

MoMio – Evaluierung Motorradsicherheitsmillion

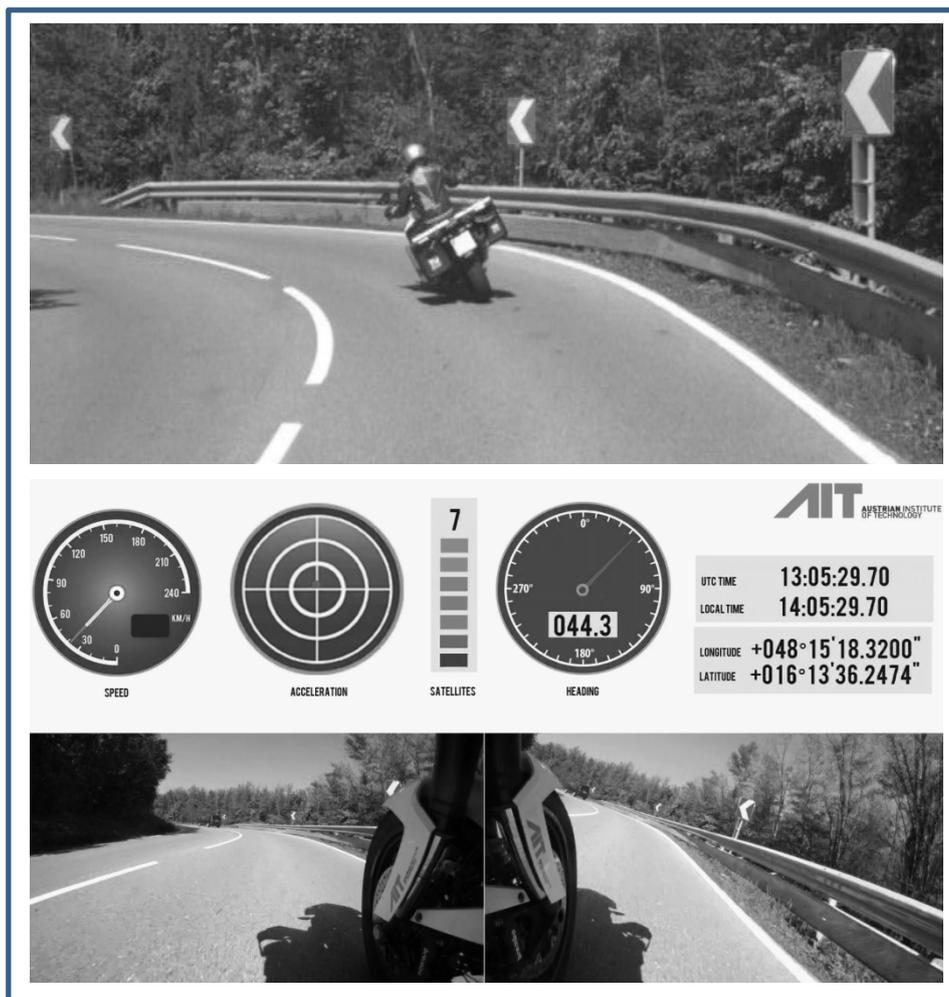
DI Christian STEFAN – AIT Austrian Institute of Technology GmbH

DI Klemens SCHWIEGER – AIT Austrian Institute of Technology GmbH

DI Peter SALEH – AIT Austrian Institute of Technology GmbH

DI Michael ALEKSA – AIT Austrian Institute of Technology GmbH

Wien, am 28.05.2018



Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	4
Abstract	5
1. Einleitung	6
1.1 Problemstellung.....	6
1.2 Literaturscreening	8
1.3 Zielsetzung.....	11
1.4 Begriffsbestimmungen	12
2. Definition der Verkehrssicherheitsmaßnahmen	14
2.1 Unterfahrschutz.....	15
2.2 Griffigkeitserhöhung.....	20
2.3 Bewusstseinsbildung	23
2.4 Erhebungen	24
2.5 Kennzeichnung des Kurvenverlaufs.....	24
3. Definition der Risikogruppe	26
4. Methodik	28
4.1 Einführung in die Risikoanalyse.....	28
4.2 Unfallvorhersagemodelle	28
4.3 Methodische Vorgehensweise	30
4.3.1 Generalisierte Lineare Modelle	31
4.3.2 Regressionsmodelle für Zähldaten	32
4.3.3 Schätzung des Überdispersionsparameters	34
4.3.4 Modellwahl.....	34
4.3.5 Variablenselektion.....	35
4.4 Datengrundlagen	35
4.4.1 Unfalldaten	35
4.4.2 Infrastrukturdaten	36

4.4.3 Umgebungsdaten	37
4.5 Modellierung der Motorradunfälle	38
4.6 Einführung in die Empirical Bayes Methode	40
4.7 Maßnahmenevaluierung	41
4.7.1 Sicherheitseffekt griffigkeitsverbessernder Maßnahmen	44
4.7.2 Sicherheitseffekt von Fahrzeugrückhaltesystemen mit Unterfahrschutz	45
4.7.3 Sicherheitseffekt der Kennzeichnung des Kurvenverlaufs	47
4.8 Kosten-Nutzen-Analyse	49
4.9 Erforderliche rechtliche und verkehrstechnische Rahmenbedingungen	53
4.9.1 FRS mit Unterfahrschutz.....	53
4.9.2 Griffigkeitsverbesserung.....	55
4.10 Sonstige potentiell geeignete Motorradsicherheitsmaßnahmen	56
5. Ergebnisse	59
6. Anhang	62
6.1 Übersicht der im Rahmen der Motorradmillion getätigten Infrastrukturmaßnahmen	62
6.2 Detailinformationen zu Motorradunfällen.....	84
7. Literaturverzeichnis	87
Impressum	91

Zusammenfassung

Während in den Jahren 2003-2016 die Zahl der Unfälle mit Personenschaden auf Österreichs Straßen, bezogen auf den Fahrzeugbestand, um mehr als 34% zurückging, reduzierte sich das Unfallgeschehen der motorisierten Zweirädern (PTW) um lediglich 28%. In zwei Motorradkategorien (Leichtmotorräder, Kleinmotorräder) erfolgte sogar ein Anstieg der Unfallzahlen bezogen auf den jeweiligen Fahrzeugbestand. Detailanalysen zeigen ferner auf, dass Motorradaufsassen im Vergleich zu anderen PTW-Kategorien die mit Abstand höchste Mortalitätsrate aufweisen (Motorrad: 40,9 Getötete pro 100.000 Fz.; PTW: 11,77 Getötete pro 100.000 Fz).

Ziel des gegenständigen Projektes ist es, die im Jahr 2012 gesetzten und mit Mitteln des österreichischen Verkehrssicherheitsfonds (VSF) finanzierten infrastrukturellen Maßnahmen auf deren Wirkung (Verminderung des Unfallrisikos und/oder der Verletzungsschwere) auf die Motorradsicherheit zu untersuchen. Im Rahmen der Motorradsicherheitsmillion wurden von Bund und Ländern mehr als 2 Mio. € für Maßnahmen zur Hebung der Motorradsicherheit zur Verfügung gestellt. Der Großteil der bewilligten Fördermittel (92%) wurde für die beiden Maßnahmen „Fahrzeugrückhaltesystem mit Unterfahrschutz“ und „Erhöhung der Fahrbahngriffigkeit“ verwendet.

Der Sicherheitseffekt für Fahrzeugrückhaltesysteme mit Unterfahrschutz beträgt im Mittel $\theta=0.2246$, d.h. die Installation eines Unterfahrschutzes auf Straßenabschnitten, die bislang kein Fahrzeugrückhaltesystem für Motorräder aufweisen, bewirkt eine Reduktion der gewichteten Unfallschwere um 78%. Unter Berücksichtigung der durchschnittlichen Investitionskosten von 71 €/lm führt dies zu einem Kosten-Nutzen-Verhältnis (KNV) von 1:473 (Kosten von 1€ steht ein monetarisierter Nutzen von 473 € gegenüber).

Griffigkeitserhöhende Maßnahme hingegen führen zu einer Reduktion der Abkommensunfälle motorisierter Zweiräder um 65,6% im Vergleich zu Straßensegmenten mit vergleichbaren Streckencharakteristika und ähnlichem Verkehrsaufkommen. Vergleicht man das Unfallgeschehen vor und nach Durchführung der griffigkeitserhöhenden Maßnahmen ohne Berücksichtigung von zeitlichen Veränderungen, ergibt sich sogar eine Unfallreduktion um 93%. Dieses Ergebnis inkludiert jedoch den Regression-to-the-Mean Bias (statistischer Verkehrssicherheits-effekte aufgrund der hohen Variabilität des Unfallgeschehens) sowie Raum-Zeit-Effekte (Änderungen im Verkehrsaufkommen, dem Fahrverhalten, der Fahrzeugflotte etc.), die mit der Maßnahme an und für sich nichts zu tun haben. Aufgrund der höheren Investitionskosten sowie der kürzeren Nutzungsdauer ergibt sich für die Griffigkeitsverbesserung ein Kosten-Nutzen-Verhältnis von 175.

Abstract

In the time period 2003-2016, the number of injury crashes in Austria in relation to the vehicle fleet decreased by more than 34%. In contrast, accident occurrence of Powered Two-Wheelers (PTW) declined by only 28% in the same time period. Crash statistics also indicate that motorcyclists suffer a much higher mortality rate (40.9 fatalities per 100,000 vehicles) in comparison to all PTWs (11.77 fatalities per 100,000 vehicles).

The objective of this research project is to evaluate different types of infrastructural measurements for motorcyclists on rural, two-lane roads which were subsidized by the Austrian Road Safety Fund (VSF) with more than 1 million € in the year 2012. The majority of the investments were allocated to so called underrider barriers and measures to increase the road friction. Underrider barriers are a special type of vehicle restraint system (VRS) and feature a closed surface on steel barriers to avoid the sliding of a rider under the barrier system.

The safety effect of underrider barriers is 0.2246 on the average, i.e. the installation of this kind of VRS reduces the weighted crash severity by more than 78%. With respect to mean investment costs (71 €/m), the cost-benefit ratio (CBR) of this measure is 1:473.

Increase of road friction shows an average decrease of PTW-crashes of 65.6% in comparison to road segments with similar alignment and traffic. A traditional before-after evaluation which does not include the regression-to-the-mean bias and space-time effect gives an accident reduction by even 93%. Due to the higher investment costs and lower expected useful life, the CBR is “only” 1:175.

1. Einleitung

1.1 Problemstellung

Während in den vergangenen 14 Jahren (2003-2016) die Zahl der Unfälle mit Personenschaden (UPS) auf Österreichs Straßen, bezogen auf den Fahrzeugbestand, um mehr als 34% zurückging (2003: 7,89 UPS pro 1.000 Kfz.; 2016: 5,18 UPS pro 1.000 Kfz.), verringerte sich das Unfallgeschehen von motorisierten Zweirädern (PTW – Powered Two Wheelers) um lediglich 28% (2003: 13,70 UPS pro 1.000 PTW; 2016: 9,81 UPS pro 1.000 PTW) [1] [2]. In zwei Motorradkategorien erfolgte sogar ein Anstieg der Unfallzahlen bezogen auf den jeweiligen Fahrzeugbestand: Unfälle mit Kleinmotorrädern erhöhten sich im Betrachtungszeitraum um 2/3, Leichtmotorräder sogar um mehr als das Doppelte (+127%).

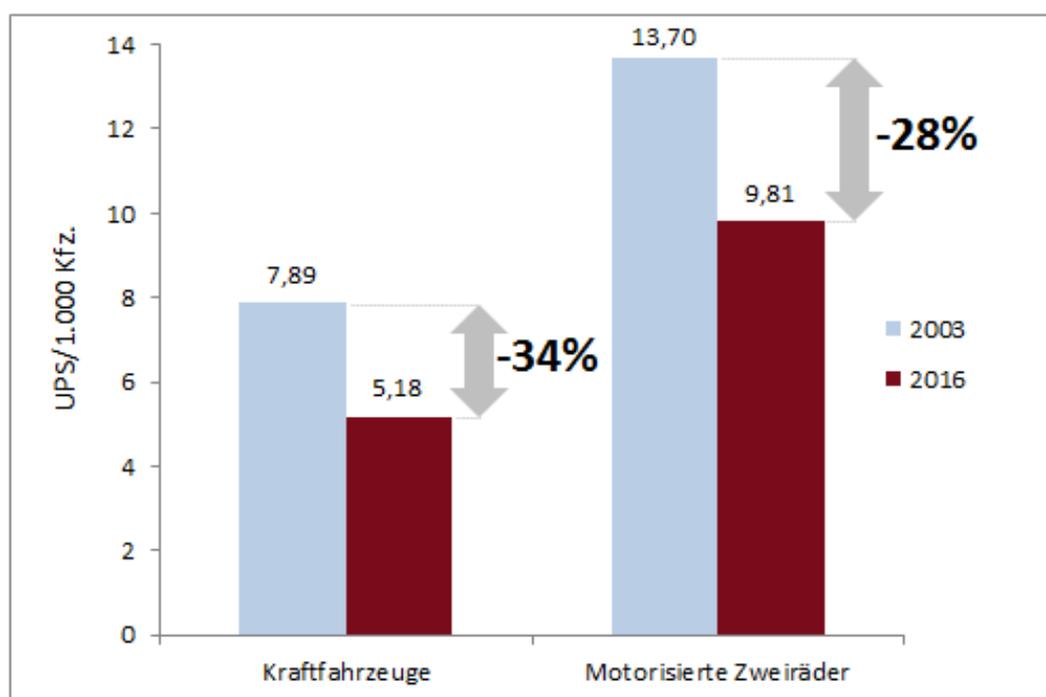


Abbildung 1: Unfallgeschehen pro 1.000 Kfz von Kraftfahrzeugen und motorisierten Zweirädern

Mit Einführung des digitalen Unfalldatenmanagements (UDM) im Jahr 2011 erfolgte eine österreichweite Umstellung in der Unfalldatenerfassung der Exekutive. In den Unfalldatenerfassungen der Statistik Austria ist seither vermerkt, dass ab dem Jahr 2012 eine geänderte Erhebungsmethode angewendet wird und „ein direkter Vergleich mit Vorjahresergebnissen nicht zulässig ist“. Der abrupte Anstieg der PTW-Unfallzahlen im Jahr 2011 und den Folgejahren (siehe [Abbildung 2](#)) machte zahlreichen Entscheidungsträgern jedoch bewusst, dass wesentlich mehr Personen bei Unfällen mit motorisierten Zweirädern verletzt bzw. getötet werden als bisher angenommen und nun dringender Handlungsbedarf besteht.

Die im Jahr 2012 zuständige Verkehrsministerin Doris Bures stellte daher aus den Mitteln des Österreichischen Verkehrssicherheitsfonds (VSF) eine Million € zur Verfügung, um die Sicherheit auf Landstraßen, insbesondere für motorisierte Zweiräder, zu erhöhen. Die Freigabe der Mittel des VSF für die Sanierung von Unfallhäufungs- und Gefahrenstellen wurden jedoch an die Bedingung geknüpft, dass allfällige Förderungen vom jeweiligen Bundesland zumindest verdoppelt werden. In Summe wurden dadurch mehr als zwei Million € für Sanierungsmaßnahmen an unfallträchtigen Straßenabschnitten aufgebracht.

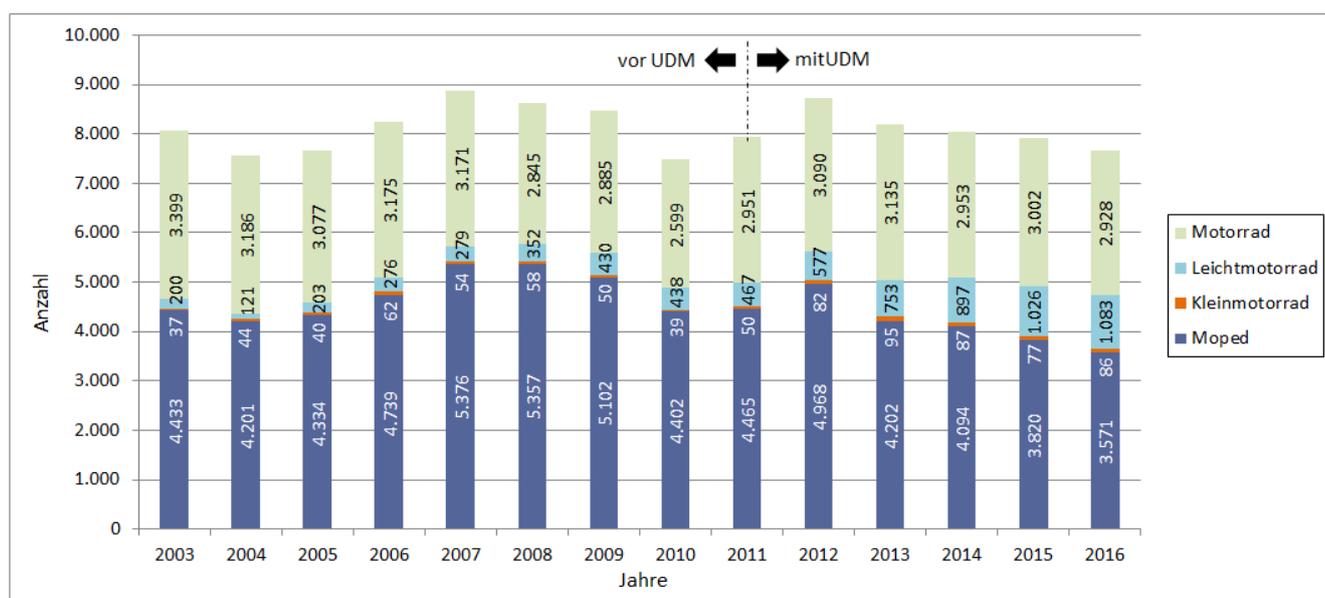


Abbildung 2: Entwicklung des Unfallgeschehens von motorisierten Zweirädern (PTW) von 2003-2016 [2]

Detailanalysen zeigen auf, dass Motorradfahrern (Lenker und Mitfahrer) im Vergleich zu anderen PTW-Kategorien die mit Abstand höchste Mortalitätsrate aufweisen (siehe [Abbildung 3](#)). Während die Zahl der Getöteten pro 100.000 Fahrzeugen bei motorisierten Zweirädern (PTW, siehe Begriffsbestimmungen in Kapitel 1.4) seit rund 14 Jahren kontinuierlich zurückgeht (2003: 26,48 Getötete pro 100.000 Fz.; 2013: 11,77 Getötete pro 100.000 Fz.) stieg die Getötetenrate von Motorradfahrern (Lenker/Mitfahrer) im Jahr 2013 rasant an (40,94 Getötete pro 100.000 Fz.) und verweilt seither auf einem hohen Niveau von rd. 33 Getötete pro 100.000 Motorrädern. In der Abbildung wurde die Gruppe der Kleinmotorräder ausgeklammert, da meistens NULL und somit nicht sinnvoll darstellbar.

Die Einführung von UDM (Änderung der Erfassungsmethodik) kann in diesem Fall nicht als Erklärung für den unerwarteten Anstieg herangezogen werden, da bei Getöteten im Straßenverkehr eine abweichende Erfassungsmethode gilt. Die Exekutivbeamten, die Unfälle aufnehmen, müssen zusätzlich zum Unfallzählblatt innerhalb von 24 Stunden eine Meldung an das BMI abschicken, in der wesentliche Kovariablen (Art der Verkehrsbeteiligung, Alter, Geschlecht etc.) sowie die

vermeintliche Hauptunfallursache dargestellt sind. Durch das restriktive Berichtswesen ist die Gefahr von „Underreporting“ (Untererfassung von Verkehrsunfällen) z.B. aufgrund von liegengebliebenen Unfallakten sehr gering. Die Getötetenzahlen haben sich vor und nach dem Systemwechsel zu UDM auch nicht signifikant verändert. Die genaue Ursache für den Anstieg der Getötetenrate ist aus den vorhandenen Daten nicht eruierbar – ein maßgeblicher Einfluss aufgrund der geänderten Erhebungsmethode ist aus jetziger Erkenntnis jedoch auszuschließen.

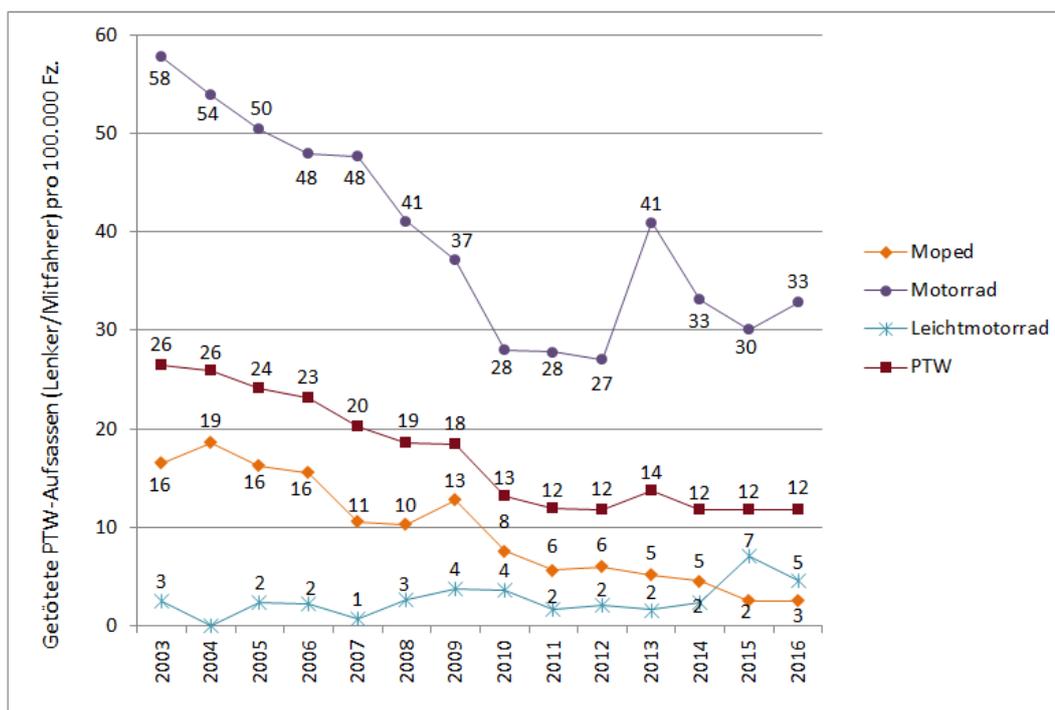


Abbildung 3: Entwicklung der getöteten PTW-Aufsassen (Lenker/Mitfahrer) pro 100.000 Fahrzeuge von 2003-2016 [2]

Potentielle Gründe für das hohe Verletzungsrisiko von Motorradaufsassen werden im nachfolgenden Kapitel kurz beschrieben. Wie man [2] entnehmen kann, ereignen sich mehr als die Hälfte der Motorradunfälle (52%) im Freiland. Da das Reduktionspotential (Safety Potential) für Motorradunfällen mit schweren Verletzungen bzw. mit tödlichem Ausgang im Freilandbereich am höchsten ist, fokussieren auch die meisten Verkehrssicherheitsmaßnahmen auf das Landesstraßennetz.

1.2 Literaturscreening

Zahlreiche Unfallanalysen im Bereich Motorradsicherheit belegen, dass Motorradfahrer (Lenker bzw. Aufsassen) in Bezug auf die Wahrscheinlichkeit, bei einem Unfall getötet oder zumindest schwer verletzt zu werden, überrepräsentiert sind [3]. So weisen Motorradfahrer im Durchschnitt eine rund 30 Mal höhere Ge-

töteten- und (je nach Untersuchungsregion) eine 44–56 Mal höheres Schwerverletztenrate auf als Pkw-Lenker [4] [5].

Die Ursachen hierfür sind auf eine Reihe unterschiedlicher Einflussfaktoren zurückzuführen, welche Motorradfahrer in besonderem Ausmaß zuzuschreiben sind: Nicht angepasste Geschwindigkeit, Risikobereitschaft, Alkoholisierung und Drogenkonsum, mangelnde Fahrerfahrung sowie Alter (siehe Tabelle 1). Hinzu kommt, dass Motorradfahrer aufgrund der fehlenden „Knautschzone“ wesentlich verletzungsanfälliger sind und das Straßenumfeld oftmals nicht dermaßen gestaltet ist, dass ein Unfall mit einem PTW glimpflich ausfällt.

Tabelle 1: Risikofaktoren für Motorradunfälle in Form einer Haddon Matrix [6]

ABLAUF	MENSCH	FAHRZEUG	UMWELT
Pre-Unfallphase	<ul style="list-style-type: none"> • Geringes Alter • Männlich • Geringer sozio-ökonomischer Status • Mangelnde Fahrerfahrung • Hohe Risikobereitschaft • Unfallhistorie • Alkoholkonsum • Mangelnde Erkennbarkeit/Sichtbarkeit des Lenkers(z.B. keine gut reflektierende Schutzausrüstung) 	Mangelnde Erkennbarkeit/Sichtbarkeit (z.B. keine Verwendung des Abblendlicht untertags, Fahrzeugsilhouette)	<ul style="list-style-type: none"> • Tageszeit (Nacht) • Schlechte Lichtverhältnisse • Mangelhafte Straßenverhältnisse • Sommer • Ländlicher Straßenraum
Unfallphase	<ul style="list-style-type: none"> • Unangepasste Geschwindigkeit • Fehlende Schutzausrüstung (Helm, Beinprotektoren etc.) 	Fahrzeugart	<ul style="list-style-type: none"> • Kollision mit (ortsfestem) Objekt, Gegenstand (z.B. Fahrzeug, Baum)
Post-Unfallphase	<ul style="list-style-type: none"> • Hohes Alter/ Senioren • Bereits vorhandene gesundheitliche Einschränkungen/med. Komplikationen 		<ul style="list-style-type: none"> • Unzureichende Rettungskette • Schlechte Rehabilitationsprogramme

Es gibt somit eine Vielzahl von potentiellen Risikofaktoren, die die Unfallwahrscheinlichkeit bzw. die Verletzungsschwere entscheidend (mit-)beeinflussen. Aus diesem Grund muss die Verkehrssicherheitsarbeit auch an vielen „Schrauben“ drehen, um eine nachhaltige Reduktion der Unfall- und Verletzungszahlen zu erzielen.

Mit Beginn des 21. Jahrhunderts wurde in zahlreichen Ländern die sogenannte „Vision Zero“ als bestimmendes Prinzip der Verkehrssicherheitsarbeit etabliert [7]. Vision Zero bezeichnet dabei das Ziel, Straßen und Verkehrsmittel dermaßen sicher zu gestalten, dass keine Verkehrstoten und Schwerverletzten mehr auftreten. Diese Überlegung hatte ihren Ursprung im Arbeitsschutz in der chemischen Industrie und wurde Ende der 1990er Jahre in Schweden erstmals auf den Bereich des Straßenverkehrs angewendet. Grundgedanke von Vision Zero ist, dass Menschen Fehler machen – das Verkehrssystem muss daher so gestaltet werden, dass diese Fehler nicht zu lebensbedrohlichen Verletzungen seiner Nutzer führen.

