur Methodik der Untersuchung von Straßenverkehrsunfällen. FGSV-Verlag, Köln.
- FGSV - Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (1995): Richtlinie für die Anlage von Straßen, Teil: Linienführung (RAS-L). Köln.
- FGSV - Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (2001): Arbeitspapiere zur Systematik der Straßenerhaltung (AP 9). FGSV-Verlag, Köln.
- FGSV - Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (2007): MVMot - Merkblatt zur Verbesserung der Verkehrssicherheit auf Motorradstrecken. FGSV-Verlag, Köln.
- FGSV - Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (2010): Richtlinie für die Anlage von Landstraßen (RAL). unveröffentlichter Entwurf, Köln.
- FORKE, E.; GAJEWSKI, R. (2003): Motorradfreundlicher Straßenbau". Motorradspezifische Anforderungen an Planung, Bau und Betrieb von Außerortsstraßen. Praxisheft Nr. 6 des IFZ, Essen, Internet: <http://tinyurl.com/6yszhh9>, Zugriff am 17.01.2011.
- FSV – Österreichische Forschungsgesellschaft Straße, Schiene, Verkehr (2010): Empfehlungen zur Verbesserung der Sicherheit für den Motorradverkehr. Merkblatt RVS 02.02.42, Wien.
- GERLACH, ODERWALD (2007): Schutzeinrichtungen am Fahrbahnrand kritischer Streckenabschnitte für Motorradfahrer. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Schriftenreihe „Verkehrstechnik“, Heft V 152, Bergisch Gladbach.
- HEINRICH, S.; PÖPPEL-DECKER, M.; SCHÖNEBECK, S.; ULITZSCH, M. (2010): Unfallgeschehen auf Landstraßen – Eine Auswertung der amtlichen Straßenverkehrsunfallstatistik. Schriftenreihe der Bundesanstalt für Straßenwesen, Heft M 209, Bergisch Gladbach.
- HERZ, R.; SCHLICHTER, G.; SIEGENER, W. (1992): Angewandte Statistik für Verkehrs- und Regionalplaner. 2. Neubearbeitete und erweiterte Auflage, Werner Verlag, Düsseldorf.
- Hessisches Landesamt für Straßen- und Verkehrswesen (2003): Leitfaden zur Erhöhung der Verkehrssicherheit auf Motorradstrecken. Internet: <http://tinyurl.com/6yfydws>, Zugriff am 17.01.2011.
- IHIE (2005): Guidelines for motorcycling - Improving safety through engineering and integration. Internet: <http://www.motorcyclingguidelines.org.uk/>, Zugriff am 17.01.2010.
- KATHMANN, T.; ZIEGLER, H. & THOMAS, B. (2007): Straßenverkehrszählung 2005: Ergebnisse. Schriftenreihe der BAST, Heft V164, Bergisch Gladbach.
- KÜHN (2008): Analyse des Motorradunfallgeschehens. Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V. – GDV, Unfallforschung kompakt, Berlin. Internet: <http://tinyurl.com/343btdj>, Zugriff am 13.10.2010.
- LIPPOLD, C; EBERSBACH, D., DIETZE, M. (2008): Flyer Messfahrzeug. Internet: <http://tinyurl.com/67935t5>, Zugriff am 18.01.2011.
- Norway Public Roads Administration (2004): MC Safety - Design and Operation of Roads and Traffic Systems. Norwegian Public Roads Administration Handbooks, Number 245, Oslo.

SETRA – Service d'études sur les transports, les routes et leurs aménagement (2000): Prise en compte des motocyclistes dans l'aménagement et la Gestion des infrastructures. Internet: <http://tinyurl.com/6xn24l8>, Zugriff am 17.01.2011.

SPAHN, V. (2012): Standardisierte Wirksamkeitsanalyse von sicherheitsverbessernden Maßnahmen an Unfallhäufungen auf Außerortsstraßen, Schriftenreihe des Instituts für Verkehrswesen und Raumplanung, Universität der Bundeswehr München, Heft 56.

