

Evaluierung potentieller Gefahrenstellen für MotorradfahrerInnen basierend auf Fahrdaten - viaMotorrad

Klemens Schwieger, Peter Saleh, Andreas Hula, Matthias Hahn, Alexander Genser
AIT – Austrian Institute of Technology GmbH

Horst Ecker, Manfred Neumann
TUW – Technische Universität Wien

Wien, am 01.10.2019



Danksagung

Das **viaMotorrad-Team** dankt

- **den Testfahrern**, für den unermüdlichen Einsatz auf dem Messfahrzeug,
- **den messtechnischen Betreuern** für die reibungslose Abwicklung aller Messtage,
- **der Firma KTM** für die Zurverfügungstellung des Messmotorrades und der zugehörigen technischen Hintergrundinformationen,
- **allen mitwirkenden Studenten** für die zeitintensive Unterstützung bei der Annotierung der Messfahrten, der Programmierung zahlloser Codezeilen und Algorithmen zur Zusammenführung der Messdaten sowie
- **dem Verkehrssicherheitsfond des Bundesministerium für Verkehr, Infrastruktur und Technologie** für die finanzielle Unterstützung dieses ehrgeizigen Projekts, das als Grundlage für weitere Kooperationen im Sinne der Motorradsicherheit dienen kann.

Inhaltsverzeichnis

ZUSAMMENFASSUNG	6
ABSTRACT	8
ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	10
1. EINLEITUNG	11
1.1 PROBLEMSTELLUNG	11
1.2 ZIELSETZUNG	12
1.3 LÖSUNGSANSATZ	13
2. ENTWICKLUNG DES MOTORRADVERKEHRS	14
2.1 FAHRZEUGAUFGKOMMEN	14
2.2 GESETZLICHE ÄNDERUNGEN – AUSBILDUNG & FAHRZEUGKLASSEN	14
3. MOTORRAD - UNFALLSITUATION MIT PERSONENSCHADEN	16
3.1 ENTWICKLUNG DER UNFÄLLE MIT PERSONENSCHADEN UND MOTORRADBETEILIGUNG	16
3.2 DETAILANALYSE ALLER MOTORRAD-UPS	18
4. SUBJEKTIVE - OBJEKTIVE PROBLEMSTELLEN (STRECKENAUSWAHL)	24
4.1 SUBJEKTIVE MELDUNGEN	24
4.2 OBJEKTIVE PROBLEMSTELLEN	28
4.3 ZUSAMMENFÜHRUNG UND VERGLEICH DER GEWONNENEN DATEN	30
5. MESSSTRECKEN	33
5.1 EXELBERG	34
5.2 HÖLLENTAL	36
5.3 KALTE KUCHL.....	38
6. DATENERHEBUNG.....	40
6.1 MOPROVE.....	42
6.1.1 Das VBOX-System von RACELOGIC.....	43
6.1.2 Das VBOX-Video System von RACELOGIC.....	44
6.1.3 Das 2D-System von Debus & Diebold	45
6.2 VORBEREITUNG	48
6.3 MESSFAHRTEN	49
7. DATENAUSWERTUNG	50
7.1 AUFBEREITEN DER DATEN.....	50
7.2 ANNOTIERUNGEN MIT SAFETYCAM	52
7.3 ZEIT- UND WEGBASIERTE DATEN	53
7.4 ERSTELLUNG EINES VEREINTEN DATENSATZES JE MESSTRECKE UND –RICHTUNG	54
7.4.1 Erstellung der Referenztrajektorie im 1 m-Raster	54
7.4.2 Verschneiden der Messdaten der VBOX- und des 2D-Systems.....	55
7.4.3 Verschneiden der zeit- und wegbasierten Daten	55
7.4.4 Hinzufügen von Roadbook-Daten und Fahrlinienannotationen.....	56
7.5 KONVENTIONELLE AUSWERTUNG DER MESSFAHRTEN	57
7.5.1 Fahrdynamik-Daten einer Unfallstelle auf der Messstrecke „Exelberg“	58
7.5.2 Fahrdynamik-Daten einer Unfallstelle auf der Messstrecke „Höllental“	60
7.5.3 Fahrdynamik-Daten einer Unfallstelle auf der Messstrecke „Kalte Kuchl“	62
7.5.4 Schlussfolgerungen aus den Beispielen zur konventionellen Datenauswertung.....	64

8. RISIKOANALYSE UND KLASSIFIZIERUNG DER STRECKEN	66
8.1 BESTIMMUNG DER STELLEN MIT SIGNIFIKANTEM RISIKO	66
8.1.1 <i>Bestimmung von Kritikalität aus Daten eines/einer FahrerIn</i>	66
8.1.2 <i>Bestimmung der riskanten Stellen aus allen Fahrten</i>	67
8.1.3 <i>Einschränkung auf bestimmte Unfalltypen</i>	67
8.2 ERGEBNIS DER RISIKOANALYSE	68
8.3 INTERPRETATION	69
8.4 EXPERTINNENWORKSHOP	70
8.5 GRAFISCHE AUFBEREITUNG DER RISIKOANALYSE	71
9. UMSETZUNG & ANWENDUNGSMÖGLICHKEITEN	78
9.1 HAZARD MAP	78
9.2 ANWENDUNGSBEISPIEL (RSI).....	79
9.2.1 <i>RSI / RSA zu Packer Straße km 110,0 – 113,0</i>	80
9.2.2 <i>Befahrung der Packer Straße im Bereich km 104,0 – 114,0</i>	81
9.2.3 <i>Detailergebnisse zur Packer Straße km 113,0 – 110,0; Fahrtrichtung 2</i>	81
10. ERGEBNISSE UND INTERPRETATION	89
10.1 ERGEBNISSE AUS DEM STATISTISCHEN MODELL.....	89
10.2 AUSWIRKUNGEN AUF DAS VERKEHRsverHALTEN UND DIE VERKEHRSSICHERHEIT	90
10.3 AUSBLICK	90
11. ANHANG	93
11.1 SUBJEKTIVE BEWERTUNGEN DER MOTORRADFAHRERINNEN NACH STRECKE UND BUNDESLAND	93
11.2 AUSWERTUNGEN DES ZUSAMMENHANGES SUBJEKTIVER UND OBJEKTIVER DATEN VON 1998 – 2002	97
11.3 UNFALLAUSWERTUNG DER UNTERSUCHUNGSSTRECKE L120 – EXELBERG – NÖ	100
11.4 UNFALLAUSWERTUNG DER UNTERSUCHUNGSSTRECKE L121 – MAUERBACH – NÖ	101
11.5 UNFALLAUSWERTUNG DER UNTERSUCHUNGSSTRECKE B27 – HÖLLENTAL – NÖ.....	102
11.6 UNFALLAUSWERTUNG DER UNTERSUCHUNGSSTRECKE L135/L103 – PREINER GSCHIED – NÖ.....	103
11.7 UNFALLAUSWERTUNG DER UNTERSUCHUNGSSTRECKE B21 – KALTE KUCHL – NÖ	104
11.8 UNFALLAUSWERTUNG DER UNTERSUCHUNGSSTRECKE L132 – ADAMSTAL – NÖ	105
11.9 KTM-CAN-BUS-DATEN	106
11.10 ROADBOOK	107
11.11 WINKELDEFINITION.....	109
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	110
TABELLENVERZEICHNIS	112
LITERATURVERZEICHNIS	113
IMPRESSUM	120

Zusammenfassung

In Österreich sind die Unfallzahlen im Verkehrsbereich im Allgemeinen seit langem rückläufig, für manche Fahrzeugkategorien trifft dieser positive Trend jedoch nicht zu. Bei einspurigen Kraftfahrzeugen und insbesondere bei Motorrädern stagniert z.B. die Anzahl der pro Jahr verunfallten und getöteten Aufsassen. Die geringen Fortschritte in Bezug auf die Reduktion der Unfallkennziffern und die Suche nach Maßnahmen zur Verbesserung der Verkehrssicherheit im Bereich Motorräder, war der Anlass für die vorliegende Studie.

Das übergeordnete Ziel des Forschungsprojektes viaMotorrad war es, Möglichkeiten zu finden, unfallkritische Straßenabschnitte und Gefahrenstellen zu identifizieren, noch bevor es dort tatsächlich zu einem Motorradunfall mit all seinen negativen Folgen kommt.

Dazu wurden zwei Fragestellungen wissenschaftlich untersucht:

- Können die subjektiven Meinungen und Meldungen von MotorradfahrerInnen zu bestimmten Straßen- bzw. Streckenabschnitten verwertbare Hinweise auf Problemstellen und deren Behebung geben?
- Können aus den objektiv ermittelten Daten von Messfahrten mit einem Messfahrzeug Gefahrenpotentiale von Streckenabschnitten errechnet werden?

Die Bearbeitung der ersten Fragestellung erfolgte auf Basis der Daten aus einem Vorläufer-Projekt namens „Bikers Project“, in dem MotorradfahrerInnen nach Streckenbefahrungen ihre subjektiven Eindrücke zu lokalen Gefahren und Problemen dokumentierten. Diese Umfrageergebnisse wurden nun durch Einteilung in Gefahrenklassen statistisch aufbereitet und den objektiven Unfallzahlen im Untersuchungsbereich gegenübergestellt.

Es konnte dabei ein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen den fünf subjektiven Gefahrenklassen und den Unfallzahlen (gewichtet nach volkswirtschaftlichen Kosten pro Unfallklasse) nachgewiesen werden. Daraus kann abgeleitet werden, dass die Erfassung von subjektiven Eindrücken von MotorradfahrerInnen an fraglichen Strecken in Verbindung mit einer nachfolgenden Auswertung geeignet ist, die Identifikation auch solcher Risikobereiche zu unterstützen, welche noch nicht unfallauffällig geworden sind.

Der zweite Teil dieser Studie war einem Forschungsansatz auf der Basis von objektiv erfassten Daten gewidmet. Dazu kam ein speziell ausgerüstetes High-Tech-Messmotorrad, das Motorcycle Probe Vehicle (MoProVe), zum Einsatz. Mit diesem Messfahrzeug wurden drei Untersuchungsstrecken und je eine zugehörige, topografisch ähnliche Referenzstrecke von mehreren Fahrern befahren. Die Auswahl der Messstrecken orientierte sich an den Daten und Ergebnissen des ersten Teils dieser Studie.

Das Messmotorrad (KTM Super Adventure 1290) verfügt über eine Vielzahl integrierter Sensoren und wurde zusätzlich mit mehreren Messsystemen zur Erfassung fahrdynamischer Parameter, mehreren GPS-Antennen und einem Videosystem, erweitert. Ein mehrstufiges, teilautomatisiertes Post-Processing zur Aufbereitung und Verschneidung der aufgenommenen Daten bietet die Grundlage für eine effiziente Auswertung und Analyse. Dabei entsteht für jeden gefahrenen Meter ein Datenset mit zahlreichen fahrdynamischen, strecken- und motorrad-spezifischen Parametern. Anhand dieser Daten können durch Mustererkennung potentielle Gefahrenstellen identifiziert werden. Diese fließen in eine anschließende Risikoanalyse ein.

Als Ergebnis können erstmals fahrdynamisch fundierte Gefahrenkarten für Motorradstrecken generiert werden. Eine solche „Hazard Map“ kann neben den bekannten Unfalldaten auch Veränderungen der Infrastruktur, wie z.B. eine veränderte Griffigkeit, anhand der gemessenen Fahrdynamikwerte darstellen. Die Gefahrenkarte kann auch als Grundlage zur Unterstützung bei motorrad-spezifischen Road Safety Inspections (RSI) dienen.

Am Beispiel einer konkreten RSI werden die Möglichkeiten der in viaMotorrad neu entwickelten Methoden zur Einbeziehung und Berücksichtigung motorrad-spezifischer Aspekte praxisnah vorgestellt. Die dabei erlangten Ergebnisse zeigen einen Mehrwert in der Verbesserung der Motorradsicherheit. Sie bilden die Basis für eine präventive Risikominimierung auf Grund objektiv erfassbarer Gefahrenstellen im Sinn einer zielgerichteten und kosteneffizienten Verkehrssicherheitsarbeit.

Abstract

In Austria, the number of accidents in the traffic sector has generally been declining for a long time, but for some vehicle categories this positive trend is not true. For single-lane motor vehicles, and for motorcycles in particular, stagnation occurs. This concerns i.e. the number of casualties per year of motorcycle riders and passengers. The small progress made in reducing accident rates and the search for measures to improve road safety for powered-two-wheelers was the reason for this study.

The overall goal of the research project viaMotorrad was to find ways to identify accident-critical road sections and dangerous spots, even before it actually comes to a motorcycle accident, with all its consequences.

For this, two questions were scientifically investigated.

- Can the subjective opinions and reports from motorcyclists on specific road or track sections provide useful information on problem areas and how to remedy them?
- Can the objectively determined data from test drives with a test vehicle be used to calculate the hazard potentials of track sections?

The first question was answered on the basis of data from a previous project called "Bikers Project", in which motorcyclists documented their subjective impressions on local hazards and problems after riding along a route. These survey results were now statistically processed by classification into hazard classes and then compared with the objective accident numbers in the investigated area.

A statistically significant correlation could be demonstrated between the five subjective hazard classes and the accident figures (weighted according to economic costs per accident class). From this result it can be deduced that the subjective opinion of motorcyclists on questionable routes in conjunction with a subsequent evaluation is suitable to support the identification of such risk areas, which have not yet become the location of an accident.

The second part of this study was devoted to a research approach based on objectively collected data. A specially equipped high-tech measuring motorcycle, the Motorcycle Probe Vehicle (MoProVe), was used for this purpose. With this measuring vehicle, three test tracks and three topographically similar reference tracks were negotiated by several drivers. The selection of the road sections and tracks was based on the data and results of the first part of this study.

The measuring motorcycle (KTM Super Adventure 1290) has a large number of integrated sensors. In addition to the on-board sensors several measuring systems for recording driving dynamics parameters, several GPS antennas and a video system has been added. A multi-level, semi-automated post-processing for editing and merging the recorded data provides the basis for efficient evaluation and data analysis. A dataset with numerous driving dynamics parameters and motorcycle-specific parameters on a one-meter-grid was created for each test ride.

Based on these data sets, potential danger spots can be identified by pattern recognition and may be used in a subsequent risk analysis. As a result, dynamic driving “Hazard Maps” for motorcycle routes can be generated for the first time. Such a Hazard Map can also represent a temporal change of the route in addition to the known accident data. The Hazard Map can also serve as a basis for assisting motorcycle-specific Road Safety Inspections (RSI).

By using the example of an RSI, the possibilities offered by viaMotorrad for the incorporation and consideration of motorcycle-specific aspects are presented in a practical and useful way. The results obtained show a clear benefit in the improvement of motorcycle safety. They form the basis for preventive risk minimization based on objectively detectable danger spots in the sense of a targeted and cost-efficient road safety work.

Abkürzungsverzeichnis

ABS Antiblockier System
BGBl Bundesgesetzblatt
BMVIT Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie
C2C Car to Car
C2X Car to All
CAN Controller Area Network
CEP Circular Error Probable
DMI Directional Movement Index
EU Europäische Union
FSG Führerscheingesezt
GLONASS Russisches Globales Satellitennavigationssystem
GNSS Global Navigation Satellite System
GPS Global Positioning System
H0 Nullhypothese für den angewendeten Kurskal-Wallis-Test
H1 Alternativhypothese für den angewendeten Kurskal-Wallis-Test
IMU Inertial Measurement Unit
ITS Intelligent Transportation System
KFG Krafftahrgesezt
KFZ Krafftahrzeug
Ktn Kärnten
lvi Unfall mit Leichtverletzten
MoMio Motorradsicherheitsmillion
MoProVe Motorcycle Probe Vehicle
NÖ Niederösterreich
OECD Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung
OÖ Oberösterreich
p-Wert Signifikanzwert für die angewendeten statistischen Tests
RSA Road Safety Audits
RSI Road Safety Inspection
RVS Richtlinien und Vorschriften für das Straßenwesen
Sbg Salzburg
SMC Swedish Motorcycle Club
Stmk Steiermark
svl Unfall mit Schwerverletzten
T Tirol
tot Unfall mit Todesfolge
UDM Unfalldatenmanagement
UHS Unfallhäufungsstelle
UPS Unfälle mit Personenschaden
UTC Coordinated Universal Time (Koordinierte Weltzeit)
Vbg Vorarlberg
VSF Österreichischer Verkehrssicherheitsfonds
ÖAMTC Österreichischer Automobil-, Motorrad- und Touring Club

1. Einleitung

Beim Motorradfahren handelt es sich sowohl um eine beliebte Fortbewegungsart als auch um eine faszinierende Freizeitgestaltung, die Freude und Spaß macht. Die Begeisterung für das Motorradfahren ist nicht nur ungebrochen hoch, sondern sogar im Steigen. Bei schönem Wetter sind besonders viele MotorradfahrerInnen unterwegs. Die Leidenschaft am Motorradfahren ist verständlich, denn man kann einerseits dem Alltagsstress entfliehen und andererseits ein Gefühl von Freiheit erleben. Besonders beliebt sind kurvige Strecken und Bergstraßen. Die Faszination liegt nicht nur im Fahrerlebnis, sondern vor allem in der Fahrfreude und in den positiven Emotionen. Leider ist dieses Hobby nicht ungefährlich und es besteht ein erhöhtes Unfallrisiko, das durch Verkehrssicherheitsmaßnahmen minimiert werden muss. Um gezielte Maßnahmen für die Motorradsicherheit erstellen zu können, ist eine genaue Analyse der Fahrdynamik und der Unfallursachen notwendig. Die Leidenschaft am Motorradfahren sollte durch mehr Sicherheit ungetrübt sein. Diesem Thema ist diese Studie gewidmet und soll dazu beitragen, dass die Unfallzahlen und die Unfallfolgeerscheinungen gesenkt werden.

1.1 Problemstellung

Einer vom ÖAMTC publizierten Studie¹ ist zu entnehmen, dass jeder sechste Verkehrstote in Europa ein Motorradfahrer ist, in Österreich ist diese Situation sogar etwas stärker ausgeprägt. Die dem Bericht zugrundeliegenden Unfallzahlen der Statistik Austria zeigen, dass Motorradfahren in den letzten 20 Jahren 1.845 Menschen das Leben gekostet hat, während weitere 66.500 Aufsassen von Motorrädern bei Unfällen verletzt wurden. Dies ergibt im Durchschnitt rund 92 Getötete pro Jahr und 3.300 Verletzte. Vergleicht man das Jahr 1992 mit dem Jahr 2017 so gibt es ca. um 71% weniger Verkehrstote auf Österreichs Straßen. Im gleichen Zeitraum gab es allerdings bei den getöteten MotorradfahrerInnen einen Anstieg um 11%.

Noch stärker zeigt sich diese Entwicklung allerdings am Anteil der getöteten MotorradfahrerInnen an allen Verkehrstoten. Dieser Wert stieg von 5,7% (1992) auf 20% (2017). Somit ist im Jahr 2017 jeder fünfte Verkehrstote ein/eine MotorradfahrerIn. Es ist hierbei allerdings zu beachten, dass im selben Zeitraum auch der Motorrad- und Leichtmotorradbestand stark angewachsen ist. Präzise Vergleiche sind naturgemäß nur auf Basis relativer Unfalldaten, bezogen auf die in Summe gefahrenen Kilometer des jeweiligen Verkehrsmittels, möglich, jedoch sind insbesondere für Motorräder die Jahres-Fahrleistungen nicht zuverlässig zu ermitteln.

Maßnahmen zur Verbesserung der Motorradsicherheit wurden in vielen Forschungsprojekten untersucht, entwickelt und umgesetzt. Es wurde an kritischen Stellen mit Hilfe von Gefahrenschildern, Unterfahrschutz und Griffigkeitsverbesserungen wichtige und wertvolle Maßnahmen zur Steigerung der Sicherheit gesetzt. Dennoch sind in Österreich jährlich in etwa konstant bleibende Zahlen an getöteten MotorradlenkerInnen zu verzeichnen. Weiters bieten Social Media und Internetplattformen die Möglichkeit, Problemstellen der Infrastruktur

¹ (ÖAMTC Unfallforschung, 2014)

direkt durch Befragung von MotorradfahrerInnen selbst zu sammeln und zu dokumentieren. Der Zusammenhang von objektiven Unfalldaten und subjektiven Meinungen bezüglich Problemstellen wurde allerdings noch nicht untersucht und stellt daher eine der beiden konkreten Forschungsfragen des Projektes viaMotorrad dar.

Die zweite Fragestellung befasst sich mit dem Ermitteln von Gefahrenstellen. Derzeit werden diese gefährlichen Stellen reaktiv über das Unfallgeschehen ausfindig gemacht. Dieser Ansatz funktioniert zwar, setzt aber voraus, dass Menschen verunglücken müssen, bevor Problemstellen erkannt und entschärft werden. In viaMotorrad wird versucht, mit Hilfe von Fahrdynamikdaten Problemstellen zu ermitteln, ohne auf Unfalldaten angewiesen zu sein. Dieser proaktive Ansatz stellt einen zukunftsweisenden Zugang zur Verkehrssicherheitsarbeit dar, damit Menschenleben gerettet und die Verletzungsschwere gemindert werden können.

Die zwei konkreten Forschungsfragen, die in diesem Projekt beantwortet werden sollen, lauten:

- *„Gibt es signifikante Zusammenhänge zwischen objektiven Unfalldaten und subjektiven Meldungen von Problemstellen bzw. welche Umsetzungsmöglichkeiten ergeben sich aus den Meldungen von Problemstellen?“*
- *„Können anhand von gemessenen Fahrdynamikdaten Gefahrenpotentiale von Streckenabschnitten für MotorradfahrerInnen errechnet werden?“*

1.2 Zielsetzung

Ziel von viaMotorrad ist es, eine zeitgerechte Festsetzung von präventiven Maßnahmen zur Erhöhung der Sicherheit für MotorradfahrerInnen, anhand von fundierten Analysen des Gefahrenpotentials, zu ermöglichen. Damit sollen die in der RVS 02.02.42 („Empfehlungen zur Verbesserung der Sicherheit für den Motorradverkehr“) beschriebenen Ziele, zur Reduzierung der Unfallzahlen und Unfallfolgen, realisiert werden. Maßnahmen zur Erreichung dieser Ziele können entweder aktive, z.B. die Unfallprävention durch eine Detektion von Unfallstellen, oder auch passive Maßnahmen sein. Letztere zielen darauf ab, die Unfallfolgen (Verletzungsschwere) zu mildern.

In viaMotorrad wird das Ziel verfolgt, mittels einer risikobasierten Modellbildung Gefahrenstellen präventiv zu detektieren. Dabei soll zuerst der Fragestellung nachgegangen werden, ob ein Zusammenhang zwischen subjektiver Einschätzung und objektiven Unfallzahlen besteht. Es soll ein Datensatz mit repräsentativen Stichproben von Streckenabschnitten herangezogen werden, für welche sowohl subjektive Beurteilungen der Gefährlichkeit von MotorradfahrerInnen als auch objektive Unfalldaten verfügbar sind. Hierbei soll untersucht werden, ob es einen statistisch signifikanten Zusammenhang zwischen den subjektiven Einschätzungen und den Unfallzahlen gibt. Zur Detektion von Gefahren- und Konfliktstellen sollen Messdaten mit dem High-Tech-Messmotorrad „MoProVe“ (Motorcycle Probe Vehicle) erhoben und eine Gefahrenpotentialanalyse für die befahrenen Auswahlstrecken durchgeführt werden. Mit der gewonnenen Datenbasis soll untersucht werden, ob sich aus den Fahrdynamikdaten Streckenabschnitte mit hohem Gefahrenpotential ableiten lassen und ob somit ein potentieller Zusammenhang zwischen subjektiven und objektiven Daten verifiziert werden kann.

Mit den gewonnenen Erkenntnissen soll sowohl ein Beitrag zur standardisierten Erfassung und Bewertung des Risikos für MotorradfahrerInnen geleistet werden als auch die Erstellung eines umfassenden Decision Support Tools vorangetrieben werden. Dadurch soll die Verkehrssicherheitsforschung (Road Safety Inspections, Straßensicherheitsanalysen, etc.) auch eine präventive Wirkung entfalten können.

1.3 Lösungsansatz

Mittels neu entwickelter Methoden wird in dem vorliegenden Forschungsprojekt viaMotorrad versucht, durch den Einsatz eines eigens entwickelten High-Tech Messmotorrades, die Motorradsicherheit in Österreich weiter zu erhöhen. Die Ermittlung von Gefahrenstellen mit Hilfe von ausgewählten Messfahrten zählt zur konkreten Aufgabenstellung dieses Projekts.

Bei dem eingesetzten Messmotorrad handelt es sich um eine, mit speziellen Messsystemen ausgestattete KTM Super Adventure 1290. Damit können neben GPS-Informationen auch wichtige fahrdynamische und videobasierte Daten aufgezeichnet werden. Um das Messmotorrad sicher zu den Untersuchungsstrecken zu transportieren, dient ein Spezialanhänger, der auch als mobile Basisstation Verwendung findet.

Da die Erfassung von Fahrdynamikdaten für eine zielführende Problemstellenuntersuchung notwendig ist, werden mit dem Motorcycle Probe Vehicle (MoProVe) ausgewählte Streckenabschnitte befahren und Messdaten aufgezeichnet, um in weiterer Folge mögliche Gefahrenpotentiale der befahrenen Straßenabschnitte semi-automatisch zu berechnen. Bei der Auswahl der Strecken wurde unter anderem auch darauf geachtet, dass die Messstrecken von Wien aus gut erreichbar sind. Grundlage waren aber vor allem objektive Daten des tatsächlichen Unfallgeschehens sowie subjektive Streckenbewertungen von MotorradfahrerInnen.

Ob ein Zusammenhang von objektiven Unfalldaten und subjektiven Meinungen von MotorradfahrerInnen bezüglich Problemstellen besteht, ist ebenfalls eine konkrete Forschungsfrage des Projektes viaMotorrad. Um einen etwaigen Zusammenhang feststellen zu können, werden für Problemstellen subjektive Meldungen von MotorradfahrerInnen mit objektiven Unfalldaten von Motorradunfällen, der vergleichbaren Jahre, untersucht. Für die Erlangung der subjektiven Meldungen wird auf ein ehemaliges österreichisches Projekt, das „Bikers Project“, zurückgegriffen. In dieser Studie wurden 170 bekannte Motorradstrecken in Österreich befahren und subjektiv bewertet. Die objektiven Unfalldaten stammen von der Statistik Austria. Es soll nun überprüft werden, ob es einen statistischen Zusammenhang zwischen diesen beiden Datenquellen gibt.

Dazu muss untersucht werden, ob die vorliegenden Daten einem parametrischen oder einem nicht parametrischen Modell entsprechen. Dies lässt sich mit einem Test beantworten, ob die Daten einer Standard-Normalverteilung entsprechen. Auf Basis dieses Ergebnisses werden geeignete Testmethoden angewendet und die entsprechenden Hypothesen gebildet.

Der Vergleich von objektiven und subjektiven Daten mit den gemessenen MoProVe Daten ermöglicht eine Klassifizierung der Strecken nach ihrem etwaigen Gefahrenpotential. Dadurch können potentielle Gefahrenstellen mittels Risikoabschätzung vorab identifiziert werden, um rechtzeitig Maßnahmen zur Verbesserung der Motorradsicherheit einzuleiten.

2. Entwicklung des Motorradverkehrs

2.1 Fahrzeugaufkommen

Das allgemeine Verkehrsaufkommen verzeichnet seit Jahren einen starken Zuwachs. Auch der Motorradverkehr ist fixer Bestandteil des Straßenverkehrs und boomt vor allem in der warmen Jahreszeit. Wie die Zulassungsentwicklung zeigt, besteht starkes Interesse an einspurigen Fahrzeugen.

Jahr	Motorräder ²	Motorfahrräder	Leichtmotorräder ³	Kleinmotorräder
1996	179.429	357.894	14.256	8.612
2008	211.830	301.399	149.282	1.193
2009	218.135	305.042	158.745	1.234
2010	224.717	303.908	168.089	1.247
2011	230.396	301.650	179.279	1.310
2012	236.807	299.586	192.577	1.458
2013	202.750	293.371	245.903	1.624
2014	208.219	286.783	257.938	1.799
2015	213.163	280.889	269.602	1.922

Tabelle 1: Fahrzeugbestand einspuriger KFZ 1996, 2008 - 2015⁴

Wie aus Tabelle 1 ersichtlich, steigt das Zulassungsaufkommen an einspurigen Kraftfahrzeugen jedes Jahr weiter an. Der deutliche Rückgang an Motorrädern vom Jahr 2012 auf das Jahr 2013 ist darauf zurückzuführen, dass Invalidenfahrzeuge über 25 kW bis 12/2012 in die Motorradzahlen eingeflossen sind. Ab diesem Jahr zählen sie zu den Leichtmotorrädern, weshalb dort ein starker Anstieg zu verzeichnen ist.

Der Bestand an Motorfahrrädern ist rückläufig, da die Leichtmotorräder bevorzugt verwendet werden. Dies kann vermutlich auch auf die neue Gesetzeslage, die anschließend beschrieben wird, zurückgeführt werden. Die stetig steigenden Zulassungszahlen lassen darauf schließen, dass Motorradfahren immer mehr an Beliebtheit gewinnt.

2.2 Gesetzliche Änderungen – Ausbildung & Fahrzeugklassen

Seit 1. Jänner 2003 ist in Österreich der Mehrphasenführerschein gesetzlich verankert. Das Führerscheingesetz besagt in § 4a, 4b und 4c, dass eine zweite Ausbildungsphase beim Erwerb einer Lenkerberechtigung verpflichtend ist. Somit muss jeder Absolvent der praktischen Führerscheinprüfung der Klassen A und B, noch weitere Fortbildungen absolvieren. Bei der Führerscheinklasse A (Motorrad) sind Perfektionsfahrten und ein eigenes Fahrsicherheitstraining vorgesehen. Außerdem ist die Teilnahme an einem verkehrspsychologischen Gruppengespräch vorgeschrieben, ebenso wie ein Gefahrenwahrnehmungstraining.⁵

² Einschließlich Invalidenfahrzeuge (von 03/2006 bis 12/2012); über 25kW (bis 12/2012), über 35kW (ab 01/2013 bis 12/2016). Ab 01/2017 Motorräder lt. 34. KFG-Novelle (BGBl. I Nr. 9/2017)

³ Leichtmotorräder (mit oder ohne Beiwagen) und Motorräder (mit oder ohne Beiwagen) bis 25kW (bis 12/2012), bis 35kW (ab 01/2013 bis 12/2016)

⁴ (Austria, 2019)

⁵ (FSG, 2017)

Seit dem 19. Jänner 2013 ist in Österreich außerdem die 3. EU Führerscheinnrichtlinie anzuwenden. Mit dieser Änderung wurden folgende neue Klassen für den A Führerschein eingeführt:

- Klasse A: Diese Klasse beinhaltet die Fahrerlaubnis von Motorrädern mit oder ohne Beiwagen und Dreirädrige-KFZ mit mehr als 15 kW
- Klasse A2: Die maximal erlaubte Leistung liegt bei 35 kW. Sollte das Fahrzeug gedrosselt sein, darf die ungedrosselte Version maximal doppelt so viel Leistung haben. Bei dreirädrigen Fahrzeugen liegt die maximal erlaubte Leistung bei 15 kW.
- Klasse A1: Umfasst Motorräder mit einem maximalen Hubraum von 125 cm³ oder einer maximalen Leistung von 11 kW. Die maximale Leistung bei dreirädrigen Fahrzeugen liegt wie bei der Klasse A2 bei 15 kW.
- Klasse AM: Besitzer dieser Klasse dürfen die maximalen Grenzen von 45 km/h und 50 cm³ bei Verbrennungsmotoren bzw. 4 kW bei Elektromotoren nicht überschreiten. Electro-Scooter mit mehr als 25 km/h Höchstgeschwindigkeit oder mehr als 600 W dürfen mit dem Führerschein dieser Klasse gefahren werden.



Abbildung 1 Neue Klassen und Voraussetzungen⁶

Wie in Abbildung 1 ersichtlich, wird für jede Klasse des neuen A Führerscheins ein Mindestalter vorausgesetzt, um die jeweilige Lizenz zu erhalten. Beginnend mit 16 Jahren, darf die Klasse A1 erworben werden. Ab 18 Jahren besteht die Möglichkeit die Klasse A2 mit einer praktischen Prüfung, mit oder auch ohne der vorherigen Klasse zu erhalten. Nach 2 Jahren im Besitz der Klasse A2 kann die praktische Prüfung für die Klasse A absolviert werden. Die Altersgrenze von mindestens 24 Jahren ist für Neueinsteiger gedacht, die sofort mit der höchsten Klasse A anfangen möchten. Jede Klasse umfasst selbstverständlich die darunter liegenden Führerscheinklassen, womit der Direkteinstieg ab 24 Jahren möglich ist.

⁶ (Zweiradfuehrerschein, 2017)

3. Motorrad - Unfallsituation mit Personenschaden

3.1 Entwicklung der Unfälle mit Personenschaden und Motorradbeteiligung

Bei der Entwicklung des Unfallgeschehens der letzten 20 Jahre spielen viele Faktoren eine wichtige Rolle. Einerseits sind die Auswirkungen von gesetzlichen Änderungen im Bereich der Verkehrssicherheit zu berücksichtigen und andererseits sind auch Verbesserungen im Straßennetz sowie der technische Fortschritt bei den Kraftfahrzeugen von Bedeutung.

Seit Beginn der statistischen Aufzeichnungen im Jahr 1961, wo bundesweit einheitliche Unfallzählblätter eingeführt wurden, gibt es eine Vielzahl an wichtigen gesetzlichen Verkehrssicherheitsmaßnahmen. Da bei Verkehrsunfällen mit Toten und Verletzten die Unfallursache oft auf eine nicht angepasste Geschwindigkeit zurückzuführen ist, wurden bereits in den Jahren 1973 und 1974 Geschwindigkeitsbegrenzungen für Bundesstraßen (100 km/h) und Autobahnen (130 km/h) eingeführt.

Obwohl die allgemeinen Unfallzahlen rückläufig sind, zeigt sich bei der Betrachtung der Unfälle mit Motorradbeteiligung (Motorräder und Leichtmotorräder) ein anderes Bild. In der vorliegenden Grafik (Abbildung 2) für Motorradunfälle im österreichischen Straßennetz ist zu erkennen, dass von 1996 bis 2015 auch unter Berücksichtigung der geänderten Unfallerkennung (UDM) 2012 ein deutlicher Anstieg an Unfällen mit Personenschaden (UPS) zu verzeichnen ist (59%). Anzumerken ist, dass durch die geänderte Erhebungsmethode im Jahr 2012 die bis dahin vorherrschende Untererfassung an Verkehrsunfällen weitgehend eliminiert wurde, weshalb ein allgemeiner Anstieg der Unfallzahlen in dem Jahr zu verzeichnen ist. Im Jahr 1996 gab es noch 2.547 UPS, bei denen 92 Personen getötet und 1.323 schwer verletzt wurden. Im Jahr 2015 sind es 4.050 Unfälle mit 86 Getöteten und 1.508 Schwerverletzten. Hierbei ist zu beachten, dass der verzeichnete Anstieg an UPS im Jahr 2012 auch mit der geänderten Unfallaufnahme zusammenhängt. So wird seit 1.1.2012 jeder Unfall mit dem UDM erfasst.

Interessant ist, dass selbst durch Einführung neuer Ausbildungsstandards und Motorradklassen im Jahr 2003 die Unfallzahlen ansteigen. Die Zulassungszahlen sind von 35.165 neu zugelassenen Zweirädern im Jahr 1996 um 10,24% auf insgesamt 38.766 im Jahr 2015 angestiegen⁷. Dieser eher geringere Anstieg deutet darauf hin, dass Motorräder allgemein länger in Verwendung sind. Während der Bestand an Motorrädern und Leichtmotorrädern von 1996 bis 2015 um 150% gestiegen ist, beläuft sich der Anstieg am Bestand aller Zweiräder im selben Zeitraum auf 37% (siehe Tabelle 1). Dieser Anstieg relativiert die Unfallzahlen natürlich, allerdings stellt jeder/jede verletzte oder getötete MotorradfahrerIn ein Opfer zuviel dar. Es sollten daher unbedingt Maßnahmen gesetzt werden, um die absoluten Unfallzahlen zu senken.

Die nachfolgende Abbildung 2 zeigt die Entwicklung der Unfallzahlen anhand von Daten der Statistik Austria und beinhalten jeden Unfall mit Motorradbeteiligung.

⁷ (Austria, 2019)

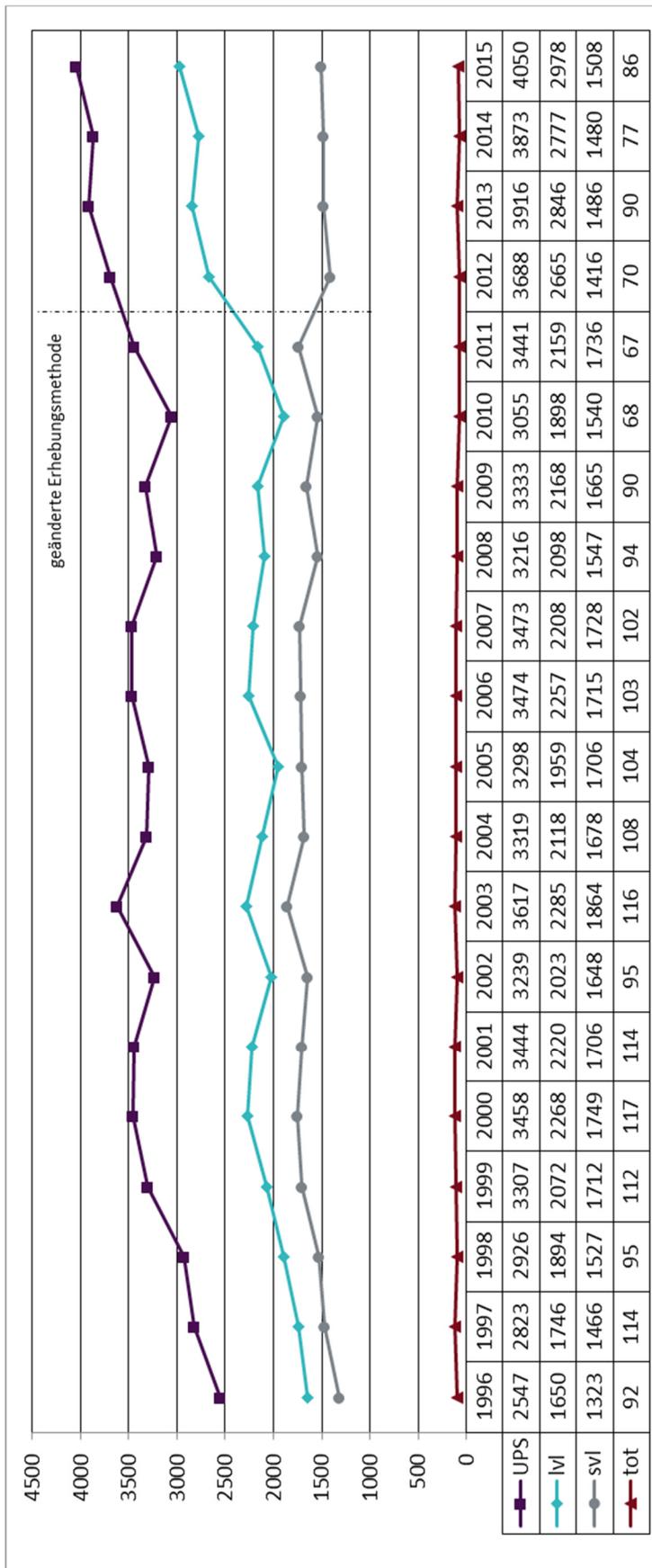


Abbildung 2: Entwicklung aller UPS mit Motorradbeteiligung 1996 - 2015

3.2 Detailanalyse aller Motorrad-UPS

In nachfolgender Abbildung 3 ist die Unfallsituation nach Straßenart dargestellt. Dabei wurden Unfälle mit Motorradbeteiligung zwischen Freiland- und Ortsgebiet unterschieden. Da es sich bei Autobahnen und Schnellstraßen immer um Freiland-Gebiet handelt, gibt es diese Kategorie im Ortsgebiet nicht.

Mit Abstand am häufigsten passieren Unfälle mit Motorradbeteiligung im Freiland auf Landesstraßen B+L. Im Jahr 2015 sind es fast 1.500 UPS. Seit dem Jahr 2010 und dann scheinbar mit der Umstellung der Unfallaufnahme auf das neue UDM, sind die Motorrad-UPS im Ortsgebiet auf sonstigen Straßen sehr stark angestiegen, und zwar von 770 im Jahr 2011 auf über 1.220 im Jahr 2015. Unfälle auf Landesstraßen B+L innerhalb eines Ortsgebietes, weisen ebenfalls hohe Werte auf. 827 UPS im Jahr 2010 stellen den niedrigsten Wert dieser Kategorie dar.

Mit großem Abstand sind die zwei weiteren Straßenarten zu nennen. Sonstige Straßen im Freiland sind für MotorradfahrerInnen eher uninteressant, da es sich größtenteils um unbefestigte Wege handelt. Die niedrigsten Unfallzahlen weisen Autobahnen und Schnellstraßen auf. Die Unfallzahlen sind aber trotzdem, dem allgemeinen Trend folgend, von vergleichsweise niedrigen Werten von 65 UPS im Jahr 2008 konstant auf 91 UPS im Jahr 2015 gestiegen.

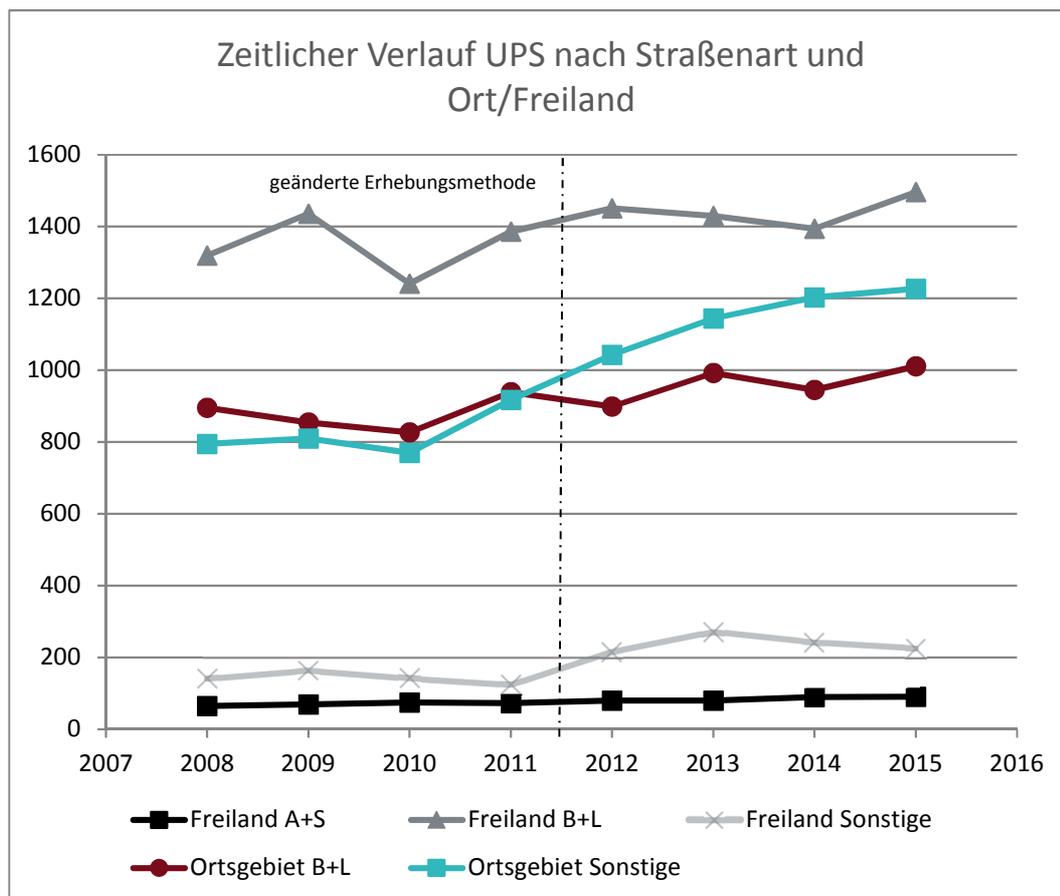


Abbildung 3: Vergleich von UPS in Abhängigkeit der Straßenart sowie Ortsgebiet – Freiland 2008 – 2015

Betrachtet man die Abbildung 4, in der die Motorradunfälle nach Wochentagen zu sehen sind, so zeigt sich ein ähnlicher Anstieg in den Jahren von 2008 bis 2015. Bei der Auswertung der Unfälle während der Woche, verglichen mit Unfällen am Wochenende, bezogen auf einen Tag, ist an den Wochenenden (Samstag und Sonntag) ein erhöhtes Unfallaufkommen ersichtlich.

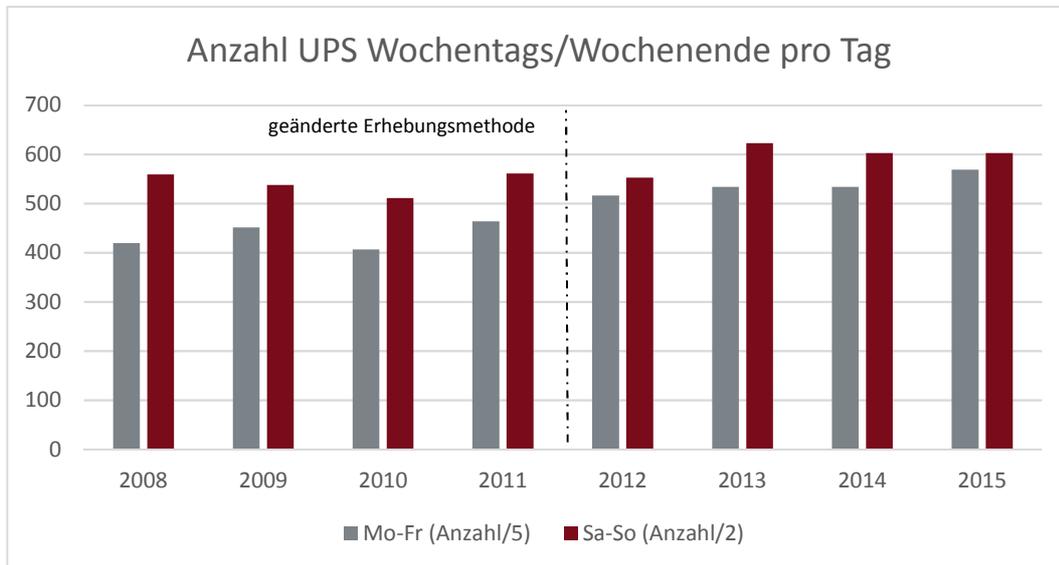


Abbildung 4: Anzahl UPS nach Wochentag / Wochenende pro Tag 2008 – 2015

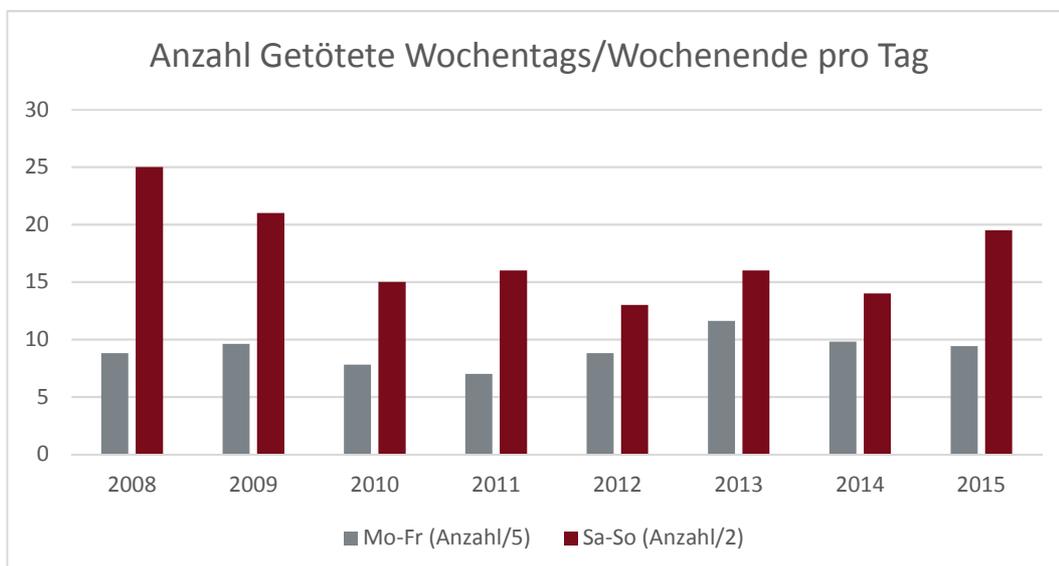


Abbildung 5: Anzahl Getötete nach Wochentag / Wochenende pro Tag 2008 – 2015

Betrachtet man diese Tagesauswertung nach der Anzahl an Getöteten, so verstärkt sich das Bild der UPS Auswertung (siehe Abbildung 5). Es zeigt sich, dass es an Wochenenden zu wesentlich mehr tödlichen Motorradunfällen kommt. So sind im Jahr 2015 am Wochenende doppelt so viele Menschen ums Leben gekommen, als während der Woche. Dadurch erhärtet sich der Verdacht, dass FreizeitfahrerInnen wesentlich gefährdeter sind als Personen, die das Motorrad für

tägliche Wege verwenden. Während die Zahlen der wochentags Getöteten über all die Jahre nie den Wert 12 übersteigen, beginnen die gleichen Zahlen am Wochenende erst bei 13 und weisen im Jahr 2008 mit 25 Getöteten ihren Höchststand auf.

Die nachfolgende Abbildung 6, die Unfälle mit Personenschaden nach der Unfallzeit betrachtet, zeigt ein unerwartetes Bild. So gibt es an Wochentagen keine eindeutige Morgenspitze. Lediglich ein geringer Anstieg zwischen 6 und 8 Uhr deutet an Wochentagen auf den Morgenverkehr hin. Allerdings steigen die UPS-Zahlen während der Woche tagsüber stetig weiter an, bis sie um 17 Uhr ihren Höhepunkt erreichen. Zu dieser Zeit sind wochentags die meisten Unfälle mit Personenschaden zu verzeichnen, danach nehmen die Unfallzahlen rapide ab. An Wochenenden stellt die Zeit um 15 Uhr das höchste Unfallaufkommen dar. Beginnend um 8 Uhr gibt es an Wochenenden einen stetigen Anstieg bis 11 Uhr. Nach 12 Uhr steigen die UPS dann wieder bis 15 Uhr an. Danach nimmt die Anzahl an Unfällen gegen Abend hin wieder ab.