In den vergangenen 10 Jahren wurde das Prinzip der Vision Zero erweitert und findet seither seinen Niederschlag im „Safe System Approach“ [8]. Dieser basiert ebenso wie die Vision Zero auf dem Ziel, die Zahl der getöteten und schwer verletzten Verkehrsteilnehmer auf null zu reduzieren, definiert jedoch eine Reihe von Grundprinzipien, die sämtlichen Überlegungen zugrunde gelegt werden.

1. **Der menschliche Körper ist anfällig für Verletzungen.**
2. Alle **Elemente eines Verkehrssystems** (Verkehrsraum, Verkehrsmittel, Verkehrsteilnehmer) sind **aufeinander abgestimmt** und postulieren selbsterklärende und fehlerverzeihende Straßen.
3. **Gemeinsame Verantwortung** für ein **sicheres Verkehrssystem**: Straßenplaner, Straßenerhalter aber auch Straßenbenützer tragen gemeinsam die Verantwortung, dass das Verkehrssystem von allen unter den gleichen Bedingungen gefahren- und unfallfrei verwendet werden kann.

Ein Verkehrssystem, das diesen Grundprinzipien genügt, setzt sich aus folgenden vier Kernelementen zusammen, die in [Abbildung 4](#) dargestellt sind:

- **Sichere Straßen/Straßenräume** minimieren das Risiko von Verkehrsunfällen und sorgen dafür, dass Unfälle, sofern sie passieren, eine möglichst geringe Verletzungsschwere für alle Beteiligten aufweisen.
- **Sichere Geschwindigkeiten** in Abhängigkeit der Funktion der Straßen bzw. der lokalen Umgebungsfaktoren. Es wird sichergestellt, dass die Anprallheftigkeit innerhalb des physischen Toleranzbereichs liegt, wodurch die Wahrscheinlichkeit, eine schwere/tödliche Verletzung zu erleiden, minimiert wird.
- **Sichere Fahrzeuge** bedingen spezielle Fahrzeugkonstruktionen sowie verschiedene (Fahrer-)Assistenzsysteme, um die Eintrittswahrscheinlichkeit von Verkehrsunfällen zu minimieren bzw. die Verkehrsteilnehmer bestmöglich vor allfälligen negativen Unfallfolgen zu schützen.

- **Sichere Verkehrsteilnehmer** nehmen aufmerksam am Verkehrsgeschehen teil, halten sich an Regeln und Vorschriften und zeichnen sich durch ein rücksichtsvolles Verkehrsverhalten gegenüber anderen Nutzergruppen aus.

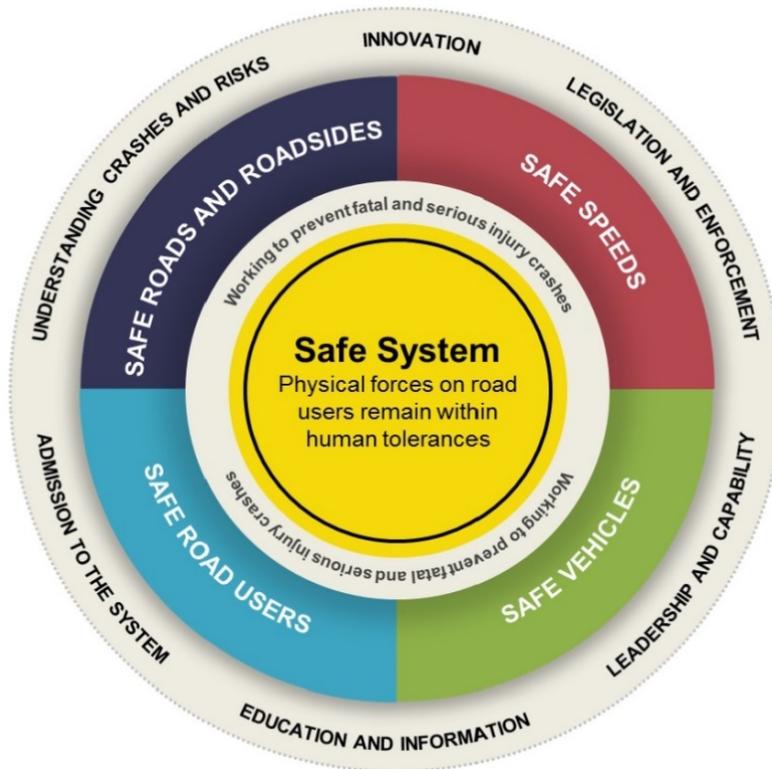


Abbildung 4: Kernelemente des „Safe System Approach“ zur Erreichung der „Vision Zero“

Die österreichische Bundesregierung hat sich in ihrem Verkehrssicherheitsprogramm 2011-2020 [9] zum Ziel gesetzt, den Safe System Approach auch in Österreich zu forcieren, um die Zahl der Verkehrstoten bis 2020 um 50% (Basis: Durchschnitt der Jahre 2008-2010) und die Zahl der Schwerverletzten um 40% zu reduzieren. Die von den Vereinten Nationen ausgerufene „Dekade der Verkehrssicherheit“ (2011–2020) soll auch in Österreich dazu beitragen, Menschenleben zu retten und das mit Verkehrsunfällen einhergehende menschliche Leid zu mildern.

1.3 Zielsetzung

Ziel des Projektes „Evaluierung Motorradsicherheitsmillion“ ist es, die im Jahr 2012 gesetzten und mit Mitteln des österreichischen Verkehrssicherheitsfonds (VSF) finanzierten infrastrukturellen Maßnahmen auf deren Wirkung (Verminderung des Unfallrisikos und/oder der Verletzungsschwere) auf die Motorradsicherheit zu untersuchen.

Eine detaillierte Studie zum Unfallgeschehen von motorisierten Zweirädern (speziell Motorräder) vor und nach dem Setzen der spezifischen Maßnahme steht im Vordergrund des Projektes. Im Rahmen von MoMio wird die sogenannte Empirical Bayes Methode (EBM) eingesetzt, um infrastrukturelle Maßnahmen auf ihre Effizienz hin zu bewerten. Die EBM wurde Anfang des 21. Jahrhunderts vom kanadischen Universitätsprofessor Ezra Hauer maßgeblich (weiter-)entwickelt und für verschiedene Belange der Verkehrssicherheitsarbeit adaptiert [10]. Die Empirical Bayes Methode basiert im Wesentlichen auf der Verwendung von Vergleichsgruppen (Comparison Groups), um Maßnahmen objektiv bewerten zu können. Im Rahmen des Projekts MoMio wird hierfür in einem ersten Schritt der statistische Zusammenhang zwischen Unfall- und Straßen(zustands)daten analysiert und mittels mathematischer Verteilungen beschrieben. Diese werden in Folge herangezogen, um für jeden Streckenabschnitt eine Prognose über das zu erwartende Unfallgeschehen abzugeben. Diese wird anschließend mit dem tatsächlichen Unfallgeschehen gewichtet und bildet die Maßzahl zur Evaluierung der jeweiligen Verkehrssicherheitsmaßnahmen.

In weiterer Folge werden die untersuchten Maßnahmen einer Kosten-Nutzen-Analyse unterzogen und eine Reihung der Maßnahmen (Priorisierung) vorgenommen.

1.4 Begriffsbestimmungen

Um eine einheitliche Vorgehensweise im Rahmen des Projekts MoMio sicherzustellen, wird es als notwendig erachtet, die maßgebenden Begriffe vorab zu beschreiben bzw. für das gegenständliche Projekt neu zu definieren. Die Begriffsdefinitionen sind den entsprechenden RVS-Richtlinien sowie weiteren Quellen (siehe Literaturverzeichnis im Anhang) entnommen oder wurden auf deren Grundlage für das vorliegende Projekt adaptiert bzw. neu ausformuliert.

Es wird darauf hingewiesen, dass die verwendeten Begriffsdefinitionen in erster Linie für das gegenständliche Projekt verwendet werden. Daraus können sich gewisse Unterschiede zu bereits bestehenden Begriffsdefinitionen ergeben, die in anderen Projekten oder in anderen Teilbereichen verwendet werden.

Betonleitwand

Betonleitwände sind überwiegend starre Sicherheitsleiteinrichtungen, die als kontinuierliche Gleit- und Zugbänder wirken. Durch Betonleitwände sollen abkommende bzw. schleudernde Fahrzeuge gehindert werden, die Fahrbahn zu verlassen [11].

Empirical Bayes Methode (EBM)

Mathematisches Verfahren, welches Erkenntnisse unterschiedlicher Informationsquellen vereint. Im Satz von Bayes wird eine bestehende Erkenntnis über die zu untersuchende Variable (A-priori-Verteilung) mit neuen Erkenntnissen aufgrund von Daten kombiniert, woraus eine neue, verbesserte Erkenntnis (A-posteriori-Wahrscheinlichkeitsverteilung) resultiert.

Erwartungswert

Unfallgeschehen, das im Mittel auftritt, wenn die maßgebenden Risikofaktoren (Straßeninfrastruktur, Verkehrsaufkommen, Wetter, Verkehrsverhalten, Fahrzeugflotte etc.) konstant sind. Im Englischen wird der Erwartungswert als „long-term average“ bezeichnet.

Fahrzeugrückhaltesystem (FRS)

An einer Straße errichtetes System, das in bestimmtem Umfang ein von der Fahrbahn abkommendes Fahrzeug aufhält. Grundsätzlich sind FRS nur dort anzuordnen, wo durch das Abkommen der Fahrzeuge gravierendere Folgen für die Fahrzeuginsassen sowie für andere Personen oder schützenswerte Objekte zu erwarten sind, als durch Anfahren an das Rückhaltesystem [12].

Kleinmotorrad

Motorrad dessen Antriebsmotor, wenn er ein Hubkolbenmotor ist, einen Hubraum von nicht mehr als 50 cm^3 hat (§2, Abs. 1, Zf. 15 KFG).

Leitlinie

Unterbrochene Längsmarkierungen in weißer Farbe. Die Strichbreiten richten sich nach der Straßenkategorie sowie der Fahrstreifenbreite. Im Freiland beträgt die Strichlänge 6,0 m und die der Unterbrechung 9,0 m [13]. Leitlinien dienen dem Fahrzeuglenker als Orientierungshilfe und begrenzen die verschiedenen Fahrstreifen.

Motorisierte Zweiräder

Sammelbegriff für alle zweirädrigen Kraftfahrzeuge (Moped, Leichtmotorrad, Kleinmotorrad, Motorrad)

Powered Two Wheelers (PTW)

Siehe „motorisierte Zweiräder“

Rückhaltesystem an Straßen

Allgemeine Bezeichnung für ein Fahrzeug- und Fußgänger-Rückhaltesystem an Straßen [12].

Schutzeinrichtung

Ein durchgehendes Fahrzeug-Rückhaltesystem, das längsseits oder auf dem Mittelstreifen einer Straße errichtet wird [12].

Stahlleitschiene

Vertikale Einrichtung als Schutz gegen das Abkommen von Fahrzeugen von der Fahrbahn [11].

Unterfahrschutz

Fahrzeugrückhaltesystem, welches speziell dem Schutz der Motorradfahrer dient.

2. Definition der Verkehrssicherheitsmaßnahmen

Maßnahmen, die zur Erhöhung der Verkehrssicherheit im Motorradverkehr, insbesondere auf Motorradstrecken, eingesetzt werden sollen, dienen dem Erreichen folgender Ziele:

- Verringerung der Unfallzahlen durch Beeinflussung des bewussten bzw. unbewussten Fahrverhaltens der Motorradfahrer (z.B. durch verbesserte optische Linienführung) = **aktive Maßnahmen**
- Verringerung der Unfallfolgen (z.B. Beseitigung oder Absicherung von Hindernissen nahe der Fahrbahn) = **passive Maßnahmen**

Ein Großteil der Entscheidungsabläufe im Fahrverhalten, insbesondere Geschwindigkeitswahl und Lenkmanöver, erfolgen unbewusst und werden von der für Motorradfahrer erkennbaren Streckencharakteristik (Trassierung, verkehrstechnische Ausstattung) beeinflusst [14]. Geeignete Maßnahmen müssen daher vor allem auf eine verbesserte Wahrnehmung des Straßenraumes sowie auf eine geschwindigkeitsregulierende und geschwindigkeitsdämpfende Wirkung vor Kurven und Knotenpunkten ausgerichtet werden. Derartige Maßnahmen sind jedoch immer als Gesamtheit im Sinne eines einheitlichen und verständlichen Maßnahmenkonzepts zu betrachten. Singuläre Maßnahmen erzielen nur selten die erwünschte Wirkung.

Im Rahmen der Motorradsicherheitsmillion wurden vom Bund (über den Österreichischen Verkehrssicherheitsfonds) und den Ländern in Summe mehr als 2 Mio. € für Maßnahmen zur Hebung der Motorradsicherheit zur Verfügung gestellt (siehe [Tabelle 2](#)).

Tabelle 2: Geförderte Verkehrssicherheitsmaßnahmen gemäß VSF-Anträgen

Nr.	Maßnahme	Projektsumme [€]	Anteil [%]
M1	Unterfahrschutz	1.576.564,00	75,6
M2	Griffigkeitserhöhung	333.650,00	16,0
M3	Bewusstseinsbildende Maßnahmen	92.884,32	4,5
M4	Erhebungen	46.866,14	2,2
M5	Fahrtechnik-Training	26.400,00	1,3
M6	Kennzeichnung Kurvenverlauf	9.584,00	0,5
Alle Maßnahmen		2.085.948,46	100,0

Diese umfassen unterschiedlichste Kategorien, angefangen von infrastrukturellen Maßnahmen wie z.B. die Errichtung spezieller Fahrzeugrückhaltesysteme (Unterfahrschutz) an neuralgischen Stellen über Förderungen für bewusstseinsbildende Maßnahmen bis hin zur finanziellen Unterstützung von Fahrsicherheitstrainings für (ältere) Motorradlenker. In weiterer Folge werden die einzelnen Maßnahmen im Detail beschrieben.

2.1 Unterfahrschutz

Schutzeinrichtungen entlang von Straßen verfolgen das primäre Ziel, die Folgen von Abkommensunfällen so gering wie möglich zu halten. Fahrzeugrückhaltesysteme (FRS) werden daher in standardisierten Anprallprüfungen [15] auf ihr Verhalten beim Anprall von Pkw, Lkw und Bussen hin optimiert. Sie sollen so weit wie möglich einen Fahrzeugdurchbruch verhindern und die Verletzungsschwere für Pkw-Insassen so gering wie möglich halten. Diese Fokussierung auf die Belange der Personenkraftwagen hat jedoch zur Folge, dass sich herkömmliche FRS für Motorradfahrer nicht oder nur sehr eingeschränkt eignen und die Verletzungsschwere verunfallter Motorradfahrer bei einem Anprall insbesondere mit Stahlleitschienen für gewöhnlich sehr hoch ist [16] [17].

Ein Vergleich der Verletzungsschwere von Alleinunfällen mit Abkommen von der Fahrbahn und anschließender Leitschienen-Kollision zeigt, dass die mittleren volkswirtschaftlichen Unfallkosten der motorisierten Zweiräder in derartigen Unfallsituationen knapp 35% über jenen von Pkw liegen (siehe [Abbildung 5](#)).

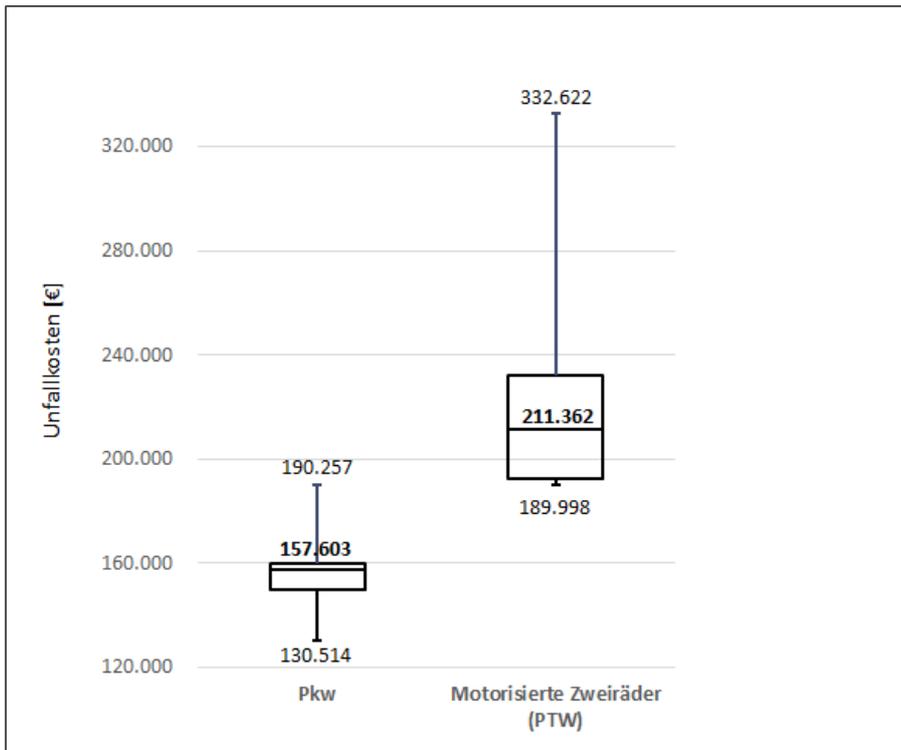


Abbildung 5: Boxplot der volkswirtschaftlichen Unfallkosten von Abkommensunfällen (Alleinunfall) mit Anprall an Leitschiene (2012-2016)

Crashtests der Bundesanstalt für das Straßenwesen zeigen ferner, dass das Verletzungsrisiko für Motorradfahrer beim Anprall an eine Betonleitwand geringer ausfällt, als beim Anprall an eine „herkömmliche“ Stahlleitschiene [16]. Dieser Umstand hängt v.a. damit zusammen, dass sich die Verletzungsschwere von Motorradaufsassen reziprok zu jener von Pkw-Insassen verhält, zumindest wenn die bei Anprallprüfungen nach EN 1317 [15] gemessene Anprallheftigkeit zugrunde gelegt wird. Während für Pkw die Nachgiebigkeit der Schutzeinrichtung für die Anprallheftigkeit maßgebend ist, sind Fahrzeugrückhaltesysteme für Motorradfahrer nahezu starr, da der Anprall auf einem wesentlich geringeren Energieniveau abläuft. Der Vorteil der Betonleitwände für PTW liegt somit in deren geschlossenen Oberfläche begründet, welche ein verhakungsfreies Entlanggleiten ermöglicht. Bei Kollisionen mit Stahlleitschienen ist dies jedoch nicht gegeben, weshalb Motorradfahrer hierbei oftmals sehr schwere Verletzungen davon tragen.

In den vergangenen Jahrzehnten wurden verschiedene Ansätze verfolgt, Fahrzeugrückhaltesysteme an Straßen „motorradfreundlicher“ zu gestalten. Analysen von Anprallprüfungen weisen z.B. darauf hin, dass Sigma-Pfosten eine nachweisbar geringere Formaggressivität als die traditionell verwendeten IPE-Pfosten haben [16]. Die Einführung des Sigma-Pfostens stellt somit ein erster Schritt zu einem verringerten Verletzungsrisiko für Motorradfahrer beim Anprall an FRS dar.

Ein zweiter Schritt bestand in der Einführung der sogenannten „Schutzplankeummantelung“. Hierbei handelt es sich um anpralldämpfende Hülsen aus geschäumtem Kunststoff, die die Pfosten umhüllen und durch den kontrollierten Energieabbau beim Anprall einen Teil der Anprallwucht nehmen. Schutzplankeummantelungen wurden insbesondere in den 1980er-Jahren in Deutschland an exponierten Stellen im Landstraßennetz eingesetzt. Sie sind jedoch nur bei sehr geringen Anprallgeschwindigkeiten von 30-50 km/h hilfreich und unterbinden nicht ein Durchrutschen unter der Leitschiene. Außerdem verwittert der Schaumstoff relativ rasch und muss daher in regelmäßigen Zeitabständen gewechselt werden [16] [17].

Im Jahr 2005 wurden in Österreich erste Versuche unternommen, Fahrzeugrückhaltesysteme speziell für die Bedürfnisse von Motorradfahrern zu adaptieren. Ein erster Prototyp eines Unterfahrschutzes wurde von der Oberösterreichischen Firma Asamer in Kooperation mit der Technischen Universität Graz entwickelt und bestand im Wesentlichen aus recyceltem Gummi von Altreifen und einem Stahlband zur Sicherstellung des Zugverbunds (siehe [Abbildung 6](#)).

In der RVS 02.02.42 [14] werden derartige Systeme als „Leitschienenunterzug“ bezeichnet und gewährleisten mit Reflektoren versehen auch in der Nacht eine sichere Linienführung.



[Abbildung 6](#): Prototyp eines Unterfahrschutzes (Leitschienenunterzug)

Im Jahr 2010 wurde von der voestalpine KREMS Finaltechnik GmbH erstmalig in Österreich ein Fahrzeugrückhaltesystem mit Unterfahrschutz entwickelt, welches anhand von Anprallversuchen gemäß EN 1317 [15] getestet wurde. Die technischen Spezifikationen entstammen dabei den Erfahrungswerten mit dem System „Leitschienenunterzug“ sowie generellen Überlegungen in der RVS 02.02.42 [14]. Der Unterfahrschutz besteht aus einem durchgängigen Unterzug aus Stahlblech, welches mittels spezieller Verbindungsbügel und Deformationselemente an das Leitschienenband bzw. die Steher montiert wird (siehe [Abbildung 7](#) und [Abbildung 8](#)).



Abbildung 7: KREMSBARRIER 1 RN2V bikePROTECT [18]

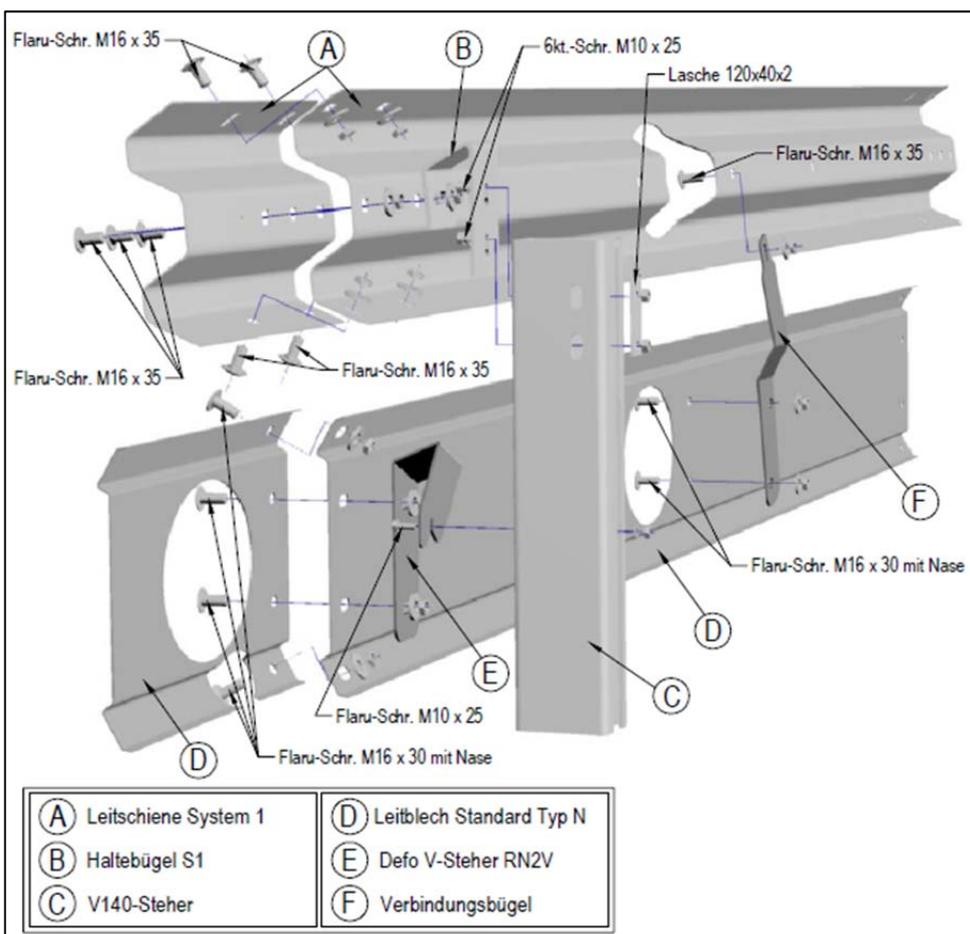


Abbildung 8: Montagezeichnung des KREMSBARRIER 1 RN2V bikePROTECT [18]

Tabelle 3: Technische Daten des KREMSBARRIER 1 RN2V bikePROTECT gemäß [18]

Parameter	Beschreibung
Aufhaltstufe	N2
Anprallheftigkeitsstufe / ASI	B / 1,3
Klasse des Wirkungsbereichs / Stufe	W3 / 1,0 m
Prüflänge	57,00 m
Systemmaß	3,80 m
Steherabstand	3,80 m
Systembreite	300 mm
Systemhöhe	750 mm
Rammtiefe	1.015 mm
Absenkung	Typenblatt E116, E117
Gz.BMVIT	328.040/0024-II/ST2/10

In Deutschland wurden im Jahr 2011 im Rahmen einer Evaluierungsstudie 428 Fahrzeugrückhaltesysteme mit einem Unterfahrschutz (System Euskirchen) nachgerüstet. Diese 428 Stellen summieren sich zu einer Gesamtlänge von 53,96 km und liegen zu 89,7% in Kurven mit einem Scheitelradius $\leq 300\text{m}$ [17]. Als Vorherzeitraum der Unfallanalyse wurden die vier Kalenderjahre vor dem Jahr der Maßnahmenausführung angesetzt. Der Nachherzeitraum endete zum Jahreswechsel 2013/2014 und dauerte im Mittel drei Jahre und 16 Tage. Für die entsprechenden Zeiträume wurden sämtliche kategorisierten und georeferenzierten Unfälle sowie die Teilmenge der Unfälle mit dem Merkmal „Abkommen von der Fahrbahn“ abgefragt.

Die zugehörige Fahrleistung wurde aus den entsprechenden Erhebungen der amtlichen Straßenverkehrszählung 2005 und 2010 ableiten. Für die Jahre zwischen diesen beiden Zählungen wurden linear interpoliert.

Wie man [Abbildung 9](#) entnehmen kann, hat sich im Betrachtungszeitraum das Motorradunfallgeschehen um 9% (VORHER: 0,65 U(P+S)/Mio. Kfz-km; NACHHER: 0,59 U(P+S)/Mio. Kfz-km) reduziert, während im gleichen Zeitraum die Zahl der Unfälle um 7% (VORHER: 0,99 U(P+S)/Mio. Kfz-km; NACHHER: 1,06 U(P+S)/Mio. Kfz-km) zugenommen hat.