SPORNER (2006): Risiken beim Motorradfahren – Spezielle Einflussgrößen durch Straßenführung und Umfeld. Institut für Zweiradsicherheit, Forschungsheft Nr. 12, Tagungsband der 6. Internationalen Motorradkonferenz, Essen. Internet: <http://www.ifz.de>; Zugriff am 13.10.2010.

ZEHN, A.; HEGER, R. (2004): Was macht die Straße für den Motorradfahrer interessant und was gefährlich? – Ein Beitrag zur Erhöhung der Sicherheit von Motorradfahrern. Institut für Zweiradsicherheit, Tagungsband der 5. Internationalen Motorradkonferenz, Forschungsheft Nr. 11, Essen, Internet: <http://www.ifz.de>; Zugriff am 13.10.2010.

## Schriftenreihe

### Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen

#### Unterreihe „Verkehrstechnik“

## 2012

V 210: Schmale zweibahnig vierstreifige Landstraßen (RQ 21)  
Maier, Berger € 18,50

V 211: Innliegende Linkseinfädelungstreifen an plangleichen Knotenpunkten innerorts und im Vorfeld bebauter Gebiete  
Richter, Neumann, Zierke, Seebo € 17,00

V 212: Anlagenkonzeption für Meistereigehöfte – Optimierung von Arbeitsabläufen  
Schmauder, Jung, Paritschkow € 19,00

V 213: Quantifizierung von Verkehrsverlagerungen durch Baustellen an BAB  
Laffont, Mahmoudi, Dohmen, Funke-Akbiyik, Vieten € 18,00

V 214: Vernetzungseignung von Brücken im Bereich von Lebensraumkorridoren  
Schmellekamp, Tegethof  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 215: Stauprävention auf BAB im Winter  
Kirschfink, Poschmann, Zobel, Schedler € 17,00

V 216: Verbesserung der Verkehrssicherheit auf einbahnig zweistreifigen Außerortsstraßen (AOSI)  
Lippold, Weise, Jährig € 17,50

V 217: Verbesserung der Bedingungen für Fußgänger an Lichtsignalanlagen  
Alrutz, Bachmann, Rudert, Angenendt, Blase, Fohlmeister, Häckelmann € 18,50

V 218: Empfehlungen zum richtigen Aufbringen von Tausalzlösungen  
Hausmann € 16,00

V 219: Bewältigung großer Verkehrsmengen auf Autobahnen im Winter  
Roos, Zimmermann, Schulz, Riffel € 16,50

## 2013

V 220: Maßnahmen zur Bewältigung der besonderen psychischen Belastung des Straßenbetriebsdienstpersonals – Pilotstudie  
Pöpping, Pollack, Müller € 16,00

V 221: Bemessungsverkehrsstärken auf einbahnigen Landstraßen  
Arnold, Kluth, Ziegler, Thomas € 18,50

V 222: Aktualisierung des MLuS 02 – Erstellung der RLuS  
Düring, Flassak, Nitzsche, Sörgel, Dünnebeil, Rehberger € 19,50

V 223: Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 2010  
Fitschen, Nordmann € 16,50  
Dieser Bericht ist sowohl als gedrucktes Heft der Schriftenreihe als auch als CD erhältlich oder kann außerdem als kostenpflichtiger Download unter [www.nw-verlag.de](http://www.nw-verlag.de) heruntergeladen werden.

V 224: Prüfung und Bewertung von Schutzeinrichtungen der Aufenthaltstufe H4b für den Einsatz auf Brücken – Teil 1 und 2  
Bergerhausen, Klostermeier, Klöckner, Kübler € 19,00

V 225: Neue Technik für den Straßenbetriebsdienst – Teil 1: Neue Informations- und Kommunikationstechniken Teil 2: Autonomes Fahren für den Straßenbetriebsdienst  
Holldorb, Häusler, Träger € 21,50

V 226: Bewertungsmodell für die Verkehrssicherheit von Landstraßen  
Maier, Berger, Schüller, Heine € 18,00

V 227: Radpotenziale im Stadtverkehr  
Baier, Schuckließ, Jachtmann, Diegmann, Mahlau, Gässler € 17,00

