

D  
I  
P  
L  
O  
M  
A  
R  
B  
E  
I  
T

# Analyse des Unfallgeschehens in Kreisbögen

## Verfasser:

Christine MARCHHART

Bakk. Techn.

Diplomarbeit für das Fachgebiet  
VERKEHRSWESEN

## Betreuung:

Peter Maurer

Priv. Doz. Dipl.-Ing. Dr.

Peter Saleh

Dipl.-Ing.



Institut für Verkehrswesen  
Department für Raum, Landschaft und Infrastruktur  
Universität für Bodenkultur Wien

## **Vorwort**

Mit dem Eintritt ins Studium begann für mich ein neuer Lebensabschnitt, in dem die Euphorie über bestandene Prüfungen und die Enttäuschung über Misserfolge schlagartig wechseln konnte. Doch wurde diese Zeit auch geprägt von neuen Freundschaften und Menschen, die einen begleiteten.

Daher möchte ich auf diesem Wege Danke sagen, zu all jenen, die mir in dieser Zeit beigestanden sind.

Als erstes möchte ich mich beim Unternehmen AIT Austrian Institute of Technology bedanken, die mir die Möglichkeit gaben, diese Diplomarbeit zu verfassen. Bedanken möchte ich mich besonders bei meinen Betreuern Hr. Priv.Doz. DI Dr. Peter Maurer und Hr. DI Peter Saleh, die mir immer mit Rat und Tat zur Seite standen. Weiters möchte ich mich bei Hr. DI Stephan Wittmann für seine tatkräftige Unterstützung bedanken und ohne den diese Arbeit nie möglich gewesen wäre.

Ein weiterer Dank gilt dem gesamten Institut für Verkehrswesen an der Universität für Bodenkultur.

Ein besonderer Dank gilt meinem Partner Herbert, der die ganze Zeit mit Liebe und Verständnis zu mir gestanden ist.

Zuletzt möchte ich mich bei meinen Eltern und meiner Familie bedanken, die mir dies alles erst ermöglicht haben und ohne die ich diese Chance nie gehabt hätte.

**Christine Marchhart**

## Kurzfassung

In den Zeitungen wird immer wieder von sogenannten „Todeskurven“ berichtet, in denen sich Unfälle häufen. Die Ursachen von Unfällen können vielfältig sein und sind nicht immer einfach festzustellen. Sie können vom Verschulden durch den Fahrer selbst, dem Straßenzustand, der Witterung bis hin zu einer schlechten Planung reichen. Äußere Faktoren, wie die Witterung können nicht beeinflusst werden, doch ist es bereits durch eine gute Planung möglich, etwaige Unfallrisiken von vornherein zu vermeiden.

Ziel der Diplomarbeit ist es einen Zusammenhang von Unfalltypen in Kurven und der Radienklasse bzw. der Lage in der Kurve fest zu stellen. Weiters soll der Einfluss der Bogenlänge auf das Unfallgeschehen untersucht werden.

Um einen Überblick über dieses Thema zu erhalten und um auf vorhandene Erkenntnisse aufbauen zu können, wurde vorab eine Literaturrecherche durchgeführt. Dabei stellte sich heraus, dass zu dem Thema Unfallgeschehen in Kreisbögen nur wenig Literatur vorhanden ist.

Als Datenbasis für die Arbeit steht die Unfalldatenbank der Statistik Austria und die Messwerte des Hochleistungsmessgeräts RoadSTAR zur Verfügung. Als Untersuchungsgebiet wurde das Straßennetz (Landesstraßen B und L) des Burgenlands gewählt, da von diesem Bundesland ein hochwertigerer Datensatz der RoadSTAR Daten vorhanden ist.

Besonders wichtig war es für diese Arbeit, aus punktuell aufgenommenen Daten einen trassierten Straßengraphen zu generieren. Hierfür wurde vom AIT (Austrian Institut of Technologie) das Softwaretool Geometry Classifier entwickelt. Dieses Programm liefert Angaben über die Art, Länge, Radius und die Stationierung der Trassierungselemente Gerade, Kreisbogen und Klothoide. Diese Daten können unter Zuhilfenahme des Softwaretools MARVin mit der Unfalldatenbank verknüpft werden.

Diese Arbeit bietet einen ersten Überblick über das Unfallgeschehen in Kurven und soll als Grundlage für weitere Arbeiten dienen.

## **Abstract**

The newspaper frequently reports about so called “death curves” having an increasing number of traffic accidents. The reasons for these accidents can be different and the identification of a particular reason is often no easy. The accidents can be caused by driver faults, the behaviour of the street, the weather or bad planning of the street. Factors like the weather can not be influenced but the risk of accidents can be reduced during the planning.

The goal of this diploma thesis is to detect a link between accident type, radius category and position in the curve. Furthermore the impact of arc length on the accident progress should be investigated.

To get an overview about this subject and to build on existing knowledge a literature search was performed. During the search it turns out that on this topic little literature is available.

As data sources for this thesis the accident data base from Statistik Austria and the measurements from RoadSTAR are available. As study are the streets of Burgenland (B and L) were chosen because RoadSTAR provides high-quality data of this region.

One important point for this thesis is to create a traced out street graph out of selective acquired data. For that reason the software tool geometry classifier was developed by AIT (Austrian Institute of Technology). This program delivers data about type, arc, length, radius and position of the tracing elements (straight, arc and clothoid). These data can be linked with the accident data base through the software tool MARVin.

This diploma thesis offers a first overview about traffic accidents in arcs and should serve as basis for further theses.

## Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	1
2	Grundlagen und Ergebnisse aus der Literaturrecherche.....	2
2.1	Allgemeines aus den österreichischen Richtlinien.....	2
2.1.1	Unfallforschung.....	2
2.1.2	Verkehrssicherheitsaudit.....	9
2.1.3	Road Safety Inspection.....	11
2.2	Forschungsarbeiten und Ergebnisse aus der Literaturrecherche.....	13
2.2.1	Frühere Untersuchungen der Einflussgrößen.....	13
2.2.2	Spurverhalten und Unfallgeschehen in Kurven.....	15
2.2.3	Wichtige Erkenntnisse aus der Literaturrecherche.....	17
3	MARVin und RoadSTAR.....	18
3.1	MARVin.....	18
3.1.1	Grundidee und Ziele von MARVin.....	18
3.1.2	Die Datenbasis von MARVin.....	18
3.1.3	Unfalldaten der Statistik Austria.....	18
3.1.4	MARVin – Visualisierung im Geographischen Informationssystem.....	19
3.1.5	Ähnlichkeitssuche und virtuelle Unfallhäufungsstellen.....	19
3.2	Hochleistungsmessgerät - RoadSTAR.....	20
4	Eigene statistische Auswertung des Unfallgeschehens im Burgenland.....	23
5	Radienklassifizierung.....	28
5.1	Trassierung laut RVS [03.03.23].....	28
5.2	Software „Geometry Classifier“.....	29
5.2.1	Allgemeines.....	29
5.2.2	Verwendete Daten.....	29
5.2.3	Benutzeroberfläche und Filterung.....	30
5.2.4	Genauigkeit.....	31
6	Analyse der UPS in Kreisbögen.....	32
6.1	Software und Datenbasis.....	32
6.2	Datenfilterung.....	32
6.3	Aufteilung der UPS auf die Unfalltypen sowie Links- und Rechtskurven.....	36
6.3.1	Unfälle ohne Alkoholeinfluss.....	36
6.3.2	Unfälle unter Alkoholeinfluss.....	38
6.4	Zusammenhang Unfallgeschehen und Radius.....	40
6.5	Zusammenhang Unfallgeschehen und Länge des Kreisbogens.....	44
6.6	Lage des Unfalls im Kreisbogen.....	47
7	Zusammenfassung und Schlussfolgerung.....	50
	Literaturverzeichnis.....	53
	Abbildungsverzeichnis.....	55
	Tabellenverzeichnis.....	56
	Anhang.....	57

## 1 Einleitung

Im Jahr 2009 starben 633 Menschen auf Österreichs Straßen, 49.158 wurden verletzt (vgl. [Lit.9]). Häufig werden Unfälle durch menschliches Versagen verursacht. Oft spielen aber die Parameter der Straße, wie beispielsweise die Trassierung oder die Fahrbahngriffigkeit, eine nicht unbedeutende Rolle im Unfallgeschehen.

Die erste Grundidee der Diplomarbeit war es, mit Hilfe des Softwaretools MARVin<sup>1</sup> einen Zusammenhang zwischen dem Straßenzustands- und Geometrieparametern und dem Unfallgeschehen herzustellen. Gerade der Zusammenhang der Geometrieparameter von Kreisbögen wurde bisher wenig untersucht. Daher entstand die Idee, auf diesem Gebiet erste Schritte der Forschungsarbeit in diese Richtung zu betreiben.

Ziel der Diplomarbeit ist es einen Zusammenhang von Unfalltypen in Kurven und der Radienklasse bzw. der Lage in der Kurve fest zu stellen. Weiters soll der Einfluss der Bogenlänge auf das Unfallgeschehen untersucht werden. Hierfür ist im ersten Schritt die Nachtrassierung der RoadSTAR (siehe Kapitel 3.2) Daten notwendig, um den Unfallstellen eindeutige Trassierungsparameter zuordnen zu können.

Die Radienklassifizierung und die Unfalldatenauswertung wird mit Programmen vom Austrian Institute of Technology (AIT) durchgeführt. Für die Auswertung werden die Unfalldaten für den Zeitraum 2004 bis 2008 für alle Landesstraßen-B und Landesstraßen-L im Burgenland herangezogen. Bei der Abfrage mit dem Softwaretool MARVin (siehe Kapitel 3.1) wurden 3919 Unfälle für den angegebenen Zeitraum gefunden. Die Verknüpfung mit den RoadSTAR Daten erfolgt über die Straßenummer und den Straßenkilometer.

Durch das Programm „Geometry Classifier“ (siehe Kapitel 5.2) sind der Radius und die Länge des Kreisbogens bekannt. Ebenfalls bekannt sind der Anfangs- und Endpunkt des Kreisbogens und die Lage des Unfalls in Bezug auf den Straßenkilometer. Unter Berücksichtigung der Fahrtrichtung lässt sich so die Lage des Unfalls im Kreisbogen genau bestimmen. Die Lage des Unfalls wird in Prozent angegeben (0%=KA, 100%=KE).

Für die Auswertung werden die Radien in Klassen eingeteilt. Danach werden die Radienklassen mit der Bogenlänge unter Zuhilfenahme des Zentriwinkels kombiniert und der Einfluss der Kombinationen auf das Unfallgeschehen betrachtet.

Dank der Bereitstellung von Verkehrszählern durch die Burgenländische Landesregierung ist es möglich, die Anzahl der Unfälle durch die Verkehrsstärke zu relativieren. So kann für jede gebildete Klasse eine gemittelte Unfallrate berechnet werden. In einem weiteren Schritt wird diese gemittelte Unfallrate mit dem Auftreten der untersuchten Elemente im Netz kombiniert, um eine genaue Aussage über die Unfallgefahr treffen zu können.

---

<sup>1</sup> Modell zur Abschätzung des Risikopotenzials von Verkehrsinfrastruktur (siehe Kapitel 3.1)

## 2 Grundlagen und Ergebnisse aus der Literaturrecherche

In dem Kapitel 2.1 und 2.2 werden die allgemeinen Grundlagen der Unfallforschung und die Ergebnisse der Literaturrecherche vorgestellt.

Das Kapitel 2.1 beschäftigt sich mit den Richtlinien und Vorschriften für das Straßenwesen (RVS), die den Stand der Technik für den Bereich des Verkehrswesens bilden [vgl. Lit. 11].

Im zweiten Kapitel werden Forschungsarbeiten vorgestellt, die sich bereits mit dem Einfluss der Kurvenparameter auf das Unfallgeschehen befasst haben.

### 2.1 Allgemeines aus den österreichischen Richtlinien

In den Kapiteln 2.1.1, 2.1.2 und 2.1.3 werden Auszüge aus den Richtlinien und Vorschriften für das Straßenwesen (RVS) vorgestellt, die sich mit dem Thema Unfallforschung, Verkehrssicherheit und Unfallprävention befassen. Die RVS werden von der Forschungsgesellschaft Straße – Schiene – Verkehr (FSV) herausgegeben und stellen den Stand der Technik für weite Bereiche des Verkehrswesens dar. Die Richtlinien sind Handlungsvorschriften mit bindendem Charakter (vgl. [Lit. 10]).

*„Die Forschungsgesellschaft Straße – Schiene – Verkehr (FSV) ist ein gemeinnütziger Verein, der seine Hauptaufgabe darin sieht, Erkenntnisse aus dem gesamten Verkehrswesen im Zusammenwirken von Wissenschaft, Wirtschaft und Verwaltung weiterzuentwickeln, zu dokumentieren und zu kommunizieren (vgl. [Lit. 11])“.*

#### 2.1.1 Unfallforschung

In diesem Kapitel werden grundlegende Begriffe, die in der Unfallforschung und der Unfallanalyse verwendet werden, näher erläutert. Als Grundlage wird die RVS 02.02.21 verwendet (vgl. [Lit. 1]). In der RVS 02.02.21 wird die systematische Erhebung und Auswertung von Unfällen beschrieben. Eine Aufgabe der Unfallforschung ist es Neu- und Umplanungen sicherheitstechnisch zu begutachten um in Zukunft Unfallstellen zu vermeiden.

Bei der Unfallauswertung wird besonderer Wert auf die Analyse der Unfalltypen gelegt. Aus ihnen lassen sich eventuelle Mängel an der Anlage, im Straßenumfeld, im Verkehrsablauf, sowie im Verhalten der einzelnen Verkehrsteilnehmer ableiten (vgl. [Lit.1]). Auf die Einteilung der Unfälle in Unfalltypen wird in Kapitel 2.1.1.5 näher eingegangen.

### 2.1.1.1 Unfallhäufungsstelle

Die Bewertung einer Unfallstelle als Unfallhäufungsstelle beruht auf zwei Kriterien, von denen eines erfüllt sein muss. Ein Knoten- oder Streckenbereich bis zu einer Länge von 250 Meter ist als Unfallhäufungsstelle zu bezeichnen, wenn sich an einer Stelle

- mindestens drei gleichartige Unfälle mit Personenschaden in drei Jahren ereignet haben und der Relativkoeffizient<sup>2</sup> den Wert 0,8 erreicht oder übersteigt,
- oder sich mindestens fünf gleichartige Unfälle (einschließlich Unfälle mit Sachschaden) in einem Jahr ereignet haben.

### 2.1.1.2 Gefahrenstelle

Als Gefahrenstelle sind Straßenstellen bzw. Strecken einzustufen, deren Unfallgeschehen zwar unter den Grenzwerten für Unfallhäufungsstellen liegt, die jedoch ständig potentiell gleichartige Risiken aufweisen.

### 2.1.1.3 Parameter der örtlichen Unfallforschung

#### Personenschadenunfälle je Jahr, Unfallhäufigkeit (UPS/J)

Die Unfallhäufigkeit ist die auf ein Jahr bezogene Anzahl der Personenschadenunfälle bei Kreuzungen oder Abschnitten bis 250 Meter bzw. die auf einen Kilometer bezogenen Anzahl der Unfälle eines Straßenzuges (Unfalldichte).

#### Unfallrate von Straßenzügen, Unfallrelativzahl, Unfallrelativziffer (Ur)

Die Unfallrate ist die Zahl der Unfälle je Jahr, bezogen auf die Verkehrsstärke (Unfälle je 1 Million Kfz) und 1 km Straßenlänge.

$$Ur = \frac{UPS / J \times 10^6}{365 \times JDTV \times L}$$

#### Volkswirtschaftliche Unfallkosten (K)<sup>3</sup>

Unfallkostenwerte:

1 Verkehrstoter	€ 805.233
1 Schwerverletzter	€ 43.605
1 Verletzter nicht erkennbaren Grades	€ 43.605
1 Leichtverletzter	€ 3.695
1 Sachschaden	€ 4.870

---

$$^2 R_k = \frac{U}{0,5 + 7 \times 10^{-5} \times JDTV}$$

U = Anzahl sämtlicher, auch nicht gleichartiger UPS in drei Jahren, dividiert durch drei  
JDTV = Jahresdurchschnittliche tägliche Verkehrsstärke [KFZ/24h]

<sup>3</sup> Stand RVS 02.02.21 August 2004

### Unfallkostenraten

Die Unfallkostenraten sind die auf die Verkehrsstärke bezogenen Unfallkosten (Kosten je 1 Million Kfz-km und Jahr).

$$K_r = \frac{K / J \times 10^6}{365 \times JDTV}$$

K = Unfallkosten aller Verkehrsunfälle der Unfallstelle

#### **2.1.1.4 Erhebung der Unfälle**

Die Erhebung der Unfälle erfolgt mittels eines statistischen Erhebungsblattes- dem Unfallzählblatt, das von den Exekutivbeamten ausgefüllt wird (siehe Anhang ). Die Unfallzählblätter werden dem Österreichischen Statistik Zentralamt übersandt, das die Datenspeicherung und Auswertung übernimmt. Somit sind die Daten allgemein zugänglich. Um den Unfall örtlich zuordnen zu können, sind der Straßencode, Kilometer, Ordnungsnummer bzw. Koordinaten des Bundesmeldenetzes (bei allen Straßen ohne Kilometrierung bzw. ONr.) anzugeben. Weiters ist der Unfalltyp anzugeben. Die Unfälle werden in zehn übergeordnete Unfalltypenobergruppen eingeteilt. Insgesamt gibt es 115 Unfalltypen, die im nächsten Kapitel genauer behandelt werden.

#### **2.1.1.5 Unfalltypen**

Bei der Erhebung der Unfälle mittels Unfallzählblatt werden den Unfällen Unfalltypen zugeordnet. Die Einteilung umfasst 10 übergeordnete Unfalltypenobergruppen mit 115 Unfalltypen (vgl. [Lit. 1]).

Jeder Unfall erhält so einen dreistelligen Code, mit dem sich eindeutig ein Unfalltyp zuordnen lässt. Die erste Ziffer gibt immer die Obergruppe an, dem der Unfall zugeordnet ist. So bedeutet zum Beispiel der Unfalltyp 012, dass es ein Unfall mit nur einem Beteiligten war (1te Ziffer, Obergruppe 0), der rechts von der Fahrbahn abgekommen ist (2te Ziffer, Untergruppe 01), in einer Rechtskurve (3te Ziffer, Unfalltyp 012). In Abb. 1 sind die Unfalltypen der Untergruppe 01 dargestellt.

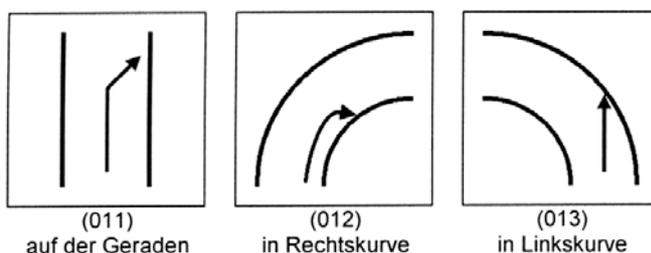


Abb. 1: Untergruppe 01: Abkommen rechts (Quelle: [Lit. 1])

Auf den Seiten 5 bis 9 werden die Unfalltypenobergruppen beschrieben. Die Darstellungen der Unfalltypen, die Unfallursachen und die unfallbegünstigenden Faktoren sind der RVS 02.02.21 entnommen (vgl. [Lit.1]).