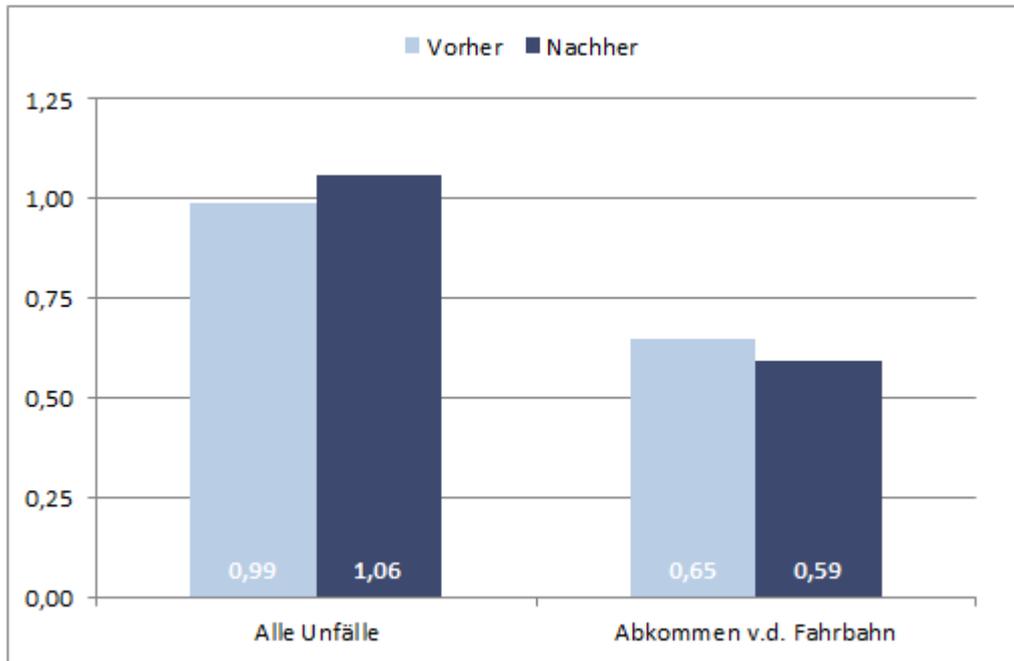


Abbildung 9: Mittlere Unfallrate vor und nach der Nachrüstung mit Unterfahrschutz in [U(P+S)/Mio. Kfz-km] [17]

Berechnet man das entsprechende Quotenverhältnis (Odds Ratio), dann geht die Nachrüstung der 428 Stellen mit Unterfahrschutz mit einer Reduktion des Motorrad-Unfallgeschehens um 18% (OR=0,824) einher. Die Odds Ratio ist eine statistische Maßzahl, die eine Aussage über die Stärke eines Zusammenhangs von zwei Merkmalen trifft. Es ist ein Assoziationsmaß, bei dem zwei Odds (Verhältnisse) miteinander verglichen werden. Ein Wert von 1 bedeutet ein gleiches Quotenverhältnis.

An dieser Stelle ist jedoch zu erwähnen, dass die Maßnahme „Unterfahrschutz“ von ihrer Konstruktion/Wirkungsweise her v.a. auf die Verletzungsschwere Einfluss nimmt und die Eintrittswahrscheinlichkeit dementsprechend weniger beeinflusst wird. Weitere internationale Unfalluntersuchungen zu diesem Thema sind bis dato unbekannt, weshalb der Einsatz des Unterfahrschutzes noch mit einer gewissen Unsicherheit behaftet ist. Zahlreiche Straßenverwaltungen (z.B. [19]) sind derzeit (noch) sehr zurückhaltend in Bezug auf den präventiven Einsatz eines Unterfahrschutzes und in den meisten Fällen nur dann zur Installation bereit, wenn sich tatsächlich auf einem Streckenabschnitt Motorradunfälle mit Anprall an eine Leitschiene ereignen. Ein flächendeckender Einsatz des Unterfahrschutzes an allen kurvenreichen Strecken kommt vielerorts derzeit nicht in Betracht.

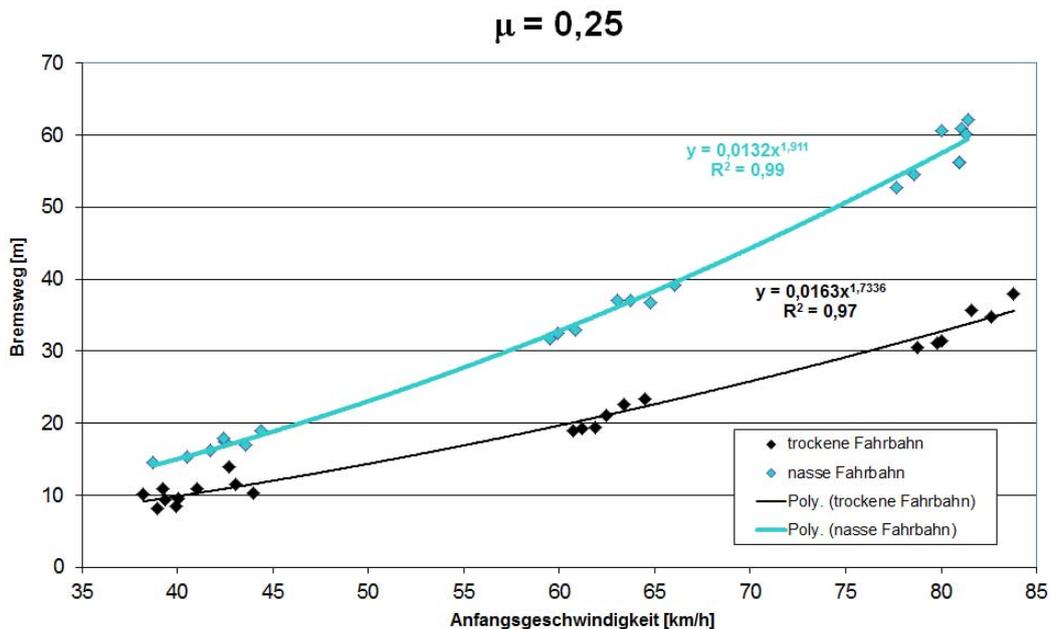
2.2 Griffigkeitserhöhung

Die Griffigkeit einer Fahrbahnoberfläche ist für die Verkehrssicherheit von großer Bedeutung. Beherrschbare Beschleunigungs-, Verzögerungs- und Lenkmanö-

vern sind nur dann möglich, wenn das Kraftschlussangebot der Fahrbahnoberfläche mindestens ebenso groß ist, wie die aus dem Fahrmanöver resultierende Kraftschlussnachfrage des Fahrzeugs [20]. Die Aufrechterhaltung der Straßen-griffigkeit stellt somit eine wesentliche Aufgabe des Straßenerhalters hinsichtlich der Bereitstellung einer betriebssicheren Straßeninfrastruktur dar.

Die Griffigkeit wird im Wesentlichen durch den Reibungsbeiwert an der Straßenoberfläche definiert. Dieses Merkmal wird in Österreich im Zuge von messtechnischen Zustandserfassungen durch den Einsatz eines sogenannten „Stuttgarter Reibungsmessers (SRM)“ ermittelt. Bei diesem Messsystem handelt es sich um ein Messrad (ähnlich einem Pkw-Reifen, jedoch mit speziellem Profil), welches mit konstantem Schlupf auf der nassen Straßenoberfläche in der rechten Radspur mit einer Geschwindigkeit von 60 km/h gezogen wird. Aus dem konstanten Anpressdruck auf die Straßenoberfläche und der zum Ziehen notwendigen Kraft (aufgenommen über Kraftmessdosen) kann der dimensionslose Reibungsbeiwert (μ) ermittelt werden [21].

Wie man der nachfolgenden Abbildung 10 entnehmen kann, beträgt der Bremsweg auf nasser Fahrbahn bei einem geringen Reibungsbeiwert (Zustandsklasse 5, $\mu \leq 0,38$) ein Vielfaches der Verhältnisse bei trockener Fahrbahn. Bei einer hohen Griffigkeit der Straßenoberfläche ($\mu \geq 0,75$, Zustandsklasse 1) gemäß RVS 13.01.15 [22] wurden hingegen in Bremsversuchen fast kein Unterschied in den Bremsweglängen festgestellt.



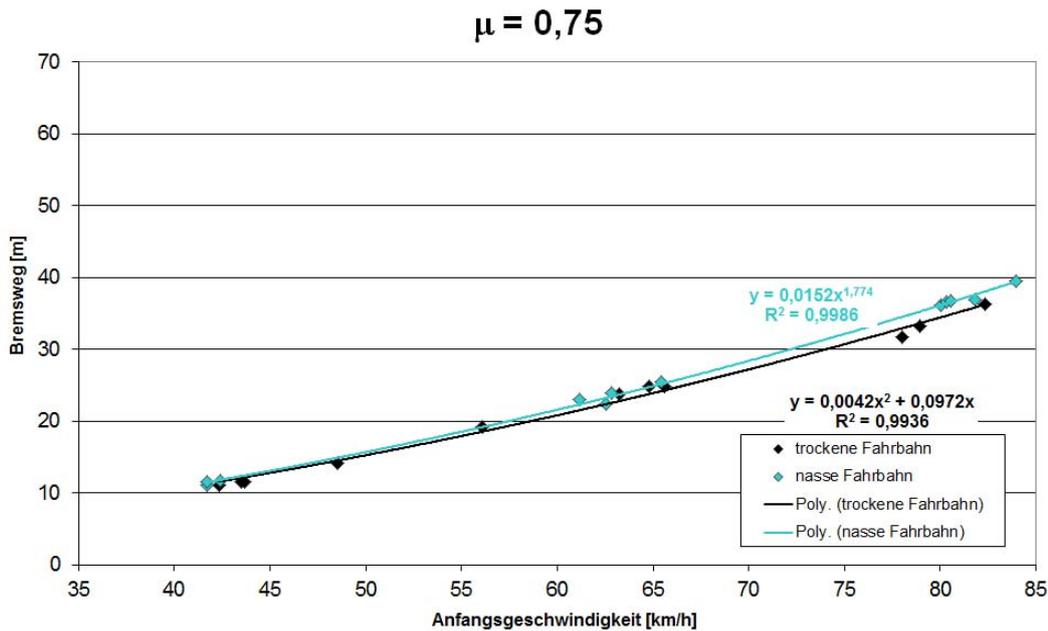


Abbildung 10: Bremsversuche auf nasser und trockener Fahrbahn von Straßen mit niedriger ($\mu=0,25$) und hoher ($\mu=0,75$) Griffigkeit [20]

In den 1980er-Jahren wurden in Deutschland großflächige Griffigkeitsmessungen durchgeführt und mit Unfalldaten korreliert (siehe [Abbildung 11](#)). Aus der Abbildung ist ersichtlich, dass eine zunehmende Griffigkeit mit einem stetigen Abfall der Unfallanzahlen (insbesondere bei Nässe) einhergeht. Diese Erkenntnis wird durch den von [20] postulierten Zusammenhang zwischen Fahrgeschwindigkeit und Bremsweglänge bei unterschiedlichem Straßenzustand bestätigt.

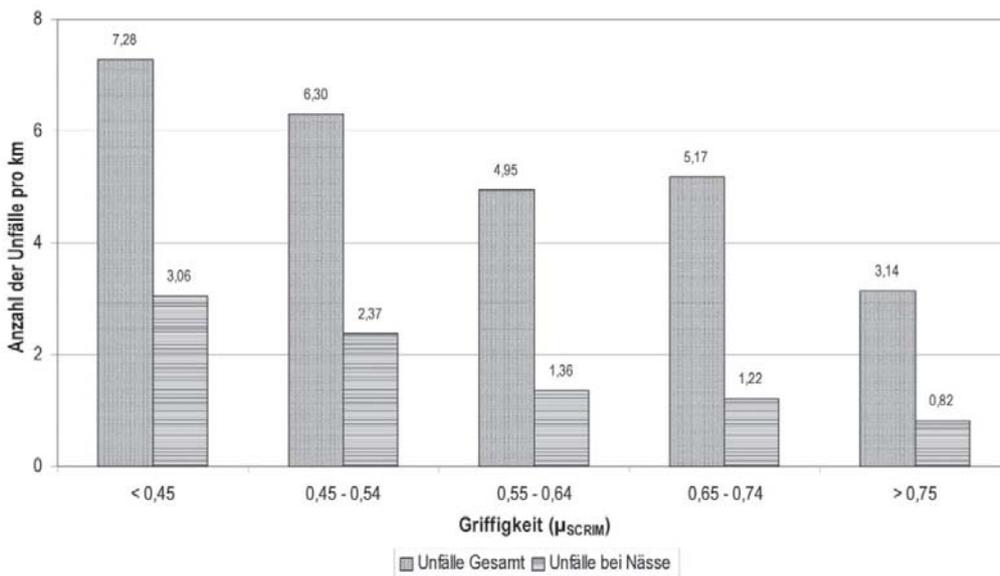


Abbildung 11: Unfallzahlen (Gesamt/bei Nässe) für verschiedene Griffigkeitsklassen [20]

Neueste Untersuchungen zu diesem Thema bestätigen die langjährige Hypothese. Im Rahmen des Projektes „Safety Cube“ (<https://www.safetycube-project.eu/>) wurde mangelnde Straßengriffigkeit als einer jener Risikofaktoren identifiziert, die einen maßgeblichen Einfluss auf das Unfallgeschehen haben und wissenschaftlich bereits hinreichend erforscht wurden:

“There is a strong statistical relationship between road surface condition and road safety outcomes. Skid resistance is one of the most important surface properties with regard to safety, directly related to friction adequacy; it decreases continuously with time, due to the polishing action of the traffic. Several studies have shown that there is a significant correlation between accident risk due to skidding and the pavement's skid resistance. Improving road surface friction reduces the number of accidents. The effects are greatest on wet roads, in sharp bends and when friction is initially low.”

Die Abbildung 12 entstammt einer Studie aus Tschechien aus dem Jahr 2006 und kommt zu ähnlichen Ergebnissen wie in den 1980er-Jahren in Deutschland.

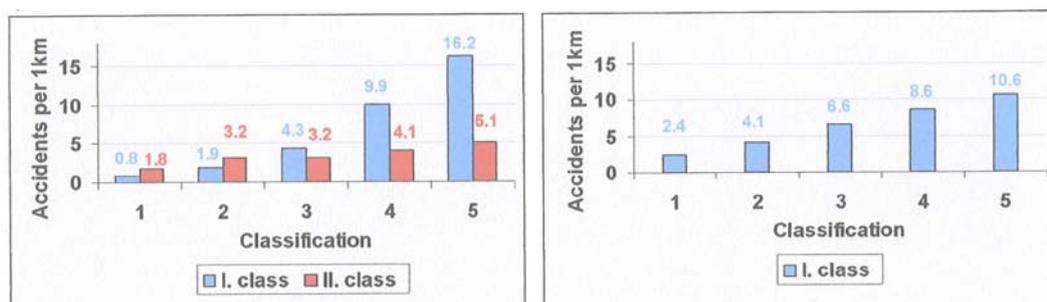


Abbildung 12: Zusammenhang Griffigkeitsklasse und Unfalldichte für verschiedene Straßenkategorien (Class I, Class II) und Jahre (Links: 2003-2004, Rechts: 2005) [23]

2.3 Bewusstseinsbildung

In der Steiermark und in Vorarlberg wurden im Jahr 2012 verschiedene Kampagnen („Lust auf Sicherheit“, „Spaß auf 2 Rädern – aber sicher“), maßgeschneidert auf die Bedürfnisse von Motorradfahrern, durchgeführt. Ziel der Workshops war es, den Teilnehmern zu vermitteln, dass ein den örtlichen Verhältnissen angepasster Fahrstil keineswegs den Spaß am Motorradfahren mindert, sondern vielmehr Basis für einen lustvollen Umgang mit dem Mythos „Motorrad“ bedeutet. Die mit dem Motorradfahren einhergehenden Risiken (siehe Kapitel 1.2) können dadurch erheblich gemindert werden.

Das Projekt „Lust auf Sicherheit“ wird nicht im Rahmen der gegenständlichen Studie evaluiert, da es sich hierbei um keine infrastrukturelle Maßnahme handelt.

2.4 Erhebungen

Die B82 (Seeberg Straße) in Kärnten hat sich in den letzten Jahren zu einer beliebten Motorradstrecke entwickelt. Die, auf Grund ihrer Topographie, sehr anspruchsvolle Streckenführung weist ein sehr hohes Unfallgeschehen mit motorisierten Zweirädern, insbesondere Alleinunfälle, auf. Da die getätigten verkehrstechnischen Maßnahmen (Leitschienen, Leitwinkel, Bodenmarkierungen etc.) nicht zum gewünschten Erfolg führten, beschloss die Kärntner Landesregierung, eine umfassende Blickanalyse der Strecke zu beauftragen. Ziel der Untersuchung war es, durch Beurteilung der perspektivischen Zusammenhänge eine Entscheidungshilfe bei der Implementierung von Sicherungsmaßnahmen zu erhalten. Die Erhebung wurde von EPIGUS, Institut für ganzheitliche Unfall- und Sicherheitsforschung mit dem System „Viewpoint“ durchgeführt. Die B82 wurde von zwei Probanden abgefahren und die Schwächen im Blickverhalten analysiert.

Die in der Untersuchung vorgeschlagenen Sicherungsmaßnahmen werden in den kommenden Jahren sukzessive umgesetzt, da die Kosten von der Landesstraßenverwaltung nur über mehrere Jahre hinweg aufgebracht werden können.

2.5 Kennzeichnung des Kurvenverlaufs

Aus Verkehrs(konflikt)beobachtungen und Unfallanalysen ist bekannt, dass PTW-Lenker Kurven oftmals schneiden und in weiterer Folge (zu) nahe an die Leitlinie geraten bzw. diese sogar überragen. Dies kann zu schweren Verkehrskonflikten mit entgegenkommenden Fahrzeugen bis hin zu Unfällen mit tödlichem Ausgang führen [24].

Im Rahmen eines Pilotprojekts seitens des Kuratoriums für Verkehrssicherheit und des Bundeslandes Kärnten wurden an ausgewählten Stellen der B95 (Turraacherstraße) und der B105 (Mallnitzerstraße) verschiedene Formen von Bodenmarkierungen getestet (siehe [Abbildung 13](#)).



Abbildung 13: Formen der erprobten Bodenmarkierungen (Links: B95, km 55,200; Rechts: B105, km 4,400) [24]

Ziel der Untersuchung war es, zu evaluieren, ob Lenker einspuriger Kraftfahrzeuge mittels Bodenmarkierungen angehalten/motiviert werden können, Kurven bes-

ser auszufahren, d.h. mehr am Fahrbahnrand und weniger in der Fahrbahnmitte zu fahren. Dadurch sollen potentielle Konfliktsituationen mit entgegenkommenden Fahrzeugen reduziert und in weiterer Folge Verkehrsunfälle vermieden werden.

Im Rahmen der Pilotstudie [24] wurde jeweils eine Kurve mit punktförmigen (B95) bzw. ellipsenförmigen Bodenmarkierungen (B105) ausgestattet. Die Evaluierung erfolgte im Rahmen mehrtägiger VORHER-NACHHER Untersuchungen. Zu diesem Zweck wurde das Fahrverhalten der Motorradlenker während der Kurvenfahrt annotiert und analysiert, in welchem Segment des Fahrstreifens einspurige Kfz die Kurve befahren (siehe [Abbildung 14](#)).



[Abbildung 14](#): Klassifikation von Kurvenfahrten einspuriger Kfz nach Segmenten (gelb = Fahrbahnrand, grün = Fahrstreifenmitte, rot = Kurvenschneiden) [24]

Wie man [Abbildung 15](#) entnehmen kann, war auf beiden Versuchsstrecken eine erhebliche Reduktion der Anteile an Kurvenschneiden zu verzeichnen. Aufgrund der geringen Beobachtungsdauer, speziell an der B105 (lediglich eine VORHER-NACHHER-Erhebung), sind die Ergebnisse jedoch mit Vorsicht zu genießen und berücksichtigen nicht allfällige Gewöhnungseffekte seitens der Motorradlenker.

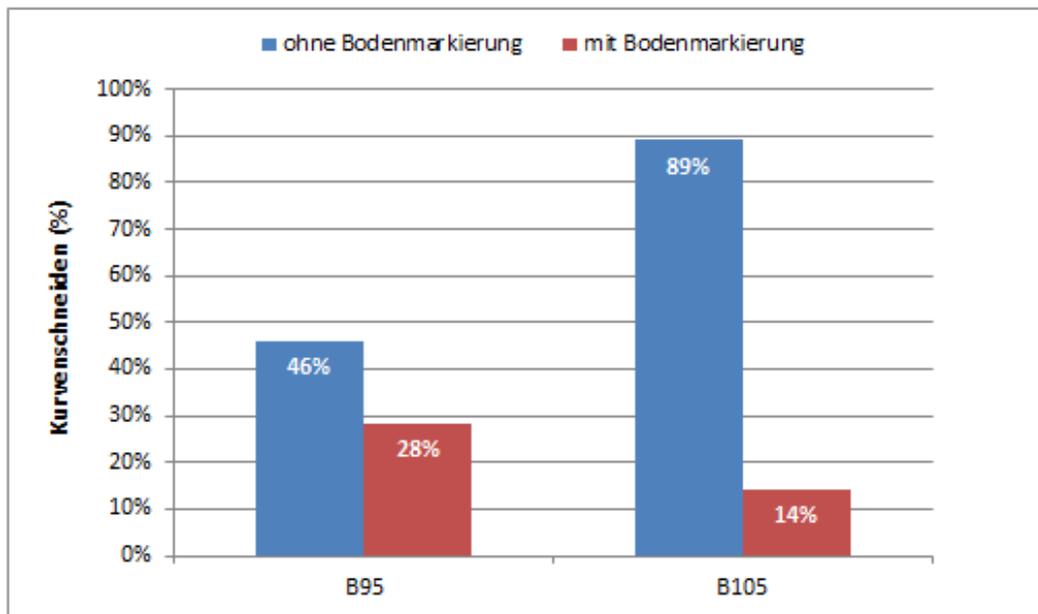


Abbildung 15: Veränderung des Fahrverhaltens einspuriger Kfz aufgrund von Bodenmarkierungen [24]

3. Definition der Risikogruppe

Verkehrsunfälle entstehen in Folge des Auftretens eines oder mehrerer Risikofaktoren. Der Unfalltyp wird somit von den Risikofaktoren beeinflusst und bestimmt. Unfälle unter Alkoholeinfluss treten z.B. gehäuft an Wochenenden und dann wiederum v.a. in den Nacht- bzw. Morgenstunden auf (sog. Diskounfälle). Im Rahmen des gegenständlichen Kapitels die Risikogruppe (im Englischen: Target Accident Group, TAG) definiert, die im Rahmen der gegenständlichen Untersuchung den weiteren Analysen zugrunde gelegt wird.

Der Grundgedanke bei der Definition einer TAG ist, dass (Verkehrssicherheits-) Maßnahmen im Regelfall auf einen bestimmten „Benutzerkreis“ zugeschnitten sind und daher – hinsichtlich verschiedener Risikogruppen – auch unterschiedlich wirken. Als plakatives Beispiel sollen verstärkte Radarkontrollen seitens der Exekutive an einem Streckenabschnitt dienen, auf dem es in der Vergangenheit gehäuft zu Unfällen aufgrund von überhöhter Geschwindigkeit gekommen ist. Diese Maßnahme zielt vordringlich darauf ab, Schnellfahrer (Target Accident Group) habhaft zu werden (generalpräventive Wirkung), um Fahrer zu veranlassen, sich an das verordnete Geschwindigkeitslimit zu halten. Andere Risikogruppen, wie z.B. Lenker unter Drogeneinfluss, bleiben von dieser Maßnahme unbeeinflusst.

Gemäß Definition der Statistik Austria handelt es sich bei Motorradunfällen um Unfälle mit Personenschaden, bei denen zumindest ein motorisiertes Zweirad (PTW) involviert ist. Im Projekt MoMio werden die Auswirkungen von infrastrukturellen Maßnahmen auf das Unfallgeschehen motorisierten Zweiräder evaluiert.

Obwohl davon ausgegangen werden kann, dass auf Freilandstraßen überwiegend Motorräder der Klasse L3e gefahren werden, ist nicht auszuschließen, dass auch andere Formen von PTW zum Einsatz gelangen. Da die Maßnahmen hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf PTW insgesamt bewertet werden sollen, werden nachfolgende Verkehrsarten für die nachfolgende Modellierungen und Analysen herangezogen (siehe Tabelle 4).

Tabelle 4: Risikogruppe (Target Accident Group) zwecks Maßnahmenevaluierung

MoMio Risikogruppe	Code	Verkehrsart
Kraftrad (Powered Two Wheelers)	1	Motorfahrrad L1 (Moped)
	2	Motorrad L3e oder Motorrad mit Beiwagen L4e
	20	Kleinmotorrad L3e oder Kleinmotorrad mit Beiwagen L4e < 50 ccm
	24	Leichtmotorrad L3e oder Leichtmotorrad mit Beiwagen L4e: max. 35 kW und einem Verhältnis Leistung/Leergewicht von nicht mehr als 0,2 kW/kg

4. Methodik

4.1 Einführung in die Risikoanalyse

Um Unfallereignisse und deren Auswirkungen besser verstehen und analysieren zu können, werden in der modernen Unfallforschung verstärkt Risikomodelle herangezogen. Unter Risiko versteht man die Kombination aus der Wahrscheinlichkeit, mit der ein Ereignis auftritt und dem Ausmaß des damit verbundenen Schadens.

$$\text{Risiko} = \text{Eintrittswahrscheinlichkeit} \times \text{Ausmaß der Konsequenzen}$$

In den vergangenen Jahrzehnten wurden weltweit unterschiedliche Ansätze und Methoden zur Risikobewertung entwickelt (z.B. Functional Hazard Analysis, Engineering Safety Management, Fehlerbaumanalyse). Seit Veröffentlichung des Highway Safety Manual [25] werden in der Unfallursachenforschung jedoch verstärkt sogenannte Generalisierte Lineare Modelle (GLM) verwendet, um technische Systeme und deren Risiken untersuchen und bewerten zu können. GLMs ersetzen dabei zusehends die bisherigen traditionellen Verfahren der Unfallanalyse (Unfalldichte, Unfallrate, Unfallkostenrate etc.), da diese Abhängigkeiten (Interdependenzen) zwischen den einzelnen Risikofaktoren sowie Unsicherheiten in Bezug auf Systemkomponenten nur bedingt berücksichtigen.