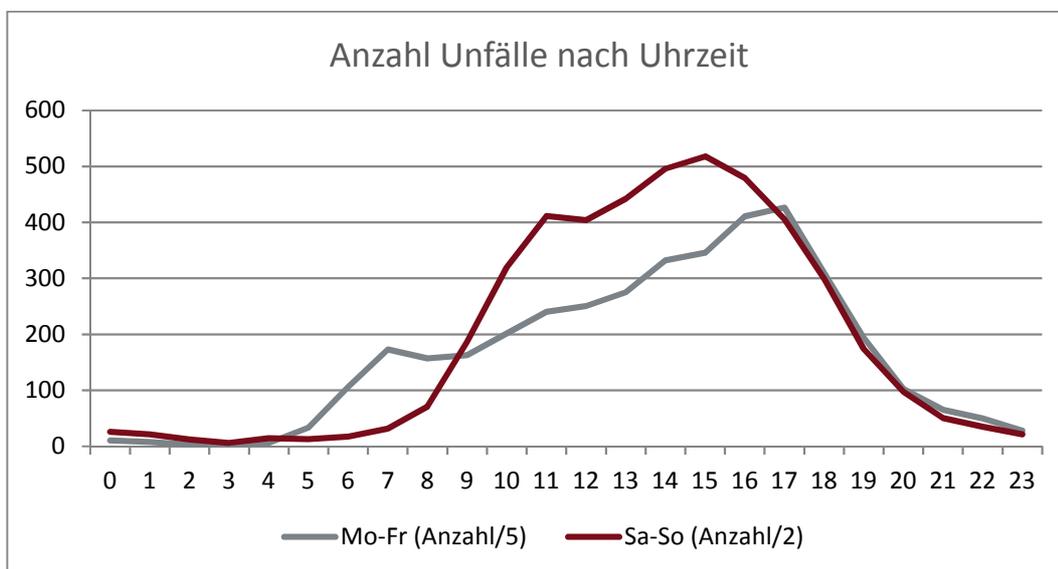


Abbildung 6: Unfälle nach Uhrzeit und Wochentag / Wochenende pro Tag 2008 - 2015

Vor allem für das Motorradfahren ist schönes Wetter von großer Wichtigkeit. Deshalb erscheint ein Vergleich der Unfälle mit den Sonnenstunden als notwendig. In nachfolgender Abbildung ist das Unfallaufkommen je Monat den dazugehörigen Sonnenstunden gegenübergestellt. Betrachtet man die Abbildung 7 so sieht man im Monat März des Jahres 2014 ein erhöhtes Unfallaufkommen. Dies ist einerseits darauf zurück zu führen, dass die Motorradsaison eröffnet wird und viele Biker ohne Übung auf der Straße unterwegs sind. Andererseits lässt sich in der Abbildung auch erkennen, dass der hohe Wert im Jahr 2014 auch mit dem schönen Wetter zusammenhängt. Die Sonnenstunden im März 2014 sind mit 221 Stunden weit über jenen im Jahr 2015 (165). Dass besonders die Sommermonate zu erhöhten Unfallzahlen führen, ist sowohl auf die vermehrte Nutzung (Fahrleistung) in der warmen Jahreszeit als auch vermutlich auf das erhöhte Aufkommen an Freizeitfahrern zurückzuführen. Größere Unterschiede in den Unfallzahlen je Monat, korrelieren auch immer mit den jeweiligen Sonnenstunden.

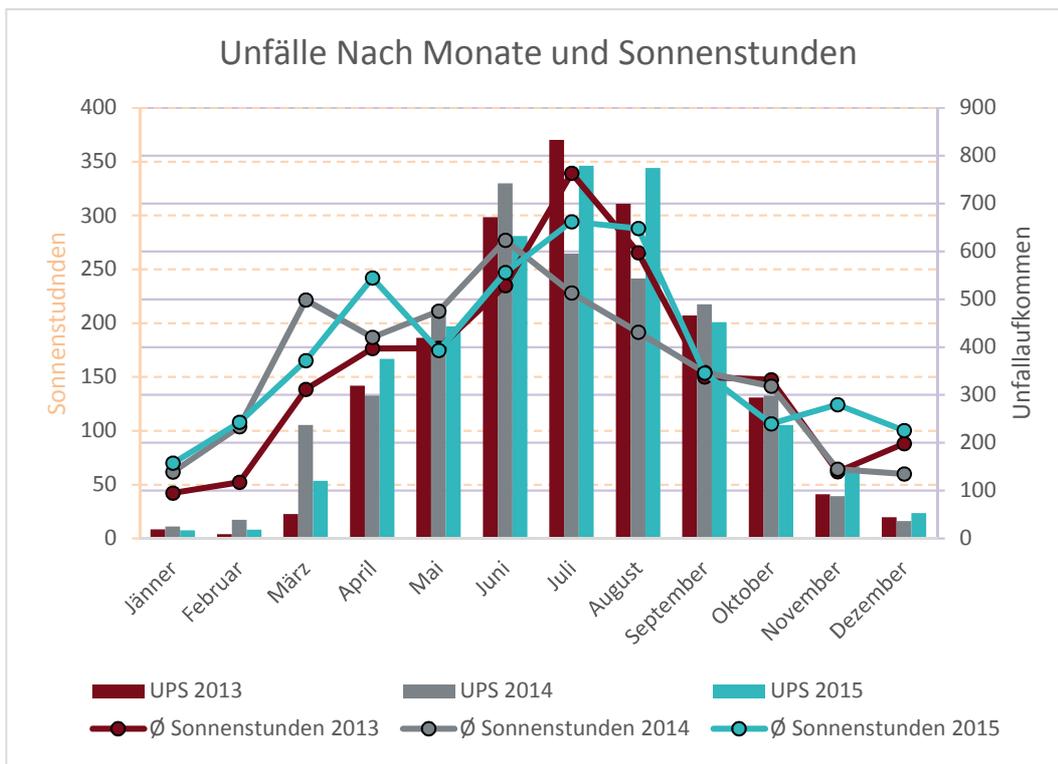


Abbildung 7: Unfallhäufigkeit nach Monat und Sonnenstunden 2013 – 2015

Betrachtet man die Einzelwerte der Sonnenstunden (Tabelle 2) kann man erkennen, dass sie in Zusammenhang mit den Unfallzahlen stehen. Es zeigt sich ein sehr deutlicher Zusammenhang zwischen den Sonnenstunden und dem Unfallaufkommen.

	2013		2014		2015	
	h_{Sonne}	Unfälle	h_{Sonne}	Unfälle	h_{Sonne}	Unfälle
Jänner	42	19	62	25	70	17
Februar	52	9	104	39	108	18
März	139	51	221	237	165	120
April	176	319	187	298	242	375
Mai	177	419	211	483	175	443
Juni	235	671	277	742	247	632
Juli	339	833	228	595	294	779
August	266	699	192	543	288	774
September	150	466	154	489	154	452
Oktober	147	294	141	298	107	237
November	62	92	64	88	124	150
Dezember	88	44	60	36	100	53

Tabelle 2: Gegenüberstellung der Unfallzahlen und der Sonnenstunden (gemittelt) und Monat⁸

⁸ (ZAMG, 2017)

Bei der Betrachtung der Unfälle nach dem Bundesland (siehe Tabelle 3) sieht man, dass es im Bundesland Niederösterreich die meisten Personenschadenunfälle mit Motorradbeteiligung in den letzten acht Jahren zu verzeichnen gibt. Wien folgt gleich danach mit ähnlich hohen Unfallzahlen. Auch die Steiermark und Oberösterreich weisen in Summe mehr als 4.100 UPS im gleichen Zeitraum auf. Im Burgenland zeigen sich verhältnismäßig wenige Motorradunfälle im Betrachtungszeitraum. Somit liegt dieses Bundesland mit 577 UPS in den letzten acht Jahren weit hinter allen anderen.

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Summe
Burgenland	59	62	62	99	74	76	69	76	577
Kärnten	272	321	319	306	304	328	298	358	2506
Niederösterreich	535	514	489	578	699	663	687	745	4910
Oberösterreich	471	527	460	454	545	572	584	572	4185
Salzburg	240	264	239	265	278	315	257	285	2143
Steiermark	487	507	450	518	509	587	557	574	4189
Tirol	473	460	400	496	460	528	525	515	3857
Vorarlberg	134	147	129	183	180	180	176	191	1320
Wien	545	531	507	542	639	667	720	734	4885
Summe	3216	3333	3055	3441	3688	3916	3873	4050	

Tabelle 3: UPS mit Motorradbeteiligung nach Bundesländern 2008 - 2015

Tabelle 4 zeigt die Anzahl an getöteten Personen von allen UPS mit Motorradbeteiligung. Wie man erkennen kann, ist Wien an drittletzter Stelle bei der Betrachtung der Zahlen von Getöteten. Somit steht die große Anzahl an Unfällen mit Personenschaden nicht in Relation zu den Getöteten. Die drei Bundesländer Niederösterreich, Oberösterreich sowie die Steiermark weisen sehr hohe Zahlen an Getöteten auf. Besonders Niederösterreich, wo jährlich ca. 20 MotorradfahrerInnen ihr Leben lassen, erweist sich für ZweiradfahrerInnen statistisch gesehen als sehr gefährlich. Die Netzlängen der einzelnen Bundesländer sind natürlich unterschiedlich und im Freiland werden auch höhere Geschwindigkeiten gefahren als im Ortsgebiet. Diese Auswertung zeigt, wo Maßnahmen zur Vermeidung von tödlichen Unfällen am zielführendsten umzusetzen sind.

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Summe
Burgenland	2	2	2	3	1	3	2	2	17
Kärnten	13	3	8	3	5	12	8	11	63
Niederösterreich	19	19	20	20	20	19	19	22	158
Oberösterreich	16	12	13	3	13	17	18	18	110
Salzburg	7	14	4	6	4	16	4	7	62
Steiermark	15	18	10	17	14	7	14	13	108
Tirol	13	12	7	10	10	13	6	11	82
Vorarlberg	5	4	1	2	1	1	2	1	17
Wien	4	6	4	3	2	2	4	1	26
Summe	94	90	69	67	70	90	77	86	

Tabelle 4: Getötete bei UPS mit Motorradbeteiligung nach Bundesländern 2008 - 2015

Die vorliegenden objektiven Daten zur Unfallsituation mit Motorradbeteiligten in Österreich sind eine gute Basis zur Selektion von Untersuchungsstrecken für dieses Projekt. Wie aus diesen Daten hervorgeht, sind es besonders die Landesstraßen B+L auf denen sich häufig Motorradunfälle ereignen.

Ebenso gibt es große Unterschiede zwischen Freizeit- und Berufsverkehr. Bei der Betrachtung der Unfälle nach den Bundesländern zeigt sich, dass ein besonderes Augenmerk auf Niederösterreich, Oberösterreich und die Steiermark zu legen ist. Wien hat eine hohe Anzahl an UPS, weist aber - mit Ausnahme der Höhenstraße - keine typischen Motorradstrecken auf, weshalb die Bundeshauptstadt für dieses Projekt nicht im Fokus steht. Hier gilt es gesondert Untersuchungen anzustellen, um das Unfallaufkommen, speziell im motorisierten Zweiradverkehr, zu senken.

Um Streckenabschnitte mit hohem Unfallaufkommen zu finden, wurde eine Unfallhäufungsstellen-Abfrage (UHS-Abfrage) durchgeführt. Dabei wird gemäß RVS 02.02.21 eine UHS als Straßenabschnitt mit einer Länge bis zu 250 Metern definiert. Bei mehreren zusammenhängenden UHS Bereichen, fasst man diese zu einer Unfallhäufungsstrecke zusammen.⁹

In der nachfolgenden Tabelle 5 ist die Anzahl an Unfallhäufungsstellen für die einzelnen Bundesländer dargestellt. Aus dieser Tabelle ist zu entnehmen, dass es neben den drei zuvor genannten Bundesländern ebenso in Tirol eine Häufung an Motorrad-UHS gibt. Mit jährlich mehr als 60 Unfallhäufungsstellen muss diesen vier Bundesländern besonderes Augenmerk gewidmet werden. Der UHS-Verlauf über den dargestellten Zeitraum ist in diesen Bundesländern in den letzten drei Betrachtungsperioden rückläufig, jedoch gilt es dies in den kommenden Jahren weiter zu beobachten.

	2011-2013	2012-2014	2013-2015
Burgenland	6	4	2
Kärnten	39	39	39
Niederösterreich	63	68	60
Oberösterreich	88	88	72
Salzburg	43	39	26
Steiermark	80	81	72
Tirol	90	83	79
Vorarlberg	61	46	50
Wien	5	6	2

Tabelle 5: UHS nach Bundesländern 2011 - 2015

⁹ (Österreichische Forschungsgesellschaft Straße - Schiene - Verkehr (FSV), 2004)

4. Subjektive - Objektive Problemstellen (Streckenauswahl)

Der Vergleich zwischen subjektiven Meldungen von MotorradfahrerInnen und den tatsächlich auftretenden Unfällen soll einen Einblick geben, ob sich ein Zusammenhang zwischen den einzelnen Daten ableiten lässt. Es soll der Frage nachgegangen werden, ob scheinbar sichere Strecken zu einem unverhältnismäßigen Fahrstil verleiten und dadurch die Unfallzahlen steigen oder aber ob sehr gefährlich wirkende Strecken dazu beitragen, dass MotorradfahrerInnen die Geschwindigkeit reduzieren und konzentrierter fahren.

4.1 Subjektive Meldungen

Die subjektive Einschätzung der unterschiedlichen Motorradstrecken durch die „Biker-Szene“, also den eigentlichen Fahrern, ist von großer Bedeutung. Ein Ableiten des möglichen Zusammenhangs zwischen dem subjektiven Sicherheitsgefühl der MotorradfahrerInnen und dem tatsächlichen Unfallaufkommen erscheint höchst interessant. Um zu erfahren, ob vielleicht unsicher erachtete Strecken vorsichtig befahren werden, und es deshalb zu weniger Unfällen kommt, muss die Meinung von MotorradfahrerInnen genauso in die Analyse einfließen wie die Unfalldaten. Dazu wurden die Ergebnisse sowohl von dem ehemaligen österreichischen Projekt „Bikers Project“¹⁰, dem schwedischen Projekt des SMC (Swedish Motorcycle Club) – App für Black-Spot Meldungen, dem europäischen Projekt „RIDERSCAN“¹¹, sowie von einer Internetrecherche in einschlägigen Motorradforen verwendet.

Das „Bikers Project“ stammt aus den Jahren 2001 bis 2004 und war ein umfangreiches österreichisches Projekt zur Steigerung der Motorradsicherheit. MotorradfahrerInnen waren dabei angehalten nach einer Streckenbefahrung einen Fragebogen auszufüllen, um im Anschluss Gefahrenpotentiale ableiten zu können. Dabei wurden die in Tabelle 6 angeführten Parameter von jedem einzelnen Fahrer für die unterschiedlichen Strecken bewertet und angegeben. Diese Parameter wurden mit den drei Möglichkeiten „keine Gefahr“, „Gefahr“ und „extreme Gefahr“ gewichtet.

Stark beeinträchtigte Fahrbahngriffigkeit
Stark beeinträchtigte Spurstabilität
Potentielle Verschmutzungsquellen
Starke Sichtbeeinträchtigung
Anprallhindernisse
Kritischer Fahrbahnverlauf
Besondere Gefahren durch andere Verkehrsteilnehmer
Psychologische Effekte

Tabelle 6: Klassifikation der Gefahrenstellen (Bikers Project)

Im „Bikers Project“ wurden die drei Bundesländer Niederösterreich, Oberösterreich und Steiermark untersucht. Die nachfolgenden Analysen werden sich auf diese drei Bundesländer beschränken, da es einerseits im weiteren Verlauf sinnvoll ist,

¹⁰ (BikersProject, 2017)

¹¹ (RIDERSCAN, 2017)

Streckenabschnitte im Umkreis von Wien für Messfahrten zu wählen, um die Anfahrtszeiten möglichst gering zu halten, und andererseits gibt es in diesen Bundesländern sehr viele Unfalhhäufungsstellen mit Motorradbeteiligung, weshalb es zweckmäßig erscheint, den Fokus darauf zu richten.

Durch die subjektive Beurteilung von MotorradfahrerInnen im „Bikers Project“, konnten insgesamt 169 Streckenbewertungen gewonnen werden. Im Anschluss wurden die befahrenen Strecken in 5 übergeordnete Kategorien unterteilt, wie sie in Abbildung 8 zu sehen sind. Die Anzahl der befahrenen Strecken variiert innerhalb der drei Bundesländer. So wurden in Niederösterreich 55 Strecken bewertet, in Oberösterreich 74 und in der Steiermark 40.

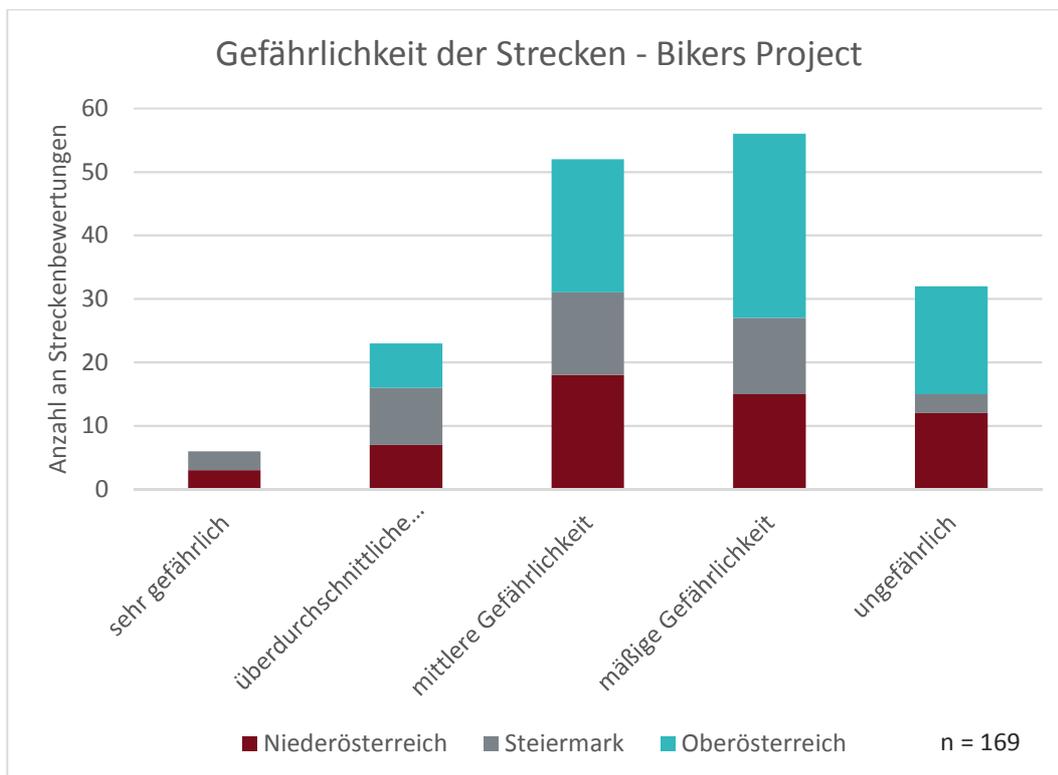


Abbildung 8: Gefährlichkeit der Strecken - Bikers Project

Bei einer anschließenden Internetrecherche wurden subjektive Meinungen über österreichische Motorradstrecken online gesucht, sowie deren Beschreibungen aus einschlägigen Internetforen zusammengetragen. Ebenso flossen Informationen aus Online-Medien, Zeitungsartikeln und sonstigen online zugänglichen Meinungen in die Bewertung mit ein. Die Ergebnisse sind in der Tabelle im Anhang 11.1 zu finden, worin Motorradstrecken inklusive deren subjektiver Bewertungen durch MotorradfahrerInnen enthalten und aufgelistet sind. Diese Internetrecherche zeigt ähnliche Ergebnisse wie sie auch im „Bikers Project“ vorgefunden wurden. Die typischen Motorradstrecken in Österreich sind unter den MotorradfahrerInnen und in einschlägigen Foren bekannt und werden auch von Gelegenheitsfahrern sehr gerne für Wochenend- und Urlaubsfahrten herangezogen. Das Meinungsbild von einzelnen Strecken ist bei den unterschiedlichen Autoren größtenteils einheitlich und lässt dadurch ein gutes subjektives Bild entstehen. Bei der Internetrecherche wurden Streckenbeschreibungen aus dem gesamten Bundesgebiet von Österreich betrachtet,

allerdings lag für die weitere Auswertung der Fokus auf den bereits erwähnten Bundesländern Niederösterreich, Steiermark und Oberösterreich.

Das von der EU-Kommission kofinanzierte Projekt „RIDERSCAN“ hatte zum Ziel, ein grenzübergreifendes Wissensnetzwerk zum Thema Motorradsicherheit aufzubauen. Dabei wurden in einer ersten Phase die gesetzlichen Gegebenheiten in den teilnehmenden Ländern untersucht sowie deren Unterschiede herausgearbeitet. Folglich wurden die Interessensgruppen, die in die Gesetzgebung involviert sind, als auch die Motorrad-Community mittels Umfrage zu verschiedenen Kategorien befragt, um so signifikante Unterschiede bzw. Übereinstimmungen herauszuarbeiten. Die Ergebnisse wurden in einem abschließenden Workshop diskutiert und reflektiert. Eine, im Projekt „RIDERSCAN“ durchgeführte Befragung mit dem Schwerpunkt Infrastruktur, ist in nachfolgender Abbildung 9 zusammengefasst. Darin sind Infrastrukturprobleme aus Sicht der MotorradfahrerInnen in Österreich aufgezeigt, die in „RIDERSCAN“ als problematisch eingestuft wurden.

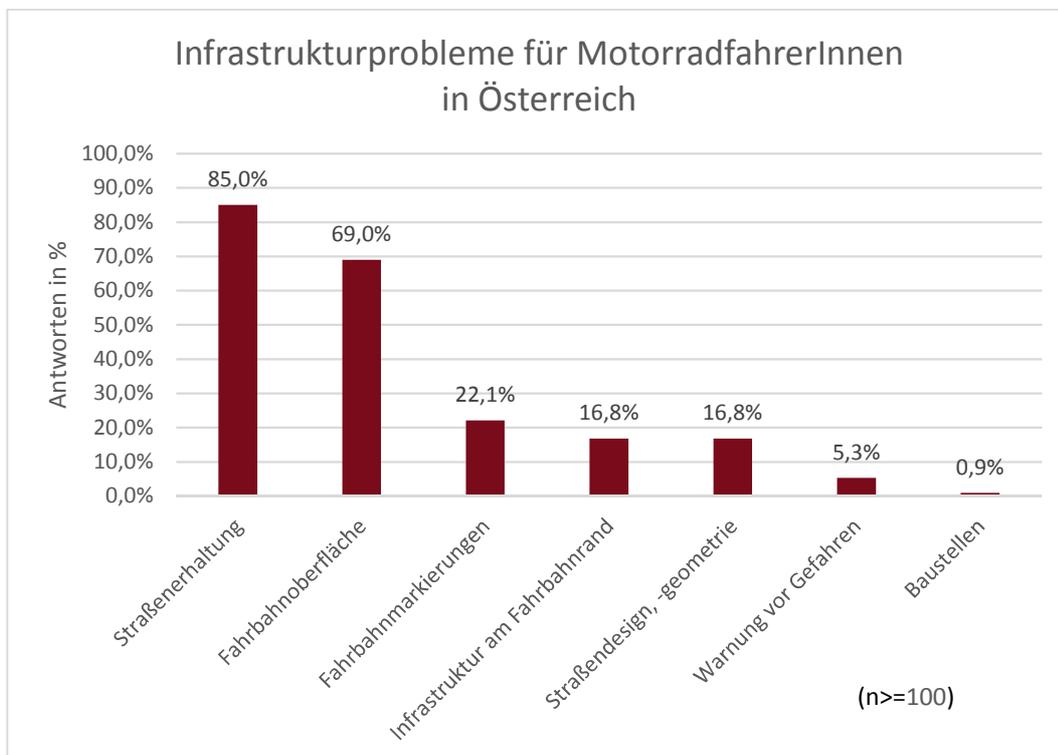


Abbildung 9: Einschätzung der Gefährlichkeit von Infrastruktur (Ergebnisse der RIDERSCAN-Umfrage)¹²

Die Straßenerhaltung wird von 85% als das kritischste Infrastrukturproblem erachtet, darunter generelle Probleme wie Bitumenausbesserungen, Verschmutzungen oder das Aufkommen von Schlaglöchern. Annähernd 70 % definiert als Kritikalität die Fahrbahnoberfläche. Kanaldeckel oder Straßenbahnschienen zählen ebenso dazu wie die Griffigkeit, die für einspurige Fahrzeuge einen besonderen Stellenwert einnimmt. Die weiteren auftretenden Probleme der

¹² (Delhaye, 2015, S. 21)

Infrastruktur werden von den befragten MotorradfahrerInnen wesentlich unkritischer erachtet.

In Tabelle 7 sind die häufigsten auftretenden Probleme und Kritikalitäten gelistet, die aufgrund der Analyse von zehn verschiedenen Motorrad-Infrastruktur-Richtlinien aus unterschiedlichen Ländern entstanden und gemäß der OECD-Klassifizierung zusammengefasst wurden.

Straßendesign, Straßenzustand und Straßenerhaltung	Kanaldeckel und Metalloberflächen
	Schutzwege (Markierungen)
	Fahrbahnmarkierungen
	Kreisverkehre
	Variation von Kurvenradien
	Verkehrsberuhigungsmaßnahmen (Temposchwellen, etc.)
Fahrbahnoberflächenzustand	glatte, rutschige Oberflächen
	Schlaglöcher, Risse
Fahrbahnverschmutzungen	Verschmutzungen wie Sand, Kies, Bauschutt, etc.
	Ölspuren
Infrastruktur am Fahrbahnrand	Fahrzeugrückhaltesysteme
	Objekte am Fahrbahnrand
	Verkehrsschilder und Pfosten
	Vegetation

Tabelle 7: Zusammengefasste Infrastrukturprobleme des Richtlinien-Reviews von RIDERSCAN¹³

Die Ergebnisse von „RIDERSCAN“ spiegeln die des „Bikers Project“ wider, da besonders der Zustand der Fahrbahnoberfläche ausschlaggebend für ein sicheres Fahrgefühl der MotorradfahrerInnen ist. Bitumenausbesserungen, Kanaldeckel, Risse und Schlaglöcher beeinflussen erheblich das subjektive Sicherheitsgefühl. Die Griffigkeit des Straßenbelages ist für einspurige Fahrzeuge von ganz besonderer Bedeutung. Da Griffigkeit nicht mit dem Auge bestimmt werden kann, sollte diese auf den bekannten Motorradstrecken ausreichend oft gemessen und überprüft werden.

Die geplante Einbeziehung der Ergebnisse eines schwedischen Projektes (initiiert vom SMC) war nicht möglich, da dieses Projekt vorzeitig und ohne auswertbare Ergebnisse gestoppt wurde. Ziel des Forschungsprojektes war es ursprünglich, eine App zu gestalten, in der MotorradfahrerInnen Black-Spots (Gefahrenstellen) sowie White-Spots (sichere Strecken) eintragen können, um andere Biker zu informieren. Dies hatte aber anscheinend zur Folge, dass mehr FahrerInnen die „sicheren“ Strecken befahren wollten und es dadurch zu einem Anstieg des Verkehrsaufkommens und offenbar auch des Unfallaufkommens auf diesen Abschnitten kam. Die App wurde mit der Begründung, dass somit White-Spots zu Black-Spots wurden, wieder vom Markt genommen und das Projekt auf unbefristete Zeit stillgelegt. Ein Nachfragen bei den zuständigen Personen (u.a.

¹³ (Delhaye, 2015)

Jesper Christensen, Generalsekretär des Schwedischen Motorradfahrer-Clubs) ergab, dass keine subjektiven Daten der LenkerInnen weitergegeben werden können, weil das Projekt in seiner Pilotphase wieder eingestellt wurde. Eine mögliche Aktivierung dieser App steht aus heutiger Sicht nicht mehr zu Diskussion.

4.2 Objektive Problemstellen

Die in Kapitel 3.2 durchgeführten Unfallauswertungen stellen den ersten Teil der Grundlage für die objektive Bewertung der Gefährlichkeit von Motorradstrecken dar. Ergebnisse und Erkenntnisse des Forschungsprojektes „MoMio – Evaluierung Motorradsicherheitsmillion“¹⁴ sind ebenfalls in die objektive Analyse und Streckenbewertung miteingeflossen. Dieses Forschungsprojekt, das auch der Verbesserung der Motorradsicherheit gewidmet war, hat ebenso kritische Strecken des Motorradverkehrs in Österreich untersucht. In dem Projekt ging es darum, Auswirkungen der gezielt gesetzten Maßnahmen zur Erhöhung der Motorradsicherheit der einzelnen Bundesländer zu evaluieren, welche 2012 gesetzt wurden, um kritische und gefährliche Motorradstrecken zu entschärfen und sicherer zu gestalten. Die unterschiedlichen Bundesländer setzten dabei Maßnahmen um, die angefangen von Griffigkeitsverbesserungen und Belagssanierungen über die Entfernung von Hindernissen, dem Anbringen von Fahrzeugrückhaltesystemen mit Unterfahrschutz bis hin zur Sanierung von Bodenmarkierungen, und dem Verordnen punktueller Geschwindigkeitsreduktionen reichten. Ein Vergleich der untersuchten Abschnitte des Projektes Motorradsicherheitsmillion mit den hier selektierten Streckenbereichen zeigt, wenig überraschend, viele Übereinstimmungen.

Wie aus Tabelle 5 ersichtlich, zählen die drei Bundesländer Oberösterreich, Steiermark und Niederösterreich zu jenen Ländern, in denen es jährlich über 60 Streckenabschnitte mit einem erhöhten Motorrad Unfallaufkommen gibt. Bei der Detailuntersuchung von Unfallhäufungsstellen für MotorradfahrerInnen in den genannten Bundesländern, ergeben sich über den Betrachtungszeitraum der Jahre 2007 bis 2015 insgesamt über 1.700 Unfallhäufungsstellen.¹⁵ Betrachtet man die Zahlen der einzelnen Bundesländer, so gibt es in Niederösterreich für MotorradfahrerInnen 446 UHS, wobei im letzten Jahr (2015) 60 Strecken eine Häufung aufweisen. In der Steiermark sind es 2015 sogar 72 Motorrad UHS, im angeführten Zeitraum insgesamt 609 Streckenabschnitte. Oberösterreich hat in Summe 646 Unfallhäufungsstellen und somit im Beobachtungszeitraum die meisten der drei Bundesländer. Alleine im Jahr 2015 weist Oberösterreich 72 UHS auf.

Im Zuge der MoMio wurden alleine in diesen drei Bundesländern 42 Streckenabschnitte saniert. Die nachfolgende Tabelle 8 zeigt die konkreten Strecken, an denen Maßnahmen zur Verbesserung der Motorradsicherheit gesetzt wurden.

¹⁴ (Stefan, 2018)

¹⁵ Eigene Berechnungen anhand der Unfalldaten der Statistik Austria

Bundesland	Name	Straßenname	Nr	von km	bis km
Niederösterreich	Exelberg	Landesstraße L	120	8,000	23,000
Niederösterreich	Flachberg	Landesstraße B	213	2,000	5,000
Niederösterreich	Riederberg	Landesstraße B	1	26,000	29,000
Niederösterreich	Helenental	Landesstraße B	210	6,000	6,000
Niederösterreich	Klammhöhe	Landesstraße L	119	6,000	7,000
Niederösterreich	Rohrer Sattel	Landesstraße B	21	37,000	41,000
Niederösterreich	Höllental	Landesstraße B	21,27	51,500	52,200
Niederösterreich	Höllental	Landesstraße B	27	14,000	14,000
Niederösterreich	Wastl am Wald	Landesstraße B	28	11,000	26,000
Niederösterreich	Zellrain	Landesstraße B	71	0	21,000
Niederösterreich	Seiberer/ Weißkirchen	Landesstraße L	78	39,000	49,000
Steiermark	Gaberl	Landesstraße B	77	19,000	32,500
Steiermark	Vordernbergtal/ Eisen Straße	Landesstraße B	115	127,000	127,200
Steiermark	Friesacher Straße	Landesstraße B	317	9,300	9,500
Steiermark	Mariazeller Straße	Landesstraße B	20	95,400	95,400
Oberösterreich	Wiener Straße	Landesstraße B	1	216,865	216,970
Oberösterreich	Donau Straße	Landesstraße B	3	236,210	236,345
Oberösterreich	Böhmerwald Straße	Landesstraße B	38	162,589	162,678
Oberösterreich	Greiner Straße	Landesstraße B	119	14,905	18,300
Oberösterreich	Scharnsteiner Str	Landesstraße B	120	13,750	30,735
Oberösterreich	Weyerer Straße	Landesstraße B	121	35,579	35,666
Oberösterreich	Rohrbacher Straße	Landesstraße B	127	12,714	13,372
Oberösterreich	Eferdinger Straße	Landesstraße B	129	27,186	27,238
Oberösterreich	Nibelungen Straße	Landesstraße B	130	1,943	4,619
Oberösterreich	Theninger Straße	Landesstraße B	133	6,087	6,140
Oberösterreich	Gallspacher Straße	Landesstraße B	135	29,230	29,470
Oberösterreich	Kremstal Straße	Landesstraße B	139	19,817	20,129
Oberösterreich	Hausruck Straße	Landesstraße B	143	5,994	6,345
Oberösterreich	Gmundner Straße	Landesstraße B	144	9,069	9,169
Oberösterreich	Attersee Straße	Landesstraße B	151	4,369	4,423
Oberösterreich	Seeleiten Straße	Landesstraße B	152	9,658	9,710
Oberösterreich	Greinerwald Landesstraße	Landesstraße L	573	2,400	21,150
Oberösterreich	Hengstpass	Landesstraße L	550	8,820	28,250
Oberösterreich	Frankenburger	Landesstraße L	509	12,200	17,250
Oberösterreich	Altenberger	Landesstraße L	1501	5,700	17,250
Oberösterreich	Pass Gschütt	Landesstraße B	166	40,047	44,100
Oberösterreich	Weissenbach	Landesstraße B	153	9,350	12,200
Oberösterreich	Laussaer	Landesstraße L	1342	4,000	16,100

Tabelle 8: Sanierte Streckenabschnitte aus der Motorradsicherheitsmillion¹⁶¹⁶ (Stefan, 2018)

4.3 Zusammenführung und Vergleich der gewonnenen Daten

In diesem Kapitel soll ein Vergleich zwischen den Unfallzahlen (objektiv) und den Meinungen der MotorradfahrerInnen (subjektiv) durchgeführt werden, um zu untersuchen, ob die beiden Datensätze eine Korrelation aufweisen und somit MotorradfahrerInnen die Gefährlichkeit einer Strecke richtig einschätzen. Dazu wurden die unterschiedlichen subjektiven Gefährlichkeits-Level mit den in diesem Zeitraum vorkommenden Unfallzahlen verglichen, sowie den Maßnahmenstrecken der Motorradsicherheitsmillion gegenübergestellt. Für diesen Vergleich wurden die subjektiven Daten aus dem Projekt „Bikers Project“ herangezogen, bei dem es sich um die Einschätzung eines/einer MotorradfahrerIn bezüglich eines Gefährlichkeits-Levels handelt. Die vorhandenen Levels wurden in Tabelle 9 in Gefährlichkeitsklassen maskiert.

Subjektive Gefährlichkeit	Ungefährlich	Mäßig	Mittel	Über-durchschnittlich	Sehr gefährlich
Gefährlichkeitsklasse	K1	K2	K3	K4	K5

Tabelle 9: Maskierung der subjektiven Gefährlichkeit zu Gefährlichkeitsklassen

Als objektive Daten wurden die Unfallzahlen der betreffenden Streckensegmente der Jahre 1998 bis 2002 analysiert. Diese Zeitspanne wurde aufgrund des Durchführungszeitraumes von „Bikers Project“ gewählt. Da es sich um Streckenabschnitte mit variierender Länge handelt, wurde die Unfalldichte berechnet, was den kumulierten Unfällen pro Kilometer gleichgesetzt werden kann. Des Weiteren wurde die Schwere der Unfälle mit einer Gewichtung gemäß volkswirtschaftlicher Kosten gewählt, um die Auswirkungen der Verletzungsschwere in die Daten einfließen zu lassen. In nachfolgender Tabelle 10 sind die Kosten pro Unfallklasse gelistet.

Verletzungsschweregrad	EUR [€]	Gewicht [-]
Unfall mit Todesfolge	3.316.309	108,47
Unfall mit Schwerverletzten	429.517	14,05
Unfall mit Leichtverletzten	30.575	1,00

Tabelle 10: Gewichtung der Verletzungsschweregrade nach volkswirtschaftlichen Kosten basierend auf das Bezugsjahr 2016¹⁷

Eine Analyse der objektiven Daten zeigt, dass die Verteilung der Datensätze über die Gefährlichkeitsklassen nicht gleichmäßig ist. Tabelle 11 zeigt die Anzahl der Datensätze pro Klasse.

	K1	K2	K3	K4	K5
Anzahl	38	56	55	23	8

Tabelle 11: Anzahl der Datensätze pro Gefährlichkeitsklasse

¹⁷ (BMVIT – Bundesministerium für Verkehr, 2017)

Es kann aufgrund der geringen Anzahl an Datensätzen und der statistischen Kennzahlen in der Klasse K4 und K5 ein Zusammenfassen dieser Klassen legitimiert werden. Es wird folglich mit einer Klasse K4,5, die 31 Datensätze beinhaltet, weitergearbeitet.

Es sei an dieser Stelle erwähnt, dass die kumulierte Größe der Datensätze ($n = 180$) deswegen von den erwähnten 170 Untersuchungsstrecken abweicht, da einige Strecken aus mehreren Abschnitten bestehen und für die Analyse der Unfalldaten als separater Datensatz geführt werden.

Anschließend können die Daten in Bezug gesetzt und mittels Boxplots für die Jahre 1998 bis 2002 dargestellt werden.

Um den Zusammenhang zwischen subjektiven und objektiven Daten aufzuzeigen wurde eine Regressionsanalyse auf Basis der Mediane durchgeführt. In den Plots ist die lineare Funktion in blau dargestellt. Die zugehörige Funktionsgleichung und das Bestimmtheitsmaß sind ebenfalls gelistet.

Abbildung 10 zeigt eine detaillierte Trenddarstellung des Zusammenhanges zwischen subjektiven und objektiven Daten im Bereich zwischen 0 und 100.000 € volkswirtschaftlicher Kosten.

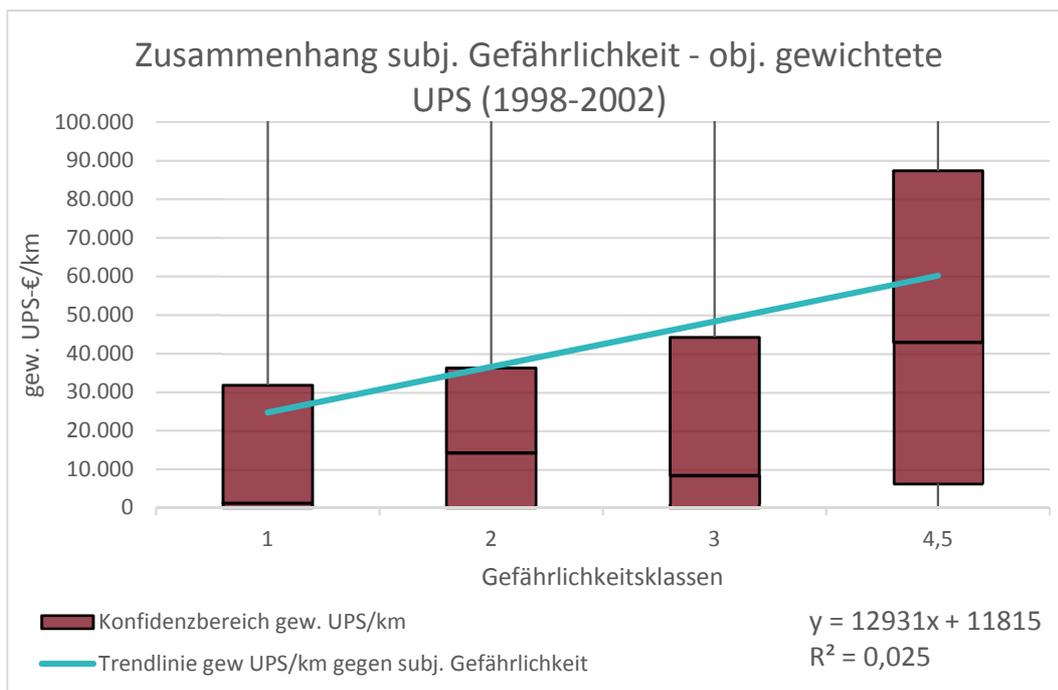


Abbildung 10: Trenddarstellung des gemittelten Zusammenhangs von subjektiven Einschätzungen und UPS-Daten des Zeitraumes 1998 – 2002 (y-Achse auf den Bereich 0 – 100.000 € skaliert)

Abbildung 10 zeigt einen monoton wachsenden linearen Zusammenhang. Somit kann abgeleitet werden, dass es eine Korrelation zwischen den subjektiven Einschätzungen aus „Bikers Project“ und den objektiven Unfallzahlen gibt. Um dieses Ergebnis statistisch zu untermauern wurde überprüft, ob sich die einzelnen Klassen tatsächlich voneinander unterscheiden. Es hat sich bestätigt, dass es einen Trend zur wechselseitigen Beziehung gibt, wie die Regressionsgerade zeigt. Es muss eine Varianzanalyse durchgeführt werden um zu entscheiden, ob ein

parametrisches oder nicht parametrisches Modell verwendet werden soll. Hierzu wurde der Shapiro-Wilk-Test herangezogen. Dieser Test geht von der Nullhypothese H_0 aus, dass der vorliegende Datensatz normalverteilt ist. Kann eine Signifikanz von $p < 0,05$ nachgewiesen werden, gilt die Alternativhypothese H_1 und besagt, dass keine Normalverteilung vorliegt.

Bei gegebenem Datensatz liegt der p-Wert bei $p = 2,2 \times 10^{-16}$, weshalb keine Normalverteilung vorliegt. Somit kann gesagt werden, dass ein parametrisches Modell, wie beispielsweise eine einfache Varianzanalyse nicht angewendet werden darf.

Der Kruskal-Wallis-Test ist ein nicht-parametrisches Modell, das für den Vergleich von mehr als zwei Gruppen angewendet wird. Die hier getroffene Nullhypothese H_0 besagt, dass es keinen Unterschied zwischen Gruppen gibt. Das würde bei diesem Datensatz bedeuten, dass kein Trend zwischen subjektiven und objektiven Daten vorliegt und die Interpretation des oben genannten linearen Zusammenhanges nicht zulässig ist. Die Alternativhypothese H_1 trifft die Annahme, dass ein Unterschied gegeben ist. Mit einem p-Wert des Kruskal-Wallis-Tests von $p = 5,63 \times 10^{-12}$ ist die Bedingung $p < 0,05$ erfüllt, und es kann die Schlussfolgerung getroffen werden, dass nicht alle Mediane gleich sind. Diese Aussage unterstützt den linear nachgewiesenen Trend.

Gemäß der in der Problemstellung formulierten ersten Forschungsfrage

- *„Gibt es signifikante Zusammenhänge zwischen objektiven Unfalldaten und subjektiven Meldungen von Problemstellen bzw. welche Umsetzungsmöglichkeiten ergeben sich aus den Meldungen von Problemstellen?“*

kann diese damit beantwortet werden, dass es einen signifikanten Zusammenhang zwischen subjektiven Meldungen und objektiven Unfalldaten von Problemstellen gibt. Untermuert wird dies mit der oben gezeigten Gegenüberstellung der Daten und einem „Fit“ mittels linearer Regression, siehe Abbildung 10.

Des Weiteren kann aus dem bestehenden Zusammenhang geschlossen werden, dass es für Straßenerhalter durchaus Sinn macht, subjektive Meinungen von MotorradfahrerInnen heranzuziehen. Formate in Form einer Umfrage oder einer Erhebung mit Testpersonen, wie beispielsweise im Projekt „RIDERSCAN“ bzw. „Bikers Project“, aber auch OnlineTools bzw. Interviews können wesentliche Erkenntnisse für die Sanierung bzw. Verbesserung der Verkehrssicherheit von Streckenabschnitten mit hohem Verkehrsaufkommen liefern.

5. Messstrecken

Die in den vorherigen Kapiteln beschriebenen subjektiven und objektiven Bewertungskriterien eines Streckenabschnittes wurden so systematisiert, dass auf Basis dieser Kriterien eine Auswahl an Teilstrecken für das vorliegende Projekt getroffen werden konnte. Die Zusammenstellung der Streckenabschnitte für die Messfahrten mit dem MoProVe wird einerseits anhand von objektiven Werten, aus der Analyse des tatsächlichen Unfallaufkommens und andererseits anhand von subjektiven Streckenbewertungen von MotorradfahrerInnen durchgeführt. Zudem wurde die Maßnahmenliste des Projektes Motorradsicherheitsmillion mit einbezogen. Im Zuge dieses Projektes wurden auf gefährlichen Streckenabschnitten Maßnahmen zur Verbesserung der Verkehrssicherheit gesetzt. Dieser Umstand wurde bei der Auswahl der Strecken berücksichtigt.

Des Weiteren wurde darauf geachtet, dass die Reisekosten gering gehalten werden, wodurch Streckenabschnitte nicht zu weit voneinander entfernt sein sollen. Folglich wurden Strecken in Niederösterreich, mit entsprechender Nähe zu Wien ausgewählt.

Da die Auswahl von beliebten Strecken jedoch auch bedingt, dass dort ein hohes Verkehrsaufkommen von Motorradverkehr gegeben ist, wurden zusätzliche Referenzstrecken definiert. Diese zeichnen sich durch regionale Nähe zu den Untersuchungsstrecken aus, und dienen dafür, den „Bias“ (Nullpunkt-Verschiebung) zu bereinigen.

Somit wurden aus den knapp 170 Strecken nun drei Untersuchungsstrecken mit der Bewertung „überdurchschnittlich gefährlich“, „sehr gefährlich“ und „mittlere Gefährlichkeit“ sowie drei zugehöriger Referenzstrecken ausgewählt und im Zuge dieses Projektes befahren.

In diesem Kapitel sind die sechs unterschiedlichen Streckenabschnitte, die mit dem MoProVe befahren wurden, detailliert erläutert. Ebenso gibt es eine Beschreibung der Trassierung, sowie die Auflistung der nächstgelegenen Ortschaften. Zwischen dem jeweiligen Start- und Endkilometer wurde außerdem eine genaue Unfallabfrage über die Jahre 2013-2015 durchgeführt. Anhand der Unfallsteckkarten können nicht nur die Örtlichkeiten der Unfälle rasch abgelesen werden, es ist auch die Verletzungsschwere sowie das Jahr der Unfälle grafisch dargestellt. Die Markierung eines Unfallortes in die Streckenkarten macht die Fahrtrichtung ersichtlich (jeweils rechts neben der Fahrbahn), wobei Punkte direkt auf der Strecke ohne Angabe einer Fahrtrichtung zu verstehen sind.

Eine genaue Auflistung aller Unfallbeteiligten zu jedem einzelnen Ereignis, ist in den jeweiligen Unfalltabellen dargestellt, welche im Anhang 11.3 bis 11.8 zu finden sind. Um die genauen Unfallumstände ablesen zu können, also die Anzahl an beteiligten Fahrzeugen, Personen, die Fahrzeugarten aber auch das Alter der Personen oder die Verletzungsschwere der einzelnen Beteiligten, muss die Unfalltabelle herangezogen werden.

Diese Tabellen enthalten in der ersten Zeile die allgemeinen Informationen zu dem Unfall wie den Tag, Uhrzeit, Kilometer, usw. Die darunter liegenden Zeilen stellen jeweils einen Unfallbeteiligten dar und beinhalten Informationen zum jeweiligen Alter, Geschlecht, Verletzungsschwere usw.

In den folgenden Kapiteln werden die ausgewählten Haupt- und Referenzstrecken im Detail beschrieben.

5.1 Exelberg

Von Königstetten in Niederösterreich kommend führt die Trasse der L120 über die Dopplerhütte nach Scheiblingstein und von dort weiter nach Neuwaldegg am Wiener Wald bei Wien. Die Messfahrten wurden von km 8,6 bis km 23,0 durchgeführt, wobei die Kilometrierung von Königstetten Richtung Wien aufsteigend definiert ist und somit Fahrtrichtung 1 darstellt. Von Königstetten Richtung Südosten orientiert, ist die L120 von km 8,6 bis zur Dopplerhütte bei km 11 von einer ausgeprägten Längsneigung und kurvenreicher Trassenführung geprägt. Aufgrund dementsprechender Unfallhäufung (Abbildung 11) ist hier ein Tempolimit von 50 km/h verordnet. Eine Analyse der Unfalldaten zwischen 2013 und 2015 ergibt eine Anzahl von acht Unfällen in diesem Zeitraum, wobei fünf Unfälle mit leichtverletzten und drei Unfälle mit schwerverletzten Beteiligten zu verzeichnen sind.

Ab der Dopplerhütte wird die Trasse durch mäßiges Gelände und mit leichten Längsneigungen über Scheiblingstein bis zur Sophienalpe geführt. Dabei wird das Siedlungsgebiet von Scheiblingstein westlich tangiert. In diesem Abschnitt ist besonders die Unfallhäufungsstelle bei km 17,6 hervorzuheben, wo sich in den Jahren 2013 bis 2015 ein tödlicher Unfall, zwei Unfälle mit Schwerverletzten und ein Unfall mit Leichtverletzten ereignet haben. Des Weiteren ereigneten sich sieben Unfälle mit Leichtverletzten und zwei Unfälle mit Schwerverletzten auf diesem Abschnitt.

Von der Sophienalpe führt die L120 mit einer hohen Längsneigung den Exelberg nach Neuwaldegg hinunter. Die Trasse ist hier wiederum von Serpentinaen geprägt. Hier ist ein Unfall mit Leichtverletzten im Jahre 2015 zu verzeichnen. Abbildung 11 zeigt die Trasse der L120 mit der zugehörigen Unfallverortung. Zusätzlich ist ein Detailausschnitt von Königstetten bis zur Dopplerhütte dargestellt, um die Unfallverortung gut sichtbar darzustellen.