### Unfalltypenobergruppe 0

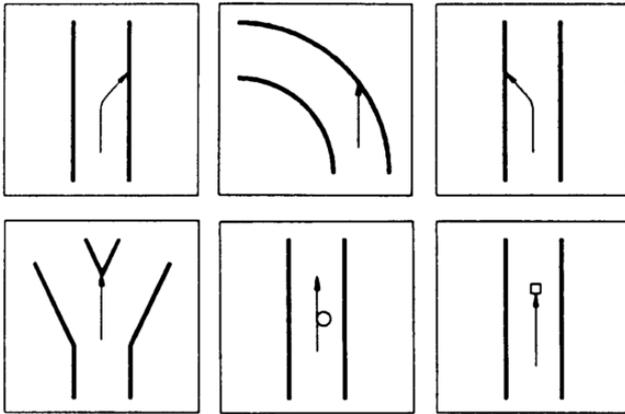


Abb. 2: Beispiel für Unfalltypen der Unfalltypenobergruppe 0 (Quelle: [Lit. 1])

Zur Unfalltypenobergruppe 0 zählen all jene Unfälle mit nur einem Beteiligten, wie zum Beispiel das Abkommen von der Fahrbahn oder das Auffahren auf Objekte. Die hauptsächlichen Unfallursachen sind eine überhöhte Fahrgeschwindigkeit und Bremsvorgänge. Unfallbegünstigende Faktoren sind weiters:

- Unstetigkeit der Linienführung
- Unvermuteter Wechsel in Querschnitt und Linienführung
- Schlechte optische Führung
- Falsche Querneigung
- Ungünstige Entwässerung
- Irreführende optische Zusammenhänge
- Falsche bauliche Führung
- Unzureichende Bodenmarkierungen
- Fehlende Verkehrszeichen oder Leiteinrichtungen

### Unfalltypenobergruppe 1

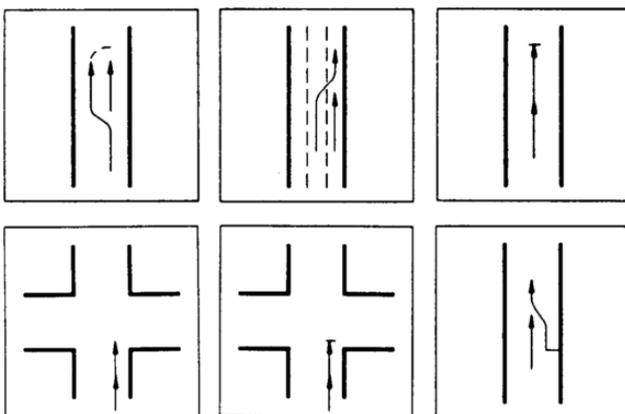


Abb. 3: Beispiel für Unfalltypen der Unfalltypenobergruppe 1 (Quelle: [Lit. 1])

Zu dieser Unfalltypenobergruppe zählen Unfälle mit zwei oder mehreren Beteiligten, die in die gleiche Richtung fahren ohne abzubiegen. Zu Unfällen dieser Art kommt es bei überhöhter Fahrgeschwindigkeit bei hohem Verkehrsaufkommen. Begünstigt werden sie weiters durch:

- Zu hohes und/oder inhomogenes Geschwindigkeitsniveau
- Zu geringen Abstand
- Unterschätzung der Geschwindigkeit
- Mangelnde Aufmerksamkeit
- Mangelhafter Bezug zum Hintergrund

### Unfalltypenobergruppe 2

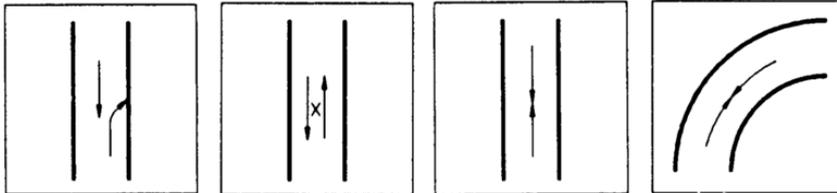


Abb. 4: Beispiel für Unfalltypen der Unfalltypenobergruppe 2 (Quelle: [Lit. 1])

Zur Unfalltypenobergruppe 2 zählen Unfälle mit zwei oder mehreren Beteiligten (im Begegnungsverkehr) zwischen Verkehrsteilnehmern, die einander begegnen. Die hauptsächlichen Unfallursachen sind überhöhte Fahrgeschwindigkeit, falsche Überholvorgänge, Kurvenschneiden und Überfahren der Mittellinie. Weiters durch:

- Inhomogenität der Linienführung
- Unvermutete Engstellen
- Fehlführung durch Bodenmarkierungen
- Falsche Anordnung von Überholverboten

### Unfalltypenobergruppe 3

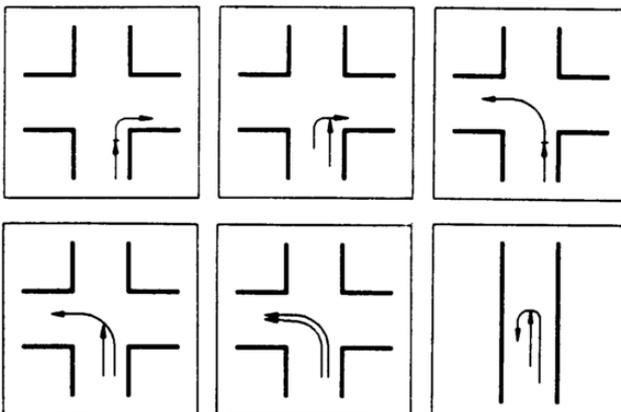


Abb. 5: Beispiel für Unfalltypen der Unfalltypenobergruppe 3 (Quelle: [Lit. 1])

Zu dieser Unfalltypenobergruppe zählen Abbiegeunfälle von Fahrzeugen, die in die gleiche Richtung fahren. Zu diesen Unfällen kommt es bei einer überhöhten Fahrgeschwindigkeit im Zusammenhang mit der Einschätzung der Verkehrssituation, bei einer Fehleinschätzung des Seitenabstandes und im Toten Sichtraum. Folgende Mängel begünstigen ein Auftreten dieses Unfalltyps:

- Schlechte Aufteilung der Verkehrsfläche
- Nicht schleppkurvengerechte Ausstattung von Kreuzungsanlagen

- Vorfahren einspuriger Fahrzeuge
- Zu geringer Abstand
- Nichtanzeigen des Abbiegevorganges

#### Unfalltypenobergruppe 4

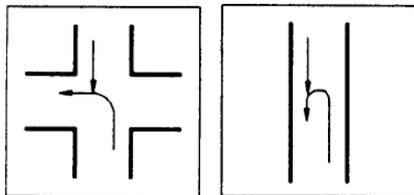


Abb. 6: Beispiel für Unfalltypen der Unfalltypenobergruppe 4 (Quelle: [Lit. 1])

Linksabbiegeunfälle und Unfälle zwischen abbiegenden und entgegenkommenden Fahrzeugen werden der Unfalltypenobergruppe 4 zugerechnet. Zu Unfällen dieser Art kommt es durch:

- Zu starken Verkehrsdruck durch und auf Abbieger
- Mangelhafte Interaktion der Linksabbieger und Geradeausfahrenden
- Eingeschränkte Sichtbedingungen
- Uneindeutige und schwer begreifbare Kreuzungsausbildungen
- Gegenseitige Sichtverstellung bei Mehrfachfahrstreifen
- Falsche dynamische Einschätzung

#### Unfalltypenobergruppe 5 und 6

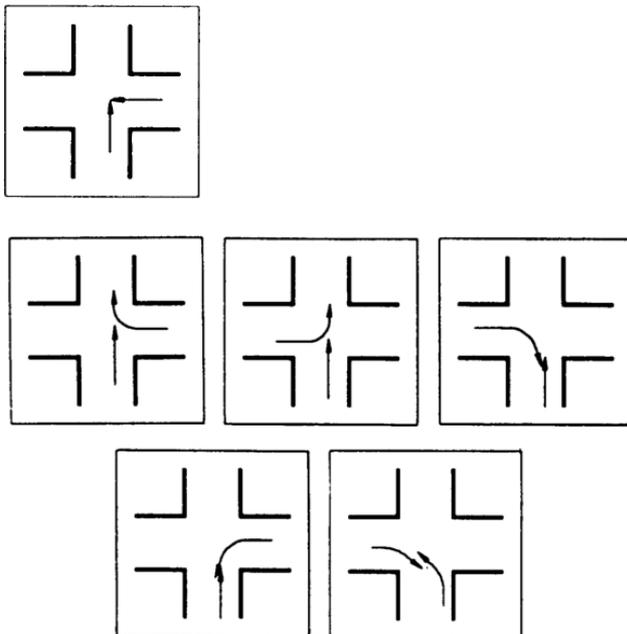


Abb. 7: Beispiel für Unfalltypen der Unfalltypenobergruppe 5 und 6 (Quelle: [Lit. 1])

Diese beiden Gruppen beinhalten Unfälle mit rechtwinkligen Kollisionen von Geradeausfahrenden und rechtwinklige Kollisionen mit Abbiegern.

**Unfalltypenobergruppe 7**

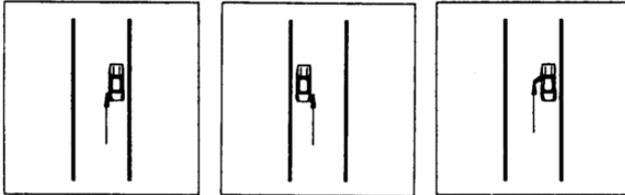


Abb. 8: Beispiel für Unfalltypen der Unfalltypenobergruppe 7 (Quelle: [Lit. 1])

Unfälle mit haltenden oder parkenden Fahrzeugen

**Unfalltypenobergruppe 8**

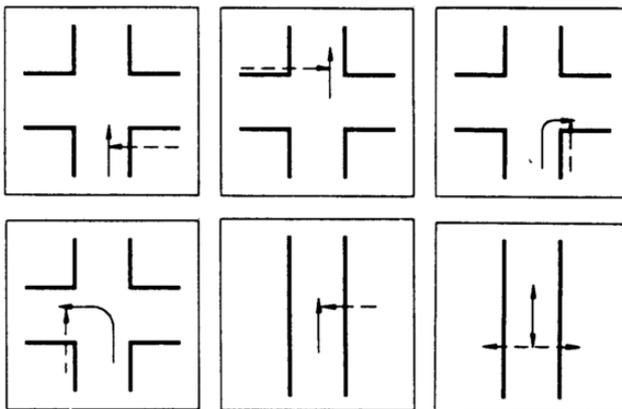


Abb. 9: Beispiel für Unfalltypen der Unfalltypenobergruppe 8 (Quelle: [Lit. 1])

Zur Obergruppe 8 zählen alle Fußgängerunfälle.

**Unfalltypenobergruppe 9**

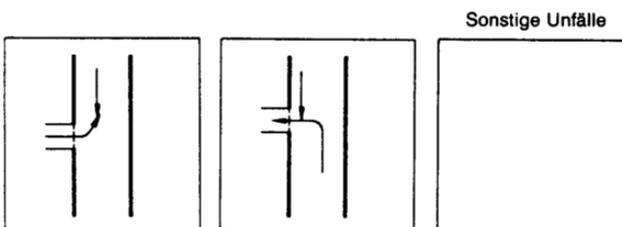


Abb. 10: Beispiel für Unfalltypen der Unfalltypenobergruppe 9 (Quelle: [Lit. 1])

Unfälle auf Parkplatz -, Tankstellen-, Haus- oder Grundstücksaus- oder -einfahrten

### **2.1.2 Verkehrssicherheitsaudit**

Verkehrssicherheitsaudit, auch Road Safety Audit (RSA) genannt, beschäftigt sich mit der Prüfung von Neu- und Umplanungen bezogen auf die Verkehrssicherheit. Es soll dazu beitragen, das Unfallrisiko zu vermeiden und zu reduzieren.

Oftmals sind Sicherheitsdefizite auf Mängel in der Straßenplanung zurückzuführen. Genau hier soll das Verkehrssicherheitsaudit für eine optimale Gewährleistung der Verkehrssicherheit für alle Verkehrsteilnehmer eingesetzt werden. Potentielle Unfallstellen und Gefahrenstellen sollen bereits in der Planungsphase identifiziert und von vornherein vermieden werden, so dass Unfälle gar nicht erst entstehen können. Durch eine Betrachtung aller Verkehrsteilnehmergruppen und einer ganzheitlichen Betrachtung des Verkehrssicherheitsaspektes der Straßenanlage sollen sicherheitstechnische Mängel in Planung und Betrieb vermieden werden (vgl. [Lit. 3]).

#### Grundsätze:

Das Audit soll als Entscheidungshilfe für Managementprozesse und –maßnahmen angesehen werden. Es ist fix in den Planungsprozess zu integrieren. Die Auditoren müssen weisungsfrei und vom Planungsteam unabhängig sein. In einem Verkehrssicherheitsaudit werden ausschließlich Sicherheitsmängel offen gelegt und Maßnahmen zu ihrer Behebung vorgeschlagen.

Als Auditoren sind Fachleute mit Erfahrung in Verkehrssicherheit, Verkehrstechnik und Verkehrs- und Straßenplanung einzusetzen. Sie werden vom Auftraggeber der Planung beauftragt. Ihre Aufgabe ist ausschließlich die Sicherheitsprüfung des zu auditierenden Projekts. Der Auditor erstellt am Ende einen Auditbericht, in dem er Sicherheitsdefizite darstellt und eventuell Lösungsvorschläge anbietet.

Abb. 11 zeigt den Ablauf eines Audits.

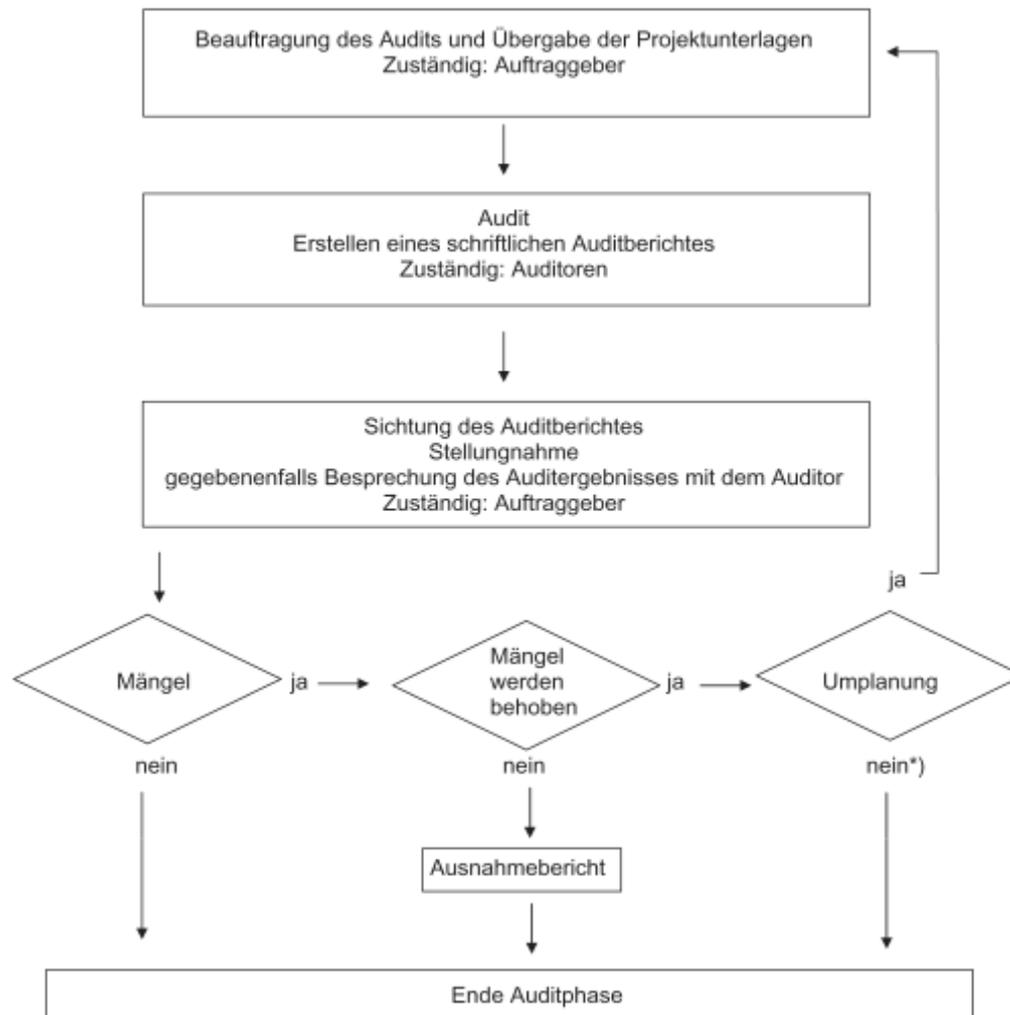


Abb. 11: Schematische Darstellung des Auditablaufes (Quelle: [Lit. 3])

Können vom Auftraggeber festgestellte Mängel nicht behoben werden, so sind die Gründe dafür in einem Ausnahmebericht darzulegen.

Bevor die Straße für den Verkehr freigegeben wird, erfolgt, beauftragt durch den Auftraggeber, eine verkehrssicherheitsrelevante Endkontrolle, der in der Planung festgelegten Sicherheitsauflagen.

### **2.1.3 Road Safety Inspection**

Road Safety Inspection (RSI) ist ein standardisiertes Prüfverfahren, das für die Erkennung und Behebung von Sicherheitsmängeln und Gefahrenstellen im existierenden Straßennetz eingesetzt wird. Die RSI befasst sich auch mit Gefahrenstellen, die laut Definition RVS 02.02.21 nicht als Unfallhäufungsstellen bezeichnet werden und ist somit eine Ergänzung zur örtlichen Verkehrssicherheitsarbeit (vgl. [Lit. 4]).

In der RSI fließen sowohl verkehrssicherheitstechnische, wahrnehmungspsychologische und psychologische Aspekte in die Prüfung einer Straße mit ein.

Ziel der RSI ist die Unfallprävention und die Abminderung der Unfallfolgen durch die Erkennung und Analyse von Schwachstellen im Straßennetz.

Den Auftrag für die Durchführung einer Road Safety Inspection kann die Verkehrsbehörde oder der Straßenerhalter geben. RSI werden eingeleitet an Unfallhäufungsstellen, bei Streckenabschnitten mit Sicherheitsdefiziten und Gefahrenpotentialen, auch wenn die Strecke länger als 250 Meter ist und sich die Unfälle in einem größeren Zeitabschnitt als 3 Jahren ereignet haben.

In Abb. 12 ist der Ablauf einer RSI dargestellt.

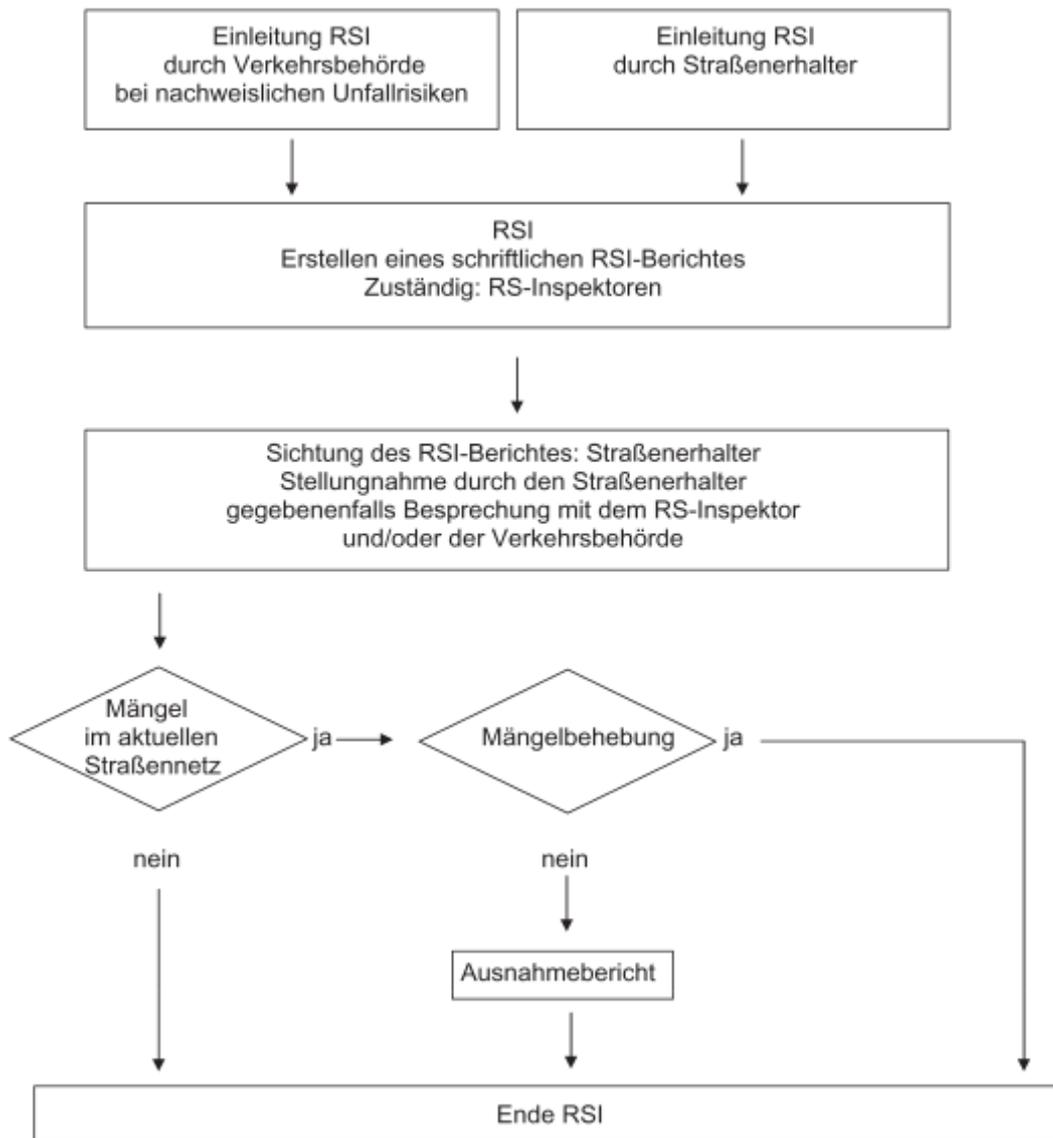


Abb. 12: Schematische Darstellung des RSI-Ablaufes (Quelle: [Lit. 4])

Können Mängel vom Straßenerhalter nicht behoben werden, so ist dies in einem Ausnahmebericht zu begründen.