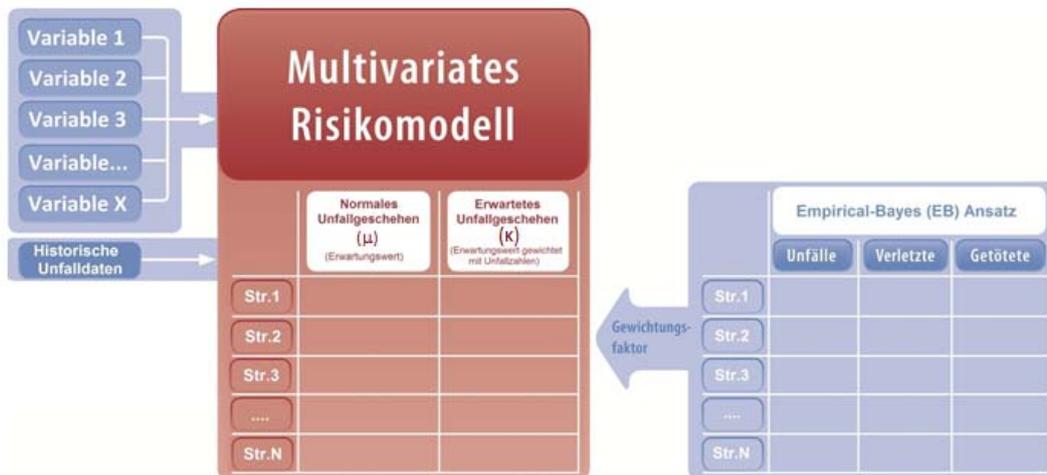
Generalisierte Lineare Modelle wurden Anfang der 1980er Jahre von Peter McCullagh und John Nelder [26] (weiter)entwickelt und eignen sich insbesondere zur Modellierung von Verkehrsunfallereignissen. Während man bei „klassischen“ linearen Modellen annimmt, dass die Zielvariable normalverteilt ist, kann sie in GLM eine Verteilung aus der Klasse der exponentiellen Familie besitzen. Zahlreiche Untersuchungen auf dem Gebiet der Unfallforschung zeigen, dass sich die Häufigkeit von Verkehrsunfällen oftmals mittels einer Poisson- bzw. Negativ Binomial-Verteilung approximieren lässt [27].

In den Vereinigten Staaten wurde 2010 nach mehrjähriger Entwicklungsarbeit das sogenannte Highway Safety Manual (HSM) [25] veröffentlicht. Dieses derzeit wohl aktuellste Kompendium rund um den Themenkomplex Verkehrssicherheit befasst sich (fast ausschließlich) mit der Anwendbarkeit unterschiedlicher Regressionsmodelle, die im HSM unter dem Begriff „Safety Performance Function“ (SPF) firmieren.

4.2 Unfallvorhersagemodelle

Unfallvorhersagemodelle (sog. Accident Prediction Models) eignen sich insbesondere zur Modellierung von Verkehrsunfallereignissen. Die Ergebnisse einer

Modellrechnung spiegeln jedoch stets einen Durchschnittswert wider und können daher nicht allein zur Evaluierung einer spezifischen Unfallstelle herangezogen werden. Zu diesem Zweck müssen vielmehr auch die lokalen Einflussfaktoren, welche im Modell nicht oder nur als Durchschnittsgröße einbezogen wurden, als Gewichtung der Modellergebnisse berücksichtigt werden. Dies geschieht auf Basis von Unfallzahlen (siehe [Abbildung 16](#)).



[Abbildung 16](#): Schema eines Risikomodells zur Prognose von Verkehrsunfällen

Im Projekt MoMio werden zu diesem Zweck verschiedene Modellvorhersagen und örtliche Unfallzahlen in Form von Gewichtungsfaktoren verwendet, um die Schwächen traditioneller Bewertungsverfahren (z.B. fehlende Berücksichtigung von Interdependenzen zwischen den Variablen sowie Unsicherheiten in Bezug auf Systemkomponenten) zu vermeiden und ein (Rechen-) Ergebnis zu liefern, welches der Realität weitestgehend entspricht.

In einem ersten Schritt werden verschiedene Einflussgrößen (Variablen) des Straßenumfelds (Entwurfselemente der Lage und/oder der Höhe), Verkehrsdaten sowie historische Unfalldaten herangezogen, um ein generelles Prognosemodell zu kalibrieren. Ergebnis dieser Modellierung ist eine streckenspezifische Maßzahl (Index), welche für jede Straßenstelle bzw. Streckenabschnitt in Abhängigkeit der oben genannten Variablen einen Erwartungswert μ für das Auftreten von Verkehrsunfällen („normales“ Unfallgeschehen) angibt.

Zusätzlich zu den Charakteristika des Gefahrenraumes werden aktuelle Unfallzahlen für eine weitere „Verfeinerung“ (Gewichtung) der Modellergebnisse herangezogen. HAUER [28] weist im Rahmen seiner Arbeiten nach, dass die Verknüpfung der Ergebnisse eines multivariaten Risikomodells mit Informationen zum örtlichen Unfallgeschehen zwei wesentliche Vorteile gegenüber traditionellen Analysemethoden (z.B. Ereignisbäume) aufweist:

1. Berücksichtigung von im Modell nicht enthaltenen Variablen und des allgemeinen Trends:

Jedes Risikomodell, auch wenn es noch so viele Einflussparameter berücksichtigt, liefert lediglich ein „Abbild“ der Realität. Diese spiegelt sich laut SICKING et al. [29] in den örtlichen Unfallzahlen wider:

“Local crash histories intrinsically incorporate the effects of all high-way, roadside and local land-use characteristics for the site under consideration”

Im Umkehrschluss ist es daher auch möglich, auf Basis der Unfallzahlen, Aussagen hinsichtlich der örtlichen Gegebenheiten zu tätigen, insbesondere wenn diese im Rahmen von multivariaten Risikomodellen untersucht werden.

2. Vermeidung des Regression-to-the-Mean (RTM) Fehlers:

Die Regression zur Mitte ist ein Begriff aus der Statistik und bezeichnet das Phänomen, dass bei Zufallsvariablen nach einem extremen Messwert die nachfolgende Messung wieder näher am Durchschnitt liegt. HAUER und PERSAUD [30] haben 1983 nachgewiesen, dass RTM-Fehler bei Verkehrssicherheitsanalyse besonders häufig anzutreffen sind, da im Regelfall jene Stellen im Straßennetz untersucht werden, die hinsichtlich ihres Unfallgeschehens besonders auffällig waren (sog. Unfallhäufungsstellen, UHS).

Da Unfälle nicht nur aufgrund von Risikofaktoren (systematische Komponente) „passieren“, sondern stets auch eine Zufallskomponente beinhalten, sinkt das Unfallgeschehen an UHS in den Folgejahren tendenziell ab, auch wenn keine Verkehrssicherheitsmaßnahmen gesetzt wurden [10]. Da dieser Umstand bei der Evaluierung von Maßnahmen oftmals nicht Berücksichtigung findet, werden Sicherheitseffekte z.T. überbewertet.

Mithilfe eines sogenannten Empirical-Bayes (EB) Ansatzes ist es möglich, den Output eines (Risiko-)Modells dermaßen zu modifizieren, dass RTM-Fehler vermieden werden und das Ergebnis einen gewichteten streckenspezifischen Erwartungswert (κ) wiedergibt (siehe Kapitel 4.5). Dieser modifizierte Bewertungsmaßstab wird daher auch als „erwartetes“ Unfallgeschehen bezeichnet.

4.3 Methodische Vorgehensweise

Zahlreiche Untersuchungen auf dem Gebiet der Unfallforschung beweisen, dass sich die Häufigkeit von Verkehrsunfällen oftmals mittels einer Poisson bzw. Ne-

gativen Binomialverteilung (NB) approximieren lässt [27] [31]. Beide Verteilungen zählen zur Gruppe der diskreten Wahrscheinlichkeitsverteilung, die beim mehrmaligen Durchführen eines sogenannten Bernoulli-Experiments entsteht. Hierbei handelt es sich um ein Zufallsexperiment, das nur zwei mögliche Ergebnisse kennt (z.B. Auftreten bzw. Nicht-Auftreten eines Unfalls). Führt man ein solches Experiment sehr oft durch und ist die Erfolgswahrscheinlichkeit gering, so ist die Poisson-Verteilung eine gute Näherung für die entsprechende Wahrscheinlichkeitsverteilung. Die Poisson-Verteilung wird deshalb auch als Verteilung der seltenen Ereignisse bezeichnet. Die Wahrscheinlichkeitsverteilung wird durch einen einzigen Parameter $\lambda > 0$ bestimmt.

$$f(k; \lambda) = \frac{\lambda^k e^{-\lambda}}{k!}, \quad k \in \mathbb{N}_0,$$

der gleichzeitig auch Erwartungswert und Varianz der Zufallsvariable Y ist. Man spricht in diesem Zusammenhang auch von Äquidispersion.

$$E(Y) = \lambda, \text{Var}(Y) = \lambda.$$

Der Parameter λ beschreibt die mittlere Auftretenshäufigkeit eines Ereignisses in einem gewissen Zeitraum.

Regressionprobleme mit Zählvariablen als abhängige Variable führen zur sogenannten Poisson-Regression. Diese fällt ebenso wie die klassische lineare Regression in den methodisch einheitlichen Rahmen der generalisierten linearen Modelle (GLM).

4.3.1 Generalisierte Lineare Modelle

Generalisierte lineare Modelle [26] umfassen in einem methodisch einheitlichen Rahmen verschiedene Regressionsansätze für nicht notwendigerweise normalverteilte Zielvariablen. In solchen Modellen wird u.a. angenommen, dass der Effekt der Kovariablen durch einen linearen Prädiktor erfasst werden kann.

Der bedingte Erwartungswert $\mu = E(y|x)$ der Zielvariablen y wird mit dem linearen Prädiktor $\eta = x^T \beta$ durch eine Responsefunktion h bzw. einer Linkfunktion $g = h^{-1}$ verknüpft:

$$\mu = h(\eta) \text{ bzw. } \eta = g(\mu).$$

Die Zielvariable wird nicht mehr als (approximativ) normalverteilt betrachtet, sondern folgt einer beliebigen Verteilung aus der univariaten Exponentialfamilie. Hierin enthalten sind insbesondere Regressionsmodelle für binäre Zielgrößen (Bernoulliverteilung) und Zählvariablen (Poissonverteilung), aber auch Regressi-

onsmodelle für positive stetige Zufallsvariablen basierend auf der Gammaverteilung.

Die bedingte Verteilungsdichte von $y_i|x_i$ muss somit der Beziehung

$$f(y; \lambda, \phi) = \exp\left(\frac{y \cdot \lambda - b(\lambda)}{\phi}\right) + c(y, \phi)$$

genügen, wobei $b(\cdot)$ und $c(\cdot)$ gegebene Funktionen bezeichnen, welche die gewählte Modellklasse (Normal-, Binomial-, Poisson-, Gammaverteilung) spezifizieren. Der Parameter λ heißt natürlicher oder kanonischer Parameter, der Parameter ϕ wird Dispersionsparameter genannt. Man kann zeigen, dass

$$\begin{aligned} E(y_i | x_i) &= \mu_i = b(\lambda_i), \\ \text{Var}(y_i | x_i) &= \phi \cdot b(\lambda_i) \end{aligned}$$

gilt. Die Varianz ist somit proportional zu $\text{Var}(\mu) = b(\lambda(\mu))$, der so genannten Varianzfunktion. Ein spezifisches generalisiertes lineares Modell ist somit durch den Typ der Exponentialfamilie, durch die Wahl der Link-/Responsefunktion und durch die Definition und Auswahl der Kovariablen vollständig charakterisiert. Die Prädiktoren werden üblicherweise durch die Maximum-Likelihood-Methode in einer iterativ gewichteten Least-Squares-Schätzung berechnet.

4.3.2 Regressionsmodelle für Zähldaten

Poisson-Modell: Das einfachste Regressionsmodell für Zähldaten ist das Poisson-Modell mit der Wahrscheinlichkeitsverteilung

$$f(y; \mu) = \frac{\exp(-\mu)\mu^y}{y!} = \exp(y \log(\mu) - \mu - \log(y!))$$

Die kanonische Linkfunktion ist gegeben durch $g(\mu) = \log(\mu)$, welche eine log-lineare Beziehung zwischen dem Erwartungswert und dem linearen Prädiktor beschreibt. Die Varianz im Poisson-Modell ist gleich dem Erwartungswert, daher ist der Dispersionsparameter $\phi = 1$ und die Varianzfunktion $\text{Var}(\mu) = \mu$.

Bei der Poisson-Regression sind oftmals folgende zwei Probleme zu beobachten:

1. Überdispersion: Eine Charakteristik der Poissonverteilungsannahme ist die Gleichheit von Erwartungswert und Varianz. In vielen Fällen wird jedoch eine weit höhere empirische Varianz in den Daten beobachtet, z.B. durch das Fehlen von wichtigen erklärenden Kovariablen. Als Überdispersion bezeichnet man daher in der Poisson-Regression das Phänomen, dass die empirische Varianz der Daten ihren Mittelwert übersteigt. Abhilfe schaffen sogenannte Quasi-Poisson-Modelle oder Gamma-Poisson-

Mischmodelle, welche zu einer negativen Binomial-Verteilung (NB-Regression) führen.

2. **Nullenüberschuss:** Ein weiteres häufig auftretendes Phänomen bei der Poisson-Regression ist, dass mehr Nullen beobachtet werden, als es im gewählten Modell durch die Verteilungsannahme erlaubt ist. Mögliche Lösungsansätze sind Nullenüberschuss-Regressionsmodelle wie z.B. die Zero-Inflated-Poisson-Regression (ZIP) oder die Zero-Inflated-Negative-Binomial-Regression (ZINB).

Quasi-Poisson-Modell: In Anwendungen wird oft eine signifikant größere empirische Varianz beobachtet, als die angenommene Poisson-Verteilung impliziert. Es ist daher zweckmäßig, einen Überdispersionsparameter ϕ , der aus den Daten geschätzt werden kann, mittels der Annahme

$$\text{Var}(y_i | x_i) = \phi \cdot \lambda_i$$

einzuführen.

Negatives Binomial-Modell: Die negative Binomialverteilung tritt auf, wenn überdispersierte Poisson-verteilte Daten modelliert werden, d.h. man Zähldaten verwendet, bei denen die Varianz größer als das Mittel ist. Wird angenommen, dass die Erwartungswerte μ_i Gamma-verteilt sind, erhält man durch Integration über μ_i in der kontinuierlichen Gamma-Poisson-Mischverteilung als Randverteilung folgende Parametrisierung der negativen Binomialverteilung

$$f(y; \mu, \theta) = \frac{\Gamma(y + \theta)}{\Gamma(\theta)y!} \frac{\mu^y \theta^\theta}{(\mu + \theta)^{y+\theta}}.$$

Der Parameter θ wird Dispersionsparameter genannt. Für einen festen Parameter θ ist die Verteilung wieder Mitglied der Exponentialfamilie und daher ein Spezialfall eines generalisierten linearen Modells. Es gilt wiederum $\phi = 1$, die Varianzfunktion ist aber in diesem Fall gegeben durch

$$\text{Var}(\mu) = \mu + \alpha\mu^2$$

mit $\alpha = 1/\theta$, und daher auf Grund des quadratischen Terms größer als der Erwartungswert (NB-2 Modell). Treten in der abhängigen Variable viele Nullen auf, liefern die oben angeführten Regressionsmodelle verzerrte Koeffizienten. Abhilfe schaffen sogenannte Null-adjustierte Modelle wie die Zero-Inflated-Poisson-Regression (ZIP) bzw. Zero-Inflated-Negative-Binomial-Regression (ZINB).

4.3.3 Schätzung des Überdispersionsparameters

Wird eine mögliche Überdispersion in einem Poisson-Modell durch die Annahme

$$\text{Var}(y_i | x_i) = \phi \cdot \lambda_i$$

berücksichtigt, so schätzt man ϕ durch

$$\phi = \frac{\chi^2}{n-p}$$

Wobei n die Anzahl der Datensätze, p die Anzahl der Modellparameter und

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(y_i - \hat{\lambda}_i)^2}{\hat{\lambda}_i}$$

die so genannte Pearson-Statistik bezeichnet.

4.3.4 Modellwahl

Um zwischen mehreren konkurrierenden statistischen Modellen mit verschiedenen Prädiktoren und Parametern auszuwählen, muss ein Kompromiss zwischen einer möglichst guten Datenanpassung und einer großer Modellkomplexität, d.h. einer hohen effektiven Anzahl von Parametern, erzielt werden. Das im Rahmen der Maximum-Likelihood-Inferenz am häufigsten verwendete Modellwahlkriterium ist das Informationskriterium nach Akaike (AIC). Allgemein ist das AIC definiert durch:

$$\text{AIC} = -2l(\hat{\beta}) + 2k$$

wobei k die Anzahl der Parameter im Modell bezeichnet und $l(\beta)$ den maximalen Wert der Log-Likelihood darstellt, wenn in die Log-Likelihood der ML-Schätzer β eingesetzt wird. Bei der Wahl zwischen verschiedenen Modellen wird das Modell mit dem kleinsten AIC-Wert (und nicht mit der größten Log-Likelihood $l(\cdot)$) bevorzugt. Dadurch wird eine Überanpassung an den Datensatz durch Bestrafung zu hoher Komplexität, d.h. einer zu hohen (effektiven) Anzahl von Parametern, vermieden.

Das AIC-Modellwahlkriterium wird im gegenständigen Projekt verwendet, um aus einer Reihe zur Verfügung stehender Modellen die vielversprechendsten zu selektieren. Hierbei wird folgende Vorgehensweise gewählt:

1. Aufgrund von Vorüberlegungen bzw. Vorwissen aus vorangegangenen Analysen wird eine Auswahl potentieller Modelle getroffen. Diese Modelle können sich in der Anzahl der Variablen aber auch in der Art der Modellierung (z.B. verschiedene Verteilungsannahmen) unterscheiden.

2. Die zur Verfügung stehenden Modelle werden mittels AIC-Modellwahlkriterium beurteilt. Bei der Beschreibung der Ergebnisse sollte man sich jedoch nicht unbedingt auf das beste Modell – im Sinne des gewählten Modellwahlkriteriums – beschränken, da in der Regel mehrere Modelle annähernd das gleiche Gütemaß aufweisen und sich auch nur in bestimmten Teilaspekten unterscheiden. Die finale Modellwahl wurde schlussendlich aufgrund der Ergebnisse der Plausibilitätsprüfung mittels AIC sowie fachlicher Überlegungen getroffen.

4.3.5 Variablenselektion

Da die Zahl der zur Verfügung stehenden Einflussvariablen und Modellierungsvarianten dermaßen groß ist, dass eine Berechnung aller möglichen Modelle nicht ohne weiteres durchführbar war, wurde eine schrittweise Variablenselektion (Stepwise-Selection) angewandt. Bei diesem Verfahren wird, ausgehend von einem Startmodell, in jeder Iteration eine Variable in das Modell aufgenommen bzw. entfernt und zwar diejenige, welche die größte Reduktion eines Modellwahlkriteriums (AIC, Kreuzvalidierung etc.) ergibt. Der Algorithmus ist beendet, wenn keine Reduktion mehr möglich ist.

In der Fachliteratur [25] hat sich das NB-Modell als Standard zur Modellierung von Unfallhäufigkeiten etabliert. Auch wenn mittlerweile zahlreiche anderen mathematische Verfahren existieren, die z.T. genauere Ergebnisse ermöglichen, hat sich, ausgehend von den USA (AASHTO – American Association of State Highway and Transportation Officials) ein großer Kreis von Wissenschaftlern und Praktikern gebildet, die die Verwendung von Zählmodellen in der Verkehrssicherheitsplanung propagieren.

4.4 **Datengrundlagen**

4.4.1 Unfalldaten

Grundlage für die Modellierung der Abkommensunfälle waren Unfalldaten der Statistik Austria für einen Zeitraum von 10 Jahren (jeweils 5 Jahre vor und nach dem Zeitpunkt der Erhebung der Infrastrukturdaten; siehe 4.4.2). Da sämtliche in Betracht kommende Modelle Zählmodellen als abhängige Variable verwenden, wurden in einem ersten Schritt die einzelnen Unfälle jeweils einem bestimmten Streckenabschnitt zugeordnet. Auf Basis dieser Segmentierung konnten im Anschluss Unfallanzahlen bestimmt und den entsprechenden Kovariablen gegenübergestellt werden. Die Streckenintervalle müssen jedoch eine gewisse Mindestlänge aufweisen, damit die beobachteten Unfallhäufigkeiten durch eine theoretische Verteilung approximiert werden können. Für die Analyse des Unfallgeschehens auf dem Landesstraßennetz wurden Segmentlängen von 50m verwen-

det, um lokale Effekte (vor allem auf kurvenreichen Strecken) adäquat abbilden zu können.

4.4.2 Infrastrukturdaten

Mit dem mobilen Messsystem RoadSTAR können im fließenden Verkehr bei Messgeschwindigkeiten zwischen 40 km/h und 120 km/h (Standardgeschwindigkeit 60km/h) die wichtigsten Oberflächeneigenschaften sowie Trassierungsparameter erfasst werden. Zusätzlich werden mit Kamerasystemen der Straßenraum und die Straßenoberfläche aufgenommen.

Im Zuge diverser Messkampagnen in den vergangenen Jahren wurde ein Großteil des österreichischen Landesstraßennetzes erhoben. Diese Messdaten liegen bis auf wenige Ausnahmen (z.B. Messlücken aufgrund von Baustellen) vor und wurden für die nachfolgende Modellierung herangezogen. Die Trassierungs- und Straßenzustandsdaten haben eine Auflösung von einem Meter. Für die Modellbildung wurden aus diesen Messdaten verschiedene aussagekräftige Merkmale für die einzelnen Segmente abgeleitet.

Des Weiteren wurden die Geschwindigkeitslimits, die tatsächlich gefahrene mittlere Geschwindigkeit sowie Information über die Anzahl der Fahrstreifen und die Gesamtbreite der Fahrbahn aus dem offiziellen Straßengraphen Österreichs (gip.gv.at) extrahiert und auf die 50m-Segmente umgelegt. Soweit verfügbar wurden Daten zum jährlichen durchschnittlichen täglichen Verkehrsaufkommen (JDTV) von Zählstellen entlang des Landesstraßennetzes den Abschnitten zugeordnet, wobei entlang des Straßenverlaufes zwischen den Zählstellen linear interpoliert wurde.

Tabelle 5: Übersicht der für die Modellierung verwendeten Variablen

Kategorie	Variablenname	Skalenniveau	Anmerkungen
Trassierungsdaten/ Straßengeometrie	s	metrisch	Median der Längsneigung im betrachteten Segment.
	q	metrisch	Median der Querneigung im betrachteten Segment.
	bendiness	metrisch	Kurvigkeit im betrachteten Segment; Die Kurvigkeit ist für ein Segment der Länge definiert als: $b = \frac{1}{L} \sum_{i=1}^L \psi_i ,$ wobei die jeweilige Kurswinkeländerung in Gon bezeichnet wird.
	geom	kategoriiell	Geometrietypp im betrachteten Abschnitt; mit den Ausprägungen 0 (Referenzkategorie, Gerade), 1 bzw -1 (Klothoide rechts bzw. links) und 2 bzw -2 (Kurve rechts bzw

Kategorie	Variablenname	Skalenniveau	Anmerkungen
			links)
Straßenzustand	mu	metrisch	Median der Griffigkeit im betrachteten Segment.
	iri	metrisch	Median des International Roughness Index
Verkehrsindikatoren	v_{mean}	metrisch	Mittlere gefahrene Geschwindigkeit im betrachteten Segment
	b	metrisch	Fahrbahnbreite
	aadt	metrisch	Verkehrsstärke im Jahr 2016 im betrachteten Segment
	lanes	kategoriiell	Anzahl der Fahrstreifen im betrachteten Segment. Falls sich die Anzahl der Fahrstreifen im Segment ändert, wird der Maximalwert verwendet. Als Referenzwert werden zwei Fahrstreifen verwendet.

4.4.3 Umgebungsdaten

Für jedes Segment wurde die zugehörige Landcover-Klasse aus den CORINE-Landcover Daten (siehe [Tabelle 6](#)) extrahiert, um die Umgebung des Straßenraumes entsprechend zu klassifizieren. Um klassische Motorradstrecken als solche zu kennzeichnen, wurden GPS-Tracks von beliebigen Motorradstrecken auf den verwendeten MoMio-Straßen-graphen umgelegt.

Tabelle 6: CORINE Landcover Klassen (Klassen in grau kommen in Österreich nicht vor).

Kategorie	Beschreibung
1.1	Städtisch geprägte Flächen
1.2	Industrie-, Gewerbe- und Verkehrsflächen
1.3	Abbauflächen, Deponien, Baustellen
1.4	Künstlich angelegte nicht landwirtschaftlich genutzte Flächen
2.1	Ackerflächen
2.2	Dauerkulturen
2.3	Grünland
2.4	Heterogene landwirtschaftliche Flächen
3.1	Wälder

Kategorie	Beschreibung
3.2	Kraut/Strauchvegetation
3.3	Offene Flächen ohne oder mit geringer Vegetation
4.1	Feuchtfächen im Landesinneren
4.2	Feuchtfächen an der Küste
5.1	Wasserflächen im Landesinneren
5.2	Meeresgewässer

4.5 Modellierung der Motorradunfälle

Als Grundlage für die Modellanpassung dienen die im vorhergehenden Abschnitt beschriebenen Variablen. In gegenständlichen Abschnitt werden die Ergebnisse der Modellselektion zusammengefasst.

Ein GLM ist linear in den Koeffizienten, die Kovariablen im Modell können jedoch eine beliebige funktionale Form aufweisen. Um diese zu bestimmen, wurde in einem ersten Schritt ein sogenanntes Generalisiertes Additives Modell (GAM) angepasst. Derartige Modelle bestimmen mittels einer Backfitting-Prozedur für jede metrische Kovariable einen Splineschätzer mit der notwendigen Ordnung. Die Ordnungen dieser Splineschätzer (effektive Freiheitsgrade) gelten als Maß für die Nichtlinearität der einzelnen Kovariablen. Da diese Modelle jedoch anfällig für eine Überanpassung sind, wird ein GLM mit geeigneten Polynomfunktionen für die einzelnen Kovariablen betrachtet. Im vorliegenden Fall gehen jedoch alle Kovariablen linear in das Modell ein, da die gefitteten GLMs aufgrund annähernd linearer Zusammenhänge keine derartige Notwendigkeit aufzeigten. Zusätzlich ist festzuhalten, dass keine Interaktionseffekte zwischen einzelnen Variablen betrachtet wurden, weil keine logisch zwingenden Zusammenhänge für Wechselwirkungen zwischen einzelnen Variablen zu bestehen scheinen. Diese Vorgehensweise wurde sowohl für die Gesamtunfallanzahlen als auch die Abkommensunfälle (TAG) angewendet.

Da für die betrachteten Modelle nur vollständige Datensätze verwendet werden können, müssen Datenzeilen mit fehlenden Werten entfernt werden. Da verschiedene Datenquellen verschnitten werden mussten, um den Gesamtdatensatz zu erhalten – und sich die Untersuchungsstrecken auf dem niederrangigen Straßennetz befinden, welches ohnehin im Vergleich zum höherrangigen Straßennetz durch spärlichere Datenverfügbarkeit gekennzeichnet ist - mussten einige Segmente verworfen werden. Der finale Datensatz, der zur Modellkalibrierung

verwendet wurde, umfasst 82.464 Segmente und beträgt somit bei einer Segmentlänge von 50 m rd. 4.123 km an Landesstraßen B + L in Österreich.