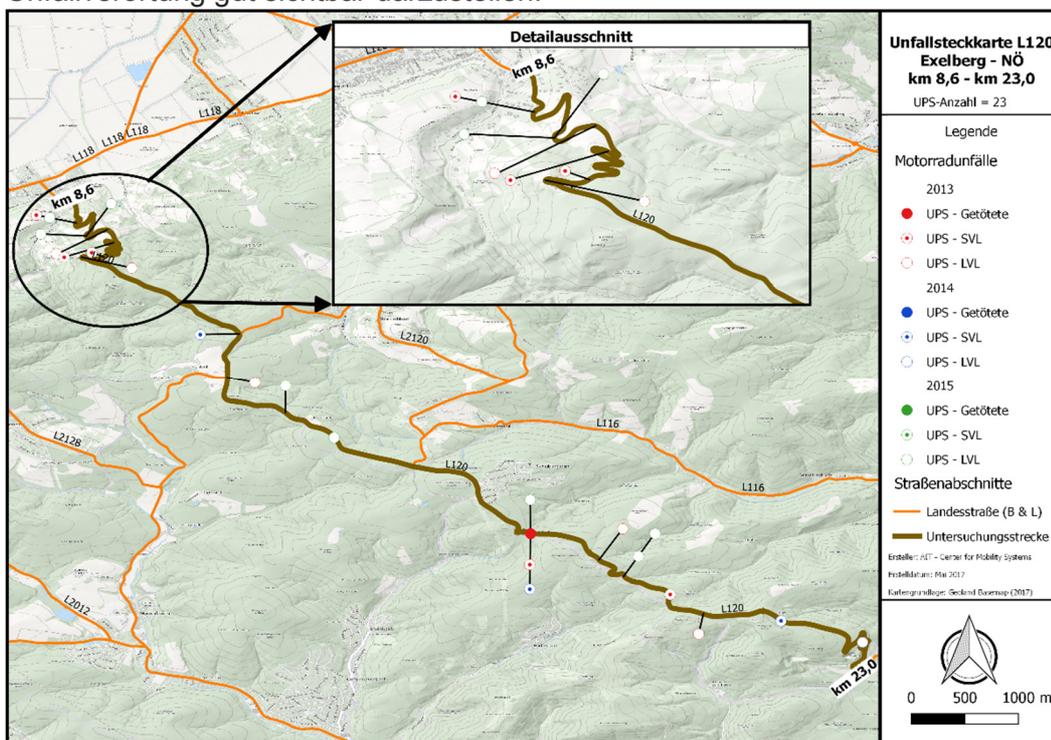


Abbildung 11: Unfallsteckkarte L120 – Exelberg – NÖ von km 8,6 – km 23,0

Als Referenzstrecke zur L120 wurde die regional nahe liegende L121 ausgewählt, ein Zubringer zur eigentlichen Untersuchungsstrecke. Die Trasse führt vom Knoten in der Umgebung von Hainbuch von der L120 mit mäßiger Längsneigung und kurviger Trassenführung über Südwesten nach Mauerbach. Die Kilometrierung ist dabei in Richtung Mauerbach steigend definiert. Die Messfahrten wurden von km 0,0 bis km 2,4 durchgeführt.

Alle Unfälle auf diesem Streckenabschnitt sind in Fahrtrichtung 1 zu verzeichnen. Abbildung 12 zeigt die Referenzstrecke mit den verorteten Unfalldaten des Betrachtungszeitraumes, wobei es zu einem Unfall mit Schwerletzten und drei Unfälle mit Leichtverletzten kam.

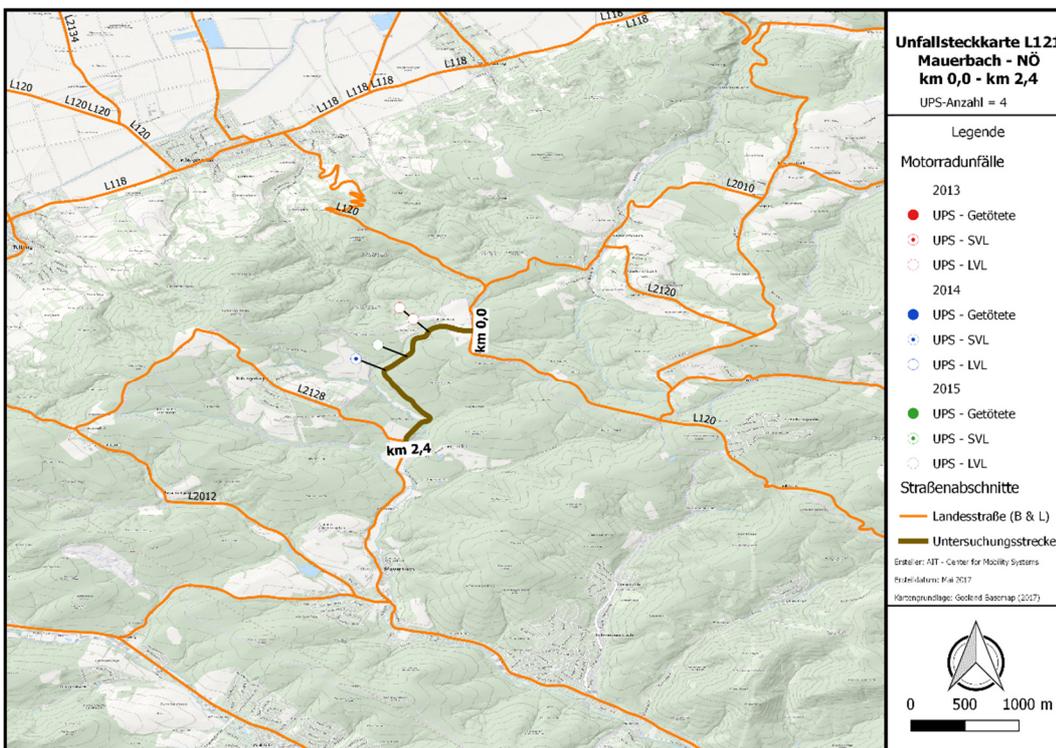


Abbildung 12: Unfallsteckkarte L121 – Mauerbach – NÖ von km 0,0 – km 2,4

5.2 Höllental

Das Höllental im Süden von Niederösterreich dient mit der B27, unter anderem, als Nord-Süd Verbindung zwischen St. Pölten und dem Semmering. Die Trasse führt von der Kalten Kuchl, im Norden des Höllentales, kommend über Schwarzau am Gebirge, Kaiserbrunn nach Reichenau an der Rax und schließlich nach Gloggnitz, wo ein Anschluss an die Schnellstraße S6 gegeben ist. Die in Abbildung 13 gezeigte Untersuchungsstrecke ist von km 11,0 bis km 27,0 definiert. Dabei zieht sich die Trasse der B27, die sich am Verlauf des Gewässers „Schwarza“ orientiert, von Voismaut, wo die L434 vom Klostertal kommend einmündet, bis nach Hirschwang vor der Ortschaft Reichenau an der Rax. Es handelt sich dabei um eine kurvenreiche Streckenführung durch ein enges Tal mit Bewuchs sowohl rechts als auch links neben der Trasse. Referenzierend auf die Unfalldaten von 2013 bis 2015, sind 22 Vorkommnisse verzeichnet. Dabei traten zwischen km 13 und km 15 insgesamt sechs Unfälle auf. Davon sind vier mit Schwerverletzten und zwei mit Leichtverletzten. Von km 21 bis km 25 sind über 50% der verorteten Unfälle der Auswahlstrecke zu verzeichnen. Ein Unfall ist mit tödlichem Ausgang zu vermerken, sechs mit schwerverletzten und fünf mit leichtverletzten Beteiligten. Ab Hirschwang wird die Trasse durch besiedeltes Gebiet geführt, wo in den Untersuchungsjahren keine Unfälle aufgetreten sind. Die größtenteils enge Streckenführung durch das Tal, mit seitlich verlaufenden steilen Felswänden und geringen Sichtbeziehungen, geben dem Höllental eine einzigartige Charakteristik. Dies ist natürlich auch ausschlaggebend weshalb die Strecke bei MotorradfahrerInnen als beliebtes Ausflugsziel herangezogen wird.

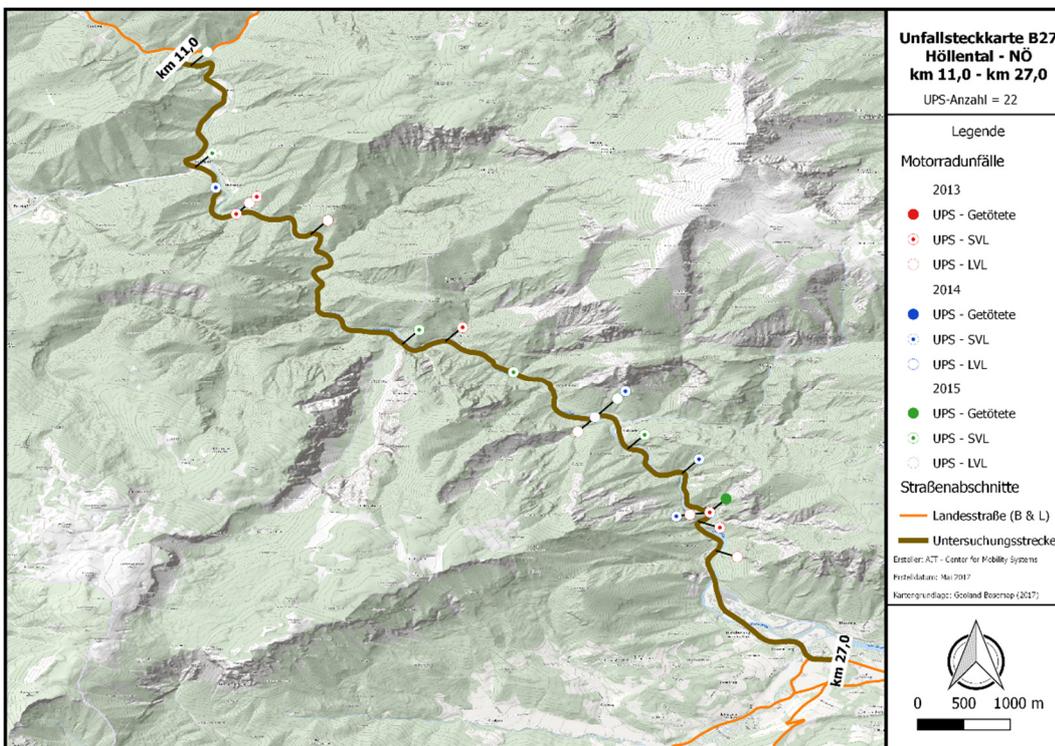


Abbildung 13: Unfallsteckkarte B27 – Höllental – NÖ von km 11,0 – km 27,0

Als Referenzstrecke zum Abschnitt der B27 wurde die L135 ausgewählt. Dieser Streckenabschnitt dient als Zubringer von der Steiermark zur B27 in Niederösterreich. Die Kilometrierung ist bei diesem Abschnitt gesondert zu betrachten, da diese sich beim Gebirgspass Preiner Gscheid aufgrund der Landesgrenze ändert. Von Westen in der Steiermark kommend, führt die Trasse relativ geradlinig mit einer kurvigen Passage zum Pass Preiner Gscheid, wo auch die Landesgrenze zwischen Steiermark und Niederösterreich liegt. Dieser Abschnitt kann anhand des steirischen Kilometrierungssystems von km 6,0 bis km 9,6 lokalisiert werden und wird als L103 bezeichnet. Nach der Landesgrenze verläuft die Trasse als L135 weiter nach Osten, wird dabei sehr kurvig geführt und weist erhebliche Längsneigung auf. Gemäß der niederösterreichischen Kilometrierung ist dieser Abschnitt von km 12,0 bis 6,8 definiert. Insgesamt ereigneten sich auf diesen zwei Abschnitten sechs Unfälle in den Jahren 2013 bis 2015 – davon fünf auf der L135, wobei drei mit schwerverletzten und zwei mit leichtverletzten Beteiligten zu verzeichnen sind, siehe Abbildung 14.

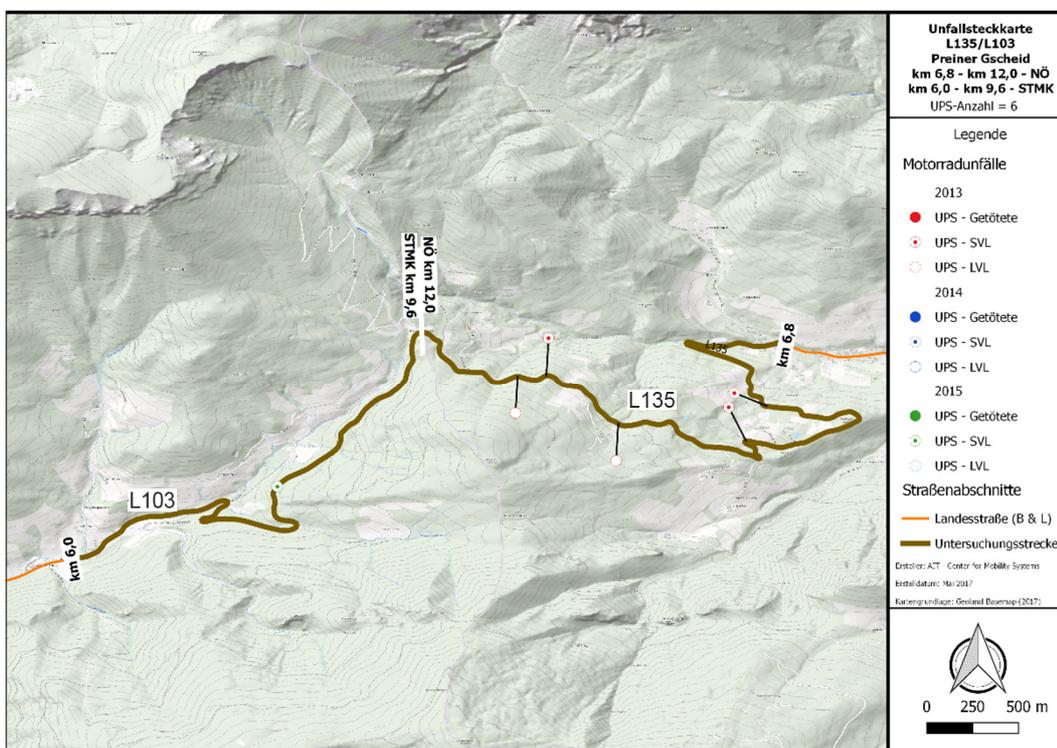


Abbildung 14: Unfallsteckkarte L135/L103 – Preiner Gscheid – NÖ von km 6,8 – km 12,0 bzw. STMK von km 9,6 – km 6,0

5.3 Kalte Kuchl

Als dritte Untersuchungsstrecke wurde die B21 herangezogen, welche eine Ost-West Verbindung von Wiener Neustadt Umgebung zur Landesgrenze von Niederösterreich und Steiermark in Richtung Mariazell darstellt. Als Messstrecke wurde der Abschnitt von km 54,4 bis km 68,2 definiert. Der Abschnitt wird von der Einmündung der L133 bei der Ortschaft Kalte Kuchl sehr kurvenreich zwischen dem gegebenen Gelände geführt. Dabei ist vor allem der Abschnitt von km 54,4 bis km 64,0 von häufigen Richtungswechseln und einer engen Trassierung gekennzeichnet. Anschließend verläuft die Trasse relativ geradlinig durch besiedeltes Gebiet als Zubringer zur Ortschaft St. Aegydt am Neuwalde.

Im beschriebenen Abschnitt ereigneten sich von 2013 bis 2015 insgesamt 33 Unfälle, wobei 32 davon in der ersten Hälfte (von Ost nach West betrachtet), des Untersuchungsabschnittes verortet sind. Von den 33 Vorkommnissen sind 21 mit Schwerverletzten und 12 mit Leichtverletzten gelistet. Des Weiteren häufen sich sowohl bei km 57,4 als auch bei km 60,5 jeweils fünf Ereignisse bei einer Kreisbogen-Trassierung mit kleinen Radien. Die Trassierung mit den verorteten Unfällen ist in der nachfolgenden Unfallsteckkarte (Abbildung 15) ersichtlich.

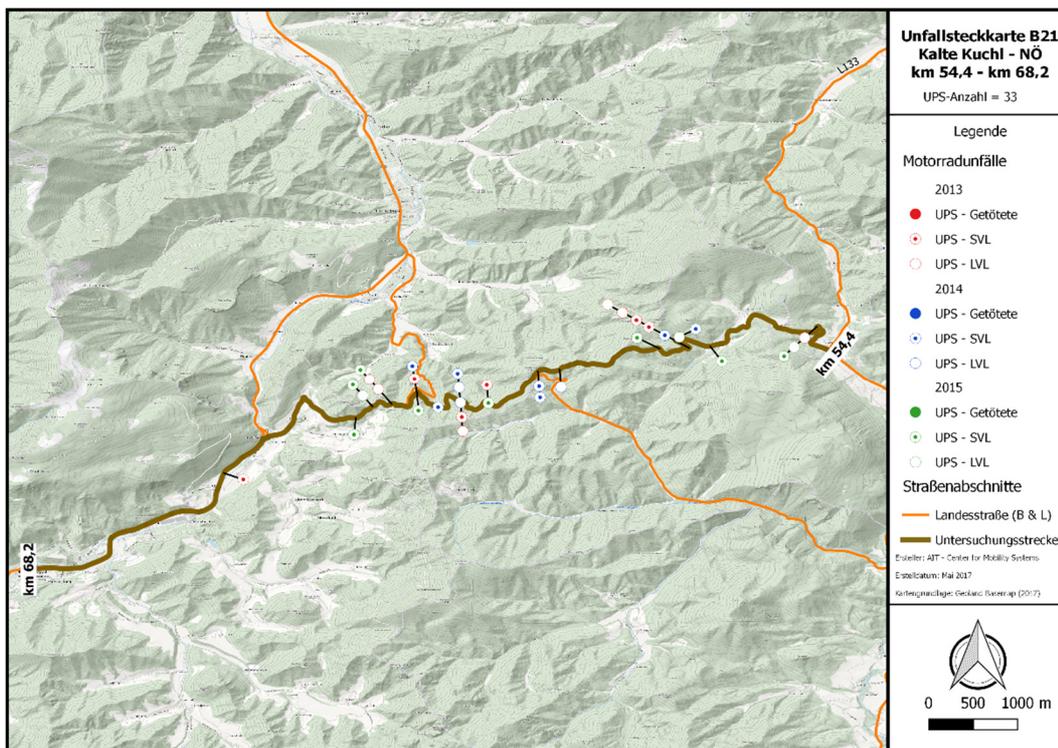


Abbildung 15: Unfallsteckkarte B21 – Kalte Kuchl – NÖ von km 54,4 – km 68,2

Als Referenzstrecke zur B21 wurde ein Abschnitt der L132 – Adamstal in Niederösterreich herangezogen (Abbildung 16). Hierbei wurde der Abschnitt von km 28,0 bis km 36,6 als Messstrecke ausgewählt. Die Trasse liegt nördlich des beschriebenen Gebietes der Untersuchungsstrecke und führt von Adamstal im Osten über Annental nach Westen, wo die L132 der L133, von Kleinzell kommend, zugeführt wird. Die Trassenführung verläuft kurvig und orientiert sich an dem Bachverlauf des Gütenbaches. In dem Zeitraum 2013 bis 2015 traten auf diesem Abschnitt sechs Unfälle auf, wobei fünf davon mit schwerverletzten Beteiligten verzeichnet sind. Bezüglich der Örtlichkeit verteilen sich die Vorkommnisse über den Streckenabschnitt und es lässt sich qualitativ keine Häufung klassifizieren.

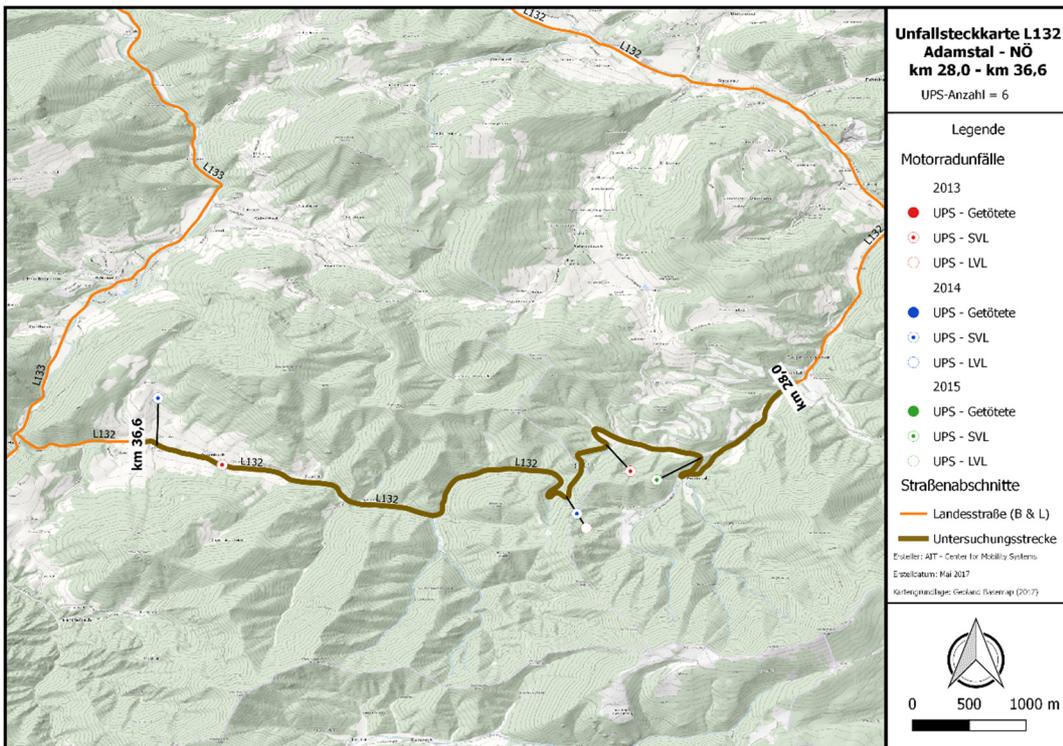


Abbildung 16: Unfallsteckkarte L132 – Adamstal – NÖ von km 28,0 – km 36,6

6. Datenerhebung

Die in Kapitel 5 vorgestellten Messstrecken wurden von insgesamt sechs unterschiedlichen FahrerInnen an mehreren Messtagen in beide Fahrrichtungen mit dem Motorcycle Probe Vehicle (MoProVe, siehe Kapitel 6.1) befahren. Jeder/jede FahrerIn musste die Messstrecke in drei unterschiedlichen Fahrstilen zurücklegen: Kennenlernen (K), Normal (N), Dynamisch (D). Nicht jede Messfahrt konnte für die anschließende Analyse herangezogen werden, da diese im normalen alltäglichen Straßenverkehr durchgeführt wurden und sich die Fahrbedingungen zum Teil stark unterschieden. Somit war das erklärte Ziel, zumindest zehn verwertbare Messdatensätze von jeder Strecke in jede Fahrrichtung aufzunehmen. Insgesamt wurde an allen Messtagen über eine Gesamtdistanz von mehr als 3.500 km in 214 Messfahrten mit dem MoProVe Daten erhoben und gespeichert.

Zusätzlich zu den FahrerInnen war auch zumindest ein leitender Messtechniker an den Messtagen vor Ort. Neben dem Auslesen der Daten und dem Überprüfen der Funktionalität der Systeme war auch das begleitende Dokumentieren der Fahrten ein wichtiger Punkt. So entstand neben allen erfassten Messdaten auch ein „Roadbook“, in dem neben den entsprechenden Bezeichnungen der Datensätze zu jeder Messfahrt auch die subjektiven Eindrücke der FahrerIn sowie äußere Einflüsse (Wetter, Verkehrsdichte, Hindernisse auf der Fahrbahn, etc.) notiert wurden.

Zusätzlich wurde auf jeder Strecke in jede Fahrrichtung eine Referenzfahrt mit einem speziell ausgerüsteten Messfahrzeug (PKW mit hochauflösendem GPS-System, Applanix POSLV 220) aufgenommen (siehe Abbildung 17).

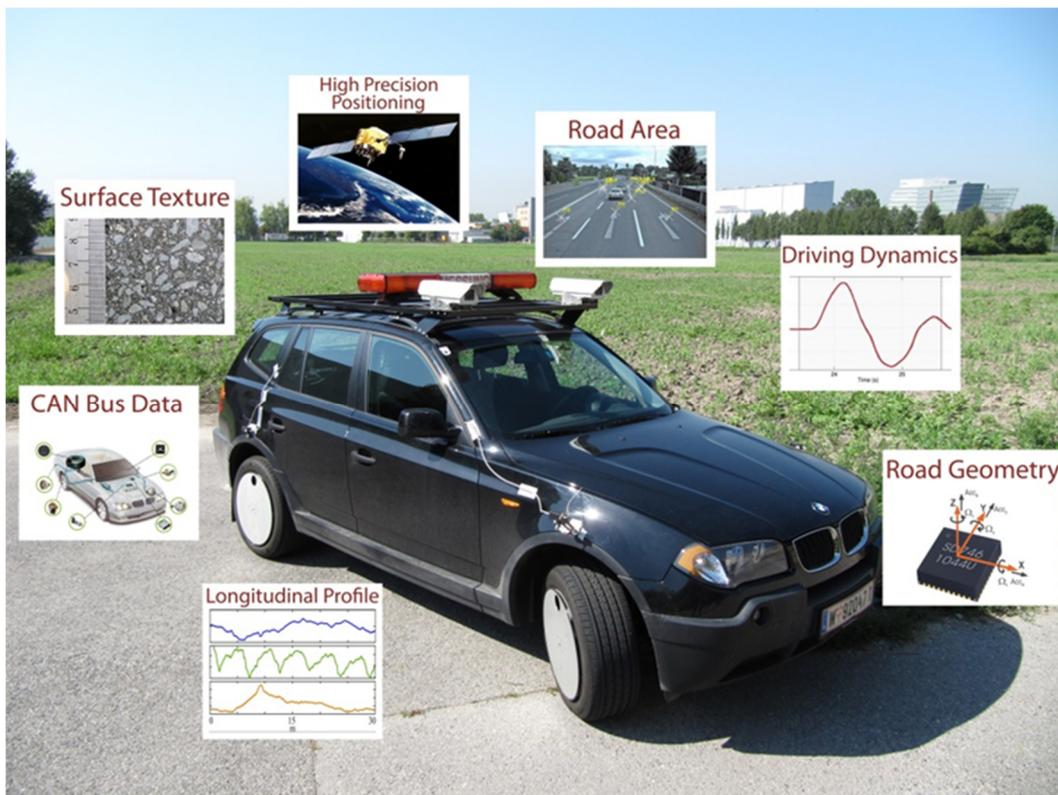


Abbildung 17: AIT-Messfahrzeug zur Straßenraumerfassung

Die aus dieser Referenzfahrt gewonnenen GPS-Daten dienen bei der Auswertung als hochgenaue Referenztrajektorie. Durch die Kopplung eines hochpräzisen optischen Faserkreisels (Inertial Measurement Unit, IMU) und fortgeschrittener GNSS-Technologie (Global Navigation Satellite System) erfolgt auch bei Ausfall der Satellitensignale durch Abschattung weiterhin eine präzise Positionierung des Messfahrzeuges. Gleichzeitig wird die geringe, aber dennoch systemimmanente Winkeldrift der IMU durch das GNSS laufend korrigiert. Der zusätzliche Einsatz eines digitalen Distanzmessers (DMI), der den gefahrenen Weg des Fahrzeuges in Millimetrauflösung ausgibt, erhöht die Qualität der von IMU und GNSS erfassten Daten weiter, indem z.B. Drifts beim Stillstand des Fahrzeuges ausgeglichen werden. Zur Erstellung einer hochgenauen Fahrlinie (Trajektorie) ist nach der Befahrung ein mehrstufiges Post-Processing, bei dem die Rohdaten sämtlicher Teilsysteme des Positionierungssystems eingebunden sind, erforderlich. Es werden die

- Daten der primären GNSS Antenne
- Daten der sekundären GNSS Antenne
- Daten der Inertial Measurement Unit (IMU) und die
- Daten des Weggeber-Signals (DMI)

verarbeitet. Dadurch wurden negative Einflüsse wie schlechter, bzw. kein Satellitenempfang (ungünstige Satellitenkonstellation, Tunnel) korrigiert und mittels Kalman-Filter aus sämtlichen eingehenden Datenströmen die genaueste Gesamtlösung errechnet. GPS-Lagefehler, welche durch troposphärische und ionosphärische Störungen, Zeitfehler und Ungenauigkeiten der Satellitenbahnen resultieren, werden durch den Einsatz eines Basisstationsnetzes minimiert (siehe Abbildung 18).

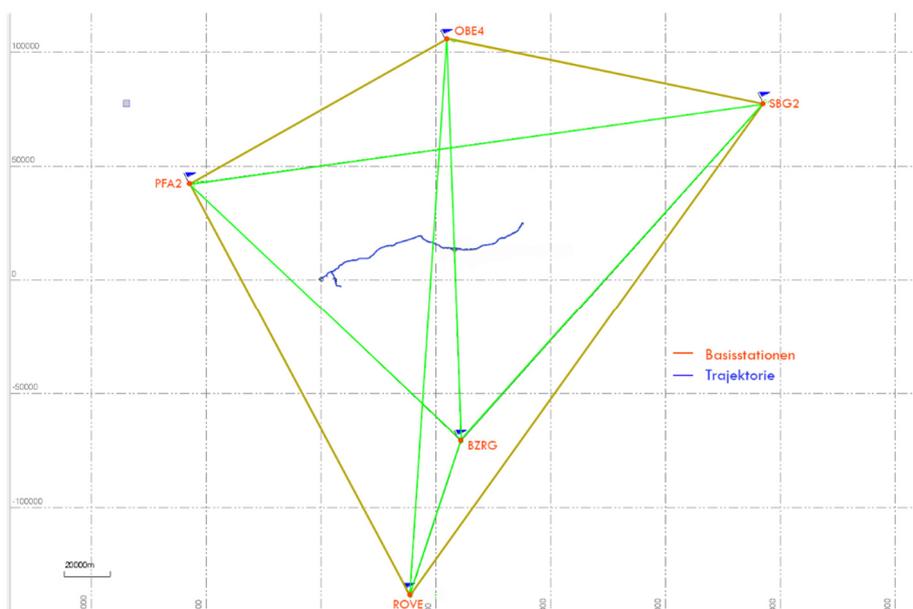


Abbildung 18: Trajektorie und Basislinien des Basisstationsnetzes

Die Lage dieser Basisstationen ist präzise vermessen, ebenso ihr Abstand zueinander. Sie errechnen die jeweiligen Lagefehler und stellen Informationen zur Integrität der vorhandenen Satellitensignale zur Verfügung. Durch diese Vorgehensweise wird üblicherweise eine Lagegenauigkeit (CEP-Circular Error Probable) der Trajektorie von wenigen Zentimetern erreicht.

6.1 MoProVe

Als Messmotorrad stand eine KTM Super Adventure 1290 zur Verfügung. Dieses Motorrad wurde im Rahmen von vorausgehenden Arbeiten zu einem Messmotorrad erweitert. Das damit entstandene Motorcycle Probe Vehicle (MoProVe) wurde im vorliegenden Projekt als Messwerkzeug eingesetzt. (siehe Abbildung 19).



Abbildung 19: Das MoProVe und seine Messsysteme

Die KTM Super Adventure 1290 verfügt neben vielen bereits eingebauten Sensoren für den Betrieb auch über eine eigene IMU zur Lagebestimmung des Motorrads. Sämtliche Daten, die von den in das Fahrzeug bereits integrierten Sensoren aufgenommen werden, können über den Motorrad-CAN-Bus ausgelesen werden. Damit ist es möglich, nicht nur die Lage (Roll- und Nickwinkel) und die aktuelle Geschwindigkeit, sondern auch Betriebsparameter wie Motordrehzahl, Gang, Gasdrehgriffstellung, Bremszylinder- und Reifendruck an Vorder- und Hinterrad, etc. auszulesen. Eine Aufstellung der zur Verfügung stehenden CAN-Daten findet sich im Anhang 11.9.

Für eine zielführende Zuordnung der einzelnen Parameter des CAN-Bus wurden seitens KTM neben dem Motorrad selbst auch die entsprechenden Informationen der Datenstruktur zugänglich gemacht. Damit steht für wissenschaftliche Studien und Untersuchungen erstmals ein Messmotorrad zur Verfügung, mit dem ausführliche fahrdynamische Daten erfasst werden können.

Die KTM Super Adventure 1290 wurde durch mehrere Messsysteme erweitert. Dazu zählen zwei unabhängig arbeitende Messsysteme von RACELOGIC: Das VBOX-System und die VBOX-Video. Als weiteres System wurde ein Datenlogger von Debus & Diebold (2D-System) implementiert. Durch diese Messsysteme werden das Erfassen von GPS-Informationen, die videobildbasierte

Dokumentation der Messstrecke und die Erfassung einer Vielzahl fahrdynamisch relevanter Daten ermöglicht. Die Systeme werden auf den folgenden Seiten detailliert vorgestellt.

6.1.1 Das VBOX-System von RACELOGIC

Der Logger des VBOX-Systems wird in Kombination mit 2 GPS Antennen und einer IMU betrieben. Im Rahmen des Projektes viaMotorrad werden dabei folgende Datenströme bzw. Schnittstellen genutzt:

- 100Hz GPS / GLONASS Engine

Dual Antennensystem (100Hz) für GPS und GLONASS

- IMU

Die eingesetzte IMU vom Typ 04 stellt folgende Daten zur Verfügung:

- X_Accel (g) | Y_Accel (g) | Z_Accel (g)
- Yaw_Rate (deg/sec)
- Pitch_Rate (deg/sec)
- Roll_Rate (deg/sec)
- Temp (deg C)

- 2 CAN-Bus Systeme

Die VBOX verfügt über 2 CAN-Bus Systeme. Einen internen sowie einen kundenspezifischen CAN. Der RACELOGIC CAN-Bus dient zur Kommunikation mit externen RACELOGIC Systemen, wie z.B. einer IMU. Der kundenspezifische CAN-Bus ist mit 16 Kanälen ausgestattet und erlaubt die Aufnahme externer Signale, in diesem Fall jene des eingesetzten MoProVe. Im Rahmen von viaMotorrad wurden die in Tabelle 12 ersichtlichen Signale direkt aus dem KTM CAN synchron zu den Daten der VBOX (GPS bzw. IMU) aufgezeichnet.

Parameter	CAN-Kanal Nr. in der VBOX	Bezeichnung in der VBOX
Bremsdruck vorne am Rad	12	BPressF_C
Bremsdruck hinten am Rad	13	BPressR_C
Geschwindigkeit vorderes Rad	2	WSpeedF_C
Geschwindigkeit hinteres Rad	3	WSpeedR_C
Rollwinkel	9	Roll_C
Geschwindigkeit (VSP)	1	Speed_C
Drehzahl	4	RPM_C
Gasposition	5	GasPos_C
Y-Beschleunigung	7	Y_Acc_C
Yaw- Rate	11	YawRate_C
X-Beschleunigung	6	X_Acc_C
Roll-Rate	10	RollRate_C
Z-Beschleunigung	8	Z_Acc_C
Reifendruck vorne am Rad	14	WPressF_C
Reifendruck hinten am Rad	15	WPressR_C
Lenkwinkel	16	SteeringWA

Tabelle 12: Von der VBOX erfasste CAN Signale der KTM

Die beiden GPS Antennen sowie die IMU wurden auf dem MoProVe auf einem eigens zu diesem Zweck angefertigten Ausleger im Heckbereich montiert (siehe Abbildung 19). Der Datenlogger sowie die zugehörigen Teilsysteme wurden in der speziell dafür adaptierten linken Gepäck-Box implementiert.

Im Rahmen des Projektes wurden auch folgende Zubehörsysteme der RACELOGIC VBOX verwendet:

• CAN Splitter

Er erlaubt das Anschließen mehrerer Teilsysteme, die über die CAN Schnittstelle kommunizieren, da die VBOX selbst nur einen CAN Eingang besitzt. In diesem Fall sind das Vehicle CAN-Bus Interface sowie der VBOX Manager angeschlossen (siehe unten).

• Vehicle CAN-Bus Interface

Dieses erlaubt den Anschluss eines externen (Vehicle) CAN-Busses an die VBOX. Das Interface fungiert hier als Konverter, da VBOX eine spezielle Variante des CAN-Busses verwendet.

• VBOX Manager

Der VBOX Manager benutzt ebenfalls den CAN-Bus, um mit der VBOX zu kommunizieren. Er fungiert als Steuerungsmodul, mit dem über ein kleines Display sowie einen Dreh-/Druck-Knopf u.a. folgende Funktionen bzw. Kommandos durchgeführt werden können:

- Start/Stop des Datenloggings
- Eingabe des Filenamens
- Löschen von Files auf der Speicherkarte
- Eingabe der Offsets zwischen IMU und primärer GPS Antenne
- Durchführen von Kalibrierrouinen
- Basiseinstellungen wie Lograte, Log modus, GPS modus, etc.

6.1.2 Das VBOX-Video System von RACELOGIC

Der Logger des VBOX-Video System wird in Kombination mit einer zusätzlichen GPS Antenne, zwei HD Kameras und einer separaten IMU betrieben. Im Rahmen des Projektes viaMotorrad werden dabei folgende Datenströme bzw. Tools genutzt:

• 10 Hz GPS System

• 2 HD Kameras mit 1080x1920 Pixel Bildauflösung

• Software Tool VBOX-Video

Mit Hilfe dieses Tools kann ein Overlay-File erstellt werden, welches auf die SD-Karte des Loggers geladen wird und bei der Aufnahme relevante Informationen wie Geschwindigkeit, Beschleunigung oder Koordinaten in Echtzeit ins Video einblendet.

Die verwendete Oberfläche splittet das Video, sodass die Streams beider Kameras sowie die relevanten Befahrungsdaten zusammengelegt werden, siehe nachfolgende Abbildung 20.



Abbildung 20: Videoauswertung im Rahmen von viaMotorrad

Die GPS Antenne wurde auf dem MoProVe auf einem speziell angefertigten Ausleger im Heckbereich positioniert. Die beiden Kameras wurden im Frontbereich angebracht und mit einer Fixiereinrichtung gegen Verdrehung geschützt (siehe Abbildung 19). Der Video-Datenlogger wurde ebenfalls in der linken Gepäck-Box integriert.

6.1.3 Das 2D-System von Debus & Diebold

Das System von Debus & Diebold ist ein weiteres hochgenaues Messsystem welches in das MoProVe eingebaut wurde. Die Hardware des 2D-Messsystems umfasst folgende Komponenten:

• 2D-Logger

- 32 analoge, 4 digitale und 512 CAN Kanäle
- Max. 6,4 kS/s Abtastrate je Kanal
- 4 GB interner Speicher
- Ethernet- und USB-Schnittstelle

• GPS-Antenne

- GPS-Empfänger mit 12,5 Hz Update-Rate
- verschiedene GPS-Modi wählbar
- 3-Achs-Beschleunigungssensor integriert

• IMU

- 3-Achs-Beschleunigungssensor
- 3-Achs-Drehratensensor
- Intern 1,6 kS/s Abtastrate, 16 Bit
- CAN-Interface

• Linearpotentiometer (Lenkwinkelsensor)

- 75 mm Hub
- 5 V max. Ausgangsspannung

• Dashboard

- Wahlknopf
- Zeigt 32 CAN Kanäle
- 3 Alarm-LEDs
- LED-ShiftLight-Zeile

Dieses 2D-System wurde für den zuverlässigen Einsatz im MoProVe noch um eine kleine Schaltbox erweitert. Diese dient dazu, neben dem einfachen Ein- und Ausschalten der Datenaufzeichnung, auch spezielle Ereignisse während der Messfahrt zu markieren. So konnte bei der anschließenden Analyse leichter auf diese Markierungen eingegangen werden.

• Messstart-/stop- und Triggertaster

- Kippschalter für Messstart/-stop
- 2 Triggertaster
- Kontroll-LED für Aufnahme

Sämtliche CAN-Bus-Signale des MoProVe werden über den CAN-Hub eingelesen. Die im System angeführten Sensoren wurden an unterschiedlichen Stellen im Motorrad eingebaut (siehe Abbildung 19) um optimale Messergebnisse zu erzielen. Beispielsweise sind die IMUs des 2D-Systems so abgeglichen, dass in aufrechter Position des Motorrades kein Rollwinkel-Offset ausgegeben wird. Bei Belastung des Motorrades mit einem Fahrer (75 kg) wird im Stand auch kein Nickwinkel-Offset ausgegeben. In der nachfolgenden Abbildung 21 kann man die eingebauten Systeme, 2D in Rot sowie RACELOGIC in Blau erkennen.



Abbildung 21: Anordnung der Messsysteme

Als Lenkwinkelsensor ist ein Linearpotentiometer parallel zum Lenkungsämpfer (Abbildung 22) eingebaut. Der Lenkwinkelsensor wurde mit Hilfe eines Lasermessgeräts kalibriert. Die Ausgangsspannung U_{out} verhält sich im betrachteten Bereich $\pm 15^\circ$ näherungsweise proportional zum Lenkwinkel α .

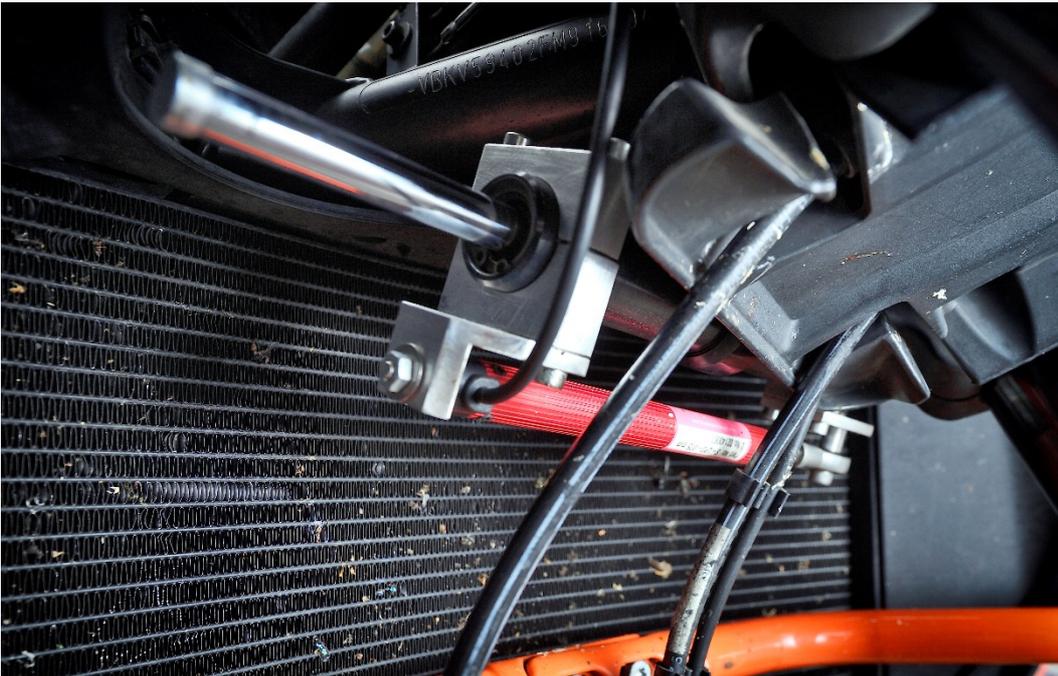


Abbildung 22: Lenkwinkelsensors

Die mit dem Least-Square-Algorithmus ermittelte Kennlinie (Abbildung 23) zeigt eine Empfindlichkeit von $E = -15,4396 \text{ }^\circ/\text{V}$. Das Ausgangssignal des Potentiometers wird zur Speicherung auf dem Logger mit einer Auflösung von 16 Bit digitalisiert. Damit ergibt sich eine Auflösung von $E_{\text{dig}} = -0,001178 \text{ }^\circ/\text{LSB}$. Bei einem Offset von $-36,79697 \text{ }^\circ$ ist der Sensor auf die Nulllage abgeglichen.

Mit diesem Lenkwinkelsensor sind Einschläge nach links bis maximal $35,7 \text{ }^\circ$ und nach rechts bis maximal $-33,3 \text{ }^\circ$ messbar.

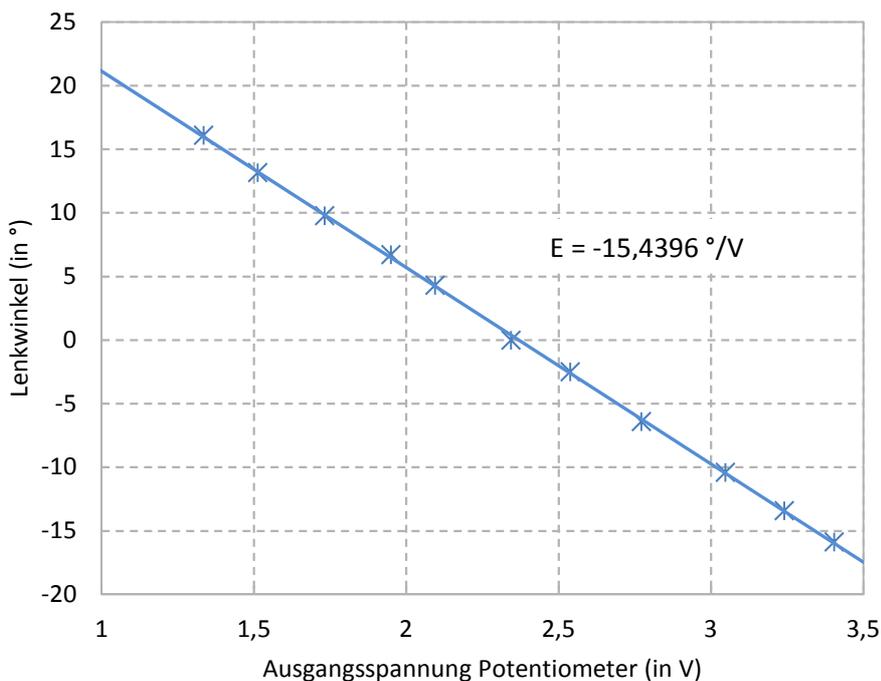


Abbildung 23: Kennlinie des Linearpotentiometers als Lenkwinkelsensor

6.2 Vorbereitung

Neben der Kalibrierung der verschiedenen IMUs des 2D- sowie des VBOX-Systems muss auch das Videosystem, das durch den Einsatz extremer Weitwinkelobjektive stark verzerrte Bilder aufnimmt, kalibriert werden.

Für diese Aufgabe wurde das MoProVe auf einer ebenen Fläche aufgestellt. Für definierte Markierungen wurden im Abstand von 500 mm nahe dem Motorrad Leisten aufgelegt. Einen ersten Eindruck des Bildes sowie der Kalibrierungsmethode liefert die nachfolgende Abbildung 24.



Abbildung 24: Kalibrierung des Videosystems, Neigungswinkel 0°

Dabei wurde das MoProVe nicht auf den Hauptständer gestellt, sondern durch einen Fahrer real belastet. In dieser Position wurden auch Messdaten aufgenommen, die als Basis für die Nulllage gelten. In zwei weiteren Schritten wurde das MoProVe mit Fahrer um 16° nach links bzw. nach rechts geneigt. Abbildung 25 zeigt diese beiden Kalibrierbilder.

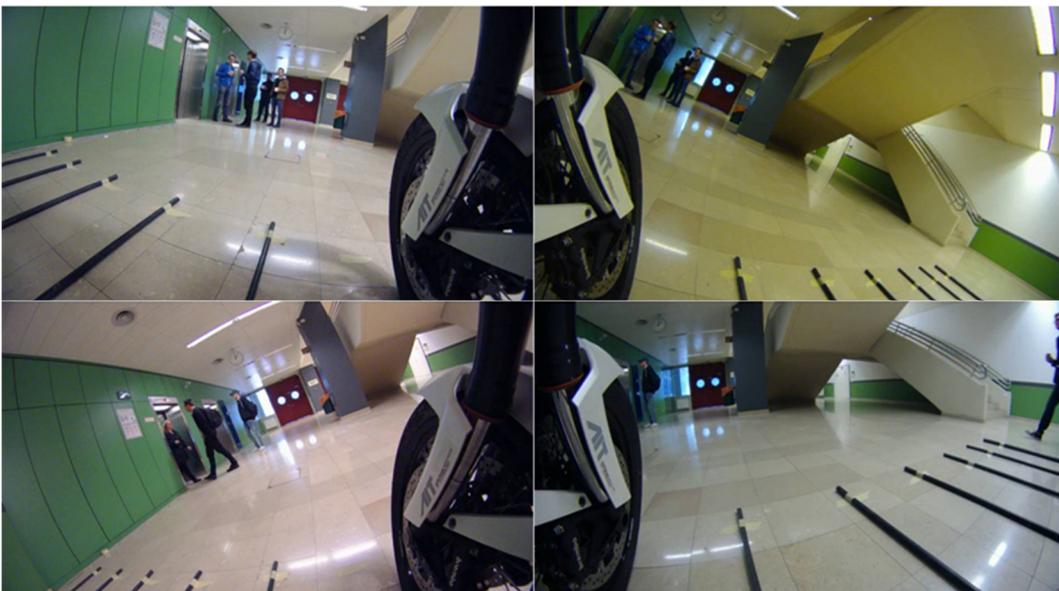


Abbildung 25: Kalibrierung des Videosystems, Neigung 16° nach links (oben) sowie rechts (unten)

Auch in diesen beiden Fällen wurden Video- und Datenaufzeichnungen durchgeführt. Das MoProVe wurde wiederum durch denselben Fahrer belastet. Diese Kalibrierung ist insbesondere für die Annotierung der Fahrlinie mit dem AIT-Programm „SafetyCam“ erforderlich (siehe Kapitel 7.2).

6.3 Messfahrten

Im Zeitraum Mai bis September 2017 konnten alle MoProVe Messungen an den ausgewählten Teststrecken erfolgreich durchgeführt werden. Neben dem Erfassen der Daten wurden auch laufend Anpassungen und Weiterentwicklungen vorgenommen. Im Zuge dieser Arbeiten entstand so auch ein Messanhänger, mit dem nicht nur das MoProVe sicher zu den Untersuchungsstrecken transportiert werden kann. Der Anhänger dient auch als Basisstation und wurde als mobiles Büro ausgestattet, in dem die erfassten Daten bereits vor Ort auf Plausibilität geprüft und auf externe Medien gesichert werden konnten.



Abbildung 26: Messanhänger als mobile Basisstation

Vor der ersten Messfahrt wurden täglich die Messsysteme des MoProVe kalibriert damit sichergestellt werden kann, dass die Systeme fehlerfrei funktionieren und die Ergebnisse vergleichbar sind. Bei jeder Messfahrt wurden außergewöhnliche Ereignisse, mit Hilfe einer Markierungs-Taste am Lenker, von den TestfahrerInnen festgehalten. Dies erleichterte die anschließende Suche nach ungewöhnlichen Fahrmanövern sehr. Derartige Markierungen wurden nach der Fahrt auch im Roadbook dokumentiert. Dies wurde natürlich immer nach der jeweiligen Fahrtrichtung unterschieden. Letztendlich wurden die Daten an der Basisstation ausgelesen und gesichert, um sie im Anschluss weiter auswerten zu können.

Das Roadbook diente der Dokumentation der einzelnen Fahrten und wurde für jede Messfahrt ausgefüllt. Dabei sollten vor allem verkehrsrelevante Situationen und Informationen zum Fahrstil (Kennenlernen, Neutral, Dynamisch), zur Fahrstrecke, dem aktuellen Verkehrsaufkommen sowie anderen besonderen Ereignissen, die eventuell auch vom/von der FahrerIn in den Messdaten markiert wurden, notiert werden. Auch die subjektiven Eindrücke des/der FahrerIn wurden vermerkt. Neben den grundlegenden Informationen über Wetter und Verkehrsaufkommen wurden auch Interaktionen mit anderen Verkehrsteilnehmern (z.B. Überholmanöver, erzwungene Abbremsungen, etc), sowie Anmerkungen zu bzw. Beobachtungen von Situationen mit erhöhtem Risiko festgehalten. Neben der Erfassung der grundlegenden Daten trugen die TestfahrerInnen auch noch besondere Ereignisse in einen Streckenplan ein. Das von den MessfahrerInnen auszufüllende Roadbook ist dem Anhang 11.10 zu entnehmen.

7. Datenauswertung

Für die Auswertung der erfassten Messdaten sind mehrere Schritte erforderlich. Je nach Messsystem müssen die Daten unterschiedlich aufbereitet bzw. korrigiert werden. Generell gilt, dass die GPS-Daten, die durch unterschiedliche Systeme erfasst wurden, nicht exakt übereinstimmen. Dies hat mehrere Gründe. Einer davon ist jedenfalls, dass das GPS-System für die zivile Nutzung nicht mit höchstmöglicher Genauigkeit arbeitet. Das macht sich auch schon bemerkbar, wenn die Koordinaten einer Messfahrt (hin und retour) verglichen werden: Der Anfangspunkt und der Endpunkt können auch für das selbe GPS-Messsystem mehrere Meter voneinander abweichen.

Ein ähnliches Problem zeigt sich auch bei der Überlagerung der Referenztrajektorie mit den erfassten Positionsdaten einer Messfahrt (Abbildung 27). Die Trajektorien schneiden sich mehrmals, es existieren keine konstanten Verschiebungen in die verschiedenen Himmelsrichtungen.



Abbildung 27: Referenztrajektorien (grün) und Messtrajektorie (blau) einer Messfahrt

Die Lösung dieses Grundproblems wird in Kapitel 7.4.3 ausführlich behandelt. Bevor diese Algorithmen aber zur Anwendung kommen, müssen die erfassten Rohdaten noch korrigiert, aufbereitet und erweitert werden.

7.1 Aufbereiten der Daten

Das VBOX-System zeichnet mit zwei unabhängig voneinander laufenden Messsystemen auf: VBOX-Daten und VBOX-Video (siehe dazu auch Kapitel 6.1.1 sowie 6.1.2). Diese Datensätze müssen aufbereitet und zusammengeführt werden.

Zunächst werden die Datensätze des VBOX-Daten-Systems mit den Datensätzen des VBOX-Video-Systems kombiniert. Dadurch wird auch die Qualität der GPS-

Daten wesentlich erhöht, da diese Daten nun von zwei Systemen verwendet und kombiniert werden. Für diese Aufgabe wurde ein mitgeliefertes Tool von RACELOGIC verwendet. Es verknüpft die beiden Files über den Zeitstempel miteinander und erstellt ein neues kombiniertes File.

Beim Synchronisieren der aufgenommenen Messwerte der VBOX-Daten und der VBOX-Videos zeigt sich ein zeitlicher Versatz von einer Sekunde. Dieser Versatz entsteht, weil die GPS-Zeit alle ein bis zwei Jahre um eine Sekunde gegenüber der „Koordinierten Weltzeit“ (UTC) verändert wird. Diese Änderung wird im VBOX-System nur nach einem Firmwareupdate berücksichtigt. Da VBOX-Video die aktuellere Firmware besitzt, wird in diesem System die Korrektur berücksichtigt. Die aktuell gültige Zeit ist also im Videosystem vorhanden und kann auch manuell nicht geändert werden. In der VBOX ist eine manuelle Änderung möglich, und wird somit dort auch durchgeführt.

Nach dem Verknüpfen werden die VBOX-Daten mittels eines vom AIT entwickelten Tools aufbereitet. So müssen bestimmte CAN Datenströme korrigiert werden. Dieser Schritt ist notwendig, da die VBOX den CAN-Bus öfter abfragt, als dieser Daten liefert. Dies führt zu ungewollten Nullwerten zwischen zwei echten Messwerten. Diese Nullwerte werden in der Korrektur mit dem Wert des letzten gültigen Datensatzes (ungleich Null) aufgefüllt. Als Beispiel sei in Abbildung 28 die Motordrehzahl dargestellt. Die rote Linie zeigt dabei die korrigierten Daten, während die blaue Linie die erfassten Daten inklusive der falschen und unrealistischen Nullwerte darstellt. Die vergrößerte Darstellung rechts oben zeigt die Funktion der Fehlerkorrektur deutlich. Von dieser Fehlerkorrektur sind neben der Motordrehzahl auch die Gangposition und die Bremsdrücke (vorne und hinten) betroffen.

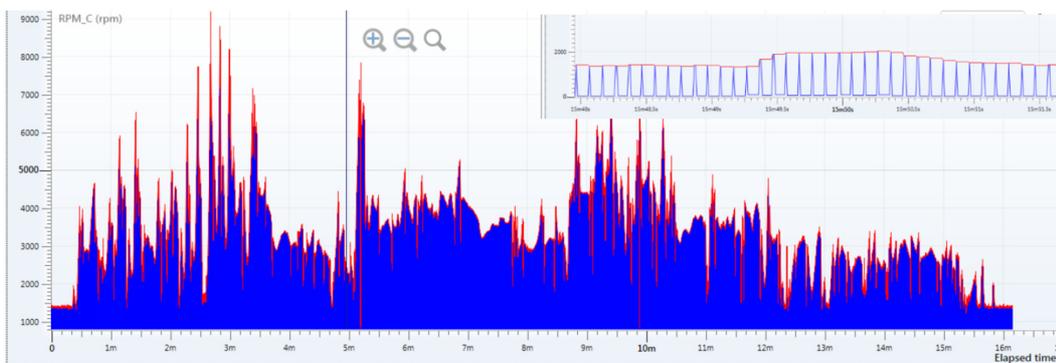


Abbildung 28: Drehzahlsignal mit Nullfehler (blau) und korrigiert (rot)

Während mit den beiden Messsystemen von RACELOGIC für jede Fahrtrichtung eine neue Datei angelegt werden kann, speichert das 2D-System alle Daten in einem Datensatz. Das führt dazu, dass für eine Messfahrt (hin und retour) zwei VBOX-Datensätze, aber nur eine 2D-Datei erstellt wird. Die mit dem 2D-System aufgenommenen Datensätze werden unmittelbar nach den Testfahrten als reine Textdateien exportiert. Standardmäßig wird eine Datei erstellt, in der für jeden Messzeitpunkt der Messfahrt eine Zeile mit allen verfügbaren Daten angelegt wird. Der zeitliche Abstand zwischen zwei Zeilen beträgt dabei 10 ms, Messdaten mit abweichender Abtastrate werden beim Exportieren auf diese Abtastrate interpoliert. Die ausgegebenen Zahlenformate sind auch für die unmittelbare weitere Verarbeitung mit wissenschaftlichen Werkzeugen wie z.B. MATLAB geeignet.

7.2 Annotierungen mit SafetyCam

Das Messsystem von MoProVe bietet dem Fahrer zwar die Möglichkeit, während der Fahrt bei besonderen Ereignissen Markierungen in der Datenaufzeichnung zu setzen, um später die Fahrdynamik-Daten besser interpretieren zu können. Allerdings stellt dieses Werkzeug doch eine erhebliche Ablenkung für den Fahrer dar und eignet sich nur für den sporadischen Einsatz. Andererseits liegen ja durch die Video-Aufzeichnungen der Onboard-Kameras Bildinformationen der gesamten Messfahrt vor, die fast alle verkehrstechnischen Ereignisse, und noch weitere Informationen einer Fahrt, dokumentieren. Deshalb erfolgte zu jeder einzelnen Messfahrt eine nachträgliche Auswertung der Video-Aufzeichnungen durch eine geschulte Person mittels der Auswertesoftware „SafetyCam“ am Computer.

Das Programm SafetyCam ist eine Eigenentwicklung des AIT und wurde schon bei früheren Projekten erfolgreich eingesetzt. Für die Auswertungen im viaMotorrad-Projekt wurde die Software allerdings um ein wesentliches Detail erweitert: Basierend auf den Kalibrierdaten des Videosystems werden in der aktuellen Version unter Berücksichtigung der Neigung des Motorrads (z.B. bei Kurvenfahrten) dynamisch veränderliche Markierungen für die Annotation der Fahrlinie eingeblendet.

Unter dem Vorgang der Annotierung ist die Erstellung einer Zeittabelle zu verstehen, welche relevante Ereignisse der jeweiligen Messfahrt enthält. Da die Messsysteme des MoProVe jedoch den seitlichen Abstand zum rechten Fahrbahnrand bzw. zur Straßenmitte nicht erfassen können, wurde diese Datenerfassung auch in den Annotierungsvorgang integriert.

Weiters werden in der SafetyCam fahrerspezifische Daten, wie z.B. die gewählte Fahrlinie, vorausfahrende Fahrzeuge, andere auftretende Hindernisse, das Wetter, sowie Sonstiges zu jeder Fahrt annotiert. Außerdem wurden streckenspezifische Daten, wie z.B. Fahrbahnschäden festgehalten. Die gelben senkrechten Linien unterhalb des Videobildes (siehe Abbildung 29) kennzeichnen Abstände von 0,5 m zueinander. Je nach Neigungswinkel des MoProVe liegen diese Markierungen enger beisammen oder weiter auseinander und helfen bei der Bestimmung der Position des Fahrzeugs auf dem Fahrstreifen.

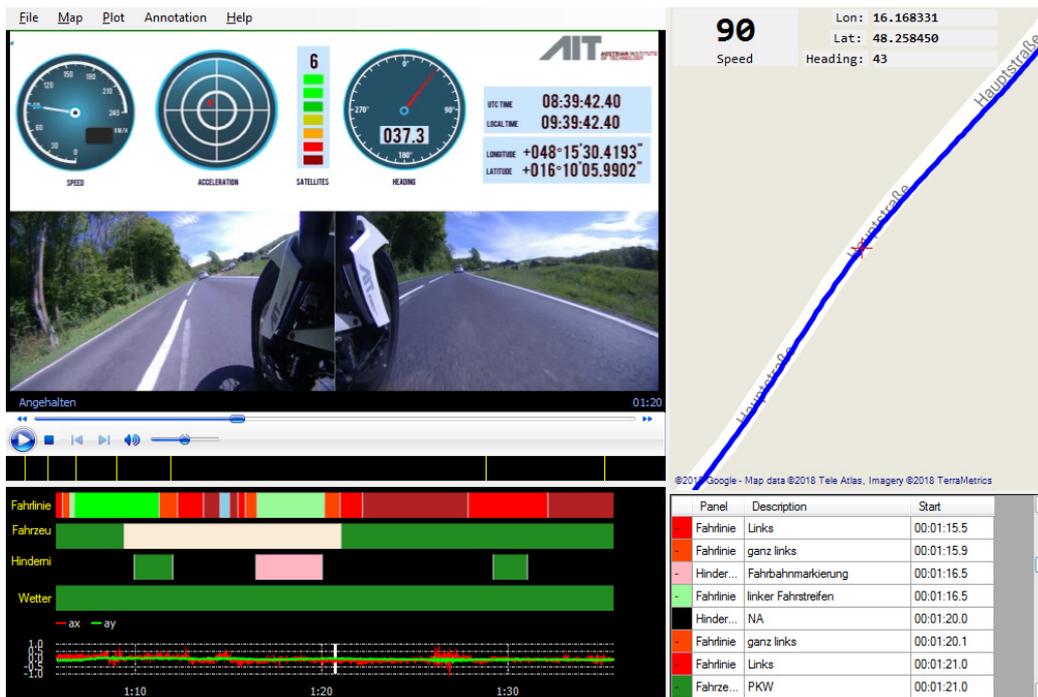


Abbildung 29: Oberfläche der SafetyCam

Durch die Annotationen der jeweiligen Messfahrten soll die Datenqualität erheblich erhöht werden. Für die Analyse sowie die Risikoklassifizierung können dadurch die Daten in weiterer Folge genauer selektiert werden und damit die Qualität der Ergebnisse verbessern.

7.3 Zeit- und wegbasierte Daten

Für eine zielgerichtete Analyse der aufgenommenen Messfahrten ist die Umrechnung der erfassten zeitbasierten Daten in wegbasierte Daten grundlegend. Abbildung 30 zeigt exemplarisch Lenkwinkel (in °) und Rollrate (in °/s) von zwei Messfahrten auf der Messstrecke „Kalte Kuchl“.

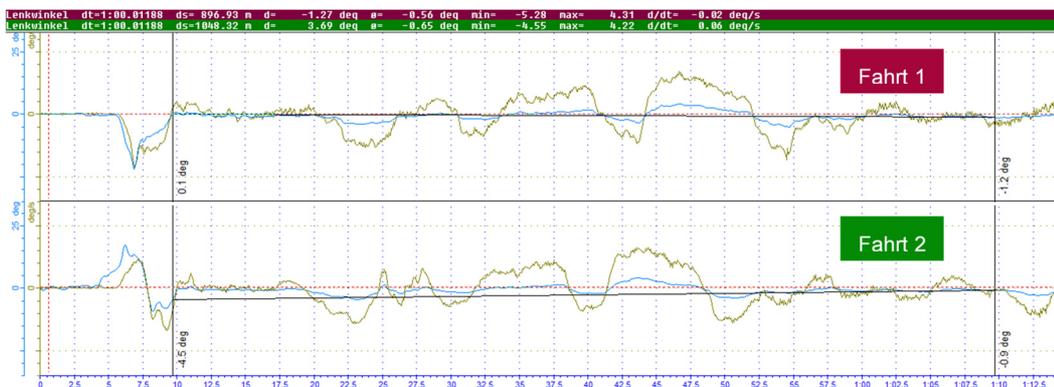


Abbildung 30: Vergleich der zeitbasierten Daten von Lenkwinkel (blau) und Rollrate (grün) von zwei Fahrten

Die beiden senkrechten Linien markieren einen Zeitabschnitt von 60 Sekunden. In dieser Zeit wurde bei Fahrt 1 (rot) eine Strecke von 896,9 m zurückgelegt, während

bei Fahrt 2 (grün) bereits über eine Distanz von 1.048,3 m gemessen wurde. Für die weiteren Analysen ist daher eine Umrechnung der zeitbasierten Messdaten auf wegbasierte Daten erforderlich. Dabei kommt es zu einer weiteren Herausforderung: Die Fahrlinie der einzelnen Fahrten muss mit der Fahrstrecke kombiniert werden. Zwar wurde, wie bereits erwähnt, die Straßengeometrie der Messstrecken erfasst und über hochgenaue GPS-Erfassung eine Referenztrajektorie für jede Strecke ermittelt. Allerdings ergeben sich auf Grund unterschiedlicher Geschwindigkeiten bzw. Verkehrssituationen sogar bei ein und demselben/derselben FahrerIn unterschiedliche Fahrlinien, wie die folgende Abbildung 31 veranschaulicht.

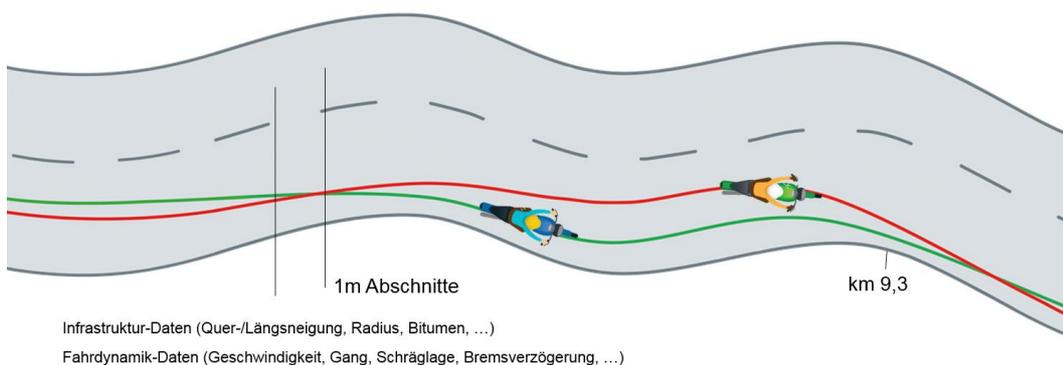


Abbildung 31: Vergleich der Fahrlinien zweier Fahrten

Hier ist eindeutig zu erkennen, dass eine Synchronisation der Korrektur der gemessenen wegbasierten Daten mit der tatsächlichen Infrastruktur erforderlich ist. Zu diesem Problem gibt es mehrere Ansätze. Keiner alleine liefert ein zufriedenstellendes Ergebnis, es ist eine intelligente und variable Kombination dieser Lösungen erforderlich, wie das folgende Kapitel zeigt.

7.4 Erstellung eines vereinten Datensatzes je Messstrecke und –richtung

Die Zusammenführung der einzelnen Messfahrten zu einem einzigen Datensatz für jede Fahrtrichtung erfolgt in mehreren Schritten.

7.4.1 Erstellung der Referenztrajektorie im 1 m-Raster

Die Messdaten der Referenztrajektorien beinhalten zumeist beide Fahrtrichtungen einer Messstrecke und werden mit einem eigens geschriebenen Programm in die beiden Fahrtrichtungen für die weitere Bearbeitung aufgeteilt.

Im ersten Schritt muss aus der Datei der Referenztrajektorie ein 1-m-Raster einer einzelnen Strecke erzeugt werden. Dazu wird das betreffende Teilstück aus dem gesamten File manuell herausgeschnitten. Der Start der Messfahrten soll „fliegend“ sein, daher werden an Start- und Endpunkt der Referenztrajektorie weitere 10 – 20 m manuell abgetrennt. Im nächsten Schritt wird die erste Zeile dieser Datei als Streckenstartpunkt $S_0 = 0 \text{ m}$ angesehen und davon ausgehend automatisiert ein Raster erstellt, in dem jeder Eintrag möglichst nahe an einem ganzzahligen fortlaufenden Meterabstand vom Start liegt. Zu den Einträgen dieses Rasters werden die Annotationen der Fahrbahninfrastruktur (Schäden und

Ausbesserungen der Fahrbahn, Dehnfugen, Kanaldeckel, Bodenmarkierungen, etc.) und zulässige erlaubte Höchstgeschwindigkeiten hinzugefügt. Die Synchronisation dieser zeitbasierten Daten mit dem wegbasierten Raster erfolgt über die GPS-Koordinaten. Dabei wird für jeden Annotationspunkt der 1 m-Raster-Punkt mit dem geringsten Abstand ermittelt und diesem der Annotationspunkt hinzugefügt. Dasselbe passiert mit den Unfalldaten. Diese werden via geringster GPS-Abweichungen mit einem Meterpunkt synchronisiert und sind nun mit dem Meterraster verbunden. Die Ermittlung des Abstandes zweier GPS-Koordinatenpunkte erfolgt über eine Projektion, bei der die Erde als perfekte Kugel angenommen wird.¹⁸ Dies ist bei den hier betrachteten sehr kleinen Entfernungen ausreichend genau.

7.4.2 Verschneiden der Messdaten der VBOX- und des 2D-Systems

Im nächsten Schritt muss eine zeitliche Synchronisation zwischen den nicht gleichzeitig startenden Dateien aus dem VBOX- und dem 2D-System hergestellt werden. Zuerst wird dabei geklärt, ob es sich um eine Hin- oder eine Rückfahrt handelt. Dies ist relevant für den Einstiegspunkt in die Log-Datei des 2D-Systemes, da hier für jede Messfahrt (Hin- und Rückfahrt) ein einziger Datensatz erzeugt wurde. Dieser Check erfolgt über einen Vergleich der GPS-Uhrzeiten der beiden Systeme. Darauf folgt die genaue Synchronisierung. Sie wird über die Variable "Gear Position", also den eingelegten Gang, durchgeführt. Diese wird von beiden Systemen erfasst und weist in beiden Systemen ein auf Zehntelsekunden identes, aber um einen zeitlich konstanten Offset verschobenes Muster auf. Der zeitliche Offset wird erkannt, indem der Anfangszeitpunkt des bei Datei A erkannten Schaltmusters (wie lange befindet sich die Gangschaltung in einer bestimmten Position) mit dem Anfang desselben Musters in Datei B verglichen wird.

7.4.3 Verschneiden der zeit- und wegbasierten Daten

Beim Verschneiden von zeit- und wegbasierten Daten treten mehrere Schwierigkeiten auf. Zum einen handelt es sich dabei um zeitlich nicht konstante GPS-Signale im Stillstand (Signal drifts), zum anderen um GPS-Signalausfälle.

Zuerst muss ein Einstiegspunkt gefunden werden. Dies geschieht mittels GPS Abstandsminimierung ähnlich wie in Kapitel 7.4.1 beschrieben: Es wird der Punkt in den zeitbasierten Daten ermittelt, welcher den geringsten Abstand zum definierten Startpunkt S_0 des 1m-Rasters hat. Die aufgrund des fliegenden Starts schon zurückgelegte Distanz in den zeitbasierten Daten wird ab hier auf null gesetzt, womit der erste Punkt synchronisiert ist.

GPS-Ausfälle: Zur Kontrolle der Validität werden die zeitbasierten GPS-Daten der Systeme zunächst auf GPS-Ausfälle untersucht. Dabei überprüft das Programm, ob es GPS-Punkte in den zeitbasierten Daten gibt, welche mehr als 5 m von allen Punkten der Referenztrajektorie entfernt sind. Ist das der Fall, so wird der letzte Punkt vor einer Serie solcher Punkte, welcher maximal 2 m von der Referenztrajektorie abweicht, als Synchronisationspunkt betrachtet. An diesem Punkt wird, sofern die Kurswinkel der Referenztrajektorie und der zeitbasierten

¹⁸ (Wegpunkt-Projektion, 2019)

Daten innerhalb 15° liegen, der Start-Synchronisationsvorgang wiederholt. Dann wird der erste Punkt nach der Strecke mit ausgefallenem GPS-Signal gesucht, welcher wieder maximal 2 m von der Referenz entfernt ist. Die Synchronisation entlang der Strecke mit ausgefallenem GPS erfolgt nun über einen Vergleich von gemessenen zurückgelegten Distanzen zwischen den beiden GPS-Ausfalls-Grenzpunkten. Dazu stehen mehrere GPS-unabhängige Wegstreckensignale zur Verfügung, nämlich Wegsignale auf Basis der Radumdrehungen und auch der integrierten Signale von mehreren Beschleunigungssensoren (IMUs). Es wird angenommen, dass ein normalerweise vorhandener Wegstreckenunterschied zwischen den Systemen kontinuierlich über die GPS-Ausfall-Strecke zustande gekommen ist. Mit dieser Annahme lassen sich die Wegpunkte über einen konstanten "Wegunterschiedsfaktor" und die zurückgelegten Distanzen entlang des Abschnittes zusammenführen.

Abgleichpunkte: Neben GPS-Aussetzern ist es auch sinnvoll, die Effekte der GPS-Drift zu minimieren. Darum werden entlang der Strecke weitere Synchronisationspunkte, welche die Fahrdaten in gleicher Art wie bei GPS-Ausfällen synchronisieren, verwendet. Diese Punkte werden nur bei "guten" GPS-Daten an Kurvein- und -ausgängen der Referenztrajektorie definiert. Dazu wird über die Kurswinkeländerung der Referenztrajektorie festgelegt, was eine "Kurve" ist. Eine Kurve ist gegeben, wenn über eine Strecke von mindestens 5 m eine kontinuierliche Kurswinkeländerung über einer unteren festgelegten Schwelle von $2^\circ/\text{m}$ aufrechterhalten bleibt. Wird nach mindestens 5 m diese Schwelle wieder unterschritten, so wird die Kurve als abgeschlossen betrachtet und die Stelle als Kurvenausgang beurteilt. Nachdem die Referenztrajektorie auf ihr Kurvenverhalten untersucht wurde, werden die Anfangs- und Endpunkte der Kurven als Synchronisationspunkte verwendet, sofern der Abstand zwischen ihnen und der zeitbasierten Trajektorie < 2 m beträgt und der Kurswinkel am Punkt der Referenztrajektorie von dem der zeitbasierten Datei um nicht mehr als 10° abweicht. Falls einer dieser Punkte nicht zutrifft, so wird versucht, stattdessen den Meterpunkt davor oder danach zu verwenden, dann 2 m davor / danach, usw. Findet sich kein Punkt, so muss auf den Abgleich verzichtet werden.

Die Synchronisation von weg- und zeitbasierten Daten entlang der gesamten Strecke erfolgt mit konstanten Wegunterschiedsfaktoren anhand von zurückgelegten Distanzen zwischen Abgleichpunkten. Die Abgleichpunkte werden über GPS-Abstandsminimierung der weg- und zeitbasierten Daten ausgewählt. Die Festlegung der Abgleichpunkte basiert auf den GPS-Aussetzern und an Kurvein- und -ausgängen. Als Messwerte werden die Momentanwerte der jeweiligen Datensatzzeile der 2D-Datei bzw. der VBOX-Datei übernommen, die gemäß dem Synchronisationsalgorithmus zum jeweiligen Meterwert passt. Auf das Mitteln der Werte über den letzten zurückgelegten Meter wurde bislang verzichtet. Dies wäre eine weitere Option bei der Verschneidung der Daten. Ob dadurch die Datenqualität verbessert oder aber interessante Effekte „verwischt“ werden, ist noch zu evaluieren.

7.4.4 Hinzufügen von Roadbook-Daten und Fahrlinienannotationen

Im letzten Schritt werden zu den nun synchronen und wegbasierten Daten in jeder Zeile die Roadbook-Einträge des Fahrers angefügt.

Ebenso werden die SafetyCam-Annotationen (siehe Kapitel 7.1) hinzugefügt, welche Informationen über Verkehr, Wetter, Interaktionen mit anderen VerkehrsteilnehmerInnen sowie die gewählte Fahrlinie enthalten. Diese Datei ist synchron zum Zeitstempel der VBOX-Datei, jedoch mit einem zeitlichen Offset behaftet. Um die korrekten Einträge zusammenzuführen, wird der Offset mithilfe von GPS-Daten ermittelt. Die SafetyCam und die VBOX verwenden dasselbe GPS-System. Der Abgleich erfolgt durch Suchen von identen GPS-Einträgen in den VBOX- und SafetyCam-Dateien und den Vergleich der Zeitstempel dieser Einträge.

Sind diese Daten auch hinzugefügt, wird das gesamte File erstellt und ausgegeben.

Nach dem Erstellen der Dateien werden die GPS-Daten der drei synchronisierten Systeme noch visuell mittels Google Earth an verschiedenen Stellen der Fahrt auf Plausibilität geprüft. Die verifizierten Daten mit allen relevanten Informationen sind nun auf Basis des Meter-Rasters erstellt und können für weitere Analysen und statistische Auswertungen verwendet werden.

7.5 Konventionelle Auswertung der Messfahrten

Im Zuge der Datenerhebung in diesem Projekt wurden in Summe etwas mehr als 120 einzelne auswertbare Messfahrten je Fahrtrichtung auf den insgesamt sechs Messstrecken absolviert. Dabei wurden von insgesamt sechs verschiedenen FahrerInnen mehr als 3.500 km mit dem MoProVe gefahren und messtechnisch erfasst. Bei jeder einzelnen Messfahrt wurden über 50 Messgrößen bzw. Fahrzeugparameter erfasst und zumindest mit 10 Hz, die meisten Signale aber mit höherer Abtastrate aufgezeichnet. Zusätzlich wurden noch mittels zweier Onboard-Kameras Videoinformationen in Blickrichtung des Fahrers aufgenommen. Der Umfang der gesammelten Rohdaten liegt bei ca. 1 Terabyte.

Mit der Fülle an vorliegendem Datenmaterial könnten Einzelanalysen im Umfang eines mehrbändigen Forschungsberichtes ausgearbeitet werden, wenn man eine konventionelle Herangehensweise an die Unfallforschung wählt. Mit der Formulierung „konventionelle Herangehensweise“ ist dabei die an sich bewährte Methodik der Suche nach den Kausalzusammenhängen zwischen einem bereits stattgefundenen Unfallereignis und den maßgeblichen Ursachen gemeint bzw. die Analyse eines konkreten Straßenabschnittes in Bezug auf potentielle Unfallrisiken und eine Gefahrenwahrscheinlichkeit.

Auf den befahrenen Messstrecken haben sich alleine im Beobachtungszeitraum 2013 - 2015 insgesamt 94 Unfälle mit Personenschaden mit Motorrädern ereignet. Einige dieser Unfälle erfolgten an (nahezu) der gleichen Stelle, sodass von signifikanten Unfallhäufungsstellen gesprochen werden kann, wobei es sich dabei um Strecken mit einer Länge von 250 Meter handelt. Da nun jede Messstrecke in der Regel von vier verschiedenen FahrerInnen zumindest dreimal befahren wurde, liegen mehr als 10 auswertbare Messungen zu jeder einzelnen tatsächlichen oder auch nur potentiellen Unfallstelle vor. Neben dem Standard-Messsignal „Fahr-geschwindigkeit“ stehen noch eine Vielzahl an fahrdynamischen Kenngrößen zur Verfügung, wie z.B. die Verzögerung im Annäherungsbereich an die Unfallstelle, die gefahrene Neigung (Rollwinkel) in einer Kurve, die Lenkwinkeländerungen, etc.

Auch wenn vielfach, insbesondere bei Alleinunfällen mit Abkommen von der Fahrbahn, nicht angepasste Geschwindigkeit letztlich die Unfallursache ist, so

muss es doch auch Gründe geben, warum ein/eine FahrerIn genau an dieser Stelle mit einer von ihm/ihr nicht mehr beherrschbaren Geschwindigkeit fährt und verunfallt, während dieses Fehlverhalten aber an anderer Stelle nicht zutage tritt.

Im Rahmen von polizeilichen Ermittlungen, oder der Tätigkeit eines Unfallsachverständigen in gerichtlichem Auftrag, oder auch bei einer „Road Safety Inspection“ (RSI) wird versucht, den Ursachen und Hintergründen eines Unfallereignisses auf den Grund zu gehen. Fast immer nur auf Basis der bekannten Fakten, und nur in Ausnahmefällen auch unter Hinzuziehung von zusätzlichen Erhebungen wie etwa einer Messfahrt.

Im Weiteren wird anhand von mehreren Beispielen gezeigt, wie die Fahrdynamik-Daten der Messfahrten sich an ausgewählten Unfallstellen darstellen lassen und wie sie interpretiert werden können, bzw. ob sich daraus schon Erkenntnisse für eine präventive Beurteilung anderer potentieller Gefahrenstellen ableiten lassen. Wie schon einleitend erwähnt, würde es erstens den Umfang dieses Abschnittes sprengen, wollte man auch nur eine Unfallstelle auf Basis der Messdaten umfassend analysieren. Und zweitens ist es das Ziel dieser Forschungsarbeit Wege zur Erkennung von potentiellen Gefahrenstellen aufzuzeigen. Dabei ist die retrospektive Analyse des Unfallgeschehens nur ein erster Schritt. Aber zur Vertiefung des Verständnisses für die später in den Kapiteln 8 und 9 angewendete Methodik erscheint es angebracht, anhand von kurz diskutierten Beispielen die Möglichkeiten und Grenzen der fahrdynamikbasierten Unfallanalyse vorzustellen.

7.5.1 Fahrdynamik-Daten einer Unfallstelle auf der Messstrecke „Exelberg“

Unfall ID	2013015583
Nummer in Tabelle von Kapitel 11.3	#4
Koordinaten	Lat. 48.295, Long. 16.160
Fahrtrichtung	Süd → Nord
Straßen-Km.	11,00
Meter nach Diagrammbeginn	55 – 60m

Tabelle 13: Unfalldaten Beispiel Exelberg

Unfall unmittelbar in der Rechtskurve, Abkommen nach rechts, Fahrer leicht verletzt, Ursache nicht angepasste Geschwindigkeit.

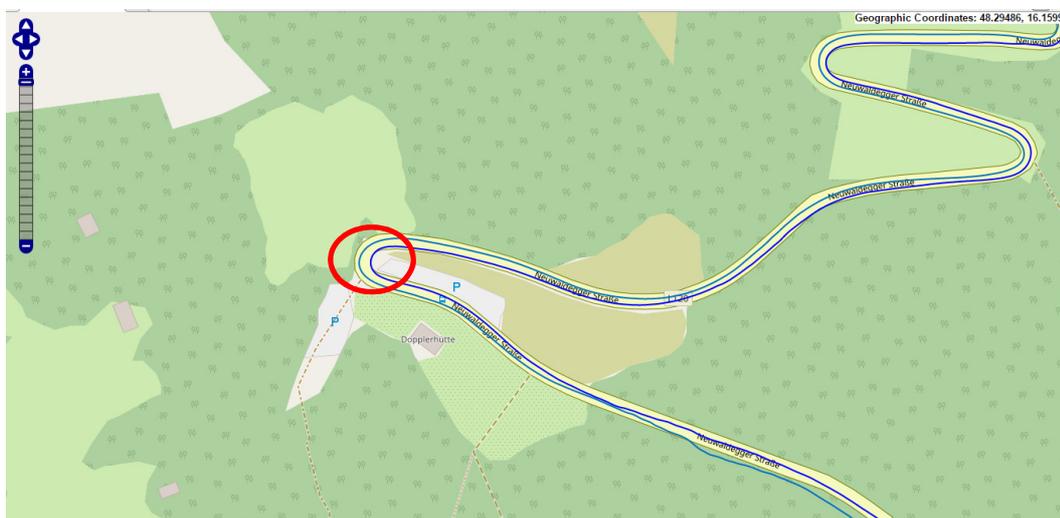


Abbildung 32: Beispielunfall Exelberg (Quelle: OpenStreetMap)

Die Unfallstelle ist die Spitzkehre bei der Dopplerhütte am Beginn der Gefällestrecke hinunter nach Königstetten, siehe Abbildung 32. Obwohl man vermuten könnte, dass diese erste stark gekrümmte Bergab-Kurve nach einem relativ krümmungsarm verlaufenden Streckenabschnitt sehr unfallträchtig ist, hat sich im Beobachtungszeitraum nur ein Unfall mit leichten Verletzungen des Fahrers ereignet.

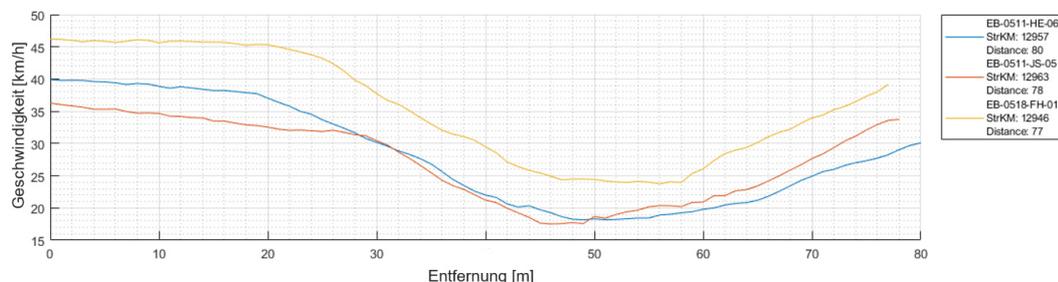


Abbildung 33: Geschwindigkeitsverläufe Exelberg

Die Geschwindigkeitsverläufe von drei ausgewählten Messfahrten in Abbildung 33 sind sehr ähnlich und beginnen im Bereich von 35 – 45 km/h etwa 55 – 60 m vor der Unfallstelle. Eines der drei Profile verläuft auf einem um ca. 5 km/h höheren Niveau, aber die Verlaufscharakteristik ist nahezu ident mit den anderen beiden Profilen. Bei dem hier stattgefundenen Unfall ist ein Abkommen von der Fahrbahn nach rechts angegeben, was einen Sturz in Richtung der Innenkurve bedeutet. Der Zusatz „nicht angepasste Geschwindigkeit“ in Verbindung mit dem sehr niedrigen Geschwindigkeitsniveau lässt vermuten, dass eher eine (zu) geringe Fahrgeschwindigkeit zu einer fahrdynamischen Instabilität geführt haben könnte und sich daher dieser Unfall nicht in die Reihe der zu schnell gefahrenen Unfälle wird einordnen lassen. Die grafische Darstellung der Winkeldefinitionen ist im Anhang 11.11 ersichtlich.

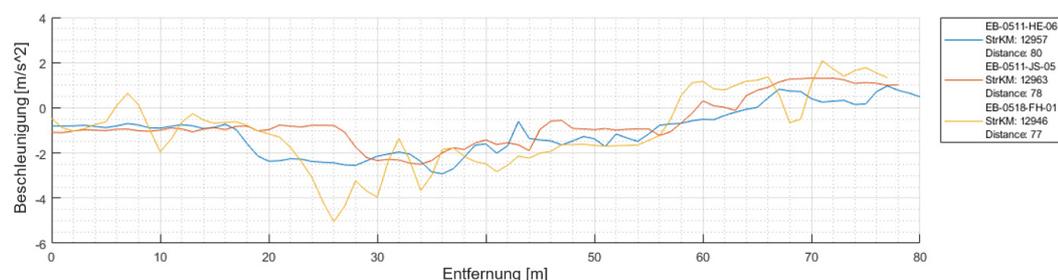


Abbildung 34: Längsbeschleunigung Exelberg

Die Verläufe der Längsbeschleunigung in Abbildung 34 sind ebenfalls sehr ähnlich. Die Fahrt mit etwas höherer Geschwindigkeit weist in der Anbremsphase kurzzeitig etwas höhere Verzögerungen auf.

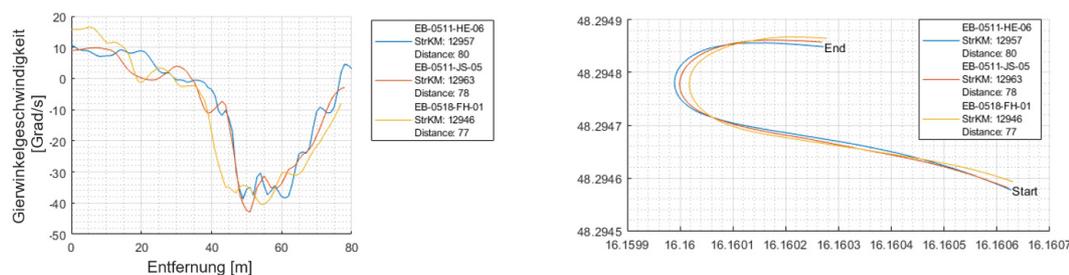


Abbildung 35: Gierwinkelgeschwindigkeit und Fahrlinien Exelberg

Die Abbildung 35 zeigt im linken Diagramm die Gierwinkelgeschwindigkeit. Sehr gut erkennbar sind der sehr ähnliche Verlauf und das fast identische negative Maximum im Kurvenscheitel. Dort hat sich auch der verzeichnete Unfall ereignet. Das Diagramm rechts zeigt die Fahrlinien des analysierten Abschnittes.

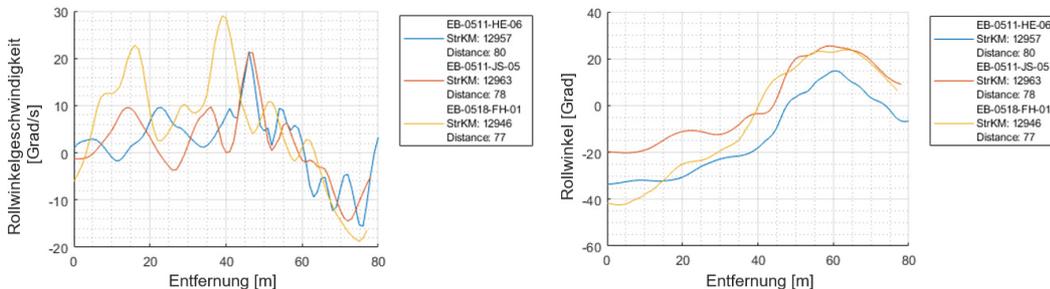


Abbildung 36: Rollwinkelgeschwindigkeit und Rollwinkel Exelberg

Die gezeigten Messkurven, wie auch die aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht dargestellten Verläufe der weiteren Messfahrten sind allesamt sehr ähnlich und können sozusagen als „fahr-dynamische Visitenkarte“ einer Bergstrecken-serpentine angesehen werden. Interessant ist insgesamt auf der Messstrecke des Exelbergs, dass sich wesentlich mehr Unfälle im sehr kurvenreichen nördlichen Abschnitt bei der Bergauf-Fahrt ereignet haben und nicht bei der Talfahrt.

7.5.2 Fahrdynamik-Daten einer Unfallstelle auf der Messstrecke „Höllental“

Unfall ID	2015036710
Nummer in Tabelle von Kapitel 11.5	#21
Koordinaten	Lat. 47.723, Long. 15.805
Fahrtrichtung	Süd → Nord
Straßen-Km.	23,75
Meter nach Diagrammbeginn	90 m

Tabelle 14: Unfalldaten Beispiel Höllental

Unfall unmittelbar in der Linkskurve, Abkommen nach rechts, Fahrer tödlich verletzt, Ursache nicht angepasste Geschwindigkeit.

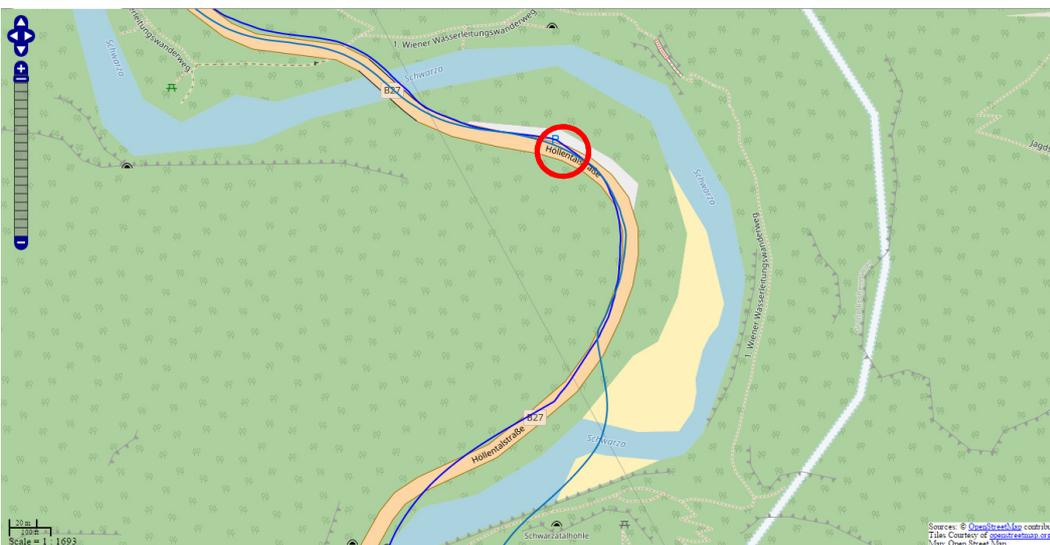


Abbildung 37: Beispielunfall Höllental (Quelle: OpenStreetMap)

Der Kartenausschnitt (Abbildung 37) weist den Unfall als ein Ereignis aus, bei dem offensichtlich in einer Linkskurve ein Abkommen von der Fahrbahn im Bereich des kurvenaußenseitigen Parkplatzes stattgefunden hat. Der Motorradfahrer verletzte sich bei der Kollision mit einem Baum tödlich. Auch optisch gut zu erkennen ist die zunehmende Krümmung der Fahrbahn nach links, welche sich bei zu hoch gewählter Geschwindigkeit am Kurvenbeginn als sehr kritisch erweisen kann.

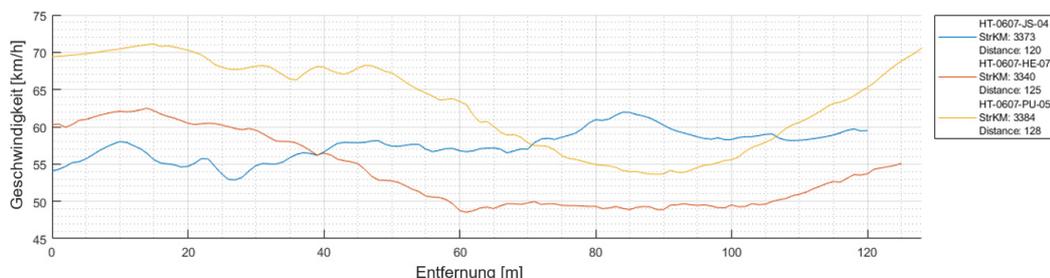


Abbildung 38: Geschwindigkeitsverläufe Höllental

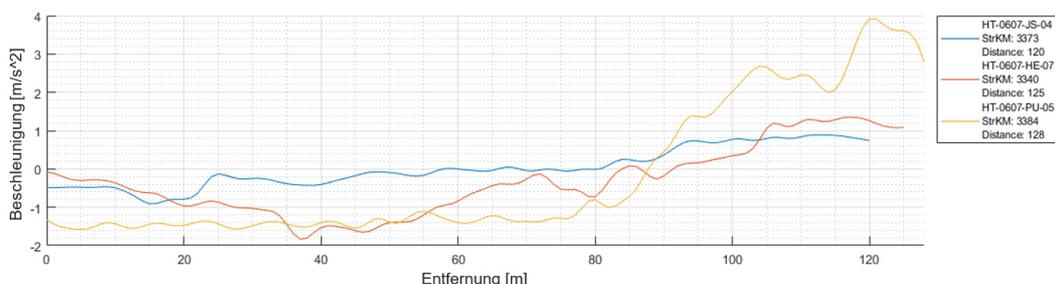


Abbildung 39: Längsbeschleunigung Höllental

Die Abbildung 38 für die Fahrgeschwindigkeit und Abbildung 39 für die Längsbeschleunigung zeigen für die drei ausgewählten Messfahrten eine deutliche Variabilität der Profile. Während bei einer Fahrt (blau) die Linkskurve mit relativ konstanter Geschwindigkeit und ohne signifikanten Längsbeschleunigungen befahren werden konnte, ist die Dynamik in Längsrichtung der beiden anderen Fahrten deutlich höher.

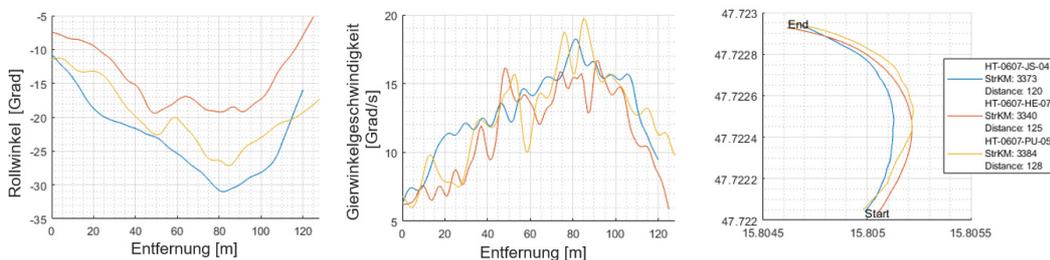


Abbildung 40: Rollwinkel, Gierwinkelgeschwindigkeit sowie Fahrlinien Höllental

Auch die drei Darstellungen von Rollwinkel (links), Gierwinkelgeschwindigkeit (mitte) und der Fahrlinien (rechts) in Abbildung 40 zeigen, dass sich die drei Messfahrten eher stark unterschieden haben. Nun kann es natürlich für unterschiedliche Fahrten auch verschiedenste Gründe geben, aber es hat sich gezeigt, dass eine höhere Variabilität bei den Messfahrten auch die Einschätzung

des Streckenverlaufes durch den/die FahrerIn widerspiegelt und sich, aus welchen Gründen auch immer, schwieriger zu fahrende Abschnitte durch stärkere Abweichungen der fahrdynamischen Parameter bei unterschiedlichen, aber auch bei den selben VersuchsfahrerInnen ergeben.

7.5.3 Fahrdynamik-Daten einer Unfallstelle auf der Messstrecke „Kalte Kuchl“

Unfall ID	2014014481
Nummer in Tabelle von Kapitel 11.7	#17
Koordinaten	Lat. 47.883, Long. 15.640
Fahrtrichtung	Süd → Nord
Straßen-Km.	59,16
Meter nach Diagrammbeginn	60 m

Tabelle 15: Unfalldaten Beispiel Kalte Kuchl

Unfall in einem fast geraden Abschnitt, Abkommen nach links, Fahrerin schwer verletzt, Ursache nicht angepasste Geschwindigkeit.



Abbildung 41: Beispielunfall Kalte Kuchl (Quelle: OpenStreetMap)

Im markierten Bereich der Kartendarstellung von Abbildung 41 haben sich innerhalb einer Stunde zwei Unfälle ereignet. Der angegebene Unfall war der Alleinunfall einer Motorradfahrerin mit Abkommen nach links. Etwas weniger als eine Stunde später ereignete sich aber auch noch ein Abkommensunfall nach rechts eines Motorradlenkers. Beide Unfälle endeten mit schweren Verletzungen der Fahrer und in beiden Fällen wird nicht angepasste Fahrgeschwindigkeit als Ursache angegeben.

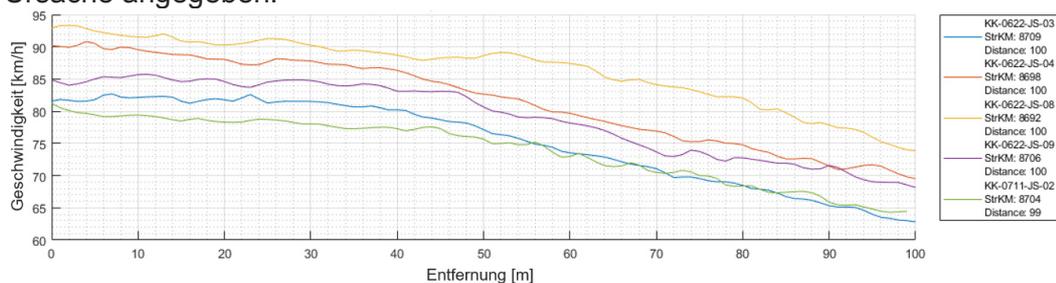


Abbildung 42: Geschwindigkeitsverläufe eines Fahrers Kalte Kuchl

Im Unterschied zu den beiden anderen Fallstudien wird hier exemplarisch gezeigt, wie sich die einzelnen Fahrten eines Fahrers unterscheiden. In der Abbildung 42 sind 5 Fahrten desselben Fahrers dargestellt und es zeigt sich, dass auch dieser eine Fahrer, im Bereich der Unfallstelle eine relativ große Variabilität in der Fahrgeschwindigkeit aufweist. Da es sich aber um einen weitgehend geraden Streckenabschnitt handelt, ist die Geschwindigkeitswahl durchwegs frei und dem Fahrer überlassen und sollte deshalb nicht durch die Fahrbahn oder Streckenführung erzwungen sein.

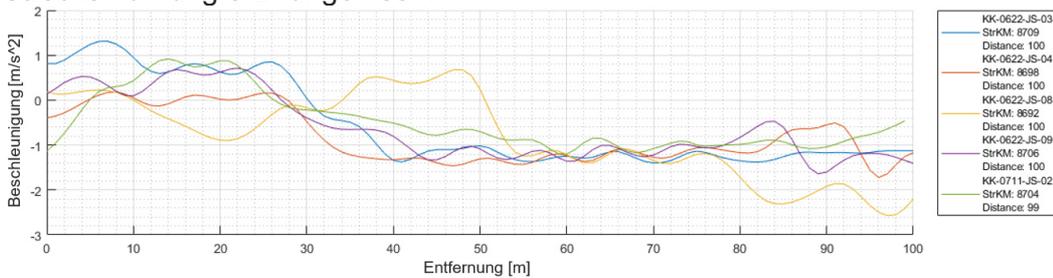


Abbildung 43: Längsbeschleunigung Kalte Kuchl

Diese eher freie Wahl der Geschwindigkeit drückt sich auch in Abbildung 43 dadurch aus, dass insbesondere im Bereich des Unfalls (ca. bei 60m) und dahinter eine geringe, aber konstante Verzögerung von ca. 1 m/s² eingehalten wird. Diese geringe Verzögerung wird durch Gaswegnahme erreicht, wie die Stellung des Gasdrehgriffes in Abbildung 44 zeigt.

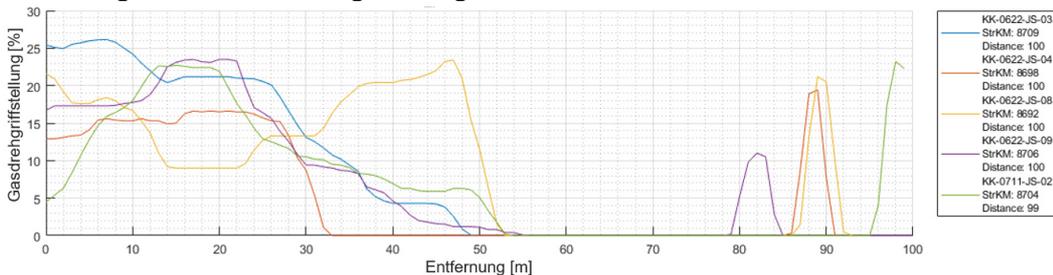


Abbildung 44: Gasdrehgriffbetätigung Kalte Kuchl

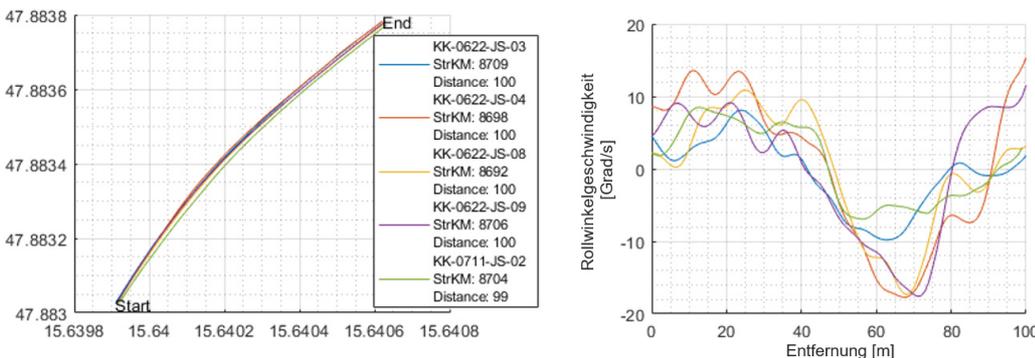


Abbildung 45: Fahrlinien sowie Rollwinkelgeschwindigkeit Kalte Kuchl

Während die Abbildung 44 im Bereich 50 – 80 m einen relativ ruhigen Streckenabschnitt andeutet, weist die Rollwinkelgeschwindigkeit (siehe Abbildung 45 rechts) doch auf markante Änderungen des Rollwinkels hin. Der fast krümmungsfreie Streckenverlauf (siehe Abbildung 45 links) jedoch bietet keine

schlüssige Erklärung für besondere dynamische Vorgänge und insbesondere für ein Abkommen von der Fahrbahn nach rechts oder links.

Dieses Beispiel wurde gewählt um zu zeigen, dass sich bei einer raschen Erstanalyse der Fahrdynamik-Daten nicht in jedem Fall schon klare Hinweise auf eine Unfallursache finden lassen. Konkret bedarf es zur Unfallursachenforschung im Falle der zwei angesprochenen Unfälle eine genaue Auswertung der Unfallprotokolle, was aber hier nicht das Ziel ist.

7.5.4 Schlussfolgerungen aus den Beispielen zur konventionellen Datenauswertung

Das Befahren einer Unfallstelle oder eines unfallkritischen Streckenabschnittes mit einem geeignet ausgestatteten Messmotorrad, wie im Rahmen dieses Projektes eingesetzt, liefert eine Fülle von Daten. Um die dabei gesammelten Informationen auswerten und nützen zu können, kann eine aufwändige Datenanalyse erforderlich sein. Es ist zweckmäßig, zunächst zu unterscheiden, ob (a) die Unfallrekonstruktion eines konkreten Unfallereignisses durchgeführt werden soll, oder ob (b) eine Risikoanalyse eines Straßenabschnittes erfolgen soll.

Im Rahmen einer Studie (Rekonstruktion) zu einem konkreten Unfallereignis können die direkt gewonnenen Messdaten bei Versuchsfahrten im Rahmen einer konventionellen Datenanalyse wertvolle Hinweise liefern. In Annäherung an den kritischen Straßenbereich können Bildinformationen der Videoaufzeichnung direkt aus FahrerInnenansicht mit den fahrdynamischen Parametern in einen zeitlichen und örtlichen Zusammenhang gesetzt werden. Es ist z.B. relativ einfach, mittels Bild- und GPS-Informationen, Bremsesetzpunkte, Bremsverzögerungen, Kurvengeschwindigkeiten, usw. dem Straßenverlauf zuzuordnen und so eine unfallfreie Fahrt genau zu dokumentieren. Diese Aufzeichnungen können entweder schon anhand der Analyse einzelner Messsignale (Geschwindigkeit, Verzögerung, Rollwinkel, etc.) Hinweise auf das Unfallgeschehen geben, oder aber als Basis für ein Hochrechnen auf eine nicht-unfallfreie Fahrt dienen. Diese Vorgangsweise bedient sich der Methodik des Hochskalierens von fahrdynamischen Parametern auf Basis von realen Messdaten. Dabei bildet das normale Fahrverhalten eine realistische Grundlage für die Extrapolation hin zu einem kritischen Fahrmanöver. Das Bestechende an dieser Vorgangsweise ist, dass auch schon bei unkritischer Fahrweise, streckenspezifische Besonderheiten einfließen, weil der/die FahrerIn sich ja mit ebendiesen Gegebenheiten schon bei seiner/ihrer normalen Fahrt auseinandersetzen muss. Es wird also ein/eine FahrerIn an Stellen wo etwa die Einsehbarkeit der Straßenführung nur unzureichend ist, seine/ihre Fahrt verlangsamen um diesem Umstand Rechnung zu tragen. Eine Analyse auf Basis von Streckendaten (Krümmungsradien, Übergangsbögen, Straßenneigung) alleine würde daher wesentliche Einflüsse nicht berücksichtigen. Eine Befahrung mit einem anderen Fahrzeug als einem Motorrad provoziert und erfordert eine andere Fahrweise (man denke nur an die unterschiedlichen Fahrzeugbreiten). Wird die Befahrung mit einem einspurigen Fahrzeug durchgeführt, dann ist an dem Motorrad eine messtechnische Basisausstattung mit Videoaufzeichnung und Sensorik unumgänglich, da sonst keine objektiven und im Nachhinein auswertbaren Messergebnisse vorliegen. Es hat sich im Zuge der zahlreichen Messfahrten gezeigt, dass ab einer Streckenlänge von wenigen Kilometern ein/eine FahrerIn nicht mehr in der Lage ist, aus dem Gedächtnis präzise Angaben zu Vorkommnissen und Beobachtungen auf seiner/ihrer Messfahrt zu machen.

Dies trifft natürlich nicht auf Einzelversuche im unmittelbaren Unfallbereich zu. Im Rahmen des Projektes wurden auch Bremsversuche zur Bestimmung des Kraftschlusses zwischen Reifen und örtlichem Fahrbelag durchgeführt. Diese Versuche erfordern nur einen geringen (zusätzlichen) messtechnischen Aufwand und sind auch relativ einfach auswertbar. Im Weiteren wird aber auf diese bekannten und bewährten Methoden nicht mehr Bezug genommen werden.

Das eigentliche Ziel dieses Forschungsvorhabens, nämlich die Evaluierung von Straßenabschnitten im Hinblick auf potentielle Gefahrenstellen, erfordert hingegen das Erkennen von Mustern in den zahlreichen fahrdynamischen Parametern der Messfahrten. Diese Muster können dem FahrerInnenverhalten entspringen (z.B. starkes Bremsmanöver vor einem Fahrbelagswechsel), aber auch der Fahrbahn oder der Umgebung geschuldet sein (Fahrwerksschwingungen zufolge Fahrbelagunebenheiten). Eine Brückendehnfuge in einer zügig gefahrenen Kurve mit nachfolgender Unfallhäufigkeit wäre ein Beispiel, wo das Muster in den fahrdynamischen Parametern relativ leicht zu erkennen ist, aber wo das Gefahrenpotential auch ohne Messfahrten auf der Hand liegt. Nun sind aber die allermeisten Unfälle nicht auf so einfache Kombinationen von kritischen Faktoren zurückzuführen und es bleiben verkettete Ursachen oftmals im Dunkeln. Dem kann durch eine Auswertung auf Basis von leistungsfähigen statistischen Algorithmen begegnet werden. Das Ziel dabei ist, solche nicht-offensichtliche Zusammenhänge zu entdecken und zwar durch eine Datenanalyse die nicht auf konventionelle Art und Weise verläuft, bei der nur nach Grenzwertüberschreitungen einer Messgröße, vorzugsweise der Geschwindigkeit, gefragt wird, sondern sich die sogenannte Kritikalität durch eine nichtlineare Verknüpfung der fahrdynamischen Parameter äußert. Diesem Umstand wird in der im Folgenden zum Einsatz kommenden Untersuchungsmethode Rechnung getragen. Die dazu erforderlichen Messfahrten müssen nicht im fahrdynamischen Grenzbereich erfolgen und erfordern daher auch kein erhöhtes Unfallrisiko bei den Messfahrten. Allerdings hat es sich gezeigt, dass mehrere Fahrten von einem Fahrer bzw. einer Fahrerin und/oder eines FahrerInnenkollektivs am besten geeignet sind, den messtechnischen „Bias“ zu vermeiden.

8. Risikoanalyse und Klassifizierung der Strecken

Damit Gefahrenstellen für den Motorradverkehr lediglich anhand von Fahrdynamikdaten ermittelt werden können, mussten mehrere statistische Modelle getestet werden. Es wurden zu Beginn unterschiedliche Herangehensweisen mit wegbezogenen Fahrdynamikdaten miteinander verglichen. Als zielführend hat sich im Rahmen der Untersuchung herausgestellt, ein „Risiko“ zu definieren. Dieses ergibt sich aus dem Auftreten von fahrdynamischen Datenverläufen, welche den Werten an bekannten Unfallstellen in einem mathematisch-statistischen Sinn ähnlich sind. Somit stellt dieses „Risiko“ dar, ob Fahrdynamikdaten Hinweise auf „gefährliche“ oder „ungefährliche“ Straßenabschnitte liefern. Hierbei ist anzumerken, dass Unfälle Einzelereignisse darstellen und eine „gefährliche“ fahrdynamische Datensequenz nicht automatisch zu einem Unfall führt. Es ist eher davon auszugehen, dass auf „gefährlichen“ Streckenabschnitten die Wahrscheinlichkeit zu verunglücken höher ist als auf „ungefährlichen“ Abschnitten.

Die Abschätzung der „Gefährlichkeit“ wird zuerst auf einzelne FahrerInnen sowie auf Strecken bezogen. Die weitaus schwierigere Aufgabe war es, eine Übertragbarkeit auf unterschiedliche Strecken herzustellen. Schließlich stellte sich eine Funktion mit lokalen Maxima, die so genannte „Gefahrenfunktion“, als zielführend heraus. Dabei wird die Abschätzung der „Gefährlichkeit“ über charakteristische fahrdynamische Datenverläufe einzelner FahrerInnen sowie über unterschiedliche Strecken durchgeführt, womit die Gefährlichkeit verschiedener Strecken angemessen abgebildet werden kann.

8.1 Bestimmung der Stellen mit signifikantem Risiko

8.1.1 Bestimmung von Kritikalität aus Daten eines/einer FahrerIn

Zur Lokalisation von kritischen Stellen muss eine mathematisch bestimmte Ähnlichkeit zu bekannten Unfallstellen vorliegen. Dazu werden Kriterien benötigt, die eine Unterscheidung der Fahrdynamikdaten zwischen bekannten Unfallstellen und ungefährlichen Stellen ermöglichen.

Folgend einer AIT-Eigenentwicklung zur Bestimmung des Vorliegens von gefährlichen und ungefährlichen fahrdynamischen Verläufen, werden die Fahrdynamikdaten (Winkelgeschwindigkeiten, Beschleunigungen) einzelner FahrerInnen über alle befahrenen Strecken herangezogen und einem Clustering Verfahren unterzogen. Die Zentren der dadurch erhaltenen Cluster werden als „Normaldynamik“ und somit als ungefährlich klassifiziert.

Im Gegensatz dazu werden die Fahrdynamikdaten an bekannten Unfallstellen als „Gefahrendynamik“ klassifiziert. Dabei wird jedes Passieren einer Unfallstelle während einer Testfahrt als separater Datenpunkt gewertet.

Nun wird eine Diskriminanzfunktion (Trennfunktion) zwischen den oben beschriebenen zwei Gruppen von Fahrdynamikdaten dadurch definiert, dass die Funktion auf der Gruppe der „Normaldynamik“ den Wert 0 annimmt und auf der Gruppe der „Gefahrendynamik“ den Wert 1. Eine entsprechende Gewichtung kann z.B. im einfachsten Fall durch eine lineare Gewichtung der Dynamikvariablen erreicht werden, und zwar durch ein einfaches „Least Squares Verfahren“.

Mit dem Erhalt dieser Diskriminanzfunktion ist es nun möglich, allen gemessenen Fahrdynamikwerten einen „Gefahrenwert“ (den Wert der Diskriminanzfunktion) zuzuordnen. Dieser Gefahrenwert ist bestimmt durch das Vorliegen von Fahrdynamik-Daten, die als Trennfaktoren zwischen den beiden Gruppen „Normaldynamik“ und „Gefahrendynamik“ ermittelt werden.

Zugleich wird ein fahrerspezifischer „Grenzwert“ bestimmt, indem die tatsächlich erhaltenen Werte der Diskriminanzfunktion (arithmetisch) gemittelt werden und dieser Mittelwert als Grenzwert herangezogen wird. Dies folgt der Überlegung, dass „im Mittel“ die Werte einer Gefahrenstelle oberhalb des Grenzwertes liegen sollten.

Anhand der vorhandenen Gefahrenwerte und des Grenzwertes lassen sich für alle Fahrten und Streckenabschnitte Überschreitungen des Grenzwertes (Gefahrenwert größer Grenzwert) feststellen. Für jeden 1 Meter Streckenabschnitt wird vermerkt, ob es zu einer Grenzwertüberschreitung kommt. Auch wird die Gesamtzahl an Grenzwertüberschreitungen für jeden Streckenabschnitt festgehalten, da dies anhand der wegbasierten Daten leicht möglich ist.

8.1.2 Bestimmung der riskanten Stellen aus allen Fahrten

Nach Durchführung der individuellen Gefahrenabschätzung (siehe Kapitel 8.1.1) liegt für jeden/jede FahrerIn auf den gefahrenen Strecken ein Profil an Grenzwertüberschreitungen vor.

Durch Addition der Grenzwertüberschreitungen von verschiedenen FahrerInnen auf gleichen Streckenabschnitten und anschließender Division des erhaltenen Profils durch die Gesamtzahl der Fahrten über diesen Streckenabschnitt, ergibt sich pro Streckenabschnitt der Anteil der Fahrten, die eine Grenzwertüberschreitung verursacht haben. Dieses Ergebnis stellt jetzt das Gesamtanteilsprofil dar, welches über alle TestfahrerInnen gemeinsam ausgewertet wurde. Nach einer Glättung dieses Gesamtanteilsprofils können die Maxima (Gipfel) des geglätteten Profils bestimmt und als riskante Stellen definiert werden. Somit sind riskante Stellen im Rahmen des statistischen Modells jene, an denen die gemeinsamen Gefahrenprofile der TestfahrerInnen ein lokales Maximum ergeben.

8.1.3 Einschränkung auf bestimmte Unfalltypen

Die zunächst durchgeführte Einschränkung der Analyse auf Unfälle mit nur einem Beteiligten (Unfalltypenobergruppe 0), wird durch eine Expertenempfehlung, um die Unfälle der Obergruppe 2 (Unfälle mit zwei oder mehreren Beteiligten im Begegnungsverkehr) erweitert. Im Rahmen des Expertenworkshops (siehe Kapitel 8.4) wurde der Unterschied zwischen einem Abkommensunfall von der Fahrbahn, der alleine passiert und einem Abkommen in den Gegenverkehr ausgiebig diskutiert. Das Ergebnis führte dazu, auch die Obergruppe 2 hinzuzufügen, da ein Abkommen eines/einer MotorradfahrerIn, je nachdem ob es in einer Innen- oder Außenkurve passiert, zu einem Allein- oder Frontalunfall führen kann.

8.2 Ergebnis der Risikoanalyse

Die Auswertung der Fahrdynamikdaten basiert auf 1-Meter Abschnitten, weshalb es sinnvoll erscheint, eine angrenzende „Gefahrenumgebung“ hinzuzufügen. Es wirkt wenig zielführend, risikoreiche Stellen im Straßennetz auf einzelne Meterwerte zu definieren. Einerseits, da die Unfalldaten bei der Aufnahme auch nicht in dieser Genauigkeit stattfinden und andererseits, da bei normalen Fahrgeschwindigkeiten im Freilandbereich ein gefahrener Meter im Zehntelsekundenbereich zurückgelegt wird. Bei normalen Fahrgeschwindigkeiten wurde im Expertenworkshop ein Betrachtungsabschnitt im besten Fall kleiner als 100 m als zielführend angenommen. So soll die betrachtete Abschnittslänge wenn möglich an die 40 Meter haben. (siehe Kapitel 8.4) Der in dieser Risikoanalyse verwendete Betrachtungsbereich ist 100 Meter lang, da derzeit lediglich 6 Messtrecken zur Verfügung stehen und diese Länge vorerst sehr gute Ergebnisse geliefert hat. Somit ist in den grafischen Auswertungen in Kapitel 8.5 jeweils um „Lokale Maxima“ ein Bereich von 100 Meter davor und danach, farblich gekennzeichnet. Dieser Bereich stellt die sogenannte „Gefahrenumgebung“ dar. In Zukunft könnte diese Umgebung bei einer größeren Anzahl an Messtrecken verkleinert werden.

Die als kritische Bereiche identifizierten Abschnitte werden nun, abhängig von dem Anteil an Testfahrten, die zur Klassifikation einer Stelle als Gefahrenstelle geführt haben, in drei unterschiedlichen Gruppen dargestellt:

- „Niedrige Kritikalität“, wenn das lokale Maximum lediglich von einem Anteil von nicht mehr als 15% der Testfahrten erreicht wird.
- „Mittlere Kritikalität“, wenn das lokale Maximum von einem Anteil über 15%, aber nicht mehr als 50% der Testfahrten erzielt wird.
- „Hohe Kritikalität“, wenn das lokale Maximum auf mehr als 50% der Testfahrten zurückgeht.

Die nachfolgende Tabelle 16 zeigt den Anteil jeder der drei Kategorien auf den 6 untersuchten Messstrecken. Sollte es zu überlappenden Kritikalitäten unterschiedlichen Grades auf derselben Strecke kommen, so wurde diejenige des jeweils höheren Grades herangezogen. Sollte sich eine Unfallstelle in dieser Umgebung befinden, so gilt diese als „erfasst“.

Strecke:	Exelberg	Höllental	Kalte Kuchl	Adamstal	Mauerbach	Preiner Gscheid	<i>Anteil gewichtet</i>
Anteil an niedriger Kritikalität	18,4%	15,7%	13,6%	21,15%	24,4%	3,9%	15,5%
Anteil an mittlerer Kritikalität	8,1%	13,7%	12,0%	8,3%	17,7%	12,8%	11,4%
Anteil an hoher Kritikalität	6,0%	5,4%	19,4%	5,7%	0,0%	3,0%	7,8%
Anzahl an Unfällen	22	21	31	8	3	5	-
Anteil an erfassten Unfällen	59,1%	52,3%	74,2%	50,0%	33,0%	40,0%	60,0%

Tabelle 16: Anteile der unterschiedlichen Kritikalität der Strecken sowie der betroffenen Unfallstellen

Ersichtlich wird, dass die Unfälle auf den sogenannten Vergleichsstrecken (Preiner-Gscheid, Mauerbach, nicht jedoch Adamstal), die ein viel geringeres Unfallaufkommen aufweisen, deutlich schwieriger zu erfassen sind, als die Unfälle auf den Hauptuntersuchungstrecken (Exelberg, Höllental, Kalte Kuchl). Dies ist höchstwahrscheinlich ein Hinweis auf eine nötige Verbreiterung der Datenbasis, um insbesondere Vorhersagen auf Strecken die kein erhöhtes Unfallaufkommen aufweisen, tätigen zu können.

Das sehr hohe Gewicht, welches in diesem Fall auf jeder einzelnen Unfallstelle liegt, verzerrt hierbei das Gesamtbild, insbesondere da die Strecken oft mehrheitlich eine niedrige Kritikalität aufweisen.

Ebenso wurde im Zuge der Modellanpassung ein Kompromiss zwischen dem Ergebnis auf den Strecken Exelberg (59%) und Kalte Kuchl (74%) einerseits, sowie der Strecke Höllental (52%) andererseits getroffen. Dieser Kompromiss konnte selbst durch alle Anpassungsversuche nicht beseitigt werden, und stellt vermutlich einen Hinweis auf weitere nötige Modellverfeinerungen dar. Möglicherweise sind hier unterschiedliche Modellparametereinstellungen für bestimmte Streckentypen erforderlich, um eine eindeutige Verbesserung zu bewirken.

8.3 Interpretation

Das statistische Modell liefert bereits auf dem gegenwärtigen Stand ein frühes Warnsystem durch eine Einteilung in die drei Kritikalitäts-Bereiche „niedrig“, „mittel“ und „hoch“, basierend auf der relativen Häufigkeit von Grenzwertüberschreitungen in einer Umgebung der Maxima der Gefahrenfunktion. Hierbei ist zu bedenken, dass eine Umgebung üblicherweise nicht „durchgehend kritisch“ ist, sondern dass in diesem Bereich auch riskante Fahrdynamik-Ereignisse auftreten können. Da das statistische Modell 1-Meter-Werte ausgibt, erscheint die Definition eines Gefahrenbereichs im Bereich der lokalen Maxima als sinnvoll.

Die Unterscheidung in drei unterschiedliche Kritikalitätsstufen ist besonders für eine Prioritätenreihung heranzuziehen. So sollte bei Streckenevaluierungen versucht werden die Bereiche mit hoher- bzw. mittlerer Kritikalität bevorzugt zu untersuchen, bevor die Streckenabschnitte mit niedriger Kritikalität betrachtet werden.

Die Zuordnung von Ursachen für das Auftreten eines lokalen Maximums ist nicht einfach durchzuführen, da die Risikobewertung aus Grenzwertüberschreitungen unterschiedlicher FahrerInnen sowie mehreren Messfahrten gemeinsam bestimmt wird. In einer ersten Näherung lassen sich die besonders relevanten Variablen wie z.B. die Gierwinkel-Geschwindigkeit aber auch die Y- und Z-Beschleunigung bestimmen. Denkbar wäre es, die Grenzwertüberschreitungsursachen jeweils für die Einzelfahrten zu ermitteln und in einem Zählmodell die Häufigkeit des Auftretens der Variablen als Maß der Relevanz für die Unfallstelle heranzuziehen.

Ferner können die Fahrdynamikdaten der Einzelfahrten rund um identifizierte Stellen im Detail untersucht werden, um daraus Hinweise auf auffällige Muster und damit mögliche Ursachen für das Auftreten von Kritikalitäten zu erhalten.

Damit die Frage nach den wesentlich bestimmenden Parametern vertiefend analysiert werden kann, benötigt es einen weitaus größeren Datensatz, unabhängig von dem gewählten Zugang.

8.4 ExpertInnenworkshop

Am 15. November 2018 fand im Rahmen des Projektes eine Diskussion mit 18 Motorrad-ExpertInnen aus unterschiedlichsten Bereichen statt. Dabei wurden vorläufige Ergebnisse präsentiert und anschließend diskutiert. Dadurch konnte einerseits wertvolles Feedback erlangt und andererseits viele inhaltliche Vorschläge erarbeitet werden. Nachfolgend sind die wesentlichen Punkte des Workshops aufgezählt:

- Ausgehend von einer Dauer eines Unfalls von ca. 1-2 Sekunden sowie einer gefahrenen Geschwindigkeit von 70km/h ergibt sich ein „pre incident Bereich“ von 40 Meter.
- Einzelne Unfalltypen in den Auswertalgorithmus zu implementieren erscheint sinnvoll, da z.B. an die 40% der Motorradunfälle Alleinunfälle sind.
- Unfälle der Obergruppe 2 (Frontalkollision) können sehr wohl ähnliche Charakteristika zeigen wie Unfälle der Obergruppe 0, insofern als ein Kontrollverlust der sonst zum Alleinunfall geführt hätte, in Gegenwart eines anderen Fahrzeuges zu einer Kollision geführt hat.
- Die Zulässigkeit der gemeinsamen Betrachtung verschiedener Unfalltypen mag nicht immer gegeben sein. Eine Anpassung an verschiedene Unterklassen (z.B. 0-13 Alleinunfall - Rechtsabkommen in der Linkskurve) könnte teilweise genauere Aussagen ermöglichen.

Bei dem durchgeführten Workshop wurde ebenfalls auf mögliche zukünftige Anwendungen eingegangen. So haben die ExpertInnen folgende drei Punkte als wesentliche Perspektiven angegeben:

- Ein großer Mehrwert kann durch die Verschneidung von Infrastrukturdaten mit den Fahrdynamikdaten erzielt werden und sollte in einem weiteren Projekt untersucht werden.
- Eine künftige Nutzung kann in der FahrerInnenausbildung liegen, indem typische Kombinationen von Gefahrenfaktoren erkannt und in der Motorrad-Fahrausbildung gezielt behandelt werden.
- Eine Ergänzung der Fahrdynamikdaten mit Daten von „Human Factors“ (z.B. Eyetracking, intelligenter Helm, Blutdruck, usw.) kann für eine zukünftige Erweiterung der statistischen Modelle angedacht werden.

8.5 Grafische Aufbereitung der Risikoanalyse

In diesem Kapitel finden sich die Analysen in grafischer Form aufbereitet. Zu sehen sind die sechs Untersuchungsstrecken, jeweils unterschieden pro Fahrtrichtung. Dies ist notwendig, da unterschiedlich kritische Streckenabschnitte auftreten können, je nachdem in welche Richtung die Strecke befahren wird. Die Fahrtrichtung 1 ist immer in Richtung aufsteigendem Kilometer, und wird zur schnelleren und leichteren Lesbarkeit zusätzlich durch die Symbole „-->“ oder „<--“ dargestellt. Die nachfolgende Abbildung 46 zeigt zusätzlich noch die genaue Anzahl an ermittelten Maxima in den jeweiligen Streckenbereichen. Auf diese Beschriftung wird in den weiteren Darstellungen verzichtet, da sie eigentlich nur für tiefergehende Analysen Verwendung findet. Es wurde ein Kritikalitätsindex für jede Fahrtrichtung einer Strecke berechnet, der auf den einzelnen Darstellungen angegeben wird. Dieser dient dazu, einen schnellen Überblick über der Kritikalität einer Strecke zu bekommen und einen ersten einfachen Vergleich zu ermöglichen. Der Kritikalitätsindex wird dabei durch folgende Formel berechnet:

$$K = \frac{\sum_{L=1}^3 A_L \times L}{S_{km}}$$

K = Kritikalitätslevel
 A = Anzahl kritischer Bereiche
 L = Kritikalitätslevel (niedrig 1, mittel 2, hoher 3)
 S = Länge der Strecke in Kilometer

Die farbliche Einfärbung der Strecke ist in die vier Kategorien „kein“ bis „hoher“ Kritikalitätslevel aufgeteilt. Der Schlüssel wird in Kapitel 8.2 näher erläutert, wobei mit „keine Kritikalität“ Bereiche definiert sind, in denen keine kritischen Abschnitte identifiziert wurden. Sollten sich mehrere Umgebungsbereiche überschneiden, so wird der jeweils höhere Kritikalitätslevel angezeigt.

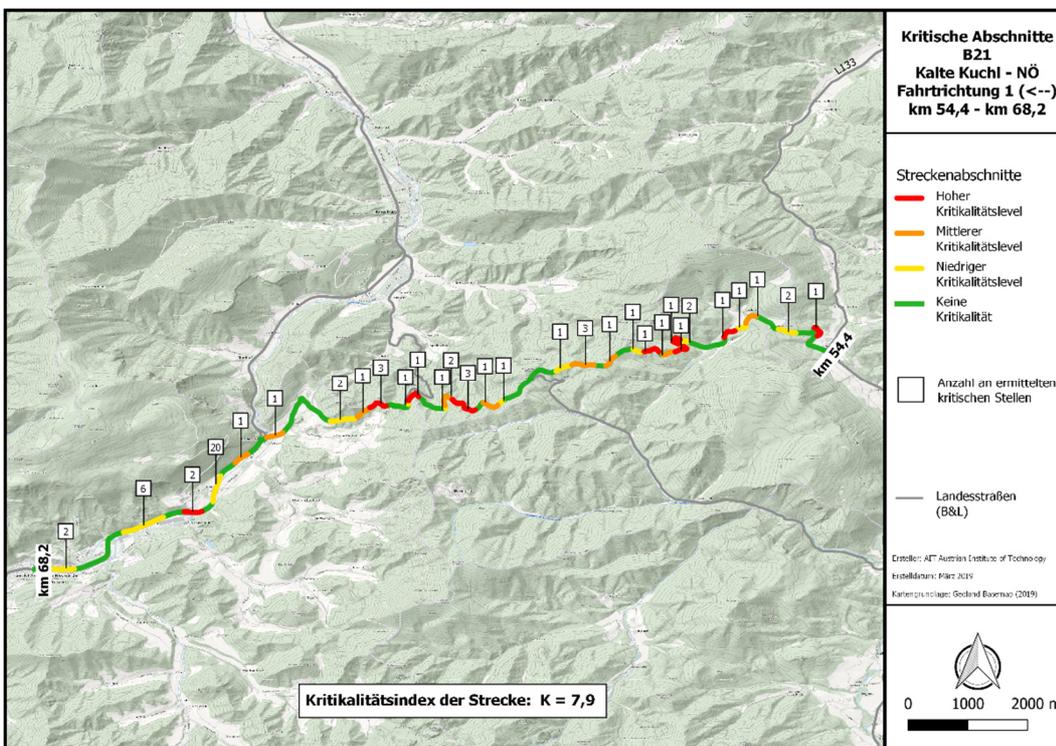


Abbildung 46: Kritische Streckenabschnitte B21, Fahrtrichtung 1, mit vollständiger Zuordnung der Streckenmaxima

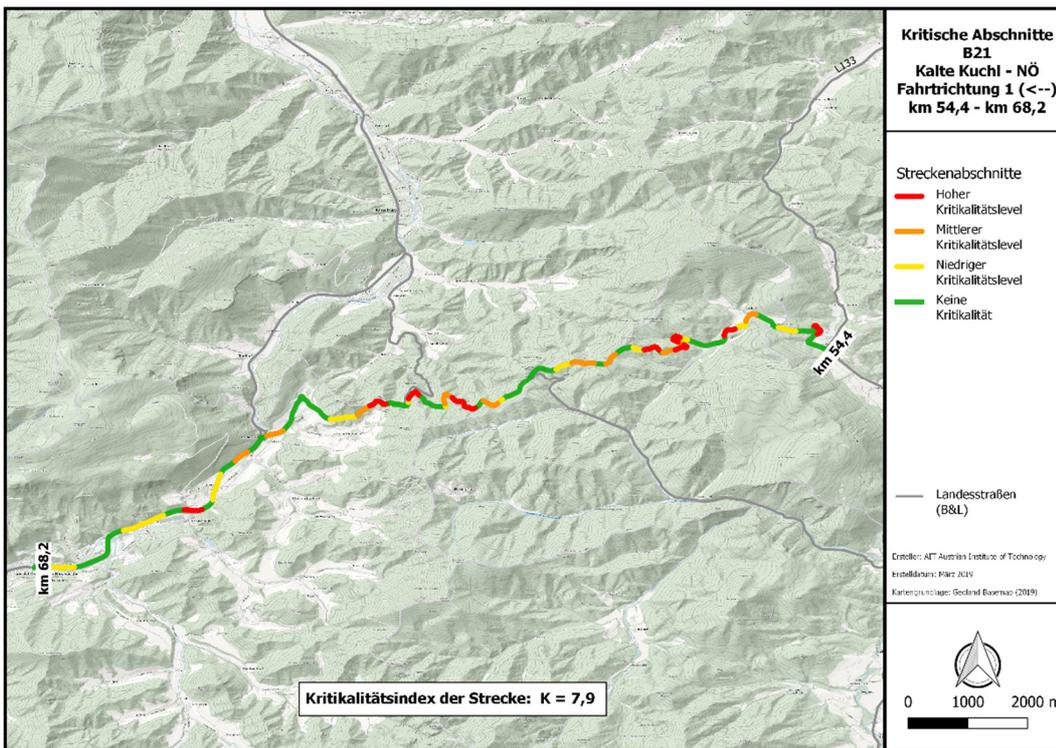


Abbildung 47: Kritische Streckenabschnitte B21, Fahrtrichtung 1

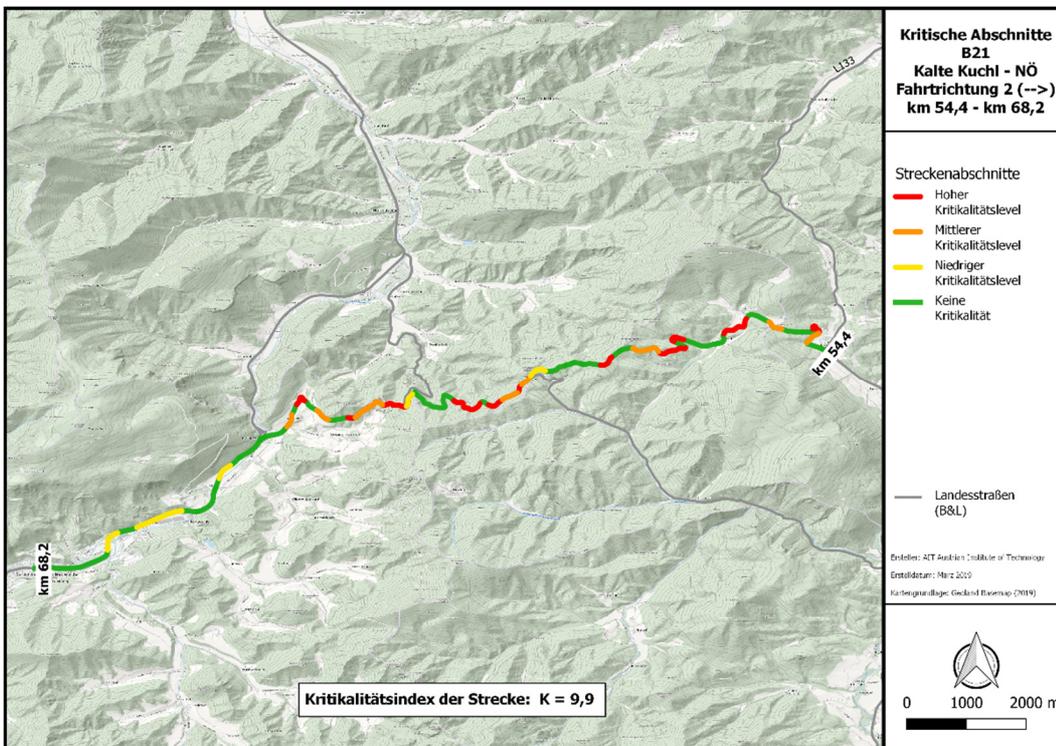


Abbildung 48: Kritische Streckenabschnitte B21, Fahrtrichtung 2

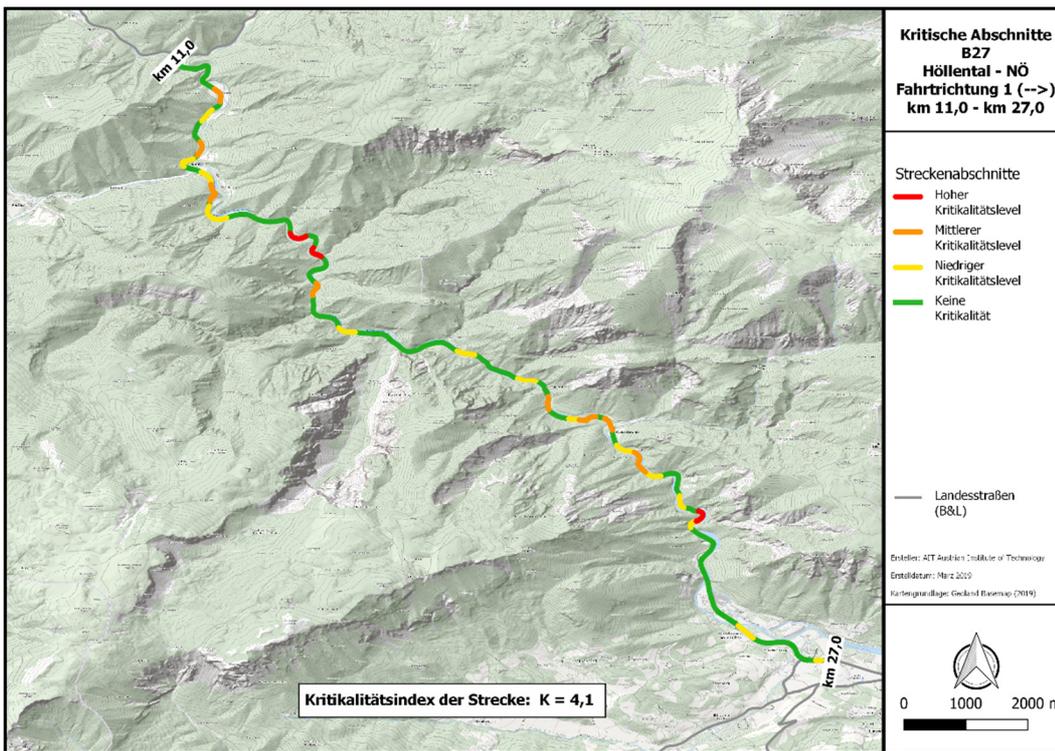


Abbildung 49: Kritische Streckenabschnitte B27, Fahrtrichtung 1

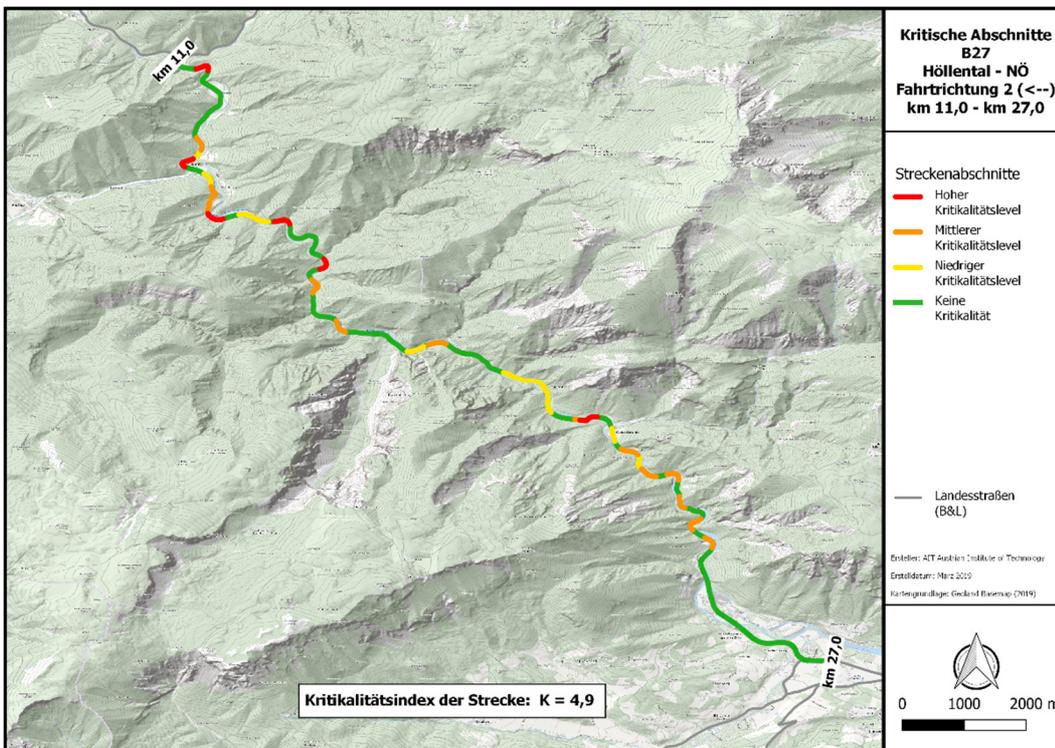


Abbildung 50: Kritische Streckenabschnitte B27, Fahrtrichtung 2

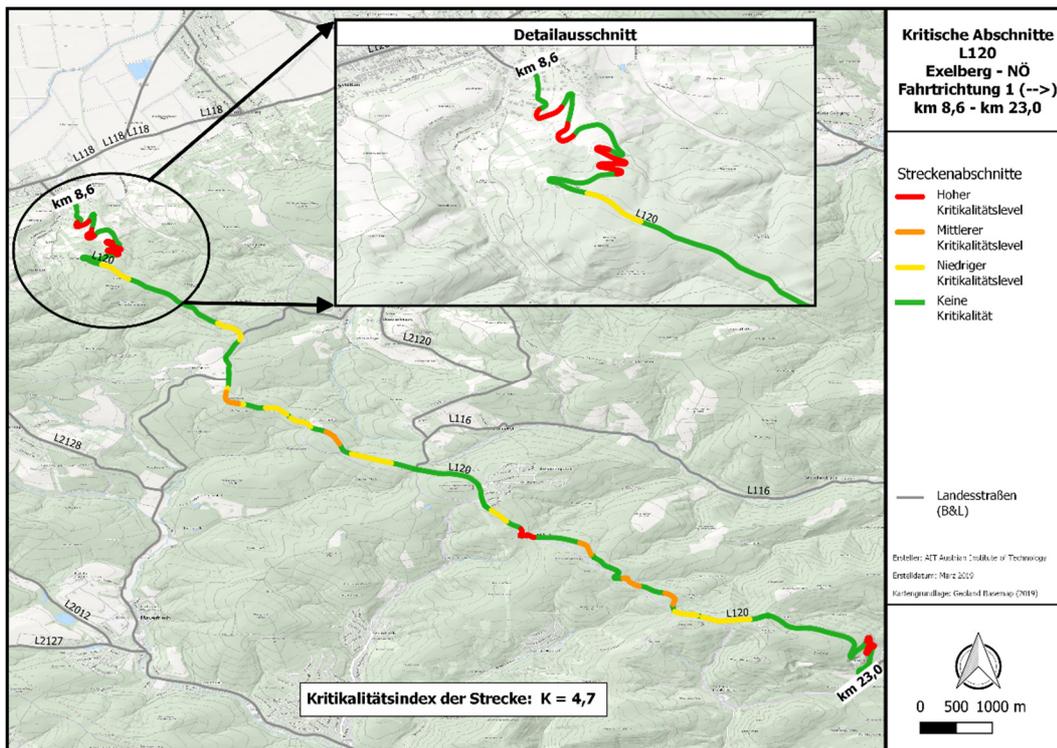


Abbildung 51: Kritische Streckenabschnitte L120, Fahrtrichtung 1

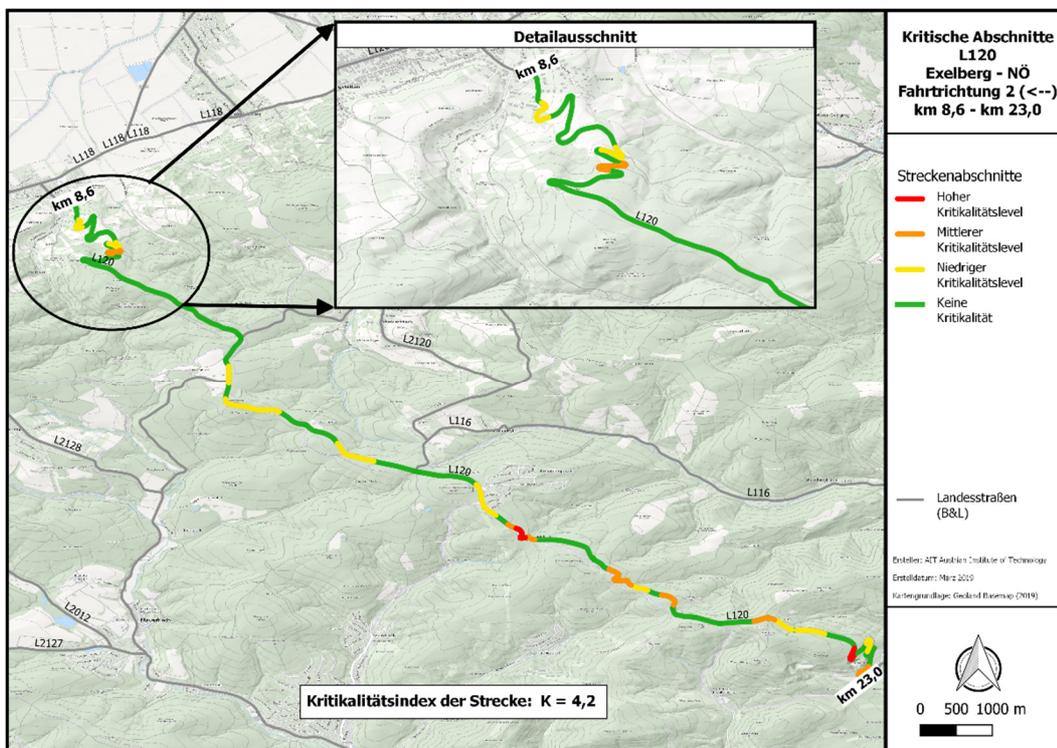


Abbildung 52: Kritische Streckenabschnitte L120, Fahrtrichtung 2

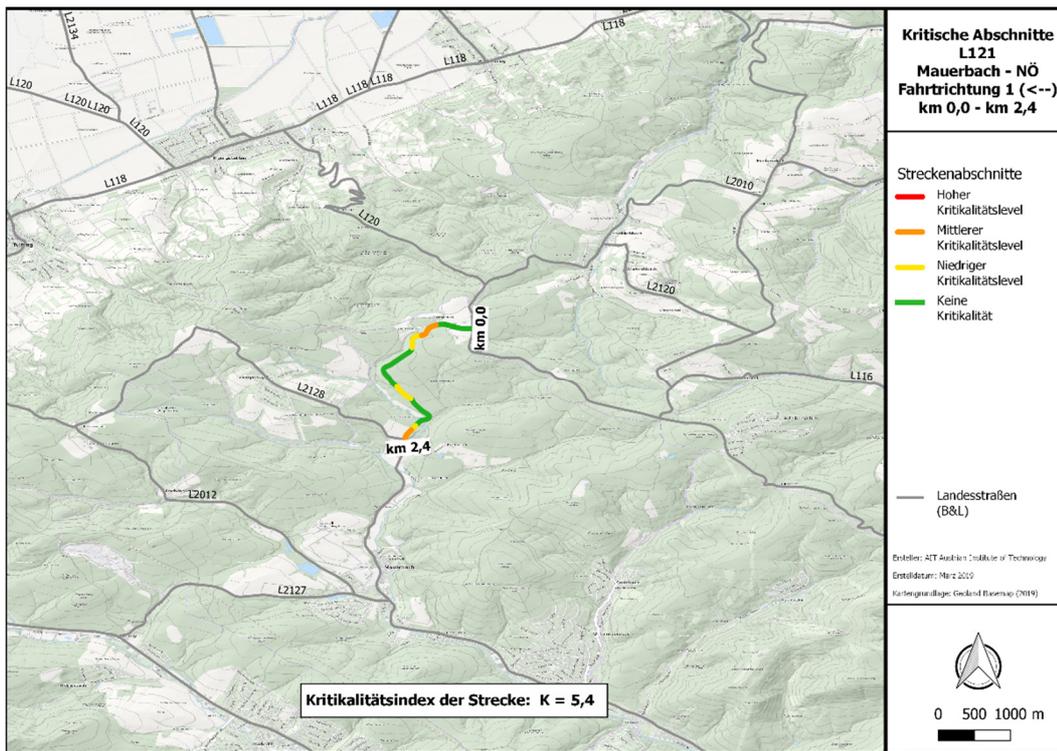


Abbildung 53: Kritische Streckenabschnitte L121, Fahrtrichtung 1

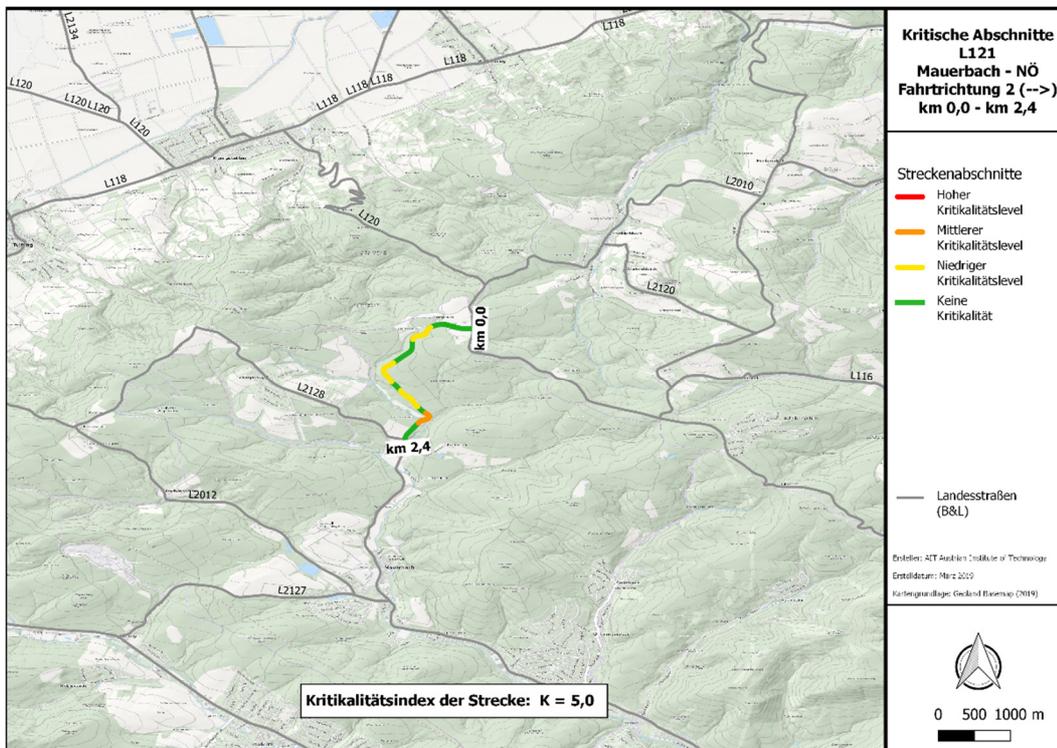


Abbildung 54: Kritische Streckenabschnitte L121, Fahrtrichtung 2

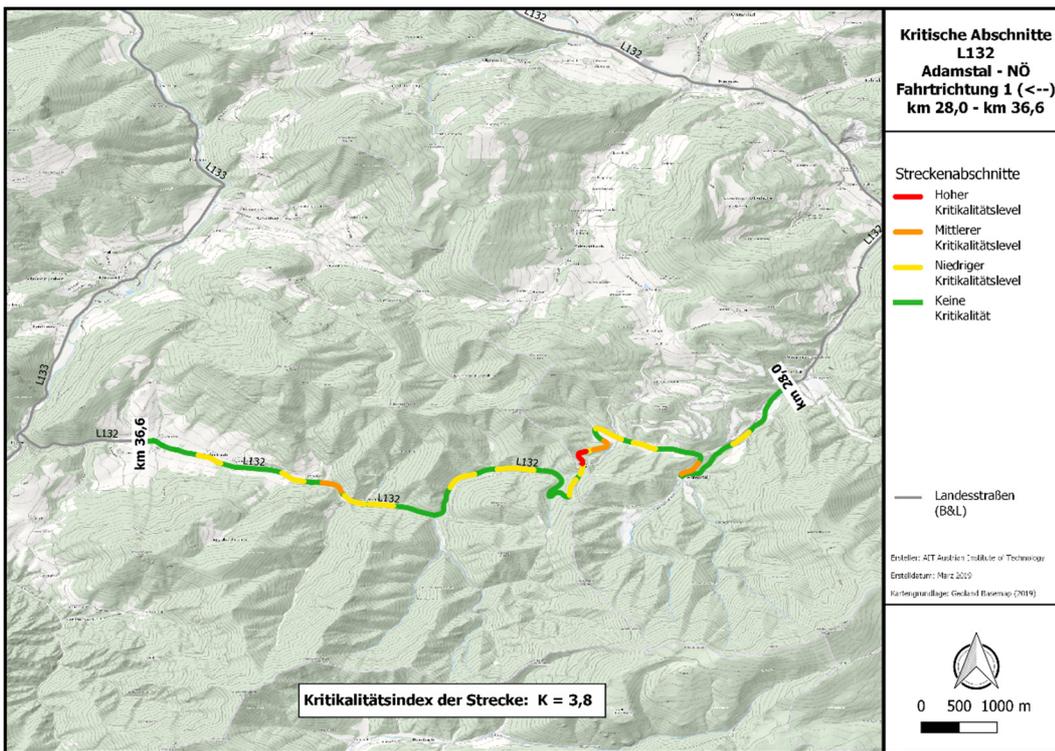


Abbildung 55: Kritische Streckenabschnitte L132, Fahrtrichtung 1

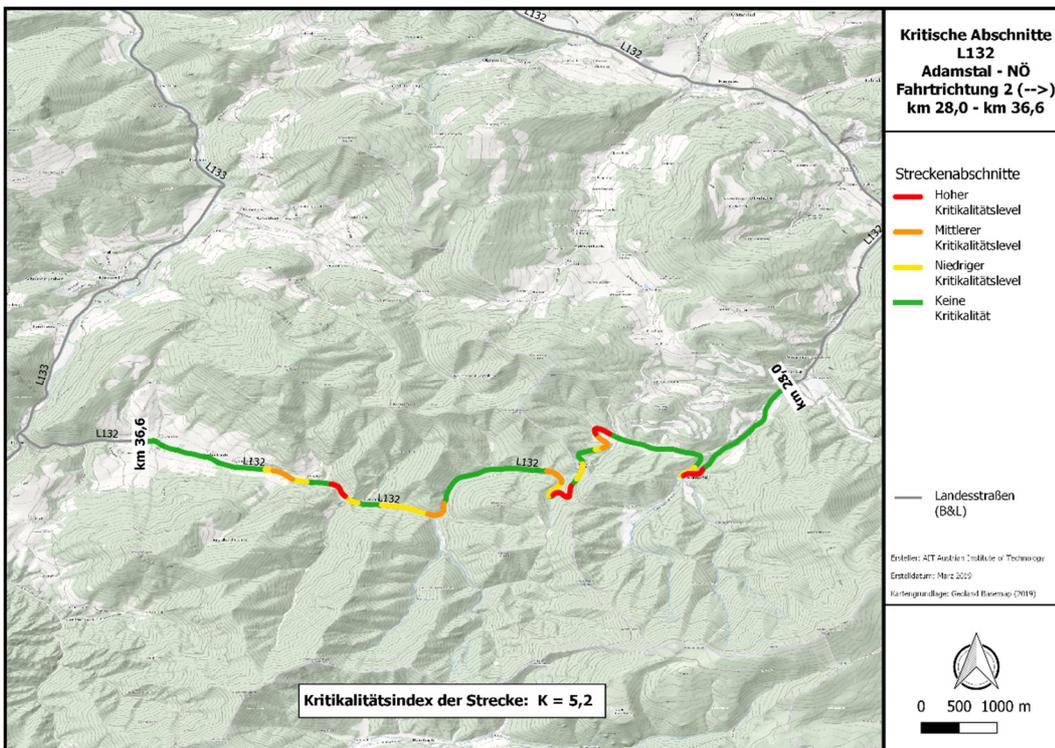


Abbildung 56: Kritische Streckenabschnitte L132, Fahrtrichtung 2

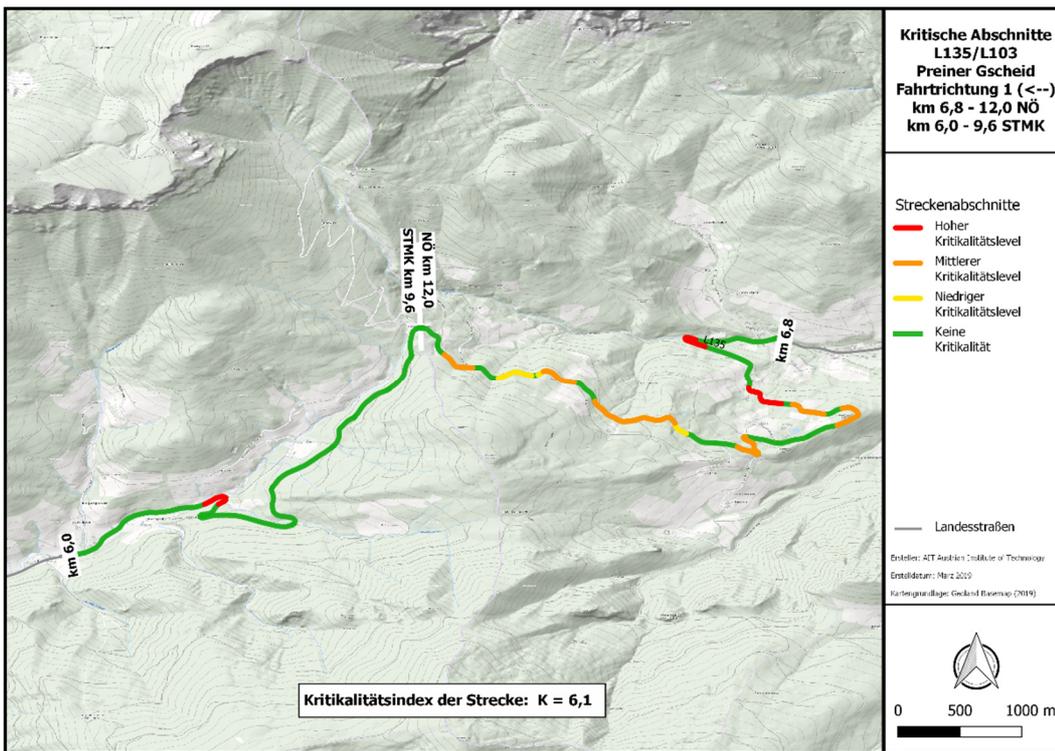


Abbildung 57: Kritische Streckenabschnitte L135/L103, Fahrtrichtung 1

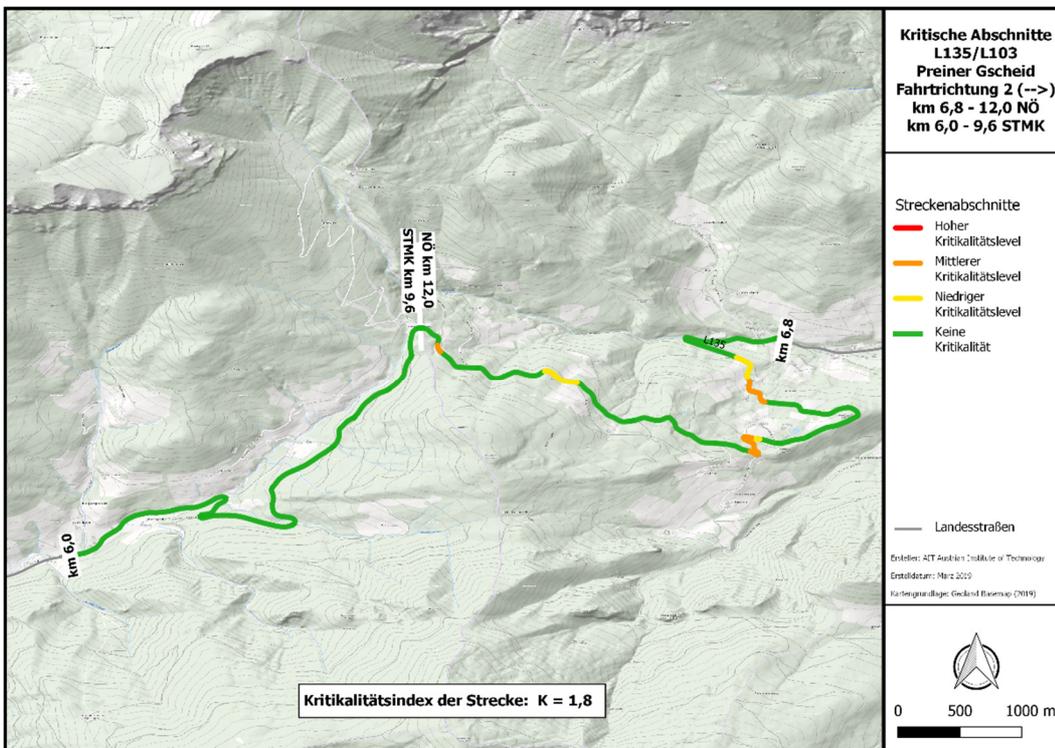


Abbildung 58: Kritische Streckenabschnitte L135/L103, Fahrtrichtung 2

9. Umsetzung & Anwendungsmöglichkeiten

9.1 Hazard Map

Die Forschungsergebnisse in viaMotorrad ermöglichen die semi-automatische Generierung einer (potentiellen) Gefahrenstellenkarte (Hazard Map), basierend auf gemessenen Fahrdynamikdaten. Die Validierung des entwickelten Verfahrens zeigt die hohe Qualität der Aussage über aktuelle und künftige Gefahrenstellen. Auf Grund der Unschärfen in der Verortung und aufgrund der praxisnahen Anwendungsmöglichkeit werden zusätzlich zu den kritischen Einzelpunkten, Streckenabschnitte auf deren Motorradsicherheitsrisiko beurteilt und dargestellt. Abbildung 59 zeigt ein Beispiel, wie solch eine Gefahrenstelle aussehen kann.



Abbildung 59: Fiktive Darstellung einer möglichen Gefahrenkarte

Die Gefahrenstellenkarte kann historische Unfalldaten und errechnete Risikostellen darstellen, auch ein zeitlicher Verlauf ist möglich und sinnvoll um etwaige Trends und Entwicklungen zu ermitteln. Spezialisten aus Forschungsinstituten, Planungsbüros und Behörden können diese Karten für spezifische Analysen verwenden, um Maßnahmen zur Senkung des Unfallrisikos zu planen. Eine spezifische Gefahrenkarte für MotorradfahrerInnen ist auch die Basis für den effizienten Einsatz der RVS 02.02.42 „Empfehlungen zur Verbesserung der Sicherheit für den Motorradverkehr“. In weiterer Folge ist die Gefahrenkarte die Entscheidungsgrundlage für eine Motorradspezifische Road Safety Inspection RSI (siehe Kapitel 9.2).

Für Unfallursachenanalysen und Tiefenanalysen können zusätzliche Daten in die Karte projiziert werden, wie z.B. Wetterdaten oder Straßenzustandsdaten. Unfallforscher und Unfallsachverständige haben die Möglichkeit, die Daten der Karte für ihre Berechnungen und Simulationen zu nutzen.

Eine Gefahrenstellenkarte hat auch Potential in digitalen Anwendungen. So können Verkehrssicherheitsanwendungen speziell in Kombination mit intelligenten Transportsystemen (ITS) verbessert werden. Intelligente und vernetzte Fahrzeuge können mit Informationen einer Gefahrenstellenkarte unterstützt und optimiert werden. Dabei werden die Streckeninformationen und Risikowerte über die Positionierung des individuellen Anwenders (Ort des Fahrzeuges) mit einem intelligenten Sicherheitssystem gekoppelt.

Künftig wäre es beispielsweise möglich, sogar in Echtzeit Fahrerassistenzsysteme über diese Informationsquelle zu verbessern, deren Steueralgorithmen könnten rascher und ortsbezogen angepasst werden. Ein ABS oder eine Traktionskontrolle wären noch effizienter, wenn ein rutschiger Abschnitt oder ein Streckenteil mit überdurchschnittlich hoher Griffigkeit die Systeme frühzeitig auf den möglichen Eingriff vorbereitet. Eine Auslösung kann somit rascher bzw. zielgerichteter erfolgen.

Ein visionärer Ansatz wäre auch die Nutzung der durch Fahrdynamikdaten generierten Gefahrenstellen als Trigger für ein Notrufsystem der Infrastruktur – der sogenannte „eCall der Straße“. Bei Überschreitung bestimmter Grenzwerte, können schadhafte oder gefährliche Streckenabschnitte in Echtzeit von modernen Fahrzeugen detektiert werden. Diese können an die örtliche Straßenverwaltung (Streckendienst, Straßenmeisterei) gesendet werden, um dort in einem digitalen Schadenskatalog, zur Priorisierung der Maßnahmen, verwertet zu werden. Ein sehr plötzlich aufgetretenes Risiko, z.B. rutschige Stelle aufgrund von Dieselkraftstoff auf der Fahrbahn, kann damit rasch erkannt und beseitigt werden.

9.2 Anwendungsbeispiel (RSI)

Zur Bestandsprüfung bestehender Straßenabschnitte im Hinblick auf die Verkehrssicherheit sowie für sicherheitsrelevante Neu- und Umplanungen von Straßen werden Road Safety Inspections (RSI) nach der RVS 02.02.34 und Road Safety Audits (RSA) nach der RVS 02.02.33 durchgeführt. Diese Überprüfungen betreffen primär das hochrangige Straßennetz und sind in erster Linie auf den PKW-Verkehr ausgerichtet. Die Besonderheiten des Motorradverkehrs finden dabei ihren Niederschlag in der RVS 02.02.42 „Empfehlungen zur Verbesserung der Sicherheit für den Motorradverkehr“. Allerdings zielen diese Empfehlungen auf bauliche Änderungen an der Infrastruktur, sowie an Verkehrszeichen, Leiteinrichtungen u.ä. ab, ohne aber die spezifischen Eigenheiten der Fahrdynamik von einspurigen Fahrzeugen ausreichend zu berücksichtigen.

Der Problembereich RSI und Motorradsicherheit wurde in dem Forschungsprojekt „RSI-4-2 Wheelers“¹⁹ umfangreich bearbeitet. Das Ziel des Projektes war: „eine Empfehlung zu erarbeiten, welche Auditoren und Inspektoren von Road Safety Audits (RSA) und Road Safety Inspections (RSI) dabei unterstützt, fahrstrecken-spezifische und fahrdynamische Besonderheiten, welche für MotorradfahrerInnen wesentlich und relevant sind, zu berücksichtigen.“

¹⁹ (Kraut, 2019)

Als Ergebnis wurde eine „Erweiterung der bis dato durchgeführten Standard Road Safety Inspections (RSI) und Road Safety Audits (RSA) um eine detaillierte Einzelunfallrekonstruktion, eine Nachtrassierung des betreffenden Streckenabschnittes und eine darauf basierende Sensitivitätssimulation und -analyse vorgeschlagen, bei der vor allem für einspurige Kraftfahrzeuge relevante Mängel erhoben und entsprechende Maßnahmen entwickelt und überprüft werden“.²⁰

Die Einbeziehung und Berücksichtigung von motorradspezifischen Aspekten bei Road Safety Überprüfungen kann aber auch mit der im gegenständlichen Projekt viaMotorrad angewendeten Methodik erfolgen. Im Weiteren wird anhand eines Beispiels gezeigt, welche Ergebnisse dabei erzielt werden können und welche Vorzüge und Einschränkungen dabei zu beachten wären.

9.2.1 RSI / RSA zu Packer Straße km 110,0 – 113,0

Im ebenfalls vom VSF geförderten Projekt „RSI-4-2 Wheelers“ wurde der Streckenabschnitt von km 110,0 bis km 113,0 auf der B70 (Packer Straße) einer genauen Analyse unterzogen. Hintergrund ist, dass dieser Abschnitt eine erhöhte Häufigkeit von Unfällen mit Motorradbeteiligung aufweist und daher von RSI und RSA erwartet werden muss, dass diese Überprüfungen auch Antworten auf die Fragen nach den Ursachen und Problemlösungsvorschläge liefern können.

Im Rahmen einer „erweiterten RSI“ wurden Einzelunfallrekonstruktionen durchgeführt, mit dem Ergebnis, dass häufig nicht die von den Polizeikräften vermutete „nicht angepasste Geschwindigkeit“ die Unfallursache ist, sondern typische fahrdynamisch-motorradspezifische Fahrfehler (z.B. Abkommen von der Straße nach einem Bremsmanöver). Weiters wurde eine „Nachtrassierung“ des Streckenabschnittes vorgenommen: „Die Analyse der Entwurfselemente zeigt recht deutlich, dass Abweichungen zum Stand der Technik beziehungsweise zu den aktuellen Richtlinien und Vorschriften für das Straßenwesen auf der Packer Straße festzustellen sind. Teilweise werden sogar mehrere unterschiedliche Grenzwerte der Entwurfselemente in einzelnen Abschnitten nicht eingehalten.“ Daraus ergibt sich: „Der Vergleich der Analyse der Trassierung mit dem tatsächlichen Unfallgeschehen weist eine sehr gute Übereinstimmung auf. In den Abschnitten, in welchen mehrere diverse relevante Grenzwerte der Entwurfselemente der Bestandsstrecke aufgrund der Topografie bzw. örtlichen Situation nicht dem heutigen Stand der Technik entsprechen, ist auch ein erhöhtes Unfallgeschehen auf der Packer Straße festzustellen. Hier wird [...] hingewiesen, dass die RVS 03.03.23 grundsätzlich nur für die Neu- und Umtrassierung von Freilandstraßen anzuwenden ist, diese aber als erste Grundlage für eine grundsätzliche Detektion der abweichenden bzw. kritischen Entwurfselemente sehr gut geeignet ist [...]“²¹ Schließlich wurden Fahrlinienvariationen simuliert und diese mit den ebenfalls durchgeführten Fahrversuchen mit mehreren Probanden und unterschiedlichen Motorrädern verglichen: „Zusammenfassend ergab sich aus der Sensitivitätsanalyse, aufgrund der unterschiedlichen geometrischen Abmessungen und der daraus resultierenden Schwerpunkthöhen sowie auch aus den Probandenstudien in Kombination mit den unterschiedlichen Fahrern, dass die Fahrtrajektorien der Motorräder stark variierten.“²²

²⁰ (Kraut, 2019)

²¹ (Kraut, 2019)

²² (Kraut, 2019)

9.2.2 Befahrung der Packer Straße im Bereich km 104,0 – 114,0

In Zusammenarbeit mit Fr. DI M. Kraut, Leiterin des Forschungsprojektes „RSI-4-2 Wheelers“, wurde die B70 Packer Straße im Abschnitt zwischen den Ortschaften Griffen und Framrach in beide Fahrrichtungen mehrfach durch verschiedene FahrerInnen mit dem MoProVe befahren. Der messtechnisch erfasste Bereich der B70 umfasst den Abschnitt zwischen Streckenkilometer 104,0 bis 114,0 also rund 10 km Fahrstrecke.

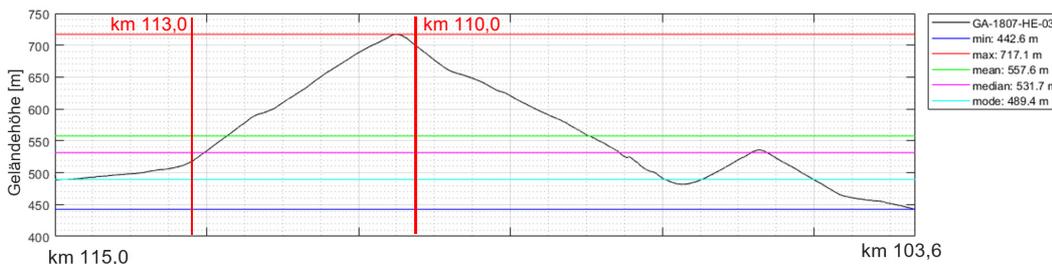


Abbildung 60: Höhenprofil der Messstrecke zwischen km 115,0 – 103,6

In Abbildung 60 wird das Höhenprofil einer Messfahrt in Richtung 2 (d.h. in Richtung absteigender Streckenkilometer) dargestellt, wobei die Geländehöhe zunächst kontinuierlich von 490 m am Beginn auf 717 m ansteigt, um dann bis zum Messstreckenende über einen kurzen Bergauf-Abschnitt wieder auf 443 m abzufallen. Für diesen Streckenabschnitt liegen die Fahrdynamik-Daten von insgesamt 26 Messfahrten in jede der beiden Richtungen vor. Die weitere Detailanalyse beschränkt sich jedoch auf den Streckenabschnitt zwischen km 110,0 bis 113,0, weil dieser Abschnitt detailliert im Projekt „RSI-4-2 Wheelers“ untersucht wurde und sich daher für vergleichende Studien eignet.

9.2.3 Detailergebnisse zur Packer Straße km 113,0 – 110,0; Fahrtrichtung 2

Die folgenden ausführlichen Darstellungen der wichtigsten fahrdynamischen Messgrößen sollen vor allem zeigen, dass sich ein Zusammenhang zwischen unfallkritischen Streckenabschnitten und fahrdynamischen Merkmalen herstellen lässt. Dazu wurden drei tatsächliche Unfallstellen (km 110,0; km 111,8; km 112,15) aus dem Bericht „RSI-4-2 Wheelers“ in die Diagramme eingetragen, und zwar durch drei rot gekennzeichnete Streckenabschnitte. Die übliche Kennzeichnung einer Unfallstelle durch Markierung des jeweiligen Ortes auf der Streckenachse wurde durch eine Bereichsangabe ersetzt. Der Grund dafür ist unter anderem, dass ein Unfall eine unfallrelevante „Vorgeschichte“ hat und daher dieser Abschnitt bei der Analyse und umso mehr bei der Prävention und Prädiktion von primärem Interesse ist.

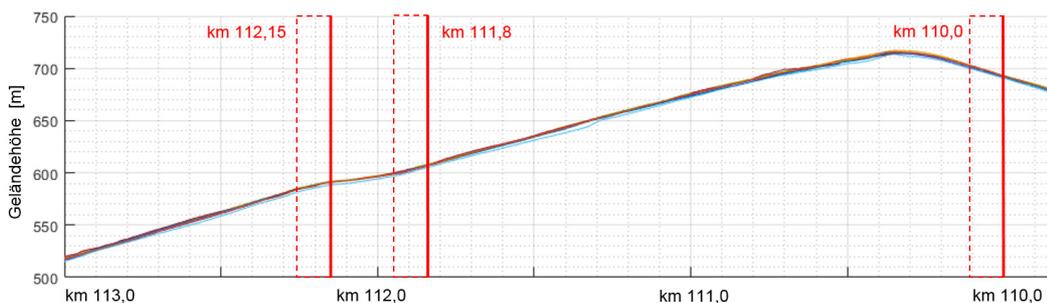


Abbildung 61: Höhenprofil der Messstrecke zwischen km 113,0 – 110,0

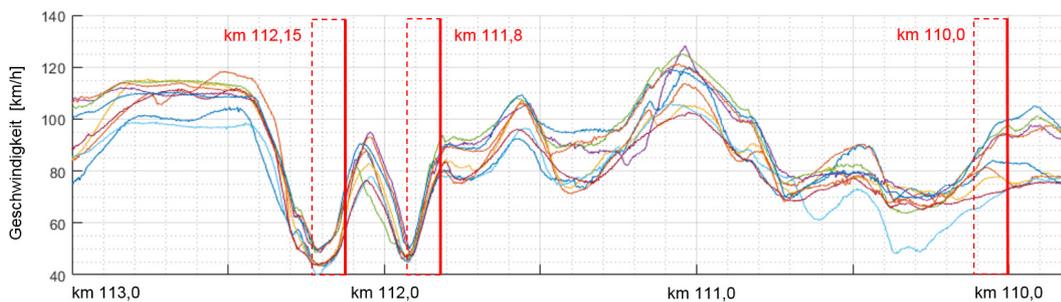


Abbildung 62: Geschwindigkeitsprofile von 9 Messfahrten (2 FahrerInnen) km 113,0 – 110,0

In Abbildung 61 ist das Höhenprofil und in Abbildung 62 der Geschwindigkeitsverlauf einiger ausgewählter Messfahrten in Fahrtrichtung 2 (von km 113,0 bis km 110,0) dargestellt. Es ist unschwer zu erkennen, dass es sich um eine Bergauf-Fahrt handelt. Wegen der reichlich vorhandenen Leistung des Messmotorrades, sind die FahrerInnen in ihrer Wahl der Fahrgeschwindigkeit nicht durch die Motorleistung eingeschränkt. Dies führt dazu, dass auch auf diesem Bergauf-Fahrabschnitt die 100 km/h Grenze mehrfach überschritten wird. Anhand der gezeigten mehrfachen Messfahrten von (hier zwei) verschiedenen FahrerInnen ist gut erkennbar, dass auf manchen Streckenabschnitten die gefahrene Geschwindigkeit sehr ähnlich ist und die Messkurven dicht neben einander liegen, und dass auf anderen Abschnitten die gefahrene Geschwindigkeit größeren Schwankungen zwischen den beiden FahrerInnen, aber auch für einen/eine FahrerIn bei verschiedenen Fahrten vorliegen. Eine stark unterschiedliche Geschwindigkeitswahl kann verschiedene Gründe haben, wobei verkehrsbedingte Einflüsse ausscheiden, weil die Daten von Fahrten hinter einem anderen Fahrzeug nicht in diese Auswertung aufgenommen wurden. Es ist daher klar, dass sich besonders in der ersten bzw. den ersten Fahrten eines/einer FahrerIn die straßentechnischen Besonderheiten besonders niederschlagen, während nach einigen Messfahrten der/die VersuchsfahrerIn die Strecke „gelernt“ hat und daher vom Straßenverlauf, den Sichtverhältnissen, etc. nicht mehr überrascht wird. Das heißt, dass ein/eine FahrerIn nach seinen/ihren ersten Fahrten die Streckenbesonderheiten eher und besser durch eine schnellere Fahrweise abbilden kann. Dies erklärt auch teilweise, weshalb immer wieder kurze Überschreitungen der vorgeschriebenen Höchstgeschwindigkeit verzeichnet wurden.

Überhöhte Geschwindigkeit bzw. nicht angepasste Geschwindigkeit wird häufig von den Behörden als Unfallursache angegeben. Im betrachteten Streckenabschnitt ereigneten sich im Zeitraum 2012 – 2015 insgesamt 10 Motorradunfälle wovon bei fünf als Unfallursache „Nicht angepasste Geschwindigkeit“ angegeben wird. In dem RSI-Bericht wird anhand von Einzelanalysen der Unfälle gezeigt, dass in einigen Fällen die tatsächliche Unfallursache aber eine ganz andere war. Für die Auswertung der Messfahrten eignet sich daher die absolute Fahrgeschwindigkeit weniger gut als Kriterium für die Streckenbeurteilung nach fahrdynamischen Gesichtspunkten.

Dafür können aber die „Variabilität der Geschwindigkeit“ und natürlich auch deren zeitliche Änderung nutzbringende Informationen liefern. Mit der Variabilität ist die unterschiedlich gefahrene Geschwindigkeit an einer bestimmten Stelle gemeint. Dies kann in einer unterschiedlichen Einschätzung des Straßenverlaufes und der

angepassten Geschwindigkeit begründet sein, wobei hier mehrere Einflüsse zusammenwirken: Einsehbarkeit des Straßenverlaufes, Wahl der Fahrlinie, antizipierte Eigenschaften des Straßenbelages, etc. Während ein/eine FahrerIn durch mehrmaliges Befahren die Strecke „lernt“ und immer besser einschätzen kann, drückt die Variabilität zwischen FahrerInnen auch den unterschiedlichen Fahrstil und die Risikobereitschaft aus.

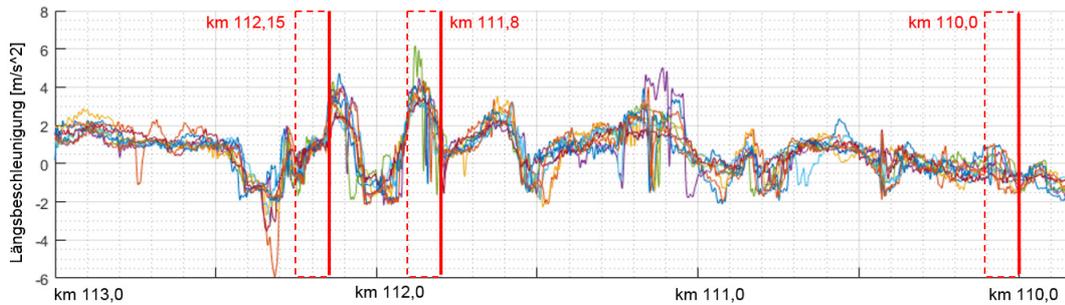


Abbildung 63: Längsbeschleunigung bei 9 Messfahrten (2 FahrerInnen) km 113,0 – 110,0

Ein aussagekräftiger Parameter ist natürlich auch die zeitliche Geschwindigkeitsänderung, bei negativem Vorzeichen als Verzögerung, im positiven Fall als die Beschleunigung bezeichnet. Die Abbildung 63 zeigt den über den Weg dargestellten Beschleunigungsverlauf in Längsrichtung zu den oben gezeigten Geschwindigkeitsverläufen. Einerseits fällt auf, dass sich die Verläufe der verschiedenen Messfahrten doch sehr ähnlich sind, andererseits gibt es immer wieder Abschnitte, wo die Messwerte stärker streuen und unterschiedliche Ergebnisse anzeigen. Sowohl die Höhe der Längsbeschleunigung wie auch die Variabilität sind gute Indikatoren für die Wirkung der Eigenschaften und Merkmale der Strecke auf das System FahrerIn-Motorrad und eignen sich daher auch als Unfallmarker. Allerdings ist die Interpretation der Messsignale nicht einfach durchzuführen und vielfach reicht die Analyse von nur einer fahrdynamischen Größe (hier Beschleunigung) nicht aus.

Während die Fahrgeschwindigkeit und die Längsbeschleunigung klarerweise insbesondere die Längsdynamik abbilden, wird die Quer- und die Kurvendynamik im Wesentlichen durch die Querbeschleunigung, durch den Rollwinkel und die Rollrate beschrieben.

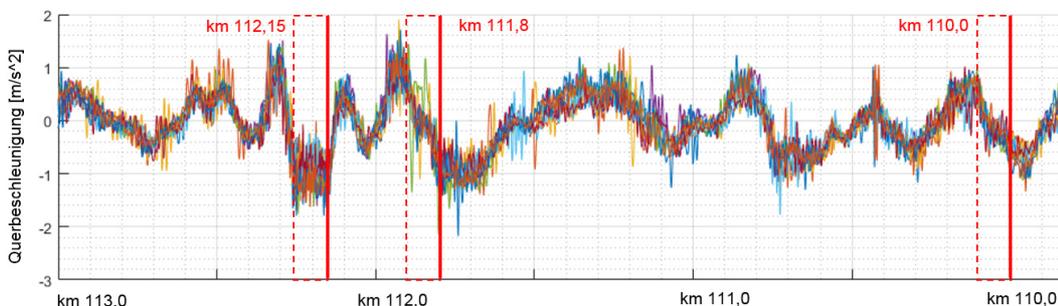


Abbildung 64: Querbeschleunigung bei 9 Messfahrten (2 FahrerInnen) km 113,0 – 110,0

Die Abbildung 64 zeigt die gemessenen Querbeschleunigungen, dargestellt in einem mit dem Motorrad verbundenen Koordinatensystem. Dies hat zur Folge, dass die Signalwerte nicht die horizontale Querbeschleunigung im raumfesten

Inertialsystem zeigen, sondern die fahrzeugfeste Querbewegung, welche beim Auftreten eines Rollwinkels bzw. einer Rollbewegung (Rollrate) um die Längsachse etwas andere Werte ausgibt. Die grafische Darstellung der Winkel-Definitionen ist in Anhang 11.11 ersichtlich.

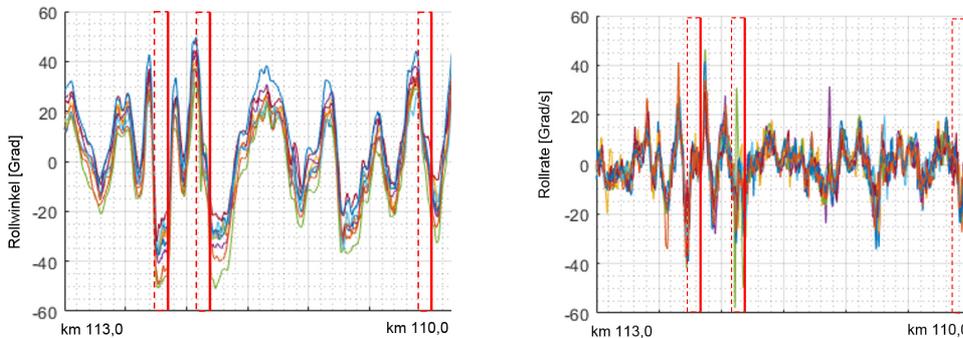


Abbildung 65: Rollwinkel (links) und Rollrate (rechts) bei 9 Messfahrten (2 FahrerInnen) km 113,0 – 110,0

Passend zu diesem Diagramm wird in der Abbildung 65 links der Rollwinkel und rechts die Rollrate gezeigt. Auch in diesen beiden Diagrammen sind diese Verläufe der Messgrößen der neun Fahrten zueinander sehr ähnlich, wenngleich die auftretenden Extremwerte trotzdem durch eine stärkere Variabilität gekennzeichnet werden. Zur Ergänzung und Komplementierung wird in der Abbildung 66 der Lenkwinkel gezeigt. Man kann auch in diesem Diagramm gut erkennen, dass es einige kurze Streckenabschnitte gibt, innerhalb derer die Variabilität deutlich größer ist als in anderen Bereichen.

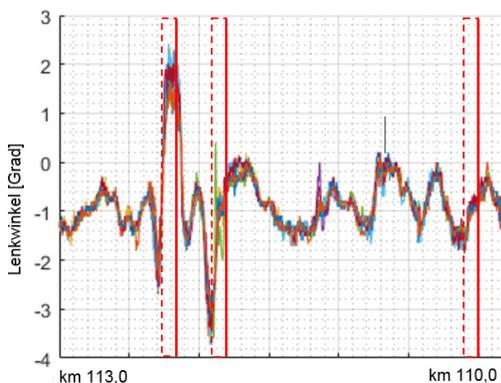


Abbildung 66: Lenkwinkel bei 9 Messfahrten (2 FahrerInnen) km 113,0 – 110,0

Es übersteigt den Rahmen dieses Berichtes hier im Detail auf die einzelnen Unfallstellen einzugehen, dies kann in dem Bericht „RSI-4-2 Wheelers“²³ nachgelesen werden. Wesentlich ist hier vielmehr und wie schon oben angedeutet, dass sich diese Unfälle auch in den Fahrdynamik-Daten abbilden. Allerdings nicht oder nur in wenigen Ausnahmen anhand von einfachen und „mit freiem Auge“ erkennbaren Merkmalen in den Signalverläufen. In den meisten Fällen sind es Merkmale in mehreren der Zeitverläufe der Fahrdynamik-Parameter, welche quasi ein komplexes „Datenmuster“ bilden, das den Unfallbereich in den Messungen charakterisiert.

²³ (Kraut, 2019)

Die Methodik dieses in der Unfallprävention neuartigen Ansatzes wurde im vorangegangenen Kapitel 8 ausführlich erläutert. Eine Anwendung der erläuterten Analysemethoden sowie die damit erzielten Ergebnisse für die Packer Straße erläutert der nachfolgende Abschnitt. An dieser Stelle bleibt noch zu erwähnen, dass die in den obigen Diagrammen rot markierten Streckenabschnitte jene sind, welche als unfallkritisch erkannt wurden und auf welchen sich auch tatsächlich schon Unfälle ereignet haben. Mithin kann man anhand des Studiums der Diagramme einen Eindruck von der Leistungsfähigkeit der hier eingesetzten Methode der Datenanalyse erhalten.

Ein Vergleich der hier entwickelten Prädiktionsmethode mit den Ergebnissen einer RSI wurde als Erweiterung der Grundfragestellung des Projekts viaMotorrad (Prädiktion von Gefahrenstellen) angestrebt. Zu diesem Zweck wurden die Positionen der gefundenen Maxima aus dem neuen Modellansatz mit den besonderen Fokuspunkten der oben genannten RSI entlang der B70/Packer Straße (Straßenkilometer 110,0 bis 113,0) verglichen. Im Folgenden wird einmal die gesamte von den TestfahrerInnen befahrene Strecke (Kilometer 104,0 bis 114,0) mit den gefundenen Maxima aus dem Berechnungsmodell in den nachfolgenden Abbildungen Abbildung 67 sowie Abbildung 68, für jeweils eine Fahrtrichtung abgebildet. Im Anschluss daran (siehe Abbildung 69) wurde ein Ausschnitt der RSI mit den relevanten Punkten abgebildet.

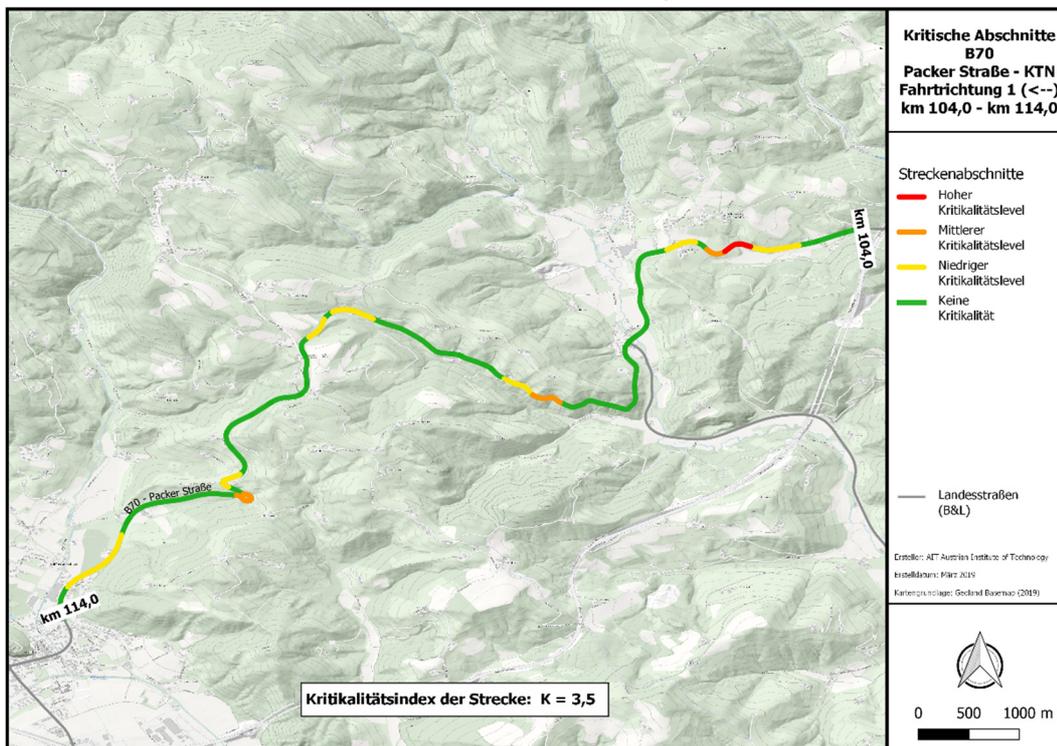


Abbildung 67: Kritische Streckenabschnitte B70, Fahrtrichtung 1

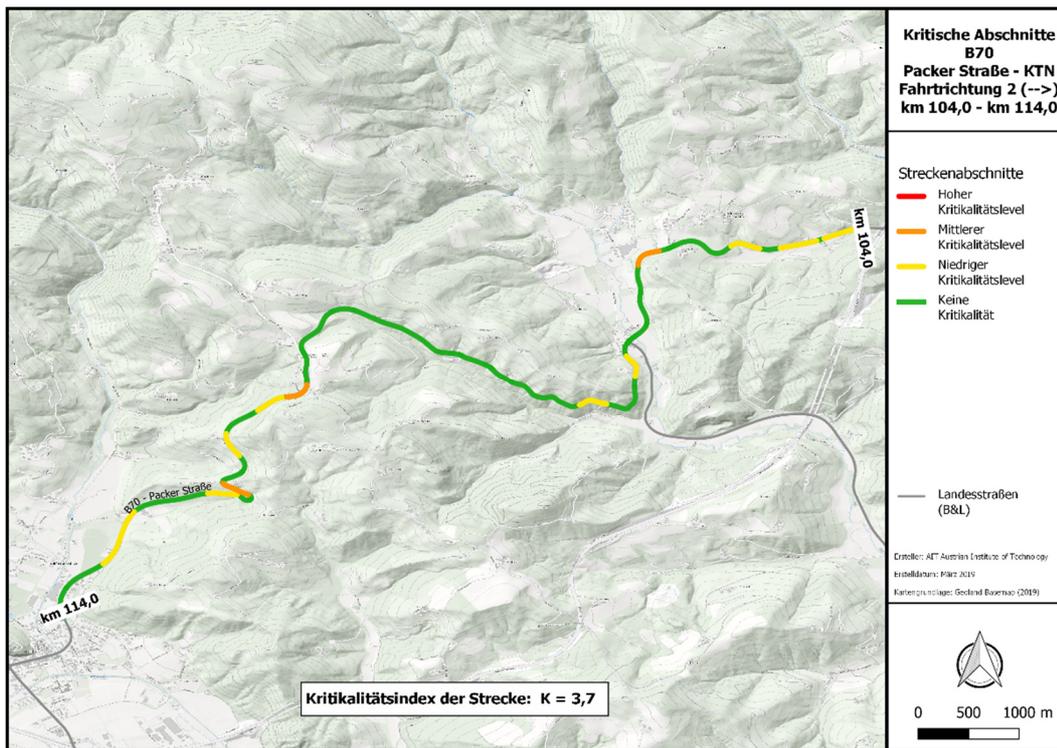


Abbildung 68: Kritische Streckenabschnitte B70, Fahrtrichtung 2

Im Zuge der RSI Analyse wurden 17 Streckenbereiche (siehe Tabelle 17) gefunden die eine Kritikalität aufweisen, wobei sich zehn in Fahrtrichtung 1 und sieben in Fahrtrichtung 2 befinden.

Fahrtrichtung	Kilometer	Eigenschaft	Stelle in Abb. 69
1	110,000	Leitschiene	
1	110,123	Sicht	
1	110,240	Sicht	
1	110,457 und 110,647	Sicht	
1	110,787	Sicht, Einmündung	
1	110,135	Leitschiene	
1	111,450	Sicht, Einmündung	
1	112,130	Sicht	
1	111,894	Leitschiene	
1	112,260	Haltestelle	
1+2	111,750	Einmündung	C
2	112,956	Haltestelle, Sicht	A
2	112,200	Haltestelle, Sicht	B
2	110,541	Einmündung	D
2	110,366	Fahrbahnschäden	
2	110,251	Optische Linienführung	
2	110,008	Leitschiene	

Tabelle 17: Gefahrenbereiche auf der B70 aus der RSI²⁴

²⁴ (Kraut, 2019)

Bei fünf von acht RSI Stellen (62%), konnte durch Berechnung mit dem statistischen Modell auch ein Gefahrenfunktionsmaxima gefunden werden. Dabei befinden sich zwei Stellen im Nahbereich einer ermittelten mittleren Kritikalität und drei Punkte in der Umgebung niedriger Kritikalitäten.

Die größte Übereinstimmung ist in Fahrtrichtung 2 zu verzeichnen. Hierbei ist auffällig, dass die Maxima der Gefahrenfunktion primär an den Übergängen verschiedener Fahrmodi (Kurve zu Gerade und wieder zu Kurve) zu finden sind, wohingegen die Punkte der RSI primär an geometrisch ausgezeichneten Punkten liegen. Hier mag sich ein Einfluss der kurvenreicheren Strecken, wie sie bei der Kalten Kuchl oder Exelberg (Serpentinen) vorliegen, auf das Modell bemerkbar machen, auf denen der Übergang zwischen verschiedenen Fahrmodi ein guter Indikator für das Vorliegen einer Unfallstelle sein mag.

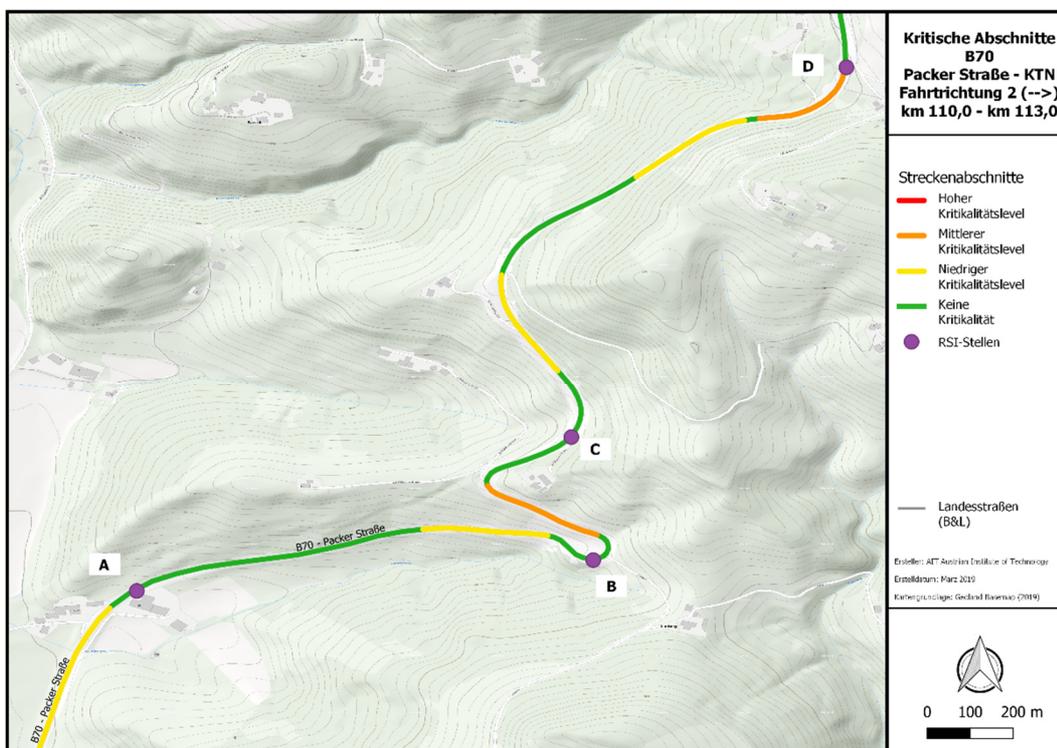


Abbildung 69: Ausschnitt der RSI mit Maxima der Gefahrenfunktion von km 110,0 – km 113,0; Fahrtrichtung 2

Vergleicht man die Maxima der Gefahrenfunktion für die Fahrtrichtung 2 mit den kritischen Stellen der RSI (siehe Abbildung 69), so ergeben sich nachfolgende Details:

- RSI Stelle A – km 112,956

Hier liegt ein Gefahrenfunktionsmaximum und dessen Umgebungsbereich kurz vor der in der RSI vermerkten Stelle (erste niedrige Kritikalität, von Links kommend Richtung A). Den größten Beitrag zum Maximum an dieser Stelle lieferte die Roll-Rate, welche sich in diesem Bereich deutlich ändert (man könnte von einem „Sprung“ reden, mit einem initialen starken Abfall und bald darauffolgenden starken Anstieg). Während eine genauere Interpretation noch nicht vorliegt, dürfte die schnelle Änderung der Roll-Rate, wie beschrieben, als primärer Gefahrenfaktor erfasst worden sein.

- RSI Stelle B – km 112,200

Der in der RSI hervorgehobene Punkt liegt zwischen zwei von dem Modell registrierten Maxima der Gefahrenfunktion. Jene Maxima liegen an den Übergängen Kurve zu Gerade zu Kurve (zwischen dem gelben und orangen Bereich). Bei beiden Stellen lässt sich ein qualitativer Unterschied in der Gier-Rate zu den umgebenden Werten feststellen: Eine Kurvenbewegung endet und eine neue Kurvenbewegung beginnt kurz danach. Die Klassifikation dieser Übergänge als „gefährlich“ mag vor allem mit der Auswahl der Trainingsdaten auf Strecken wie dem Exelberg (Serpentinen) und der Kalten Kuchl (viele enge Kurven) zusammenhängen, da auf solchen Strecken die Übergänge zwischen aufeinanderfolgenden Kurven ein guter Indikator für eine gefährliche Fahrdynamik gewesen sein mögen.

- RSI Stelle C – km 111,750

Diese Stelle wird in der RSI sowohl in Fahrtrichtung 1 als auch in Fahrtrichtung 2 genannt. Die Auswertung anhand des statistischen Modells zeigt eine niedrige Kritikalität lediglich in Fahrtrichtung 1, während die Stelle in die entgegengesetzte Fahrtrichtung 2 keine Kritikalität aufweist.

- RSI Stelle D – km 110,541

Dieser Punkt liegt in der Umgebung eines Maximums der Gefahrenfunktion am Übergang zur Kurvenfahrt (Maximum 6). Auch an dieser Stelle lassen sich auffällige Übergänge der Gier-Rate, ebenso wie eine hohe Varianz der Roll-Rate rund um das Maximum verzeichnen. Damit treffen an dieser Stelle zwei Gefahrenfaktoren zusammen, welche in den beiden Beispielen davor schon beobachtet wurden.

Das Studium der Fahrdynamik-Daten um die gefundenen Maxima liefert erste Hinweise zur genaueren Interpretation der Modellergebnisse (Gefahrenpunkte als Kurvenbewegungswechsel und Bereiche hoher Varianz der Roll-Rate) und vermag einen Zusammenhang zwischen bestimmten Stellen der RSI und den Ergebnissen des vorliegenden statistischen Modells zu liefern.

10. Ergebnisse und Interpretation

Das vorliegende Projekt viaMotorrad hat sich gänzlich neuen Fragestellungen gewidmet. Zuerst wurde versucht einen Zusammenhang zwischen subjektiv gemeldeten Problemstellen und objektiv erfassten Unfallstellen sichtbar zu machen. So wurde der Frage nachgegangen ob die durch MotorradfahrerInnen gemeldeten Risikostrecken aus einem früheren Motorradsicherheitsprojekt (Bikers-Project) mit tatsächlichen Unfallstatistiken korrelieren. Das Ergebnis war positiv (siehe Kapitel 4.3): Zwischen der Klassifizierung der Strecken in drei Gefahrenklassen und den tatsächlichen Unfallzahlen besteht ein signifikanter (positiver) Zusammenhang. Dazu war es nötig, wegen der geringen Fallzahlen in der höchsten Gefahrenklasse (5), von den ursprünglich fünf Gefahrenklassen die beiden höchsten (4 und 5) zusammenzufassen.

10.1 Ergebnisse aus dem statistischen Modell

Im besonderen Fokus des Forschungsprojektes standen die durch das MoProVe gelieferten Daten sowie deren Auswertung durch ein spezielles statistisches Modell, das Fahrdynamik-Daten anhand von charakteristischen Messsignalverläufen an Unfallstellen bewertet. Das statistische Modell erfasste im Durchschnitt eine Mehrheit von ca. 60% der Unfallstellen auf den sechs ausgewählten Messstrecken (Exelberg, Kalte Kuchl, Höllental, Mauerbach, Preiner Gscheid, Adamstal) und gab dabei rund ein Drittel der befahrenen Strecke als „Umgebung“ von Unfallstellen aus. Diese „Umgebung“ wurde aufgrund der Genauigkeit des Modells gewählt, da dies mit 1 Meter Abschnitten rechnet. Bei normalen Fahrgeschwindigkeiten erschien es sinnvoll, die Umgebung um diese 1 Meter Abschnitte aufzuzeigen. Mit steigender Datenbasis, durch Ergänzung von Strecken sowie von mehr Messfahrten, verbesserten sich die Modellergebnisse. Dadurch verringerte sich die Anzahl an gefundenen Stellen sowie deren „Umgebungen“ womit das Modell immer spezifischer in Bezug auf die fahrdynamischen Charakteristika an Unfallstellen wurde. Daraus kann geschlossen werden, dass sich weitere Verbesserungen durch eine Erhöhung der Anzahl der befahrenen Strecken erreichen lassen.

Ein Vergleich mit einer aktuellen Road Safety Inspection entlang der Packer Straße (B70) in Kärnten²⁵ ergab, dass das Modell mehrheitlich (62%) in der Nähe auffälliger Bereiche, welche in der RSI ermittelt wurden, ebenfalls auffällige Punkte lieferte. Durch MoProVe Befahrungen sowie der anschließenden Analyse kann eine RSI unterstützt werden. Es können ergänzende Befunde zur Vertiefung der Aussagen erlangt, und Streckenabschnitte mit besonders auffälliger Fahrdynamik aufgezeigt werden. Insgesamt stimmt das Ergebnis der Untersuchung optimistisch, dass mit einer weiteren Verfeinerung des Modells und einer Verbreiterung der Datenbasis eine objektive Bestimmung unfallgefährlicher Punkte für MotorradfahrerInnen zukünftig noch exakter durchgeführt werden kann.

²⁵ (Kraut, 2019)

10.2 Auswirkungen auf das Verkehrsverhalten und die Verkehrssicherheit

Die Ergebnisse von viaMotorrad zeigen einen künftigen Nutzen und eindeutigen Mehrwert in der Verbesserung der Motorradsicherheit. Objektiv messbare Gefahrenstellen sind die Basis für eine wirkungsvolle Präventionsarbeit, um potentielle Risikofaktoren zu entschärfen.

Die Detektion von Gefahrenstellen und potentiellen Gefahrenstellen ermöglicht zielgerichtete und damit kosten-effektive Verkehrssicherheitsarbeit. Straßenerhalter können so ihre Ausgaben für Maßnahmen gezielt bündeln und präzise planen.

Einen möglichen Mehrwert haben die Erkenntnisse aus viaMotorrad auch für den Motorrad-Sektor (Fahrzeugtechnik, Fahrtechnik und FahrerInnen-Ausbildung). Die Erfassung von kritischen Straßenabschnitten bzw. kritischen Kombinationen von Fahrdynamikdaten kann in der Entwicklung von intelligenten Fahrerassistenzsystemen nutzbar sein, um diese noch spezifischer auf Streckenverhältnisse und Fahrerprofile abzustimmen. Somit könnten zukünftig elektronische Systeme in der Unfallprävention noch effektiver als derzeit wirken. In der FahrerInnenausbildung sind Erkenntnisse aus viaMotorrad ebenso wertvoll, da Praxisbeispiele in der Schulung zu mehr Verständnis, passiver Fahrweise und Kenntnisnahme der möglichen Risiken führt.

10.3 Ausblick

Dank der umfangreichen Ausstattung des Versuchsmotorrades MoProVe konnten eine Fülle von Messsignalen aufgezeichnet werden. Dabei wurden auch praktisch idente Signale von mehreren Sensoren parallel aufgezeichnet. Im Zuge der Messfahrten und dem Sammeln von Erfahrungen in dieser Anwendung war das sehr nützlich. Wenn an einen regulären Einsatz eines Messmotorrades gedacht wird, dann kann man, aufbauend auf den gesammelten Erfahrungen, eine optimierte Messtechnik zum Einsatz bringen. Es hat sich natürlich auch gezeigt, dass verschiedene fahrdynamische Signale kaum verwertbare Informationen liefern und daher an einem speziell auf diesen Zweck ausgerichteten Motorrad nicht aufgezeichnet werden müssen.

Eine Messgröße konnte in der gegenwärtigen Ausbaustufe des Versuchsmotorrades MoProVe nur grob erfasst werden: der seitliche Abstand zum Fahrbahnrand, bzw. zur Fahrbahnmittle. Im Rahmen dieses Projektes erfolgte die Bestimmung dieser Messgröße durch eine Auswertung der Video-Aufzeichnungen der beiden Onboard-Kameras. Das Auswerten konnte jedoch noch nicht vollautomatisch erfolgen, sondern wurde durch geschultes Personal erledigt. Diesen zeitaufwändigen Prozess könnte man durch eine entsprechende messtechnische Hardware vermeiden, indem ein technisches System eingesetzt wird, wie es in PKWs mit Spurhalteassistent und „toter Winkel“-Warnung verwendet wird. Allerdings wäre dies ein absolutes Novum auf dem Sektor der einspurigen Fahrzeuge und es würde eines eigenen Entwicklungsprojektes bedürfen.

Aber auch ohne einer automatisierten Messung des Seitenabstandes ließe sich ein messtechnisch optimiertes Messmotorrad aufbauen, sodass die hier erstmals erprobte Methode zur Gefahrenstellenerkennung auf Basis von Fahrdynamik-Daten regulär zum Einsatz kommen könnte.

Eine kleine Schwäche der bisher angewendeten Methodik bzw. Messtechnik besteht darin, dass die Situationserfassung durch den/die FahrerIn nur indirekt gemessen wird, nämlich durch die Standard-Bewegungsmessgrößen und durch die Videoaufzeichnungen der Onboard-Kameras. Eine wesentliche Erweiterung wäre auch denkbar durch den Einsatz der Blickverfolgung mittels Eye-tracking des/der FahrerIn. Dies erfordert natürlich zusätzliche Hardware und auch die zielorientierte Datenauswertung muss noch entwickelt werden. Aber generell wäre dies, neben der Seitenabstandsmessung, eine weitere sinnvolle Ergänzung des Messdatenerfassungssystems. Vorausgesetzt es gelingt eine effiziente Bilddatenauswertung, ließen sich dadurch auch Sichtdefizite noch besser erkennen und in dem Prognosemodell berücksichtigen.

Ein wesentlicher Aspekt dieser neuartigen Vorhersagemethode darf schlussendlich nicht unerwähnt bleiben. Da es sich um ein selbstlernendes System handelt, steigt mit zunehmender Anzahl an Messfahrten auch die Wissensbasis des Systems und damit auch die Vorhersagegenauigkeit. Das bedeutet je mehr Messfahrten im regulären Einsatz durchgeführt werden, umso besser wird die Erkennung von kritischen Fahrdynamik-Mustern, welche einen wichtigen Beitrag zur Verbesserung der Prognoseergebnisse stellen. Dies ist ein ganz entscheidender Vorteil von selbstlernenden Systemen.

Die Anzahl der Messfahrten und der zum Einsatz gekommenen FahrerInnen könnte für einen regulären Einsatz der Methode als zu teuer oder hinderlich erscheinen. Aber wie oben schon angesprochen, würde sich mit zunehmender Verbreiterung der Wissensbasis die Anzahl der erforderlichen Fahrten und/oder FahrerInnen reduzieren lassen, sodass dies kein gewichtiges Gegenargument wäre.

Die bis jetzt gewählte Herangehensweise erfolgte nach dem Prinzip, dass möglichst alle relevanten Daten über die systemeigene Hard- und Software erfolgen sollte. In einem Punkt wurde diesem Prinzip aber nicht gefolgt, nämlich bei den GPS-Koordinaten der gefahrenen Tracks. Um die Störungen im GPS-Empfang der Onboard-Systeme in geographisch ungünstigen Gegenden oder Situationen eliminieren zu können, wurden auch hochgenaue geographische Koordinaten der Strecken aus eigenen Befahrungen mit einem Spezialmesssystem verwendet. Dies ist aber nicht notwendig, wenn aus einem geographischen Informationssystem diese Daten entnommen werden können. Dabei könnte man auch noch einen Schritt weiter gehen und Ist-Streckenparameter (Kurvenradien, Übergangsbögen, etc.) in die Auswertung der Messdaten mit einbeziehen. Dies wäre auch schon im Rahmen dieses Projektes möglich gewesen, hat sich jedoch aus Zeitgründen nicht umsetzen lassen.

Eine weitergehende Interpretation der Modellergebnisse könnte sich durch die Zuordnung von Unfallverläufen (z.B. gemäß Unfallhergangsrekonstruktion) zu den Unfallstellen ergeben, in dem Sinne, dass daraus relevante Variablen zu bestimmten Unfallvorgängen assoziiert werden könnten und entsprechend Kritikalitäten, sofern sie dieselben relevanten Variablen aufweisen, insbesondere in Hinblick auf die Gefahren solcher Unfallvorgänge hin untersucht werden könnten.

Alternativ kann die Modellierung der Abhängigkeiten zwischen den Variablen noch ausgebaut werden. Daraus und aus dem Verlauf der Fahrdynamik-Daten zur Kritikalität hin, könnte unter Umständen ein „gefährlicher Bewegungsverlauf“

konstruiert werden, was eine Verbesserung gegenüber des Betrachtens von Einzelvariablen wäre.

Ein weiterer möglicher Aspekt zur Erhöhung der Verkehrssicherheit ergibt sich aus der Kommunikation von Gefahrenstellen an die VerkehrsteilnehmerInnen. Dies kann einerseits über Karten/Navigationssysteme passieren oder über eine Echtzeitdetektion plus Warnung mittels sogenannten C2X- oder C2C-Modulen (kooperative Systeme). Der Einsatz der direkten Kommunikation zwischen Fahrzeugen ist in den kommenden Jahren zu erwarten und spätestens bei der Einführung von automatisierten Fahrzeugen Stand der Technik. Als Beispiel kann man die Detektion von plötzlich auftretenden Griffigkeitssprüngen (z.B. Dieselfleck) nennen, bei der Fahrzeuge als rollende Messsensoren fungieren um die Stelle verlässlich zu lokalisieren und um diese Information an alle nachfolgenden Fahrzeuge weiter zu leiten.

Abschließend kann gesagt werden, dass das Projekt viaMotorrad erfolgreich abgeschlossen werden konnte. In den letzten Jahren wurden mittels neuartiger Versuche absolut aussagekräftige Klassifizierungsmethoden entwickelt, um präventiv eine Risikominimierung für den Motorradverkehr zu erzielen. Da mittels Erfassung von Fahrdynamikdaten schon im Voraus Gefahrenstellen entschärft werden könnten, sind gezielt Maßnahmen zur Unfallreduktion möglich. In einem Folgeprojekt ließen sich die Methoden noch weiterentwickeln und die zuvor genannten Möglichkeiten zur Steigerung der Verkehrssicherheit für MotorradfahrerInnen noch ausweiten.

11. Anhang

11.1 Subjektive Bewertungen der MotorradfahrerInnen nach Strecke und Bundesland

Bundesland	Name	Meinungen
Ktn.	Plöckenpass ²⁶	gute Qualität des Fahrbahnoberbaus; kurvenreich, Tunnel nicht beleuchtet ²⁷ schlechter Fahrbahnzustand auf der AUT-Seite des Passes ²⁸
Ktn.	Kreuzbergsattel ²⁹	gute Qualität des Fahrbahnoberbaus; kurvenreich, Trassierung (Kurvenradien, etc.) wird positiv hervorgehoben ³⁰
Ktn.	Schaidasattel ³¹	teilweise schlechte Fahrbahnoberfläche; Trassierung wird positiv hervorgehoben; teilweise nasse Fahrbahn aufgrund von "Bergwasser" ³²
Ktn.	Malta Hochalmstraße ³³	mautpflichtig, Panorama wird positiv hervorgehoben; Tunnel aufgrund der Nässe potentielle Gefahr; sehr reich an Kehren ³⁴
Ktn.	Nockalmstraße ³⁵	mautpflichtig, Qualität des Fahrbahnoberbaues wird positiv erwähnt; wird als vielbefahrene Strecke beschrieben ³⁶
Ktn./Sbg.	Großglockner ³⁷	mautpflichtig; Landschaft und Panorama wird positiv hervorgehoben; benötigtes fahrerisches Können wird hervorgehoben ³⁸ Standards für die Verkehrssicherheit von Motorrädern (e.g. griffige Fahrbahndecke; Unterfahrschutz) ³⁹
NÖ	Kalte Kuchl ⁴⁰	landschaftlich schön; Strecke mit vielen Kehren; hohes Verkehrsaufkommen am Wochenende; kurvenreiche Strecke ⁴¹ kurvenreiche Strecke; an Wochenenden hohes Verkehrsaufkommen ⁴² hohes Verkehrsaufkommen am Wochenende; subjektives Gefühl jedoch weniger eklatant als Erzählungen behaupten ⁴³ Beliebtheit der Strecke vor allem bei NiederösterreicherInnen und WienerInnen; Präsenz der Exekutive, welche Geschwindigkeitskontrollen durchführt ⁴⁴

²⁶ (Tourismusportal Kärnten, 2017)

²⁷ (Einschätzung Plöckenpass - Kurvenkönig, 2017)

²⁸ (Einschätzung Plöckenpass - Alpenrouten, 2017)

²⁹ (Tourismusportal Kärnten, 2017)

³⁰ (Kreuzbergsattel Einschätzung - Alpenrouten, 2015)

³¹ (Tourismusportal Kärnten, 2017)

³² (Einschätzung Schaidasattel - Alpenrouten, 2016)

³³ (Tourismusportal Kärnten, 2017)

³⁴ (Einschätzung Malta Hochalmstraße - Alpenrouten, 2017)

³⁵ (Tourismusportal Kärnten, 2017)

³⁶ (Einschätzung Nockalmstraße - Alpenrouten, 2017)

³⁷ (Tourismusportal Kärnten, 2017)

³⁸ (Einschätzung Großglockner - Alpenrouten, 2017)

³⁹ (Einschätzung Großglockner - Kurvenkönig, 2017)

⁴⁰ (Bikerwelt - Kalte Kuchl, 2000)

⁴¹ (Einschätzung Kalte Kuchl - Motorrad-Tour (a), 2017)

⁴² (Einschätzung Kalte Kuchl - Bike-On-Tour, 2017)

⁴³ (Einschätzung Kalte Kuchl - Motorrad-Tour (b), 2017)

⁴⁴ (Einschätzung Kalte Kuchl - Motorrad Reiseberichte, o.J.)

NÖ	Wachau ⁴⁵	wenig anspruchsvoll; landschaftlich schön ⁴⁶ fahrenswerte Strecke; kurvenreich ⁴⁸ Viele Motorradfahrer; Platz 2 der gefährlichsten Strecken Niederösterreichs ⁴⁹ Strecke bietet fahrerisch viel und macht richtig Spaß; Spaßfaktor bleibt erhalten ⁵⁰ Das Höllental berühmt berüchtigt für MotorradfahrerInnen; eine Traumstraße aber sehr gefährlich ⁵¹ Schöne, qualitativ gute Straße führt durch das Höllental; Steinschlag und Felsbruch können auftreten, besonders im Frühjahr; ⁵²
NÖ	Höllental ⁴⁷	Fahrbahnqualität gut und griffig; Strecke größtenteils im Wald; kurvenreiche Strecke ⁵⁴ beliebte Motorrad Strecke ⁵⁵ über den Exelberg und den Scheiblingstein kurvige Trassierung mit Serpentin; hohes Verkehrsaufkommen am Wochenende; ein beliebter Treffpunkt von Bikern ⁵⁶
NÖ	Exelberg/Tullnerstraße ⁵³	die Exelbergstraße ist eine anspruchsvolle Strecke ⁵⁷
OÖ	Ennstal / Stoderzinken-Alpenstraße ⁵⁸	Zustand der Straße gut; enge Kehren, teilweise mit Verkehrsspiegeln ausgestattet; mautpflichtig ⁵⁹
OÖ	Gesäuse ⁶⁰	schönes Gebiet zu befahren; Trassierung ansprechend; wenige Kehren ⁶¹
OÖ	Hengstpass ⁶²	geringes Verkehrsaufkommen; mäßige Fahrbahnqualität; sehr kurvig; flach; landschaftlich reizvoll ⁶³
OÖ	Pyhrnpass ⁶⁴	breiter Fahrbahnquerschnitt; enge Kurven; hohe Verkehrsdichte; guter Zustand der Fahrbahn ⁶⁵
Sbg.	Postalmstraße ⁶⁶	Straßenbelag qualitativ nicht positiv bewertet; landschaftlich lohnenswert ⁶⁷

⁴⁵ (Motorrad Reiseberichte - Wachau, o.J.)

⁴⁶ (Einschätzung Wachau - 1000PS.at, 2013)

⁴⁷ (Bikerwelt - Höllental, 2000)

⁴⁸ (Einschätzung Höllental - Bike On Tour, 2017)

⁴⁹ (Einschätzung Höllental - ORF Niederösterreich, 2012)

⁵⁰ (Einschätzung Höllental - Motorrad-Tour, 2017)

⁵¹ (Einschätzung Höllental - Motorrad Steiermark, o.J.)

⁵² (Einschätzung Höllental - Bikerwelt, 2000)

⁵³ (Bikerwelt - Exelberg/Tullnerstraße, 2000)

⁵⁴ (Einschätzung Exelberg/Tullnerstraße - Bike On Tour, 2017)

⁵⁵ (Einschätzung Exelberg/Tullnerstraße - AustriaForum, 2017)

⁵⁶ (Einschätzung Exelberg/Tullnerstraße - Bikerwelt, 2000)

⁵⁷ (Einschätzung Exelberg/Tullnerstraße - MeinBezirk, 2015)

⁵⁸ (Moho - Motorrad Hostels - Ennstal/Stoderzinken-Alpenstraße, 2017)

⁵⁹ (Einschätzung Ennstal/Stoderzinken-Alpenstraße - Alpenrouten, 2017)

⁶⁰ (Moho - Motorrad Hostels - Gesäuse, 2017)

⁶¹ (Einschätzung Gesäuse - GS-Forum.eu, 2010)

⁶² (Moho - Motorrad Hostels - Hengstpass, 2017)

⁶³ (Einschätzung Hengstpass - Alpenrouten, 2017)

⁶⁴ (Moho - Motorrad Hostels - Pyhrnpass, 2017)

⁶⁵ (Einschätzung Pyhrnpass - Alpenrouten, 2016)

⁶⁶ (SalzburgerLand - Postalmstraße, 2017)

⁶⁷ (Einschätzung Postalmstraße - GPS - TourInfo, 2011)

Sbg.	Totes Gebirge ⁶⁸	kurvenreich, Spaßfaktor ⁶⁹
Stmk.	Mariazell (Zellerrain) ⁷⁰	neuer Oberbau, super zu fahren; Steigung bis zu 12% ⁷¹
Stmk.	Packsattel ⁷²	kurvenreiche Strecke; schöne und abwechslungsreiche Streckenführung ⁷³
Stmk.	Soboth ⁷⁴	kurvenreich und gut ausgebaut, verführerisch zügig zu fahren, nicht ungefährlich, viele HobbyfahrerInnen auf der Strecke ⁷⁵
T	Fernpass ⁷⁶	hohe Verkehrsdichte, daher von der Quelle keine Empfehlung für MotorradfahrerInnen ⁷⁷
T	Reschenpass ⁷⁸	wird als nicht anspruchsvoll eingestuft; hohe Verkehrsdichte ⁷⁹
T	Pass Thurn ⁸⁰	sehr viel Verkehr; Trassierung bietet wenige Kurven und Kehren, Panoramablick auf die Tauern ⁸¹ Pass wird von der Schwierigkeit als leicht eingestuft ⁸²
T	Achenpass ⁸³	sehr gut ausgebaute Passstraße; mäßiger Fahrspaß; Linienführung der Trasse wird als "langweilig" bezeichnet ⁸⁴ Straße ausgebaut und breiter Querschnitt ⁸⁵
T	Alter Brenner Pass ⁸⁶	guter Straßenbelag; erheblicher Spaßfaktor; kein Schwerverkehr ⁸⁷
T	Flexenpass ⁸⁸	Qualität der Fahrbahn zuerst schlecht dann gut; leichte Kurven für MotorradfahrerInnen aber teilweise unübersichtlich; Galerien auf der Strecke ⁸⁹
T	Furkajoch ⁹⁰	unübersichtlich und Engstellen - daher nicht ungefährlich, Straßenbelag gut ⁹¹ zum Teil schmaler Straßenquerschnitt ⁹²
T	Jaufenpass ⁹³	gut ausgebaut und landschaftlich sehr schön; nicht allzu verkehrsreich ⁹⁴

⁶⁸ (Kurvenkönig - Totes Gebirge, 2017)

⁶⁹ (Einschätzung Totes Gebirge - Kurvenkönig, 2017)

⁷⁰ (Motorrad Reiseberichte - Mariazell, o.J.)

⁷¹ (Einschätzung Mariazell - Alpenrouten, 2012)

⁷² (Motorrad Reiseberichte - Packsattel, o.J.)

⁷³ (Einschätzung Packsattel - Alpenroute, 2009)

⁷⁴ (Motorrad Reiseberichte - Soboth, o.J.)

⁷⁵ (Einschätzung Soboth - Alpenroute, 2016)

⁷⁶ (Motorradtouren, Fernpass, Tiroler Oberland, 2013)

⁷⁷ (Einschätzung Fernpass - Alpenrouten, 2015)

⁷⁸ (Moho - Motorrad Hostels - Reschenpass, 2017)

⁷⁹ (Einschätzung Reschenpass - Alpenrouten, 2017)

⁸⁰ (Moho - Motorrad Hostels - Pass Thurn, 2017)

⁸¹ (Einschätzung Pass Thurn - Alpenrouten, 2017)

⁸² (Einschätzung Pass Thurn - Kurvenkönig, 2017)

⁸³ (Moho - Motorrad Hostels - Achsenpass, 2017)

⁸⁴ (Einschätzung Achsenpass - Alpenrouten, 2014)

⁸⁵ (Einschätzung Achsenpass - Motorradrundreisen, 2013)

⁸⁶ (Moho - Motorrad Hostels - Alter Brenner Pass, 2017)

⁸⁷ (Einschätzung Alter Brenner Pass - Alpenrouten, 2017)

⁸⁸ (Moho - Motorrad Hostels - Flexenpass, 2017)

⁸⁹ (Einschätzung Flexenpass - Alpenrouten, 2016)

⁹⁰ (Moho - Motorrad Hostels - Furkajoch, 2017)

⁹¹ (Einschätzung Furkajoch - Alpenrouten, 2014)

⁹² (Einschätzung Furkajoch - Motofun, 2017)

⁹³ (Moho - Motorrad Hostels - Jaufenpass, 2017)

⁹⁴ (Einschätzung Jaufenpass - Alpenrouten, 2017)

T	Kühtaisattel ⁹⁵	landschaftlich schön, gut ausgebaute Strecke; hin und wieder Kühe auf der Fahrbahn ⁹⁶ Strecke wird als mittel-schwer eingestuft ⁹⁷
T	Hochtannbergpass ⁹⁸	gut ausgebaute, wenig anspruchsvolle Strecke; lädt aufgrund der Trassierung zum "flottem Fahren" ein; griffige Fahrbahn ⁹⁹
T/Vbg.	Arlbergpass ¹⁰⁰	Straße gut ausgebaut, bei Schönwetter hohes Verkehrsaufkommen ¹⁰¹ Landschaft/Panorama wird positiv hervorgehoben; Schwierigkeit wird als leicht zugeordnet ¹⁰²
T/Vbg.	Hahntenjoch ¹⁰³	sehr beliebte Strecke bei MotorradfahrerInnen; kurvenreich und eng; Steigungen bis zu 19% ¹⁰⁴
T/Vbg.	Silvretta ¹⁰⁵	guter Fahrbahnzustand, mautpflichtig ¹⁰⁶ beeindruckendes Panorama, beliebter Biker-Treff ¹⁰⁷
T/Vbg.	Kauntaler Gletscherstraße ¹⁰⁸	mautpflichtig; Panorama wird positiv hervorgehoben ¹⁰⁹ kurvenreich, unübersichtliche Kurven, daher vereinzelt Verkehrsspiegel installiert ¹¹⁰
Vbg.	Berninapass ¹¹¹	guter Straßenbelag; alpines Panorama, Verkehrsaufkommen ist okay, Überholmöglichkeiten gegeben ¹¹² Schwierigkeit wird als mittel eingestuft ¹¹³
Vbg.	Flüelapass ¹¹⁴	beliebte, kurvenreiche Strecke; Straßenbelag und Trassierung werden als qualitativ gut eingestuft ¹¹⁵ Schwierigkeit wird als mittel eingestuft ¹¹⁶

⁹⁵ (Moho - Motorrad Hostels - Kühtaisattel, 2017)

⁹⁶ (Einschätzung Kühtaisattel - Alpenrouten, 2016)

⁹⁷ (Einschätzung Kühtaisattel - Kurvenkönig, 2015)

⁹⁸ (Moho - Motorrad Hostels - Hochtannbergpass, 2017)

⁹⁹ (Einschätzung Hochtannbergpass - Alpenrouten, 2017)

¹⁰⁰ (Moho - Motorrad Hostels - Arlbergpass, 2017)

¹⁰¹ (Einschätzung Arlbergpass - Alpenrouten, 2016)

¹⁰² (Einschätzung Arlbergpass - Kurvenkönig, 2017)

¹⁰³ (Moho - Motorrad Hostels - Hahntenjoch, 2017)

¹⁰⁴ (Einschätzung Hahntenjoch - Alpenrouten, 2017)

¹⁰⁵ (Motorradtouren, Silvretta, Tiroler Oberland, 2013)

¹⁰⁶ (Einschätzung Silvretta - Alpenrouten, 2015)

¹⁰⁷ (Einschätzung Silvretta - Kurvenkönig, 2017)

¹⁰⁸ (Motorradtouren, Kauntaler Gletscherstraße, Tiroler Oberland, 2013)

¹⁰⁹ (Einschätzung Kauntaler Gletscherstraße - Motofun, 2013)

¹¹⁰ (Einschätzung Kauntaler Gletscherstraße - Bikerdream, 2017)

¹¹¹ (Moho - Motorrad Hostels - Berninapass, 2017)

¹¹² (Einschätzung Berninapass - Alpenrouten, 2017)

¹¹³ (Einschätzung Berninapass - Kurvenkönig, 2017)

¹¹⁴ (Moho - Motorrad Hostels - Flüelapass, 2017)

¹¹⁵ (Einschätzung Flüelapass - Alpenrouten, 2017)

¹¹⁶ (Einschätzung Flüelapass - Kurvenkönig, 2017)

11.2 Auswertungen des Zusammenhanges subjektiver und objektiver Daten von 1998 – 2002

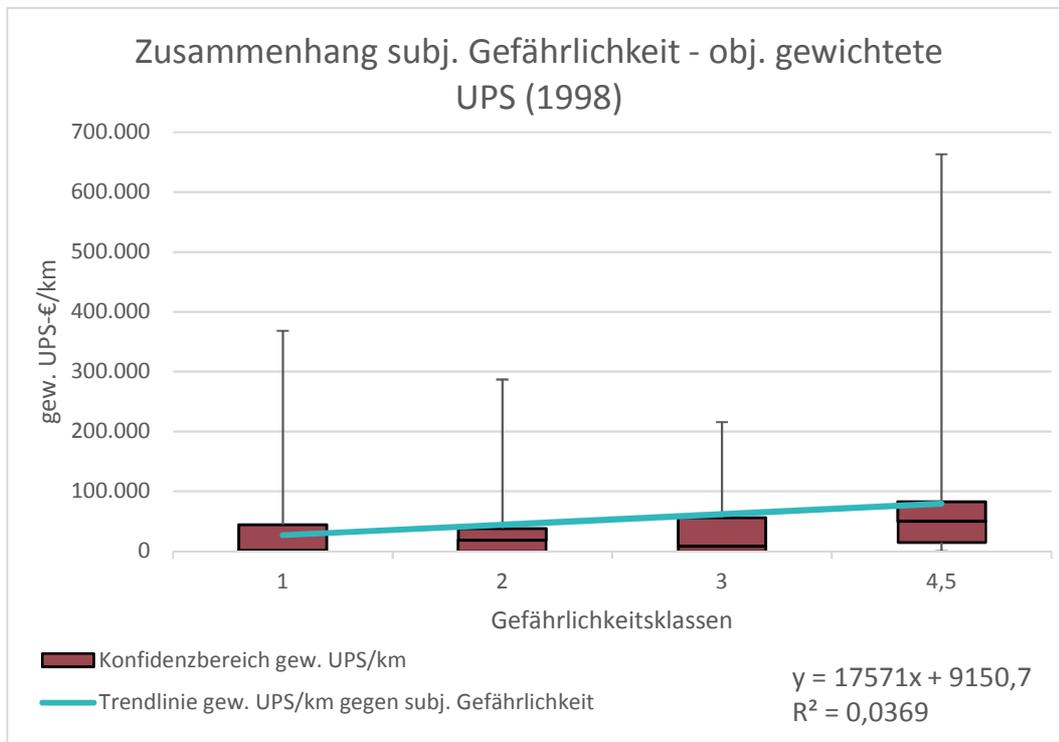


Abbildung 70: Zusammenhang von subjektiven Einschätzungen und UPS-Daten des Jahres 1998 mit zusammengefasster Kategorie 4,5

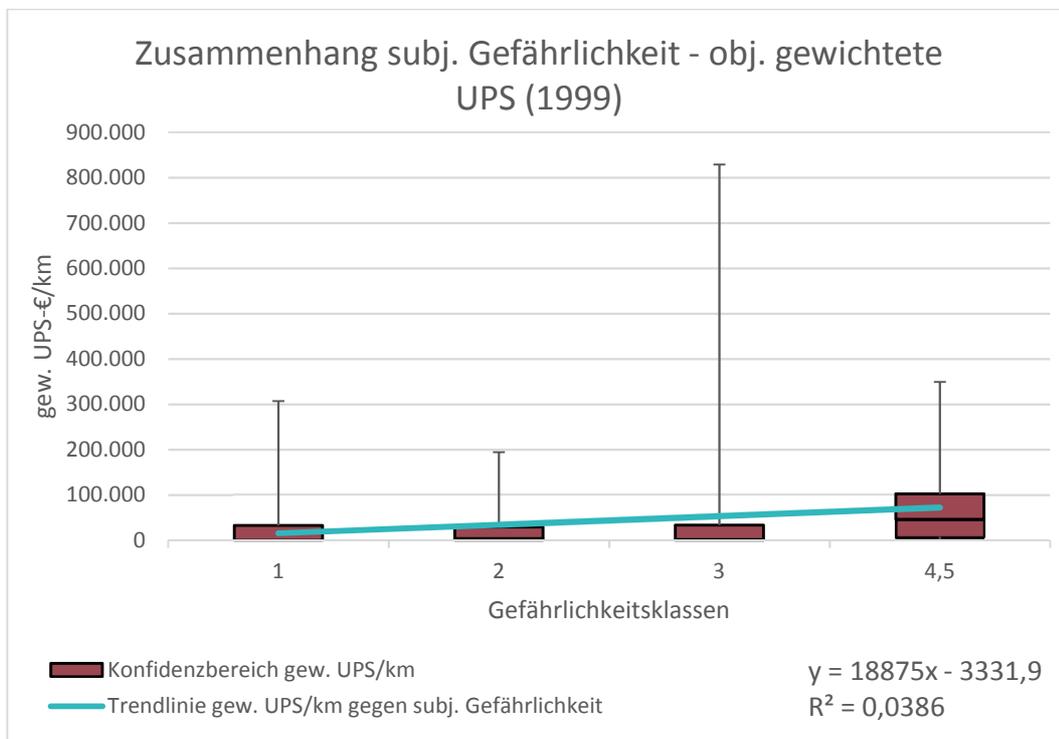


Abbildung 71: Zusammenhang von subjektiven Einschätzungen und UPS-Daten des Jahres 1999 mit zusammengefasster Kategorie 4,5

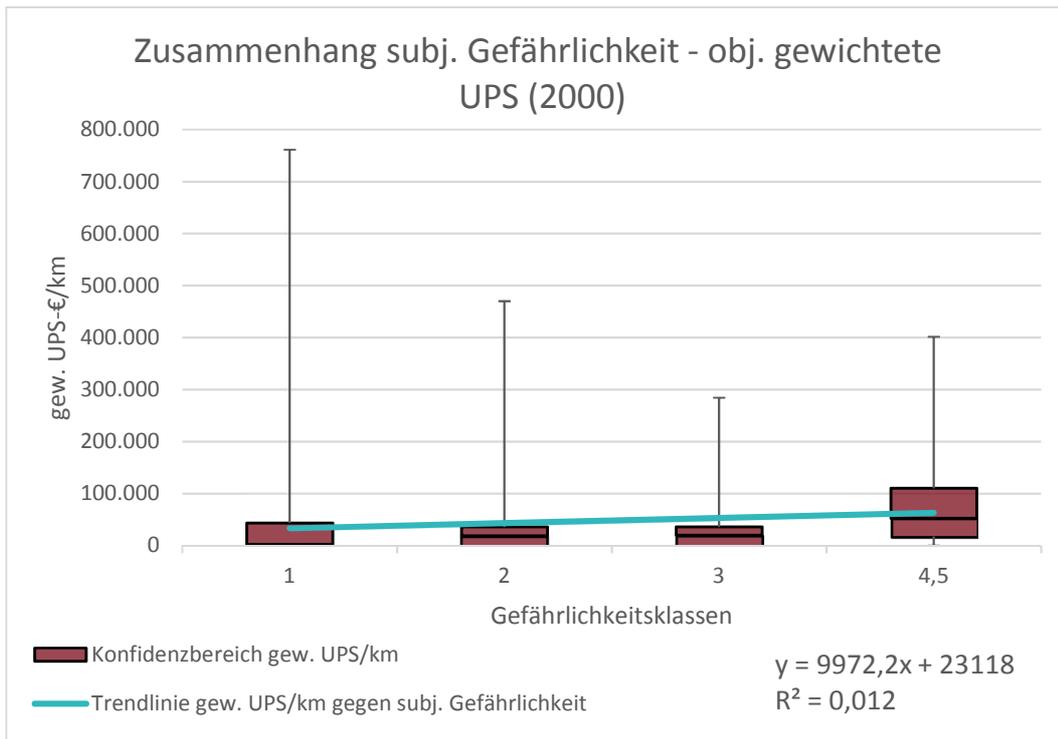


Abbildung 72: Zusammenhang von subjektiven Einschätzungen und UPS-Daten des Jahres 2000 mit zusammengefasster Kategorie 4,5

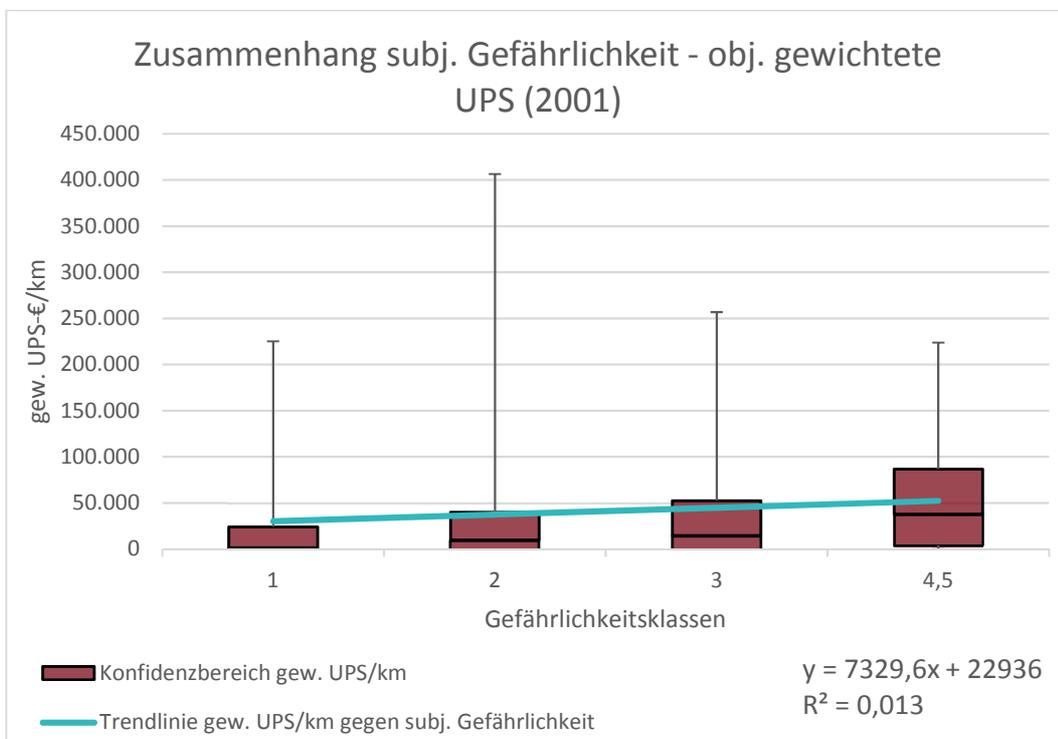


Abbildung 73: Zusammenhang von subjektiven Einschätzungen und UPS-Daten des Jahres 2001 mit zusammengefasster Kategorie 4,5

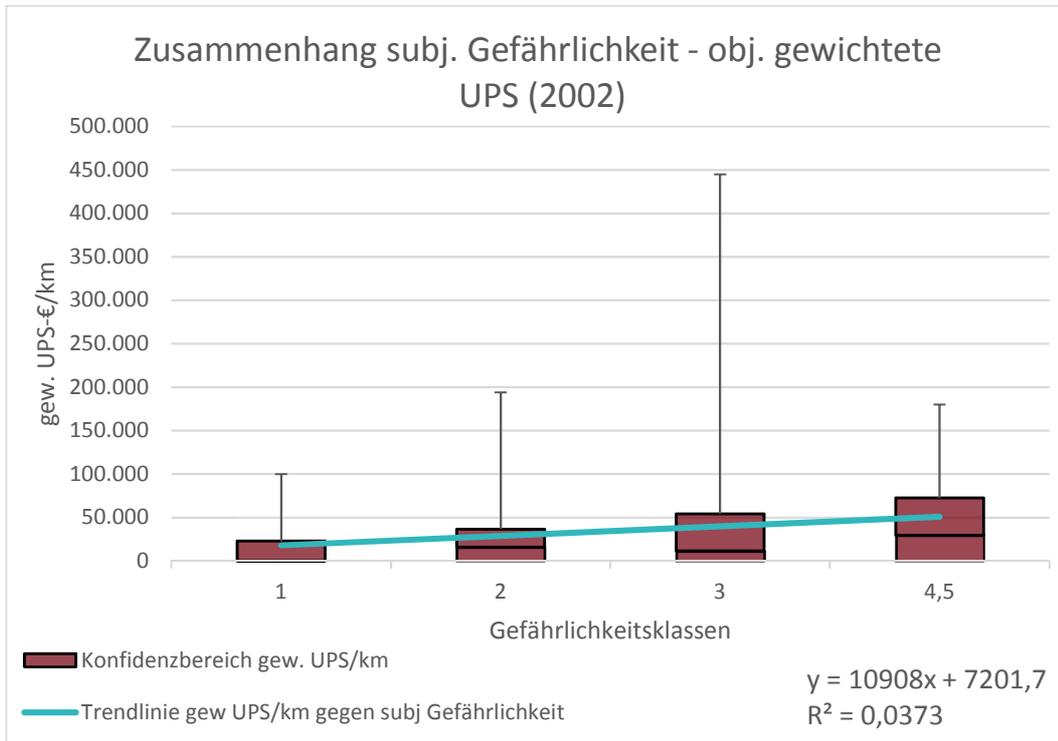


Abbildung 74: Zusammenhang von subjektiven Einschätzungen und UPS-Daten des Jahres 2002 mit zusammengefasster Kategorie 4,5

11.4 Unfallauswertung der Untersuchungsstrecke L121 – Mauerbach – NÖ

Unfalldaten - L121 (2013 - 2015); km 0,0 - km 2,4																		
#	Unfall ID Beteiligten_Nr	Fahrzeug	Straße	Nummer Beteiligten_Nr	Beteiligten_Art	FR	Kilometer Geschlecht	Alter	Unfalldatum	Verletzungsgrad	Unfallzeit	Sicherung	Bundesland	Umstand	Gemeinde-Nr	Unfalltyp	Straßenzustand	Ursache
1	2013034023 174528	Motorrad L3 oder Motorrad mit Beiwagen L4	Landesstraße L	121 1-1	Lenker	+	0,45 Männlich	25.09.2013 21	25.09.2013	Leicht verletzt	16:50:00	Niederösterreich Sturzhelm verwendet	Niederösterreich	Abkommen rechts - 34	32412	13	Sonstiger Zustand (z.B. Öl, Erde)	Unbekannt
2	2013036276 1751365	Leichtmotorrad L3 oder Leichtmotorrad mit Beiwagen L4	Landesstraße L	121 1-1	Lenker	+	0,45 Männlich	25.09.2013 20	25.09.2013	Leicht verletzt	16:50:00	Niederösterreich Sturzhelm verwendet	Niederösterreich	Im Vorrang (bevorzugt) - 101; Geradeausfahren - 145; Schleudern/Driften (unfallverursachend) - 22; Sturz vom Fahrzeug - 24; Abkommen rechts - 34	32412	13	Sand, Spilt auf der Fahrbahn	Nichtangepasste Geschwindigkeit
3	2014023215 1807267	Motorrad L3 oder Motorrad mit Beiwagen L4	Landesstraße L	121 1-1X	Lenker	+	1,98 Männlich	12.07.2014 22	12.07.2014	Schwer verletzt	14:30:00	Niederösterreich Sturzhelm verwendet	Niederösterreich	Abkommen links - 33	32412	22	Trockene Fahrbahn	Nichtangepasste Geschwindigkeit
4	2015037801 1922586	Motorrad L3 oder Motorrad mit Beiwagen L4	Landesstraße L	121 1-1X	Lenker	+	0,885 Männlich	31.05.2015 44	31.05.2015	Leicht verletzt	12:30:00	Niederösterreich Sturzhelm verwendet	Niederösterreich	Sonstige Situation - 139; Abkommen links - 33	32412	21	Trockene Fahrbahn	Überholen

11.5 Unfallauswertung der Untersuchungsstrecke B27 – Höllental – NÖ

Unfall-ID	Unfall-Nr.	Unfall-Strasse	Strasse	Nummer	Bezeichnung	FR	Kategorie	Unfalldatum	Verstärkungsgrad	Urfahrn	Stellung	Bundesland	Gemeinde-Nr	Unfallort	Strassenzustand	Unfallort
1	20102978	Motorsrad 13 oder Motorsrad mit Beiwagen L4	LandesstraÙe B	1-1	Lenker	Männlich	22	09.05.2013	Leicht verletzt	13.05.00	Sturzhelm verwendet	Niedrig	30289	Teilschwerer Unfall	Unbekannt	
2	20102982	Motorsrad 13 oder Motorsrad mit Beiwagen L4	LandesstraÙe B	1-1	Lenker	Männlich	48	23.06.2013	Schwer verletzt	13.05.00	Sturzhelm verwendet	Niedrig	30289	Teilschwerer Unfall	Unbekannt	
3	194403	Personenbeförderungsbus 8 Sitze (Personenbeförderungsbus 8 Sitze)	LandesstraÙe B	1-1	Lenker	Weiblich	34	09.05.2013	Leicht verletzt	11.04.00	Sicherheitsgurt verwendet	Niedrig	30289	Teilschwerer Unfall	Unbekannt	
4	170045	Personenbeförderungsbus 8 Sitze (Personenbeförderungsbus 8 Sitze)	LandesstraÙe B	1-1	Mitfahrer hinten (auch Sitze)	Weiblich	26	21.07.2013	Unverletzt	18.05.00	Sicherheitsgurt verwendet	Niedrig	30289	Teilschwerer Unfall	Unbekannt	
5	170045	Personenbeförderungsbus 8 Sitze (Personenbeförderungsbus 8 Sitze)	LandesstraÙe B	1-1	Mitfahrer vorne	Männlich	26	21.07.2013	Schwer verletzt	18.05.00	Sicherheitsgurt verwendet	Niedrig	30289	Teilschwerer Unfall	Unbekannt	
6	170045	Personenbeförderungsbus 8 Sitze (Personenbeförderungsbus 8 Sitze)	LandesstraÙe B	1-1	Lenker	Männlich	32	04.07.2013	Schwer verletzt	10.05.00	Sicherheitsgurt verwendet	Niedrig	30289	Teilschwerer Unfall	Unbekannt	
7	20103039	Motorsrad 13 oder Motorsrad mit Beiwagen L4	LandesstraÙe B	1-1	Lenker	Männlich	36	11.08.2013	Schwer verletzt	14.10.00	Sturzhelm verwendet	Niedrig	30289	Teilschwerer Unfall	Unbekannt	
8	1718071	Motorsrad 13 oder Motorsrad mit Beiwagen L4	LandesstraÙe B	1-1	Lenker	Männlich	49	19.08.2013	Leicht verletzt	18.05.00	Sturzhelm verwendet	Niedrig	30289	Teilschwerer Unfall	Unbekannt	
9	1718072	Motorsrad 13 oder Motorsrad mit Beiwagen L4	LandesstraÙe B	1-1	Mitfahrer hinten (auch Sitze)	Weiblich	50	22.09.2013	Unverletzt	13.04.00	Sturzhelm verwendet	Niedrig	30289	Teilschwerer Unfall	Unbekannt	
10	1718073	Personenbeförderungsbus 8 Sitze (Personenbeförderungsbus 8 Sitze)	LandesstraÙe B	1-1	Lenker	Männlich	59	14.08.2013	Unverletzt	18.05.00	Sturzhelm verwendet	Niedrig	30289	Teilschwerer Unfall	Unbekannt	
11	1718074	Personenbeförderungsbus 8 Sitze (Personenbeförderungsbus 8 Sitze)	LandesstraÙe B	1-1	Lenker	Männlich	59	14.08.2013	Unverletzt	18.05.00	Sturzhelm verwendet	Niedrig	30289	Teilschwerer Unfall	Unbekannt	
12	1718075	Personenbeförderungsbus 8 Sitze (Personenbeförderungsbus 8 Sitze)	LandesstraÙe B	1-1	Lenker	Männlich	59	14.08.2013	Unverletzt	18.05.00	Sturzhelm verwendet	Niedrig	30289	Teilschwerer Unfall	Unbekannt	
13	1718076	Personenbeförderungsbus 8 Sitze (Personenbeförderungsbus 8 Sitze)	LandesstraÙe B	1-1	Mitfahrer hinten (auch Sitze)	Männlich	59	14.08.2013	Unverletzt	18.05.00	Sturzhelm verwendet	Niedrig	30289	Teilschwerer Unfall	Unbekannt	
14	1718077	Personenbeförderungsbus 8 Sitze (Personenbeförderungsbus 8 Sitze)	LandesstraÙe B	1-1	Mitfahrer vorne	Männlich	59	14.08.2013	Unverletzt	18.05.00	Sturzhelm verwendet	Niedrig	30289	Teilschwerer Unfall	Unbekannt	
15	1718078	Personenbeförderungsbus 8 Sitze (Personenbeförderungsbus 8 Sitze)	LandesstraÙe B	1-1	Lenker	Männlich	59	14.08.2013	Unverletzt	18.05.00	Sturzhelm verwendet	Niedrig	30289	Teilschwerer Unfall	Unbekannt	
16	1718079	Personenbeförderungsbus 8 Sitze (Personenbeförderungsbus 8 Sitze)	LandesstraÙe B	1-1	Lenker	Männlich	59	14.08.2013	Unverletzt	18.05.00	Sturzhelm verwendet	Niedrig	30289	Teilschwerer Unfall	Unbekannt	
17	1718080	Personenbeförderungsbus 8 Sitze (Personenbeförderungsbus 8 Sitze)	LandesstraÙe B	1-1	Mitfahrer vorne	Männlich	59	14.08.2013	Unverletzt	18.05.00	Sturzhelm verwendet	Niedrig	30289	Teilschwerer Unfall	Unbekannt	
18	1718081	Personenbeförderungsbus 8 Sitze (Personenbeförderungsbus 8 Sitze)	LandesstraÙe B	1-1	Lenker	Männlich	59	14.08.2013	Unverletzt	18.05.00	Sturzhelm verwendet	Niedrig	30289	Teilschwerer Unfall	Unbekannt	
19	1718082	Personenbeförderungsbus 8 Sitze (Personenbeförderungsbus 8 Sitze)	LandesstraÙe B	1-1	Lenker	Männlich	59	14.08.2013	Unverletzt	18.05.00	Sturzhelm verwendet	Niedrig	30289	Teilschwerer Unfall	Unbekannt	
20	1718083	Personenbeförderungsbus 8 Sitze (Personenbeförderungsbus 8 Sitze)	LandesstraÙe B	1-1	Lenker	Männlich	59	14.08.2013	Unverletzt	18.05.00	Sturzhelm verwendet	Niedrig	30289	Teilschwerer Unfall	Unbekannt	
21	1718084	Personenbeförderungsbus 8 Sitze (Personenbeförderungsbus 8 Sitze)	LandesstraÙe B	1-1	Lenker	Männlich	59	14.08.2013	Unverletzt	18.05.00	Sturzhelm verwendet	Niedrig	30289	Teilschwerer Unfall	Unbekannt	
22	1718085	Personenbeförderungsbus 8 Sitze (Personenbeförderungsbus 8 Sitze)	LandesstraÙe B	1-1	Lenker	Männlich	59	14.08.2013	Unverletzt	18.05.00	Sturzhelm verwendet	Niedrig	30289	Teilschwerer Unfall	Unbekannt	

11.6 Unfallauswertung der Untersuchungsstrecke L135/L103 – Preiner Gscheid – NÖ

#	Unfall_ID Beteiligte_Nr	Unfall_ID Beteiligte_Nr	Strasse	Teilnehmer	FR	Kilometer Geschlecht	Unfalldatum Alter	Unfallzeit Verletzungsgrad	Sicherung	Bundesland	Umstand	Gemeinde-Nr	Unfalltyp	Straßenzustand	Ursache
1	2013009553 1692364 1692365	135 1-1X 1-2X	Landesstraße L Landesstraßen L4 Landesstraßen L4	Mitfahrer hinten (Bauch Stoß) Lenker	r w m	8,01 Weiblich Männlich	28.04.2013 24 29	11:05:00 Schwer verletzt Schwer verletzt	Sturzhelm verwendet Sturzhelm verwendet	Niederösterreich	Erschlagte Situation - 139/Nichtangepasste Geschwindigkeit - 114/Straße - 24/Abkommen rechts - 34 Sonstige Situation - 139/Nichtangepasste Geschwindigkeit - 114/Sturz vom Fahrzeug - 24/Abkommen links - 33	31829	23	Trockener Fahrbahn	Nichtangepasste Geschwindigkeit
2	2013013519	135	Landesstraße L	Lenker	r	9,325 Männlich	09.06.2013 52	10:00:00 Schwer verletzt	Sturzhelm verwendet	Niederösterreich	Sonstige Situation - 139/Sonstige Fahrmanöver - 140/Sonstige unfallverursachende Umstände - 117/Sturz vom Fahrzeug - 24/Abkommen rechts - 34	31829	13	Nasse Fahrbahn	Unachtsamkeit / Ablenkung
3	1701389 2013023547 1722629	1-1X 1-1X 1-1X	Landesstraße L Landesstraßen L4 Landesstraßen L4	Lenker Lenker Lenker	r r r	11,1 Männlich 10,5	07.08.2013 32	11:18:00 Schwer verletzt Schwer verletzt	Sturzhelm verwendet Sturzhelm verwendet	Niederösterreich	Abkommen rechts - 34	31829	13	Trockene Fahrbahn	Unbekannt
4	1728420	1-1X	Landesstraße L	Mitfahrervorne	r	10,5 Weiblich	21.10.2013 68	13:20:00 Unverletzt	Sicherheitsgurt verwendet; Albag nicht ausgelöst	Niederösterreich	Kollision - seitlich (z.B. Streifkollision) - 37	31829	232	Trockene Fahrbahn	Unachtsamkeit / Ablenkung
5	1728421 1728422	2-1 2-2	Landesstraßen L4 Landesstraßen L4	Lenker Lenker	r r	74 Männlich 67	19.10.2013 67	15:20:00 Leicht verletzt	Sicherheitsgurt verwendet; Albag nicht ausgelöst Sturzhelm verwendet	Niederösterreich	Kollision - seitlich (z.B. Streifkollision) - 37 Kollision - seitlich (z.B. Streifkollision) - 37	31829	22	Sand, Spillt auf der Fahrbahn	Unachtsamkeit / Ablenkung
6	2013029701 1728216 2015011556 1864777	1-1X 1-1X 1-1X 1-1X	Landesstraße L4 Landesstraßen L4 Landesstraßen L4 Landesstraßen L4	Lenker Lenker Lenker Lenker	r r r r	10,4 Männlich 8,1 Männlich	04.07.2015 60 42	12:40:00 Schwer verletzt	Sturzhelm verwendet Sturzhelm verwendet	Niederösterreich Steiermark	Abkommen links - 33 Abkommen links - 33	62444	22	Trockene Fahrbahn	Unachtsamkeit / Ablenkung

11.8 Unfallauswertung der Untersuchungsstrecke L132 – Adamstal – NÖ

Unfalldaten - L132 (2013 - 2016); km 28,0 - km 36,6															
#	Unfall_ID	Unfall_ID	Strasse	Nummer	Beteiligte	FR	Kilometer	Unfalldatum	Unfallzeit	Verletzungsgrad	Stichung	Bundesland	Unfalltyp	Strassenzustand	Ursache
Belegten-Nr	Belegten-Nr	Fahrzeug	Belegten-Nr	Beteiligter_Art	Geschlecht	Alter	Alter	Alter	Verletzungsgrad	Stichung	Bundesland	Unfalltyp	Strassenzustand	Ursache	
1	2013003752	Landesstraße L	132	r	Männlich	32,3	21.04.2013	15:00:00	Leicht verletzt	-	Niederösterreich	13	Trockene Fahrbahn	Nichtangepasste Geschwindigkeit	
1680780		Motorrad L3 oder Motorrad mit Beiwagen L4	1-1	Lenker		36						31406		Abkommen rechts - 34	Misachtung von Geboten und Verboten (z.B. Fahren gegen die Einbahn, Abbiegeverbote, Abbiegegebote)
2	2013008965	Landesstraße L	132	r	Männlich	30,95	26.04.2013	16:15:00	Schwer verletzt	Sturzhelm verwendet	Niederösterreich	223	Trockene Fahrbahn		
1692035		Motorrad L3 oder Motorrad mit Beiwagen L4	1-1X	Lenker		50						31409			
1692036		Pkw, Kombi, Taxi M1 (Fzg für Personenbeförderung bis zu 8 Sitzplätzen außer Fahrer)	2-1	Lenker	unbekannt			Unverletzt		Sicherheitsgurt verwendet; Alibag nicht ausgeteilt					
3	2013011677	Landesstraße L	132	r?	?	36	21.06.2013	11:56:00		-	Niederösterreich	51	Trockene Fahrbahn	Hindernisse auf der Fahrbahn (Gegenstände, ungesicherte Fahrzeuge)	
1697646		Motorrad L3 oder Motorrad mit Beiwagen L4	1-1X	Mitfahrer hinten (auch Sozius)	Weiblich	19,02	19.02.1900	Schwer verletzt		-				Sturz vom Fahrzeug - 24	
1697647		Motorrad L3 oder Motorrad mit Beiwagen L4	1-2X	Lenker	Männlich	19,02	19.02.1900	Schwer verletzt		-				Sturz vom Fahrzeug - 24	
4	2014001103	Landesstraße L	132	r	Männlich	31,85	12.03.2014	17:00:00		Sturzhelm verwendet	Niederösterreich	13	Trockene Fahrbahn	Unachtsamkeit / Ablenkung	
1759381		Motorrad L3 oder Motorrad mit Beiwagen L4	1-1X	Lenker		03.02	03.02.1900	Schwer verletzt				31406		Abkommen rechts - 34	
5	2014025728	Landesstraße L	132	r*		36,62	08.08.2014	10:00:00			Niederösterreich	13	Sand, Splitt auf der Fahrbahn	Nichtangepasste Geschwindigkeit	
1812724		Motorrad L3 oder Motorrad mit Beiwagen L4	1-1X	Lenker	Männlich	12.02	12.02.1900	Schwer verletzt		Sturzhelm verwendet					
6	2015029153	Landesstraße L	132	r	Männlich	29,45	01.11.2015	15:40:00			Niederösterreich	12	Trockene Fahrbahn	Hindernisse auf der Fahrbahn (Gegenstände, ungesicherte Fahrzeuge)	
1802159		Motorrad L3 oder Motorrad mit Beiwagen L4	1-1X	Mitfahrer hinten (auch Sozius)	Weiblich	05.02	05.02.1900	Schwer verletzt						Abkommen rechts - 34	
1902160		Motorrad L3 oder Motorrad mit Beiwagen L4	1-2X	Lenker	Männlich	12.02	12.02.1900	Unverletzt						Abkommen rechts - 34	

11.9 KTM-CAN-Bus-Daten

Signal	Bit-Länge	erfasst von	
		2D-System	VBOX
ABS_Front_Master_Cylinder_Pressure_Validity	1	ja	
ABS_Front_Master_Cylinder_Pressure	12	ja	
ABS_Front_Wheel_Pressure_Validity	1	ja	
ABS_Front_Wheel_Pressure	12	ja	ja
ABS_Rear_Master_Cylinder_Pressure_Validity	1	ja	
ABS_Rear_Master_Cylinder_Pressure	12	ja	
ABS_Rear_Wheel_Pressure_Validity	1	ja	
ABS_Rear_Wheel_Pressure	12	ja	ja
ABS_ABS_Mode_Acknowledge	2	ja	
ABS_MTC_Mode_Acknowledge	2	ja	
ABS_Front_Wheel_Speed_Validdity	1	ja	
ABS_Front_Wheel_Speed	16	ja	ja
ABS_Rear_Wheel_Speed_Validity	1	ja	
ABS_Rear_Wheel_Speed	16	ja	ja
ABS_Lean_Angle_Validity	1	ja	
ABS_Lean_Angle	12	ja	ja
DASH_ABS_Mode_Switch	2	ja	
DASH_MTC_Mode_Switch	3	ja	
DASH_DampinG_Mode_SCU	2	ja	
DASH_Load_Condition_SCU	2	ja	
ECU_Cc_Master_Switch	1	ja	
ECU_Cc_Status	1	ja	
ECU_Cc_Switch_Check	1	ja	
ECU_Cc_VSP	16	ja	ja
ECU_Engine_Rpm	16	ja	ja
ECU_Gear_position_Malfunction	1	ja	
ECU_Gear_Position	3	ja	ja
ECU_MUX_Engine_Data	8	ja	
ECU_Temperature_Water_Malfunction	1	ja	
ECU_Temperature_Water	16	ja	
ECU_Accel_Position_Signal_Fail	2	ja	
ECU_Accel_position	8	ja	ja
ECU_Engine_MTC_Mode_Acknowledge	3	ja	
ECU_Clutch_Switch	1	ja	
LAS_Ay1	16	ja	ja
LAS_Psip_Yaw_Rate	16	ja	ja
LAS_Ax1	16	ja	ja
LAS_Psip3_Roll_Rate	16	ja	ja
LAS_Az_Vertical_Acceleration	32	ja	ja
SCU_Damping_Mode	2	ja	
SCU_Load_Condition	2	ja	
TPMS_Pressure_Front	8	ja	ja
TPMS_Pressure_Rear	8	ja	ja
TPMS_System_Status	8	ja	

11.10 Roadbook

Roadbook



Testfahrten Kalte Kuchl, B21 samt Vergleichstrecken

Testfahrten vom:

Teilnehmende Fahrer:

Messtechnische Betreuung:

Sonstige Anmerkungen:

Roadbook – Kalte Kuchl

Fahrt-Nr.:

Fahrer:

Strecke:

Fahrtrichtung:

Fahrbahnzustand:

Datum/Uhrzeit:

Wetter:

Verkehrsaufkommen:

Fahrstil: K | N | D

Einschätzung Fahrstil:

Besondere Events/Interaktionen/Fahrfehler:

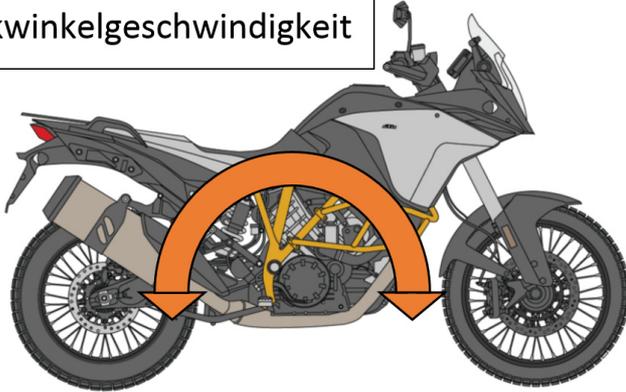
Sonstige Anmerkungen:

Datensatz:

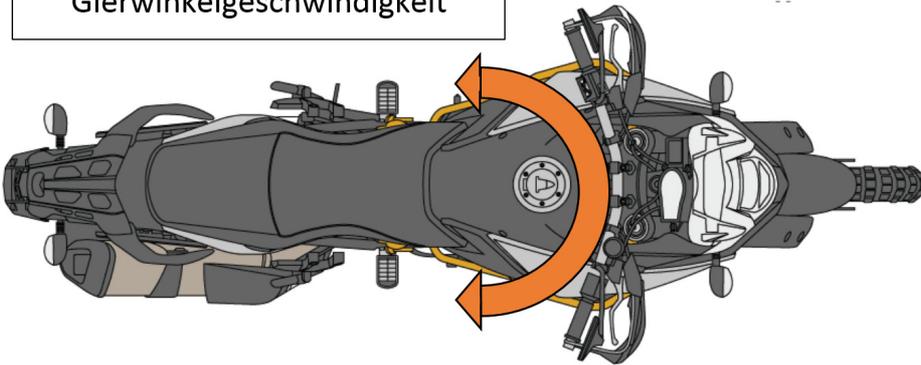
VBOX:

11.11 Winkeldefinition

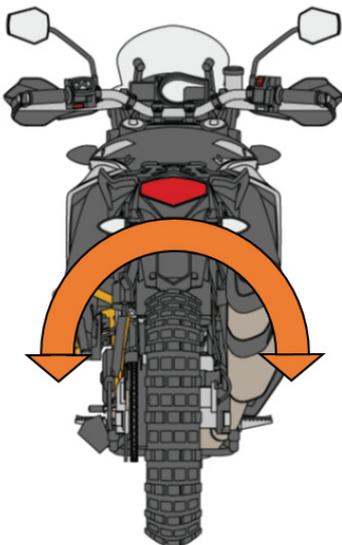
Nickwinkel
Nickwinkelgeschwindigkeit



Gierwinkel
Gierwinkelgeschwindigkeit



Rollwinkel
Rollwinkelgeschwindigkeit



Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Neue Klassen und Voraussetzungen	15
Abbildung 2: Entwicklung aller UPS mit Motorradbeteiligung 1996 - 2015	17
Abbildung 3: Vergleich von UPS in Abhängigkeit der Straßenart sowie Ortsgebiet – Freiland 2008 – 2015	18
Abbildung 4: Anzahl UPS nach Wochentag / Wochenende pro Tag 2008 – 2015	19
Abbildung 5: Anzahl Getötete nach Wochentag / Wochenende pro Tag 2008 – 2015	19
Abbildung 6: Unfälle nach Uhrzeit und Wochentag / Wochenende pro Tag 2008 - 2015	20
Abbildung 7: Unfallhäufigkeit nach Monat und Sonnenstunden 2013 – 2015	21
Abbildung 8: Gefährlichkeit der Strecken - Bikers Project	25
Abbildung 9: Einschätzung der Gefährlichkeit von Infrastruktur (Ergebnisse der RIDERSCAN-Umfrage)	26
Abbildung 10: Trenddarstellung des gemittelten Zusammenhangs von subjektiven Einschätzungen und UPS-Daten des Zeitraumes 1998 – 2002 (y-Achse auf den Bereich 0 – 100.000 € skaliert)	31
Abbildung 11: Unfallsteckkarte L120 – Exelberg – NÖ von km 8,6 – km 23,0	34
Abbildung 12: Unfallsteckkarte L121 – Mauerbach – NÖ von km 0,0 – km 2,4	35
Abbildung 13: Unfallsteckkarte B27 – Höllental – NÖ von km 11,0 – km 27,0	36
Abbildung 14: Unfallsteckkarte L135/L103 – Preiner Gscheid – NÖ von km 6,8 – km 12,0 bzw. STMK von km 9,6 – km 6,0	37
Abbildung 15: Unfallsteckkarte B21 – Kalte Kuchl – NÖ von km 54,4 – km 68,2	38
Abbildung 16: Unfallsteckkarte L132 – Adamstal – NÖ von km 28,0 – km 36,6	39
Abbildung 17: AIT-Messfahrzeug zur Straßenraumerfassung	40
Abbildung 18: Trajektorie und Basislinien des Basisstationsnetzes	41
Abbildung 19: Das MoProVe und seine Messsysteme	42
Abbildung 20: Videoauswertung im Rahmen von viaMotorrad	45
Abbildung 21: Anordnung der Messsysteme	46
Abbildung 22: Lenkwinkelsensors	47
Abbildung 23: Kennlinie des Linearpotentiometers als Lenkwinkelsensor	47
Abbildung 24: Kalibrierung des Videosystems, Neigungswinkel 0°	48
Abbildung 25: Kalibrierung des Videosystems, Neigung 16° nach links (oben) sowie rechts (unten)	48
Abbildung 26: Messanhänger als mobile Basisstation	49
Abbildung 27: Referenztrajektorien (grün) und Messtrajektorie (blau) einer Messfahrt	50
Abbildung 28: Drehzahlsignal mit Nullfehler (blau) und korrigiert (rot)	51
Abbildung 29: Oberfläche der SafetyCam	53
Abbildung 30: Vergleich der zeitbasierten Daten von Lenkwinkel (blau) und Rollrate (grün) von zwei Fahrten	53
Abbildung 31: Vergleich der Fahrlinien zweier Fahrten	54
Abbildung 32: Beispielunfall Exelberg (Quelle: OpenStreetMap)	58
Abbildung 33: Geschwindigkeitsverläufe Exelberg	59
Abbildung 34: Längsbeschleunigung Exelberg	59
Abbildung 35: Gierwinkelgeschwindigkeit und Fahrlinien Exelberg	59
Abbildung 36: Rollwinkelgeschwindigkeit und Rollwinkel Exelberg	60
Abbildung 37: Beispielunfall Höllental (Quelle: OpenStreetMap)	60
Abbildung 38: Geschwindigkeitsverläufe Höllental	61
Abbildung 39: Längsbeschleunigung Höllental	61
Abbildung 40: Rollwinkel, Gierwinkelgeschwindigkeit sowie Fahrlinien Höllental	61
Abbildung 41: Beispielunfall Kalte Kuchl (Quelle: OpenStreetMap)	62
Abbildung 42: Geschwindigkeitsverläufe eines Fahrers Kalte Kuchl	62

Abbildung 43: Längsbeschleunigung Kalte Kuchl	63
Abbildung 44: Gasdrehgriffbetätigung Kalte Kuchl	63
Abbildung 45: Fahrlinien sowie Rollwinkelgeschwindigkeit Kalte Kuchl	63
Abbildung 46: Kritische Streckenabschnitte B21, Fahrtrichtung 1, mit vollständiger Zuordnung der Streckenmaxima	71
Abbildung 47: Kritische Streckenabschnitte B21, Fahrtrichtung 1	72
Abbildung 48: Kritische Streckenabschnitte B21, Fahrtrichtung 2	72
Abbildung 49: Kritische Streckenabschnitte B27, Fahrtrichtung 1	73
Abbildung 50: Kritische Streckenabschnitte B27, Fahrtrichtung 2	73
Abbildung 51: Kritische Streckenabschnitte L120, Fahrtrichtung 1	74
Abbildung 52: Kritische Streckenabschnitte L120, Fahrtrichtung 2	74
Abbildung 53: Kritische Streckenabschnitte L121, Fahrtrichtung 1	75
Abbildung 54: Kritische Streckenabschnitte L121, Fahrtrichtung 2	75
Abbildung 55: Kritische Streckenabschnitte L132, Fahrtrichtung 1	76
Abbildung 56: Kritische Streckenabschnitte L132, Fahrtrichtung 2	76
Abbildung 57: Kritische Streckenabschnitte L135/L103, Fahrtrichtung 1	77
Abbildung 58: Kritische Streckenabschnitte L135/L103, Fahrtrichtung 2	77
Abbildung 59: Fiktive Darstellung einer möglichen Gefahrenkarte	78
Abbildung 60: Höhenprofil der Messstrecke zwischen km 115,0 – 103,6	81
Abbildung 61: Höhenprofil der Messstrecke zwischen km 113,0 – 110,0	81
Abbildung 62: Geschwindigkeitsprofile von 9 Messfahrten (2 FahrerInnen) km 113,0 – 110,0	82
Abbildung 63: Längsbeschleunigung bei 9 Messfahrten (2 FahrerInnen) km 113,0 – 110,0	83
Abbildung 64: Querb beschleunigung bei 9 Messfahrten (2 FahrerInnen) km 113,0 – 110,0	83
Abbildung 65: Rollwinkel (links) und Rollrate (rechts) bei 9 Messfahrten (2 FahrerInnen) km 113,0 – 110,0	84
Abbildung 66: Lenkwinkel bei 9 Messfahrten (2 FahrerInnen) km 113,0 – 110,0	84
Abbildung 67: Kritische Streckenabschnitte B70, Fahrtrichtung 1	85
Abbildung 68: Kritische Streckenabschnitte B70, Fahrtrichtung 2	86
Abbildung 69: Ausschnitt der RSI mit Maxima der Gefahrenfunktion von km 110,0 – km 113,0; Fahrtrichtung 2	87
Abbildung 70: Zusammenhang von subjektiven Einschätzungen und UPS-Daten des Jahres 1998 mit zusammengefasster Kategorie 4,5	97
Abbildung 71: Zusammenhang von subjektiven Einschätzungen und UPS-Daten des Jahres 1999 mit zusammengefasster Kategorie 4,5	97
Abbildung 72: Zusammenhang von subjektiven Einschätzungen und UPS-Daten des Jahres 2000 mit zusammengefasster Kategorie 4,5	98
Abbildung 73: Zusammenhang von subjektiven Einschätzungen und UPS-Daten des Jahres 2001 mit zusammengefasster Kategorie 4,5	98
Abbildung 74: Zusammenhang von subjektiven Einschätzungen und UPS-Daten des Jahres 2002 mit zusammengefasster Kategorie 4,5	99

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Fahrzeugbestand einspuriger KFZ 1996, 2008 - 2015	14
Tabelle 2: Gegenüberstellung der Unfallzahlen und der Sonnenstunden (gemittelt) und Monat	21
Tabelle 3: UPS mit Motorradbeteiligung nach Bundesländern 2008 - 2015	22
Tabelle 4: Getötete bei UPS mit Motorradbeteiligung nach Bundesländern 2008 - 2015	22
Tabelle 5: UHS nach Bundesländern 2011 - 2015	23
Tabelle 6: Klassifikation der Gefahrenstellen (Bikers Project)	24
Tabelle 7: Zusammengefasste Infrastrukturprobleme des Richtlinien-Reviews von RIDERSCAN	27
Tabelle 8: Sanierte Streckenabschnitte aus der Motorradsicherheitsmillion	29
Tabelle 9: Maskierung der subjektiven Gefährlichkeit zu Gefährlichkeitsklassen	30
Tabelle 10: Gewichtung der Verletzungsschweregrade nach volkswirtschaftlichen Kosten basierend auf das Bezugsjahr 2016	30
Tabelle 11: Anzahl der Datensätze pro Gefährlichkeitsklasse	30
Tabelle 12: Von der VBOX erfasste CAN Signale der KTM	43
Tabelle 13: Unfalldaten Beispiel Exelberg	58
Tabelle 14: Unfalldaten Beispiel Höllental	60
Tabelle 15: Unfalldaten Beispiel Kalte Kuchl	62
Tabelle 16: Anteile der unterschiedlichen Kritikalität der Strecken sowie der getroffenen Unfallstellen	68
Tabelle 17: Gefahrenbereiche auf der B70 aus der RSI	86

Literaturverzeichnis

- Austria, S. (März 2019). <http://www.statistik.at/>. Von <http://www.statistik.at/>: <http://www.statistik.at/> abgerufen
- BikersProject. (Juni 2017). <http://www.mipra.at/>. Von http://www.mipra.at/html/verkehrssicherheit/mipra_verkehrssicherheit_bikersproject.html abgerufen
- Bikerwelt - Exelberg/Tullnerstraße. (2000). *Bikerwelt*. Von http://www.bikerwelt.at/touren/noe_05tour.php abgerufen
- Bikerwelt - Höllental. (2000). *Bikerwelt*. Von http://www.bikerwelt.at/touren/noe_11tour.php abgerufen
- Bikerwelt - Kalte Kuchl. (2000). *Bikerwelt*. Von http://www.bikerwelt.at/touren/noe_13tour.php abgerufen
- Bikerwelt - Kalte Kuchl. (2017). *Bikerwelt*. Von http://www.bikerwelt.at/touren/noe_13tour.php abgerufen
- Bikerwelt - Kamptal. (2000). *Bikerwelt*. Von http://www.bikerwelt.at/touren/noe_08tour.php abgerufen
- Bikerwelt - Neusiedl/Neusiedlersee. (2000). *Bikerwelt*. Von http://www.bikerwelt.at/touren/noe_bu_02tour.php abgerufen
- Bikerwelt - Wachau. (2017). *Bikerwelt*. Von http://www.bikerwelt.at/touren/noe_14tour.php abgerufen
- Bikerwelt - Westliches Weinviertel. (2004). *Bikerwelt*. Von http://www.bikerwelt.at/touren/noe_14tour.php abgerufen
- BMVIT – Bundesministerium für Verkehr, I. u. (2017). <https://www.bmvit.gv.at>. Von <https://www.bmvit.gv.at/verkehr/strasse/sicherheit/strassenverkehrsunaefalle/ukr2017.html> abgerufen
- Delhay, A. M. (2015). *Infrastructure, Deliverable 3 of the EC/MOVE/C4 project RIDERSCAN*. Von https://ec.europa.eu/transport/road_safety/sites/roadsafety/files/pdf/projects_sources/riderscan_d3.pdf abgerufen
- Einschätzung Achsenpass - Alpenrouten. (2014). *Alpenrouten*. Von http://alpenrouten.de/Achenpass_point595.html abgerufen
- Einschätzung Achsenpass - Motorradrundreisen. (2013). *Motorradrundreisen*. Von http://www.motorradrundreisen.de/alpenpaesse/deutschland/13_achenpass.html abgerufen
- Einschätzung Alter Brenner Pass - Alpenrouten. (2017). *Alpenrouten*. Von http://alpenrouten.de/Brennerpass-Brennero-Passo-del_point605.html abgerufen
- Einschätzung Arlbergpass - Alpenrouten. (2016). *Alpenrouten*. Von http://alpenrouten.de/Arlbergpass_point26.html abgerufen
- Einschätzung Arlbergpass - Kurvenkönig. (2017). *Kurvenkönig*. Von <https://kurvenkoenig.de/paesse/arlbergpass.html> abgerufen
- Einschätzung Berninapass - Alpenrouten. (2017). *Alpenrouten*. Von http://alpenrouten.de/Berninapass_point50.html abgerufen
- Einschätzung Berninapass - Kurvenkönig. (2017). *Kurvenkönig*. Von <https://kurvenkoenig.de/paesse/berninapass-passo-del-bernina.html> abgerufen

- Einschätzung Ennstal/Stoderzinken-Alpenstraße - Alpenrouten. (2017). *Alpenrouten*. Von http://alpenrouten.de/Stoderzinken-Alpenstrasse-EP-Steinerhaus_point483.html abgerufen
- Einschätzung Exelberg/Tullnerstraße - AustriaForum. (2017). *Austria Forum*. Von <http://austria-forum.org/af/AustriaWiki/Exelberg> abgerufen
- Einschätzung Exelberg/Tullnerstraße - Bike On Tour. (2017). *Bike On Tour*. Von <https://www.bike-on-tour.com/unterwegs/tagestouren/wienerwald-1/> abgerufen
- Einschätzung Exelberg/Tullnerstraße - Bikerwelt. (2000). *Bikerwelt*. Von http://www.bikerwelt.at/touren/noe_05tour.php abgerufen
- Einschätzung Exelberg/Tullnerstraße - MeinBezirk. (2015). *MeinBezirk*. Von <https://www.meinbezirk.at/tulln/lokales/die-dopplerhuette-d1208168.html> abgerufen
- Einschätzung Fernpass - Alpenrouten. (2015). *Alpenrouten*. Von http://alpenrouten.de/Fernpass_point143.html abgerufen
- Einschätzung Flexenpass - Alpenrouten. (2016). *Alpenrouten*. Von http://alpenrouten.de/Flexenpass_point154.html abgerufen
- Einschätzung Flüelapass - Alpenrouten. (2017). *Alpenrouten*. Von http://alpenrouten.de/Flueelapass_point153.html abgerufen
- Einschätzung Flüelapass - Kurvenkönig. (2017). *Kurvenkönig*. Von <https://kurvenkoenig.de/paesse/flueelapass.html> abgerufen
- Einschätzung Furkajoch - Alpenrouten. (2014). *Alpenrouten*. Von http://alpenrouten.de/Furkajoch_point169.html abgerufen
- Einschätzung Furkajoch - Motofun. (2017). *Motofun*. Von http://www.motofun.ch/paesse_ausland/furkajoch.html abgerufen
- Einschätzung Gesäuße - GS-Forum.eu. (2010). *GS-Forum.eu*. Von <http://www.gs-forum.eu/reise-100/gesaeuse-der-steiermark-40365/> abgerufen
- Einschätzung Großglockner - Alpenrouten. (2017). *Alpenrouten*. Von http://alpenrouten.de/Hochtor-Grossglockner-Hochalpenstrasse_point210.html?pg=3#comments abgerufen
- Einschätzung Großglockner - Kurvenkönig. (2017). *Kurvenkönig*. Von <https://kurvenkoenig.de/motorrad/kaernten/grossglockner-motorradparadies.html> abgerufen
- Einschätzung Hahntenjoch - Alpenrouten. (2017). *Alpenrouten*. Von http://alpenrouten.de/Hahntennjoch_point590.html?pg=5#comments abgerufen
- Einschätzung Hengstpass - Alpenrouten. (2017). *Alpenrouten*. Von http://alpenrouten.de/Hengstpass-Laussapass_point635.html abgerufen
- Einschätzung Hochtannbergpass - Alpenrouten. (2017). *Alpenrouten*. Von http://alpenrouten.de/Hochtannbergpass-Hochkrumbacher-Sattel_point209.html abgerufen
- Einschätzung Höllental - Bike On Tour. (2017). *Bike On Tour*. Von <https://www.bike-on-tour.com/unterwegs/empfehlenswertestra%C3%9Fen-p%C3%A4sse-etc/%C3%B6sterreich-ost/> abgerufen
- Einschätzung Höllental - Bikerwelt. (2000). *Bikerwelt*. Von http://www.bikerwelt.at/touren/noe_11tour.php abgerufen
- Einschätzung Höllental - Motorrad Steiermark. (o.J.). *Motorrad Steiermark*. Von <https://www.motorrad-stmk.at/touren/tagestouren/h%C3%B6llental-mariazell/> abgerufen

- Einschätzung Höllental - Motorrad-Tour. (2017). *Motorrad Tour*. Von http://www.motorrad-tour.com/329.H%F6lle%20und%20Himmel%20-%20H%F6llental%20runter%20und%20%FCber%20Mariazell%20retour?var_tour=16 abgerufen
- Einschätzung Höllental - ORF Niederösterreich. (2012). *ORF Niederösterreich*. Von <http://noev1.orf.at/stories/517077> abgerufen
- Einschätzung Jaufenpass - Alpenrouten. (2017). *Alpenrouten*. Von http://alpenrouten.de/Jaufenpass-Monte-Giovo-Passo-di_point310.html?pg=1#comments abgerufen
- Einschätzung Kalte Kuchl - Bike-On-Tour. (2017). *Bike-On-Tour*. Von <https://www.bike-on-tour.com/unterwegs/empfehlenswerte-stra%C3%9Fen-p%C3%A4sse-etc/%C3%B6sterreich-ost/> abgerufen
- Einschätzung Kalte Kuchl - Motorrad Reiseberichte. (o.J.). *Motorrad Reiseberichte*. Von <https://www.motorrad-reiseberichte.at/oesterreich/motorradtour-reisebericht-wachau-niederoesterreich.html> abgerufen
- Einschätzung Kalte Kuchl - Motorrad-Tour (a). (2017). *Motorrad-Tour*. Von http://www.motorrad-tour.com/329.H%f6lle%20und%20Himmel%20-%20H%f6llental%20runter%20und%20%fcber%20Mariazell%20retour?var_tour=16 abgerufen
- Einschätzung Kalte Kuchl - Motorrad-Tour (b). (2017). *Motorrad Tour*. Von [http://www.motorrad-tour.com/329.Best%20Of%20-%202%20\(Kalte%20Kuchl\)?var_tour=6](http://www.motorrad-tour.com/329.Best%20Of%20-%202%20(Kalte%20Kuchl)?var_tour=6) abgerufen
- Einschätzung Kauntaler Gletscherstraße - Bikerdream. (2017). *Bikerdream*. Von <https://www.bikerdream.de/highligt/at/kauner.html#> abgerufen
- Einschätzung Kauntaler Gletscherstraße - Motofun. (2013). *Motofun*. Von http://www.motofun.ch/paesse_ausland/kaunertal.html abgerufen
- Einschätzung Kühtaisattel - Alpenrouten. (2016). *Alpenrouten*. Von http://alpenrouten.de/Kuehtai-Sattel-Kuehtai_point234.html abgerufen
- Einschätzung Kühtaisattel - Kurvenkönig. (2015). *Kurvenkönig*. Von https://community.kurvenkoenig.de/forum/oesterreich/tirol_italien_runde-636 abgerufen
- Einschätzung Malta Hochalmstraße - Alpenrouten. (2017). *Alpenrouten*. Von http://alpenrouten.de/Malta-Hochalmstrasse-EP-Koelnbreinspeicher_point233.html abgerufen
- Einschätzung Mariazell - Alpenrouten. (2012). *Alpenrouten*. Von http://alpenrouten.de/Zellerrain-Zeller-Rain_point1008.html abgerufen
- Einschätzung Nockalmstraße - Alpenrouten. (2017). *Alpenrouten*. Von http://alpenrouten.de/Eisentalhoehe-Nockalm-Hoehenstrasse_point128.html?pg=2#comments abgerufen
- Einschätzung Packsattel - Alpenroute. (2009). *Alpenroute*. Von http://alpenrouten.de/Packsattel_point623.html abgerufen
- Einschätzung Pass Thurn - Alpenrouten. (2017). *Alpenrouten*. Von http://alpenrouten.de/Pass-Thurn_point358.html abgerufen
- Einschätzung Pass Thurn - Kurvenkönig. (2017). *Kurvenkönig*. Von <https://kurvenkoenig.de/paesse/pass-thurn.html> abgerufen
- Einschätzung Plöckenpass - Alpenrouten. (2017). *Alpenrouten*. Von http://alpenrouten.de/Ploeckenpass-Monte-Croce-Carnico-Passo-di-Cros-Mont-di_point384.html abgerufen
- Einschätzung Plöckenpass - Kurvenkönig. (2017). *Kurvenkönig*. Von <https://kurvenkoenig.de/motorrad/osttirol/ploeckenpass.html> abgerufen

- Einschätzung Postalmstraße - GPS - TourInfo. (2011). *GPS - TourInfo*. Von <https://www.gps-tour.info/de/touren/detail.80399.html> abgerufen
- Einschätzung Pyhrnpass - Alpenrouten. (2016). *Alpenrouten*. Von http://alpenrouten.de/Pyhrnpass_point400.html abgerufen
- Einschätzung Reschenpass - Alpenrouten. (2017). *Alpenrouten*. Von http://alpenrouten.de/Reschenpass-Resia-Passodi_point409.html?pg=2#comments abgerufen
- Einschätzung Schaidasattel - Alpenrouten. (2016). *Alpenrouten*. Von http://alpenrouten.de/Schaidasattel_point453.html abgerufen
- Einschätzung Silvretta - Alpenrouten. (2015). *Alpenrouten*. Von http://alpenrouten.de/Fernpass_point143.html abgerufen
- Einschätzung Silvretta - Kurvenkönig. (2017). *Kurvenkönig*. Von <https://kurvenkoenig.de/paesse/silvretta-hochalpenstrasse.html> abgerufen
- Einschätzung Soboth - Alpenroute. (2016). *Alpenroute*. Von http://alpenrouten.de/Soboth-Koglereck_point732.html abgerufen
- Einschätzung Totes Gebirge - Kurvenkönig. (2017). *Kurvenkönig*. Von <https://kurvenkoenig.de/motorrad/oberoesterreich/totes-gebirge.html> abgerufen
- Einschätzung Wachau - 1000PS.at. (2013). *1000PS.at*. Von <https://forum.1000ps.at/forum/tm.asp?m=2699789&mpage=1&key=�> abgerufen
- FSG. (März 2017). <https://www.jusline.at/>. Von https://www.jusline.at/4a_Zweite_Ausbildungsphase_-_Allgemeines_FSG.html abgerufen
- Kraut, T. S. (2019). *RSI-4-2 Wheelers - Berücksichtigung der Simulation zur zusätzlichen Bewertung des fahrstreckenspezifischen und fahrdynamischen Verhaltens von Motorrädern bei Road Safety Inspections und Road Safety Audits*. Wien: Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie; Österreichischer Verkehrssicherheitsfonds.
- Kreuzbergsattel Einschätzung - Alpenrouten. (2015). *Alpenrouten*. Von http://alpenrouten.de/Kreuzbergsattel-Kaerntener-Kreuzberg_point242.html abgerufen
- Kurvenkoenig. (2017). <https://kurvenkoenig.de/>. Von <https://kurvenkoenig.de/motorrad/osttirol/ploeckenpass.html> abgerufen
- Kurvenkönig - Tennengau. (2017). *Kurvenkönig*. Von <https://kurvenkoenig.de/motorrad/salzburg/tennengau.html> abgerufen
- Kurvenkönig - Totes Gebirge. (2017). *Kurvenkönig*. Von <https://kurvenkoenig.de/motorrad/salzburg/totes-gebirge.html> abgerufen
- Moho - Motorrad Hostels - Achsenpass. (2017). *Moho - Motorrad Hostels*. Von <http://www.moho.info/de/motorrad-regionen/tirol-p14-12.html> abgerufen
- Moho - Motorrad Hostels - Alter Brenner Pass. (2017). *Moho - Motorradhostels*. Von <http://www.moho.info/de/motorrad-regionen/tirol-p14-12.html> abgerufen
- Moho - Motorrad Hostels - Arlbergpass. (2017). *Moho - Motorrad Hostels*. Von <http://www.moho.info/de/motorrad-regionen/tirol-p14-12.html> abgerufen
- Moho - Motorrad Hostels - Berninapass. (2017). *Moho - Motorrad Hostels*. Von <http://www.moho.info/de/motorrad-regionen/vorarlberg-p14-16.html> abgerufen

- Moho - Motorrad Hostels - Ennstal/Stoderzinken-Alpenstraße. (2017). *Moho - Motorrad Hostels*. Von <http://www.moho.info/de/motorrad-regionen/oberoesterreich-p14-9.html> abgerufen
- Moho - Motorrad Hostels - Flexenpass. (2017). *Moho - Motorrad Hostels*. Von <http://www.moho.info/de/motorrad-regionen/tirol-p14-12.html> abgerufen
- Moho - Motorrad Hostels - Flüelapass. (2017). *Moho - Motorrad Hostels*. Von <http://www.moho.info/de/motorrad-regionen/vorarlberg-p14-16.html> abgerufen
- Moho - Motorrad Hostels - Furkajoch. (2017). *Moho - Motorradhostels*. Von <http://www.moho.info/de/motorrad-regionen/tirol-p14-12.html> abgerufen
- Moho - Motorrad Hostels - Gaichtpass. (2017). *Moho - Motorrad Hostels*. Von <http://www.moho.info/de/motorrad-regionen/tirol-p14-12.html> abgerufen
- Moho - Motorrad Hostels - Gerlospass. (2017). *Moho - Motorrad Hostels*. Von <http://www.moho.info/de/motorrad-regionen/tirol-p14-12.html> abgerufen
- Moho - Motorrad Hostels - Gesäuße. (2017). *Moho - Motorrad Hostels*. Von <http://www.moho.info/de/motorrad-regionen/oberoesterreich-p14-9.html> abgerufen
- Moho - Motorrad Hostels - Greiner Bundesstraße. (2017). *Moho - Motorrad Hostels*. Von <http://www.moho.info/de/motorrad-regionen/oberoesterreich-p14-9.html> abgerufen
- Moho - Motorrad Hostels - Hahntenjoch. (2017). *Moho - Motorrad Hostels*. Von <http://www.moho.info/de/motorrad-regionen/tirol-p14-12.html> abgerufen
- Moho - Motorrad Hostels - Hallstatt. (2017). *Moho - Motorrad Hostels*. Von <http://www.moho.info/de/motorrad-regionen/oberoesterreich-p14-9.html> abgerufen
- Moho - Motorrad Hostels - Hengstpass. (2017). *Moho - Motorrad Hostels*. Von <http://www.moho.info/de/motorrad-regionen/oberoesterreich-p14-9.html> abgerufen
- Moho - Motorrad Hostels - Hirschalm. (2017). *Moho - Motorrad Hostels*. Von <http://www.moho.info/de/motorrad-regionen/oberoesterreich-p14-9.html> abgerufen
- Moho - Motorrad Hostels - Hochtannbergpass. (2017). *Moho - Motorrad Hostels*. Von <http://www.moho.info/de/motorrad-regionen/tirol-p14-12.html> abgerufen
- Moho - Motorrad Hostels - Jaufenpass. (2017). *Moho - Motorrad Hostels*. Von <http://www.moho.info/de/motorrad-regionen/tirol-p14-12.html> abgerufen
- Moho - Motorrad Hostels - Kitzbühler Horn. (2017). *Moho - Motorrad Hostels*. Von <http://www.moho.info/de/motorrad-regionen/tirol-p14-12.html> abgerufen
- Moho - Motorrad Hostels - Krumau. (2017). *Moho - Motorrad Hostels*. Von <http://www.moho.info/de/motorrad-regionen/oberoesterreich-p14-9.html> abgerufen
- Moho - Motorrad Hostels - Kühtaisattel. (2017). *Moho - Motorrad Hostels*. Von <http://www.moho.info/de/motorrad-regionen/tirol-p14-12.html> abgerufen
- Moho - Motorrad Hostels - Moldaustauseen. (2017). *Moho - Motorrad Hostels*. Von <http://www.moho.info/de/motorrad-regionen/oberoesterreich-p14-9.html> abgerufen
- Moho - Motorrad Hostels - Mühlviertler Amen. (2017). *Moho - Motorrad Hostels*. Von <http://www.moho.info/de/motorrad-regionen/oberoesterreich-p14-9.html> abgerufen

- Moho - Motorrad Hostels - Pass Thurn. (2017). *Moho - Motorrad Hostels*. Von <http://www.moho.info/de/motorrad-regionen/tirol-p14-12.html> abgerufen
- Moho - Motorrad Hostels - Pyhrnpass. (2017). *Moho - Motorrad Hostels*. Von <http://www.moho.info/de/motorrad-regionen/oberoesterreich-p14-9.html> abgerufen
- Moho - Motorrad Hostels - Reschenpass. (2017). *Moho - Motorrad Hostels*. Von <http://www.moho.info/de/motorrad-regionen/tirol-p14-12.html> abgerufen
- Motorrad Reiseberichte - Gesäuse. (o.J.). *Motorrad Reiseberichte*. Von <https://www.motorrad-reiseberichte.at/oesterreich/oesterreich-motorradtouren-reiseberichte.html> abgerufen
- Motorrad Reiseberichte - Mariazell. (o.J.). *Motorrad Reiseberichte*. Von <https://www.motorrad-reiseberichte.at/oesterreich/oesterreich-motorradtouren-reiseberichte.html> abgerufen
- Motorrad Reiseberichte - Packsattel. (o.J.). *Motorrad Reiseberichte*. Von <https://www.motorrad-reiseberichte.at/oesterreich/oesterreich-motorradtouren-reiseberichte.html> abgerufen
- Motorrad Reiseberichte - Soboth. (o.J.). *Motorrad Reiseberichte*. Von <https://www.motorrad-reiseberichte.at/oesterreich/oesterreich-motorradtouren-reiseberichte.html> abgerufen
- Motorrad Reiseberichte - Wachau. (o.J.). *Motorrad Reiseberichte*. Von <https://www.motorrad-reiseberichte.at/oesterreich/oesterreich-motorradtouren-reiseberichte.html> abgerufen
- Motorradtouren, Fernpass, Tiroler Oberland. (2013). *Motorradtouren Tiroler Oberland*. Von https://www.tiroler-oberland.com/de/aktiv/sommer-aktiv-erleben/motorradtouren/motoalps-naturtour_td-8918 abgerufen
- Motorradtouren, Kauntaler Gletscherstraße, Tiroler Oberland. (2013). *Tiroler Oberland*. Von https://www.tiroler-oberland.com/de/aktiv/sommer-aktiv-erleben/motorradtouren/motorradtour-gletscher-naturpark-tour_td-8885 abgerufen
- Motorradtouren, Silvretta, Tiroler Oberland. (2013). *Motorradtouren Tiroler Oberland*. Von https://www.tiroler-oberland.com/de/aktiv/sommer-aktiv-erleben/motorradtouren/motoalps-naturtour_td-8918 abgerufen
- ÖAMTC Unfallforschung. (2014). *Motorradunfälle – Unfallgeschehen und Maßnahmenvorschläge*. Wien: ÖAMTC Unfallforschung.
- Österreichische Forschungsgesellschaft Straße - Schiene - Verkehr (FSV). (2004). *RVS - Verkehrssicherheitsuntersuchung - 02.02.21*. Wien: Österreichische Forschungsgesellschaft Straße – Schiene – Verkehr (FSV).
- Österreichische Forschungsgesellschaft Straße - Schiene - Verkehr (FSV). (2015). *RVS - FUSSGÄNGERVERKEHR - 03.02.12*. Wien: Österreichische Forschungsgesellschaft Straße – Schiene – Verkehr.
- RIDERSCAN. (2017). <http://www.fema-online.eu/>. Von <http://www.fema-online.eu/riderscan/?lang=en> abgerufen
- SalzburgerLand - Postalmstraße. (2017). *SalzburgerLand*. Von <https://www.salzburgerland.com/de/auf-2-oder-4-raedern-unterwegs/> abgerufen
- Stefan, S. S. (2018). *MoMio – Evaluierung Motorradsicherheitsmillion*. Wien: Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie; Österreichischer Verkehrssicherheitsfonds.

- Tourismusportal Kärnten*. (2017). Von <http://www.kaernten.at/aktivitaeten/sommer/motorrad/motorrad-passstrassen/> abgerufen
- Tourismusportal Kärnten*. (2017). Von <http://www.kaernten.at/aktivitaeten/sommer/motorrad/motorrad-passstrassen/> abgerufen
- Wegpunkt-Projektion. (2019). *Wikipedia*. Von <https://de.wikipedia.org/wiki/Wegpunkt-Projektion> abgerufen
- ZAMG. (2017). <https://www.zamg.ac.at/>. Von <https://www.zamg.ac.at/cms/de/klima/klima-aktuell/monatsrueckblick/sonnenschein?monat=04&jahr=2013> abgerufen
- Zweiradfuehrerschein. (2017). <http://www.zweiradfuehrerschein.de/>. Von <http://www.zweiradfuehrerschein.de/> abgerufen

Impressum

Medieninhaber und Herausgeber:

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

Inhaltliche Erarbeitung: Projektverantwortlicher Autor:

DI Klemens SCHWIEGER – AIT Austrian Institute of Technology GmbH,
Center for Mobility Systems, Transportation Infrastructure Technologies

Grafik-Design:

AIT Austrian Institute of Technology GMBH

Erstveröffentlichung:

Oktober, 2019 | Band 074

Projektnummer:

GZ. BMVIT-199.940

Schriftenleitung:

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, im Rahmen der **5. VSF-Ausschreibung „Freiheit auf 2- Rädern • Aber sicher!“**.