## 2.2 Forschungsarbeiten und Ergebnisse aus der Literaturrecherche

### 2.2.1 Frühere Untersuchungen der Einflussgrößen

Das Unfallgeschehen wird von vielen Faktoren beeinflusst. Neben dem menschlichen Einfluss und der Witterung beeinflussen Straßenzustands- und Geometrieparameter das Unfallgeschehen. Einige Untersuchungen setzen sich mit dem Einfluss von Straßenzustands- und Geometrieparametern auseinander. So auch die Arbeiten von Krebs/Klößner (1977) (vgl. [Lit.6]), Leutzbach/Zoellmer (1989) (vgl. [Lit. 7]) und Hartmann (2010) (vgl. [Lit.5]).

In weiterer Folge wird auf folgende Parameter näher eingegangen: Kurvenradius, Kurvigkeit, und Radianrelation.

#### Kurvenradius

Der Zusammenhang von Kurvenradius und Unfallgeschehen wurde von Krebs/Klößner 1977 und Leutzbach/Zoellmer 1989 untersucht. Wie die nachfolgende Grafik zeigt, nimmt die Unfallrate mit zunehmendem Radius ab. Der Einfluss des Kurvenradius auf das Unfallgeschehen wird auch im Rahmen dieser Arbeit untersucht und mit den Ergebnissen früherer Arbeiten verglichen.

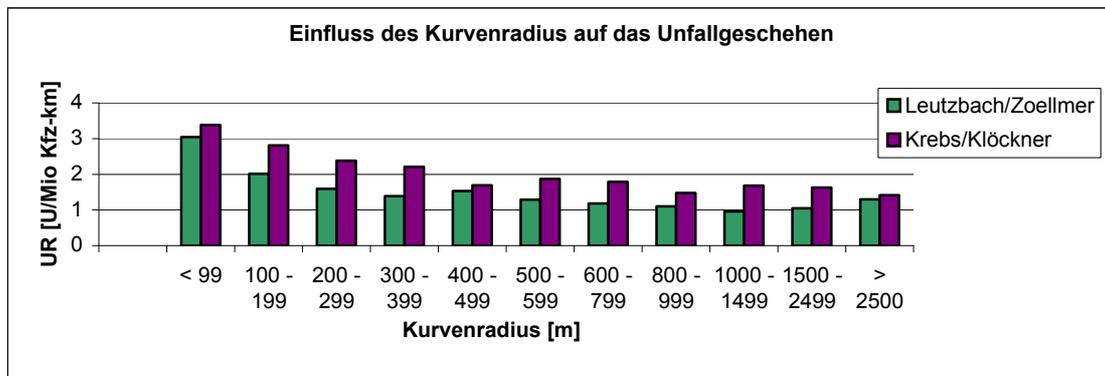


Abb. 13: Unfallraten in Abhängigkeit vom Kurvenradius (eigene Darstellung; Quelle: [Lit. 6] und [Lit. 7])

#### Kurvigkeit

Der Einfluss der Kurvigkeit auf das Unfallgeschehen wurde ebenfalls von Krebs/Klößner und Leutzbach/Zoellmer 1977 untersucht. In der Arbeit von Krebs/Klößner steigt die Unfallrate mit zunehmender Kurvigkeit. Bei Leutzbach/Zoellmer 1989 steigt die Unfallrate bis 300 – 399 gon/km und sinkt danach wieder. Die Unterschiede der Unfallraten der beiden Untersuchungen lassen sich durch den unterschiedlichen Untersuchungszeitraum, verschiedenen Straßentypen oder eine unterschiedliche Stichprobenauswahl erklären.

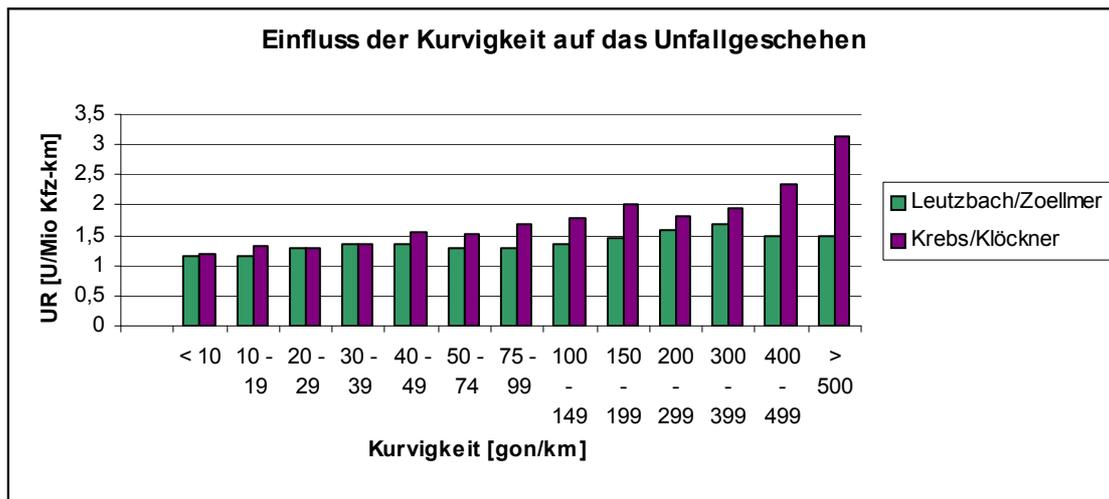


Abb. 14: Unfallrate in Abhängigkeit von der Kurvigkeit (eigene Darstellung; Quelle: [Lit. 6] und [Lit. 7])

### Radienrelation

Hartmann 2010 untersuchte den Zusammenhang von Motorradunfallgeschehen in Abhängigkeit der Radienrelation. Die Einteilung der Radienrelationen in die Kategorien „gut“, „brauchbar“ und „ungeeignet“ erfolgte anhand der Radientulpe (siehe Abb. 15) der Richtlinie für die Anlagen von Straßen – Teil Linienführung (RAS-L), herausgegeben von der Forschungsgemeinschaft für Straße und Verkehrswesen FGSV in Deutschland (vgl. [Lit.16]).

Es zeigte sich, dass sich die meisten Motorradunfälle im Bereich  $R1/R2 > 1$  und im ungünstigen Bereich der Radientulpe ereignen. (vgl. [Lit. 5])

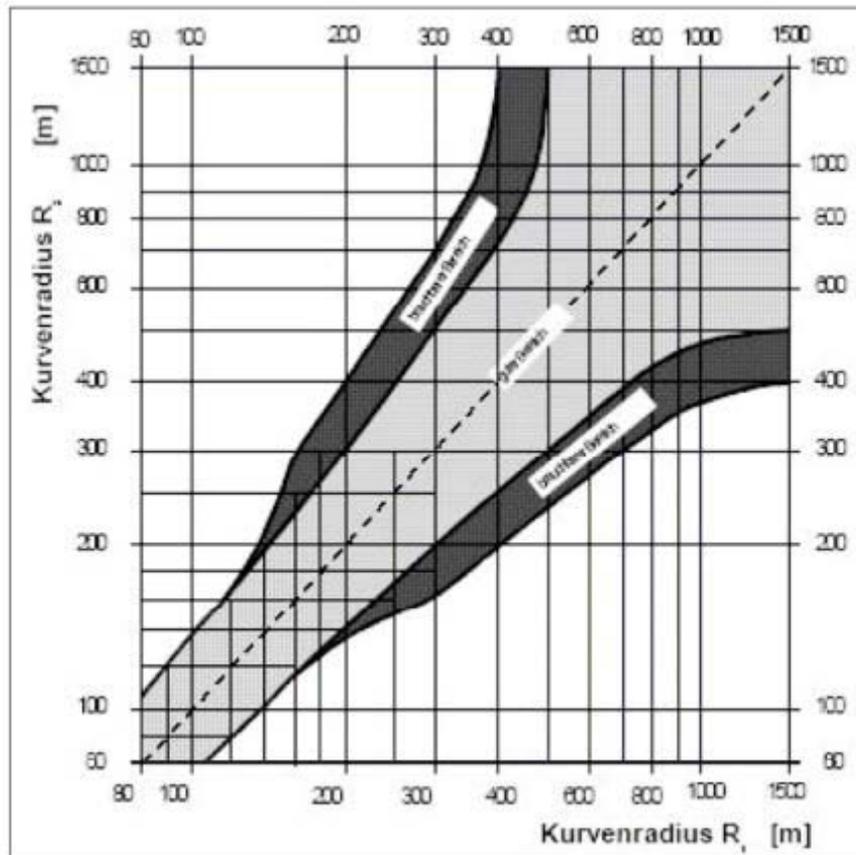


Abb. 15: Zusammenhang Radius 1 und Radius 2 nach RAS-L (Quelle: [Lit. 16])

## 2.2.2 Spurverhalten und Unfallgeschehen in Kurven

Von Spacek 1998 wurde eine Arbeit durchgeführt, die sich mit dem Fahrverhalten im Kurvenbereich beschäftigt. Der Schwerpunkt dieser Arbeit lag auf der Typisierung der Fahrvorgänge in Kurven und der Definition und Charakterisierung von sechs Spurtypen. Er ermittelte wie häufig die einzelnen Spurtypen auftreten und wie das Spurverhalten mit dem Unfallgeschehen in Verbindung steht (vgl. [Lit. 8]).

### 2.2.2.1 Spurtypisierung

Idealverhalten Dieser Spurverlauf wird als Projektierungsnorm angenommen und verläuft in einem engen Bereich in der Fahrstreifenmitte.

Normalverhalten Dieser Spurtyp verläuft ebenfalls in der Fahrstreifenmitte, jedoch in einem breiteren Bereich als beim Idealverhalten. Es erfolgt ein leichtes Einschneiden zur Mitte hin, ohne dass die Mittellinie berührt wird.

<u>Korrigieren</u>	Der Spurverlauf ist S-förmig, das Fahrzeug wird zur Kurvenseite hinausgetragen. Es erfolgt eine Lenkeinschlagskorrektur in der zweiten Kurvenhälfte. Zu diesem Spurverhalten kommt es bei einer Unterschätzung der Kurvenkrümmung oder/und der Kurvenlänge.
<u>Schneiden</u>	Die Kurveninnenseite wird im Bereich des Kreisbogens stark eingeschnitten. Dieser Spurtyp entsteht durch einen bewussten Fahrvorgang zur Kompensierung der Querbewegung.
<u>Ausholen</u>	Der Spurverlauf ist asymmetrisch zwischen Beginn und Ende der Kurve. Bei einer Linkskurve fährt der Fahrer zu Beginn weit rechts und schneidet bis zum Kurvenende hin links ein.
<u>Hinaustragen</u>	Der Spurverlauf ist asymmetrisch zwischen Beginn und Ende der Kurve. Bei einer Linkskurve fährt der Fahrer zu Beginn weit links und wird gegen Kurvenende hin rechts hinausgetragen.

Abb. 16 zeigt die Verläufe der Spurtypen in einer Linkskurve.

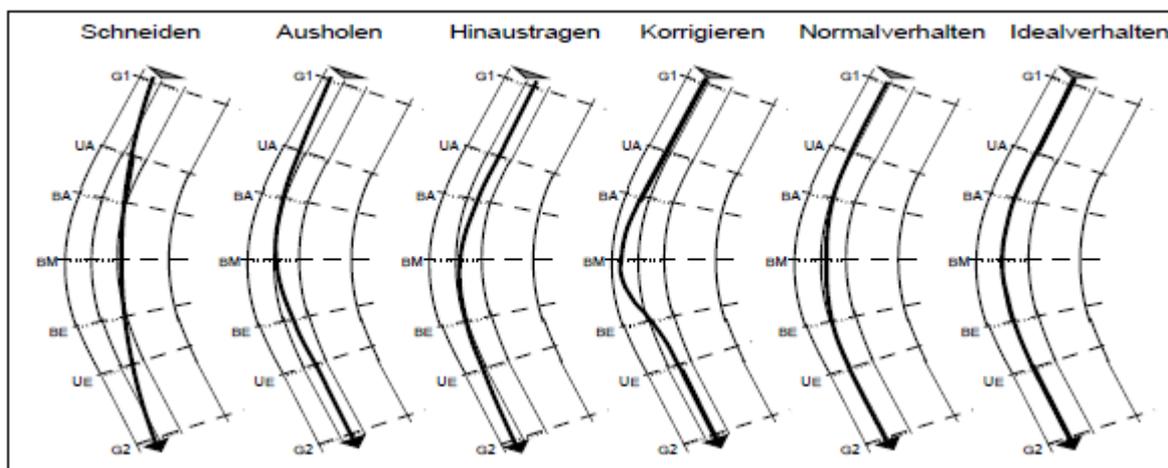


Abb. 16: Prinzipskizzen der Spurtypen, am Beispiel von Linkskurven, Fahrtrichtung von Oben nach Unten (Quelle: [Lit. 8])

### 2.2.2.2 Wichtigste Erkenntnisse bezüglich des Spurverhaltens

- Sowohl in Links- als auch in Rechtskurven fährt der Fahrzeuglenker eher in der linken Hälfte des Fahrstreifens.
- Durch Lenkkorrekturen treten lokal hohe Querbewegungen auf. Diese können in Kurven mit kleinen oder mittleren Radien ( $R < 120 \text{ m}$ ) doppelt so groß werden, als bei einer Durchfahrt der Kurve mit „normgemäßen“ Fahrverhalten. Nähere Angaben über die Größe der Querbewegung wurden vom Autor nicht angegeben.

## Grundlagen und Ergebnisse aus der Literaturrecherche

- Die Untersuchung hat ergeben, dass die Häufigkeit der einzelnen Spurtypen von Kurve zu Kurve recht unterschiedlich ist. Am Häufigsten trat der Spurtyp „Schneiden“ auf.
- Bei der Untersuchung der Spurtypenhäufigkeit und der Kurvengeometrie zeigte sich, dass der Anteil von „gewünschten“ Spurtypen (Idealverhalten und Normalverhalten) bei einem Verhältnis von Klothoidenparameter/Kurvenradius von  $1/3$  bis  $1/2$  am höchsten ist.
- Die höchsten Geschwindigkeiten traten bei den Spurtypen „Schneiden“ (in Linkskurven) und „Ausholen“ (in Rechtskurven) auf.
- Bei der Betrachtung der Unfallhäufigkeit in Bezug auf die Häufigkeit des Spurtyps zeigte sich, dass die Häufigkeit der Selbst-/Schleuderunfälle mit zunehmendem Anteil des Typs „Korrigieren“ zunimmt.
- 

### **2.2.3 Wichtige Erkenntnisse aus der Literaturrecherche**

Bei der Literaturrecherche stellte sich heraus, dass sich viele auch internationale Arbeiten mit dem Einfluss ausgesuchter Parameter auf das Unfallgeschehen befassen. Doch nur wenige behandeln die Geometrieparameter des Kreisbogen als Einflussparameter selbst. Meistens werden mehrere Parameter betrachtet.

Bei einer Studie in Neuseeland war die Verkehrsstärke der Parameter, der das Unfallgeschehen am meisten beeinflusst. Zwar wurde auch der Einfluss von Kurven auf das Unfallgeschehen betrachtet, doch stellte sich diese als nicht signifikant heraus(vgl. [Lit.17]).

Folgende Erkenntnisse wurden aus der Literaturrecherche gewonnen, auf denen für diese Arbeit aufgebaut werden kann:

- Mit zunehmendem Radius sinkt die Unfallrate. Dies soll im Rahmen dieser Arbeit überprüft werden.
- Das Fahrverhalten und die Fahrlinie des Lenkers beeinflusst das Unfallgeschehen.
- Es wurde keine Literatur gefunden, die sich mit der Lage des Unfalls im Kreisbogen auseinandersetzt.
- Es wurde keine Literatur gefunden, bei der der Einfluss des Radius im Bezug zur Bogenlänge untersucht wurde.

## **3 MARVin und RoadSTAR**

### **3.1 MARVin**

#### **3.1.1 Grundidee und Ziele von MARVin**

Die Grundidee von MARVin ist, anhand von Kombinationen der RoadSTAR-Messdaten mit Unfalldaten bzw. –parametern unfallkausale Kombinationen zu finden, um eine Abhängigkeit des Unfallgeschehens in Zusammenhang mit Trassierungs- und Straßenzustandsparametern zu erklären.

Die Ziele dabei sind unter anderem die Erkennung und Beschreibung grundlegender Zusammenhänge zwischen Straßenoberflächenparametern und Unfallrisiko für bestimmte Unfalltypen, die spezifische Auseinandersetzung mit dem Thema Risikobewertung von Straßeninfrastruktur und eine objektive Beurteilung von durchgeführten/geplanten Maßnahmen zur Hebung der Verkehrssicherheit. Zur Risikobewertung können mit Hilfe der Ähnlichkeitssuche und der visuellen Darstellung in einem Graphen im Straßennetz potenziell gefährliche Strecken ermittelt werden bzw. das Risikopotential geplanter Neubaustrecken simuliert werden.

MARVin soll auch als offene Plattform für die weitere Integration von relevanten Daten (Verkehrstärken, Wetterdaten, etc.) dienen und Straßenerhaltern, Verkehrsplanern, Betreibern von Verkehrsbeeinflussungsanlagen, Herstellern von aktiven und passiven Sicherheitssystemen für Kraftfahrzeuge, etc. als Entscheidungsgrundlage dienen.

Ein weiterer Schwerpunkt ist die Entwicklung von Algorithmen zur Auffindung „ähnlicher“ Straßenabschnitte und die Visualisierung in Geographischen Informationssystemen.

#### **3.1.2 Die Datenbasis von MARVin**

Zur Erstellung derartiger Risikomodelle ist eine Datenbasis notwendig, die flächendeckend, qualitativ hochwertige Daten über den Straßenzustand und die Trassierung sowie über die Unfallereignisse zugrunde liegen.

Das AIT verfügt hinsichtlich der Straßenzustands- und Trassierungsparameter über die Datenbasis des Hochleistungsmessgeräts RoadSTAR (siehe Kapitel 3.2) und hinsichtlich der Unfalldaten über die Datenbasis der Statistik Austria (siehe Kapitel 3.1.3).

#### **3.1.3 Unfalldaten der Statistik Austria**

Zur Ermittlung der unfallkausalen Kombinationen ist es notwendig, einen Überblick über das Unfallgeschehen bzw. über die Unfalltypenobergruppen herzustellen; hierzu wurde als Basis die Datengrundlage der „Statistik Austria“, die Personenschadenunfälle von 1994 bis 2008 (15 Jahre) beinhaltet, herangezogen. Diese Datenbasis enthält 495.703 Personenschadenunfälle (PSU), welche im Zuge der Analysen im Hinblick auf mögliche relevante unfallkausale Kombination der Unfalldaten mit Messdaten der Verkehrsinfrastruktur gefiltert werden.

### 3.1.4 MARVin – Visualisierung im Geographischen Informationssystem

Mittels der, während einer Messfahrt aufgenommenen dGPS-Daten, lässt sich ein eigener RoadSTAR-Straßengraph generieren, der in ein Geographisches Informationssystem eingepflegt und integriert werden kann. Nachdem die Rohdaten korrigiert (d.h. Kilometer bereinigt) wurden, können auf diesem Straßengraphen alle beliebigen Oberflächen- und Trassierungsparameter der Straße sowie alle Parameter der Unfalldatenbank als Straßengraph mit unterschiedlichen Layern dargestellt werden.

Durch Farbcodes (meist von grün bis rot) werden die unterschiedlichen Wertigkeiten (Qualitäten) der Straßenzustandparameter visualisiert. Die kombinierte Darstellung von Streckenparametern und Unfallinformationen kann erste Hinweise über eine mögliche Korrelation (unfallkausale Kombination) beider Datensätze geben.

Die gezielte Kombination dieser Parameter (Abb. 17) erlaubt eine rechtzeitige und ökonomische Einleitung von notwendigen Erhaltungs- und Sanierungsmaßnahmen. Die Prüfung von Zusammenhängen in den Daten und der Vergleich mit ähnlichen Streckenabschnitten (mittels der eigens entwickelten Ähnlichkeitssuche) im übrigen Straßennetzwerk ermöglichen einerseits das Erkennen von existierenden Unfallhäufungsstellen und andererseits eine Früherkennung (als Präventivmaßnahme) von potentiellen Unfallhäufungsstellen (so genannte „virtuelle“ Unfallhäufungsstellen).