Für diese Segmente wurde anschließend – aufgrund leichter Überdispersion im vorliegenden Datensatz – ein Negativ-Binomialmodell für alle Motorradunfälle im Untersuchungszeitraum angepasst. Die Ergebnisse nach der schrittweisen Variablenselektion sind in Tabelle 7 dargestellt. Die zweite Spalte enthält die Modellkoeffizienten β_i , $i \in \{1, \dots, p\}$. Bei metrischen Kovariablen beschreiben die Koeffizienten den multiplikativen Effekt bei einer Erhöhung der Kovariable um eine Einheit.

Die Koeffizienten der kategorialen Kovariablen sind immer im Vergleich zur Referenzkategorie zu interpretieren. Die dritte Spalte enthält den Standardfehler der Koeffizientenschätzung. Der Quotient aus den Koeffizienten und den Standardfehlern ergibt den sogenannten z-Wert, dieser folgt in GLM asymptotisch einer Normalverteilung und wird zum Testen der Nullhypothese $\beta_i = 0$ gegen die Alternative $\beta_i \neq 0$ benötigt. Die p -Werte dieser Tests sind in der vorletzten Spalte angeführt. Ist der p -Wert kleiner als ein vorgegebenes Signifikanzniveau α (üblicherweise $\alpha = 0.05$), kann die Nullhypothese verworfen werden. Diese bedeutet, dass der Regressionsparameter signifikant von Null verschieden ist und daher die Kovariable einen signifikanten Einfluss auf die Zielvariable hat. Für kategoriale Variablen haben diese Einzeltests keine Aussagekraft, in diesem Fall müssen Devianzanalysen durchgeführt werden.

Tabelle 7: Selektiertes Modell für PTW-Unfälle auf Landesstraßen B/L

Coefficients	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)	
(Intercept)	-8.331e-01	1.544e-01	-5.394	6.90e-08	***
mu	-6.818e-01	1.239e-01	-5.502	3.77e-08	***
iri	1.655e-01	1.101e-02	15.027	< 2e-16	***
bendiness	1.077e+00	7.055e-02	15.267	< 2e-16	***
geom-1	2.292e-02	5.503e-02	0.417	0.677026	
geom-2	-1.214e-01	4.818e-02	-2.521	0.011716	*
geom1	-1.910e-02	5.586e-02	-0.342	0.732428	
geom2	-1.602e-01	4.802e-02	-3.336	0.000852	***
v_avg_car	-1.265e-02	1.122e-03	-11.282	< 2e-16	***
lanes2	5.209e-01	6.948e-02	7.497	6.62e-14	***
lanes3	1.094e+00	3.545e-01	3.087	0.002024	**
lanes4	-1.617e-01	1.431e+00	-0.113	0.910049	
width	-1.525e-01	9.787e-03	-15.584	< 2e-16	***
clc_12	2.962e-01	7.138e-02	4.150	3.33e-05	***
clc_13	1.882e-01	3.405e-01	0.553	0.580411	
clc_14	-1.023e+00	4.378e-01	-2.336	0.019515	*
clc_21	-4.453e-01	6.025e-02	-7.390	1.48e-13	***
clc_22	-1.274e+00	2.494e-01	-5.108	3.26e-07	***
clc_23	-2.454e-01	5.866e-02	-4.183	2.88e-05	***
clc_24	-1.603e-01	6.923e-02	-2.316	0.020548	*
clc_31	3.893e-02	5.844e-02	0.666	0.505348	
clc_32	-5.150e-01	3.276e-01	-1.572	0.115924	

clc_33	2.296e-01	2.979e-01	0.771	0.440923
clc_41	-1.695e+01	1.511e+03	-0.011	0.991050
clc_51	5.949e-01	1.347e-01	4.415	1.01e-05 ***
dtv	2.917e-05	2.762e-06	10.560	< 2e-16 ***
bikeroute_TRUE	6.402e-02	3.575e-02	1.791	0.073310 .

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Wie aus der Tabelle ersichtlich wird, sind Variablen mit Bezug zu Griffigkeit (iri, mu), Kurvigkeit (bendiness, geom), Geschwindigkeit (v_avg_car), Straßenbreite (width, lanes) sowie der DTV jene Aspekte, die das Unfallgeschehen von Motorradfahrern zum Signifikanzniveau von 5% statistisch signifikant beeinflussen. Zudem zeigt sich, dass neben Wasserflächen im Landesinneren – im Vergleich zur Referenzkategorie Städtisch geprägte Flächen – mehr Unfälle zu erwarten sind, während in Subklasse 1.4 (Künstlich angelegte nicht landwirtschaftlich genutzte Flächen) und in der kompletten Klasse 2 (Agrarflächen) signifikant weniger Unfälle als in der Referenzklasse vorkommen.

4.6 Einführung in die Empirical Bayes Methode

Mithilfe der in Kapitel 4.5 ermittelten Koeffizienten lässt sich für jeden Abschnitt eine zu erwartende mittlere Unfallanzahl berechnen (im langfristigen Verlauf betrachtet). Einige Faktoren auf das Unfallgeschehen, wie z.B. lokale Wettereinflüsse, Ablenkung etc., sind in den beschriebenen Modellen nicht enthalten. Diese werden mit Hilfe der empirischen Bayes-Methode [10] berücksichtigt. Hierfür werden zwei Informationsquellen für den jeweils betrachteten Abschnitt entsprechend gewichtet, nämlich das Ergebnis des Unfallvorhersagemodells und die tatsächliche Unfallanzahl im Segment (siehe [Abbildung 17](#)).

$$\tilde{y}_i = w_i \hat{y}_i + (1 - w_i)y_i,$$

wobei der Gewichtungsfaktor w_i aus dem Dispersionsparameter der NB-Verteilung θ berechnet wird.

$$w_i = \frac{1}{1 + \frac{\hat{y}_i}{\theta}}$$

Das Abkommensrisiko eines bestimmten Abschnitts wird nun folgendermaßen bewertet: Für das betrachtete Segment wird das Verhältnis (relatives Risiko) zwischen dem berechneten Wert des Unfallvorhersagemodells \hat{y}_i^{RORA} für die Abkommensunfälle (Run-Off-Road Accidents/RORA) und der Modellvorhersage für alle Unfälle \hat{y}_i^{Total} berechnet

$$R_i = \frac{\hat{y}_i^{RORA}}{\hat{y}_i^{Total}},$$

Analog wird dieser Quotient auch für die gewichteten EB-Schätzungen bestimmt

$$R_i^{EB} = \frac{\hat{y}_i^{RORA}}{\hat{y}_i^{Total}}$$

Diese relativen Risiken werden nun gegenübergestellt. Ist der Wert $R_i > R_i^{EB}$, besteht kein unmittelbarer Handlungsbedarf. Segmente mit $R_i \leq R_i^{EB}$ können an Hand einer Häufigkeitsverteilung (z.B. durch bestimmte Quantile) in weitere Risikokategorien eingeteilt werden.

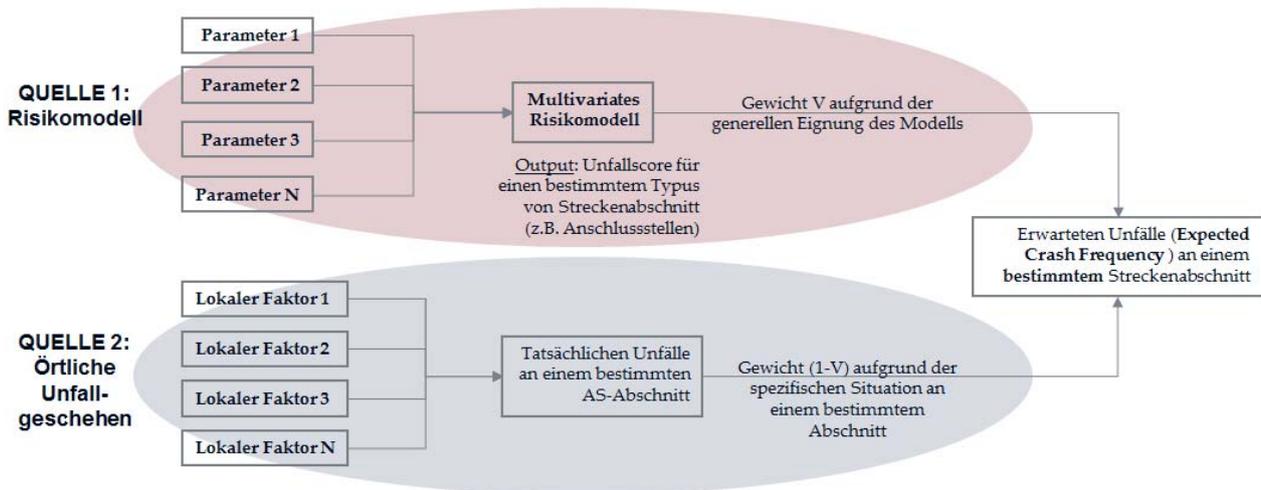


Abbildung 17: Empirical-Bayes Ansatz zur Berechnung des erwarteten Unfallgeschehens

4.7 Maßnahmenevaluierung

Im Rahmen des gegenständlichen Projekts gelangt ein neuartiges Verfahren zur Evaluierung von Verkehrssicherheitsmaßnahmen zur Anwendung. Wie bereits im Kapitel 4.2 ausführlich erläutert, werden Verkehrssicherheitsinitiativen besonders häufig an jene Stellen im Straßennetz implementiert, die in der Vergangenheit hinsichtlich ihres Unfallgeschehens besonders auffällig waren (sog. Unfallhäufungsstellen). Eine derartige Vorgehensweise konnte auch bei zahlreichen Maßnahmen, die im Rahmen der „Evaluierung Motorradverkehrsicherheit“ umgesetzt wurden, beobachtet werden.

In Vorarlberg z.B. wurde, basierend auf Auswertungen des Kuratoriums für Verkehrssicherheit, eine Befahrung der unfallträchtigen Strecken durchgeführt und im Anschluss daran entsprechende Verkehrssicherheitsmaßnahmen definiert.

Grundlage für die Auswahl der kritischen Streckenabschnitte in Niederösterreich bildeten Auswertungen der Unfallstatistik (Unfällen mit Beteiligung von Motorradfahrern) im Zeitraum 2008–2011. Diese Daten wurden in einer NÖGIS-Karte eingetragen, um einen besseren Überblick über die Verteilung der Motorradunfälle zu erzielen (siehe [Abbildung 18](#)).

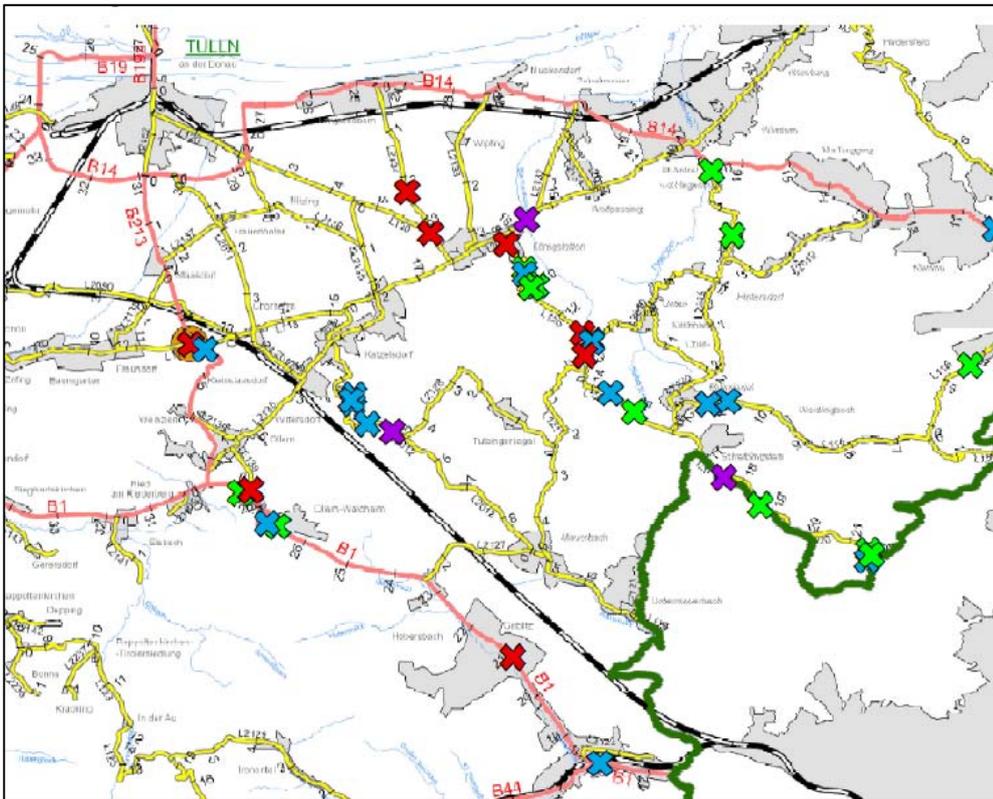


Abbildung 18: Auswertung der Personenschadensunfälle mit Motorradbeteiligung (2008-2011) in Teilen Niederösterreichs

Oberstes Ziel der Unfall(ursachen)forschung ist es, Mängel im Straßenumfeld, im Verkehrsablauf und im Verhalten des einzelnen Verkehrsteilnehmers ausfindig zu machen und potentielle Maßnahmen abzuleiten. Die österreichische Unfallforschung bedient sich hierzu u.a. eines Systems standardisierter Unfallsituationen, sogenannter Unfalltypen, welche eine Kategorisierung des unfallkausalen Fahrverhaltens (Bewegungsablauf) darstellen. Jedem der insgesamt rd. 100 Unfalltypen werden dabei charakteristische Fahrmanöver sowie unfallbestimmende Anlageverhältnisse und verkehrsbedingte Ursachen zugeordnet. Aus den vorherrschenden Unfalltypen und gleichartigen Verkehrskonflikten ist es sodann möglich, potentielle Mängel im Straßen- und Verkehrsraum abzuleiten [33].

Für gewöhnlich werden Sicherheitseffekte von Maßnahmen anhand eines VORHER-NACHHER Vergleichs ermittelt, d.h. es wird erhoben, wie sich das Unfallgeschehen in ein und demselben Streckenabschnitt vor und nach Implementierung einer/mehrerer Maßnahmen entwickelte. Dies geschieht (abhängig von der vorhandenen Datenlage) mittels verschiedener Verkehrssicherheitsindikatoren (siehe Tabelle 8).

Tabelle 8: Parameter der Unfallforschung im Überblick [34]

Begriffe	Parameter der Unfallforschung	Kurzbezeichnung
Unfallzahlen (Unfallziffern)	<ul style="list-style-type: none"> • Unfälle mit Personenschaden • Verunglückte Verkehrsteilnehmer (getötet, schwer und leicht verletzte) • Unfälle mit Sachschaden 	UPS V Tot, svl, lvl USS
Unfallrelativzahlen (Unfallrelativziffern)	<ul style="list-style-type: none"> • Unfalldichte bzw. Verunglückten-dichte • Unfallrate bzw. Verunglücktenrate • Unfallzeitrate bzw. Verunglücktenzeitrate • Unfallquote bzw. Verunglücktenquote 	U_D bzw. V_D U_r bzw. V_r U_z bzw. V_z U_Q bzw. V_Q
Unfallgewichtszahlen (Unfallgewichtsziffern)	<ul style="list-style-type: none"> • Gewichtete Unfallzahl • Mittlere Unfallschwere • Relativer Gefahrengrad 	U_g U_m G
Unfallkostenzahlen	<ul style="list-style-type: none"> • Volkswirtschaftliche Unfallkosten • Unfallkostenrate 	K Kr

Was bei einer derartigen Vorgehensweise jedoch außer Acht gelassen wird, ist der Umstand, dass das örtliche Unfallgeschehen von einer Vielzahl von Risikofaktoren (gesetzliche Rahmenbedingungen, Zusammensetzung der Fahrzeugflotte, Verkehrsaufkommen, Fahrverhalten, lokale Witterungsbedingungen etc.) beeinflusst wird, welche ebenfalls einer zeitlichen Veränderungen unterliegen. Will man deren Einfluss bei der Maßnahmenevaluierung „ausklammern“, ist es daher notwendig, die Situation λ (NACHHER-Unfallgeschehen durch Implementierung einer Verkehrssicherheitsmaßnahme) mit der Situation π (theoretisches Unfallgeschehen, wenn die Maßnahme nicht gesetzt worden wäre) zu vergleichen (siehe Abbildung 19).

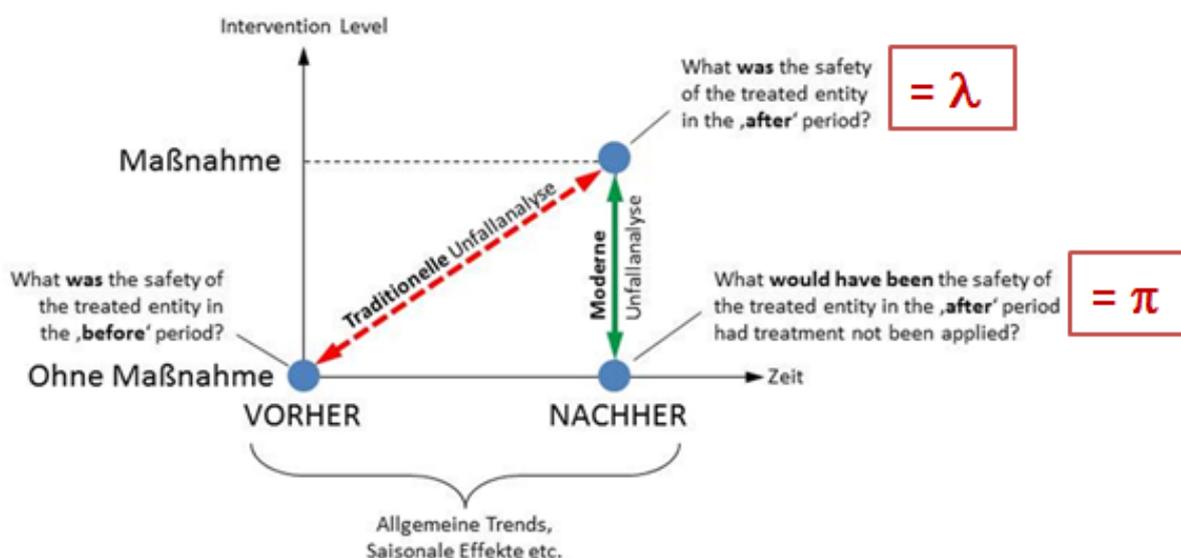


Abbildung 19: Methodischer Ansatz zur Evaluierung von Verkehrssicherheitsmaßnahmen

Zu diesem Zweck (und falls die Datenlage ausreichend ist) werden Unfallvorhersagemodelle (siehe Kapitel 4.2) verwendet, um abschätzen zu können, wie sich das Unfallgeschehen auf gewissen Strecken(abschnitten) unter bestimmten Annahmen entwickelt hätte. Die Variablen des Unfallvorhersagemodells werden entsprechend der örtlichen Gegebenheiten kalibriert, um einen streckenspezifischen Erwartungswert μ für das Auftreten von Abkommensunfällen („normales“ Unfallgeschehen) zu ermitteln. Die im Modell nicht berücksichtigten Einflussfaktoren werden mittels der Empirical-Bayes Methode berücksichtigt und ergeben das erwartete Unfallgeschehen κ (siehe Kapitel 4.6).

Der Sicherheitseffekt einer Maßnahme beruht letztendlich auf der Gegenüberstellung der beiden ermittelten Parameter λ und π .

$$\theta = \frac{\lambda}{\pi}$$

4.7.1 Sicherheitseffekt griffigkeitsverbessernder Maßnahmen

Für die Analyse des Sicherheitseffekts von griffigkeitsverbessernden Maßnahmen wurde ein Datensatz mit 42 Segmenten (zu je 50m Länge) herangezogen, welcher Maßnahmen, die auf den die Landesstraßen B1, B3, B38, B121, B129, B139 und B173 gesetzt wurden, umfasst. Das theoretische Unfallgeschehen, wenn die Maßnahme nicht gesetzt worden wäre, wurde gemäß der oben beschriebenen Vorgangsweise mithilfe der Formel:

$$\pi_i = w_i \hat{y}_{i_b} n_b + (1 - w_i) y_{i_b}$$

ermittelt, wobei die Griffigkeitsdaten der letzten verfügbaren Griffigkeitsmessung für die Vorhersage \hat{y}_{i_b} verwendet wurden, während y_{i_b} die Anzahl der tatsächlich aufgetretenen Unfälle in der Vorher-Periode von n_b Jahren angibt.

Analog dazu wurde das Unfallgeschehen nach der Realisierung der griffigkeitsverbessernden Maßnahme unter der Annahme betrachtet, dass sich durch die Maßnahme die Griffigkeitsbeiwert μ auf mindestens 0.75 erhöht. Dazu wurden alle Werte der Griffigkeitsmessung, die kleiner als 0.75 waren, auf 0.75 angehoben, um den Effekt der Maßnahme adäquat abbilden zu können. Das NACHHER-Unfallgeschehen wurde somit als

$$\lambda_i = w_i \hat{y}_{i_a} n_a + (1 - w_i) y_{i_a}$$

geschätzt. Der Vorhersage \hat{y}_{i_a} liegen sich somit alle Abschnitte zugrunde, dessen Griffigkeitsbeiwert mindestens 0.75 beträgt.

Der Sicherheitseffekt lässt sich nun als Mittelwert des Quotienten der beiden Vektoren λ und π darstellen:

$$\theta = \frac{1}{n_{segs}} \sum_{i=1}^{n_{segs}} \frac{\lambda_i}{\pi_i}$$

wobei n_{segs} die Anzahl der Segmente bezeichnet.

Das Ergebnis von 0.3436 impliziert einen positiven Effekt der gesetzten griffigkeitsverbessernden Maßnahmen auf den ausgewählten Strecken. Griffigkeitserhöhende Maßnahmen führen somit zu einer Reduktion der PTW-Abkommensunfälle von 65,6% im Vergleich zu Straßensegmenten mit vergleichbaren Streckencharakteristika (Längsneigung, Querneigung, Kurvigkeit etc.) und ähnlichem Verkehrsaufkommen. Vergleicht man das Unfallgeschehen vor und nach Durchführung der griffigkeitserhöhenden Maßnahmen ohne Berücksichtigung von zeitlichen Veränderungen (traditioneller VORHER-NACHHER Vergleich), ergibt sich hingegen eine Unfallreduktion um 93%. Dieses Ergebnis inkludiert jedoch, wie oben dargestellt, den sogenannten Regression-to-the-mean Bias sowie Raum-Zeit-Effekte, die mit der Maßnahme an und für sich nichts zu tun haben.

In der internationalen Literatur [35] [36] findet man nachfolgende Verkehrssicherheitseffekte (siehe [Tabelle 9](#)), die sich jedoch auf Abkommensunfälle generell, d.h. unter Berücksichtigung sämtlicher Verkehrsteilnehmer (Pkw, Lkw, PTW etc.), bezieht. Es zeigt sich, dass unzureichende Straßengriffigkeit für motorisierte einspurige Fahrzeuge ein wesentlich höherer Risikofaktor als für andere Verkehrsteilnehmergruppen darstellt und griffigkeitserhöhende Maßnahmen daher zu einer erheblichen Reduktion der PTW-Abkommensunfälle führen.

Tabelle 9: Verkehrssicherheitseffekte griffigkeitserhöhender Maßnahmen

Target Accident Group	Straßenart	Verkehrssicherheitseffekt	95% Konfidenzintervall	Quelle
Unfälle mit Personenschaden	Freiland	-20%	[-25%; -15%]	ELVIK [35]
Abkommensunfälle	Ortsgebiet/ Freiland	-12%	-	FHA [36]

4.7.2 Sicherheitseffekt von Fahrzeugrückhaltesystemen mit Unterfahrschutz

Für die Analyse des Sicherheitseffekts von Fahrzeugrückhaltesystemen mit Unterfahrschutz (FRS_UF) wurde ein Datensatz mit 115 Segmenten herangezogen, welcher Maßnahmen, die auf den die Landesstraßen B182, B210 und B317 gesetzt wurden, umfasst.

Da bei dieser Maßnahme der Unfallschweregrad die relevanteste Kenngröße ist, wurde zunächst ein Risikoindex (RI) für den Unfallschweregrad ermittelt. Dieser wurde entsprechend der Vorgaben der österreichischen Unfallkostenrechnung berechnet und spiegelt den Anteil der volkswirtschaftlichen Unfallkosten der jeweiligen Verletzungsschwere bezogen auf (Abkommens-) Unfälle mit Leichtverletzten wider (siehe Tabelle 10).

Tabelle 10: Gewichtungsfaktoren zur Berechnung des Unfallschweregrades [37]

Volkswirtschaftliche Unfallkosten (W_i) 2011		
Verletzungsschweregrad	EUR [€]	Gewicht
Abkommensunfall mit Todesfolge (U _K)	3.016.194	112,15
Abkommensunfall mit Schwerverletztem (U _A)	381.480	14,18
Abkommensunfall mit Leichtverletztem (U _B)	26.894	1,00

In dem vom Österreichischen Verkehrssicherheitsfonds finanzierten Projekt wurden im Jahr 2012 die in Österreich durch Straßenverkehrsunfälle entstehenden Kosten auf Basis der Unfallkostenrechnung 2008 für das Jahr 2011 neu berechnet, wobei auch der Gegenwert menschlichen Leids miteinbezogen wurde. Diese sogenannten immateriellen Kosten (körperliche und seelische Schmerzen, Schock, Leid, Angst, Verlust an Lebensfreude sowie Verminderung der Lebensqualität) werden in der Ökonomie meist mit dem Zahlungsbereitschaftsansatz („willingness to pay“) bewertet.

Hierbei wird versucht, die Zahlungsbereitschaft der Bevölkerung oder der Individuen im Einzelnen für die Reduktion der Wahrscheinlichkeit einer Gefährdung (Risikoreduktion) zu ermitteln. Für die Studie wurden die Ergebnisse des EU-Projekts HEATCO 3 [38] auf Österreich übertragen.

Die Unfallkosten setzen sich aus den folgenden Komponenten zusammen:

- Reproduktionskosten: Zu den Reproduktionskosten zählen alle Kosten der medizinischen Behandlung und der beruflichen Rehabilitation. Im Einzelnen sind dies die stationäre und ambulante Behandlung der Verunglückten, der Krankentransport, die Nachbehandlung, diverse Hilfsmittel, die Rehabilitation und Pflege, Kosten der Polizei und Notdienste, der Rechtsprechung, Verwaltung und dergleichen.
- Ressourcenausfallkosten: Als Ressourcenausfallkosten werden die gesamtwirtschaftlichen Produktionsausfälle der Unfallopfer durch Tod oder dauerhafte bzw. vorübergehende Arbeitsunfähigkeit bezeichnet. Folge dieser Produktionsausfälle ist die Reduzierung des künftigen Sozialprodukts.

- Kosten des menschlichen Leides (risk value): Darüber hinaus werden durch Unfälle weitere Kosten, wie z.B. Schmerz und Leid der Opfer, psychische Beeinträchtigungen, verringerte Belastbarkeit sowie der Verlust an Lebensqualität verursacht.