V 228: Sicherheitskenngrößen für den Radverkehr  
Baier, Göbbels, Klemps-Kohnen € 15,50

V 229: Straßenverkehrszählungen (SVZ) mit mobilen Messsystemen  
Schmidt, Frenken, Hellebrandt, Regniet, Mahmoudi € 20,50

V 230: Verkehrsadaptive Netzsteuerungen  
Hohmann, Giuliani, Wietholt € 16,50

V 231: Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 2011  
Fitschen, Nordmann € 28,50  
Dieser Bericht ist sowohl als gedrucktes Heft der Schriftenreihe als auch als CD erhältlich oder kann außerdem als kostenpflichtiger Download unter [www.nw-verlag.de](http://www.nw-verlag.de) heruntergeladen werden.

V 232: Reflexkörper und Griffigkeitsmittel in Nachstreumittelgemischen für Markierungssysteme  
Recknagel, Eichler, Koch, Proske, Huth € 23,50

V 233: Straßenverkehrszählung 2010 – Ergebnisse  
Lensing € 16,00

V 234: Straßenverkehrszählung 2010 – Methodik  
Lensing € 17,50

## 2014

V 235: Dynamische Messung der Nachtsichtbarkeit von Fahrbahnmarkierungen bei Nässe  
Drewes, Laumer, Sick, Auer, Zehntner € 16,00

V 236: Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 2012  
Fitschen, Nordmann € 28,50  
Die Ergebnisdateien sind auch als CD erhältlich oder können außerdem als kostenpflichtiger Download unter [www.nw-verlag.de](http://www.nw-verlag.de) heruntergeladen werden.

V 237: Monitoring von Grünbrücken – Arbeitshilfe für den Nachweis der Wirksamkeit von Grünbrücken für die Wiedervernetzung im Rahmen der KP II – Maßnahmen  
Bund-Länder Arbeitskreis  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden. Der Anhang ist interaktiv. Das heißt er kann ausgefüllt und gespeichert werden.

V 238: Optimierung der Arbeitsprozesse im Straßenbetriebsdienst – Sommerdienst  
Schmauder, Jung, Paritschkow € 19,00

V 239: Dynamische Messung der Griffigkeit von Fahrbahnmarkierungen  
Steinauer, Oeser, Kemper, Schacht, Klein € 16,00

V 240: Minikreisverkehre – Ableitung ihrer Einsatzbereiche und Einsatzgrenzen  
Baier, Leu, Klemps-Kohnen, Reinartz, Maier, Schmotz € 23,50

V 241: Rastanlagen an BAB – Verbesserung der Auslastung und Erhöhung der Kapazität durch Telematiksysteme  
Kleine, Lehmann, Lohoff, Rittershaus € 16,50

- V 242: Bordsteinkanten mit einheitlicher Bordhöhe und Bodenindikatoren an Überquerungsstellen  
Boenke, Grossmann, Piazzolla, Rebstock, Herrnsdorf, Pfeil € 20,00
- V 243: Nutzen und Kosten von Verkehrsbeeinflussungsanlagen über den gesamten Lebenszyklus  
Balmberger, Maibach, Schüller, Dahl, Schäfer € 17,50
- V 244: Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 2013  
Fitschen, Nordmann € 28,50
- V 245: Überprüfung der Befahrbarkeit innerörtlicher Knotenpunkte mit Fahrzeugen des Schwerlastverkehrs  
Friedrich, Hoffmann, Axer, Niemeier, Tengen, Adams, Santel  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.
- V 246: Auswirkungen von Lang-Lkw auf die Verkehrssicherheit in Einfahrten auf Autobahnen  
Kathmann, Roggendorf, Kemper, Baier  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.
- V 247: Befahrbarkeit plangleicher Knotenpunkte mit Lang-Lkw  
Lippold, Schemmel  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.
- V 248: Verkehrsnachfragewirkungen von Lang-Lkw – Grundlagentermittlung  
Burg, Röhling  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.
- 2015**
- V 249: Auswirkungen von Querschnittsgestaltung und längsgerichteten Markierungen auf das Fahrverhalten auf Landstraßen  
Schlag, Voigt, Lippold, Enzfelder  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.
- V 250: Befahrbarkeit spezieller Verkehrsanlagen auf Autobahnen mit Lang-Lkw  
Lippold, Schemmel  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.
- V 251: Einsatzbereiche und Einsatzgrenzen von Straßenumgestaltungen nach dem „Shared Space“-Gedanken  
Baier, Engelen, Klemps-Kohnen, Reinartz € 18,50
- V 252: Standortkataster für Lärmschutzanlagen mit Ertragsprognose für potenzielle Photovoltaik-Anwendungen  
Gündra, Barron, Henrichs, Jäger, Höfle, Marx, Peters, Reimer, Zipf € 15,00
- V 253: Auswirkungen von Lang-Lkw auf die Sicherheit und den Ablauf des Verkehrs in Arbeitsstellen  
Baier, Kemper  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.
- V 254: Beanspruchung der Straßeninfrastruktur durch Lang-Lkw  
Wellner, Uhlig  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.
- V 255: Überholen und Räumen – Auswirkungen auf Verkehrssicherheit und Verkehrsablauf durch Lang-Lkw  
Zimmermann, Riffel, Roos  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.
- V 256: Grundlagen für die Einbeziehung der sonstigen Anlagenteile von Straßen in die systematische Straßenerhaltung als Voraussetzung eines umfassenden Asset Managements  
Zander, Birbaum, Schmidt  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.
- V 257: Führung des Radverkehrs im Mischverkehr auf innerörtlichen Hauptverkehrsstraßen  
Ohm, Fiedler, Zimmermann, Kraxenberger, Maier Hantschel, Otto € 18,00
- V 258: Regionalisierte Erfassung von Straßenwetter-Daten  
Holldorb, Streich, Uhlig, Schäufele € 18,00
- V 259: Berücksichtigung des Schwerverkehrs bei der Modellierung des Verkehrsablaufs an planfreien Knotenpunkten  
Geistefeldt, Sievers  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.
- V 260: Berechnung der optimalen Streudichte im Straßenwinterdienst  
Hausmann € 15,50
- V 261: Nutzung von Radwegen in Gegenrichtung - Sicherheitsverbesserungen  
Alrutz, Bohle, Busek € 16,50
- V 262: Verkehrstechnische Optimierung des Linksabbiegens vom nachgeordneten Straßennetz auf die Autobahn zur Vermeidung von Falschfahrten  
Maier, Pohle, Schmotz, Nirschl, Erbsmehl € 16,00
- V 263: Verkehrstechnische Bemessung von Landstraßen – Weiterentwicklung der Verfahren  
Weiser, Jäger, Riedl, Weiser, Lohoff In Vorbereitung
- V 264: Qualitätsstufenkonzepte zur anlagenübergreifenden Bewertung des Verkehrsablaufs auf Außerortsstraßen  
Weiser, Jäger, Riedl, Weiser, Lohoff In Vorbereitung
- V 265: Entwurfstechnische Empfehlungen für Autobahntunnelstrecken  
Bark, Kutschera, Resnikow, Baier, Schuckließ  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.
- V 266: Verfahren zur Bewertung der Verkehrs- und Angebotsqualität von anbaufreien und angebauten Hauptverkehrsstraßen  
Baier, Hartkopf in Vorbereitung
- V 267: Analyse der Einflüsse von zusätzlichen Textanzeigen im Bereich von Streckenbeeinflussungsanlagen  
Hartz, Saighani, Eng, Deml, Barby  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.
- V 268: Motorradunfälle – Einflussfaktoren der Verkehrsinfrastruktur  
Hegewald, Fürneisen, Tautz  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

---

Alle Berichte sind zu beziehen im:

Carl Schünemann Verlag GmbH  
Zweite Schlachtpforte 7  
28195 Bremen  
Tel. (0421) 3 69 03-53  
Fax (0421) 3 69 03-48  
[www.schuenemann-verlag.de](http://www.schuenemann-verlag.de)

Dort ist auch ein Kompletverzeichnis erhältlich.