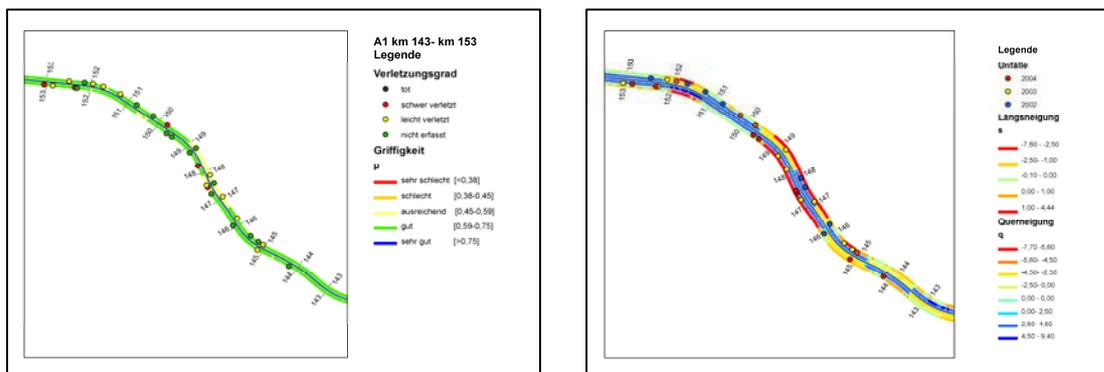


Abb. 17: Straßengraphen – Kombinationen von Verkehrsinfrastruktur- und Unfalldaten

### 3.1.5 Ähnlichkeitssuche und virtuelle Unfallhäufungsstellen

Der traditionelle Ansatz bei den Unfallanalysen in Österreich sind die so genannten Unfall(typen)häufungsstellen. Unfallhäufungsstellen sind Straßenabschnitte in denen Verkehrsunfälle mit höherer Frequenz (die Österreichische Richtlinie für den Straßenbau legt fest, welche Kriterien erfüllt sein müssen, dass eine Unfallstelle zu einer Unfallhäufungsstelle wird) auftreten. Die Örtlichkeiten der Unfallhäufungsstellen ergeben sich aus Berechnungen der Unfalldatenbank nach den Regeln der Österreichischen Richtlinie für den Straßenbau (RVS 02.02.21 [Lit.1]).

In Österreich passierten im Jahr 2000 ungefähr ein Viertel aller Personenschadenunfälle (UPS) an Unfallhäufungsstellen. Demzufolge werden rund 75 % aller Verkehrsunfälle mit Personenschäden zumeist ignoriert, da hauptsächlich jene Verkehrsunfälle näher analysiert werden, die an Unfallhäufungsstellen passierten. Es ist jedoch möglich, dass es Gruppen von ähnlichen Unfallschwerpunkten gibt, die aufgrund der aktuellen Beurteilungsmethode nicht als

Unfallhäufungsstellen ausgewiesen werden. Eine derartige Gruppe von nahezu identischen Straßenabschnitten kann „virtuelle“ Unfallhäufungsstelle genannt werden, welche in der traditionellen Unfallforschung nicht als Unfallhäufungsstelle gilt.

Mit MARVin und der Ähnlichkeitssuche ist dies nun aber realisierbar. Folgendermaßen wird vorgegangen: Es wird eine Straßenabschnitt auf dem sich Unfälle ereignen als Vorlage genommen und das gesamte Straßennetz nach möglichst ähnlichen Streckenabschnitten (d.h. mit möglichst ähnlichen Infrastrukturparametern) durchsucht. Die so gefundenen ähnlichen Streckenabschnitte weisen daher, basierend auf den Straßenzustandsdaten, ein erhöhtes Unfallpotential auf und können nach eingehender Detailanalyse (Darstellung der historischen Unfalldaten auf den gefundenen ähnlichen Strecken) präventiv gesichert werden. Diese unfallkausalen Kombinationen (Straßenparameter + spezifische Unfallparameter) können einen wertvollen Beitrag zur innovativen Unfallursachenforschung leisten – künftige Planungsfehler können vermieden werden.

Es sei aber auch festgehalten, dass sich auf einem Streckenabschnitt sehr viele Unfälle ereignen können und auf fast identischen Straßenstücken (sehr ähnlich in den Trassierungs- und Oberflächenparametern) keine Verkehrsunfälle passieren. In diesem Fall sind es andere Parameter (welche nicht in der Datenbank vorliegen), die Einfluss auf das Unfallgeschehen haben, wie beispielsweise Fahrzeuggeschwindigkeiten oder Verkehrsstärken.

### **3.2 Hochleistungsmessgerät - RoadSTAR**

Das durch den RoadSTAR vorhandene Datenmaterial ist in Qualität, Auflösung und Flächendeckung europaweit einzigartig. Dieser Datenpool versetzt das AIT in die Lage, flächendeckende Betrachtungen zu Zusammenhängen zwischen Straßeninfrastruktur und Unfallgeschehen durchzuführen. Eine Unfallursachenanalyse muss somit nicht von einzelnen Unfallstellen oder Unfallhäufungsstellen ausgehen, sondern kann das gesamte Netz einbeziehen. Weiterführend werden aus diesen Daten Modelle zur Unfallprognose entwickelt.

Durch die Weiterentwicklung des RoadSTAR können immer genauere Erkenntnisse über die Oberflächenbeschaffenheit von Straßen gewonnen werden und damit kann ein wesentlicher Beitrag zur Verkehrssicherheit geleistet werden.

Das Hochleistungsmessgerät RoadSTAR (Abb. 18) wurde von Experten vom AIT in enger Zusammenarbeit mit dem “Forschungsinstitut für Kraftfahrwesen und Fahrzeugmotoren Stuttgart” entwickelt. Mit dem RoadSTAR können im fließenden Verkehr bei Messgeschwindigkeiten zwischen 40 km/h und 120 km/h (Standardgeschwindigkeit 60 km/h) die wichtigsten Oberflächeneigenschaften sowie Trassierungsparameter erfasst werden. Alle Messwerte sind mit differentiell korrigierten GPS-Koordinaten versehen.

Der RoadSTAR ist auf einem 2-Achs-Lkw der Marke ÖAF aufgebaut. Die Leistung des Lkw wurde so gewählt, dass dieser mit vollem Wassertank (Fassungsvermögen: 6000 Liter) eine Straße mit einem Griffigkeitsbeiwert von  $\mu = 1,0$  und einer Steigung von 8 % noch mit einer Fahrgeschwindigkeit von 80 km/h messen kann.

Am Fahrzeug sind Messeinrichtungen für Griffigkeit, Querebenheit, Längsebenheit, Textur und Temperatur, ein GPS-System, ein digitales Videosystem, eine Rissbildkamera sowie ein Inertial-Kreiselsystem zur Bestimmung der räumlichen Lage des Fahrzeuges montiert. Zur Bedienung des Fahrzeuges bei der Messung sind ein Fahrer sowie ein Bediener für den PC erforderlich.

Die Messung erfolgt computerunterstützt, wobei unterschiedliche Messprogramme vordefiniert und vom Bediener abgerufen werden können. Über die aktuellen Messdaten und Betriebszustände wird der Bediener laufend durch ein grafisches Benutzer-Interface informiert.

Während der Fahrt sind zusätzliche Eingaben, welche die Messstrecke betreffen, möglich. So können Belagswechsel, Brückenbereiche, Stationierung und dergleichen vermerkt und mit ausgewertet werden.

Mit dem RoadSTAR können folgende Messgrößen ermittelt werden:

### Griffigkeitsparameter

- 18 % Schlupf (Standard)
- Blockiertes Messrad
- ABS-Messung
- Temperatur der Straßenoberfläche
- Temperatur des Messrades

### Textur

- MPD (Mean Profile Depth)
- ETD (Estimated Texture Depth)

### Querebenheit

- Spurrinntiefen (links, rechts)
- Profiltiefen (links, rechts)
- Spurrinnenbreiten
- Spurrinnenvolumen
- Theoretische Wasserfilmdicke
- Wasserfilmbreite
- Wasserfilmvolumen
- Querprofil

### Längsebenheit

- IRI (International Roughness Index)
- RN (Ride Number)
- Wellenlängenspektren
- Längsprofil

### Trassierungsparameter

- Kurvenradien bzw. Krümmung
- Querneigung
- Längsneigung
- Höhenprofilverlauf
- Längenschnitt
- dGPS-Koordinaten

Das in Zuge dieser Arbeit verwendete Programm "Geometry Classifier" (siehe Kapitel 5.2) verwendet als Eingangsparameter die Trassierungsparameter Kurvenradius, Kurvenkrümmung und die dGPS-Koordinaten aus der RoadSTAR Datenbank.

Der Kurvenradius wird aus der Geschwindigkeit und der Winkelgeschwindigkeit aus den Daten des dGPS und der IMU berechnet. „Die IMU-Plattform besteht aus einem dynamischen Lage- und Kurswinkelsensor für dynamisch bewegte Trägersysteme. Das System enthält drei Closed-Loop-Faserkreisel, drei Beschleunigungssensoren und einen GPS-Empfänger zur Kursunterstützung und Bestimmung der Position.“

## MARVin und RoadSTAR

---

Spezielle Optimalfilter ermöglichen die kinematische Vermessung dynamisch bewegter Objekte mit höchster Genauigkeit.“ (Maurer et al, 2002)



Abb. 18: Darstellung des RoadSTAR (Quelle: AIT)

## 4 Eigene statistische Auswertung des Unfallgeschehens im Burgenland

Als Grundlage für die Untersuchung des Unfallgeschehens in Kreisbögen wurde eine allgemeine statistische Auswertung des Unfallgeschehens im Untersuchungsgebiet durchgeführt, die in diesem Kapitel dargestellt ist.

Mit dem Softwaretool MARVin wurde eine allgemeine Abfrage des Unfallgeschehens im Burgenland durchgeführt. Das Burgenland wurde als Untersuchungsgebiet gewählt, weil für dieses Straßennetz eine Befahrung des RoadSTARS mit verbesserten IMU Daten (siehe Kapitel 3.2) vorhanden ist. Gesucht wurde nach Unfällen mit Personenschaden auf den Straßenkategorien „Bundesstraße A“, „Bundesstraße S“, „Landesstraße B“ und „Landesstraße L“ im Zeitraum vom Jahr 2000 bis einschließlich 2008. Bei der Auswahl der Beteiligten wurden alle Arten von Beteiligten (Pkw, Lkw, Motorrad, etc.) berücksichtigt. Insgesamt wurden 8.116 Unfälle mit Personenschaden gefunden.

Danach wurde eine statistische Auswertung nach ausgewählten Kriterien durchgeführt.

In Abb. 19 erfolgt die Aufteilung der Unfälle auf die Obergruppen OG laut RVS 02.02.21 [Lit. 1]. Es zeigt sich, dass mit über 36% die meisten Unfälle der Obergruppe 0 zuzuordnen sind, das sind Unfälle mit nur einem Beteiligten. An zweiter Stelle folgt mit 15% die Obergruppe 1.

Der größte Anteil der Unfälle sind Alleinunfälle. Die Ursachen für Alleinunfälle sind nicht immer leicht festzustellen. Mögliche Ursachen von Alleinunfällen können im Verhalten des Lenkers selbst, bis hin zum Straßenzustand und den äußeren Einflüssen wie der Witterung sein.

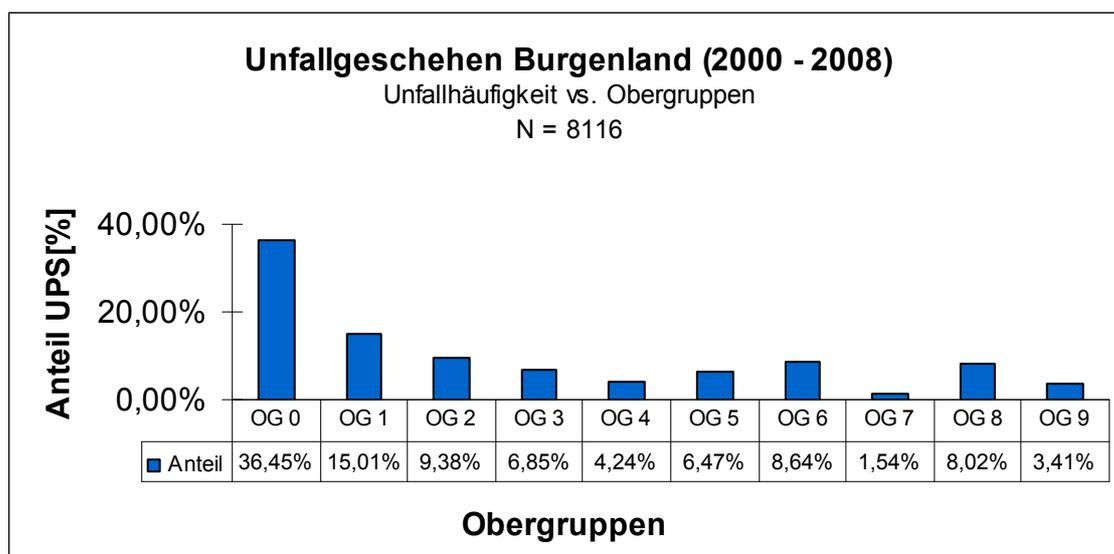


Abb. 19: Unfallhäufigkeit nach Obergruppen (Quelle: eigene Darstellung)

## Eigene statistische Auswertung des Unfallgeschehens im Burgenland

Nach der Auswertung nach den Obergruppen erfolgte eine Untersuchung der Aufteilung der Obergruppe 0 auf die Untergruppen. Die meisten Unfälle dieser Gruppe passieren durch ein Abkommen auf die rechte Seite auf einer Geraden. Am zweit häufigsten kommt das Abkommen auf die linke Seite auf einer Geraden vor. Dies könnte sich daraus erklären lassen, dass im Straßennetz mehr Geraden als Kurven auftreten. Weiters könnte eine erhöhte Fahrgeschwindigkeit und eine erhöhte Bereitschaft für riskante Überholmanöver auf Geraden eher gegeben sein als in Kurven.

Tabelle 1: Aufteilung der Unfälle auf die Unfalltypen der OG 0 (eigene Darstellung)

### **Untergruppe 01: Abkommen rechts**

011 auf der Gerade	32,45%
012 in Rechtskurve	4,23%
013 in Linkskurve	11,66%

### **Untergruppe 02: Abkommen links**

021 auf der Gerade	19,47%
022 in Rechtskurve	8,01%
023 in Linkskurve	3,99%

### **Untergruppe 03: Abkommen bei Kreuzung**

031 jede Kreuzung möglich	5,07%
---------------------------	-------

### **Untergruppe 04: Rückwärtsfahren oder Umkehren**

041	0,37%
-----	-------

### **Untergruppe 05: Sturz vom oder im Fahrzeug**

051 Sturz vom Fahrzeug	12,91%
052 Sturz (Verletzung) im Fahrzeug	0,20%

### **Untergruppe 06: Auffahren auf Hindernisse**

061	0,81%
-----	-------

### **Untergruppe 09: sonstige Unfälle mit nur einem Beteiligten**

091	0,81%
-----	-------

Die nächsten Abbildungen zeigen das Unfallgeschehen aufgeschlüsselt nach Jahren und Wochentagen. Wie aus Abb. 20 ersichtlich ist, ist die Anzahl der Unfälle vom Jahr 2002 bis 2008 rückläufig. Die Reduktion der Unfälle vom Jahr 2000 auf 2008 beträgt rund 16,5% Prozent.

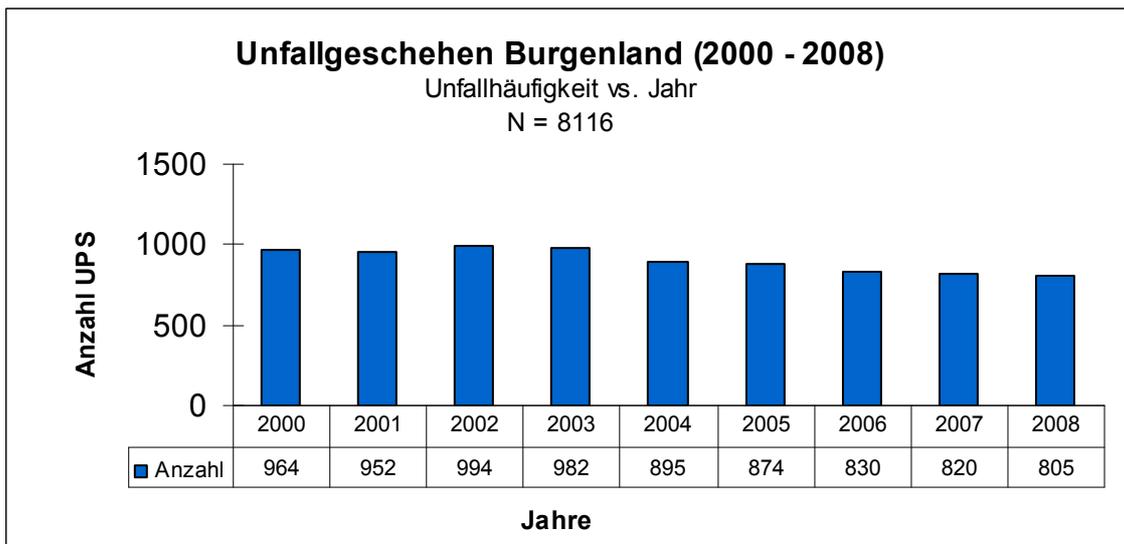


Abb. 20: Unfallhäufigkeit nach Jahren (Quelle: eigene Darstellung)

In Abb. 21 wurde das Unfallgeschehen in Bezug auf den Wochentag betrachtet. Wie sich zeigt passieren die meisten Unfälle mit jeweils über 17% freitags und samstags. In einer Studie des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie wurde ebenfalls das Unfallgeschehen im Bezug auf die Wochentage erhoben. Hier kam es samstags und sonntags um 17:00 Uhr zu den meisten Unfällen (vgl. [Lit.15]). Wie aus beiden Untersuchungen hervorgeht, treten die meisten Unfälle am Wochenende auf.

Dies könnte damit zusammenhängen, dass unter der Woche eher gewohnte Strecken gefahren werden (Berufsverkehr) und am Wochenende der Freizeitverkehr zunimmt und Fahrer unterwegs sind, die nur am Wochenende fahren und somit nicht so geübt sind.

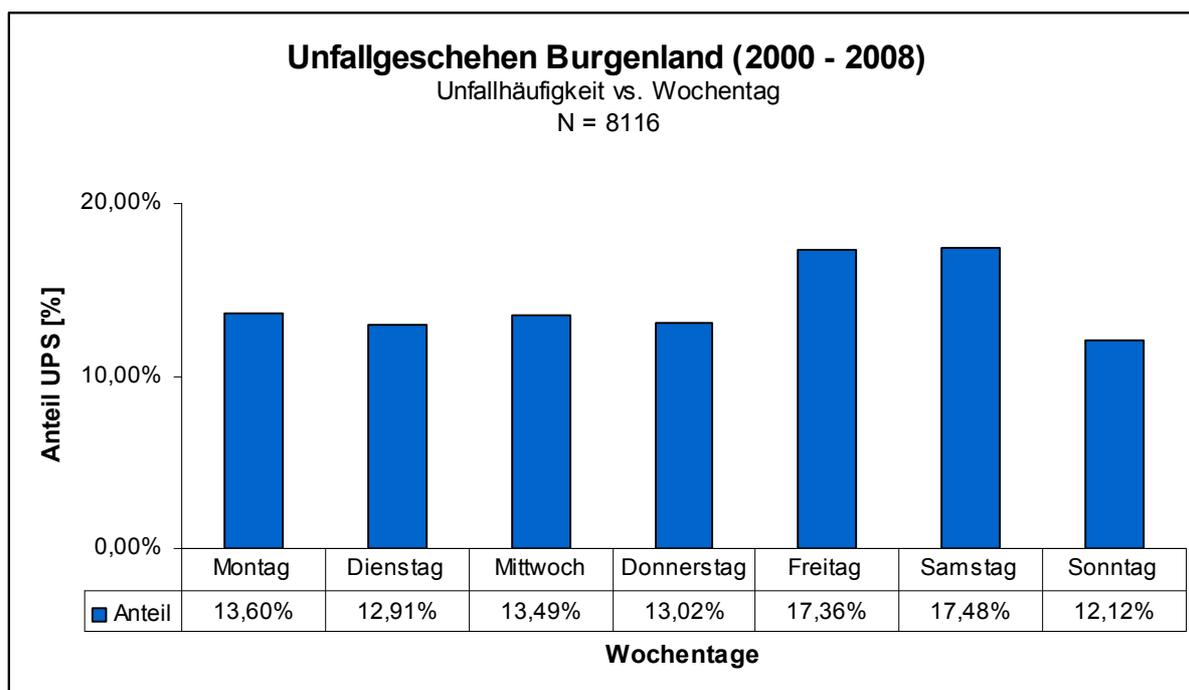


Abb. 21: Unfallhäufigkeit nach Wochentagen (Quelle: eigene Darstellung)

Als nächstes wurde das Unfallgeschehen bezogen auf die einzelnen Monate betrachtet. Abb. 22 zeigt deutlich, dass sich die meisten Unfälle in den Ferienmonaten Juli und August ereignen. Dies könnte damit zusammenhängen, dass während der Sommerferien der Urlauberverkehr steigt, und vermehrt Lenker unterwegs sind, die sonst übers Jahr nicht viel unterwegs sind.

Auffallend ist, dass in den Wintermonaten November bis März, das Unfallgeschehen am geringsten ist. Gerade in diesen Monaten würde man sich auf Grund der schlechten Witterung eher einen Anstieg erwarten.

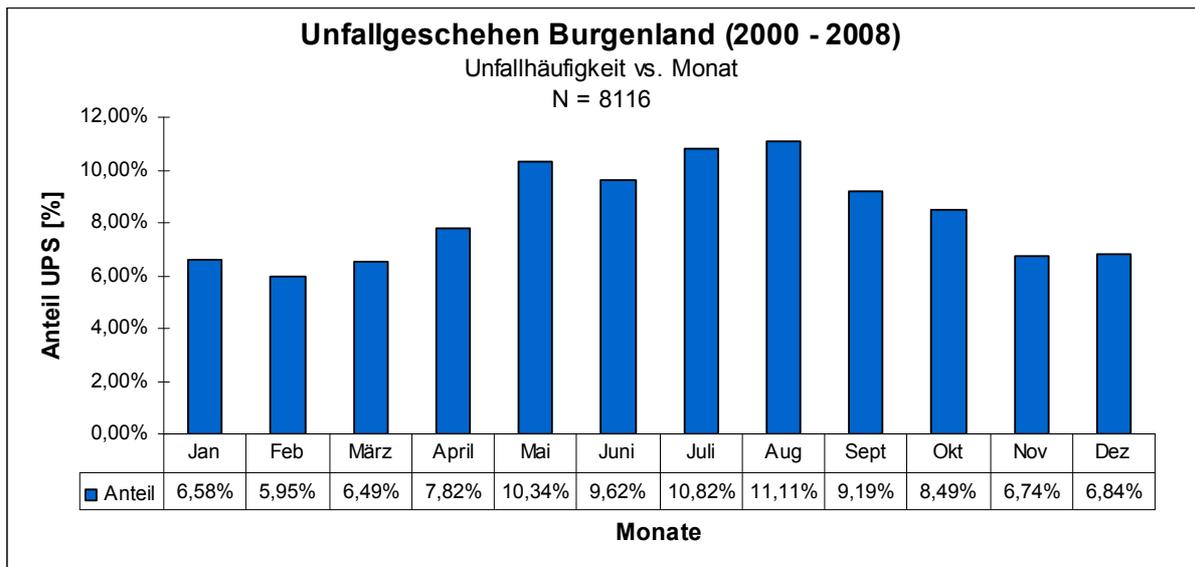


Abb. 22: Unfallhäufigkeit nach Monaten (Quelle: eigene Darstellung)

Betrachtet man das Unfallgeschehen aufgeteilt auf die Altersgruppen stechen zwei Altersgruppen heraus. Einerseits die Fahranfänger zwischen 19 und 21 und andererseits die Altersgruppe zwischen 51 und 60, die jeweils mit einem Anteil von über 10 Prozent vertreten sind.

Der hohe Anteil der Unfälle der Altersgruppen unter 25 könnte sich mit einer erhöhten Risikobereitschaft oder der Ungeübtheit der jungen Lenker erklären lassen.

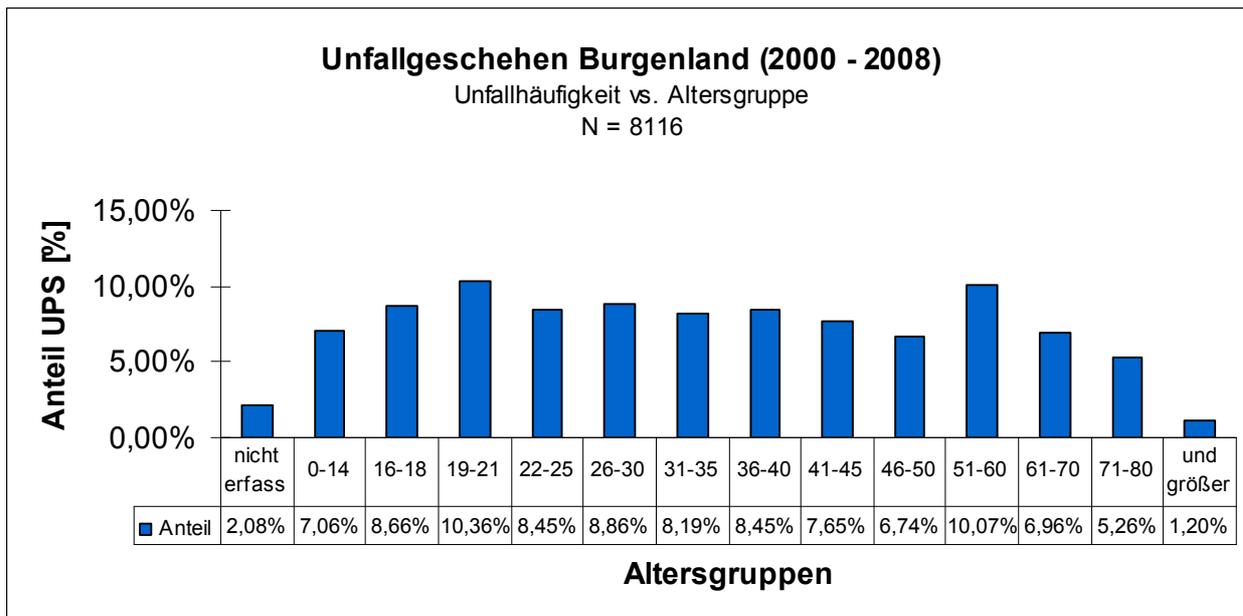


Abb. 23: Unfallhäufigkeit nach Altersgruppen (Quelle: eigene Darstellung)

Bei der Auswertung des Unfallgeschehens bezogen auf den Verletzungsgrad stellt sich heraus, dass rund 2 Prozent der Unfälle tödlich enden. Auffallend ist der hohe Anteil an Unfällen, bei denen eine Verletzung nicht erkennbaren Grades angegeben wurde und somit jedem Verletzungsgrad zugeordnet werden könnte und das Ergebnis verfälscht.

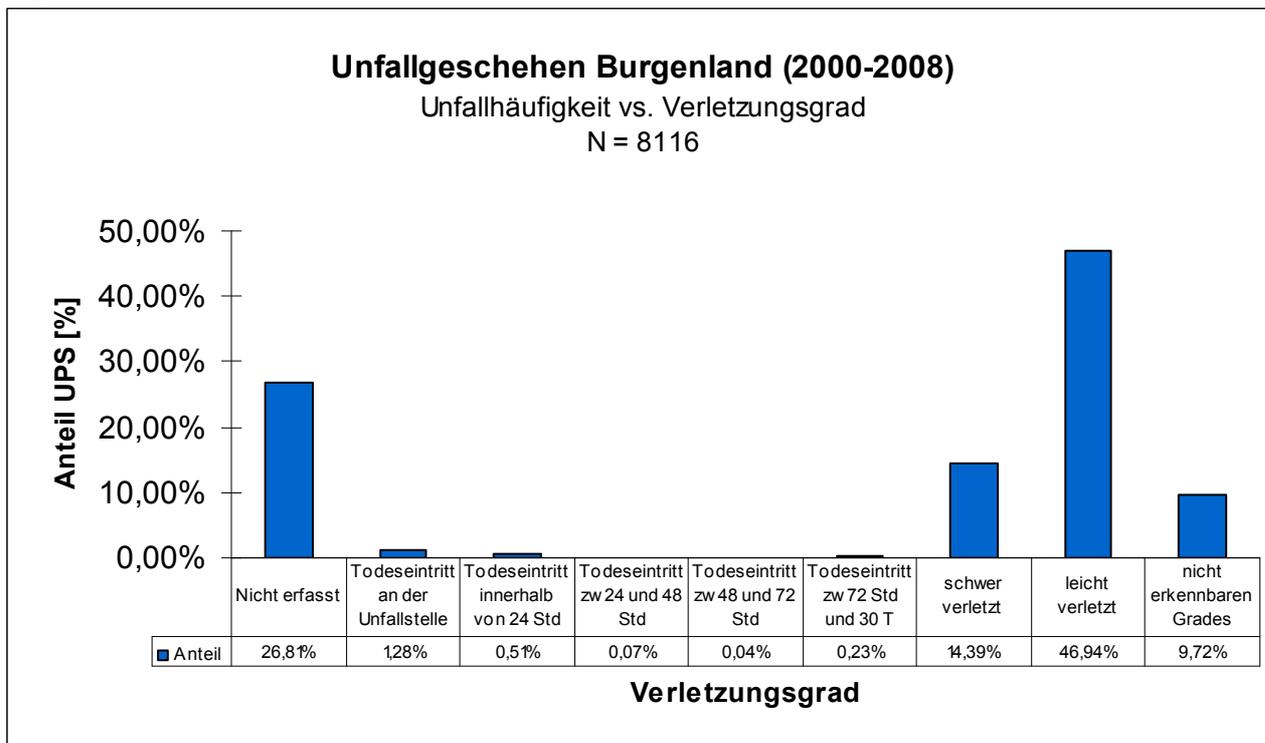


Abb. 24: Unfallhäufigkeit nach Verletzungsgrad (Quelle: eigene Darstellung)

## 5 Radienklassifizierung

### 5.1 Trassierung laut RVS [03.03.23]

Die RVS 03.03.23 findet Anwendung bei der Trassierung von Straßen mit höherer Verkehrsbedeutung. Es werden Richtwerte für die Entwurfselemente der Lage und der Höhe vorgegeben (vgl. [Lit.2]).

#### Entwurfselemente der Lage

Die Entwurfselemente der Lage sind Gerade, Kreisbogen und Übergangsbogen.

#### Kreisbogen

Laut RVS sind je nach Projektierungsgeschwindigkeit die folgenden Mindestwerte für den Kreisbogenradius (R) in der Straßen- bzw. Zentralachse einzuhalten.

Tabelle 2: Zusammenhang Radius (R), Mindestlänge ( $L_{\min}$ ) und Geschwindigkeit ( $V_{85}$ ) (eigene Darstellung; Quelle [Lit. 2])

R (m)	30	50	80	130	200	300	400	500	600	800
$L_{\min}$ (m)	11,1	13,9	16,7	19,4	22,2	25,0	27,8	30,6	33,3	36,1
$V_{85}$ (km/h)	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130

Die Mindestlänge des Kreisbogens lässt sich mit der unten stehenden Formel errechnen.

$$L_{\min} (m) = \frac{V_P (km/h)}{3,6}$$

#### Übergangsbogen

Der Übergangsbogen ist ein Verbindungselement zwischen Gerade und Kreisbogen oder zwischen zwei Kreisbögen. Im Übergangsbogen ändert sich die Krümmung stetig und ermöglicht somit eine kontinuierliche Änderung der bei der Kurvenfahrt auftretenden Zentrifugalbeschleunigung.

Die Mindestlänge der Klothoide richtet sich nach der Projektierungsgeschwindigkeit. Zu lange Übergangsbögen sollten vermieden werden und sollten nicht länger als 2-mal  $L_{\min}$  sein.

Tabelle 3: Mindestlänge der Klothoide ( $L_{\min}$ ) (eigene Darstellung; Quelle [Lit. 2])

$V_P$ (km/h)	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
$L_{\min}$ (m)	15	20	30	39	44	50	56	61	67	72

## 5.2 Software „Geometry Classifier“

### 5.2.1 Allgemeines

Durch die Befahrung mit dem RoadSTAR erhält man für jeden Rollmeter einen Messwert. Die Positionierung sowie auch die Lagebestimmung können über GPS Daten und über ein Kreiselnavigationssystem (IMU<sup>4</sup>) bestimmt werden.

Für diese Arbeit war es notwendig, aus dieser diskret aufgenommenen Punktwolke einen nachtrassierten Straßengraphen zu generieren. Wichtig war die Detektion des Segments selbst (Unterscheidung Gerade, Kreisbogen und Übergangsbogen), die Segmentlänge, der Radius des Kreisbogens und die Stationierung des Elements, um diese Daten später mit einer Unfalldatenbank verknüpfen zu können.

Das Programm Geometry Classifier wurde vom AIT (Austrian Institute of Technology) entwickelt. Mit Hilfe dieses Programms ist es möglich, aus einer diskret aufgenommenen Punktwolke einen automatisch nachtrassierten Straßengraphen zu generieren.

### 5.2.2 Verwendete Daten

Die für dieses Programm verwendeten Daten stammen von der Fahrlinie eines LKWs und liefern keinen vermessenen Straßengraphen.

Folgende Daten, die durch die Befahrung mit dem RoadSTAR zur Verfügung stehen, werden vom Programm verwendet.

- Straßenkennzeichnung
- Straßenkilometer
- Laufmeter
- Radius: Um den Radius zu ermitteln werden, sowohl dGPS – Koordinaten als auch Daten aus der IMU herangezogen. Über die Fahrzeuggeschwindigkeit und die Winkelgeschwindigkeit erfolgt die Berechnung des Radius.
- GPS-Koordinaten – long[°] und lat[°]
- Kurswinkel des RoadSTAR
- Querneigung

Mit Hilfe dieser Daten wird aus einer diskret aufgenommenen Punktwolke ein nachtrassierter Straßengraph generiert.

---

<sup>4</sup> International Measurement Unit

### 5.2.3 Benutzeroberfläche und Filterung

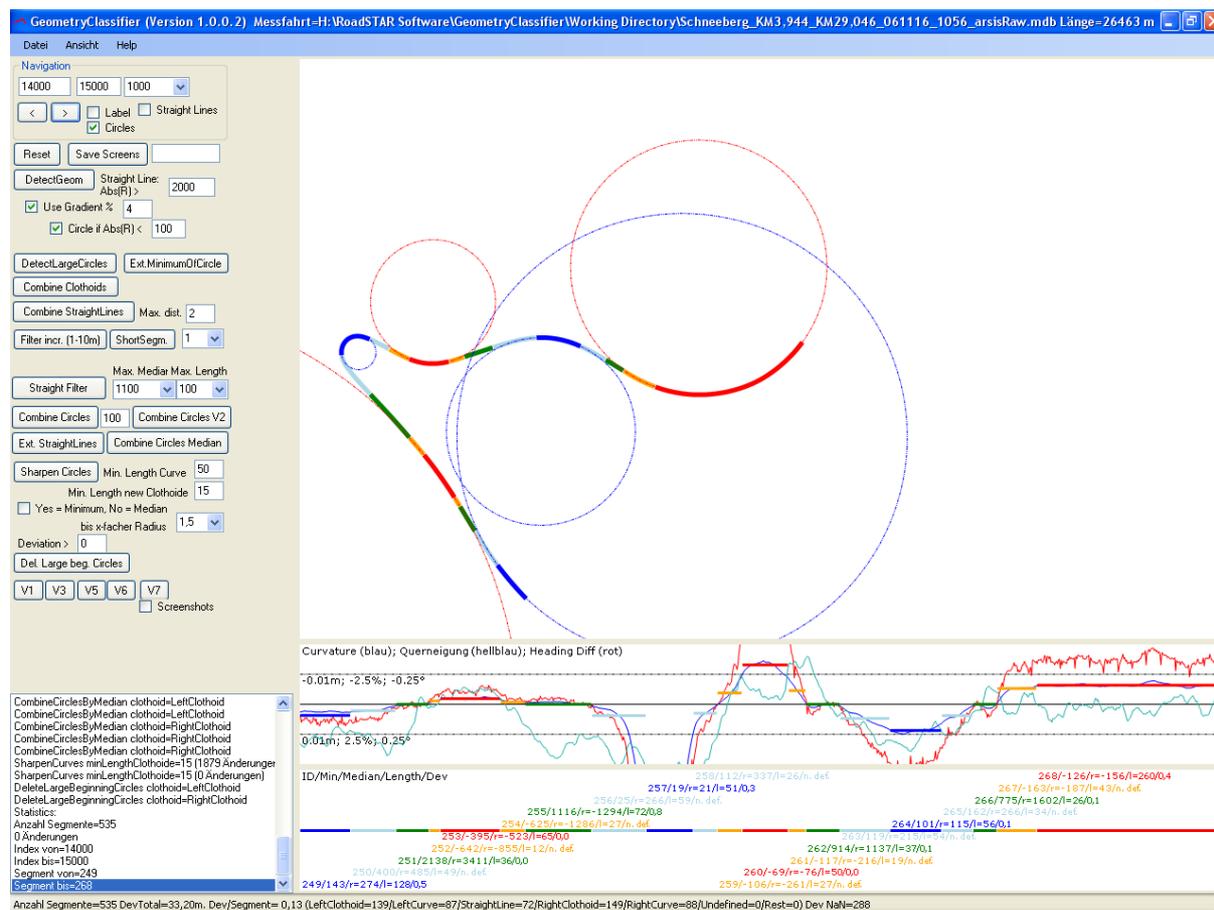


Abb. 25: Benutzeroberfläche Geometry Classifier (Quelle: AIT)

Abb. 25 zeigt die Benutzeroberfläche des Programms „Geometry Classifier“. Vom Benutzer sind bestimmte Grenzwerte vorzugeben, um das Ergebnis optimal an seine Strecke anpassen zu können. Verschiedene Filter, die in beliebiger Reihenfolge gesetzt werden können, stehen zur Verfügung.

Die erste Unterscheidung zwischen Gerade, Kreisbogen und Übergangsbogen wird anhand des Radius (aus den RoadSTAR-Daten) und der Berücksichtigung der Änderung des Radius getroffen. Ein Grenzwerradius von 2.000m ( $R > 2.000$  = Gerade) und eine Abweichung von 4% für die Unterscheidung zwischen Kreisbogen und Klothoide haben sich als sinnvoll erwiesen. Die weitere Filterung der Daten dient, um das so erhaltenen Ergebnis noch zu verfeinern, kurze Stücke zu eliminieren und Klothoide besser herauszuarbeiten.

### 5.2.4 Genauigkeit

Für jeden detektierten Kreisbogen wird vom Programm eine Genauigkeitskennzahl nach der untenstehenden Formel berechnet.

$$S = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n |R_i - R|}}{n}$$

S = mittlere absolute Abweichung der Einzelmesswerte vom Radius des detektierten Segments

R = Radius des detektierten Segments (Median)

R<sub>i</sub> = Radius der Einzelmesswert

Die für diese Arbeit verwendeten Segmente hatten im Mittel eine Abweichung von 0,16 Meter. Die größte Abweichung betrug 0,6 m die geringste 0,0 m.

## 6 Analyse der UPS in Kreisbögen

Im folgenden Kapitel werden die Auswertungen des praktischen Teils dieser Arbeit dargestellt. Für die Auswertung der UPS im Kreisbogen wurde ebenfalls das Burgenland gewählt.

Die Abfrage der UPS erfolgte mit dem Softwaretool MARVin. Es wurden alle Unfälle von 2004 bis 2008, die sich auf Landesstraßen-B und Landesstraßen-L im Burgenland zugetragen haben, abgefragt. Anschließend erfolgt eine Filterung der Daten, um die für diese Arbeit relevanten Ergebnisse zu erhalten. Die nähere Einschränkung auf gesuchte Datenbereiche wird in Kapitel 6.2 näher beschrieben.

### 6.1 Software und Datenbasis

Für den praktischen Teil dieser Arbeit werden die Softwaretools MARVin und Geometry Classifier verwendet. Beide wurden am AIT (Austrian Institut of Technology) entwickelt.

Wie schon in Kapitel 3.1 dargestellt, verwendet MARVin für die Auswertung zwei Datensätze, diese sind die Unfalldatenbank der Statistik Austria und die Messdaten des Hochleistungsmessgerätes RoadSTAR. Für diese Arbeit war es entscheidend einen trassierten Straßengraphen zu erhalten. Genauer bedeutet das, die Segmente Gerade, Kreisbogen und Übergangsbogen mit der jeweiligen Länge, Radius und Kilometrierung der einzelnen Segmente zu erhalten. Früher war dies nur durch eine mühevollen Darstellung im CAD und durch ein „hineinbasteln“ der Segmente möglich. Mit dem Softwaretool Geometry Classifier geschieht dies nun vollautomatisch. Jedoch muss man immer bedenken, dass die automatisierte Nachtrassierung stets für die Fahrlinie eines Lkws erfolgt.

Wie bereits in Kapitel 5.2 dargestellt, erhält man Angaben über Radius, Länge und die Stationierung der Segmente. Diese Werte lassen sich ebenfalls mit MARVin abfragen und mit der Unfalldatenbank verknüpfen.

### 6.2 Datenfilterung

Um mit den erhaltenen Daten arbeiten zu können, ist es notwendig diese nach ausgewählten Kriterien zu filtern. Da sich diese Arbeit speziell mit Unfällen in Kreisbögen befasst, wurden alle Unfälle, die laut der Klassifizierung mit dem Geometry Classifier, nicht in einem Kreisbogen passierten eliminiert. Insgesamt wurden 2779 Datensätze gefunden, davon sind 1109 auf einer Gerade und 676 im Übergangsbogen passiert. 994 UPS stehen für die weitere Filterung zur Verfügung, diese sind all jene UPS, die laut der Klassifizierung auf einem Kreisbogen passiert sind.

Aufteilung der UPS auf die Trassierungselemente  
N = 2779

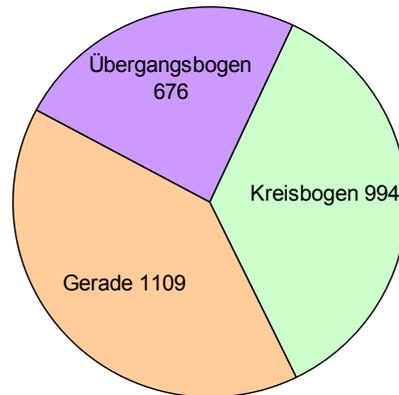
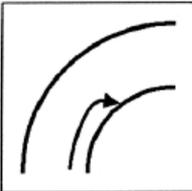
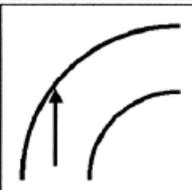
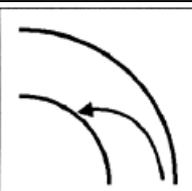


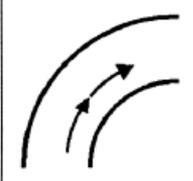
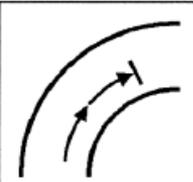
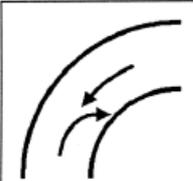
Abb. 26: Aufteilung der UPS auf die Trassierungselemente (Quelle: eigene Darstellung)

In weiterer Folge wurden die UPS nach Unfalltypen gefiltert. Hierbei wurden alle Unfalltypen ausgewählt, die Unfälle in Kurven beschreiben. In Tabelle 4 sind all jene Unfalltypen aufgelistet, die für diese Arbeit verwendet wurden.

Tabelle 4: Ausgewählte Unfalltypen (Quelle [Lit. 1]: eigene Darstellung)

Unfalltyp	Beschreibung
012	 Abkommen rechts in Rechtskurve
013	 Abkommen rechts in Linkskurve
022	 Abkommen links in Rechtskurve
023	 Abkommen links in Linkskurve

Analyse der UPS in Kreisbögen

132		Auffahren auf fahrendes Fahrzeug in Rechtskurve
133		Auffahren auf fahrendes Fahrzeug in Linkskurve
142		Auffahren auf verkehrsbedingt stehendes Fahrzeug in Rechtskurve
143		Auffahren auf verkehrsbedingt stehendes Fahrzeug in Linkskurve
222		Abkommen durch entgegenkommendes Fahrzeug Abkommen rechts in Rechtskurve
223		Abkommen durch entgegenkommendes Fahrzeug Abkommen rechts in Linkskurve
225		Abkommen durch entgegenkommendes Fahrzeug Abkommen links in Rechtskurve
226		Abkommen durch entgegenkommendes Fahrzeug Abkommen links in Linkskurve
232		Streifkollision in einer Kurve

242		Frontalkollision in einer Kurve
265		Frontal- oder Streifkollision beim Überholen in Rechtskurve
266		Frontal- oder Streifkollision beim Überholen in Linkskurve

Nach dieser Filterung stehen noch 185 UPS zur Verfügung. Die Reduktion von 994 UPS auf 185 nach der Filterung der Unfalltypen mag hoch erscheinen. Bei diesen Unfällen kann sicher davon ausgegangen werden, dass es sich um reine Fahrurfälle auf der freien Strecke handelt. Rund 45% der 994 Unfälle wurden nicht in die Auswertung genommen, da es sich um Unfalltypen handelt, bei denen es nicht auf die Kurve selbst ankommt. Dies waren zum Beispiel Unfälle im Kreuzungsbereich. 10% der Unfälle fallen in den Unfalltyp sonstige Unfälle und wurden nicht in die Auswertung genommen, da keine weiteren Angaben über den Hergang des Unfalls vorhanden sind. 27% der Unfälle ereigneten sich laut Unfalltyp auf einer Geraden. Die mögliche Ursache liegt eventuell darin, dass die Kurve von dem Exekutivbeamten nicht als solche erkannt wurde, und somit ein falscher Unfalltyp im Unfallzählblatt (siehe Anhang ) eingetragen wird. Eine weitere Fehlerquelle könnte in der Stationierung liegen. Wird vom Exekutivbeamten die Stationierung des Unfalls nicht richtig angegeben, dann wird der Unfall vom Programm MARVIN mit den falschen Daten verknüpft. So wird zum Beispiel ein Unfall, der laut Unfalltyp in einer Geraden zustande gekommen ist, anhand der Stationierung der Geometrietyp Kurve zugeordnet.

Im bisherigen Datensatz sind auch Unfälle enthalten, die unter Alkoholeinfluss zustande gekommen sind. Da nicht sicher ist, dass diese Unfälle auch ohne Alkoholeinfluss passiert wären, werden sie bei der weiteren Auswertung nicht berücksichtigt, um die Ergebnisse nicht zu verfälschen. Insgesamt waren 34 UPS unter Alkoholeinfluss zustande gekommen. 151 passierten ohne Alkoholeinfluss. 14 Unfälle ereigneten sich im Ortsgebiet, die ebenfalls nicht in die Auswertung genommen wurden. Bei der späteren Bearbeitung des Datensatzes wurden 3 UPS verworfen, da die Daten in sich nicht übereinstimmten. Die weitere Auswertung wird mit 134 UPS weitergeführt.

## 6.3 Aufteilung der UPS auf die Unfalltypen sowie Links- und Rechtskurven

Wie im vorherigen Kapitel erwähnt, werden nur Unfalltypen im Rahmen dieser Analyse verwendet, die in Tabelle 4 aufgelistet sind. In diesem Kapitel wird die Aufteilung der UPS auf die einzelnen Unfalltypen und auf die Links- und Rechtskurven dargestellt.

Die Auswertung erfolgt für Unfälle mit und ohne Alkoholeinfluss getrennt.

### 6.3.1 Unfälle ohne Alkoholeinfluss

Tabelle 5 zeigt die Aufteilung der Unfälle ohne Alkoholeinfluss auf die ausgewählten Unfalltypen.

Tabelle 5: Aufteilung Unfalltypen ohne Alkoholeinfluss (Quelle: eigene Darstellung)

<b>Unfalltyp</b>	<b>Anzahl UPS</b>	<b>Anteil</b>
012	13	9,70%
013	36	26,87%
022	28	20,90%
023	17	12,69%
132	2	1,49%
133	0	0,00%
142	0	0,00%
143	1	0,75%
222	1	0,75%
223	1	0,75%
225	0	0,00%
226	1	0,75%
232	19	14,18%
242	11	8,21%
265	3	2,24%
266	1	0,75%

Es zeigt sich, dass knapp 70% der Unfälle in Kurven Alleinunfälle sind. Dies könnte bedeuten, dass die Fehleinschätzung der Kurve selbst, oder der Zustand der Fahrbahn und nicht das Fehlverhalten Anderer für Unfälle in Kurven verantwortlich sind.

Die meisten Unfälle, mit mehr als 26%, entfallen auf den Unfalltyp 013 (Abkommen rechts in Linkskurve). Am zweit häufigsten tritt der Unfalltyp 022 (Abkommen Links in Rechtskurve) auf. Diese Unfalltypen könnten durch ein zu schnelles Einfahren und einer Unterschätzung der Kurve zustande gekommen sein. Des Weiteren besteht die Möglichkeit, dass bei schlechter Griffigkeit das Fahrzeug selbst bei korrektem Lenkeinschlag an den Fahrbahnrand abdriftet. Dies zeigt, wie wichtig eine kontinuierliche Kontrolle des Straßenzustandes ist.

Auffallend hoch ist auch der Anteil an Streifkollisionen mit rund 14 %. Die Ursache solcher Unfälle ist möglicherweise im Schneiden der Kurve zu suchen sein.

In weiterer Folge wurden die Unfälle auf Links- und Rechtskurven aufgeteilt.

Aufteilung der UPS auf Links- und Rechtskurve  
ohne Alkoholeinfluss, N = 134

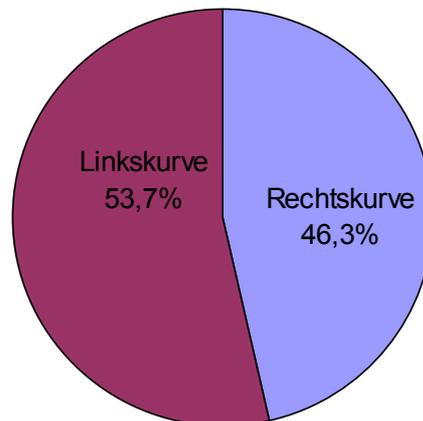


Abb. 27: Aufteilung der UPS auf Links- und Rechtskurve, ohne Alkoholeinfluss (Quelle: eigene Darstellung)

Wie Abb. 27 zeigt, entfallen 46,3% der Unfälle auf eine Rechtskurve, 53,7% auf eine Linkskurve. In Linkskurven ereigneten sich um 10 UPS mehr als in Rechtskurven. In einer Rechtskurve hat der Fahrer, wenn er durch überhöhte Geschwindigkeit von seinem Fahrstreifen nach außen abdriftet, noch den zweiten Fahrstreifen zur Verfügung, um sein Fehlverhalten zu korrigieren. Dieser „Sicherheitsstreifen“ fehlt dem Fahrer in der Linkskurve, damit könnten sich die vermehrten Unfälle in Linkskurven erklären lassen.

### 6.3.2 Unfälle unter Alkoholeinfluss

Als nächstes wurde die Aufteilung der Unfälle auf die Unfalltypen betrachtet, die unter Alkoholeinfluss zustande gekommen sind. Tabelle 6 zeigt das Ergebnis dieser Auswertung.

Tabelle 6: Aufteilung Unfalltypen unter Alkoholeinfluss (Quelle: eigene Darstellung)

<b>Unfalltyp</b>	<b>Anzahl UPS</b>	<b>Anteil</b>
012	2	5,9%
013	17	50,0%
022	4	11,8%
023	6	17,6%
132	0	0,0%
133	0	0,0%
142	1	2,9%
143	0	0,0%
222	0	0,0%
223	0	0,0%
225	0	0,0%
226	0	0,0%
232	0	0,0%
242	4	11,8%
265	0	0,0%
266	0	0,0%

Insgesamt wurden 34 Unfälle unter Alkoholeinfluss gefunden, die auf 6 verschiedene Unfalltypen entfallen. An 5 Unfällen waren weitere Personen beteiligt. Rund 85% der Unfälle waren Alleinunfälle, ein deutlich höherer Anteil, als bei den UPS ohne Alkoholeinfluss. Dies könnte sich durch eine deutliche Fehleinschätzung der Kurve durch die durch den Alkohol verursachte Wahrnehmungsstörung erklären lassen, und weniger mit dem Zustand der Fahrbahn oder den Witterungsverhältnissen.

Teilt man die Unfälle auf Links- und Rechtskurve auf, zeigt sich ein deutlicher Trend. Abb. 28 zeigt, dass rund 77 % der Unfälle auf eine Linkskurve entfallen. Es wäre sicherlich interessant auf dem Gebiet „Unfälle unter Alkoholeinfluss“ weitere Forschungsarbeit zu betreiben.

Aufteilung der UPS auf Links- und Rechtskurve  
unter Alkoholeinfluss  
N = 34

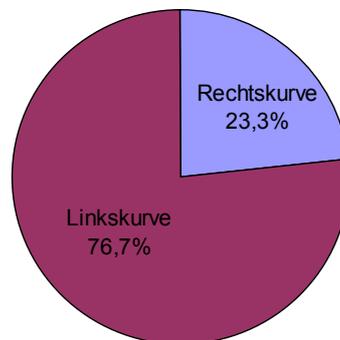


Abb. 28: Aufteilung der UPS auf Links- und Rechtskurve, unter Alkoholeinfluss (Quelle: eigene Darstellung)

Die Unfälle, die unter Alkoholeinfluss zustande gekommen sind, werden für keine weitere Auswertung herangezogen.

## 6.4 Zusammenhang Unfallgeschehen und Radius

Im Kapitel 6.4 wird der Einfluss der Größe des Radius auf das Unfallgeschehen näher betrachtet. Die durch das Programm Geometry Classifier erhalten Radien werden in Klassen zu 50 Metern eingeteilt. Radien größer oder gleich 1.000 Meter werden in einer Klasse zusammen gefasst, da sich in dem Radienbereich von 1.000 bis 2.000 Meter lediglich 4 UPS ereigneten.

Abb. 29 zeigt die Aufteilung der Unfälle auf die Radienklassen, die Klassenbreite beträgt 50m.

Tabelle 7: Unfallhäufigkeit in Bezug zum Radius, Klassenbreite 50m (Quelle: eigene Darstellung)

<b>Radienklasse [m]</b>	<b>Anzahl UPS</b>	<b>Anteil UPS</b>	<b>summierter Anteil UPS</b>
< 50	18	13,43%	13,43%
50 - 99	21	15,67%	29,10%
100 - 149	18	13,43%	42,54%
150 - 199	16	11,94%	54,48%
200 - 249	11	8,21%	62,69%
250 - 299	10	7,46%	70,15%
300 - 349	5	3,73%	73,88%
350 - 399	10	7,46%	81,34%
400 - 449	5	3,73%	85,07%
450 - 499	5	3,73%	88,81%
500 - 549	4	2,99%	91,79%
550 - 599	2	1,49%	93,28%
600 - 649	2	1,49%	94,78%
650 - 699	1	0,75%	95,52%
700 - 749	0	0,00%	95,52%
750 - 799	1	0,75%	96,27%
800 - 849	1	0,75%	97,01%
850 - 899	1	0,75%	97,76%
900 - 949	0	0,00%	97,76%
950 - 999	0	0,00%	97,76%
≥ 1000	3	2,24%	100,00%

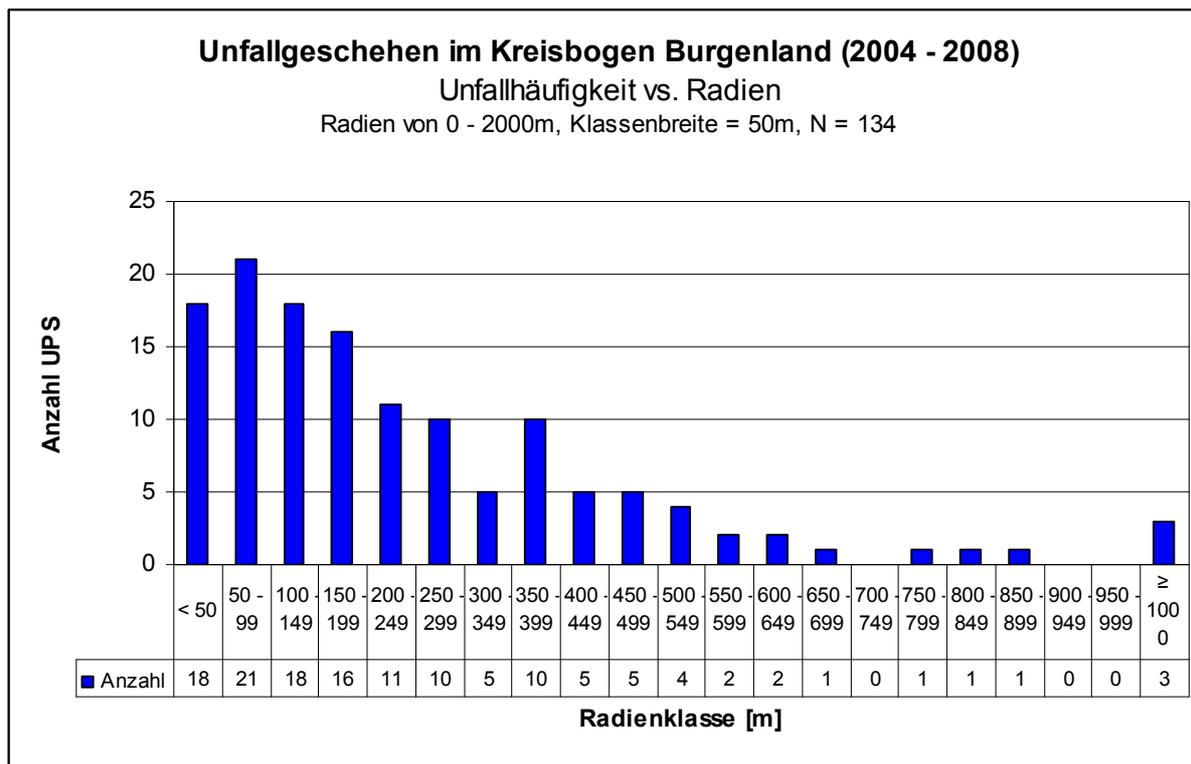


Abb. 29: Unfallhäufigkeit nach Radien, Klassenbreite 50m (Quelle: eigene Darstellung)

Wie aus Tabelle 7 ersichtlich ist, kommen ca. 56% aller Unfälle in Kreisbögen mit einem Radius kleiner 200m zustande. Die meisten Unfälle passieren in der Klasse von 50 bis 99 Metern, am zweithäufigsten passieren Unfälle in der Klasse < 50m. Am dritt häufigsten ereignen sich Unfälle in der Klasse von 100 bis 149 Meter.

**Relativierung der Unfälle**

Um aus den gewonnen Daten eine Aussage bezüglich des Zusammenhangs Radius und Unfallgeschehen treffen zu können, wurden die Daten mit der Verkehrsstärke und dem Auftreten der einzelnen Radien im Netz in Bezug gebracht.

**Gemittelte Unfallrate**

In Anlehnung an die in Kapitel 2.1.1.3 beschriebene Unfallrate, wird für jeden der 134 UPS ein Gewichtungsfaktor nach der untenstehenden Formel, mit dem zugehörigen DTV, berechnet. Aus den einzelnen Gewichtungsfaktoren wird für jede Radienklasse ein gemittelter Gewichtungsfaktor, über das arithmetische Mittel, gebildet. Der gemittelte Gewichtungsfaktor für die Verkehrsstärken (Gewichtungsfaktor DTV, siehe Tabelle 8) wird mit der Anzahl der Unfälle in der Radienklasse multipliziert. Die so erhaltene gemittelte Unfallrate gibt die Unfälle pro Jahr bezogen auf die Verkehrsstärke (pro Mio. Kfz) an.

$$Gewichtungsfaktor = \frac{10^6}{365 \times 5 \times DTV} \text{ [1/Mio. Kfz]}$$

Relative Unfallrate

Nach Ermittlung der gemittelten Unfallrate wird diese in Bezug zur Anzahl der Radian im Netz gebracht. Die Relative Unfallgefahr ergibt sich aus der Division der gemittelten Unfallrate durch das Vorkommen der Radian im Netz. Zur besseren Darstellung wird noch mit dem Faktor 1000 multipliziert. Die relative Unfallrate wird somit in UPS/Mrd. Kfz angegeben.

In weiterer Folge werden die gemittelte Unfallrate und die relative Unfallgefahr unter dem Begriff Unfallkenngrößen zusammengefasst.

In Tabelle 8 und Abb. 30 sind die Unfallkenngrößen für die Radian von 0 bis 2000 m mit einer Klassenbreite von 50 m dargestellt.

Tabelle 8: Unfallkenngrößen in Bezug zum Radius, Klassenbreite 50m (Quelle: eigene Darstellung)

<b>Radienklasse [m]</b>	<b>Anzahl UPS</b>	<b>Vorkommen der Radian im Netz</b>	<b>Anteil der Radian im Netz</b>	<b>Gewichtungsfaktor DTV</b>	<b>Gemittelte Unfallrate [UPS/Mio. Kfz]</b>	<b>Relative Unfallgefahr [UPS/Mrd. Kfz/]</b>
< 50	18	902	7,7%	0,50	9,00	9,98
50 - 99	21	1153	9,8%	0,47	9,87	8,56
100 - 149	18	1029	8,8%	0,47	8,46	8,22
150 - 199	16	995	8,5%	0,35	5,60	5,63
200 - 249	11	905	7,7%	0,35	3,85	4,25
250 - 299	10	790	6,7%	0,20	2,00	2,53
300 - 349	5	668	5,7%	0,27	1,35	2,02
350 - 399	10	568	4,8%	0,25	2,50	4,40
400 - 449	5	503	4,3%	0,28	1,40	2,78
450 - 499	5	415	3,5%	0,17	0,85	2,05
500 - 549	4	339	2,9%	0,08	0,32	0,94
550 - 599	2	332	2,8%	0,12	0,24	0,72
600 - 649	2	291	2,5%	0,41	0,82	2,82
650 - 699	1	280	2,4%	0,05	0,05	0,18
700 - 749	0	227	1,9%	0,00	0,00	0,00
750 - 799	1	209	1,8%	0,05	0,05	0,24
800 - 849	1	211	1,8%	0,12	0,12	0,57
850 - 899	1	176	1,5%	0,24	0,24	1,36
900 - 949	0	144	1,2%	0,00	0,00	0,00
950 - 999	0	165	1,4%	0,00	0,00	0,00
≥ 1000	3	1450	12,3%	0,14	0,42	0,29

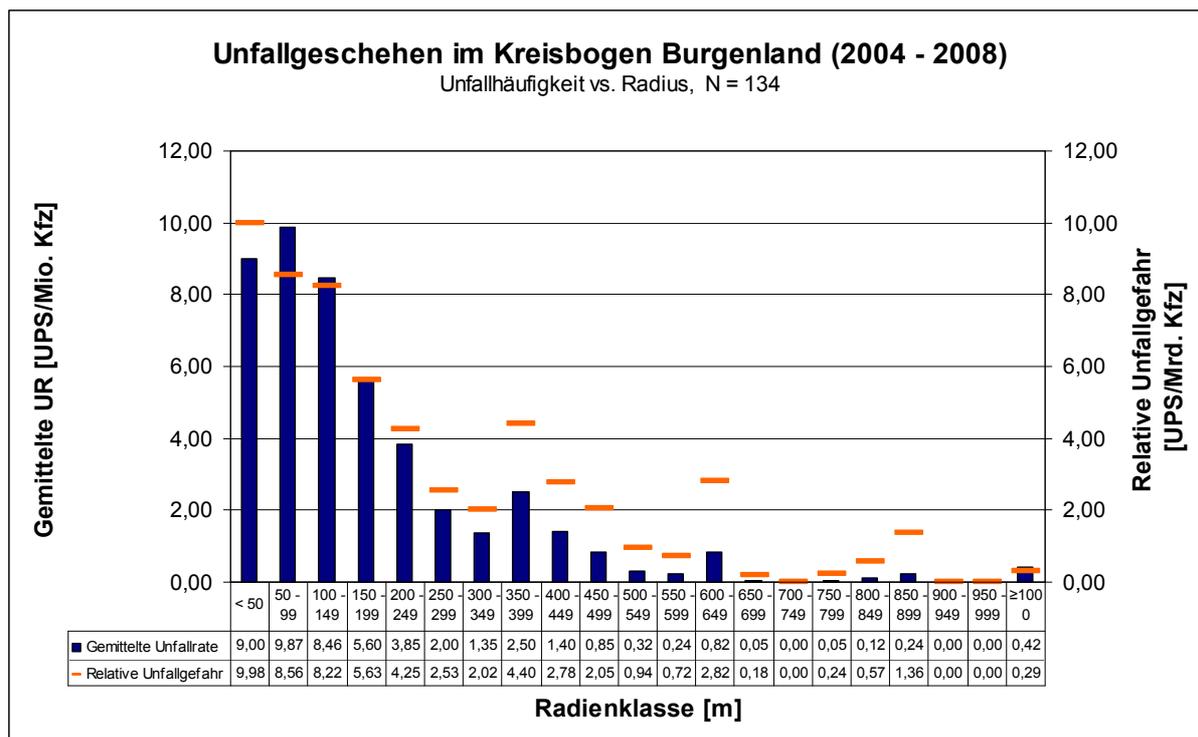


Abb. 30: Unfallkenngrößen nach Radien, Klassenbreite 50m (Quelle: eigene Darstellung)

Die höchste gemittelte Unfallrate und die höchste relative Unfallgefahr treten bei Radien von 50 bis 99 m auf. Beide Unfallkenngrößen lassen einen eindeutigen Trend erkennen. Mit zunehmendem Radius sinken beide Unfallkenngrößen, etwaige Abweichungen können als Ausreißer betrachtet werden. Somit hat sich die Aussage aus der Literaturrecherche bestätigt, dass die Unfallgefahr mit zunehmendem Radius sinkt.

Die Untersuchung zeigt, dass kleinere Radien ein größeres Unfallpotential aufweisen, als größere. Wie die Literaturrecherche gezeigt hat, ist nicht nur der Einzelradius verantwortlich für den Unfall, sondern auch die Abstimmung der Radien im Verlauf der Straße aufeinander. Schon bei der Planung sollte darauf geachtet werden, dass die Trassierungselemente auf sich abgestimmt sind und eine gute Einsicht in die Strecke gegeben ist (vgl. [Lit.2]). Ist dies nicht möglich, ist eine Kennzeichnung der Abschnitte, auf denen eine abrupte Änderung der Geschwindigkeit notwendig ist, wichtig.

Interessant wäre die Durchführung dieser Auswertung in einem größeren Untersuchungsgebiet, um eine bessere Aussage für den Radienbereich ab 650 m treffen zu können, da für diesen Radienbereich nur wenige Unfälle vorhanden sind.

## 6.5 Zusammenhang Unfallgeschehen und Länge des Kreisbogens

Das folgende Kapitel befasst sich mit der Fragestellung, ob und welchen Einfluss die Bogenlänge auf das Unfallgeschehen hat. Der kürzeste Bogen, auf dem sich ein Unfall ereignet hat war 14m lang, der längste 1289m.

Um den Radius und die Bogenlänge in Bezug zu bringen und vergleichen zu können wurde für jeden Kreisbogen der Zentriwinkel nach der untenstehenden Formel berechnet.

$$\alpha[\text{gon}] = \frac{l_b \times 400}{2 \times \Pi \times r}$$

$\alpha$ .....Zentriwinkel [gon]  
 $l_b$ .....Kreisbogenlänge [m]  
 $r$ .....Radius [m]

Für die weitere Auswertung wurden die Zentriwinkel in Klassen zu je 10 gon zusammengefasst. Abb. 31 zeigt die Aufteilung der UPS auf die Zentriwinkel. 65% der Unfälle ereigneten sich in Kreisbögen mit einem Zentriwinkel von kleiner oder gleich 50 gon.

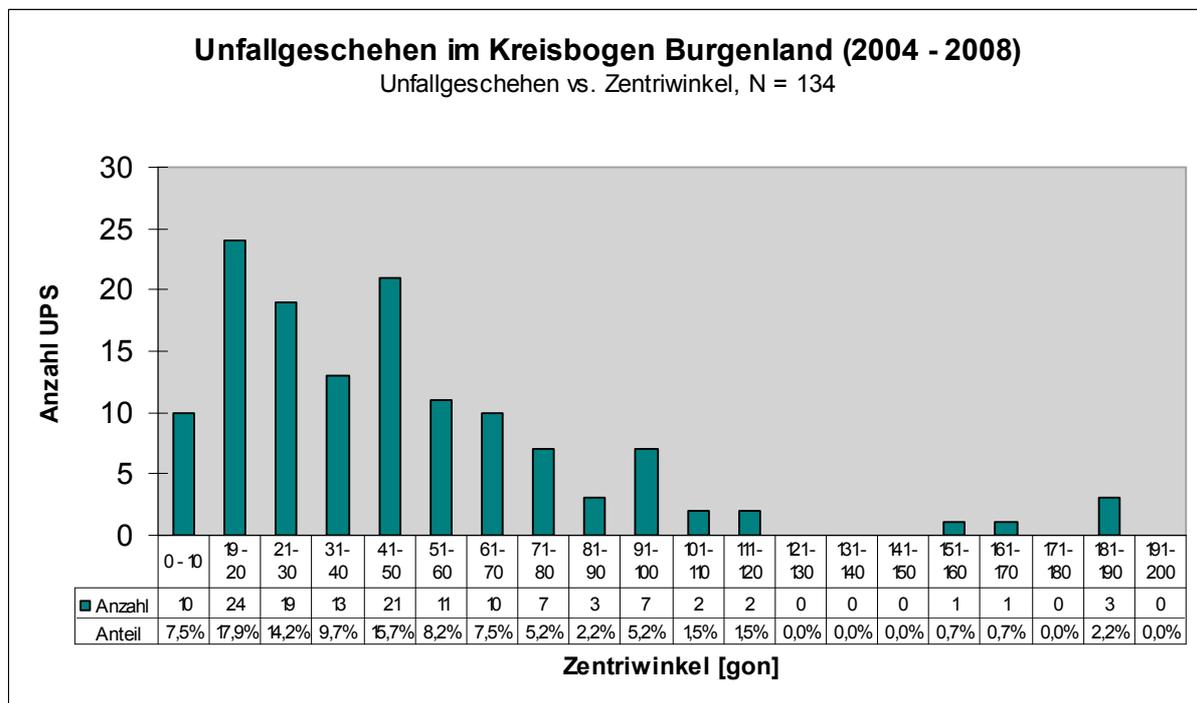


Abb. 31: Unfallgeschehen nach Zentriwinkel (Quelle: eigenen Darstellung)

**Relativierung der Unfälle**

Analog zu Kapitel 6.4 werden die Unfallkenngrößen (Gemittelte Unfallrate und Relative Unfallgefahr) der Zentriwinkelklassen berechnet. Das Ergebnis ist in Tabelle 9 und Abb. 32 dargestellt.

Tabelle 9: Unfallkenngrößen im Bezug zum Zentriwinkel (Quelle: eigene Darstellung)

Zentriwinke l [gon]	Anzahl UPS	Vorkommen der Zentriwinkel im Netz	Anteil der Zentriwinkel im Netz	Gewichtungs- faktor DTV	Gemittelte Unfallrate [UPS/Mio. Kfz]	Relative Unfallgefahr [UPS/Mrd. Kfz]
0 - 10	10	6135	52,2%	0,26	2,6	0,4
19 - 20	24	2402	20,5%	0,34	8,2	3,4
21 - 30	19	1129	9,6%	0,36	6,8	6,1
31 - 40	13	630	5,4%	0,42	5,5	8,7
41 - 50	21	399	3,4%	0,33	6,9	17,4
51 - 60	11	256	2,2%	0,28	3,1	12,0
61 - 70	10	201	1,7%	0,38	3,8	18,9
71 - 80	7	160	1,4%	0,60	4,2	26,3
81 - 90	3	126	1,1%	0,30	0,9	7,1
91 - 100	7	98	0,8%	0,32	2,2	22,9
101 - 110	2	68	0,6%	0,38	0,8	11,2
111 - 120	2	38	0,3%	0,36	0,7	18,9
121 - 130	0	30	0,3%	0,00	0,0	0,0
131 - 140	0	19	0,2%	0,00	0,0	0,0
141 - 150	0	14	0,1%	0,00	0,0	0,0
151 - 160	1	17	0,1%	0,20	0,2	11,8
161 - 170	1	9	0,1%	0,73	0,7	81,1
171 - 180	0	2	0,0%	0,00	0,0	0,0
181 - 190	3	6	0,1%	0,40	1,2	200,0
191 - 200	0	5	0,0%	0,00	0,0	0,0

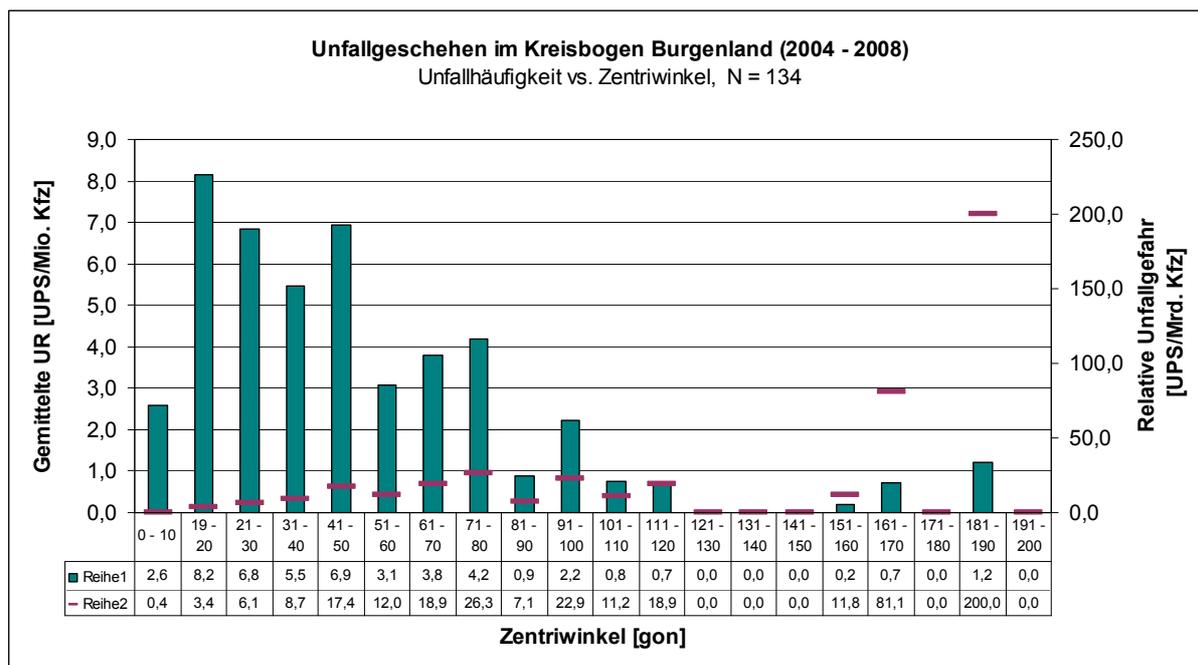


Abb. 32: Unfallkenngrößen nach Zentriwinkel (Quelle: eigene Darstellung)

Die höchsten gemittelten Unfallraten treten bei den Zentriwinkelklassen von 19 bis 50 gon auf. Anders stellt es sich bei der relativen Unfallgefahr dar. Diese ist in der Zentriwinkelklasse von 181 bis 190 gon am größten. Zu beachten ist, dass diese Zentriwinkel im gesamten Netz nur 6-mal vorkommen und somit die drei Unfälle eine sehr hohe Gewichtung bekommen.

Ein eindeutiger Einfluss des Zentriwinkels auf das Unfallgeschehen lässt sich nicht feststellen. Zwar tritt in einer Zentriwinkelklasse eine auffallend hohe relative Unfallgefahr auf, doch könnte dies durch die geringe Anzahl von Daten zustande gekommen sein.

Für weitere Arbeiten wäre es sicher interessant, diese Auswertung mit einer größeren Datenmenge durchzuführen, um ein alle Bereiche ausreichend abdecken zu können.

## 6.6 Lage des Unfalls im Kreisbogen

Im Zuge dieser Arbeit soll auch die Lage des Unfalls im Kreisbogen untersucht werden. Dies war bisher nur schwer möglich, da weder Segmentanfang noch die Länge des Trassierungselements bekannt waren. Über die Trassierung des Geometry Classifiers erhält man den Anfang des Trassierungselements in Bezug zur Straßenkilometrierung und die Länge des Segments. Die Stationierung des Unfalls ist aus den Daten des Unfallzählblatts bekannt. Mit diesen Angaben ist es möglich den Unfällen eine Lage im Kreisbogen zuzuordnen.

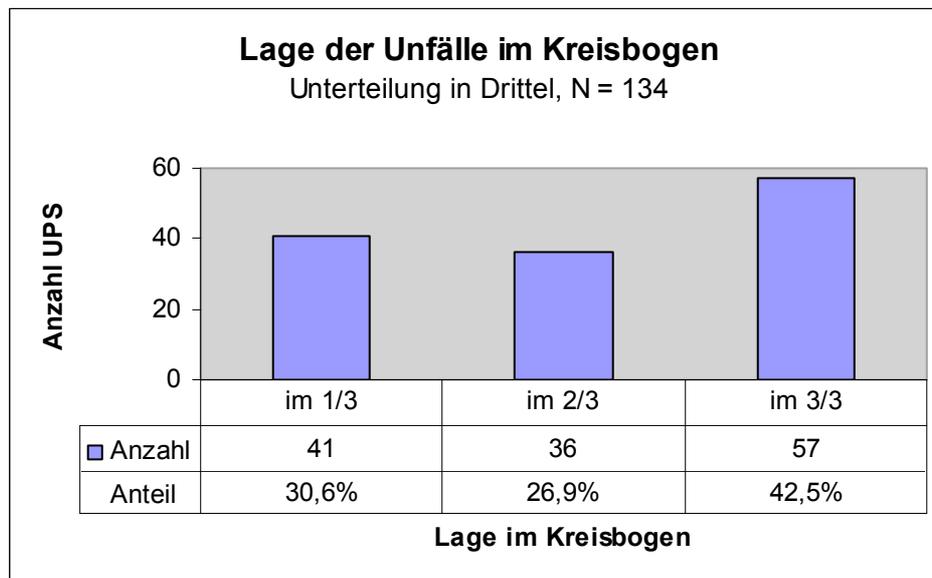


Abb. 33: Lage der Unfälle im Kreisbogen, Unterteilung in Drittel (Quelle: eigene Darstellung)

Abb. 33 zeigt die Aufteilung der UPS in Bezug auf die Lage im Kreisbogen. Es zeigt sich, dass über 40% der Unfälle im letzten Drittel der Kurve passieren. Rund 31% liegen im ersten Drittel. Am wenigsten Unfälle ereigneten sich mit rund 28% in der Mitte des Kreisbogens.

Um diese Erkenntnis besser interpretieren wird die Lage der Unfälle im Kreisbogen für Alleinunfälle und Unfälle mit Begegnungsverkehr getrennt betrachtet und ist in Abb. 34 und Abb. 35 dargestellt. Die Unterteilung des Kreisbogens erfolgt in Drittel, und Zehntel. In den Abbildungen ist der prozentuelle Anteil an den Unfällen, die sich in der jeweiligen Klasse ereignet haben, dargestellt.

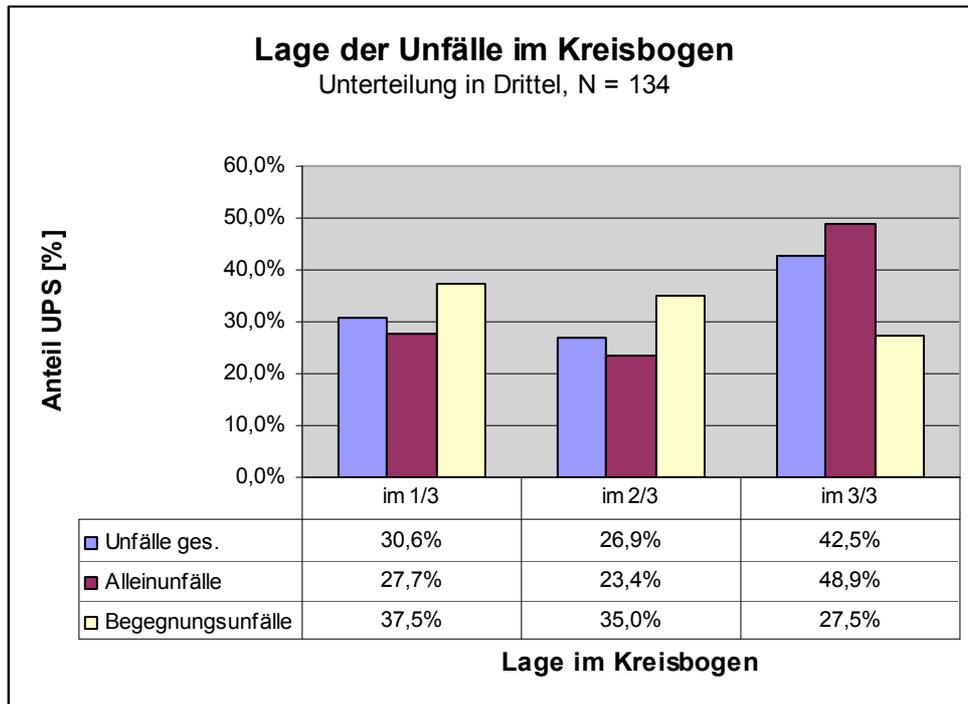


Abb. 34: Lage der Unfälle im Kreisbogen, Unterteilung in Drittel (Quelle: eigene Darstellung)

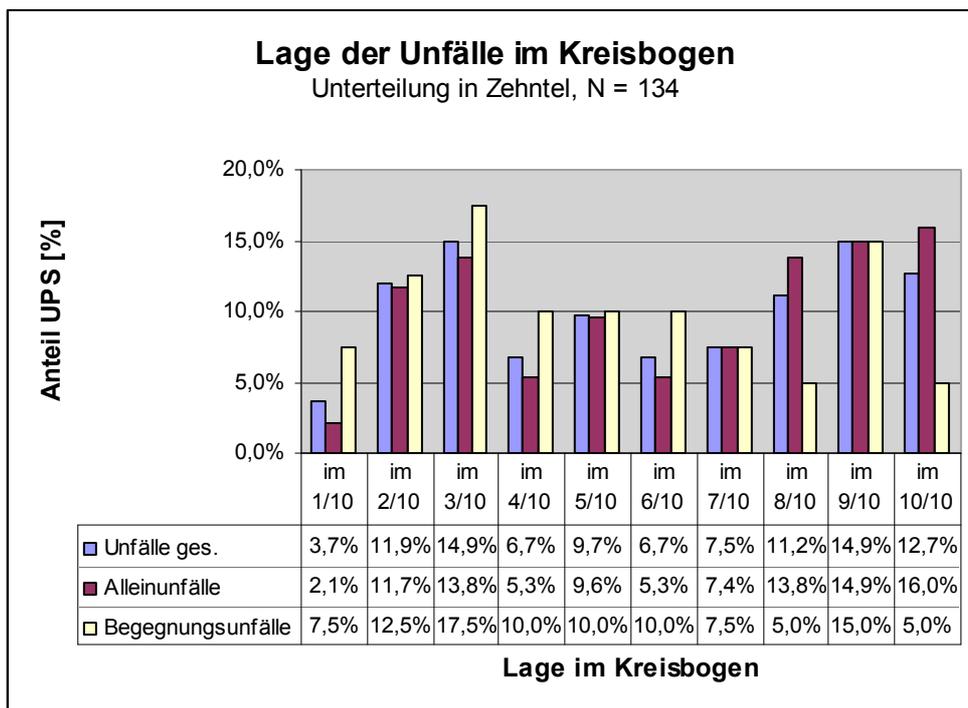


Abb. 35: Lage der Unfälle im Kreisbogen, Unterteilung in Zehntel (Quelle: eigene Darstellung)

Die meisten Alleinunfälle passieren mit rund 49% im letzten Drittel der Kurve. Im Gegensatz zu den Unfällen mit Begegnungsverkehr, die sich zu rund 38% im ersten Drittel ereignen. Bei Begegnungsunfällen sind immer zwei Fahrzeuge beteiligt. Es wird davon ausgegangen, dass das Unfallzählblatt für das unfallverursachende Fahrzeug ausgefüllt wird.

Die genauere Unterteilung des Kreisbogens bestätigt, dass Alleinunfälle gegen Kurvenende passieren und die Begegnungsunfälle am Kurvanfang.

Spacek 1998 (vgl. [Lit. 8]) fand heraus, dass die Häufigkeit der Selbst- und Schleuderunfälle mit dem zunehmenden Anteil des Spurtyps „Korrigieren“ zunimmt. Beim Spurtyp „Korrigieren“ kommt es zu einer Korrektur der Fahrlinie in der zweiten Hälfte der Kurve. Laut der Auswertung in dieser Arbeit treten Alleinunfälle eher gegen Kurvenende hin auf. Mit der Untersuchung von Spacek könnte sich dies erklären lassen, da die Korrektur der Fahrlinie erst in der zweiten Hälfte der Kurve vorgenommen wird.

Spacek fand weiters heraus, dass der Spurtyp „Schneiden“ am Häufigsten auftrat. Diese Verhaltensweise könnte das vermehrte Auftreten von Begegnungsunfällen am Kurvenanfang erklären. Ist die Kurve uneinsichtig und setzt der Lenker schon vor der Kurve zum Schneiden an, obwohl er auf die Gegenspür keine Einsicht hat, dann könnte es dadurch vermehrt zu Unfällen mit Begegnungsverkehr am Kurvenanfang kommen.

## 7 Zusammenfassung und Schlussfolgerung

In den Zeitungen wird immer wieder von sogenannten „Todeskurven“ berichtet, in denen sich die Unfälle häufen. Die Ursachen von Unfällen können vielfältig sein und sind nicht immer einfach festzustellen. Sie können vom Verschulden durch den Fahrer selbst, dem Straßenzustand, der Witterung bis hin zu einer schlechten Planung reichen. Äußere Faktoren, wie die Witterung können nicht beeinflusst werden, doch ist es bereits durch eine gute Planung möglich, etwaige Unfallrisiken von vornherein zu vermeiden.

Ziel der Diplomarbeit ist es einen Zusammenhang von Unfalltypen in Kurven und der Radienklasse bzw. der Lage in der Kurve fest zu stellen. Weiters soll der Einfluss der Bogenlänge auf das Unfallgeschehen untersucht werden.

Vorab wird eine Literaturrecherche zum Thema Unfallgeschehen im Kreisbogen durchgeführt, um auf bereits vorhandene Erkenntnisse aufbauen zu können. Es zeigt sich, dass zu diesem Thema sehr wenig Literatur vorhanden ist. Dies zeigt, dass es auf diesem Gebiet Forschungsbedarf gibt.

Wesentliche Erkenntnisse aus der Literaturrecherche sind:

- Die Unfallrate nimmt mit zunehmenden Radis ab.
- Die Unfallrate steigt mit zunehmender Kurvigkeit.
- Sowohl in Links- als auch in Rechtskurven fährt der Fahrzeuglenker eher in der linken Hälfte des Fahrstreifens.
- Am Häufigsten tritt der Spurtyp „Schneiden“ auf.
- Die höchsten Geschwindigkeiten treten bei den Spurtypen „Schneiden“ (in Linkskurven) und „Ausholen“ (in Rechtskurven) auf.
- Bei der Betrachtung der Unfallhäufigkeit in Bezug auf die Häufigkeit des Spurtyps zeigte sich, dass die Häufigkeit der Selbst-/Schleuderunfälle mit zunehmendem Anteil des Typs „Korrigieren“ zunimmt.

Als Untersuchungsgebiet wird das Burgenland gewählt, da vom gesamten Straßennetz Burgenland aktuelle Verkehrszählraten zur Verfügung stehen. Um einen groben Überblick über das Untersuchungsgebiet zu erhalten wird mit dem Softwaretool MARVin eine statistische Abfrage durchgeführt, bei der Daten der Unfalldatenbank der Statistik Austria und den Messdaten des RoadSTAR verknüpft werden. Abgefragt wurden alle Unfälle mit Personenschaden im Zeitraum vom 01.01.2000 bis 31.12.2008. Nach der Entfernung der doppelten Unfall IDs stehen 8116 Unfälle für die Auswertung zur Verfügung, die folgende Ergebnisse lieferten:

- Die meisten Unfälle, mit 36,45%, zählten zur Obergruppe 0, das sind Unfälle mit nur einem Beteiligten. Am häufigsten kommt bei dieser Obergruppe der Unfalltyp 011 – Abkommen rechts auf einer Geraden vor.
- Die Anzahl der Unfälle ist vom Jahr 2002 bis 2008 rückläufig. Die meisten Unfälle ereignen sich in den Sommermonaten Juli und August. Bei der Auswertung der Unfälle in Bezug zu den Wochentagen zeigt sich, dass die meisten Unfälle am Freitag und am Samstag passieren.
- Die Auswertung nach Altersgruppen ergibt, dass die meisten Unfälle durch jüngere Lenker verursacht werden.

Vom AIT wurde das Programm Geometry Classifier entwickelt, das aus den Messdaten des RoadSTARS einen nachtrassierten Straßengraphen generiert. Das Programm liefert Angaben über die Art des Segments, dessen Länge, die Stationierung und den Radius des Kreisbogens. Das Hauptproblem bei der Entwicklung des Programms lag darin, dass die Daten durch eine Befahrung der Straße mit einem Lkw gewonnen wurden. Selbst mit einem Pkw ist es schwierig eine konstante Fahrlinie zu halten. Jede noch so kleine Lenkkorrektur wirkt sich bei der Auswertung negativ aus, da sie die Kontinuität der Fahrlinie unterbricht und so zum Beispiel eine plötzliche Änderung des Radius bewirkt. Besonders die Detektion von Klothoiden und großen Radien, die manchmal als Gerade detektiert wurden, stellte sich als schwierig dar.

Der Geometry Classifier liefert keinen exakt vermessenen Straßengraph, jedoch ist er ein gutes Werkzeug um schnell über ein großes Gebiet Daten zu erhalten, wie es sonst nur über eine langwierige Vermessung möglich wäre. Die Kreisbögen, die für diese Arbeit verwendet werden, weichen im Mittel 0,16m von den gemessenen Einzelradien ab. Für diese Arbeit ist diese Genauigkeit vollkommen ausreichend.

Das Hauptaugenmerk dieser Arbeit liegt in der Analyse von UPS in Kreisbögen. Die durch das Programm Geometry Classifier gewonnenen Daten lassen sich mit MARVIN mit der Unfalldatenbank verknüpfen. Abgefragt werden alle UPS im Zeitraum vom 01.01.2004 bis zum 31.12.2008 auf den Landesstraßen B und L. Eine Einschränkung nach Art der Beteiligten wurde nicht getroffen.

994 UPS ereigneten sich laut der Detektion mit dem Geometry Classifier auf einem Kreisbogen und werden weiter gefiltert. Verwendet werden nur UPS, die sich auf freier Strecke ereignet haben. 27% der UPS kamen laut Unfalltyp auf einer Geraden zustande. Die mögliche Ursache liegt eventuell darin, dass die Kurve von dem Exekutivbeamten nicht als solche erkannt wurde. Eine weitere Fehlerquelle könnte in der Stationierung liegen. Wird vom Exekutivbeamten die Stationierung des Unfalls nicht richtig angegeben, dann wird der Unfall vom Programm MARVIN mit den falschen Daten verknüpft.

134 UPS werden für die weitere Auswertung verwendet.

Um die Unfälle mit den RoadSTAR Daten in Beziehung bringen zu können, muss die Fahrtrichtung des Unfalllenkers bekannt sein. Im Unfallzählblatt ist die Angabe auch vorgesehen, doch wird sie nur in wenigen Fällen ausgefüllt.

Die erste Auswertung erfolgt rein nach dem Unfalltyp, wobei Unfälle unter und ohne Alkoholeinfluss getrennt betrachtet werden. In beiden Fällen waren die meisten Unfälle Alleinunfälle, wobei der Anteil bei den Alkoholunfällen deutlich höher liegt. Auffallend ist, dass bei den Unfällen unter Alkoholeinfluss der Anteil, der in einer Linkskurve passiert ist, bei 77% liegt. Bei Unfällen ohne Alkoholeinfluss ereigneten sich in Linkskurven nur um 7% mehr Unfälle als in Rechtskurven.

In weiterer Folge werden die Radien in Klassen zu 50 Meter zusammengefasst. Die Literaturrecherche ergab, dass mit zunehmendem Radius die Unfallwahrscheinlichkeit sinkt. Bei der Auswertung im Rahmen dieser Arbeit konnte dieser Trend bestätigt werden.

## Zusammenfassung und Schlussfolgerung

Für die Auswertung der Länge des Kreisbogens wurde für jeden Unfall der Zentriwinkel des Kreisbogens berechnet. Bei der Betrachtung der Zentriwinkel trat die höchste gemittelte Unfallrate bei einem Zentriwinkel von 41 bis 50 gon auf, die höchste relative Unfallgefahr ergab sich von 181 bis 190 gon. Ein eindeutiger Zusammenhang zwischen Unfallgeschehen und dem Zentriwinkel konnte nicht beobachtet werden.

Des Weiteren wird die Lage des Unfalls im Kreisbogen untersucht. Alleinunfälle ereignen sich gegen Kurvenende, Begegnungsunfälle am Kurvenanfang.

Die Einbeziehung der Kurvigkeit in diese Arbeit wäre sicher noch sehr interessant gewesen, doch hätte dies den Rahmen dieser Arbeit gesprengt.

Ein wesentlicher Ansatz, um die Verkehrssicherheit zu erhöhen ist sicher in der Planung zu suchen. Viele Unfälle könnten vermieden werden, wenn bei der Planung auf die Wahl der richtigen Dimension des Trassierungselementes geachtet wird. Für die Vermeidung solcher Fehler ist der Einsatz einer RSA von Vorteil. Lässt sich der Einsatz kleiner Radien nicht vermeiden ist auf die Gefahr hinzuweisen.

Der zweite Ansatz ist bei der Bewusstseinsbildung in den Fahrschulen zu suchen. Gerade auf Freilandstrecken ereigneten sich viele Unfälle in Bereichen, die einen Radius aufweisen, der laut RVS 03.03.23 bei einer Projektierungsgeschwindigkeit von kleiner 70 km/h eingesetzt werden soll. Nicht auf jeder Strecke, wo es erlaubt ist 100 km/h zu fahren lässt dies die Strecke auch zu. In der Fahrschule hört man den Satz „Die Geschwindigkeit ist den Gegebenheiten anzupassen“, doch von wie vielen wird dies auch beherzigt?

## Literaturverzeichnis

- [Lit. 1] RVS 02.02.21 (2004): „Verkehrssicherheitsuntersuchungen“ Österreichische Forschungsgemeinschaft Straße – Schiene – Verkehr FSV, Wien 2004.
- [Lit. 2] RVS 03.03.23 (2004): „Trassierung - Linienführung“ Österreichische Forschungsgemeinschaft Straße – Schiene – Verkehr FSV, Wien 2004.
- [Lit. 3] RVS 02.02.33 (2006): „Verkehrssicherheitsaudit“ Österreichische Forschungsgemeinschaft Straße – Schiene – Verkehr FSV, Wien 2006.
- [Lit. 4] RVS 02.02.34 (2007): „Road Safety Inspection“ Österreichische Forschungsgemeinschaft Straße – Schiene – Verkehr FSV, Wien 2007.
- [Lit. 5] HARTMANN C. (2010): „Analyse von unfallkausalen Zusammenhängen von Motorradunfällen in Abhängigkeit der Radienrelation“. Diplomarbeit and der Universität für Bodenkultur Wien, Wien 2010
- [Lit. 6] KREBS H., KLÖCKNER J. (1977): „Untersuchungen über Unfallraten in Abhängigkeit von Straßen- und Verkehrsbedingungen außerhalb geschlossener Ortschaften“. Forschung Straßenbau und Straßentechnik, Heft 233; Schriftreihe hrsg. Vom Bundesministerium für Verkehr, Abt. Straßenbau, Bonn-Bad Godesberg 1977.
- [Lit. 7] LEUTZBACH W., ZOELLMER J. (1988): „Zusammenhang zwischen der Verkehrssicherheit und den Elementen des Straßenentwurfs“. Forschung Straßenbau und Verkehrstechnik, Heft 545; Schriftreihe hrsg. Vom Bundesministerium für Verkehr, Abt. Straßenbau, Bonn-Bad Godesberg 1988.
- [Lit. 8] SPACEK P. (1998): „Fahrverhalten und Unfallgeschehen in Kurven, Fahrverhalten in Kurvenbereichen“. EVED-Forschungsauftrag Nr. 16/84, IVT-ETH Zürich 1998.
- [Lit. 9] Homepage Statistik Austria (2009): [http://www.statistik.at/web\\_de/statistiken/verkehr/strasse/unfaelle\\_mit\\_persoenenschaden/index.html](http://www.statistik.at/web_de/statistiken/verkehr/strasse/unfaelle_mit_persoenenschaden/index.html), vom 20.05.2009
- [Lit. 10] Homepage Forschungsgesellschaft Straße – Schiene - Verkehr <http://www.fsv.at/publikationen/getpresse.aspx?ID=b38d1c71-b76a-4016-a12c-50e9da7f2576>, vom 24.03.2010
- [Lit. 11] Homepage Forschungsgesellschaft Straße – Schiene - Verkehr <http://www.fsv.at/>, am 24.03.2010
- [Lit. 12] BUNDESANSTALT FÜR STRASSENWESEN (2005): „Jahresbericht 2005“, Heft A30
- [Lit. 13] Arsenal research (2002): „Straßenzustandserfassung mit dem RoadSTAR – Messsystem und Genauigkeit“. Research Report, Wien 2002.

- [Lit. 14] SALEH P., OMASITS D.: "MARVin – Modell zur Abschätzung des Risikopotentials von Verkehrsinfrastrukturen und deren Einbindung in kooperativen Systemen". AAET 2007, 8. Braunschweiger Symposium, Braunschweig 2007.
- [Lit. 15] KURATORIUM FÜR VERKEHRSSICHERHEIT (2001): Österreichisches Verkehrssicherheitsprogramm 2002 – 2010, Wien 2001
- [Lit. 16] RAS-L (1995): „Richtlinie für Anlagen von Straßen – Linienführung“. Forschungsgemeinschaft für Straße und Verkehrswesen FGSV, Köln 1995
- [Lit. 17] HAYNES R. et.al (2008): „The influence of road curvature on fatal crashes in New Zealand“. Accident Analysis & Prevention 40 2008

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Untergruppe 01: Abkommen rechts .....	4
Abb. 2:	Beispiel für Unfalltypen der Unfalltypenobergruppe 0 .....	5
Abb. 3:	Beispiel für Unfalltypen der Unfalltypenobergruppe 1 .....	5
Abb. 4:	Beispiel für Unfalltypen der Unfalltypenobergruppe 2 .....	6
Abb. 5:	Beispiel für Unfalltypen der Unfalltypenobergruppe 3 .....	6
Abb. 6:	Beispiel für Unfalltypen der Unfalltypenobergruppe 4 .....	7
Abb. 7:	Beispiel für Unfalltypen der Unfalltypenobergruppe 5 und 6 .....	7
Abb. 8:	Beispiel für Unfalltypen der Unfalltypenobergruppe 7 .....	8
Abb. 9:	Beispiel für Unfalltypen der Unfalltypenobergruppe 8 .....	8
Abb. 10:	Beispiel für Unfalltypen der Unfalltypenobergruppe 9 .....	8
Abb. 11:	Schematische Darstellung des Auditablaufes .....	10
Abb. 12:	Schematische Darstellung des RSI-Ablaufes .....	12
Abb. 13:	Unfallraten in Abhängigkeit vom Kurvenradius .....	13
Abb. 14:	Unfallrate in Abhängigkeit von der Kurvigkeit .....	14
Abb. 15:	Zusammenhang Radius 1 und Radius 2 nach RAS-L .....	15
Abb. 16:	Prinzipskizzen der Spurtypen, am Beispiel von Linkskurven, Fahrtrichtung von Oben nach Unten .....	16
Abb. 17:	Straßengraphen – Kombinationen von Verkehrsinfrastruktur- und Unfalldaten .....	19
Abb. 18:	Darstellung des RoadSTAR .....	22
Abb. 19:	Unfallhäufigkeit nach Obergruppen .....	23
Abb. 20:	Unfallhäufigkeit nach Jahren .....	25
Abb. 21:	Unfallhäufigkeit nach Wochentagen .....	25
Abb. 22:	Unfallhäufigkeit nach Monaten .....	26
Abb. 23:	Unfallhäufigkeit nach Altersgruppen .....	27
Abb. 24:	Unfallhäufigkeit nach Verletzungsgrad .....	27
Abb. 25:	Benutzeroberfläche Geometry Classifier .....	30
Abb. 26:	Aufteilung der UPS auf die Trassierungselemente .....	33
Abb. 27:	Aufteilung der UPS auf Links- und Rechtskurve, ohne Alkoholeinfluss .....	37
Abb. 28:	Aufteilung der UPS auf Links- und Rechtskurve, unter Alkoholeinfluss .....	39
Abb. 29:	Unfallhäufigkeit nach Radien, Klassenbreite 50m .....	41
Abb. 30:	Unfallkenngrößen nach Radien, Klassenbreite 50m .....	43
Abb. 31:	Unfallgeschehen nach Zenitwinkel .....	44
Abb. 32:	Unfallkenngrößen nach Zenitwinkel .....	45
Abb. 33:	Lage der Unfälle im Kreisbogen, Unterteilung in Drittel .....	47
Abb. 34:	Lage der Unfälle im Kreisbogen, Unterteilung in Drittel .....	48
Abb. 35:	Lage der Unfälle im Kreisbogen, Unterteilung in Zehntel .....	48

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Aufteilung der Unfälle auf die Unfalltypen der OG 0.....	24
Tabelle 2:	Zusammenhang Radius (R), Mindestlänge ( $L_{\min}$ ) und Geschwindigkeit ( $V_{85}$ ).....	28
Tabelle 3:	Mindestlänge der Klothoide ( $L_{\min}$ ).....	28
Tabelle 4:	Ausgewählte Unfalltypen.....	33
Tabelle 5:	Aufteilung Unfalltypen ohne Alkoholeinfluss.....	36
Tabelle 6:	Aufteilung Unfalltypen unter Alkoholeinfluss .....	38
Tabelle 7:	Unfallhäufigkeit in Bezug zum Radius, Klassenbreite 50m .....	40
Tabelle 8:	Unfallkenngrößen in Bezug zum Radius, Klassenbreite 50m.....	42
Tabelle 9:	Unfallkenngrößen im Bezug zum Zentriwinkel .....	45



Bitte mit Bleistift 2 ausfüllen!

<input type="checkbox"/>									
--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------



22

0043184

Folge-Nr.

<input type="checkbox"/>							
--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

**Am Unfall Beteiligte**

Motorfahrrad(Moped)	1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Zugm./Arbeitsm. o.A.	13	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Motorrad	2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Zugm./Arbeitsm. m.A.	14	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Pkw(inkl.Kombi,Taxi)	3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Pkw m. Anhänger	15	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Linienbus(Obus)	4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Einsatzfahrzeug	16	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Omnibus	5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Straßenbahn	17	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Lkw bis 3,5t o.Anh.	6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Eisenbahn	18	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Lkw bis 3,5t m.Anh.	7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Fahrrad	19	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Lkw aber 3,5t o.Anh.	8	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Kleinmotorrad	20	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Lkw aber 3,5t m.Anh.	9	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Spiel-, Sportgeräte	21	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Sattelfkraftfahrzeug	10	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Fußgänger	22	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Tankwagen o.Anh.	11	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Wild	23	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Tankwagen m.Anh.	12	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	sonst.Beteiligte	24	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Unterschrift,Dienststelle

**Beteiligte Personen**

	Lenker	Mitfahrer	Fußgänger	männlich	weiblich	Sicherheitsgurten	Sturzhelm	Kopfstütze	vollendetes Lebensjahr	Inland	Ausland	alkoholisiert	Fahrer ohne Lenkerber.	Fahrerflucht
1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>											
2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>											
3	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>											
4	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>											
5	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>											
6	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>											

**Todesertritt/Verletzung**

Ausstelljahr d.Lenkerber.	Unf.St.	24 Std.	48 Std.	72 Std.	schwer	leicht	unbest. Grades
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

**Kennzeichen**

Am Unfall Baujahr	Beteiligte	KW	Ost.	Intern.
<input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>				

Marke	B.J.	Fz.A.	KW	O.K.	B.int.
<input type="checkbox"/>					
<input type="checkbox"/>					
<input type="checkbox"/>					
<input type="checkbox"/>					
<input type="checkbox"/>					
<input type="checkbox"/>					

**Unfalltyp Beteiligte Unfallsumstände Fr.in km**

Unfalltyp	Beteiligte	Unfallsumstände	Fr.in km
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**Straßenart**

Gem.-Nr.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
örtliche Zuordnung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>