Der verwendete Risikoindex RI berechnet sich somit aus:

$$RI = 112.15 \times n_T + 14.18 \times n_{SV} + n_{LV}$$

Für die Ermittlung des Verkehrssicherheitseffekts von Fahrzeugrückhaltesystemen mit Unterfahrschutz wurden die beiden Terme zur Bestimmung von π und λ um eine zusätzliche Gewichtung mit dem mittleren Unfallschweregrad in beiden Perioden (I_b bzw. I_a) erweitert:

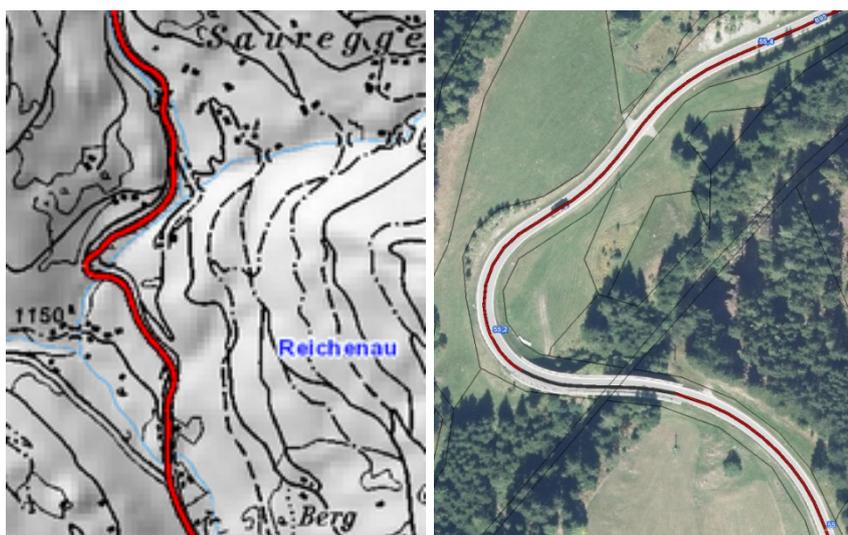
$$\pi_i = w_i \hat{y}_{i_b} n_b \bar{I}_b + (1 - w_i) y_{i_b} I_b$$

$$\lambda_i = w_i \hat{y}_{i_a} n_a \bar{I}_a + (1 - w_i) y_{i_a} I_a$$

Der Sicherheitseffekt für FRS_UF ergibt sich wiederum als Mittelwert des Quotienten der beiden Vektoren λ und π über alle betrachteten Segmente. Das Ergebnis von $\theta = 0.2246$ ergibt einen positiven Effekt der FRS auf den Unfallschweregrad der ausgewählten Strecken. Die Installation eines Unterfahrschutzes auf Straßenabschnitten, die bislang kein Fahrzeugrückhaltesystem für Motorräder aufweisen, führt zu einer Reduktion der gewichteten Unfallschwere um 78%.

4.7.3 Sicherheitseffekt der Kennzeichnung des Kurvenverlaufs

Aufgrund der (zu) geringen Anzahl an Motorradunfällen an den beiden Untersuchungsstrecken (B95: 3 PTW-UPS von 2007-2016, B105: 0 PTW-UPS im Zeitraum 2007-2016) konnte keine Evaluierung der Verkehrssicherheitseffekte durchgeführt werden. Aufgrund des geänderten Fahrverhaltens aufgrund der Bodenmarkierung (siehe Kapitel 2.5) ist jedoch von einer positiven Wirkung der Maßnahme auf das Unfallgeschehen auszugehen.



Gemeinde-Nr.	Gemeinde	Str.Nr.	Straßenname	von km	bis km
21007	Reichenau	B95	Turracherstraße	55,100	55,300

Abbildung 20: Verortung der Bodenmarkierungen auf der B95 - Turracherstraße

Tabelle 11: Detailauswertung der Unfälle mit Motorradbeteiligung auf der B95 (km 55,0 – 55,4)

Unfall-ID	WGS84Y	WGS84X	Stationierung	Datum	Uhrzeit	Unfalltyp
2011003485	46.874694752122	13.8825972262739	km 55,00	18.08.2011	16:00	022
2011003484	46.8763840999429	13.8815007475422	km 55,32	18.09.2011	10:00	264
2016025792	46.87514006	13.88222337	km 55,05	28.08.2016	14:08	013



Gemeinde-Nr.	Gemeinde	Str.Nr.	Straßenname	von km	bis km
20627	Obervellach	B105	Malnitzerstraße	4,300	4,500

Abbildung 21: Verortung der Bodenmarkierungen auf der B95 - Turracherstraße

4.8 Kosten-Nutzen-Analyse

Zur Ermittlung des spezifischen (Reduktions-)Potentials von infrastrukturellen Maßnahmen für Powered Two-Wheelers ist es erforderlich, die durchschnittlichen Unfallkosten pro Target Accident zu berechnen. Zu diesem Zweck wird das Unfallgeschehen nach verschiedenen Subkategorien (siehe Tabelle 12 und Tabelle 13) differenziert und die resultierenden Unfalltypen für sich gesondert analysiert.

Tabelle 12: Durchschnittliche Verletzungsschwere pro PTW-UPS (2012-2016)

2012-2016			
Beteiligungsart	Getötete/UPS	Svl/UPS	Lvl/UPS
Moped	0,00290	0,18267	0,91692
Motorrad	0,02330	0,40376	0,62331
Kleinmotorrad	0,01171	0,21077	0,82201
Leichtmotorrad	0,01061	0,25461	0,76684
Alle PTW	0,01133	0,27308	0,79041

Tabelle 13: Durchschnittliche Verletzungsschwere pro PTW-Abkommensunfall (2012-2016)

2012-2016			
Beteiligungsart	Getötete/UPS	Svl/UPS	Lvl/UPS
Moped	0,00408	0,20998	0,91457
Motorrad	0,03022	0,50883	0,51046
Kleinmotorrad	0,00000	0,26163	0,87209
Leichtmotorrad	0,02338	0,34113	0,69051
Alle PTW- Abkommensunfälle	0,01767	0,35876	0,70933

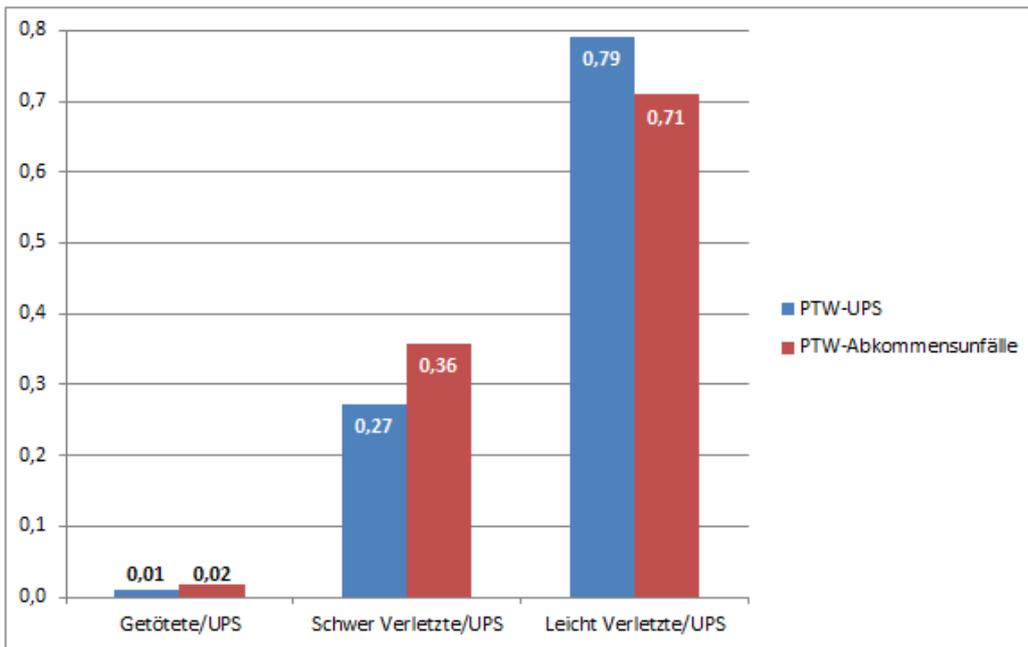


Abbildung 22: Vergleich der durchschnittlichen Verletzungsschwere bei Unfällen mit motorisierten Zweirädern (PTW) und bei PTW-Abkommensunfällen

Wie man Tabelle 14 entnehmen kann, machen die Kosten des menschlichen Leids fast die Hälfte der Unfallkosten aus (48%). Die wichtigsten weiteren Kostenarten sind Kosten von Sachschäden (25%), Verlust an Leistungspotenzial (15%), Verwaltungskosten bei Versicherungen (8%) und Rechtskosten (2%). Medizinische Behandlungskosten schlagen nur mit 1% der Gesamtkosten zu Buche.

Tabelle 14: Volkswirtschaftliche Unfallkosten im österreichischen Straßenverkehr

Preisstand 2011	exkl. menschlichen Leids	inkl. menschlichen Leids
Getöteter	1.401.085	3.016.194
Schwerverletzter	80.166	384.480
Leichtverletzter	3.716	26.894
Sachschaden (pro Unfall)	5.245	5.245

Im Folgenden werden die durchschnittlichen Investitionskosten der beiden Maßnahmen „Griffigkeitsverbessende Maßnahmen“ und „Fahrzeugrückhaltesystem mit Unterfahrschutz“ im Detail analysiert, um eine Abschätzung des Kosten-Nutzen-Verhältnisses durchführen zu können.

Wie man Tabelle 15 entnehmen kann, werden je nach Verkehrssicherheitsmaßnahme unterschiedliche Risikogruppen (Target Accident Groups, siehe Kapitel 3) für die Ermittlung des Kosten-Nutzen-Verhältnisses herangezogen. Griffigkeitserhöhende Maßnahmen wirken nicht nur auf Abkommensunfälle (Run-Off-Road

crashes), sondern führen zu einer generellen Reduktion der PTW-Unfälle. Aus diesem Grund werden sämtliche Unfälle von motorisierten einspurigen Kfz zur Ermittlung der durchschnittlichen Unfallkosten pro UPS herangezogen. Die Maßnahme „FRS mit Unterfahrschutz“ hingegen zielt auf die Verringerung der Verletzungsschwere von Abkommensunfällen ab, aus diesem Grund bilden auch PTW-Abkommensunfälle die entsprechende Risikogruppe.

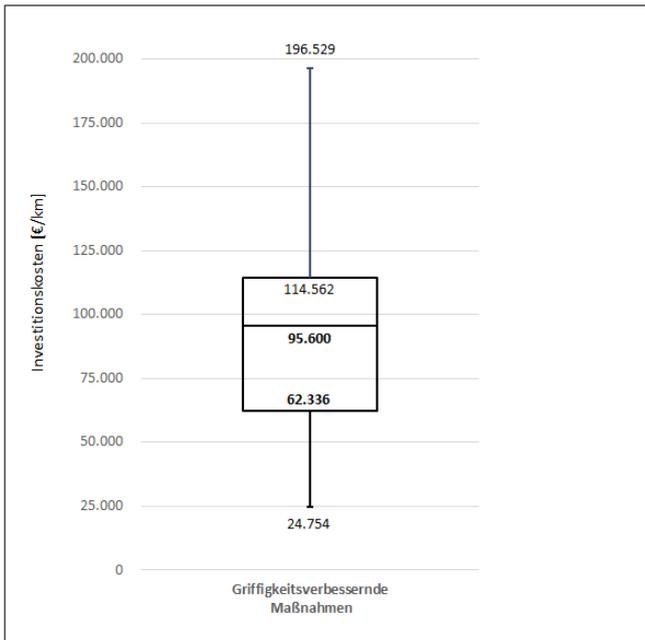


Abbildung 23: Boxplot der Investitionskosten für griffigkeitsverbessernde Maßnahmen (26 Abschnitte in Kärnten, NÖ, OÖ und Tirol)

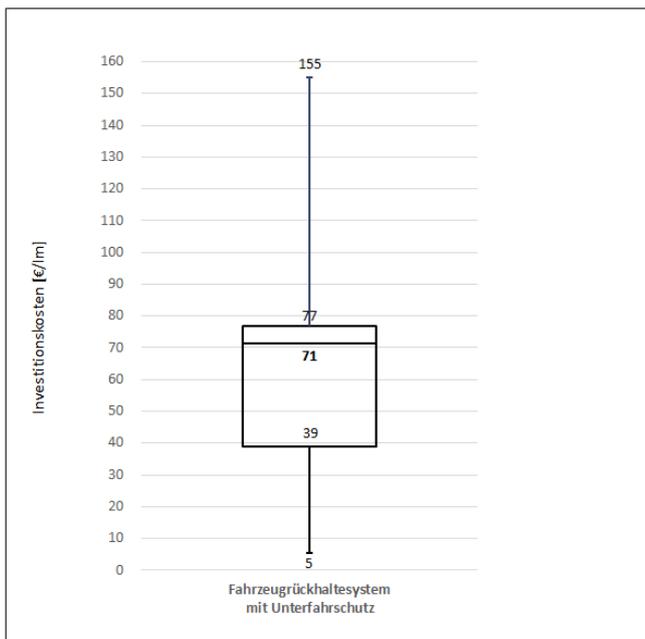


Abbildung 24: Boxplot der Investitionskosten für FRS mit Unterfahrschutz (144 Abschnitte in NÖ, OÖ, Steiermark, Tirol und Vorarlberg)

Tabelle 15: Komponenten zur Ermittlung des Nutzen- Kosten-Verhältnisses von Verkehrssicherheitsmaßnahmen für motorisierte einspurige Kraftfahrzeuge

Maßnahme	Target Accident Group (TAG)	ϕ UPS/50m (VORHER)	ϕ Unfallkosten [€] pro UPS	ϕ Unfallkosten VORHER [€]	ϕ Unfallkosten NACHHER [€]	ϕ Investitionskosten [€] pro 50m	Nutzungsdauer (a)	Annuität [€/a]	Nutzen-Kosten-Verhältnis
Griffigkeitsverbesserung	PTW-UPS	0,89	159.595	142.039	48.805	4.780	10	532,14	175,2
FRS mit Unterfahrschutz	PTW-Abkommensunfälle	0,63	209.228	132.369	29.730	3.350	20	217,11	472,7

4.9 Erforderliche rechtliche und verkehrstechnische Rahmenbedingungen

4.9.1 FRS mit Unterfahrschutz

Wie im Kapitel 4.7.2 ausführlich dargestellt, sind Fahrzeugrückhaltesysteme mit Unterfahrschutz im höchsten Maße geeignet, das Verletzungsrisiko verunfallter Motorradfahrer erheblich zu senken. Da zahlreiche Straßenverwaltungen diese Maßnahme dennoch mit großer Vorsicht behandeln, hängt u.a. damit zusammen, dass ein flächendeckender Einsatz für viele Straßenmeistereien finanziell nicht zu bewerkstelligen wäre.

Vor einem allfälligen Einsatz von FRS mit Unterfahrschutz sind daher nachfolgende Rahmenbedingungen unbedingt zu beachten:

A.) Ermittlung der Abkommenswahrscheinlichkeit

Unfälle mit Anprall an ortsfeste Objekte (Bäume, Masten, Pfeiler etc.) zeichnen sich in der Regel durch eine besonders hohe Verletzungsschwere aus - insbesondere beim Seitenanprall sind tiefe Intrusionen in den Fahrzeuginnenraum zu erwarten. Dem Aufprall an ein Hindernis geht in den meisten Fällen ein Abkommen von der Fahrbahn voraus. Knapp 35% aller Unfälle auf Landesstraßen B/L sind Abkommensunfälle, bei denen fast 40% der Toten am niederrangigen Straßennetz zu beklagen sind.

Im Rahmen einer detaillierten Unfallanalyse ist vorab zu prüfen, wie hoch der Anteil der PTW-Abkommensunfälle im Streckenverlauf ist und ob dieser signifikant von der Verteilung vergleichbarer Straßenabschnitte abweicht. Dies erfolgt optimaler Weise unter Verwendung geeigneter Prognosemodellen, die die Eintrittswahrscheinlichkeiten für Abkommensunfälle sowie deren Verletzungsschweregrade berechnen und die Ergebnisse zu einem Risikoreferenzwert aggregieren.

B.) Hierarchischer Planungsansatz

Eine Kollision mit einem Objekt am Fahrbahnrand setzt voraus, dass das Fahrzeug zuvor von der Fahrbahn abkommt. Das damit verbundene Abkommensrisiko setzt sich aus den beiden Komponenten Abkommenswahrscheinlichkeit und Konsequenzen (Verletzungsschwere) zusammen.

Das Risiko kann sowohl über die Reduktion der Abkommenswahrscheinlichkeit als auch eine Minderung der Verletzungsschwere beeinflusst werden. Beide Möglichkeiten können aufgrund des multiplikativen Zusammenhangs zum selben Ergebnis führen, weshalb eine Präferenzierung einer der beiden Komponenten a priori nicht zielführend ist. Vielmehr hängt es von den örtlichen Rahmenbedingungen ab, welcher der beiden Ansätze einen größeren Einfluss auf die Verkehrssicherheit hat.

Der nachfolgende hierarchische Planungsansatz folgt dem Prinzip der „Forgiving Roadside“, d.h. die Straßeninfrastruktur ist derart ausgestaltet, dass ein Fahrer nicht automatisch mit schweren Verletzungen der Fahrzeuginsassen bzw. dem Tod eines Verkehrsbeteiligten einhergeht.

1.) Verminderung der Abkommenswahrscheinlichkeit

- a) Verbesserung der Leitfunktion der Straße mittels verkehrstechnischer Maßnahmen (Leitpfosten, Leittafeln, etc.)
- b) Erhöhung des Aufmerksamkeitsniveaus der Verkehrsteilnehmer durch Installation von Rumpelstreifen
- c) Reduktion der Abkommenswahrscheinlichkeit aufgrund:
 - Baulicher Maßnahmen (z.B. Erhöhung der Fahrbahngriffigkeit)
 - Verkehrsorganisatorischer Maßnahmen (z.B. Senkung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit)

2.) Reduktion der Verletzungsschwere

- a) Vermeiden von ortsfesten Objekten, die im Fall eines Abkommens von der Fahrbahn für den Verkehrsteilnehmer ein erhebliches Verletzungsrisiko darstellen und mit dem Verkehrsablauf sowie dem Straßenbetrieb nicht in unmittelbarem Zusammenhang stehen.

Können ortsfeste Objekte nicht vermieden werden, sind sie nach Möglichkeiten an Stellen zu verlegen, wo die Anprallschwere geringer ausfällt (größere Distanz zum Straßenrand) bzw. ein Anprall weitgehend ausgeschlossen werden kann (z.B. hinter bestehende Fahrzeugrückhaltesysteme).

- b) Neukonstruktion/Umgestaltung von ortsfesten Objekten, die im Fall eines Abkommens von der Fahrbahn ein Risiko darstellen: Können derartige Objekte nicht vermieden werden, sollten sie zumindest dermaßen (aus-)gestaltet sein, dass bei der Kollision eines Fahrzeugs eine hohe Verletzungsschwere vermieden wird (z.B. verformbare/überfahrbare Objekte).
- c) Absicherung: Sind die vorangegangenen Planungsansätze nicht möglich und/oder wirtschaftlich umsetzbar, sind zur Absicherung von ortsfesten Objekten Fahrzeugrückhaltesysteme (FRS) in einer der Verkehrssicherheit entsprechenden abzusichernden Länge S gemäß RVS 05.02.31 zur Anwendung zu gelangen.

C.) Verwendung EN 1317-geprüfter Fahrzeugrückhaltesysteme

Obwohl die ÖNORM EN 1317-2 in Österreich seit mittlerweile 20 Jahren in Kraft ist, gibt es im Bestandsnetz nach wie vor zahlreiche Rückhalteeinrichtungen, die keine CE-Kennzeichnung aufweisen und deren Leistungsvermögen bez. Aufhaltestufe, Wirkungsbereich und Anprallheftigkeit daher nicht bekannt sind.

In der Planungspraxis wurde auf diesen Umstand bisher (zu) wenig Rücksicht genommen, d.h. es wurden auch an neuralgischen Stellen (Unfallhäufungsstellen, Bereiche mit einer erhöhten Abkommenswahrscheinlichkeit) ein Unterfahrschutz auf FRS montiert, die jedoch nicht den Anforderungen der EN 1317 genügen.

Gerade auf unfallträchtigen Streckenabschnitten ist es jedoch unabdingbar, dass passive Schutzeinrichtungen dem neuesten Stand der Technik entsprechen und die Sicherheit des motorisierten Zweiradverkehrs nicht zu Lasten der übrigen Verkehrsteilnehmer geht. Aus diesem Grund sollten in Bereichen mit erhöhten Motorradunfallzahlen nur EN 1317 geprüfte FRS mit Unterfahrschutz zum Einsatz gelangen und nachträgliche Montagen an Altsysteme tunlichst vermieden werden.

Dieser Umstand betrifft auch allfällige rechtliche Rahmenbedingungen, es ist bei der Wahl des jeweiligen FRS Sorge zu tragen, dass der Stand der Technik gewährleistet wird und nur solche Systeme zum Einsatz gelangen, die auch den Europäischen Normen genügen.

4.9.2 Griffigkeitsverbesserung

Bezüglich des Einsatzes griffigkeitsverbessernder Maßnahmen wird an dieser Stelle lediglich darauf hingewiesen, dass diese Maßnahme üblicherweise über einen größeren Streckenbereich (mehrere Kilometer) zur Anwendung gelangt, um einerseits einen effizienten Einsatz der Baufahrzeuge zu gewährleisten und andererseits Erwartungshaltungen der Verkehrsteilnehmer (hohe Griffigkeit über eine längere Distanz) nicht zu enttäuschen.

Aus dem Blickwinkel der Verkehrssicherheit stellen griffigkeitserhöhende Maßnahmen eine höchst effiziente und empfohlene Maßnahme dar, da es sich hierbei um eine (pro-)aktive Sanierungsmaßnahme handelt, d.h. es werden Abkommensunfälle bereits im Ansatz (durch die Erhöhung der Haftungsreibung) verhindert und dienen nicht nur der Reduktion der Verletzungsschwere.

4.10 Sonstige potentiell geeignete Motorradsicherheitsmaßnahmen

Im gegenständlichen Kapitel wird ein Überblick über jene Motorradmaßnahmen gegeben, welche im gegenständlichen Projekt nicht evaluiert wurden, dennoch als geeignet erachtet werden, die Sicherheit von Motorradfahrern zu erhöhen. An dieser Stelle ist jedoch zu erwähnen, dass seitens der Forschungsgemeinschaft Straße – Schiene – Verkehr (FSV) zurzeit die RVS 02.02.42 (Empfehlungen zur Verbesserung der Sicherheit für den Motorradverkehr) überarbeitet wird und die nachfolgende Liste daher nicht taxativ ist.

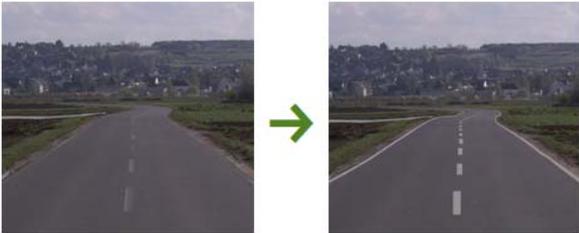
Die Auswahl geeigneter Maßnahmen muss vor allem auf eine verbesserte Wahrnehmung des Straßenraumes abzielen, um eine Anpassung des Fahrverhaltens insbesondere vor Kurven und Knotenpunkten zu erreichen. Ein besonderes Augenmerk gilt hierbei insbesondere der Oberflächenbeschaffenheit der Fahrbahn mit Blick auf Griffigkeits- und Ebenheitswechsel. Von besonderer Bedeutung ist ferner ein hindernisfreier Seitenraum insbesondere am Außenrand von Kurven.

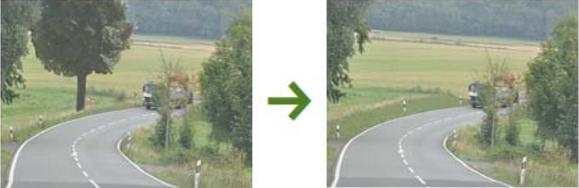
Generell unterscheidet man folgende Arten von Maßnahmen:

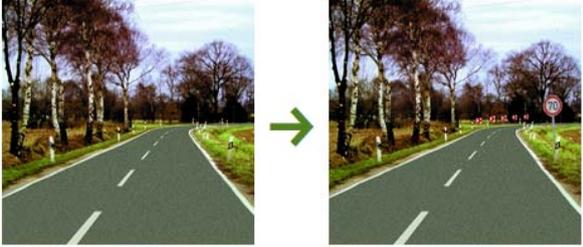
1. Straßenbauliche Maßnahme
2. Verkehrstechnische und -organisatorische Maßnahmen
3. Verkehrsüberwachung
4. Passive Maßnahmen

Die Maßnahmenarten unterscheiden sich durch ihre Wirksamkeit, durch unterschiedliche Zeit- und/oder Kostenaufwände sowie durch unterschiedliche Zuständigkeiten bei der Umsetzung. In der nachfolgenden Tabelle 16 wird ein Überblick über die einzelnen Maßnahmen sowie deren Anwendungsbereiche gegeben.

Tabelle 16: Überblick über geeignete Maßnahmen zur Hebung der PTW-Verkehrssicherheit

Problem/Defizit	Art der Maßnahme	Maßnahme
Schlechter Zustand der Fahrbahnmarkierung	Straßenbauliche Maßnahme	Erneuerung der Fahrbahnmarkierung  Quelle: https://makau.bast.de
Unzureichender Fahrbahnzustand/ Risse	Straßenbauliche Maßnahme	Erneuerung der Fahrbahndecke (siehe Kapitel 4.7.1)

<p>Hindernis neben der Fahrbahn (Bäume, Beschilderung, Geländer etc.)</p>	<p>Straßenbauliche Maßnahme</p>	<p>Beseitigung von Hindernis oder absichern</p>  <p>Zusammenfassen von Stationszeichen, Wegweisung, Rohrpfosten etc. (möglichst auf einer Höhe bzw. hinter FRS)</p>  <p>Quelle: https://makau.bast.de</p> <p>Errichtung eines Erdwalls</p>  <p>Quelle: https://makau.bast.de</p>
<p>Schlechte Erkennbarkeit des Kurvenverlaufs, unstetige Linienführung</p>	<p>Straßenbauliche Maßnahme</p>	<p>Bestandsausbau mit Änderung der Trassierung</p>  <p>Quelle: https://makau.bast.de</p>
<p>Schlechte Einsehbarkeit</p>	<p>Straßenbauliche Maßnahme</p>	<p>Doppelte Sperrlinie gem. §9, Abs. 5 BoMaVO zwecks Fahrstreifenbegrenzung</p>
<p>Hoher Anteil an Abkommensunfällen von der Fahrbahn</p>	<p>Straßenbauliche Maßnahme</p>	<p>Installation von Rumpelstreifen zur Erhöhung des Aufmerksamkeitsniveaus der Motorradlenker</p> 

<p>Kurvenradius schlecht einzuschätzen bzw. Kurve nicht einsehbar, nicht angepasste Geschwindigkeit</p>	<p>Verkehrstechnische und -organisator. Maßnahmen</p>	<p>Verbesserung der Leitfunktion der Straße mittels Leitposten, Leittafeln etc. und Geschwindigkeitsbeschränkung</p>  <p>Quelle: https://makau.bast.de</p>
<p>Schlechte Einsehbarkeit von Knotenpunkten</p>	<p>Verkehrstechnische und -organisator. Maßnahmen</p>	<p>Zulässige Höchstgeschwindigkeit im Kreuzungsbereich herabsetzen</p> <p>Verbesserung der Erkennbarkeit des Knotenpunktes durch Herstellen der Sichtfelder</p>
<p>Unfälle bei Nässe, schlechter Zustand der Fahrbahnoberfläche</p>	<p>Verkehrstechnische und -organisator. Maßnahmen</p>	<p>Zulässige Höchstgeschwindigkeit herabsetzen mit Zusatztafel "Bei Nässe"</p>  <p>Quelle: https://makau.bast.de</p>
<p>Zulässige Höchstgeschwindigkeit wird von mehr als der Hälfte der Kfz überschritten</p>	<p>Verkehrsüberwachung</p>	<p>Durchsetzen der zulässigen Höchstgeschwindigkeit mittels mobiler Überwachung</p> 
<p>Schwere Motorradunfälle</p>	<p>Passive Maßnahmen</p>	<p>Fahrzeugrückhaltesysteme (insbesondere in Kurven) mit Unterfahrschutz ausstatten</p> 

5. Ergebnisse

Während in den vergangenen 14 Jahren (2003-2016) die Zahl der Unfälle mit Personenschaden (UPS) auf Österreichs Straßen, bezogen auf den Fahrzeugbestand, um mehr als 34% zurückging (2003: 7,89 UPS pro 1.000 Kfz.; 2016: 5,18 UPS pro 1.000 Kfz.), verringerte sich das Unfallgeschehen von motorisierten Zweirädern (PTW – Powered Two Wheelers) um lediglich 28% (2003: 13,70 UPS pro 1.000 PTW; 2016: 9,81 UPS pro 1.000 PTW). In zwei Motorradkategorien erfolgte sogar ein Anstieg der Unfallzahlen bezogen auf den jeweiligen Fahrzeugbestand: Unfälle mit Kleinmotorrädern erhöhten sich im Betrachtungszeitraum um 2/3, Leichtmotorräder sogar um mehr als das Doppelte (+127%).

Detailanalysen zeigen ferner auf, dass Motorradaufsassen (Lenker und Mitfahrer) im Vergleich zu anderen PTW-Kategorien die mit Abstand höchste Mortalitätsrate aufweisen. Während die Zahl der Getöteten pro 100.000 Fahrzeugen bei motorisierten Zweirädern (PTW) seit rund 14 Jahren kontinuierlich zurückgeht (2003: 26,48 Getötete pro 100.000 Fz.; 2013: 11,77 Getötete pro 100.000 Fz.) stieg die Getötetenrate von Motorradfahrern im Jahr 2013 rasant an (40,94 Getötete pro 100.000 Fz.) und verweilt seither auf einem hohen Niveau von rd. 33 Getötete pro 100.000 Motorrädern.

Schutzeinrichtungen entlang von Straßen verfolgen das primäre Ziel, die Folgen von Abkommensunfällen so gering wie möglich zu halten. Fahrzeugrückhaltesysteme (FRS) werden daher in standardisierten Anprallprüfungen auf ihr Verhalten beim Anprall von Pkw, Lkw und Bussen hin optimiert. Ein Vergleich der Verletzungsschwere von Alleinunfällen mit Abkommen von der Fahrbahn und anschließender Leitschienen-Kollision zeigt, dass die mittleren volkswirtschaftlichen Unfallkosten der motorisierten Zweiräder in derartigen Unfallsituationen knapp 35% über jenen von Pkw liegen (Pkw: 157.603 €, PTW: 211.362 €).

In Deutschland wurden im Jahr 2011 im Rahmen einer Evaluierungsstudie 428 Fahrzeugrückhaltesysteme mit einem Unterfahrschutz (System Euskirchen) nachgerüstet. Berechnet man das entsprechende Quotenverhältnis (Odds Ratio), dann geht die Nachrüstung mit einer Reduktion des Motorrad-Unfallgeschehens um 18% einher.

Die internationale Literatur zum Thema Unterfahrschutz ist derzeit noch sehr dürftig. Nach gängiger Expertenmeinung nach führt ein Unterfahrschutz jedoch immer nur zu einer Reduktion der Verletzungsschwere und nicht unbedingt zu einer Abnahme der Unfallzahlen. Das deutsche Untersuchungsdesign ist aus dieser Sichtweise kritisch zu beurteilen. Dennoch wird im gegenständlichen Bericht darauf verwiesen, um einen vollständigen Überblick über den Stand des Wissens zu geben.

Da diese Maßnahme jedoch weniger auf die Reduktion der Abkommenswahrscheinlichkeit, sondern vielmehr auf die Verletzungsschwere abzielt, wurde im Projekt MoMio ein Risikoindex (RI) ermittelt, um die Auswirkungen auf das Mortalitätsrisiko abbilden zu können. Der Risikoindex wurde entsprechend der Vorgaben der österreichischen Unfallkostenrechnung berechnet und spiegelt den Anteil der volkswirtschaftlichen Unfallkosten der jeweiligen Verletzungsschwere bezogen auf (Abkommens-) Unfälle mit Leichtverletzten wider.

Der Sicherheitseffekt (θ) für Fahrzeugrückhaltesysteme mit Unterfahrschutz wird nun anhand des Quotienten der beiden Parameter λ und π ermittelt und beträgt im Mittel $\theta=0.2246$, d.h. die Installation eines Unterfahrschutzes auf Straßenabschnitten, die bislang kein Fahrzeugrückhaltesystem für Motorräder aufweisen, bewirkt eine Reduktion der gewichteten Unfallschwere um 78%. Unter Berücksichtigung der durchschnittlichen Investitionskosten von 71 €/lm führt dies zu einem Nutzen-Kosten-Verhältnis (NKV) von 473. Alle Maßnahmen die ein $NKV > 1$ haben, sind als kosteneffizient anzusehen. Je höher diese Maßzahl ist, desto rascher amortisieren sich die getätigten Investitionskosten. Über die Lebenszeit des Systems gerechnet, übertrifft der Nutzen (Reduktion der Unfallfolgekosten) die Kosten (Annuität) um das fast 500-fache.

Die Griffigkeit einer Fahrbahnoberfläche ist für die Verkehrssicherheit von großer Bedeutung, da beherrschbare Beschleunigungs-, Verzögerungs- und Lenkmanöver nur dann möglich sind, wenn das Kraftschlussangebot der Fahrbahnoberfläche mindestens ebenso groß ist wie die aus dem Fahrmanöver resultierende Kraftschlussnachfrage des Fahrzeugs. Für die Analyse des Sicherheitseffekts von griffigkeitsverbessernden Maßnahmen wurde im Projekt ein Datensatz mit 42 Segmenten (zu je 50m Länge) herangezogen.

Griffigkeitserhöhende Maßnahmen führten zu einer Reduktion der Abkommensunfälle motorisierter Zweiräder um 65,6% im Vergleich zu Straßensegmenten mit vergleichbaren Streckencharakteristika und ähnlichem Verkehrsaufkommen. Vergleicht man das Unfallgeschehen vor und nach Durchführung der griffigkeitserhöhenden Maßnahmen ohne Berücksichtigung von zeitlichen Veränderungen (traditioneller VORHER-NACHHER Vergleich), ergibt sich eine Unfallreduktion um 93%. Dieses Ergebnis inkludiert jedoch den Regression-to-the-mean Bias (statistischer Verkehrssicherheitseffekte aufgrund der hohen Variabilität des Unfallgeschehens) sowie Raum-Zeit-Effekte (Änderungen im Verkehrsaufkommen, dem Fahrverhalten, der Fahrzeugflotte etc.), die mit der Maßnahme an und für sich nichts zu tun haben.

In der internationalen Literatur findet man unter z.T. weitaus geringere Verkehrssicherheitseffekte (-10% bis -20%), die sich jedoch auf Abkommensunfälle generell, d.h. unter Berücksichtigung sämtlicher Verkehrsteilnehmer (Pkw, Lkw, PTW

etc.), beziehen. Es zeigt sich, dass unzureichende Straßengriffigkeit für motorisierte einspurige Fahrzeuge ein wesentlich höherer Risikofaktor als für andere Verkehrsteilnehmergruppen darstellt und griffigkeitserhöhende Maßnahmen daher zu einer erheblichen Reduktion der PTW-Abkommensunfälle führen.

Über die Lebenszeit gerechnet, führen griffigkeitsverbessernde Maßnahmen zu einer Reduktion der (volkswirtschaftlichen) Unfallkosten im Verhältnis zu den Errichtungskosten um das 175-fache.

6. Anhang

6.1 Übersicht der im Rahmen der Motorradmillion getätigten Infrastrukturmaßnahmen

Nr.	Land	Straßenart	Straßennummer	von km	bis km	Länge [m]	Errichtungsdatum	Infrastrukturmaßnahme	Bisherige/bestehende Infrastrukturmaßnahmen	Sonstige Maßnahmen
1	T	Landesstraße B	173	6,060	6,800	740	01.10.2012	Griffigkeitsverbesserung	keine	keine
2	T	Landesstraße B	182	4,450	4,490	40	28.09.2012	FRS mit Unterfahrschutz	keine	keine
3	T	Landesstraße B	182	4,650	4,670	20	28.09.2012	FRS mit Unterfahrschutz	FRS mit Unterfahrschutz	keine
4	T	Landesstraße B	182	4,690	4,710	20	28.09.2012	FRS mit Unterfahrschutz	keine	keine
5	T	Landesstraße B	182	4,760	4,930	170	28.09.2012	FRS mit Unterfahrschutz	FRS mit Unterfahrschutz	keine

Forschungsarbeiten des österreichischen Verkehrssicherheitsfonds

6	T	Landesstraße B	182	5,020	5,040	20	28.09.2012	FRS mit Unterfahrschutz	keine	keine
7	T	Landesstraße B	182	6,200	6,225	25	28.09.2012	FRS mit Unterfahrschutz	keine	keine
8	T	Landesstraße B	182	6,500	6,520	20	28.09.2012	FRS mit Unterfahrschutz	keine	keine
9	T	Landesstraße B	182	7,200	7,205	5	28.09.2012	FRS mit Unterfahrschutz	keine	keine
10	T	Landesstraße B	182	7,600	7,690	90	28.09.2012	FRS mit Unterfahrschutz	FRS mit Unterfahrschutz	keine
11	T	Landesstraße B	182	7,800	7,880	80	28.09.2012	FRS mit Unterfahrschutz	FRS mit Unterfahrschutz	keine
12	T	Landesstraße B	182	8,000	8,140	140	28.09.2012	FRS mit Unterfahrschutz	FRS mit Unterfahrschutz	keine
13	T	Landesstraße B	182	8,220	8,270	50	28.09.2012	FRS mit Unterfahrschutz	FRS mit Unterfahrschutz	keine
14	T	Landesstraße B	182	8,320	8,360	40	28.09.2012	FRS mit Unterfahrschutz	keine	keine
15	T	Landesstraße B	182	8,400	8,490	90	28.09.2012	FRS mit Unterfahrschutz	FRS mit Unterfahrschutz	keine

Forschungsarbeiten des österreichischen Verkehrssicherheitsfonds

16	T	Landesstraße B	182	8,600	8,800	200	28.09.2012	FRS mit Unterfahrschutz	FRS mit Unterfahrschutz	keine
17	T	Landesstraße B	182	8,920	8,940	20	28.09.2012	FRS mit Unterfahrschutz	keine	keine
18	T	Landesstraße B	182	8,970	9,340	370	28.09.2012	FRS mit Unterfahrschutz	FRS mit Unterfahrschutz	keine
19	T	Landesstraße B	182	9,350	9,480	130	28.09.2012	FRS mit Unterfahrschutz	FRS mit Unterfahrschutz	keine
20	T	Landesstraße B	182	9,630	9,780	150	28.09.2012	FRS mit Unterfahrschutz	FRS mit Unterfahrschutz	keine
21	T	Landesstraße B	182	9,830	9,860	30	28.09.2012	FRS mit Unterfahrschutz	keine	keine
22	T	Landesstraße B	182	9,900	9,930	30	28.09.2012	FRS mit Unterfahrschutz	keine	keine
23	T	Landesstraße B	182	9,960	10,050	90	28.09.2012	FRS mit Unterfahrschutz	FRS mit Unterfahrschutz	keine
24	T	Landesstraße B	182	10,050	10,120	70	28.09.2012	FRS mit Unterfahrschutz	keine	keine
25	T	Landesstraße B	182	10,530	10,800	270	28.09.2012	FRS mit Unterfahrschutz	FRS mit Unterfahrschutz	keine

Forschungsarbeiten des österreichischen Verkehrssicherheitsfonds

26	T	Landesstraße B	182	10,830	11,060	230	28.09.2012	FRS mit Unterfahrschutz	FRS mit Unterfahrschutz	keine
27	T	Landesstraße B	182	11,870	11,950	80	28.09.2012	FRS mit Unterfahrschutz	FRS mit Unterfahrschutz	keine
28	T	Landesstraße B	182	11,980	12,020	40	28.09.2012	FRS mit Unterfahrschutz	keine	keine
29	T	Landesstraße B	182	12,100	12,165	65	28.09.2012	FRS	FRS mit Unterfahrschutz	keine
30	T	Landesstraße B	182	12,300	12,490	190	28.09.2012	FRS mit Unterfahrschutz	FRS mit Unterfahrschutz	keine
31	T	Landesstraße B	182	12,740	12,780	40	28.09.2012	FRS mit Unterfahrschutz	FRS mit Unterfahrschutz	keine
32	T	Landesstraße B	182	12,850	12,890	40	28.09.2012	FRS mit Unterfahrschutz	keine	keine
33	T	Landesstraße B	182	13,400	13,500	100	28.09.2012	FRS mit Unterfahrschutz	FRS mit Unterfahrschutz	keine
34	T	Landesstraße B	182	14,320	14,360	40	28.09.2012	FRS	keine	keine
35	T	Landesstraße B	182	14,400	14,600	200	28.09.2012	FRS mit Unterfahrschutz	FRS	keine

Forschungsarbeiten des österreichischen Verkehrssicherheitsfonds

36	T	Landesstraße B	182	16,040	16,070	30	28.09.2012	FRS mit Unterfahrschutz	keine	keine
37	T	Landesstraße B	182	16,250	16,270	20	28.09.2012	FRS mit Unterfahrschutz	keine	keine
38	T	Landesstraße B	182	17,000	17,090	90	28.09.2012	FRS mit Unterfahrschutz	FRS mit Unterfahrschutz	keine
39	T	Landesstraße B	182	17,280	17,380	100	28.09.2012	FRS mit Unterfahrschutz	FRS mit Unterfahrschutz	keine
40	T	Landesstraße B	182	29,500	29,800	300	28.09.2012	FRS	FRS	keine
41	T	Landesstraße B	182	34,400	34,425	25	28.09.2012	FRS mit Unterfahrschutz	keine	keine
45	V	Landesstraße L	193	24,210	24,220	10	01.10.2012	FRS mit Unterfahrschutz	FRS	FRS
46	V	Landesstraße L	193	31,100	31,110	10	01.10.2012	FRS mit Unterfahrschutz	FRS	FRS
47	V	Landesstraße L	200	50,220	50,270	50	01.10.2012	FRS mit Unterfahrschutz	FRS	FRS
48	V	Landesstraße L	6	1,270	1,320	50	01.10.2012	FRS mit Unterfahrschutz	FRS	FRS

Forschungsarbeiten des österreichischen Verkehrssicherheitsfonds

49	V	Landesstraße L	6	1,780	1,820	40	01.10.2012	FRS mit Unterfahrschutz	FRS	FRS
50	V	Landesstraße L	51	3,910	3,960	50	01.10.2012	FRS mit Unterfahrschutz	FRS	FRS
52	S	Landesstraße L	107	8,070	8,093	23	01.04.2012	FRS mit Unterfahrschutz	FRS	keine
53	S	Landesstraße L	107	10,630	10,695	65	01.05.2012	FRS mit Unterfahrschutz	FRS	keine
54	K	Landesstraße B	69	10,100	10,860	760	22.10.2012	Griffigkeitsverbesserung	70km/h, Gefahrenzeichen, Leitwinkel	keine
55	K	Landesstraße B	82	54,000	66,200	12.200	08.08.2012	Blickanalyse mittels Viewpoint	Bodenmarkierung, Leit- winkel, Leitschienen,	keine
56	K	Landesstraße B	95	55,100	55,300	200,00	04.09.2012,	Bodenmarkierungen	Bodenmarkierung, Leit- winkel	keine
57	K	Landesstraße B	105	4,300	4,500	200,00	03.09.2012,	Bodenmarkierungen	Bodenmarkierung	keine
58	Stmk.	Landesstraße B	115	127,000	127,200	200	16.08.2012	FRS mit Unterfahrschutz	FRS	Bewusstseins- kampagne "Lust auf Sicherheit"

59	Stmk.	Landesstraße B	317	9,300	9,500	200	22.10.2012	FRS mit Unterfahrschutz	FRS	Bewusstseins- kampagne "Lust auf Sicherheit"
60	Stmk.	Landesstraße B	77	20,983	21,160	177	27.10.2011	FRS mit Unterfahrschutz	FRS	Bewusstseins- kampagne "Lust auf Sicherheit"
61	Stmk.	Landesstraße B	77	22,280	22,390	110	27.10.2011	FRS mit Unterfahrschutz	FRS	Bewusstseins- kampagne "Lust auf Sicherheit"
62	Stmk.	Landesstraße B	77	22,816	23,344	528	27.10.2011	FRS mit Unterfahrschutz	FRS	Bewusstseins- kampagne "Lust auf Sicherheit"
63	Stmk.	Landesstraße B	77	23,400	23,610	210	27.10.2011	FRS mit Unterfahrschutz	FRS	Bewusstseins- kampagne "Lust auf Sicherheit"
64	Stmk.	Landesstraße B	77	23,615	23,679	64	27.10.2011	FRS mit Unterfahrschutz	FRS	Bewusstseins- kampagne "Lust auf Sicherheit"
65	Stmk.	Landesstraße B	77	24,426	24,508	82	27.10.2011	FRS mit Unterfahrschutz	FRS	Bewusstseins- kampagne "Lust auf Sicherheit"

66	Stmk.	Landesstraße B	77	25,874	26,231	357	27.10.2011	FRS mit Unterfahrschutz	FRS	Bewusstseins- kampagne "Lust auf Sicherheit"
67	Stmk.	Landesstraße B	77	26,875	27,288	413	14.10.2011	FRS mit Unterfahrschutz	FRS	Bewusstseins- kampagne Lust auf Sicherheit"
68	Stmk.	Landesstraße B	77	28,064	28,339	275	14.10.2011	FRS mit Unterfahrschutz	FRS	Bewusstseins- kampagne Lust auf Sicherheit"
69	Stmk.	Landesstraße B	77	19,000	19,060	60	01.08.2010	FRS mit Unterfahrschutz	FRS	Bewusstseins- kampagne Lust auf Sicherheit"
70	Stmk.	Landesstraße B	77	21,000	21,070	70	01.08.2010	FRS mit Unterfahrschutz	FRS	Bewusstseins- kampagne Lust auf Sicherheit"
71	Stmk.	Landesstraße B	77	22,650	22,720	70	01.08.2010	FRS mit Unterfahrschutz	FRS	Bewusstseins- kampagne Lust auf Sicherheit"
72	Stmk.	Landesstraße B	77	22,700	22,770	70	01.08.2010	FRS mit Unterfahrschutz	FRS	Bewusstseins- kampagne Lust auf Sicherheit"

73	Stmk.	Landesstraße B	77	22,600	22,670	70	01.08.2010	FRS mit Unterfahrschutz	FRS	Bewusstseins- kampagne "Lust auf Sicherheit"
74	Stmk.	Landesstraße B	77	24,600	24,680	80	01.08.2010	FRS mit Unterfahrschutz	FRS	Bewusstseins- kampagne Lust auf Sicherheit"
75	Stmk.	Landesstraße B	77	29,930	29,955	25	14.10.2011	FRS mit Unterfahrschutz	FRS	Bewusstseins- kampagne Lust auf Sicherheit"
76	Stmk.	Landesstraße B	77	31,615	31,700	85	01.10.2010	FRS mit Unterfahrschutz	FRS	Bewusstseins- kampagne Lust auf Sicherheit"
77	Stmk.	Landesstraße B	77	32,200	32,257	57	01.10.2010	FRS mit Unterfahrschutz	FRS	Bewusstseins- kampagne Lust auf Sicherheit"
78	Stmk.	Landesstraße B	78	33,400	33,457	57	14.10.2011	FRS mit Unterfahrschutz	FRS	Bewusstseins- kampagne Lust auf Sicherheit"
79	Stmk.	Landesstraße B	20	95,400	95,600	200	27.10.2011	FRS mit Unterfahrschutz	FRS	Bewusstseins- kampagne "Lust auf Sicherheit"

Forschungsarbeiten des österreichischen Verkehrssicherheitsfonds

83	B	Landesstraße L	213	2,090	2,200	110,000	06.11.2012	FRS mit Unterfahrschutz	FRS	keine
84	B	Landesstraße L	213	1,672	2,006	334,000	07.11.2012	FRS mit Unterfahrschutz	FRS	keine
85	B	Landesstraße L	213	1,988	2,038	50,000	07.11.2012	FRS mit Unterfahrschutz	FRS	keine
86	B	Landesstraße L	213	2,660	2,744	84,000	08.11.2012	FRS mit Unterfahrschutz	FRS	keine
87	B	Landesstraße L	213	3,193	3,334	141,000	08.11.2012	FRS mit Unterfahrschutz	FRS	keine
88	B	Landesstraße L	213	1,547	1,604	57,000	09.11.2012	FRS mit Unterfahrschutz	FRS	keine
89	NÖ	Landesstraße B	1	27,500	28,900	1.400	01.07.2012	FRS mit Unterfahrschutz	FRS	keine
90	NÖ	Landesstraße B	1	26,000	29,000	3.000	15.07.2012	Betonleitwand	Leitwinkel	keine
91	NÖ	Landesstraße B	21	39,847	39,874	27	26.09.2012	FRS mit Unterfahrschutz	FRS	keine
92	NÖ	Landesstraße B	21	36,800	41,200	4.400	23.08.2012	Bodenmarkierungen	Bodenmarkierungen	keine

Forschungsarbeiten des österreichischen Verkehrssicherheitsfonds

93	NÖ	Landesstraße B	21	37,000	41,000	4.000	22.08.2012	Griffigkeitsverbesserung	keine	keine
94	NÖ	Landesstraße B	21	37,000	41,000	4.000	01.07.2012	Entfernung von Hindernissen	keine	keine
95	NÖ	Landesstraße B	21	37,000	41,000	4.000	10.07.2012	Leitwinkel	keine	keine
96	NÖ	Landesstraße B	21	51,800	52,800	1.000	23.08.2012	Bodenmarkierungen	keine	keine
97	NÖ	Landesstraße B	21	51,800	52,800	1.000	01.07.2012	Entfernung von Hindernissen	keine	keine
98	NÖ	Landesstraße B	21	51,500	52,200	700	22.08.2012	Griffigkeitsverbesserung	keine	keine
99	NÖ	Landesstraße B	21	51,900	52,200	300	10.07.2012	Leitwinkel	keine	keine
100	NÖ	Landesstraße B	21	56,000	64,000	8.000	10.04.2012	FRS mit Unterfahrschutz	keine	keine
101	NÖ	Landesstraße B	21	54,000	64,000	10.000	27.09.2012	Leitwinkel	keine	keine
102	NÖ	Landesstraße B	21	57,000	61,702	4.702	11.07.2012	Fahrbahnsanierung	keine	keine

Forschungsarbeiten des österreichischen Verkehrssicherheitsfonds

103	NÖ	Landesstraße B	21	59,200	59,500	300	17.07.2012	Fahrbahnsanierung	keine	keine
104	NÖ	Landesstraße B	21	54,380	54,645	265	11.07.2012	Fahrbahnsanierung	keine	keine
105	NÖ	Landesstraße B	28	16,472	16,595	123	30.07.2012	FRS mit Unterfahrschutz	FRS	keine
106	NÖ	Landesstraße B	28	11,000	28,000	17.000	13.08.2012	Leitwinkel	keine	keine
107	NÖ	Landesstraße B	258	17,000	25,000	8.000	16.08.2012	Fahrbahnsanierung	keine	keine
108	NÖ	Landesstraße B	71	1,170	1,242	72	30.07.2012	FRS mit Unterfahrschutz	FRS	keine
109	NÖ	Landesstraße B	71	1,249	1,272	23	30.07.2012	FRS mit Unterfahrschutz	FRS	keine
110	NÖ	Landesstraße B	71	1,548	1,661	113	30.07.2012	FRS mit Unterfahrschutz	FRS	keine
111	NÖ	Landesstraße B	71	3,302	3,359	57	30.07.2012	FRS mit Unterfahrschutz	FRS	keine
112	NÖ	Landesstraße B	71	3,440	3,528	88	30.07.2012	FRS mit Unterfahrschutz	FRS	keine

Forschungsarbeiten des österreichischen Verkehrssicherheitsfonds

113	NÖ	Landesstraße B	71	3,868	3,903	35	30.07.2012	FRS mit Unterfahrschutz	FRS	keine
114	NÖ	Landesstraße B	71	3,925	3,952	27	30.07.2012	FRS mit Unterfahrschutz	FRS	keine
115	NÖ	Landesstraße B	71	4,057	4,107	50	30.07.2012	FRS mit Unterfahrschutz	FRS	keine
116	NÖ	Landesstraße B	71	5,445	5,555	110	30.07.2012	FRS mit Unterfahrschutz	FRS	keine
117	NÖ	Landesstraße B	71	9,884	10,034	150	30.07.2012	FRS mit Unterfahrschutz	FRS	keine
118	NÖ	Landesstraße B	71	10,702	10,892	190	30.07.2012	FRS mit Unterfahrschutz	FRS	keine
119	NÖ	Landesstraße B	71	10,908	10,938	30	30.07.2012	FRS mit Unterfahrschutz	FRS	keine
120	NÖ	Landesstraße B	71	11,068	11,188	120	30.07.2012	FRS mit Unterfahrschutz	FRS	keine
121	NÖ	Landesstraße B	71	19,021	19,082	61	30.07.2012	FRS mit Unterfahrschutz	FRS	keine
122	NÖ	Landesstraße B	71	19,097	19,106	9	30.07.2012	FRS mit Unterfahrschutz	FRS	keine

Forschungsarbeiten des österreichischen Verkehrssicherheitsfonds

123	NÖ	Landesstraße B	71	3,000	19,000	16.000	16.07.2012	Leitwinkel	keine	keine
124	NÖ	Landesstraße B	71	3,000	21,000	18.000	01.07.2012	Leitpflocke	keine	keine
125	NÖ	Landesstraße B	71	3,000	21,000	18.000	01.07.2012	Bodenmarkierungen	keine	keine
126	NÖ	Landesstraße B	71	3,000	21,000	18.000	15.06.2012	Entfernung von Hindernissen	keine	keine
127	NÖ	Landesstraße L	78	39,000	49,000	10.000	15.10.2012	Leitpflocke	keine	keine
128	NÖ	Landesstraße L	78	39,000	49,000	10.000	22.08.2012	Bodenmarkierungen	keine	keine
129	NÖ	Landesstraße L	78	39,000	49,000	10.000	19.07.2012	Fahrbahnsanierung	keine	keine
130	NÖ	Landesstraße L	78	39,000	49,000	10.000	07.08.2012	Bankettbefestigung und Randsteinumlegung	keine	keine
131	NÖ	Landesstraße L	78	39,000	49,000	10.000	05.08.2012	Gefahrenzeichen	keine	keine
132	NÖ	Landesstraße L	120	8,000	23,000	15.000	01.07.2012	FRS mit Unterfahrschutz	FRS	keine

Forschungsarbeiten des österreichischen Verkehrssicherheitsfonds

133	NÖ	Landesstraße L	120	8,000	23,000	15.000	03.08.2012	Fahrbahnsanierung	keine	keine
135	NÖ	Landesstraße L	120	8,000	23,000	15.000	20.09.2012	Bankettbefestigung und Randsteinumlegung	keine	keine
136	NÖ	Landesstraße L	213	4,200	5,000	800	01.07.2012	FRS mit Unterfahrschutz	FRS	keine
137	NÖ	Landesstraße B	27	0,000	0,100	100	10.07.2012	Griffigkeitsverbesserung	keine	keine
138	NÖ	Landesstraße B	27	13,908	13,987	79	20.09.2012	FRS mit Unterfahrschutz	FRS	keine
139	NÖ	Landesstraße L	119	6,496	6,552	56	02.05.2012	FRS mit Unterfahrschutz	FRS	keine
140	NÖ	Landesstraße B	210	5,936	6,015	79	12.09.2012	FRS mit Unterfahrschutz	FRS	keine
141	NÖ	Landesstraße B	27	0,000	0,100	100	10.07.2012	Bodenmarkierungen	keine	keine
142	NÖ	Landesstraße B	27	0,000	0,100	100	10.07.2012	Entfernung von Hindernissen	keine	keine
143	NÖ	Landesstraße B	27	0,000	0,100	100	10.07.2012	Leitwinkel	keine	keine

Forschungsarbeiten des österreichischen Verkehrssicherheitsfonds

144	OÖ	Landesstraße B	119	14,905	14,955	50	27.09.2012	Griffigkeitsverbesserung	keine	keine
145	OÖ	Landesstraße B	120	29,600	30,735	1.135	20.06.2012	Griffigkeitsverbesserungen	keine	keine
146	OÖ	Landesstraße B	121	35,579	35,666	87	20.06.2012	Griffigkeitsverbesserungen	keine	keine
147	OÖ	Landesstraße B	127	12,714	13,372	658	27.06.2012	Griffigkeitsverbesserungen	keine	keine
148	OÖ	Landesstraße B	129	27,186	27,238	52	03.07.2012	Griffigkeitsverbesserungen	keine	keine
149	OÖ	Landesstraße B	130	4,559	4,619	60	03.07.2012	Griffigkeitsverbesserungen	keine	keine
150	OÖ	Landesstraße B	130	4,109	4,163	54	03.07.2012	Griffigkeitsverbesserungen	keine	keine
151	OÖ	Landesstraße B	130	3,237	3,342	105	03.07.2012	Griffigkeitsverbesserungen	keine	keine
152	OÖ	Landesstraße B	130	1,943	1,989	46	03.07.2012	Griffigkeitsverbesserungen	keine	keine
153	OÖ	Landesstraße B	133	6,087	6,14	53	03.07.2012	Griffigkeitsverbesserungen	keine	keine

Forschungsarbeiten des österreichischen Verkehrssicherheitsfonds

154	OÖ	Landesstraße B	133	5,172	5,221	49	03.07.2012	Griffigkeitsverbesserungen	keine	keine
155	OÖ	Landesstraße B	135	29,23	29,47	240	05.09.2012	Griffigkeitsverbesserungen	keine	keine
156	OÖ	Landesstraße B	127	54,928	55,204	276	04.07.2012	Griffigkeitsverbesserungen	keine	keine
157	OÖ	Landesstraße B	139	19,817	20,129	312	19.06.2012	Griffigkeitsverbesserungen	keine	keine
158	OÖ	Landesstraße B	139	22,464	22,648	184	19.06.2012	Griffigkeitsverbesserungen	keine	keine
159	OÖ	Landesstraße B	143	5,994	6,345	351		Griffigkeitsverbesserungen	keine	keine
160	OÖ	Landesstraße B	144	9,069	9,169	100	05.09.2012	Griffigkeitsverbesserungen	keine	keine
161	OÖ	Landesstraße B	151	4,369	4,423	54	05.09.2012	Griffigkeitsverbesserungen	keine	keine
162	OÖ	Landesstraße B	152	9,658	9,71	52	05.09.2012	Griffigkeitsverbesserungen	keine	keine
163	OÖ	Landesstraße B	1	216,865	216,97	105	19.10.2012	Griffigkeitsverbesserungen	keine	keine

Forschungsarbeiten des österreichischen Verkehrssicherheitsfonds

164	OÖ	Landesstraße B	38	162,589	162,678	89	04.07.2012	Griffigkeitsverbesserungen	keine	keine
165	OÖ	Landesstraße B	3	236,21	236,445	235	04.10.2012	Griffigkeitsverbesserungen	keine	keine
167	OÖ	Landesstraße L	573	2,400	2,476	76,000	21.09.2012	FRS mit Unterfahrschutz	FRS	keine
168	OÖ	Landesstraße L	573	3,800	3,880	79,800	21.09.2012	FRS mit Unterfahrschutz	FRS	keine
169	OÖ	Landesstraße L	573	4,280	4,322	41,800	21.09.2012	FRS mit Unterfahrschutz	FRS	keine
170	OÖ	Landesstraße L	573	4,350	4,392	41,800	21.09.2012	FRS mit Unterfahrschutz	FRS	keine
171	OÖ	Landesstraße L	509	17,250	17,269	19,000	21.09.2012	FRS mit Unterfahrschutz	FRS	keine
172	OÖ	Landesstraße L	573	7,450	7,507	57,000	21.09.2012	FRS mit Unterfahrschutz	FRS	keine
173	OÖ	Landesstraße L	573	13,400	13,438	38,000	21.09.2012	FRS mit Unterfahrschutz	FRS	keine
174	OÖ	Landesstraße L	573	15,450	15,518	68,400	21.09.2012	FRS mit Unterfahrschutz	FRS	keine

Forschungsarbeiten des österreichischen Verkehrssicherheitsfonds

175	OÖ	Landesstraße L	573	15,550	15,630	79,800	21.09.2012	FRS mit Unterfahrschutz	FRS	keine
176	OÖ	Landesstraße L	573	17,150	17,196	45,600	21.09.2012	FRS mit Unterfahrschutz	FRS	keine
177	OÖ	Landesstraße L	573	17,250	17,288	38,000	21.09.2012	FRS mit Unterfahrschutz	FRS	keine
178	OÖ	Landesstraße L	573	17,400	17,522	121,600	21.09.2012	FRS mit Unterfahrschutz	FRS	keine
179	OÖ	Landesstraße L	573	17,600	17,638	38,000	21.09.2012	FRS mit Unterfahrschutz	FRS	keine
180	OÖ	Landesstraße L	573	17,800	17,861	60,800	21.09.2012	FRS mit Unterfahrschutz	FRS	keine
181	OÖ	Landesstraße L	573	21,150	21,199	49,400	21.09.2012	FRS mit Unterfahrschutz	FRS	keine
182	OÖ	Landesstraße L	550	8,820	8,873	53,200	04.10.2012	FRS mit Unterfahrschutz	FRS	keine
183	OÖ	Landesstraße L	550	15,850	15,922	72,200	04.10.2012	FRS mit Unterfahrschutz	FRS	keine
184	OÖ	Landesstraße L	550	18,500	18,553	53,200	04.10.2012	FRS mit Unterfahrschutz	FRS	keine

Forschungsarbeiten des österreichischen Verkehrssicherheitsfonds

185	OÖ	Landesstraße L	550	18,900	19,010	110,200	04.10.2012	FRS mit Unterfahrschutz	FRS	keine
186	OÖ	Landesstraße L	550	21,100	21,203	102,600	04.10.2012	FRS mit Unterfahrschutz	FRS	keine
187	OÖ	Landesstraße L	550	28,250	28,334	83,600	04.10.2012	FRS mit Unterfahrschutz	FRS	keine
188	OÖ	Landesstraße B	120	13,750	13,773	22,800	21.09.2012	FRS mit Unterfahrschutz	FRS	keine
189	OÖ	Landesstraße L	509	12,200	12,227	26,600	21.09.2012	FRS mit Unterfahrschutz	FRS	keine
190	OÖ	Landesstraße L	509	12,500	12,534	34,200	21.09.2012	FRS mit Unterfahrschutz	FRS	keine
191	OÖ	Landesstraße L	509	16,120	16,139	19,000	21.09.2012	FRS mit Unterfahrschutz	FRS	keine
192	OÖ	Landesstraße B	119	18,300	18,338	38,000	04.10.2012	FRS mit Unterfahrschutz	FRS	keine
193	OÖ	Landesstraße L	1501	17,250	17,273	22,800	21.09.2012	FRS mit Unterfahrschutz	FRS	keine
194	OÖ	Landesstraße L	1501	12,250	12,315	64,600	21.09.2012	FRS mit Unterfahrschutz	FRS	keine

Forschungsarbeiten des österreichischen Verkehrssicherheitsfonds

195	OÖ	Landesstraße L	1501	12,050	12,111	60,800	21.09.2012	FRS mit Unterfahrschutz	FRS	keine
196	OÖ	Landesstraße L	1501	10,150	10,196	45,600	21.09.2012	FRS mit Unterfahrschutz	FRS	keine
197	OÖ	Landesstraße L	1501	9,650	9,696	45,600	21.09.2012	FRS mit Unterfahrschutz	FRS	keine
198	OÖ	Landesstraße L	1501	5,700	5,749	49,400	21.09.2012	FRS mit Unterfahrschutz	FRS	keine
199	OÖ	Landesstraße B	166	40,047	40,169	121,600	25.04.2012	FRS mit Unterfahrschutz	FRS	keine
200	OÖ	Landesstraße B	166	40,627	40,730	102,600	25.04.2012	FRS mit Unterfahrschutz	FRS	keine
201	OÖ	Landesstraße B	166	43,486	43,611	125,400	25.04.2012	FRS mit Unterfahrschutz	FRS	keine
202	OÖ	Landesstraße B	166	43,966	44,148	182,400	25.04.2012	FRS mit Unterfahrschutz	FRS	keine
203	OÖ	Landesstraße B	153	9,350	9,380	30,400	21.09.2012	FRS mit Unterfahrschutz	FRS	keine
204	OÖ	Landesstraße B	153	10,050	10,084	34,200	21.09.2012	FRS mit Unterfahrschutz	FRS	keine

Forschungsarbeiten des österreichischen Verkehrssicherheitsfonds

205	OÖ	Landesstraße B	153	10,150	10,177	26,600	21.09.2012	FRS mit Unterfahrschutz	FRS	keine
206	OÖ	Landesstraße B	153	11,100	11,108	7,600	21.09.2012	FRS mit Unterfahrschutz	FRS	keine
207	OÖ	Landesstraße B	153	12,150	12,215	64,600	21.09.2012	FRS mit Unterfahrschutz	FRS	keine
208	OÖ	Landesstraße B	153	12,200	12,211	11,400	21.09.2012	FRS mit Unterfahrschutz	FRS	keine
209	OÖ	Landesstraße L	1342	4,000	4,053	53,200	03.10.2012	FRS mit Unterfahrschutz	FRS	keine
210	OÖ	Landesstraße L	1342	7,650	7,753	102,600	03.10.2012	FRS mit Unterfahrschutz	FRS	keine
211	OÖ	Landesstraße L	1342	8,950	9,011	60,800	03.10.2012	FRS mit Unterfahrschutz	FRS	keine
212	OÖ	Landesstraße L	1342	12,450	12,564	114,000	03.10.2012	FRS mit Unterfahrschutz	FRS	keine
213	OÖ	Landesstraße L	1342	16,100	16,134	34,200	03.10.2012	FRS mit Unterfahrschutz	FRS	keine

6.2 Detailinformationen zu Motorradunfällen

U-ID: 2011003484 **Datum: 2011-09-18 10:00:00** Save

Vermutliche Unfallursache: Unbekannt

Alkohol: False Kinder: False Sonderehebung: -

Verortung

Gemeinde: 21007 Kärnten
Ort/Freiland: Freiland

Nr	StrCode	KM	Rampe	SKZ
1:	B95zt	55,32	-	-
2:				

Unfalltyp: 264

Obergruppe 2
UNFÄLLE IM BEGEGNUNGSVERKEHR
Untergruppe 26
FRONTAL- ODER STREIFKOLLISION BEIM
ÜBERHOLEN

Statistik

Beteiligte: 2
Lenker: 2
Tote: 0
Schwerverletzte: 1
Leichtverletzte: 0

Kennzeichnungen der Unfallstelle

Straßenzustand: Nasse Fahrbahn
Wetter: Regen (Niesel)

Beteiligte

BID	Geschl.	Alter	HauptVu	Beteiligung	Sondermerkmal:
1515854	Männlich	82	-	Lenker	-
1515855	Männlich	50	-	Lenker	-

Detailinformation des Beteiligten BID = 1515855

Von: 5 Nach: 1
Alkohol: n. def.
Verkehrsart: Motorrad L3 oder Motorrad mit Beiwagen L4
Verletzungsgrad: Schwer verletzt
Unfallumstände:
31 = Kollision - frontal

Google Map

roadmap 16x

Map data ©2018 Google

U-ID: 2011003485 Datum: 2011-08-18 16:00:00 Save

Vermutliche Unfallursache: Unbekannt

Alkohol: False Kinder: False Sonderehebung: -

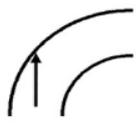
Verortung

Gemeinde: 21007 Kärnten

Ort/Freiland: Freiland

Nr	StrCode	RM	Rampe	SKZ
1:	B95	55	-	-
2:				

Unfalltyp: 022



Obergruppe 0
UNFALL MIT NUR EINEM BETEILIGTEN
Untergruppe 02
ABKOMMEN LINKS

Statistik

Beteiligte:	1
Lenker:	1
Tote:	0
Schwerverletzte:	1
Leichtverletzte:	0

Kennzeichnungen der Unfallstelle

28 = Kurve

Straßenzustand: Trockene Fahrbahn

Wetter:

Google Map

roadmap 16x



Map data ©2018 Google

Beteiligte

BID	Geschl.	Alter	HauptVu	Beteiligung	Sondermerkmal:
1515856	Männlich	35	-	Lenker	-

Detailinformation des Beteiligten BID = 1515856

Von: 1 Nach: 5

Alkohol: n. def.

Verkehrsart: Motorrad L3 oder Motorrad mit Beiwagen L4

Verletzungsgrad: Schwer verletzt

Unfallumstände:

30 = Überholen

33 = Abkommen links

U-ID: 2016025792 **Datum: 2016-08-28 14:08:00** Save

Vermutliche Unfallursache: Unachtsamkeit / Ablenkung

Alkohol: False Kinder: False Sondererhebung: -

Verortung

Gemeinde: 21007 Kärnten

Ort/Freiland: Freiland

Nr	StrCode	KM	Rampe	SKZ
1:	B96r+	55,05	-	076702 Winkl
2:				

Unfalltyp: 013



Obergruppe 0
UNFALL MIT NUR EINEM BETEILIGTEN
Untergruppe 01
ABKOMMEN RECHTS

Statistik

Beteiligte:	1
Lenker:	1
Tote:	0
Schwerverletzte:	1
Leichtverletzte:	0

Kennzeichnungen der Unfallstelle

101 = Streckenabschnitt
28 = Kurve

Straßenzustand: Trockene Fahrbahn
Wetter: Kein Niederschlag oder Wind

Beteiligte

BID	Geschl.	Alter	HauptVu	Beteiligung	Sondermerkmal:
1977959	Männlich	60 Ja	Lenker		-

Detailinformation des Beteiligten BID = 1977959

Von: 5 Nach: 2
Alkohol: n. def.
Verkehrsart: Motorrad L3 oder Motorrad mit Beiwagen L4
Verletzungsgrad: Schwer verletzt
Unfallumstände:
34 = Abkommen rechts

Google Map

roadmap 16x



Map data ©2018 Google

7. Literaturverzeichnis

- [1] STATISTIK AUSTRIA (2017): „Kfz-Bestand 2003-2016“, Download unter: https://www.statistik.at/web_de/statistiken/energie_umwelt_innovation_mobilitaet/verkehr/strasse/kraftfahrzeuge_-_bestand/index.html Abfragedatum: 09.11.2017
- [2] STATISTIK AUSTRIA (2017): Unfallgeschehen auf Österreichs Straßen 2000-2016.
- [3] BAMBACH, M.; GRZEBIETA, R. and MCINTOSH, A. (2010): “Motorcycle Crashes into Roadside Barriers Stage 2: Crash Mechanics and Injury Causation”, IRMRC Research Report, Download unter: http://www.tars.unsw.edu.au/downloads/Stage2_report.pdf, Abfragedatum: 08.11.2017
- [4] GRZEBIETA, R.; BAMBACH, M. and MCINTOSH, A. (2013): „Motorcyclist Impacts into roadside barriers“, In: Transportation Research Record, Journal of the Transportation Research Board, No. 2377. Washington DC.
- [5] EURORAP (2008): “Barriers to change: Designing safe roads for motorcyclists”, European Road Assessment Programme, Publication 01/08. Basingstoke Hampshire, United Kingdoms. Download unter: <http://roadsafetyfoundation.org/project/barriers-change-designing-safe-roads-motorcyclists/>, Abfragedatum: 07.11.2017
- [6] LIN, M.R.; KRAUS, J.F. (2009): “A review of risk factors and patterns of motorcycle injuries”, In: Accident Analysis and Prevention, No. 41 (2009), pages 710-722.
- [7] OECD/ITF (2008): „Towards Zero: Ambitious Road Safety Targets and the Safe System Approach – Summary Document“, Download unter: https://fevr.org/wp-content/uploads/2014/08/OECD-safe-sytemA_pdf.pdf, Abfragedatum: 05.10.2017
- [8] AUSTRROADS (2015): „Safe System in the Planning Process“, Research Report AP-R488-15, Download unter: <https://www.onlinepublications.austroads.com.au/items/AP-R488-15>, Abfragedatum: 05.10.2017
- [9] BMVIT (2016): „Österreichisches Verkehrssicherheitsprogramm 2011-2020“, 2.Auflage, Download unter: https://www.bmvit.gv.at/verkehr/strasse/publikationen/sicherheit/download/vsp2020_2016.pdf, Abfragedatum: 20.11.2017

- [10] HAUER, E. (2007): „Observational Before-After Studies in Road Safety“, 2.Auflage, Emerald Group Publishing Limited, United Kingdoms.
- [11] FORSCHUNGSGESELLSCHAFT STRASSE SCHIENE VERKEHR (2007): „Wörterbuch Straßenwesen – Begriffsbestimmungen der RVS“, Ausgabe November 2007, Wien.
- [12] AUSTRIAN STANDARDS INSTITUTE (2010): “Rückhaltesysteme an Straßen – Teil 1: Terminologie und allgemeine Kriterien für Prüfverfahren”, ÖNORM EN 1317-1, Wien.
- [13] FORSCHUNGSGESELLSCHAFT STRASSE SCHIENE VERKEHR (2009): „RVS 05.03.11 - Ausbildung und Anwendung von Bodenmarkierungen“, Arbeitsgruppe „Straßenbetrieb und Straßenausrüstung“, Arbeitsausschuss „Bodenmarkierungen“, Wien.
- [14] FORSCHUNGSGESELLSCHAFT STRASSE SCHIENE VERKEHR (2010): „RVS 02.02.42 - Empfehlungen zur Verbesserung der Sicherheit für den Motorradverkehr“, Arbeitsgruppe „Planung und Verkehrssicherheit“, Arbeitsausschuss „Operative Verkehrssicherheit“, Wien.
- [15] AUSTRIAN STANDARDS (2011): „Rückhaltesysteme an Straßen - Teil 2: Leistungsklassen, Abnahmekriterien für Anprallprüfungen und Prüfverfahren für Schutzeinrichtungen und Fahrzeugbrüstungen“, ÖNORM EN 1317-2:2011, Wien.
- [16] KLÖCKNER, Ralf (2010): „Anprallversuche an motorradfahrerfreundlichen Schutzeinrichtungen“, In: Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Heft V 193. Bergisch Gladbach.
- [17] SPAHN, V. (2015): „Unfallanalyse für Schutzplanken mit Unterfahrschutz“, In: Straßenverkehrstechnik, Nr. 8/2015, S.530-535.
- [18] VOESTALPINE (2015): „Montageanleitung für Sa Fahrzeugrückhaltesystem KREMSBARRIER 1 RN2V bikePROTECT“, Download unter: <http://www.voestalpine.com/kremsfinaltechnik/de/produkte/Kremsbarrier-1-RN2V-bikePROTECT-fuer-rammfahigen-Untergrund/>,
Abfragedatum: 22.11.2017
- [19] HOCHSAUERLANDKREIS (2016): “Unterfahrschutz mit Leitplanken”, unveröffentlicht.
- [20] MAURER, P. (2007): „Aspekte der Fahrbahngriffigkeit und ihr Einfluss auf erreichbare Pkw-Bremsverzögerungen“, In: Straßenforschung Heft 564, Straßenforschungsauftrag Nr. 3.304, Wien.

- [21] WENINGER-VYCUDIL, A.; SIMANEK, P.; ROHRINGER, T.; HABERL, J. (2009): „Handbuch Pavement Management in Österreich“, Wien.
- [22] FORSCHUNGSGESELLSCHAFT STRASSE SCHIENE VERKEHR (2006): „RVS 13.01.15 – Bauliche Straßenerhaltung, Beurteilungskriterien für messtechnische Zustandserfassung mit dem System Road-STAR“, Arbeitsgruppe „Straßenoberbau“, Arbeitsausschuss „Straßenzustandserfassung und Beurteilung“, Wien.
- [23] KUDRNA, J.; VOJTESEK, A.; MALIS, L.; NEKULA, L. (2006): „Road skid resistance influence on the number of crash accidents“, Download unter: <https://www.roadsafety-dss.eu/#/related-search?relatedId=5607>, Abfragedatum: 09.01.2018
- [24] KURATORIUM FÜR VERKEHRSSICHERHEIT (2013): „Wirksamkeitsanalyse von Bodenmarkierungen auf das Verhalten von Motorradlenkern“.
- [25] AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS (AASHTO): „Highway Safety Manual (HSM)“, 1st Edition, 2010, ISBN: 978-1-56051-477-0, Washington DC.
- [26] McCULLAGH, P; NELDER, J.A.: „Generalized Linear Models“, 2nd Edition, Chapman & Hall/CRC Press, 1999, ISBN 9780412317606.
- [27] LORD, D.; WASHINGTON, S.P.; IVAN, J.N.: „Poisson, Poisson-gamma and zero-inflated regression models of motor vehicle crashes: balancing statistical fit and theory“, In: Accident Analysis & Prevention, 37(1), pp.35-46, 2005.
- [28] HAUER, E.: „Observational Before-After Studies in Road Safety: Estimating the effect of highway and traffic engineering measures on road safety“, 1st edition, Oxford OX UK, Tarrytown NY USA, Pergamon, 1997
- [29] NATIONAL COOPERATIVE HIGHWAY RESEARCH PROGRAM (NCHRP): „Guidelines for Guardrail Implementation“, Report 638, Transportation Research Board, Washington D.C., 2009.
- [30] HAUER, E.; PERSAUD, B.N.: „A common bias in before and after accident comparisons and its elimination“, Transportation Research Record 905, 164–175, Transportation Research Board, Washington D.C., 1983.
- [31] NICHOLSON, A., WONG, Y. D (1993): Are accidents poisson distributed? A statistical test, In: Accident Analysis & Prevention, 25(1), pp.91–97.

- [32] KURATORIUM FÜR VERKEHRSSICHERHEIT (2012): „Spaß auf 2 Rädern – aber sicher!“, Maßnahmenbericht zur Erhöhung der Motorrad-sicherheit in Vorarlberg (VSF-Ansuchen), unveröffentlicht, Bregenz.
- [33] FORSCHUNGSGESELLSCHAFT STRASSE SCHIENE VERKEHR (FSV), Arbeitsgruppe Stadtverkehr, Arbeitsausschuss Verkehrssicherheit: „Richtlinien und Vorschriften für den Straßenbau (RVS) 02.02.21, Verkehrssicherheitsuntersuchung“, Wien, 2004.
- [34] ROBATSCH, K.; SCHRAMMEL E. (2001): „Grundlagen der Verkehrssicherheit“, IVS-Schriften, Band 13, Wien.
- [35] ELVIK, R; HOYE, A.; TRULS, V.; SORENSEN, M. (2009): “The Handbook of road safety measures”, Second edition, Oslo.
- [36] FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION (FHA), CMF Clearinghouse, Download unter: www.cmfclearinghouse.org, Abfragedatum: 22.01.2018.
- [37] SEDLACEK, N; HERRY, M.; PUMBERGER, A.; SCHWAIGHOFER, P.; KUMMER, S.; RIEBESMEIER, B.: (2013): „Unfallkostenrechnung Straße 2012“, Forschungsarbeiten des österreichischen Verkehrssicherheitsfonds, Band 16, Wien. Download unter: https://www.bmvit.gv.at/verkehr/strasse/sicherheit/fonds/vsf/16_unfallkosten.html, Abfragedatum: 22.01.2018
- [38] HEATCO (2006): “Developing Harmonised European Approaches for Transport Costing and Project Assessment, EU-FP6.

Impressum

Medieninhaber und Herausgeber:

bmvit - Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie
Radetzkystraße 2, 1030 Wien, Austria

Inhaltliche Erarbeitung: Projektverantwortlicher Autor:

DI Christian STEFAN – AIT Austrian Institute of Technology GmbH, Mobility Department, Transportation Infrastructure Technologies

Grafik-Design:

AIT Austrian Institute of Technology GMBH

Erstveröffentlichung:

Wien, März 2018

Projektnummer:

GZ. BMVIT-199.935

Schriftenleitung:

Dipl.-Ing. Dr. Eva-Maria Eichinger-Vill

Dipl.-Ing. Alexander Nowotny

Erklärung der Schriftenleitung:

Die in diesem Band enthaltenen Aussagen müssen nicht notwendigerweise mit denen des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie übereinstimmen.

Dieses Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwendung außerhalb der Grenzen des Urheberrechts ist ohne Zustimmung des Herausgebers unzulässig.

Finanziert aus Mitteln des Österreichischen Verkehrssicherheitsfonds im Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie.