

Andreas Piana

**Maßnahmenkatalog zur Unfallreduktion und
Minimierung der Verletzungsschwere am
bestehenden Straßennetz und Vorschläge zur
Risikominimierung für neue Abschnitte**

Diplomarbeit

zur Erlangung des akademischen Grades eines Diplom- Ingenieurs

Studienrichtung

Maschinenbau Verkehrstechnik

Technische Universität Graz- Fakultät für Maschinenbau

Institut für Fahrzeugsicherheit

Institutsvorstand:

Univ.- Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Hermann Steffan

Betreuer:

Dipl.-Ing. Dr. techn. Ernst Tomasch

Graz, 2010

Kurzfassung/ Abstract

Der Anteil der am österreichischen hochrangigen Straßennetz tödlich Verunglückten liegt zurzeit bei durchschnittlich zwölf Prozent pro Jahr, wobei 46% dieser Unfälle, in die Gruppe der Alleinunfälle fallen. In der vorliegenden Diplomarbeit wurden 61 tödliche Verkehrsunfälle am österreichischen hochrangigen Straßennetz detailliert untersucht und ausgewertet. Hierfür wurden die durch die Rekonstruktion gewonnenen Daten in die ZEDATU (Zentrale Datenbank tödlicher Unfälle) eingetragen und anschließend einer genauen Bewertung unterzogen. Beispiele optimal und weniger optimal dokumentierter Unfälle soll die Wichtigkeit gut dokumentierter Unfalldaten unterstreichen. Die Unterscheidung der Auswertung erfolgte dabei in den Ebenen Mensch, Fahrzeug und Infrastruktur. Im Abschluss wurden die unfallkausalen Risikofaktoren ermittelt und anschließend das Potential möglicher Maßnahmen aufgezeigt. Der daraus abgeleitete Maßnahmen- und Empfehlungskatalog soll die Möglichkeit bieten, die Zahl der tödlich Verunglückten am hochrangigen Straßennetz zu verringern. Die Umsetzung muss dabei durch die Politik (Ausbildung, Weiterbildung), die Fahrzeugindustrie (verbesserte Fahrzeugstruktur, Einsatz von Sicherheitssystemen, etc.) und durch verbesserte Straßenplanung erfolgen.

The percentage of fatal injured people on Austrian motorways is currently twelve percent at average. 46% of these accidents belong to single vehicle accidents. In the present study 61 fatal accidents on Austrian motorways were reviewed and reconstructed. Gained data from the reconstruction were filled into arrays of the accident database ZEDATU (Zentrale Datenbank tödlicher Unfälle) and afterwards precisely analyzed. Examples for good and bad documented accident cases shall highlight the importance of data collection. Within the analysis it was differentiated between human, vehicle and infrastructure. Finally accident causal risk factors were determined and scaled into their potential. Countermeasures and suggestions shall give the idea how to reduce the number of fatal accidents on Austrian motorways. Countermeasures have to be realized by the policy (education, further education), automotive industry (improved car structure, further driving assistance systems, etc) and improved road engineering.

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen/Hilfsmittel nicht benutzt, und die den benutzten Quellen wörtlich und inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Graz, am.....

.....

(Unterschrift)

Beschluss der Curricula-Kommission für Bachelor-, Master- und Diplomstudien vom 10.11.2008
Genehmigung des Senates am 1.12.2008

Danksagung

Ich möchte mich hiermit beim Institut für Fahrzeugsicherheit der Technischen Universität Graz für die freundliche Atmosphäre und die Unterstützung bei meiner Arbeit bedanken. Ein besonderes Dankeschön gebührt meinem Betreuer Dipl.-Ing. Dr. tech. Ernst Tomasch, der mich jederzeit bei meinen Aufgaben unterstützt hat.

Der größte Dank gebührt meinen Eltern die mir das Studium ermöglicht haben.

Andreas Piana, Graz 2010

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung/ Abstract	I
Eidesstattliche Erklärung	II
Danksagung	III
Inhaltsverzeichnis	IV
Abbildungsverzeichnis	VI
Tabellenverzeichnis	IX
1. Einleitung	1
2. Allgemeine Unfallstatistik	3
3. Literaturrecherche	7
3.1. RVS- Richtlinie zur Auslegung des hochrangigen Straßennetzes	7
3.2. EuroRAP	9
3.2.1. Überblick über die derzeitige Lage	17
4. Daten für die Unfallrekonstruktion	20
4.1. Mögliche Daten für die Unfallrekonstruktion	20
4.2. Reihenfolge der Unfalldatenerhebung	21
4.3. Vorgehensweise bei der Dokumentation von Unfalldaten	22
4.4. Beispielfälle	25
4.4.1. Beispiel eines gut dokumentierten Alleinunfalles	25
4.4.2. Beispiel eines wenig detailliert dokumentierten Alleinunfalles	30
5. Realunfall Auswertung	34
5.1. Unfallanalyse bezogen auf die Infrastruktur	34
5.2. Auswertung von menschlichen Faktoren	51
5.3. Auswertung von Fahrzeugfaktoren	55

5.4.	Unfallkausale Risikofaktoren	59
6.	Diskussion der Ergebnisse	64
6.1.	Diskussion der Ebene Infrastruktur	64
6.2.	Diskussion der Ebene Fahrzeug	65
6.3.	Diskussion der Ebene Mensch	65
7.	Maßnahmen und Empfehlungskatalog	67
7.1.	Maßnahmen am Fahrzeug	68
7.2.	Maßnahmen für den Menschen.....	69
7.3.	Maßnahmen an der Infrastruktur	71
8.	Zusammenfassung und Ausblick.....	73
9.	Literaturverzeichnis	77

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Tödlich Verunglückte nach Straßentyp (2002-2009), Statistik Austria [14]	3
Abbildung 2 Tödliche Verkehrsunfälle nach Unfalltyp am hochrangigen Straßennetz (2002- 2009), Statistik Austria [14]	4
Abbildung 3 Anzahl der Alleinunfälle nach Untergruppen (2002-2009), Statistik Austria [14]	5
Abbildung 4 Tödliche Alleinunfälle am hochrangigen Straßennetz über das Alter (2002- 2009), Statistik Austria [14]	6
Abbildung 5 Tödliche Alleinunfälle am hochrangigen Straßennetz bei Unterscheidung nach Geschlecht (2002-2009), Statistik Austria [14].....	6
Abbildung 6 RAPID bei der Drive Through Inspektion [7].....	12
Abbildung 7 Fahrzeuge für die Videoaufzeichnung [7]	12
Abbildung 8 Beispiel für eine gute und eine schlechte Straßenmarkierung [7].....	14
Abbildung 9 Einteilungskriterien der Straßeninfrastruktur [7].....	14
Abbildung 10 Beispiel für eine gute und eine schlechte Absicherung der Straße gegenüber der Umgebung [7].....	16
Abbildung 11 Beispiele zur Verbesserung der Sicherheit von Zweiradfahreren [10]	16
Abbildung 12 Innovativer Leitschienenschutz in Österreich [5].....	17
Abbildung 13 Beispiel Risk Rating in Großbritannien [8]	18
Abbildung 14 Am besten verbesserte Straßen in Großbritannien [8].....	19
Abbildung 15 Unfallaufnahme [11].....	23
Abbildung 16 Ansteigende und abfallende Fahrbahn [11]	23
Abbildung 17 Beispiel Fotogrammetrie	25
Abbildung 18 Übersichtaufnahme der Unfallstelle	26
Abbildung 19 Abkommensspuren	27
Abbildung 20 Fahrzeugendlage, Höhenunterschied zur Straße	27
Abbildung 21 Fahrzeugbeschädigung, Gefälle der Böschung	28
Abbildung 22 Übersicht aus www.geoland.at , Überschlagsunfall	29

Abbildung 23 Rekonstruktion PC- Crash, Abkommen links mit Kollision an Betonleitwand	30
Abbildung 24 Rekonstruktion PC- Crash, Abkommen rechts mit anschließendem Überschlag	30
Abbildung 25 Übersicht aus www.geoland.at, Tunnelportal.....	31
Abbildung 26 Kollisionsstelle gegen den Anpralldämpfer	32
Abbildung 27 Schlechte Detailaufnahmen des PKWs	32
Abbildung 28 Rekonstruktion PC- Crash in ein Tunnelportal.....	33
Abbildung 29 Vergleich der Abkommensstelle Statistik Austria vs. ZEDATU	35
Abbildung 30 Abkommenshäufigkeit bezogen auf den Straßenradius, Statistik Austria vs. ZEDATU	36
Abbildung 31 Anteil der Kollisionsobjekte (Quelle: ZEDATU).....	37
Abbildung 32 Anteil der Kollisionsobjekte ohne Betrachtung der Leiteinrichtung (Quelle: ZEDATU)	38
Abbildung 33 Böschungswinkel (Quelle: ZEDATU).....	39
Abbildung 34 Anteil der abfallenden und aufsteigenden Böschungen (Quelle: ZEDATU).....	39
Abbildung 35 Erst- Kollisionsobjekte für die jeweiligen Geschwindigkeitsbereiche (Quelle: ZEDATU)	41
Abbildung 36 Normalabstand der Fahrbahn zum Kollisionsobjekt (Quelle: ZEDATU)	42
Abbildung 37 Kumulierter Normalabstand der Fahrbahn zum Kollisionsobjektes mit und ohne Leiteinrichtung (Quelle: ZEDATU)	43
Abbildung 38 Zeit vom Abkommen bis zur Kollision (Quelle: ZEDATU).....	44
Abbildung 39 Zusammenhang zwischen der Abkommenszeit und der Abkommensgeschwindigkeit (Quelle: ZEDATU)	45
Abbildung 40 Zusammenhang zwischen dem Abkommensweg und der Abkommensgeschwindigkeit (Quelle: ZEDATU)	45
Abbildung 41 Abkommenswinkel, Geschwindigkeitswinkel	46
Abbildung 42 Zusammenhang zwischen dem Abkommenswinkel und der Abkommensgeschwindigkeit (Quelle: ZEDATU)	47
Abbildung 43 Häufigkeit der Abkommenswinkel (Quelle: ZEDATU).....	48

Abbildung 44 Zusammenhang zwischen dem Geschwindigkeitswinkel und der Abkommengeschwindigkeit (Quelle: ZEDATU)	49
Abbildung 45 Häufigkeit der Geschwindigkeitswinkel (Quelle: ZEDATU).....	49
Abbildung 46 Zusammenhang zwischen dem Schwimmwinkel und der Abkommengeschwindigkeit (Quelle: ZEDATU)	50
Abbildung 47 Häufigkeit der Schwimmwinkel (Quelle: ZEDATU)	51
Abbildung 48 Rolloveranteil der betrachteten Unfälle (Quelle: ZEDATU).....	52
Abbildung 49 Gurtanlegeverhalten bezogen auf das Lebensalter (Quelle: ZEDATU)	53
Abbildung 50 Fahrzeugverhalten und damit verbundenes Insassenverhalten unterteilt nach der Gurtbenützung (Quelle: ZEDATU).....	54
Abbildung 51 Alkoholisierung des Fahrzeuglenkers unterteilt in das Lebensalter (Quelle: ZEDATU)	55
Abbildung 52 Airbaganteil bei Unterteilung der Fahrzeug in Baujahrgruppen (Quelle: ZEDATU).....	56
Abbildung 53 Anteil der Fahrzeugbaujahre (Quelle: ZEDATU).....	57
Abbildung 54 Anteil der EES (Quelle: ZEDATU)	58
Abbildung 55 Anteil der Delta v- Wert (Quelle: ZEDATU).....	59
Abbildung 56 Anteil der Risikofaktoren unterteilt in die Hauptgruppen (Quelle: ZEDATU).....	60
Abbildung 57 Anteil der Risikoelemente in der Ebene Infrastruktur (Quelle: ZEATU)61	
Abbildung 58 Anteil der Risikoelemente in der Ebene Mensch (Quelle: ZEDATU) ..	62
Abbildung 59 Kausalitätsgründe (Quelle: ZEDATU)	63
Abbildung 60 Maßnahmen zur Unfallvermeidung (primäre Sicherheit) [17]	67
Abbildung 61 Potential zur Unfallvermeidung (sekundäre Sicherheit) [17]	68

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Bogenradien vs. v_{85} Geschwindigkeit.....	7
Tabelle 2 Projektierungsgeschwindigkeit vs. Übergangslänge	8
Tabelle 3 Längsneigung vs. v_{85} Geschwindigkeit	8
Tabelle 4 Mindestkuppenradius.....	8
Tabelle 5 Mindestwannenradius	8
Tabelle 6 Kreisbogenradius vs. Querneigung.....	9
Tabelle 7 Längsneigung vs. Querneigung	9
Tabelle 8 Sichtweite	9
Tabelle 9 Spuren am Unfallort [15].....	21
Tabelle 10 Unfalluntergruppen Alleinunfälle [14], [17]	34
Tabelle 11 Unfallkausalitätseinteilung [17]	59
Tabelle 12 Anteil der Risikoelemente [17]	60

1. Einleitung

Im Jahr 2000 verunglückten 42 000 Menschen in der Europäischen Union im Straßenverkehr. Die hohe Anzahl an Verkehrstoten war Anlass, dass sich die EU zum Ziel gesetzt hat, bis 2010 die Zahl der Verunglückten um die Hälfte zu reduzieren. Die unmittelbaren messbaren Kosten auf Grund von Verkehrsunfällen belaufen sich damit auf jährlich 45 Mrd. € [18]. In Österreich konnte die Anzahl der Verkehrstoten von 956 im Jahr 2002 auf 633 im Jahr 2009 reduziert werden. Das 2002 formulierte Österreichische Verkehrssicherheitsprogramm (VSP, [6]) mit dem Ziel die Verkehrstoten bis 2010 um die Hälfte zu reduzieren wird allerdings nicht erreicht. Aus der nationalen Statistik geht hervor, dass ein wesentlicher Anteil der Verkehrstoten bei Unfällen mit nur einem Beteiligten, den sogenannten Abkommensunfällen, festzustellen ist. Dieser liegt bei etwa einem Drittel und auf Autobahnen und Schnellstraßen (hochrangiges Straßennetz) erhöht sich dieser auf 46%. Entsprechend den Zielen des VSP sollen in einem ersten Schritt tödliche Verkehrsunfälle am hochrangigen Straßennetz in einer Tiefenanalyse detailliert untersucht werden. In dieser Diplomarbeit wird auf Basis von unfalltechnisch rekonstruierten Verkehrsunfällen der ZEDATU versucht Unfallsystematiken und Signifikanzen von Abkommensunfällen aufzuzeigen und an Hand dieser Erkenntnisse werden Vorschläge zur Reduzierung der tödlich Verunglückten abgeleitet.

Durchschnittlich 13,5% der Verkehrstoten werden auf Autobahnen und Schnellstraßen gezählt [14]. Hierbei wiederum sind Abkommensunfälle, insbesondere sind das PKW Unfälle, einen Anteil von fast 50% (siehe Abbildung 2). Wesentliche Aufmerksamkeit in der Analyse von Abkommensunfällen sollte aber auch auf die Infrastruktur gelegt werden. Bei unzureichender Absicherung von Gefahrenobjekten wie beispielsweise fallende Böschungen, Bäume, etc. können sich Fahrzeuge überschlagen oder es kommt bei Kollisionen zu tiefen Intrusionen in die Fahrgastzelle.

Kapitel 2 wird die Unfallstatistik diskutiert und gibt Aufschluss über das österreichische Unfallgeschehen mit dem Schwerpunkt der Alleinunfälle.

In Kapitel 3 werden die allgemein gültigen Richtlinien für den Bau des hochrangigen Straßennetzes zusammengefasst. Ebenso wird die Vorgehensweise bereits bestehender Straßenbewertungssysteme vorgestellt.

Ein Beispiel eines gut bzw. schlecht dokumentierten Unfalles wird in Kapitel 4 gezeigt. Für die gezeigten Beispiele wird die genaue Vorgehensweise zur Unfallrekonstruktion beschrieben. Zum Abschluss des Kapitels wird die wünschenswerte Dokumentation eines Unfalles vorgestellt um bestmögliche Ergebnisse zu erreichen.

In Kapitel 5 werden die Ergebnisse aus der ZEDATU- Datenbank- Auswertung erläutert und im anschließenden Kapitel diskutiert.

Im anschließenden Kapitel 7 werden Maßnahmen zur Unfallvermeidung und Reduzierung der Unfallschwere vorgestellt.

Das letzte Kapitel beinhaltet die Zusammenfassung und den Ausblick.

2. Allgemeine Unfallstatistik

Die Datengrundlage der nachfolgenden Auswertungen bildet die Datensammlung der Statistik Austria [14] mit welcher das österreichische Unfallgeschehen mit tödlichem Ausgang abgebildet werden soll.

Abbildung 1 zeigt die Verteilung der tödlichen Unfälle nach Straßentyp der Unfalljahre 2002 bis 2009. Es handelt sich dabei um alle Unfälle mit tödlichem Ausgang. Es ist der generelle Trend von immer weniger Unfällen zu beobachten. Die Anzahl der tödlich Verunglückten am hochrangigen Straßennetz ging dabei von 149 im Jahr 2002 auf 71 im Jahr 2009 zurück. Im Zuge dieser Diplomarbeit wird ein Maßnahmenkatalog erstellt, der für eine weitere Reduktion der tödlichen Unfälle am hochrangigen Straßennetz sorgen soll. Er soll die Möglichkeit bieten das Gefahrenpotential eines Straßenabschnittes vorab einschätzen zu können und wenn nötig, durch Setzen von Verbesserungsmaßnahmen den Abschnitt zu verbessern.

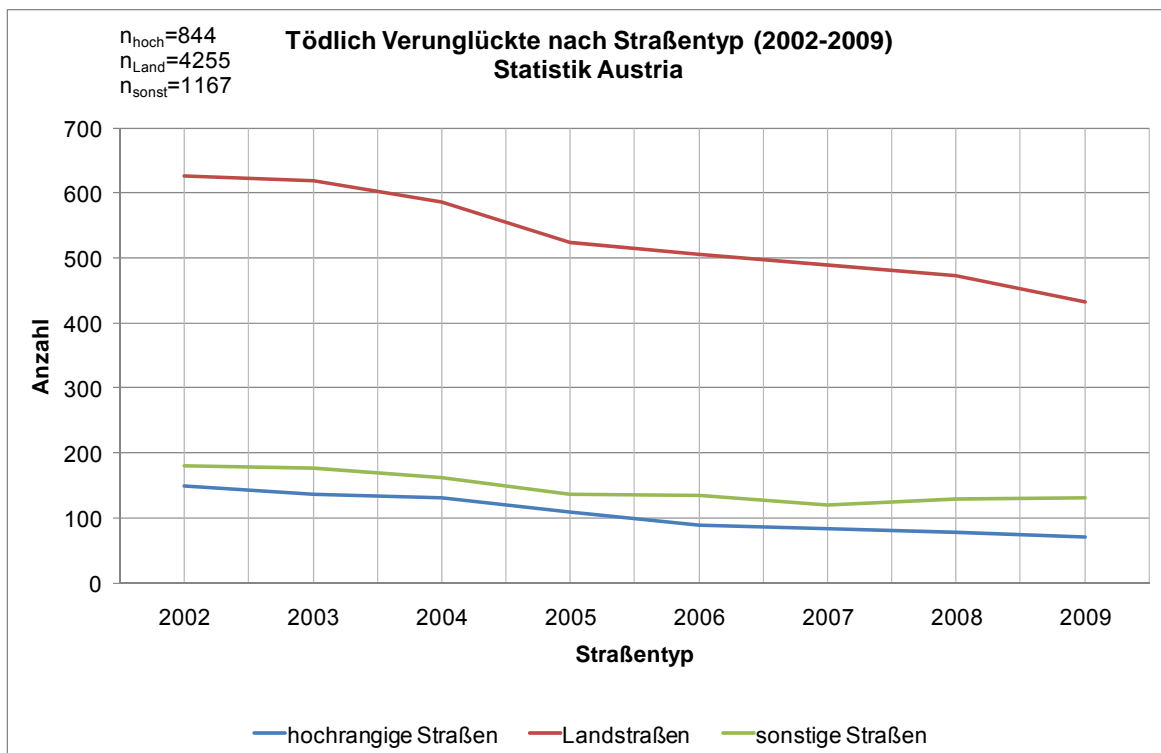


Abbildung 1 Tödlich Verunglückte nach Straßentyp (2002-2009), Statistik Austria [14]

In weiterer Folge wird das Unfallgeschehen am hochrangigen Straßennetz detaillierter betrachtet. Abbildung 2 unterteilt die tödlichen Unfälle in ihre Unfallhauptgruppen und bezieht sich nur auf das hochrangige Straßennetz ohne Einschränkung in eine Fahrzeugklasse. Es ist zu erkennen, dass knapp 50% aller tödlichen Unfälle am hochrangigen Straßennetz nur einen Beteiligten aufweisen.

Der zweite hohe Anteil liegt bei Unfällen mit Richtungsverkehr. Der Anteil mit Begegnungsverkehr ist seit 2002 stark rückläufig. Dies liegt an der fast durchgängigen Verwendung von Fahrbahnteilern der Rückhaltstufe H3 [13].

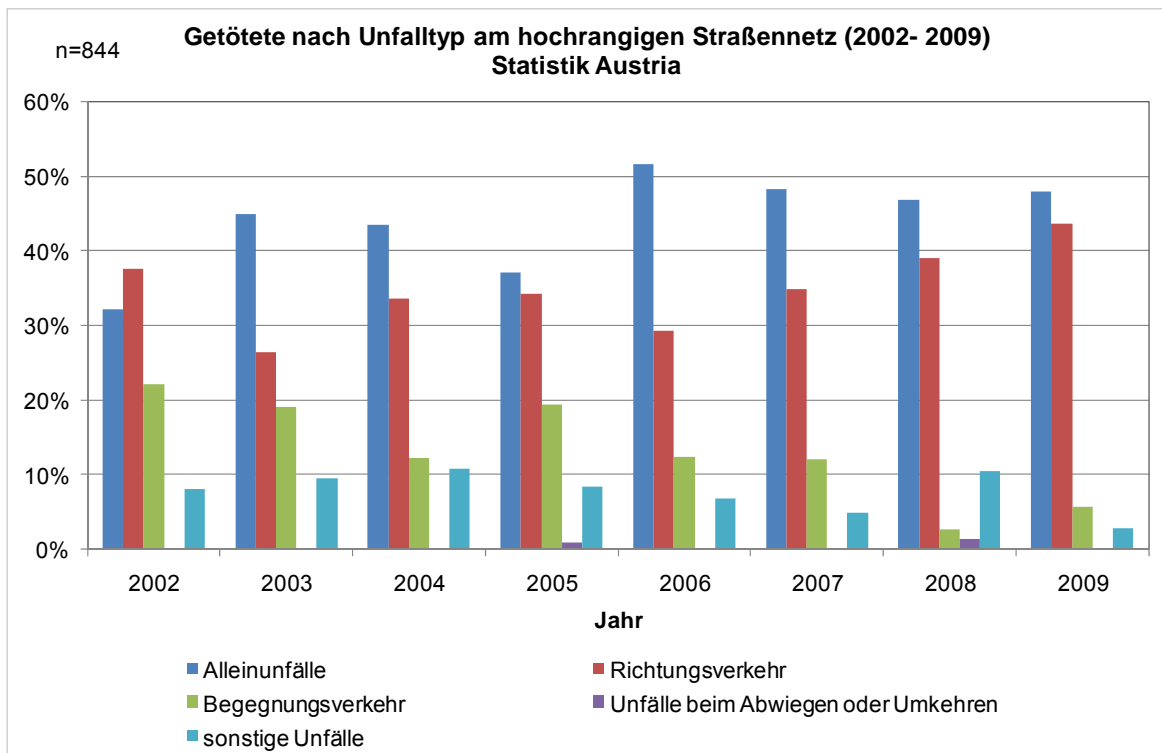


Abbildung 2 Tödliche Verkehrsunfälle nach Unfalltyp am hochrangigen Straßennetz (2002- 2009), Statistik Austria [14]

Um Maßnahmen für den über die Jahre beinahe unverändert hohen Anteil der Alleinunfälle erstellen zu können, ist eine genauere Aufschlüsselung der Alleinunfälle notwendig. In Abbildung 3 sind die Unfalluntergruppen von Alleinunfällen am hochrangigen Straßennetz und ihr jeweiliger Anteil abgebildet. Am häufigsten erfolgt ein Abkommen nach rechts bzw. links auf einer Geraden. Dabei ist der Anteil des Abkommens nach rechts etwa fünfmal so hoch, wie jener nach links. Bei der Rekonstruktion der untersuchten Verkehrsunfälle und Auswertung der ZEDATU, konnte jedoch festgestellt werden, dass die Unfallstelle häufig unrichtig codiert in der nationalen Statistik eingetragen wurde. Vor allem am hochrangigen Straßennetz wird anstelle einer Kurve oft ein gerader Straßenabschnitt als die Unfallstelle angegeben. Grund dafür ist, dass zu oft nur die direkte Unfallstelle betrachtet wird und somit sehr große Radien, wie sie auf Autobahnen und Schnellstraßen vorkommen, oft nicht erkannt werden. In Kapitel 5 wird dieser Unterschied aufgezeigt.

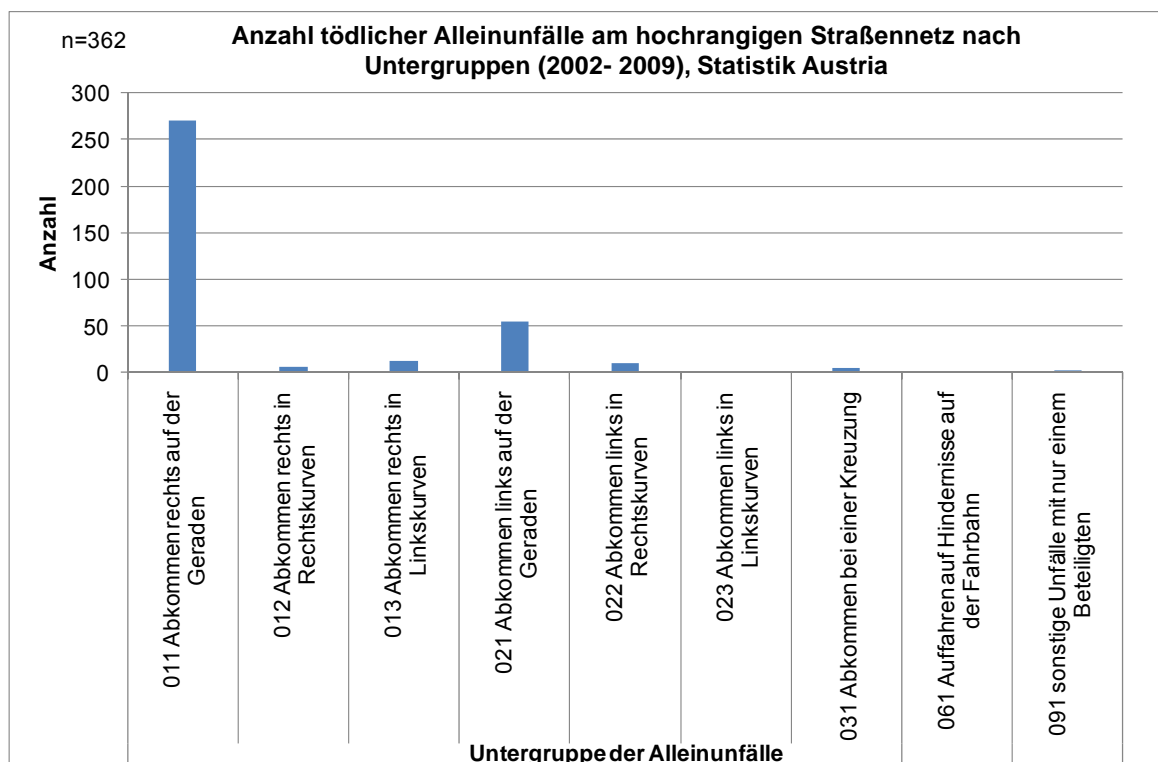


Abbildung 3 Anzahl der Alleinunfälle nach Untergruppen (2002-2009), Statistik Austria [14]

In Abbildung 4 ist der Anteil der tödlichen Alleinunfälle am hochrangigen österreichischen Straßennetz über das Lebensalter dargestellt. Die Risikogruppe (Fahranfänger, übermütige Fahrer) von 20 bis 24 jährigen weist einen sehr hohen Anteil auf. Die Zahl der Unfälle mit Verletzten nimmt danach zumindest ab. Allerdings steigt diese insbesondere bei den tödlich Verletzten weiter an und hat im Lebensalter zwischen 35 und 39 Jahren ein Maximum. Aus den Daten der nationalen Statistik konnte kein spezieller Grund erkannt werden. Eine detaillierte Studie mit Zuordnung von Unfallursachen zu jedem Verkehrsunfall sollte darüber Aufschluss geben können.

Einen wesentlichen Unterschied in der Verteilung konnte bei Betrachtung der männlichen und weiblichen Insassen erkannt werden (siehe Abbildung 5). Das Maximum der Verkehrstoten nach den Altersgruppen wird vorwiegend durch die männliche Bevölkerung erreicht. Anschließend geht dieser Anteil zurück. Weibliche Fahrzeuginsassen verunglücken hingegen am häufigsten in der Altersgruppe der 50-54jährigen. Im höheren Alter verunglücken weibliche Insassen fast dreimal so oft als männliche.

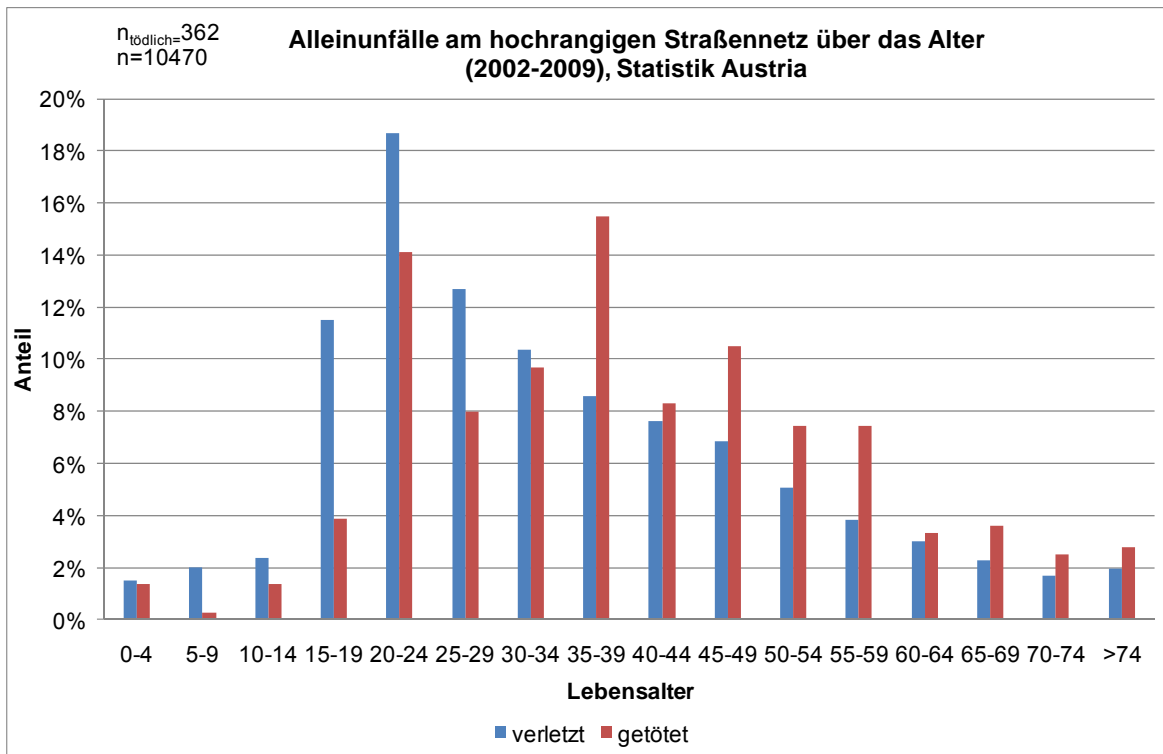


Abbildung 4 Tödliche Alleinunfälle am hochrangigen Straßennetz über das Alter (2002- 2009), Statistik Austria [14]

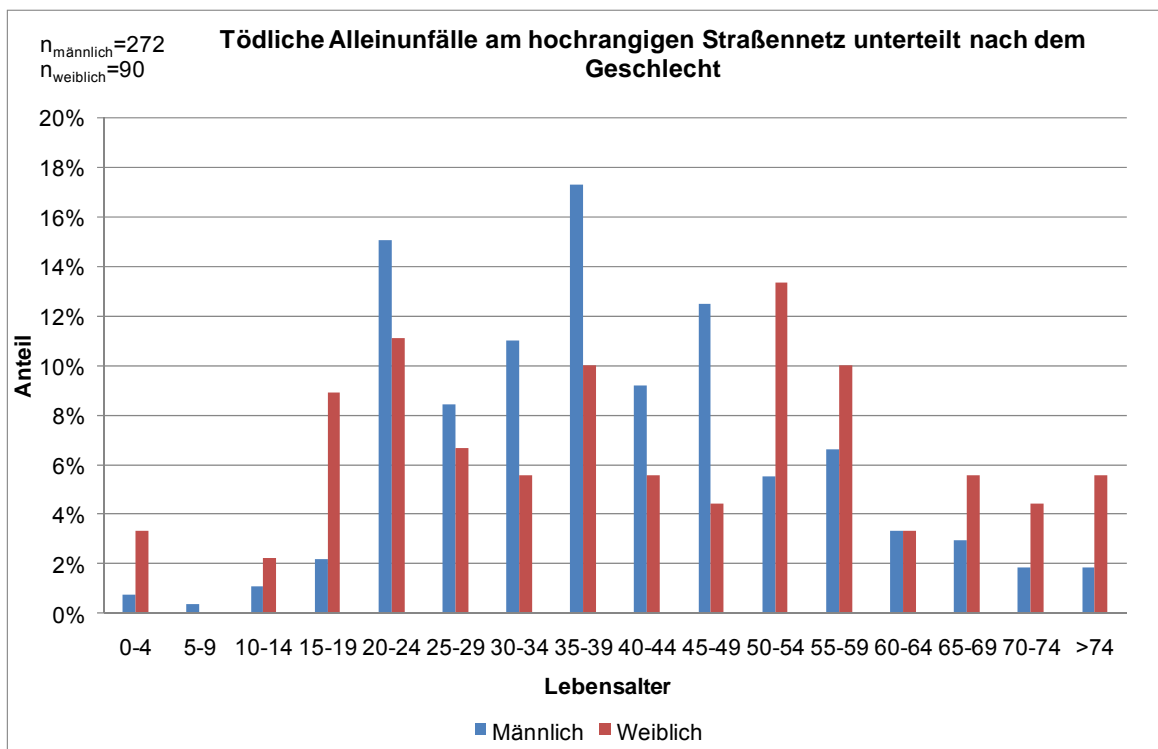


Abbildung 5 Tödliche Alleinunfälle am hochrangigen Straßennetz bei Unterscheidung nach Geschlecht (2002-2009), Statistik Austria [14]

3. Literaturrecherche

Die WHO (World Health Organisation) geht davon aus, dass die Anzahl der Verunglückten von 1,2 Millionen im Jahr 2009 auf weltweit bis zu 2,4 Millionen im Jahr 2030 ansteigen wird [21]. Dies würde bedeuten, dass im Straßenverkehr zu verunglücken, die fünft häufigste Todesursache wäre. Dieser Anstieg hat mit der steigende Mobilität in Ländern mit niedrigem und mittlerem Einkommen zu tun. Die Mehrheit der Verkehrstoten wird aus diesen Ländern kommen, wie bereits jetzt, sind neun von zehn Verunglückten diesen Ländern zuzuordnen.

3.1. RVS- Richtlinie zur Auslegung des hochrangigen Straßennetzes

Die nachfolgenden Angaben wurden der RVS- Richtlinie 03-03-23 [12] entnommen.

Der Straßenentwurf hängt von der geforderten Projektierungsgeschwindigkeit v_p ab. Als Projektierungsgeschwindigkeit wird die zu erwartende Geschwindigkeit herangezogen, die auf dem jeweiligen Straßenabschnitt von 85% (v_{85} -Geschwindigkeit) der PKW- Fahrer nicht überschritten wird.

Für die richtige Auslegung müssen die Kreisbogenradien, Längsneigung und Querneigung aufeinander abgestimmt werden. Dafür ist jeder entsprechenden v_{85} -Geschwindigkeit in der RVS-Richtlinie ein Mindestbogenradius zu entnehmen. Dieser Geschwindigkeit ist auch ein genau definierter Maximalwert der Längsneigung zugeordnet. Für die Bestimmung der Mindestlänge der Klothoide (Übergangsbogen), der Ausrundung im Längenschnitt, der zu verwendeten Querneigung und der Mindestsichtweite ist die festgelegte Projektierungsgeschwindigkeit heranzuziehen. Für Autobahnen und Schnellstraßen sind die Entwurfs-elemente so zu wählen, dass die Projektierungsgeschwindigkeit nicht niedriger als 100 km/h ist. Bei der Linienführung ist darauf zu achten, dass sich die Projektierungsgeschwindigkeit nicht abrupt ändert. In Tabelle 1 sind die zu verwendeten Bogenradien für die einzelnen v_{85} - Geschwindigkeiten zu entnehmen.

Tabelle 1 Bogenradien vs. v_{85} Geschwindigkeit

R (m)	30	50	80	130	200	300	400	500	600	800
v_{85} (km/h)	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130

Die Mindestlänge zwischen den Übergangsbögen berechnet sich dabei wie folgt:

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

Übergangsbögen ermöglichen eine stetige Änderung der Zentrifugalbeschleunigung beim Übergang einer Krümmung in eine andere. Sie dienen als Übergangsstrecken bei Fahrbahnverwindungen und gewährleisten eine zügige Linienführung im Grundriss. Der Übergangsbogen ist als Klothoide (Kurve mit stetig linear zunehmender, gleichsinniger Krümmung von $K=0$ bis $K=\infty$) auszubilden. Die Mindestlänge für eine gewählte Projektierungsgeschwindigkeit ist hierfür Tabelle 2 zu entnehmenden.

Tabelle 2 Projektierungsgeschwindigkeit vs. Übergangslänge

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

Bei der Längsneigung ist darauf zu achten, dass sie nicht zu groß gewählt wird. Es soll auch bei hohem Schwerverkehrsanteil ein homogener Verkehrsfluss zu Stande kommen und zu große Längsneigungen würden bei winterlichen Verhältnissen zu Schwierigkeiten führen.

Die maximal verwendbaren Längsneigungen sind Tabelle 3 für die jeweilige Geschwindigkeit v_{85} zu entnehmen.

Tabelle 3 Längsneigung vs. v_{85} Geschwindigkeit

S (%)	12	11	10	9	8	7	6	5	4,5	4
v_{85} (km/h)	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130

Bei einer Längsneigung von 0% darf die Querneigung an keiner Stelle weniger als 2,5% betragen, da die Entwässerung der Straße in allen Fällen gewährleistet sein muss.

Um einen gleichmäßigen Übergang von fallenden bzw. ansteigenden Straßenstücken in ebene zu gewährleisten, sind die Neigungsbrüche mit Kreisbögen auszurunden. In Tabelle 4 und Tabelle 5 sind die Mindestkuppen- und Mindestwannenradien dafür aufgelistet.

Tabelle 4 Mindestkuppenradius

v_p (km/h)	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
R_{\min} (m)	400	700	1200	2000	3000	4500	6500	9000	12000	15000

Tabelle 5 Mindestwannenradius

v_p (km/h)	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
R_{\min} (m)	400	650	900	1300	1700	2100	2600	3100	3700	4500

Neben der Entwässerung der Straße dienen Querneigungen in Kreisbögen auch zur Aufnahme von Zentrifugalkräften. Die maximale Querneigung auf Autobahnen darf 6% jedoch nicht überschreiten und ist auch vom Kreisbogenradius abhängig. In Tabelle 6 sind die Querneigungen für die jeweiligen Kreisbogenradien ersichtlich.

Tabelle 6 Kreisbogenradius vs. Querneigung

R (m)	≤800	1000	1200	1400	1600	1800	≥2000
q _{max} (%)	6	5	4,5	4	3,5	3	2,5

Für die Abstimmung zwischen der Quer- und Längsneigung siehe Tabelle 7.

Tabelle 7 Längsneigung vs. Querneigung

s(%)	≤4	5	6	≥7
q _{max} (%)	6	6	5	3,5

Abschließend muss eine ausreichend Sichtweite, abhängig von Längsneigung und Geschwindigkeit gegeben sein (Tabelle 8).

Tabelle 8 Sichtweite

v _p (km/h)		100	110	120	130
Längsneigung (%)	-6	121			
	-5	119	140		
	-4	117	138	161	185
	-3	115	136	158	182
	-2	114	134	156	179
	-1	112	132	153	176
	0	110	130	151	174
	1	109	128	149	171
	2	108	126	147	169
	3	106	125	145	166
	4	105	123	143	164
	5	104	122		
6	102				

3.2. EuroRAP

Die nachfolgenden Angaben wurden dem EuroRAP Programm [7] entnommen.

Durch die Einführung der EuroNCAP (European New Car Assessment Programme) Crash-Tests konnte eine deutliche Steigerung der Insassensicherheit erreicht werden. Von den anfänglichen zwei Sterne Fahrzeugen sind mittlerweile vier Sterne Fahrzeuge der Standard. In diesem Programm wird nur die Fahrzeugsicherheit bewertet, jedoch bleibt die Straßeninfrastruktur

unberücksichtigt. Viele Verkehrsunfälle könnten aber bereits im Vorfeld verhindert werden, wenn Straßen entsprechende Standards aufweisen, welche über die Minimalanforderungen hinausgehen. Ebenso wie in der Fahrzeugsicherheit werden die gesetzlichen Vorschriften erfüllt, doch gilt es Verbesserungen über die Vorgaben hinaus zu schaffen. Mit dem EuroRAP (European Road Assessment Programme) wurde eine Organisation gegründet, die sich der Untersuchung des Straßennetzes widmet und zur Reduzierung von Unfällen seitens der Infrastruktur beitragen kann.

EuroRaP ist ein Schwesterprogramm zum EuroNCAP und ebenso eine Non-Profit Gesellschaft, mit dem Ziel Leben zu retten und schwer Verletzte zu reduzieren. Dies soll durch die Bereitstellung von sicheren Straßen mit einheitlichen Standards geschehen. Weitere ähnliche Programme gibt es beispielsweise in Australien (AusRAP), Amerika (UsRAP) um nur einige zu nennen. Die Koordination der Programme in den einzelnen Ländern erfolgt durch das iRAP (international Road Assessment Programm). Diese RAPs (Road Assessment Programmes) sind mittlerweile in mehr als 50 Länder aktiv, welche auf allen Kontinenten verteilt sind. Im Wesentlichen sollen durch das Road Assessment Programm die Anzahl der tödlich Verunglückten und schwer Verletzten auf Straßen durch ein Programm systematischer Tests verringert werden. Ebenfalls sollen gravierende Sicherheitsmängel identifiziert und durch geeignete Maßnahmen verbessert werden. Eine Beurteilung des Risikos liegt vor allem in der strategischen Einschätzung von Straßenverbesserungen, Unfallsicherung und den Standards des Straßenmanagements.

Die Identifikation von Abschnitten mit sehr hohem Risiko dient dem Straßenbauer zur Vermeidung von Gefahrensituationen und dem Straßenhalter zur Entschärfung von Risikostellen. Das EuroRAP konnte bereits ein zehnfach so hohes Risiko tödlich bzw. schwer Verletzt zu werden an unterschiedlichen Straßen des gleichen Landes aufzeigen. Häufig ist bereits eine Verbesserung nur durch das Neuzeichnen der Straßenmarkierungen zu erreichen oder in Situationen wo ein Abkommen von der Fahrbahn und Kollision mit beispielsweise Bäumen, Straßenbeleuchtungen, Hinweisschildern, etc. möglich ist, das Aufstellen von Leitplanken.

Die Beurteilung und Verbesserung der Straßensicherheit erfolgt im EuroRAP durch vier Punkte.

- So genannte **Risk Maps** werden verwendet um Unfalldaten und die Anzahl der Toten und Verletzten im gegenwärtigen Straßennetz zu erfassen.
- Mit dem **Star Rating** steht eine einfache und objektive Möglichkeit zur Verfügung die einzelnen Straßenabschnitte nach ihrer Verkehrssicherheit einzuteilen. Die Einteilung ist dabei jener der NCAP Bewertung ähnlich. Es

werden Sterne zwischen 1 und 5 vergeben wobei 5 Sterne die sichersten Straßenabschnitte darstellen und 1 Stern die schlechtesten.

- **Safer Road Investment Plans** stellen ungefähr 70 verschiedene Möglichkeiten zur Verbesserung des Straßennetzes zur Verfügung. Dadurch kann einfach die bestmögliche Verbesserung gefunden werden.
- Im **Performance Tracking** werden die Ergebnisse der Risk Maps und die Star Ratings der Straßenabschnitte kombiniert, um die Sicherheitsperformance zu verfolgen. Somit kann auf einfache Weise begründet werden, welche Straßenabschnitte eine Verbesserung von Nöten haben.

Das Herangehen an das Star Rating, das anschließende Erstellen von Straßen-Sicherheits- Investitionsplänen und die abschließende Durchführung setzt eine detaillierte Aufzeichnung der Straßenbedingungen voraus. Das Star Rating beinhaltet eine Inspektion der Straßen Infrastrukturelemente. Aus den Daten der Inspektion erfolgt eine Einstufung der unterschiedlichen Infrastrukturelemente in Gefahrenklassen. Die Bewertung zwischen 1 und 5 Sternen hängt vom Level der Sicherheit der Straße ab. Die sichersten Straßen bekommen dabei 5 Sterne. Diese besitzen die nötigen Sicherheitsstandards die für die zulässige Geschwindigkeit benötigt werden. Hingegen haben die schlechtesten Straßen nicht die für die Geschwindigkeit notwendigen Sicherheitseinrichtungen.

Die dafür notwendige Straßeninspektion kann auf 2 Arten erfolgen:

- 1) Bei der so genannten **Drive- Through- Inspection** wird direkt während der Fahrt eine Aufzeichnung über die Straßenverhältnisse vorgenommen. Parallel dazu wird, sofern das RAP- Inspektionsgerät (RAPID) vorhanden ist, auch eine Videoaufzeichnung erstellt und ausgewertet. Zusätzliche Informationen können nach einer Aufzeichnungsfahrt hinzugefügt werden (siehe Abbildung 6).

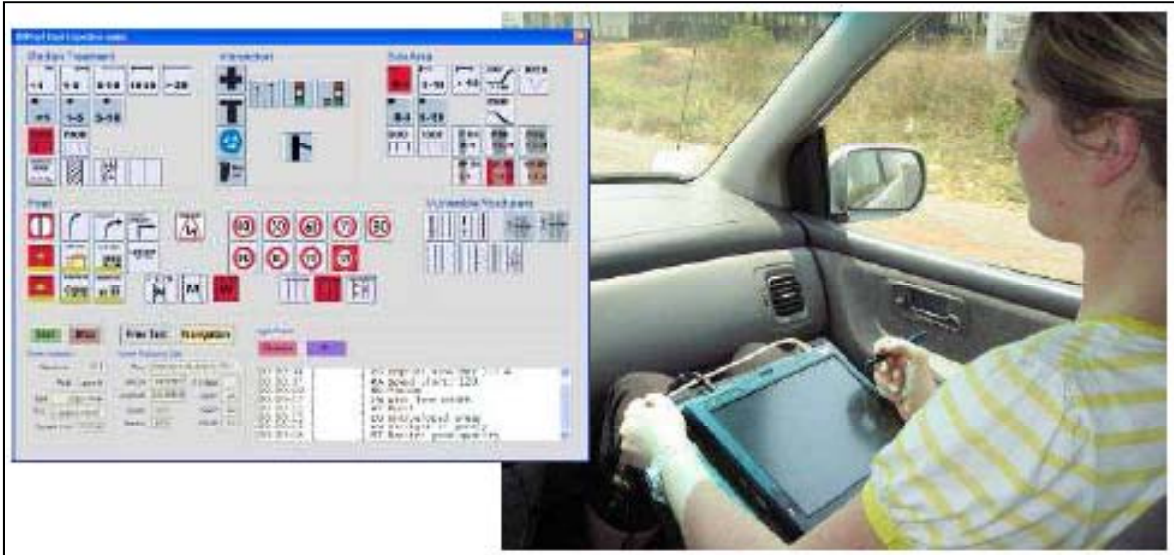


Abbildung 6 RAPID bei der Drive Through Inspektion [7]

- 2) Die andere Möglichkeit besteht darin nur eine Videoaufzeichnung vorzunehmen. Die Aufzeichnungen werden anschließend zur Bewertung herangezogen (siehe Abbildung 7).



Abbildung 7 Fahrzeuge für die Videoaufzeichnung [7]

Die Art der Aufzeichnung hängt vor allem vom zur Verfügung stehenden Material, der Komplexität der Straße und auch vom Fokus der Ergebnisse ab.

Für die Drive- Through- Inspection werden mindestens zwei Personen benötigt. Eine als Fahrer und eine andere übernimmt die Aufzeichnungen. Die Geschwindigkeit während der Aufzeichnung liegt nahe der erlaubten Höchstgeschwindigkeit und wird wenn nur geringfügig unterschritten. Diese

Methode wird meist verwendet wenn das Straßennetz nicht zu komplex ist und auch wenn die Beschaffung des Videofahrzeuges zu aufwendig wäre.

Der Unterschied zwischen der Videobasierten Aufzeichnung und der Drive-Through- Inspection liegt darin, dass die Daten zuerst gesammelt werden und erst anschließend ausgewertet werden. Ein Spezialfahrzeug zeichnet Bilder im Intervall von 5-10 Metern auf. Dafür wird eine große Anzahl von Kameras verwendet die rund um das Fahrzeug angeordnet sind. Die Hauptkamera für die Frontaufzeichnung wird kalibriert und erlaubt spätere Messungen von Schlüsselementen. Weiters besitzt das Fahrzeug GPS, dadurch können die Bilder einer genauen Lage zugeordnet werden. Auch hier wird mit Richtgeschwindigkeit gefahren.

Durch spezielle Software kann zum Beispiel die Straßenbreite, die Pannestreifenbreite oder auch die Distanz zu gefährlichen Elementen, wie Bäume, bestimmt werden.

Aus den gesammelten Daten kann nun eine genaue Einteilung der Zustände der einzelnen Straßenabschnitte erstellt werden.

Das Star Rating basiert auf der Inspektion von Infrastrukturelementen die bekannt dafür sind, dass sie hohen Einfluss auf die Wahrscheinlichkeit eines Unfalles haben. Jedes Infrastrukturelement wird einer Nummer von Kategorien zugeteilt. Die Einteilung dafür übernehmen Gutachter.

Ein Beispiel dafür ist die Straßenbeschilderung bzw. Straßenmarkierung. Diese wird in zwei Kategorien unterteilt.

- 1) Angemessen: Schilder warnen vor gefährlichen Stellen, Straßenmarkierungen sind gut ersichtlich und sind einfach zu interpretieren. Abbildung 8 (linkes Bild) zeigt gute und leicht zu interpretierende Straßenmarkierungen.
- 2) Ein schlechtes Beispiel ist das Fehlen von Schilder die vor gefährlichen Stellen warnen oder Straßenmarkierungen schlecht zu sehen, bzw. gar nicht vorhanden und wenn vorhanden auch nur schwer zu interpretieren sind (Abbildung 8 rechts).



Abbildung 8 Beispiel für eine gute und eine schlechte Straßenmarkierung [7]

Um einen Überblick zu bekommen, auf welche Faktoren bei der Bewertung geachtet wird, zeigt Abbildung 9 eine Vielzahl der Elemente, welche bei der Inspektion der jeweiligen Straßenabschnitte erfasst werden.

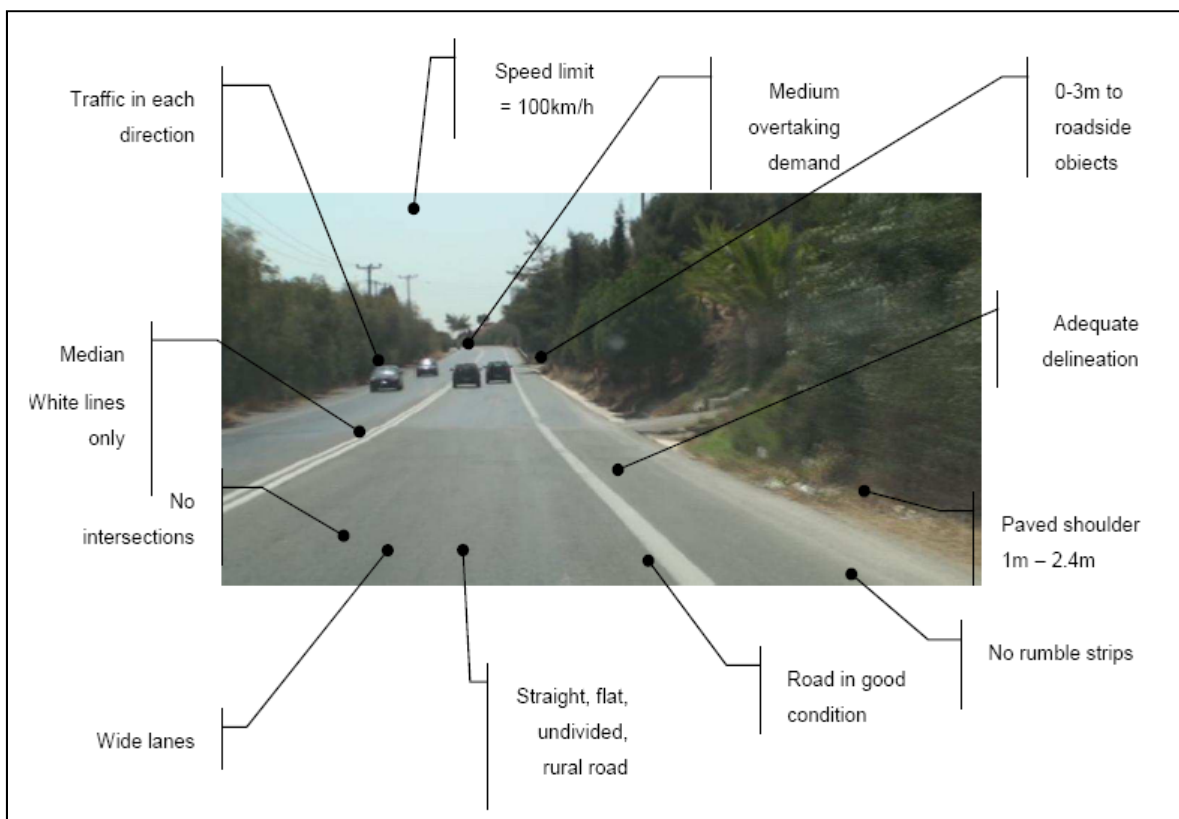


Abbildung 9 Einteilungskriterien der Straßeninfrastruktur [7]

Die aufgezeichneten Daten werden verwendet, um den **Road Protection Score (RPS)** zu berechnen. Dieser wird immer für 100 Meterabschnitte berechnet. Der RPS-Wert gibt an, wie hoch die Wahrscheinlichkeit eines Unfalles ist, und auch

wie hoch die Schwere des Unfalles sein wird. Der RPS ist die Basis zur Erstellung des **Star Ratings**.

Es gibt mehrere Einflüsse die das Risiko auf die Wahrscheinlichkeit eines Unfalles erhöhen. Darunter fällt unter anderem das Fahrerbenahmen (Alkohol am Steuer, Verwendung des Gurtes, etc.), Fahrzeugfaktoren wie die Anzahl der Airbags, Auslegung des Gurtes (Gurtstraffer, Gurtkraftbegrenzer, etc.) und natürlich auch Infrastrukturfaktoren wie die Breite der Fahrbahnen, Mittelleitplanken, Fahrbahnteiler, etc. Die Anzahl der Todesopfer kann verringert werden, wenn man die Wahrscheinlichkeit, dass ein Unfall passiert verringert. Als Beispiel hierfür sei erwähnt, dass die Wahrscheinlichkeit eines Unfalles in einer Kurve, mit vielleicht sogar schlechten Markierungen, viel höher ist, als auf einer geraden Straße. Somit kann zum Beispiel durch Begradigen von Kurven und Verbesserung der Bodenmarkierung die Anzahl der Unfälle minimiert werden.

Ebenso kann man durch Bereitstellen von Sicherheitselementen (Leitplanken, Rodung von Bäumen, etc.) die Höhe der Belastung reduzieren. Dies kann bedeutet, dass die Anzahl der Unfälle unverändert bleibt, jedoch die Schwere des Unfalles reduziert wird.

Beispiele zur Reduktion von Verletzungsschwere und Anzahl an Unfällen

Weitere Beispiele für eine gute und eine schlechte Ausführung der Straßeninfrastruktur sind nachfolgend abgebildet.

In Abbildung 10 (linkes Bild) bietet die Leitplanke Schutz vor der Straßenbeschilderung und auch vor der abfallenden Böschung. Die Sicherheitsbarriere nimmt außerdem kinetische Energie im Falle eines Unfalles auf.

Hingegen ist eine Absicherung der Straße im rechten Bild nicht vorhanden. Weder die abfallende noch die ansteigende Böschung ist gesichert.



Abbildung 10 Beispiel für eine gute und eine schlechte Absicherung der Straße gegenüber der Umgebung [7]

Für den Schutz von Motorradfahrern stehen mehrere Möglichkeiten zur Verfügung. In Abbildung 11 (linkes Bild) wurde der Fahrstreifen für Motorradfahrer von jenen der mehrspurigen Fahrzeuge getrennt. Vor allem im asiatischen Raum ist die Nutzung von Zweirädern weit verbreitet. Die Vermutung liegt nahe, dass dadurch vor allem in städtischen Gebieten, durch die Trennung von einspurigen und mehrspurigen Fahrzeugen, das Risiko Zweiradfahrer zu übersehen erheblich verringert werden kann.

In kurvenreichen, ländlichen Straßen welche bekannt sind gerne von Motorradfahrern befahren zu werden, verhindert die Verwendung von motorradoptimierten Leitschienen die Gefahr, dass diese im Falle eines Sturzes von Zweiradfahrern unterfahren werden können (siehe Abbildung 11 rechts).



Abbildung 11 Beispiele zur Verbesserung der Sicherheit von Zweiradfahrern [10]

Die Arbeitsgemeinschaft Sicherheit hat in Zusammenarbeit mit mehreren Firmen, dem Institut für Fahrzeugsicherheit an der technischen Universität Graz und der

Abteilung für Verkehrstechnik vom Land Oberösterreich innovative Rückhaltesysteme speziell für die Bedürfnisse von Motorradfahrern entwickelt. Das Rückhaltesystem besteht dabei aus einem Anpralldämpfer und einem gummibeschichteten Metallband welches vor der Leitschiene angebracht werden kann. Dadurch wird eine direkte Berührung mit der Leitschiene des gestürzten Motorradfahrers verhindert. In Abbildung 12 ist die Anbringung an bestehenden Leitschienen zu sehen [5].



Abbildung 12 Innovativer Leitschienenschutz in Österreich [5]

3.2.1. Überblick über die derzeitige Lage

Laut EuroRAP verfügt zurzeit weniger als ein Drittel aller europäischen Straßen die bestmöglichen Sicherheitsstandards. Bis jetzt wurden in 15 Ländern Tiefenanalysen durchgeführt. Die besten Ergebnisse erreichte Schweden, die Niederlande, Großbritannien und die Schweiz. Das beste Ergebnis am hochrangigen Straßennetz erreichte jedoch Slowenien mit seinem neu ausgebauten hochrangigen Straßennetz. [9]

Am Beispiel Großbritannien wird gezeigt wie das EuroRAP- Programm arbeitet [8]. Zum jetzigen Zeitpunkt (2010) sind ca. 10% aller hochrangigen- und Bundesstraßen in Großbritannien mit hohem Risiko beziffert. Knapp 25% wurde mit mittleren und 20% mit dem geringsten Risiko bewertet. Der Rest von knapp 45% erfüllt den zweithöchsten Sicherheitsstandard. Die Darstellung einer Risk Map zeigt Abbildung 13.



Abbildung 13 Beispiel Risk Rating in Großbritannien [8]

Die nachfolgende Abbildung 14 zeigt die zehn am besten verbesserten Straßen in Großbritannien. Zwischen den Bewertungen liegen drei Jahre. Zur Verbesserung trugen dabei unter anderem das Neuzeichnen von Straßenmarkierungen, das Aufstellen von Straßenteilern, Ausbesserungen von Straßenschäden, Aufstellen von Radarkästen zur Geschwindigkeitsüberwachung und vieles mehr bei. Daraus erkennt man das Verbesserungen nicht immer mit hohen Kosten verbunden sind.

Um gezielte Verbesserungen umzusetzen, ist es wichtig die entsprechenden Gefahrenstellen zu erkennen.

Road No.	From – To Description	Region/ country	Length (km)	Road type ¹	No. F&S collisions 2003-05	EuroRAP Risk Rating ² 2003-05	No. F&S collisions 2006-08	EuroRAP Risk Rating ² 2006-08
A40	Llandovery – Carmarthen	Wales	43	Single	27	91.60	7	22.35
A52	Nottingham ring road – Bingham	EM	13	Mixed	23	46.12	6	12.03
A67	A19 (Crathome) – A66 (Darlington)	NE	16	Single*	22	148.07	7	48.53
A6075	A1 (Tuxford) – A616 (New Ollerton)	EM	10	Single*	18	254.67	6	79.14
A260	A2033 (Folkestone) – A2 (Aylesham)	SE	18	Single*	18	104.06	6	33.74
A1214	A12 (Ipswich) – A14 (Ipswich)	E	14	Single*	23	82.92	8	26.17
A1079	A614 (Market Weighton) – A1174 (Kingston upon Hull)	Y&H	28	Mixed	36	81.23	13	30.88
A4142	Oxford ring road (A40 – A34)	SE	8	Dual	24	72.77	9	27.99
A632	Chesterfield – A60 (Cuckney)	EM	20	Single*	24	120.26	9	45.11
A612	A6011 (Nottingham) – A617 (Newark on Trent)	EM	27	Single*	40	128.59	15	50.15

Abbildung 14 Am besten verbesserte Straßen in Großbritannien [8]

4. Daten für die Unfallrekonstruktion

Grund einer Unfallaufnahme ist die Schaffung der Grundlage zur Klärung der Schuldfrage. Ist die Sachlage für die Staatsanwaltschaft, Richter oder Versicherungsunternehmen nicht eindeutig, werden Sachverständige zur Rekonstruktion des Unfallgeschehens herangezogen. Alleinunfälle sind im Allgemeinen immer schlechter dokumentiert als Unfälle mit mehreren Beteiligten. Die Schuldfrage wird bei Einzelunfällen im Normalfall nicht geklärt, da nach österreichischem Strafrecht eine Selbstverletzung nicht strafbar ist und eine weitere Erhebung der Unfalldaten eingestellt wird.

Eine detaillierte Beschreibung der Unfallstelle und der Beteiligten Fahrzeuge ist für eine spätere Unfallrekonstruktion äußerst wichtig. Je besser der Unfall dokumentiert wurde, desto leichter gestaltet sich die Unfallrekonstruktion und in weiterer Folge auch die Feststellung der Schuldfrage. In diesem Kapitel werden Beispiele eines schlecht und eines gut dokumentierten Verkehrsunfalles mit tödlichem Ausgang ausgearbeitet. Die Vorgehensweise für die Aufnahme an der Unfallstelle und die im optimalen Fall zur Verfügung stehenden Daten werden am Anfang des Kapitels erläutert. Die Informationen dafür wurden dem Handbuch Verkehrsunfallrekonstruktion, Kapitel A2 [11] entnommen.

4.1. Mögliche Daten für die Unfallrekonstruktion

Für eine optimale Unfallrekonstruktion müssen unterschiedliche Daten vorhanden sein. Neben allgemeinen Unfalldaten, wie der Unfallzeit, Unfallort, beteiligten Personen, Lichtverhältnissen, Straßenzustand, etc. sind vor allem Spuren am Unfallort, an Personen oder im Fahrzeug von großer Bedeutung. Die folgende Übersicht in Tabelle 9 soll einen groben Überblick über die verschiedenen Spurenarten geben.

Tabelle 9 Spuren am Unfallort [15]

Spuren auf und neben der Fahrbahn	Spuren am Fahrzeug	Spuren an Personen	Spuren an sonstigen Gegenständen im Verkehrsraum
Reifenspuren	Beschädigungsspuren	Verletzungen	Beschädigungsspuren
Kratzspuren	Wischspuren	Abdruckspuren	Wischspuren
Schlagspuren	Abdruckspuren	Antragspuren	Abdruckspuren
Materialspuren	Antragspuren	Materialspuren	Antragspuren
Schleifspuren	Materialspuren	Biologische Spuren	Biologische Spuren
Biologische Spuren	Biologische Spuren		Kratzspuren
Situationsspuren	Materialauftrag		

4.2. Reihenfolge der Unfalldatenerhebung

Neben der Sicherstellung der Spuren am Unfallort ist die Reihenfolge in welcher die Aufnahme erfolgt von äußerster Wichtigkeit. Die meisten Unfallsuren unterliegen zeitlichen Veränderungen. Die Unfalldatenerhebung sollte deshalb möglichst zeitnahe und in der bestimmten Reihenfolge erfolgen. Folgende Reihenfolge sollte dabei angewendet werden:

- 1) Sicherung der Unfallstelle
- 2) Maßnahmen zur Erstversorgung und zum Abtransport der Verletzten
- 3) Feststellen von Zeugen und Beteiligten
- 4) Verkehrslenkung wenn erforderlich
- 5) Sicherung von schnell veränderlichen Spuren
- 6) Vernehmung von Zeugen
- 7) Sicherung weitere Spuren und Dokumentation aller Spuren

Da an der Unfallstelle meist mehrere Personen (Polizei, Feuerwehr, Rettung) anwesend sind, können durch Arbeitsteilung mehrere der oben genannten Punkte gleichzeitig abgearbeitet werden. Unter schnell veränderlichen Spuren sind Fahrzeugendlagen, Endlagen der Personen, Splitterspuren, Schleifspuren,

Biologische Spuren, Schmutz und dergleichen zu verstehen. Die Begutachtung von Bremsspuren wie auch die Dokumentation der Fahrzeugbeschädigung kann auch später erfolgen. Bei den Bremsspuren handelt sich dabei um die im klassischen Sinn verstandenen Bremsspuren wie sie bei Fahrzeugen ohne ABS vorkommen. Fahrzeuge mit ABS hinterlassen im Normalfall wenige bis keine Spuren. Zum Teil sind Regelspuren des ABS- Systems zur kennen. Das Überbremsen von Fahrbahnmarkierungen kann auch Spuren hinterlassen. Diese sind jedoch schnell vergänglich und müssen daher sobald als möglich dokumentiert werden.

4.3. Vorgehensweise bei der Dokumentation von Unfalldaten

In der Praxis hat sich folgenden Reihenfolge zur Unfalldokumentation ergeben. Gestartet wird mit Fotografieren des noch unveränderten Schauplatzes ohne Markierung der Spuren. Dies soll eine zufällig Veränderung bzw. Verdeckung von Spuren durch Kreide verhindern. Erst nach dieser Fotoaufnahme werden die Spuren abgekreidet. Beim anschließenden Fotografieren soll auf die notwendigen Informationen einer anschließenden Fotogrammetrie geachtet werden.

Die nachfolgende Abbildung 15 zeigt die Reihenfolge, beginnend bei der Übersichtsaufnahme, der Endlage der Fahrzeuge, der Beschädigung dieser und abschließend der Ablichtung der Unfallspuren.



Abbildung 15 Unfallaufnahme [11]

Im Falle von ansteigenden bzw. abfallenden Fahrbahnen muss darauf geachtet werden, dass das Gefälle auf dem Bild erkannt wird. Das linke Bild in Abbildung 16 zeigt die Aufnahme einer ansteigenden Fahrbahn. Das rechte hingegen einen abfallenden Straßenabschnitt.



Abbildung 16 Ansteigende und abfallende Fahrbahn [11]

Nach Sicherstellung der Unfallspuren werden diese vermessen. Die Vermessung ersetzt die Fotografie jedoch nicht. Weiters soll bedacht werden, dass manche Spuren, zum Beispiel bei nasser Fahrbahn, erst nach aufrocknen der Straße ersichtlichs werden. Ähnliches gilt bei Dunkelheit. Hier ist eine Begutachtung der

Unfallstelle bei Tageslicht unerlässlich. Teilweise kann jedoch der Einsatz von Blitzlicht eine Verbesserung der Spurenerkennung mit sich bringen. Da bei der Unfallaufnahme durch die Polizei zum Teil Ungenauigkeiten auftreten, ist für die Unfallrekonstruktion folgendes zu beachten:

- Man sollte eine Ortsbesichtigung durchführen und gegebenenfalls fehlende Informationen ergänzen, wie beispielsweise Verkehrsregelung, Fahrspurmarkierungen, Beleuchtungseinrichtungen der naheliegenden Umgebung, usw. Ein häufiger Fehler bzw. Mangel in Unfallskizzen sind fehlende Festpunkte, fehlende Maße zur Festlegung eines Objektes und fehlende Maßstabsangaben.
- Es sollte außerdem geprüft werden ob auf der Unfallskizze die Endlage vermutet wurde oder durch Vermessung eingetragen wurde.
- Im Optimalfall wurde eine Fotogrammetrie der Unfallstelle angefertigt. In dieser sind alle vorhandenen Spuren maßstabsgetreu vermessen. Somit können die Einlauf- und Auslaufstellen der Fahrzeuge sehr exakt in der Rekonstruktion nachgebildet werden (siehe Abbildung 17).

Wie aus Abbildung 17 zu erkennen ist, sind alle relevanten Spuren eingezeichnet. Den Bezugspunkt stellt der Straßenkilometer 5,2 km dar. Außerdem ist die Endlage des Fahrzeuges und des Fußgängers festgehalten, die Länge der Bremsspuren und es kann durch die Angabe des Maßstabes eine Vermessung der restlichen Spuren vorgenommen werden. Aus Gründen des Datenschutzes wurden alle Angaben zu beteiligten Personen, Unfallortsangabe und die zuständige Dienststelle der Polizei unkenntlich gemacht.

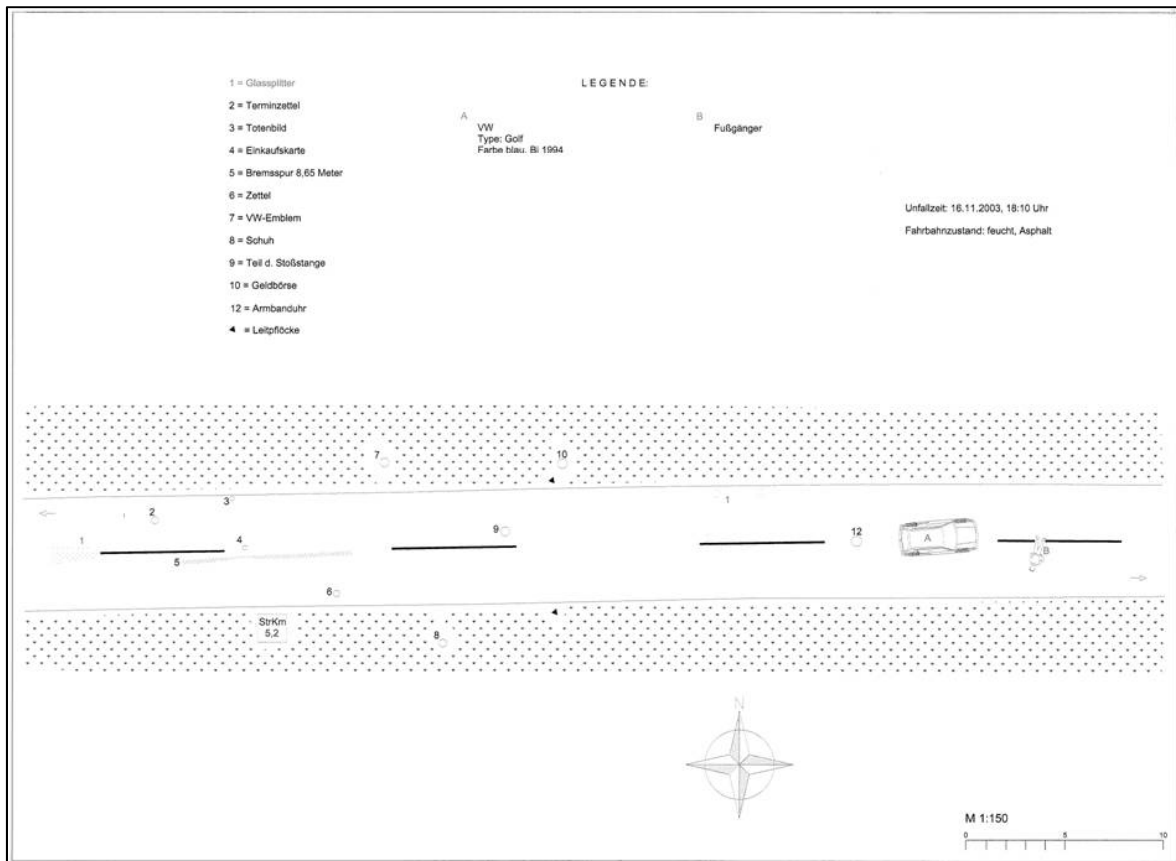


Abbildung 17 Beispiel Fotogrammetrie

4.4. Beispielfälle

4.4.1. Beispiel eines gut dokumentierten Alleinunfalles

Vorhandene Dokumente:

- 1) Verkehrsunfallanzeige mit genauen Angaben über das Fahrzeug, den Unfallort, Straßenverhältnissen, Witterungs- und Lichtverhältnissen, beteiligten Personen
- 2) Lichtbilder in Farbe
- 3) Verletzungsanzeige
- 4) Zeugenaussage

Sachverhaltsdarstellung

Ein PKW streifte aus nicht bekannten Gründen in einer lang gezogenen Rechtskure links die Mittenbetonleitwand. Durch den leichten Anprall wurde das Fahrzeug von der Mittenbetonleitwand abgewiesen und schleuderte in weiterer Folge rechts über die beiden Fahrstreifen, den Pannestreifen, einen schmalen Grünstreifen; prallte dort gegen eine betonierte Regenrinne und schleuderte danach weiter über den Beschleunigungsstreifen einer Tankstellenausfahrt. In weiterer Folge riss das Fahrzeug ein Verkehrsschild um und durchbrach einen Wildschutzzzaun. An der angrenzenden abfallenden Böschung überschlug sich das Fahrzeug mehrmals. Der Lenker, welcher nicht angegurtet war, wurde aus dem Fahrzeug geschleudert und blieb ca. 45 Meter von der Fahrbahn entfernt liegen. Das Fahrzeug kam ca. 50 Meter weiter auf den Ränder stehend zum Stillstand. Der Lenker erlitt ein Polytrauma und verstarb noch an der Unfallstelle.

Vorgehensweise der Unfallrekonstruktion

Abbildung 18 zeigt eine Übersichtsaufnahme in und gegen die Fahrtrichtung. Wie der Name bereits sagt, helfen Übersichtsaufnahmen einen groben Überblick über die Unfallstelle zu erhalten. Nach Anfertigen der Übersichtsaufnahmen wird sukzessive ins Detail gegangen (siehe Abbildung 19).



Abbildung 18 Übersichtsaufnahme der Unfallstelle

In den beiden folgenden Bildern in Abbildung 19 kann man eindeutig die Schleuderspuren des Fahrzeuges sehen. Der rote Pfeil im rechten oberen Bild zeigt die Anstoßstelle gegen die betonierte Wasserrinne. Im linken unteren Bild wurde das umgefahrene Verkehrsschild bereits wieder aufgestellt. Der Pfeil im rechten unteren Bild zeigt den Beginn der abfallenden Böschung.



Abbildung 19 Abkommensspuren

Neben der Endlage des Fahrzeuges ist auch der Höhenunterschied zur Straße in Abbildung 20 zu erkennen. Diese beiden Informationen sind für die Rekonstruktion von äußerster Wichtigkeit. Nur wenn die Umgebung original getreu wiedergegeben wird, kann ein zufriedenstellendes Rekonstruktionsergebnis erreicht werden.



Abbildung 20 Fahrzeugendlage, Höhenunterschied zur Straße

Weitere wesentliche Informationen sind die Beschädigungen der Unfallfahrzeuge. Die Lage der Beschädigungen gibt Aufschluss über die Anstoßstellen

(siehe Abbildung 21). Aus dem Deformationsgrad kann als Maß für die Energieaufnahme das sogenannte EES (Energy Equivalent Speed) abgeleitet werden. Die EES ist jener Wert, welcher bei einer Kollision des Fahrzeuges gegen eine starre Wand als bleibende Deformation zurückbleibt. Bei Unfällen mit Überschlägen ist eine Aussage zum EES über die Deformationen und ein Rückschluss auf die Ausgangs- bzw. Kollisionsgeschwindigkeit nur schwer möglich.

Aus dem rechten Bild in Abbildung 21 kann grob auf das Gefälle der Böschung geschlossen werden.



Abbildung 21 Fahrzeugbeschädigung, Gefälle der Böschung

Um zusätzliche Informationen zu den Unfallbildern der Exekutive in Bezug zur Unfallstelle zu erhalten, wurde aus www.geoland.at eine maßstabsgetreue Karte der Unfallstelle verwendet. Diese gibt einerseits einen weitläufigen Überblick über die zuvor befahrene Strecke und andererseits können weitere Daten der Straße (z.B. Kurvenradius, etc.) und ihrer Umgebung erhoben werden (siehe Abbildung 22).

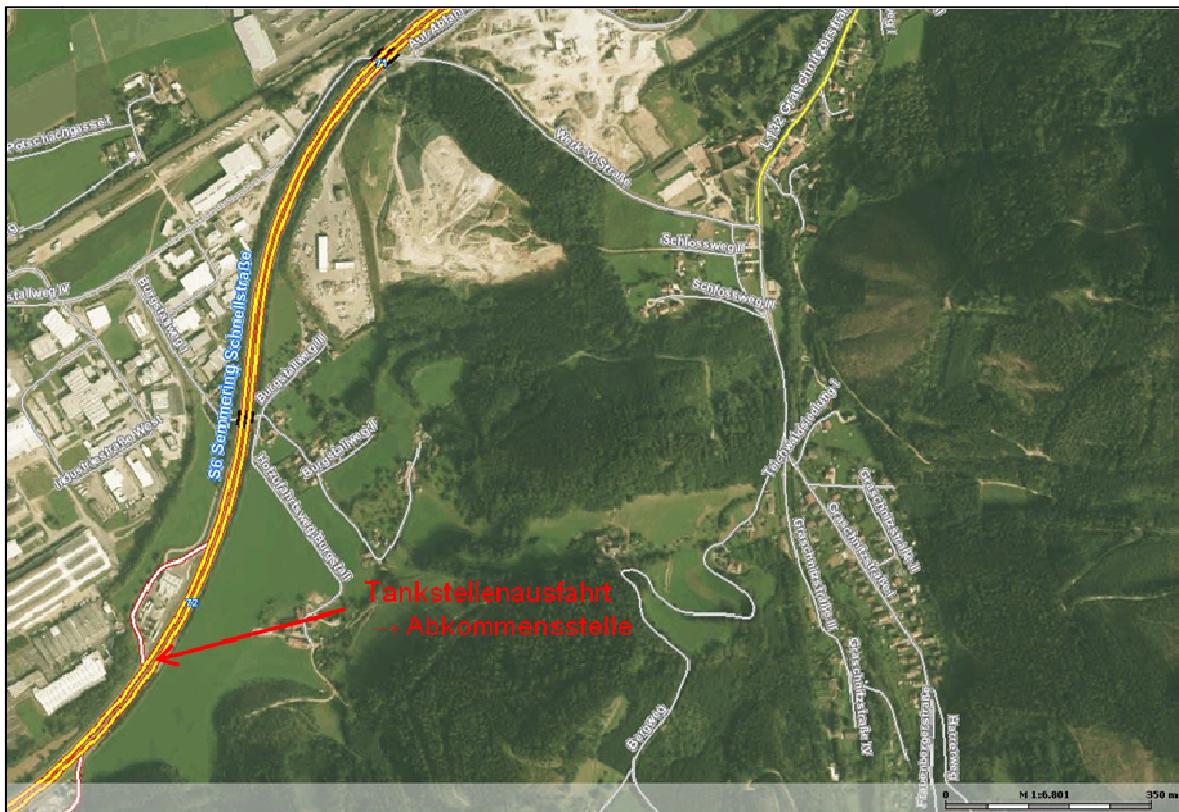


Abbildung 22 Übersicht aus www.geoland.at, Überschlagsunfall

Nach Auskunft der Zeugen überholte der PKW mit überhöhter Geschwindigkeit. Aus einer Unfallrekonstruktion ergab sich eine Anstoßgeschwindigkeit an die Betonleitwand von ca. 140 km/h. Vermutlich durch Gegenlenken geriet der PKW ins Schleudern. Die Geschwindigkeit beim Abkommen rechts von der Fahrbahn betrug etwa 103 km/h. In weiter Folge verhakten die Räder im Untergrund und verursachten somit den Überschlag. Durch das Fehlen von Spuren vor der Kollision und auf Grund des geringen Abkommenswinkels zur Mittentrennung wird unzureichende Aufmerksamkeit und möglicherweise Übermüdung als Unfallursache in Betracht gezogen.

Die nachfolgenden Abbildungen zeigen den Verlauf von der Erstkontaktstelle an der Betonleitwand bis zum Abkommen rechts mit nachfolgendem Überschlag.

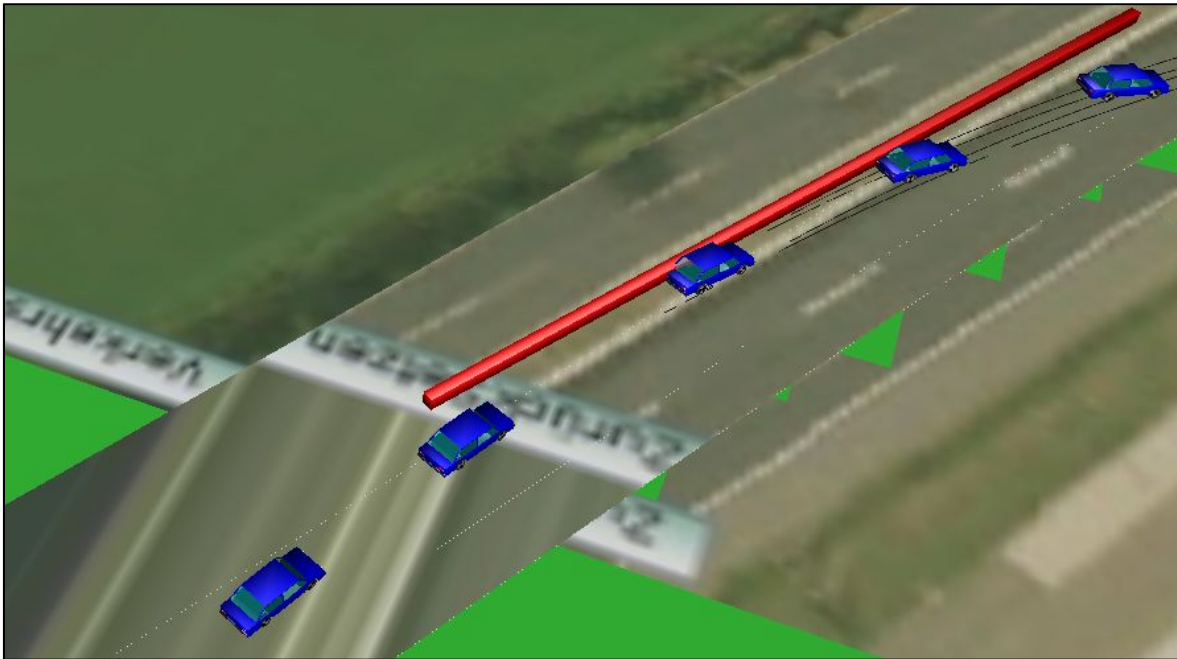


Abbildung 23 Rekonstruktion PC- Crash, Abkommen links mit Kollision an Betonleitwand

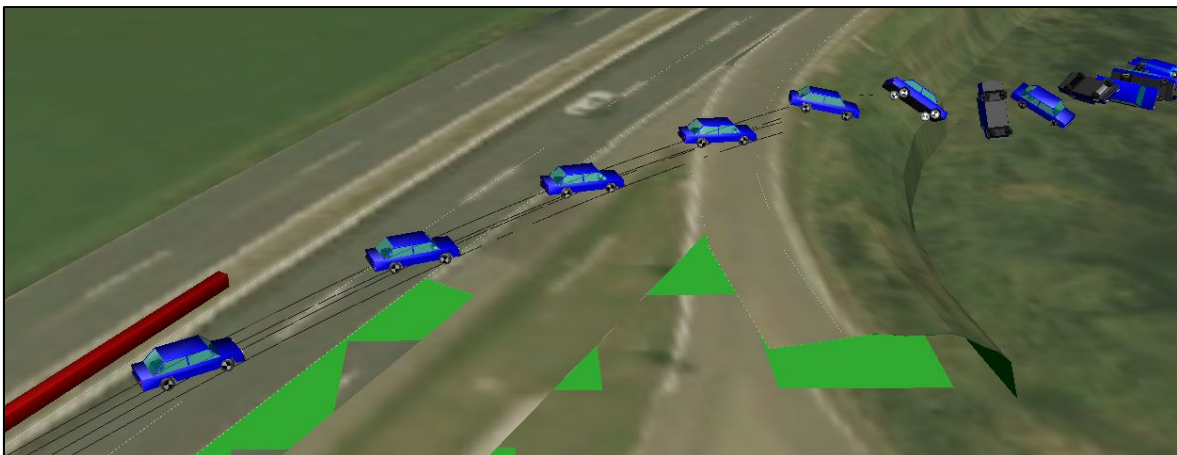


Abbildung 24 Rekonstruktion PC- Crash, Abkommen rechts mit anschließendem Überschlag

4.4.2. Beispiel eines wenig detailliert dokumentierten Alleinunfalles

Vorhandene Dokumente:

- 1) Verkehrsunfallanzeige ohne genauere Angaben über das Fahrzeug, keine Angaben über die Straßen- und Witterungsverhältnisse, Angaben über den Unfallort und die beteiligten Personen sind vorhanden
- 2) Lichtbilder in Schwarz- Weiß, ohne Übersichtsaufnahme
- 3) Verletzungsanzeige

Sachverhaltsdarstellung

Der PKW prallte ungebremst gegen einen vor einem Tunnelportal aufgestellten Anpralldämpfer am Beginn einer Linkskurve. Der Lenker musste mit Hilfe der Bergeschere aus dem Unfallwrack geschnitten werden. Einen Tag später erlag der Lenker seinen schweren inneren Verletzungen im Krankenhaus.

Vorgehensweise für die Unfallrekonstruktion

Die angefertigten Lichtbilder zeigen keine Übersichtsaufnahme. Mit Hilfe von www.geoland.at wurde eine Übersichtskarte gefunden. Dadurch wurde die leichte Linkskurve erkannt. Somit konnte das ungebremste Abkommen rechts erklärt werden (siehe Abbildung 25).



Abbildung 25 Übersicht aus www.geoland.at, Tunnelportal

Die Angabe, dass sich der Unfall in einer Linkskurve ereignete, ist in diesem Beispiel nicht in der Verkehrsunfallanzeige vermerkt. Besonders bei Einzelunfällen ist die Straßenführung ein wesentlicher Parameter der Infrastruktur. Von der Unfallstelle selbst liegen keine Lichtbilder vor. Es wurden lediglich Aufnahmen des Fahrzeuges angefertigt und liegen nur in schwarz/weiß zur weiteren Analyse vor. Auf den Bildern ist die für die Rekonstruktion äußerst wichtige Deformation des Fahrzeuges nicht genau zu erkennen. Im Falle von Frontalkollisionen könnte man aus dem Schadensbild sehr gut auf die EES und somit auch auf die Kollisionsgeschwindigkeit schließen.

Es liegen außerdem keine Informationen vor, wann die Bilder angefertigt wurden (vor oder nach dem Einsatz der Bergeschere). Somit fällt es noch schwerer, aus den wenig detaillierten Bildern, gute Informationen herauszufiltern.

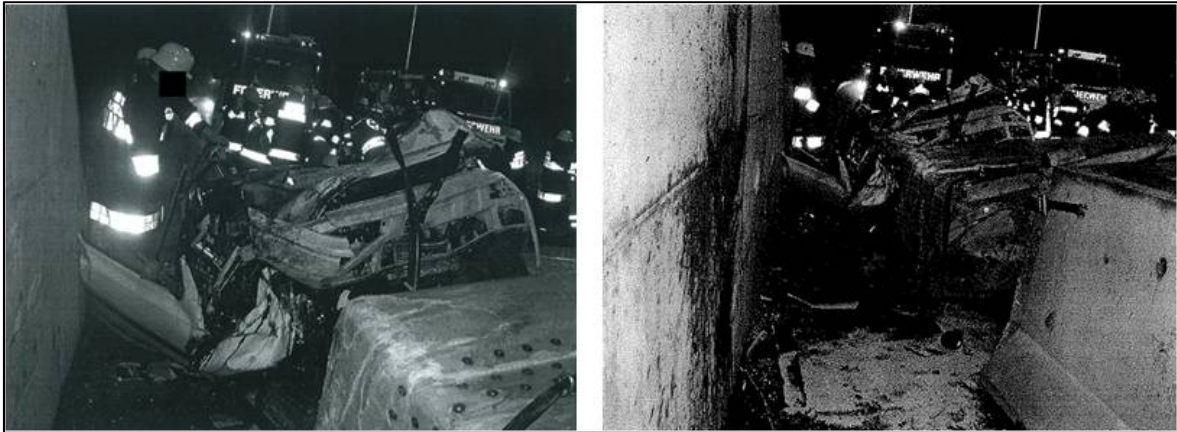


Abbildung 26 Kollisionsstelle gegen den Anpralldämpfer

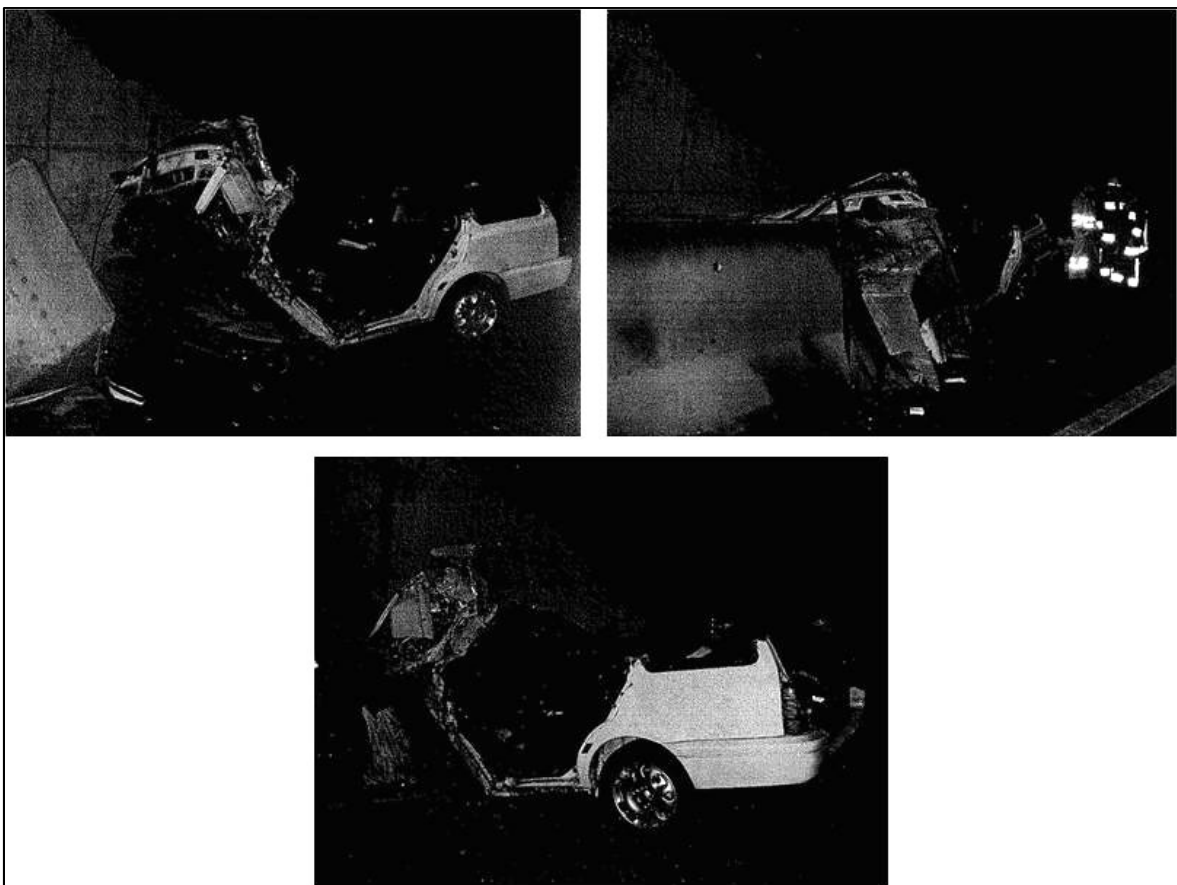


Abbildung 27 Schlechte Detailaufnahmen des PKWs

Für die nachfolgende Unfallrekonstruktion wurde die höchstzulässige Geschwindigkeit von 130 km/h als Anfangsgeschwindigkeit herangezogen. Da sich der Unfall um Mitternacht ereignete, auch keine Bremsspuren ersichtlich waren und ein geringer Abkommenswinkel vorlag, ist die Vermutung eines Sekundenschlafes naheliegend. Zur Ermittlung der Kollisionsgeschwindigkeit wurde daher, ab der vermutenden Einschlafstelle, eine mittlere

Fahrzeugverzögerung von 2 m/s^2 zu Grunde gelegt. Dies entspricht in etwa der Motorbremswirkung. Man geht davon aus, dass im Falle eines Sekundenschlafes der Druck auf Gaspedal nach lässt und deshalb die Fahrzeuggeschwindigkeit abnimmt. Daraus ergibt sich eine Kollisionsgeschwindigkeit von 103 km/h mit einem EES- Wert von 71 km/h .

Die nachfolgende Abbildung 28 zeigt den Unfallverlauf des Fahrzeuges bis zur Kollision mit dem Tunnelportal.

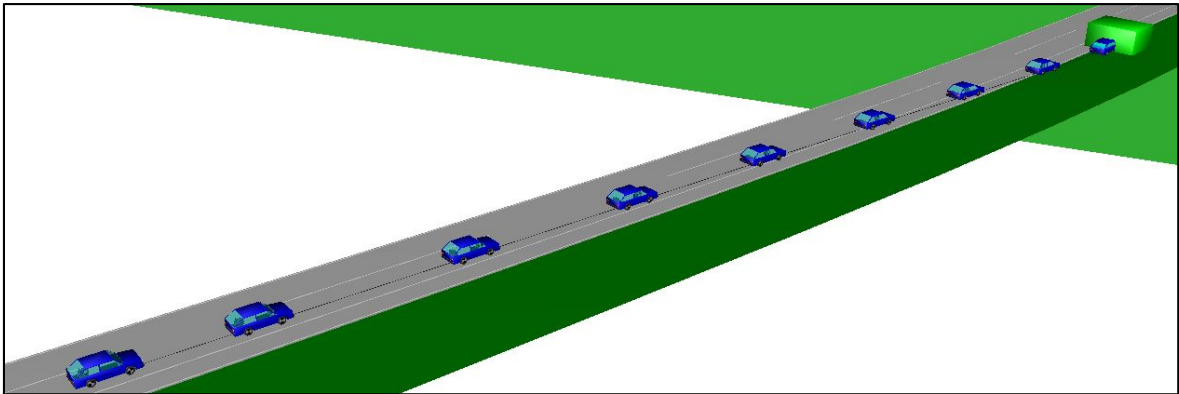


Abbildung 28 Rekonstruktion PC- Crash in ein Tunnelportal

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass sowohl für einen weniger detaillierten als auch für einen gut dokumentierten Verkehrsunfall Verbesserungspotential in der Aufnahme der Unfalldaten besteht.

5. Realunfall Auswertung

Für eine Tiefenanalyse von Realunfällen wurden 61 Verkehrsunfälle mit nur einem Beteiligten der ZEDATU- Datenbank (Zentrale Datenbank tödlicher Unfälle) am hochrangigen Straßennetz betrachtet. Die Unfälle sind auf ganz Österreich verteilt und ereigneten sich in den Unfalljahren 2003 bis 2008.

In der nachfolgenden Tabelle sind alle Unfalluntergruppen für Einzelunfälle zusammengefasst.

Tabelle 10 Unfalluntergruppen Alleinunfälle [14], [17]

Unfallcode	Beschreibung
000	Unfall mit nur einem Beteiligten ohne weitere Angaben
011	Abkommen rechts auf der Geraden
012	Abkommen rechts in Rechtskurve
013	Abkommen rechts in Linkskurve
021	Abkommen links auf der Geraden
022	Abkommen links in Rechtskurve
023	Abkommen links in Linkskurve
031	Abkommen bei einer Kreuzung, Fahrbahnverzweigung oder Ausfahrt
041	Rückwärtsfahren oder Umkehren
051	Sturz vom Fahrzeug
052	Sturz im Fahrzeug
061	Auffahren auf Hindernisse, Absicherungen auf der Fahrbahn (ohne Fahrzeuge, Wild)
091	Sonstige Unfälle mit nur einem Beteiligten

Im Kapitel 5.1 werden infrastrukturelle Parameter detailliert diskutiert. Ergänzend werden in den weiteren Kapiteln 5.2 und 5.3 auch die Ebene Mensch und Fahrzeug behandelt. Abschließend erfolgt eine Bewertung der unfallkausalen Risikofaktoren und eine Auflistung jener Elemente, die ein erhöhtes Risiko einen Unfall auszulösen, haben (Abbildung 56).

5.1. Unfallanalyse bezogen auf die Infrastruktur

Die Codierung des Unfalltyps bei der Statistik Austria erfolgt auf Basis des von der Exekutive ausgefüllten Unfallzählblattes. Fehlende Daten führen zur unrichtigen Zuordnung von Unfalltypen. Wie bereits in Kapitel 2 angedeutet wird, konnte durch die Analyse der Realunfälle eine Verschiebung der Unfallstelle herausgefunden werden. Aus dem Vergleich der Nationalen Statistikdaten mit der ZEDATU konnten dem vermeintlich geraden Straßenabschnitten Kurven zugeordnet werden. Aus Luftbildern von Unfallstellen, wie sie im Internet zugänglich sind,

kann der Straßenverlauf erkannt und entsprechend codiert werden. Speziell am hochrangigen Straßennetz liegen oft große Kurvenradien vor und es wird fälschlicherweise die Unfallstelle als gerader Straßenabschnitt in das Zählblatt eingetragen. Insbesondere für eine Analyse von Einzelunfällen und deren Gegenmaßnahmen sind solche Feinheiten entscheidend. Für die nachfolgende Übersicht (Abbildung 29) wurden nur die Unfalluntergruppen 011 bis 023 ausgewertet. Diesen Untergruppen konnten 53 Unfälle am hochrangigen Straßennetz zugordnet werden. Die verbleibenden acht Verkehrsunfälle wurden einer anderen Untergruppe zugeteilt. Es ist zu erkennen, dass vor allem der Anteil beim Abkommen rechts in einer Linkskurve wesentlich höher ist, als in der Nationalen Statistik. Es handelt sich dabei oft um Unfälle, in welchen der Fahrer ohne erkennliche Reaktion von der Fahrbahn abkommt. Der Anteil des Abkommens auf einer Geraden ist dadurch bereits wesentlich geringer. Einen ebenfalls sehr hohen Anteil hat das Abkommen rechts in einer Rechtskurve. Dieser liegt viermal so hoch als jener der Statistik Austria.

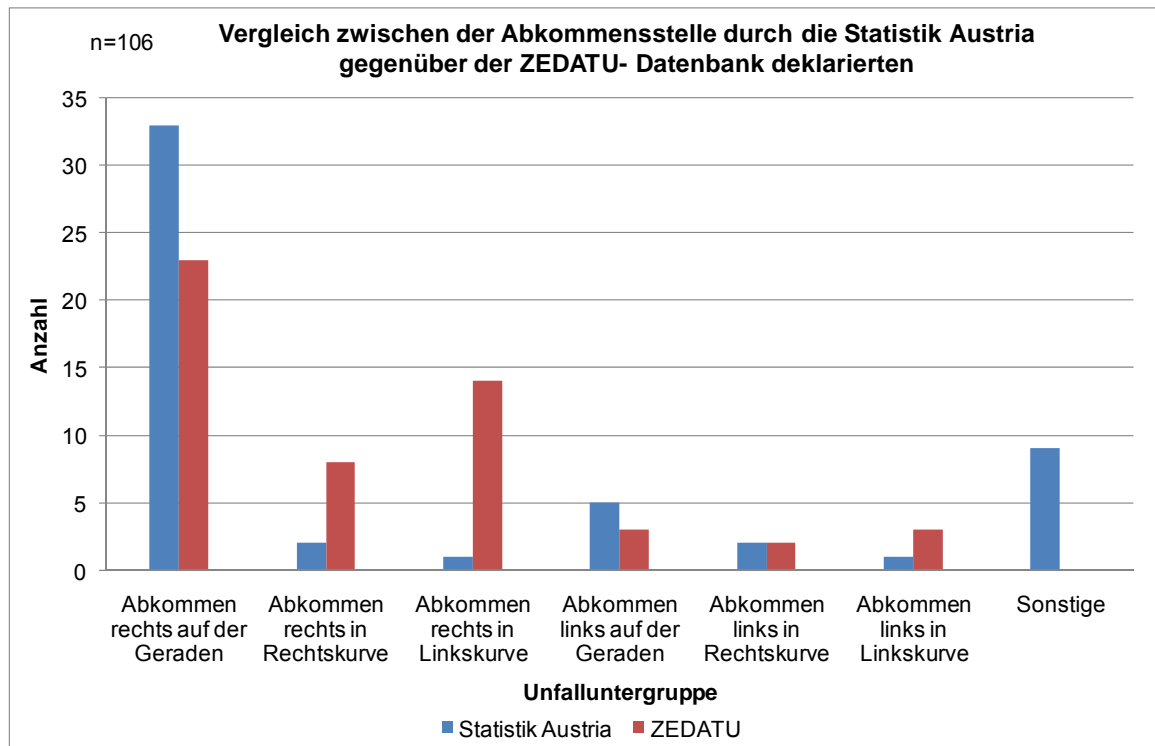


Abbildung 29 Vergleich der Abkommensstelle Statistik Austria vs. ZEDATU

Der direkte Vergleich von Datensätzen der Nationalen Statistik mit der ZEDATU zeigt bereits ab einem Kurvenradius von 500 bis 1.000 Metern (Radius über die Rekonstruktion bestimmt) die unrichtige Codierung als geraden Straßenabschnitt (Abbildung 30). Aus den betrachteten Unfällen konnte erkannt werden, dass teilweise in neun von zehn Fällen die Kurve als Gerade in die Zählblätter eingetragen wurde.

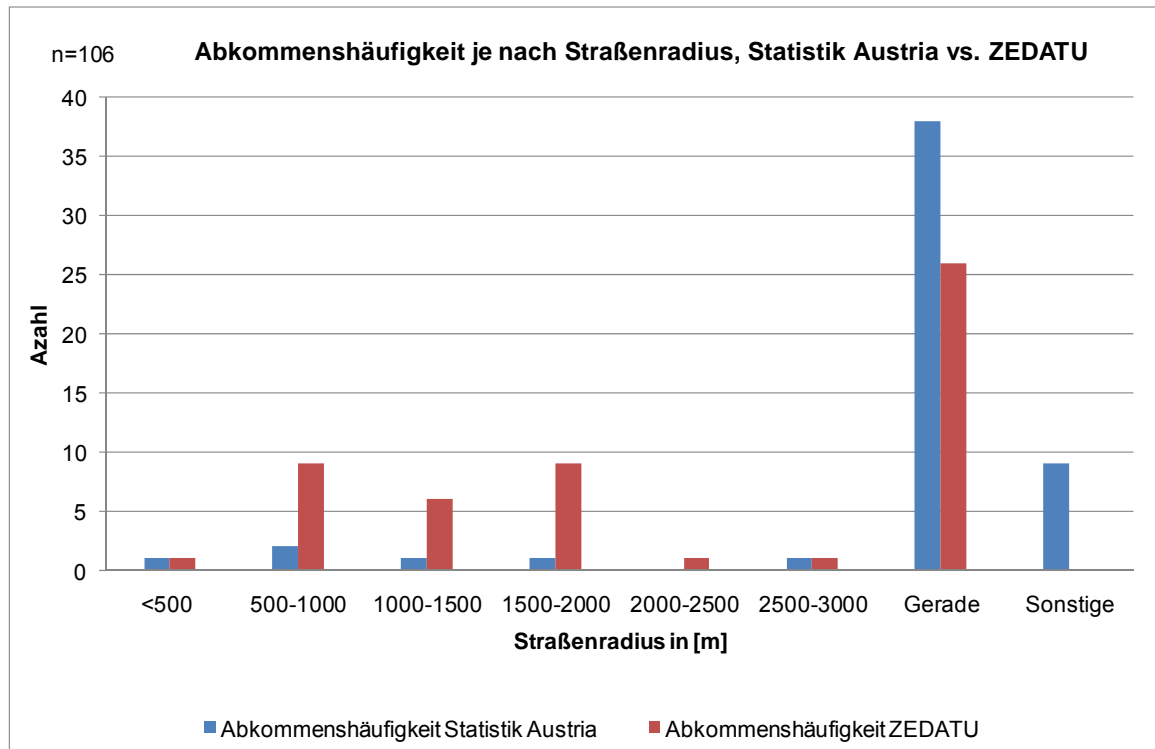


Abbildung 30 Abkommenshäufigkeit bezogen auf den Straßenradius, Statistik Austria vs. ZEDATU

Obwohl in einer ersten Auswertung des Straßenabschnittes nur 53 Verkehrsunfälle der Statistik Austria mit Realunfällen der ZEDATU verglichen werden konnten, war festzustellen, dass fast die Hälfte der Unfälle als gerades Straßenstück in der nationalen Statistik codiert wurden, obwohl es sich um Kurven handelte. Es wäre nun in einem weiteren Schritt zu prüfen, ob es sich hierbei um einen systematischen Fehler handelt und in einer statistisch repräsentativen Unfallzahl signifikant ist. Für die Erarbeitung von Gegenmaßnahmen im Hinblick auf Abkommensunfälle ermöglicht dieses Kenntnis eine Priorisierung einzelner Straßenabschnitte.

Ein großes Potential zur Verbesserung der Sicherheit im Straßenverkehr steckt in infrastrukturellen Maßnahmen. Eine Verbesserung der Infrastruktur erreicht alle Verkehrsteilnehmer. Fahrzeugseitige Maßnahmen wie beispielsweise ABS, ESP, etc. benötigen viel mehr Zeit um alle Verkehrsteilnehmer zu erreichen. Die Einführung neuer Systeme startet in der Fahrzeugoberklasse und erst mit einiger Verzögerung werden auch alle weiteren Fahrzeugklassen mit neueren Systemen ausgestattet. In den nachfolgenden Auswertungen werden nun unterschiedliche Parameter in Bezug zur Infrastruktur detailliert betrachtet.

Kollisionsobjekte an der Straßenseite

Abbildung 31 zeigt die Anteile der verschiedenen Kollisionsobjekte. Durch die hohe Präsenz an Leiteinrichtungen sind Kollisionen mit diesen auch am häufigsten (~ 35%). Fasst man starre Kollisionsobjekte (mit Ausnahme von Leiteinrichtungen) wie beispielsweise Tunnelwandportale, Brückenpfeiler, Baum, etc. zusammen, kommt man auf einen Anteil von 24%. Einen weiteren hohen Anteil haben Kollisionen mit Böschungen oder dem Boden mit zirka 14%. Bei sehr steilen steigenden Böschungen können immer wieder „echte“ Kollisionen beobachtet werden (siehe Abbildung 33). Oftmals wird nach dem Abkommen von der Straße auch versucht das Fahrzeug wieder zurückzulenken. Bei flachem seitlichem Terrain bzw. eher niedrigen fallenden Böschungen (sind daher befahrbar) können sich allerdings die Räder im eher weichen Untergrund eingraben und in weiterer Folge zu Überschlägen führen. In der nachfolgenden Abbildung wurden dabei neben der Erstkollision auch alle folgenden Zweit- und Mehrfachkollisionen betrachten.

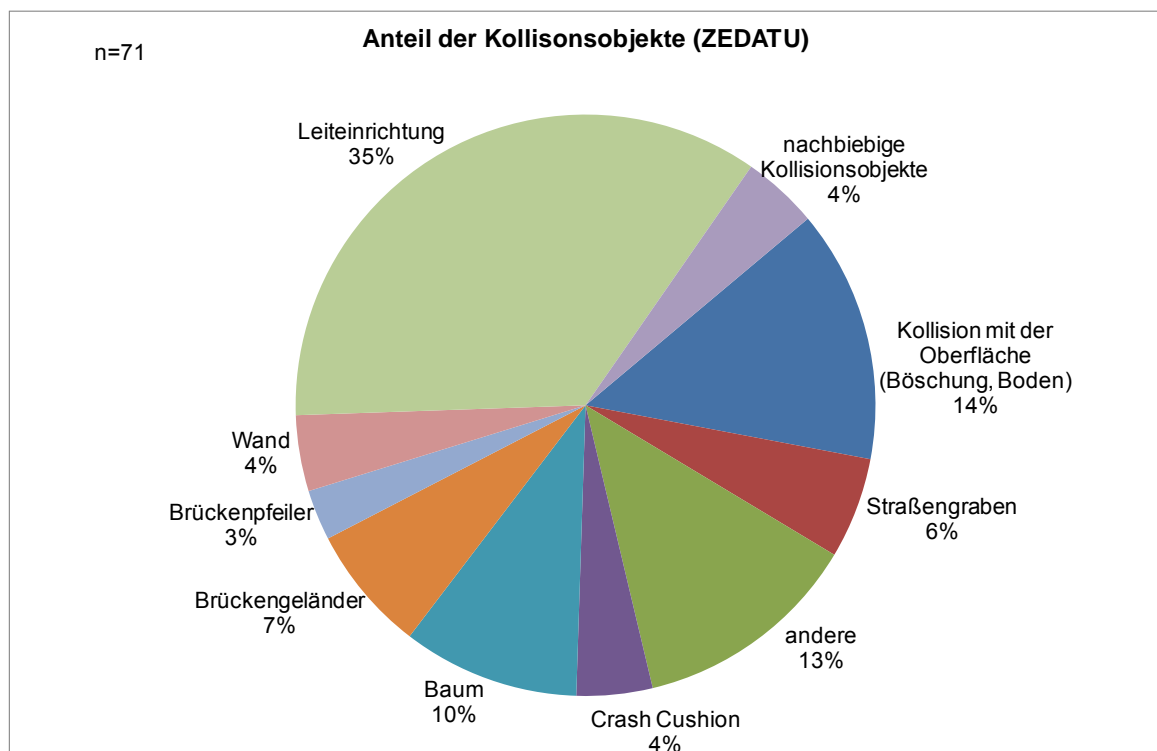


Abbildung 31 Anteil der Kollisionsobjekte (Quelle: ZEDATU)

Durch die Betrachtung der Kollisionsobjekte ohne die Leiteinrichtung mit einzubeziehen, erhöht sich der Anteil bei Kollisionen mit einem starren Kollisionsobjekt auf 36%, jener bei Kollisionen mit der Oberfläche auf 22%.

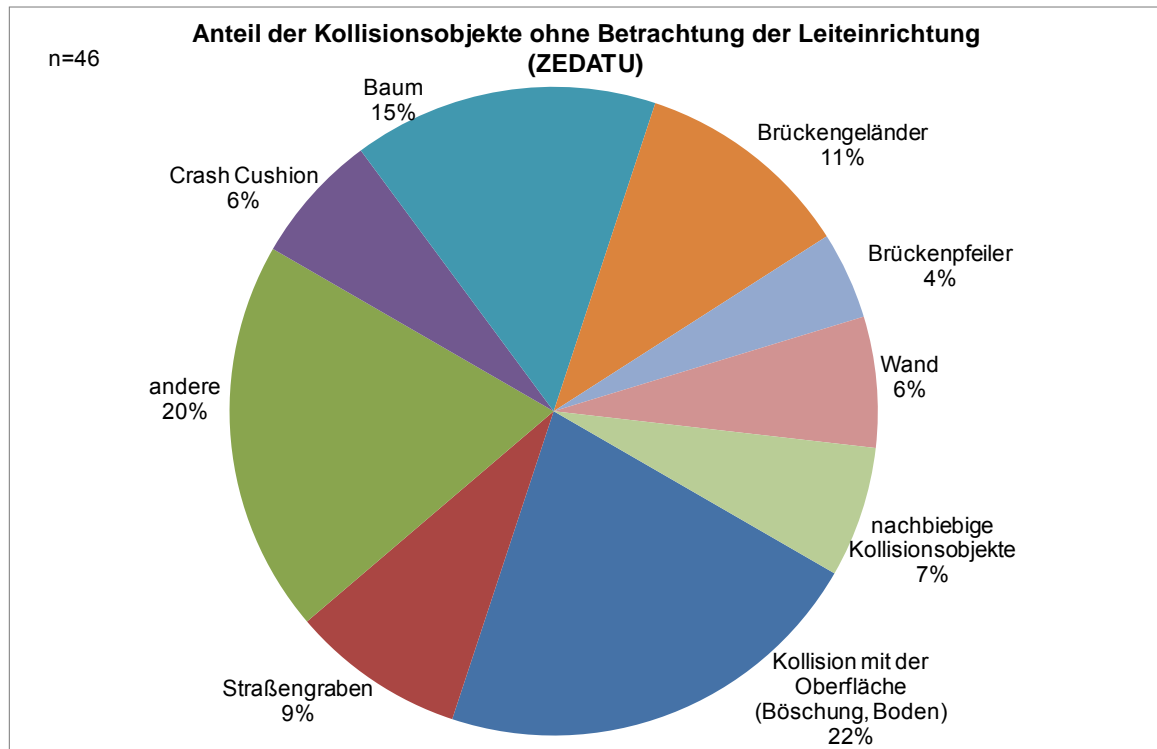


Abbildung 32 Anteil der Kollisionsobjekte ohne Betrachtung der Leiteinrichtung (Quelle: ZEDATU)

In acht von neun Kollisionen mit Böschungen, konnte auch ein Fahrzeugüberschlag beobachtet werden. Bereits ab einem Böschungswinkel von zehn Grad sind Fahrzeugüberschläge festzustellen. Eine detaillierte Auswertung ist hier nicht vorgesehen. Anzumerken ist, dass die Bestimmung des Böschungswinkels durch visuelle Abschätzung der Unfallbilder erfolgte. Der Gesamtanteil der Rollover Unfällen wird in Kapitel 5.2 betrachtet.

Die Unterteilung in aufsteigende und abfallende Böschungen ergab einen Anteil von 56% für die aufsteigende und 44% für die abfallende (siehe Abbildung 34).

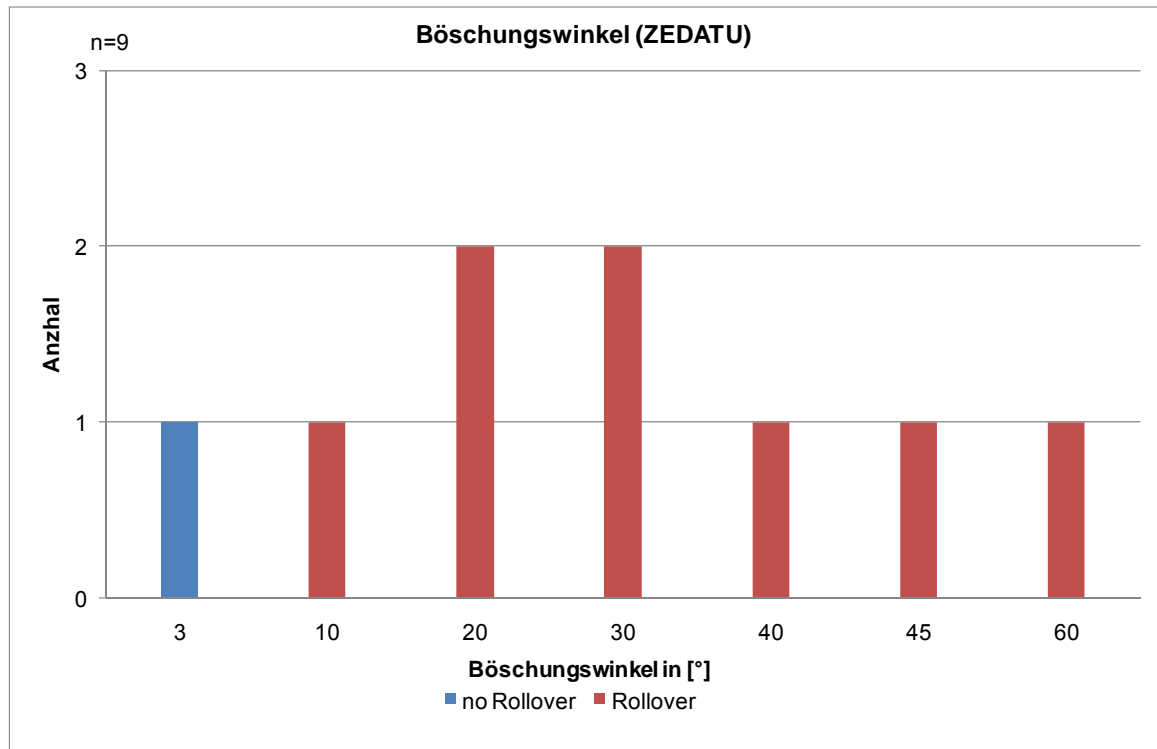


Abbildung 33 Böschungswinkel (Quelle: ZEDATU)

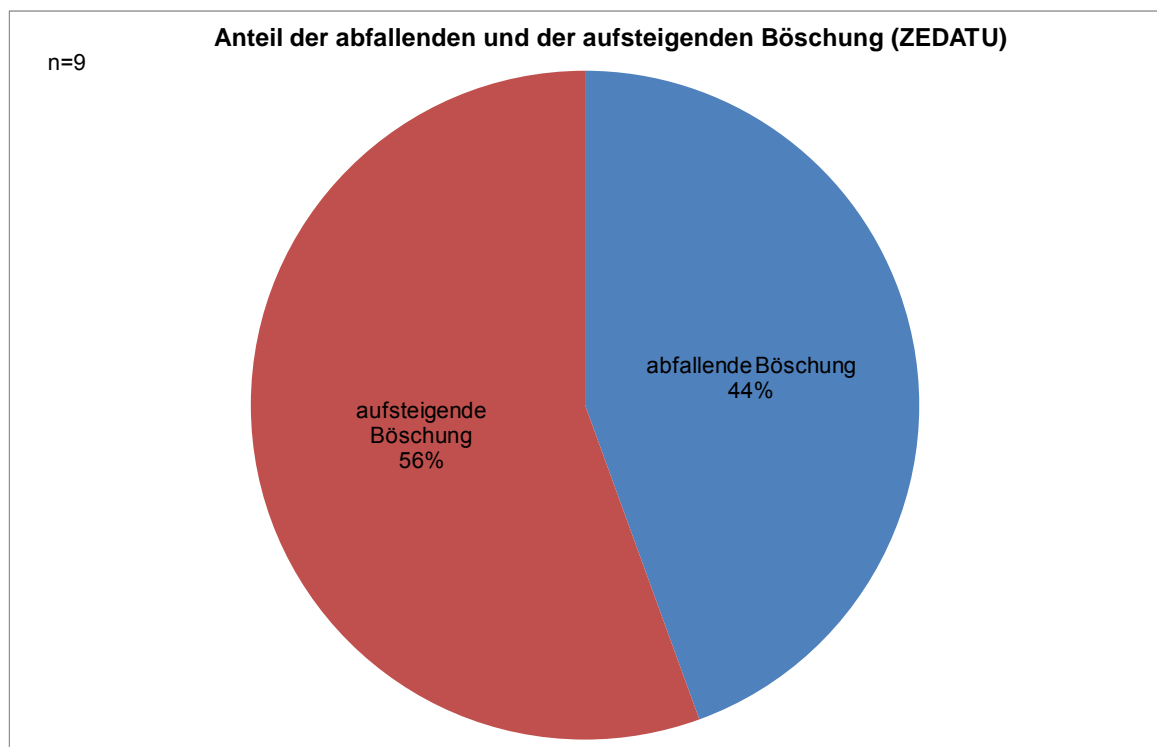


Abbildung 34 Anteil der abfallenden und aufsteigenden Böschungen (Quelle: ZEDATU)

Kollisionsgeschwindigkeit bei Erstkontakt bezogen zum Kollisionsobjekt

Für die Zuordnung von Kollisionsgeschwindigkeiten zu den einzelnen Kollisionsobjekten wurde die Erstkollision betrachtet. In 13 der untersuchten Fälle konnte keine Kollisionsgeschwindigkeit zugeordnet werden. In diesen Fällen kam es zu keiner „echten“ Kollision mit einem Kollisionsobjekt. Das Fahrzeug überschlug sich entweder oder überfuhr eine Böschung ohne mit dieser „richtig“ zu kollidieren. Diese sind in Abbildung 35 durch die Kodierung „255“ gekennzeichnet.

Kollisionen mit starre Hindernissen wurden in den vorliegenden Fällen unabhängig vom Geschwindigkeitsniveau zwölf Mal gezählt. Den höchsten Anteil haben Kollisionen mit bzw. das Überfahren von Leiteinrichtungen (26 Fällen). 13 Mal kam es zu einer direkten Kollision mit einer steil ansteigenden bzw. fallenden Böschung oder dem Kontakt mit dem Untergrund. Die häufigsten Kollisionen sind im Geschwindigkeitsbereich von 91- 100 km/h festzustellen. Die durchschnittliche Kollisionsgeschwindigkeit beträgt ca. 94 km/h. Eine Unterscheidung zur zulässigen Höchstgeschwindigkeit für den jeweiligen Unfall ist hierbei allerdings nicht berücksichtigt. Für die betrachteten Abkommensunfälle sind in diesem Geschwindigkeitsbereich im Wesentlichen durch drei Bereiche gekennzeichnet:

- 1) Leiteinrichtung
- 2) starre Hindernisse
- 3) andere Kollisionsobjekte

Gerade der Anprall gegen die Leiteinrichtung hat oft eine Zweitkollision zufolge. Diese erfolgt entweder als Kollision mit dem Auffahren auf den Absenker oder durch Abprallen von der Leitschiene. Speziell bei hohen Geschwindigkeiten ist immer wieder ein Abheben des Fahrzeuges zu beobachten [16]. Nachgiebige Kollisionsobjekte werden meist durchbrochen. Die tatsächliche Todesursache (bezeichnet auch als „most harmful event“) liegt in diesen Fällen vermutlich in der Kollision mit anderen starren Objekten nach der Erstkollision.

Unterscheidet man zwischen Kollisionen mit Leitschienen und den restlichen Objekten, so ist die mittlere Kollisionsgeschwindigkeit gegen eine Leitschiene ca. 106 km/h und für die restlichen Objekte liegt dies bei ca. 87 km/h.

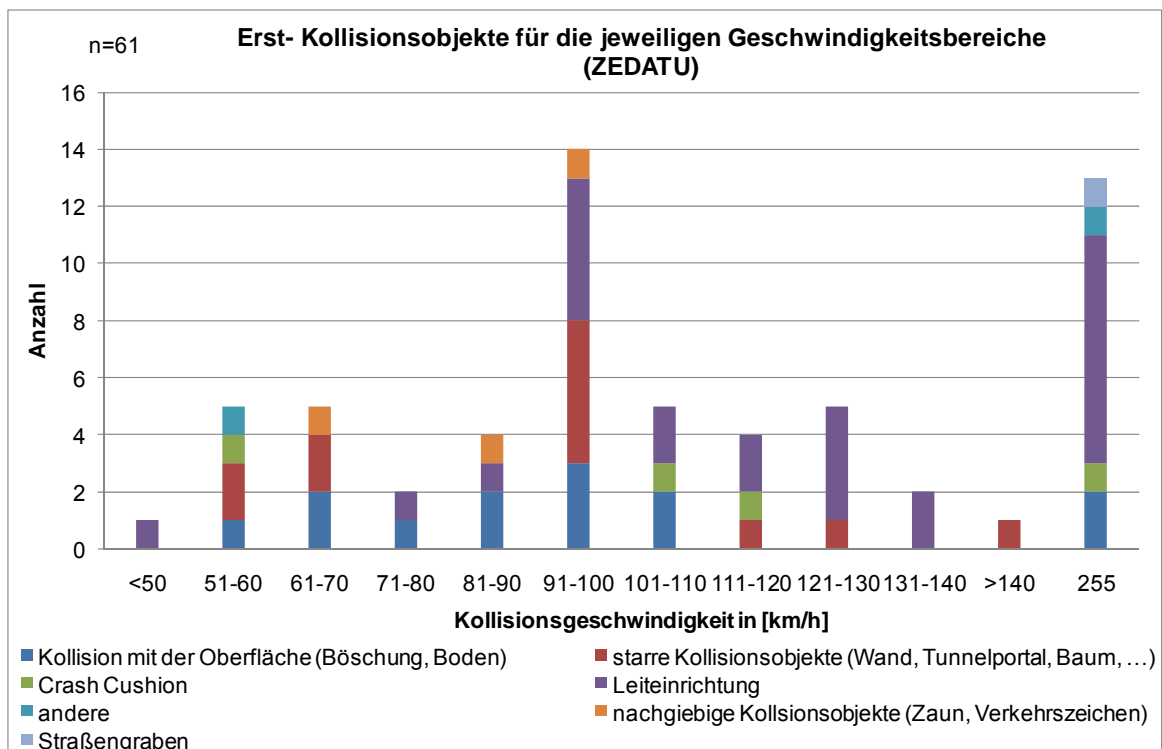


Abbildung 35 Erst- Kollisionsobjekte für die jeweiligen Geschwindigkeitsbereiche (Quelle: ZEDATU)

Normalabstand der Objekte zur Fahrbahn

Nachdem die entsprechenden Kollisionsobjekte an der Straßenseite identifiziert wurden, ist auch der jeweilige Abstand zur Fahrbahn ein wichtiger Parameter. Für die folgende Auswertung wurde der Normalabstand des Objektes zur Fahrbahn ermittelt. Dabei wurde neben der Erstkollision auch Zweit- und Mehrfachkollisionen betrachtet. Fast die Hälfte der Objekte hatte einen Abstand bis drei Metern zur Fahrbahn. Beeinflusst wird dies durch die Präsenz von Leitschienen entlang der Fahrbahn, welche vor Kollision mit gefährlicheren Gefahrenquellen schützen soll. Dies hat zur Folge, dass die Leiteinrichtung das häufigste Kollisionsobjekt ist. Insgesamt wurden in den betrachteten Unfällen 67 Kollisionsobjekte mit ihrem jeweiligen Abstand zur Fahrbahn identifiziert. In vier Fällen konnte kein Normalabstand ermittelt werden. Diese sind in der Abbildung 36 mit „9999“ gekennzeichnet. Ab einem Abstand von fünf Metern befinden sich noch etwa 18 % der Kollisionsobjekte. Dabei handelt es sich in den meisten Fällen um Bäume und „andere“ Hindernisse. Das heißt, mit zunehmendem Abstand von Hindernissen zur Fahrbahn werden diese als starre Kollisionsobjekte identifiziert.

Abbildung 37 zeigt den kumulierten Anteil mit und ohne Leiteinrichtung. Der Anteil des Kollisionsobjektes innerhalb von drei Meter verringert sich von knapp 50% mit Leiteinrichtung, auf 32,6 % ohne Leiteinrichtung. Je größer der Normalabstand zur

Fahrbahn wird, desto näher rückt der kumulierte Anteil mit und ohne Leiteinrichtung zusammen. Dies weist darauf hin, dass mit steigendem Normalabstand der Kollisionsobjekte zur Fahrbahn eine Absicherung der Straße zur Umgebung als nicht notwendig erachtet wird. Jedoch stellen Kollisionen mit starren Hindernissen auch bei großem Normalabstand zur Fahrbahn ein hohes Risiko dar. Diese Objekte sollten daher entweder entfernt oder entsprechend abgesichert werden.

Der durchschnittliche Abstand einer Leiteinrichtung zur Fahrbahn beträgt ca. 1,8 Meter. Ungesicherte Objekte befinden sich durchschnittlich 4,3 Meter neben der Fahrbahn.

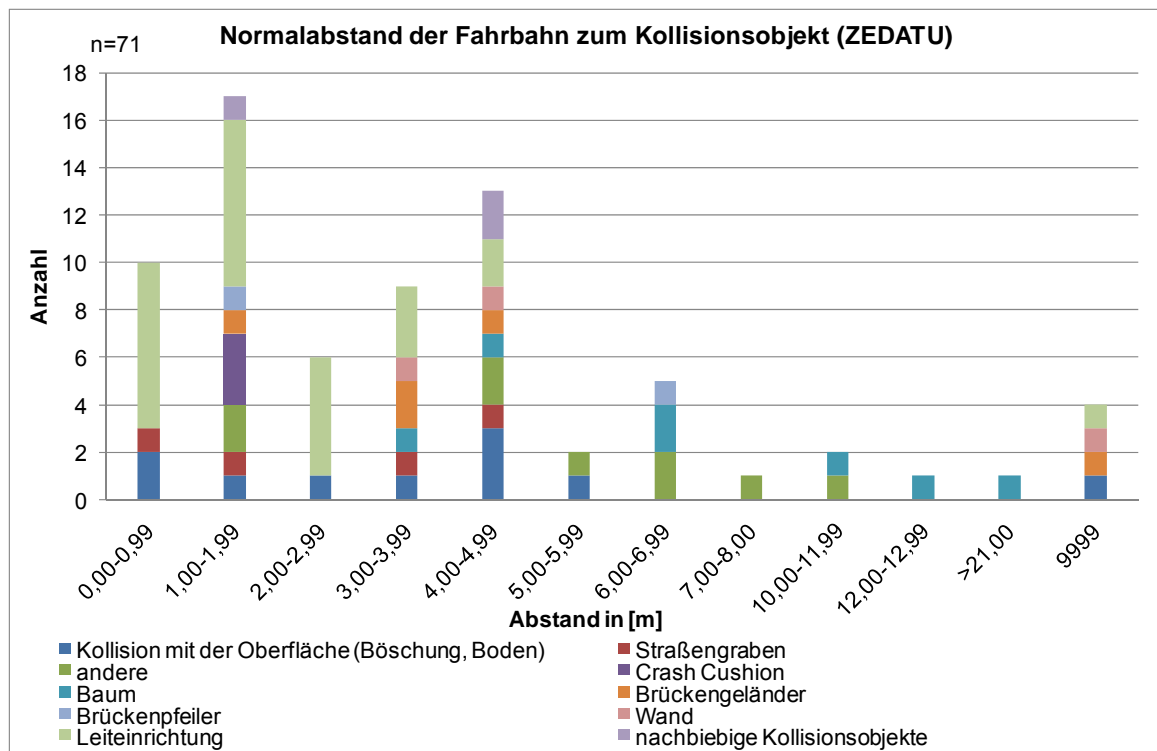


Abbildung 36 Normalabstand der Fahrbahn zum Kollisionsobjekt (Quelle: ZEDATU)

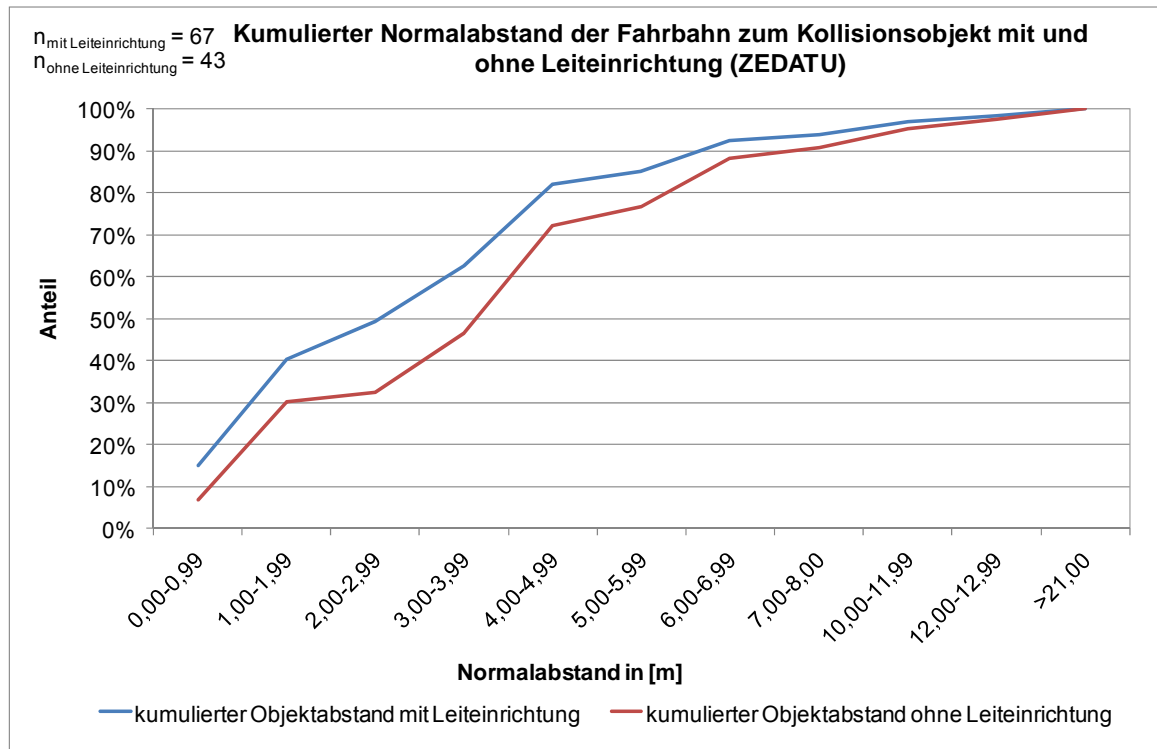


Abbildung 37 Kumulierter Normalabstand der Fahrbahn zum Kollisionsobjektes mit und ohne Leiteinrichtung (Quelle: ZEDATU)

Zeit- und Wegbetrachtung vom Abkommen bis zur Kollision

Neben der gefahrenen Strecke, vom Verlassen der Fahrbahn bis zur Kollision, ist auch die dafür benötigte Zeit sehr wichtig. Sie entscheidet ob genügend Zeit zum Setzen von Reaktionen durch den Fahrer zur Verfügung stehen (siehe Abbildung 38).

Eine kurze Zeitspanne vom Verlassen bis zur Kollision deutet auf fahrbahnnahe Objekte oder aber auch hohe Geschwindigkeit hin. Es kann zum Setzen von Gegenmaßnahmen durch den Lenker eine Zeitspanne von mindestens zwei bis zweieinhalb Sekunden zu Grunde gelegt werden.

Zur Auswertung der Zeitspanne vom Verlassen der Fahrbahn bis zur Kollision konnten insgesamt 48 Unfällen herangezogen werden. Die gleiche Anzahl an Unfällen wurde für die Auswertung in den Abbildungen 39 bis 47 verwendet. Jene Abkommensunfälle, in welchen keine Abkommensgeschwindigkeit zugeordnet werden konnte, sind in diesen Abbildungen unberücksichtigt.

Für etwa 38 der untersuchten Unfälle vergehen weniger als zweieinhalb Sekunden vom Verlassen der Fahrbahn bis zur Kollision. Das heißt, dass in nur neun der Fälle der Fahrer die Möglichkeit hätte, gezielt Gegenmaßnahmen (z.B. Gegenlenken, Bremsen, etc.) einzuleiten. Sechs der neun Fälle, in welchen durch eine mögliche Reaktion die Kollisionsbedingungen verändert werden könnten, sind

mit hoher Wahrscheinlichkeit durch Sekundenschlaf gekennzeichnet. In fünf der sechs Fälle verließ das Fahrzeug den rechten Fahrbahnrand in einer lang gezogenen Linkskurve. In einem Fall wurde vor dem Verlassen des rechten Fahrbahnrandes eine Gerade befahren. In einem Fall kam das Fahrzeug aufgrund von nicht angepasster Geschwindigkeit ins Schleudern und kollidierte erst anschließend mit einem Hindernis. Einmal musste der Fahrer einem vor ihm fahrenden Fahrzeug ausweichen und verriss dadurch das Fahrzeug. Im verbleibenden Fall kam das Fahrzeug rechts in einer Rechtskurve ab. Auch hier kann mit hoher Wahrscheinlichkeit von einem Sekundenschlaf ausgegangen werden.

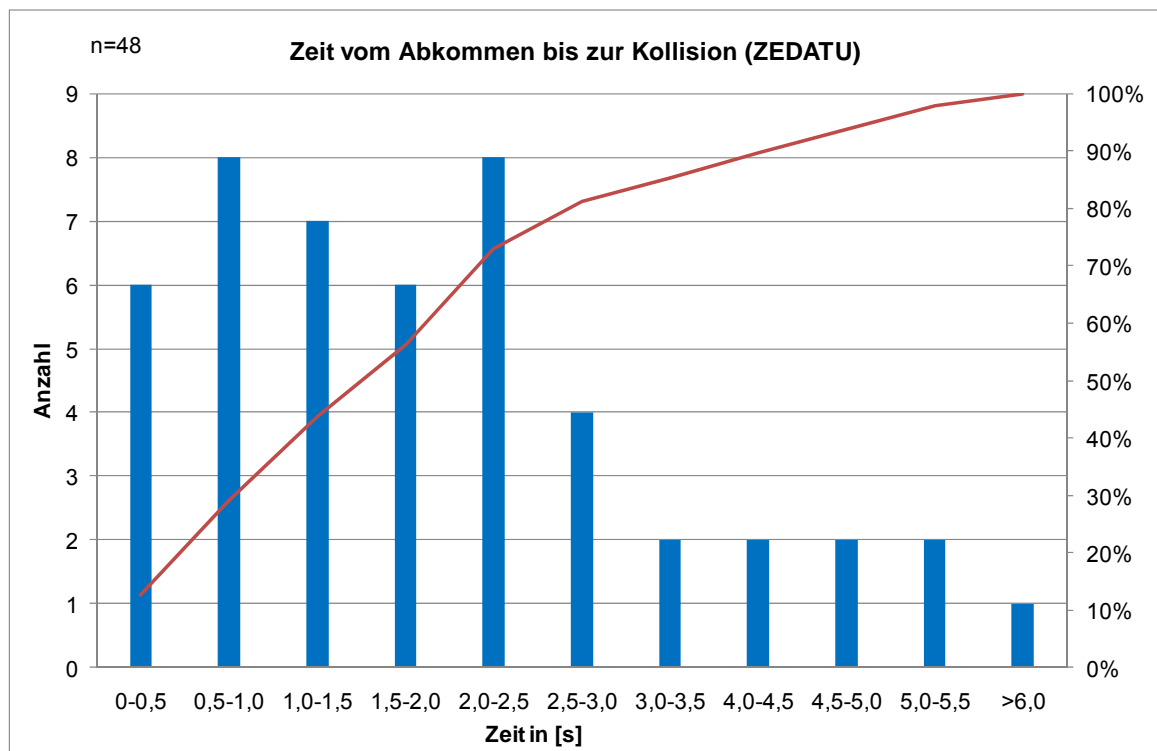


Abbildung 38 Zeit vom Abkommen bis zur Kollision (Quelle: ZEDATU)

Die Abkommensgeschwindigkeiten reichen von ca. 50 km/h bis ca. 160 km/h. Ohne Berücksichtigung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit liegt die mittlere Abkommensgeschwindigkeit bei ca. 108,5 km/h. Dabei kommt es nach ca. 2 Sekunden zur Kollision. Die 85% Perzentile Abkommensgeschwindigkeit liegt bei ca. 129 km/h und die Erstkollision wird hierbei nach ca. 3,4 Sekunden erreicht. (siehe Abbildung 39).

Bei Betrachtung des Abkommensweges in Bezug zur Abkommensgeschwindigkeit erkennt man, dass in 85% aller untersuchten Unfälle ein Weg von 78,8 Metern zurück gelegt wurde. der mittlere Abkommensweg betrug dabei 50,9 Metern, bei einer Geschwindigkeit von 108,5 km/h (siehe Abbildung 40).

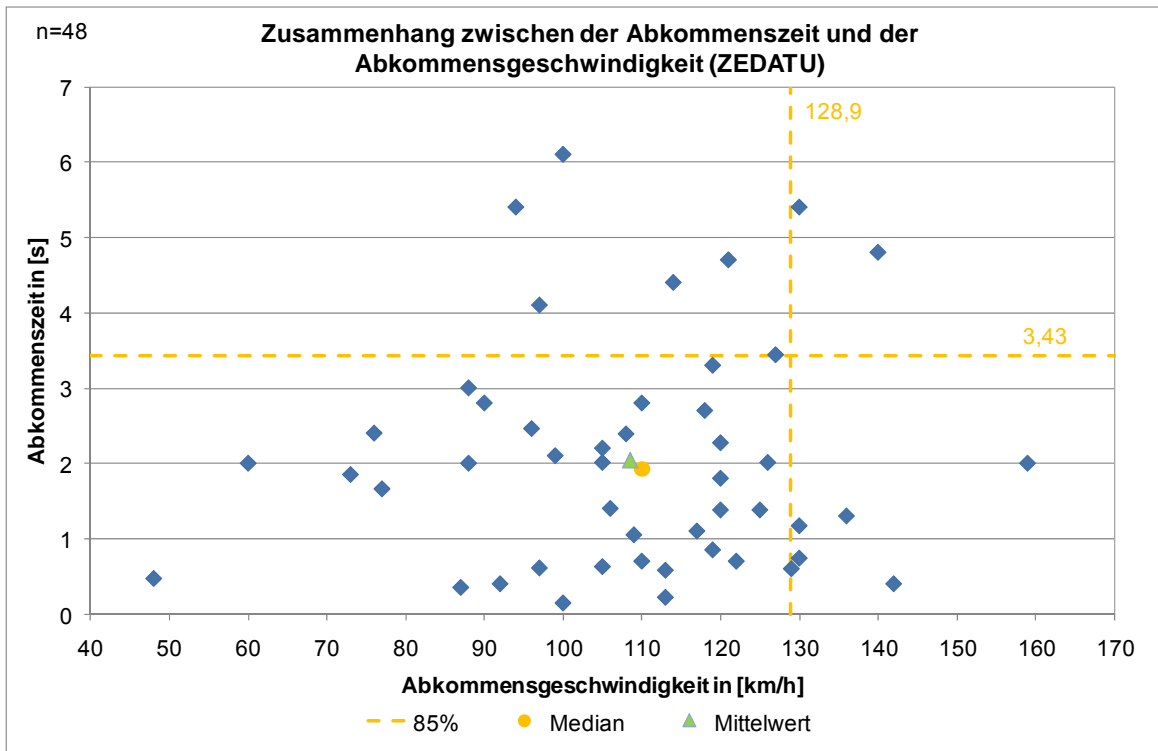


Abbildung 39 Zusammenhang zwischen der Abkommenszeit und der Abkommensgeschwindigkeit (Quelle: ZEDATU)

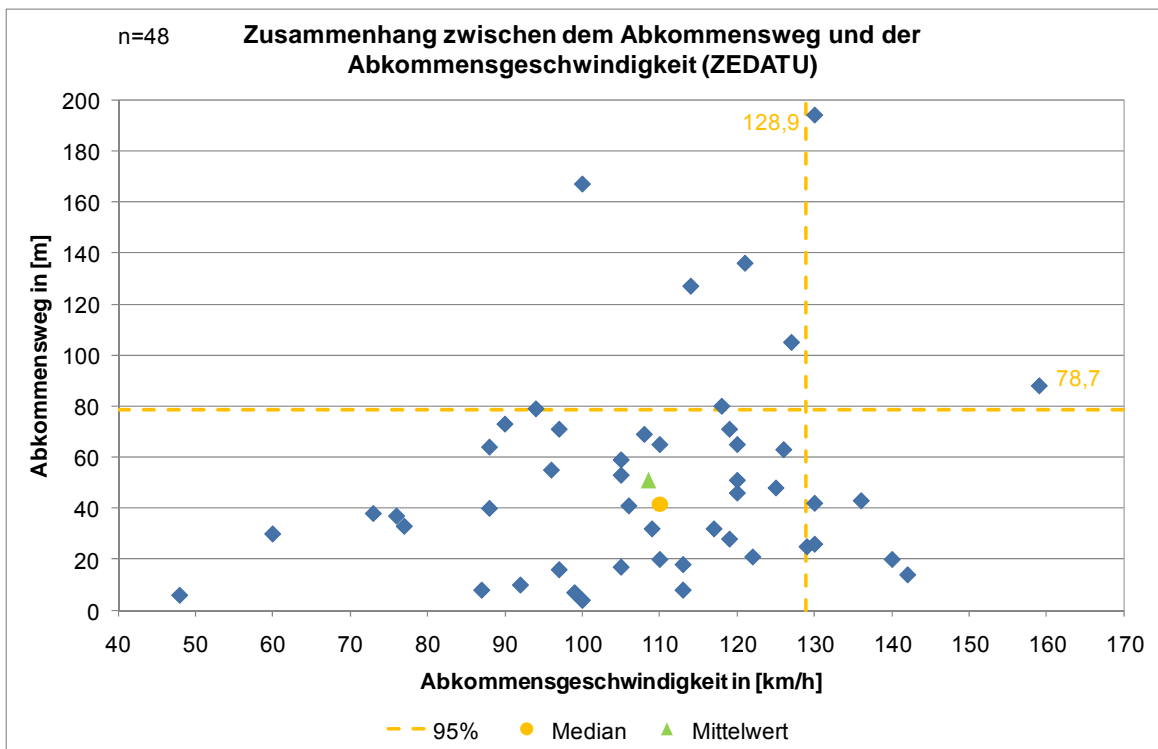


Abbildung 40 Zusammenhang zwischen dem Abkommensweg und der Abkommensgeschwindigkeit (Quelle: ZEDATU)

Fahrzeugwinkel beim Verlassen der Fahrbahn

An der Abkommensstelle können verschiedene Fahrzeugwinkel unterscheiden werden. Aus diesen kann beispielsweise abgeleitet werden, ob der Fahrer vor dem Unfall reagierte oder nicht. Die Unterscheidung erfolgt zwischen dem Abkommenswinkel, dem Geschwindigkeitswinkel und dem Schwimmwinkel (siehe Abbildung 41). Der Abkommenswinkel wird hierbei als jener Winkel zwischen der Fahrzeuglängsachse und der angelegten Tangente an die Fahrbahn definiert. Der Geschwindigkeitswinkel ist der Winkel zwischen dem Geschwindigkeitsvektor und der Fahrbahntangente. Der sogenannte Schwimmwinkel bildet die Differenz zwischen den beiden zuvor genannten Winkeln und ist in Abbildung 41 nicht dargestellt.

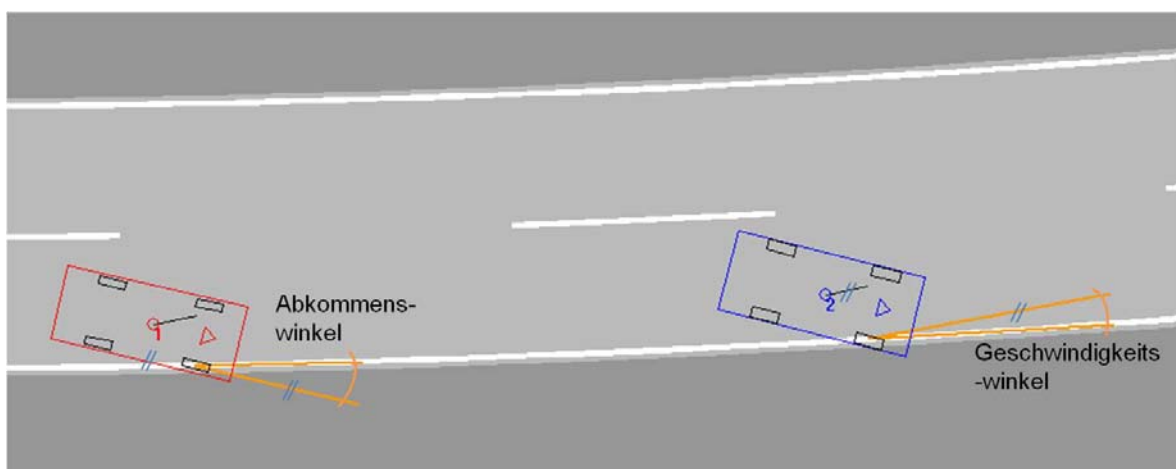


Abbildung 41 Abkommenswinkel, Geschwindigkeitswinkel

Abkommenswinkel

Die Untersuchung des Abkommenswinkels ergab im Mittel einen Winkel von $17,4^\circ$ bei einer Geschwindigkeit von 108,5 km/h. Der Median lag bei ca. 7° , wobei die Geschwindigkeit 110 km/h betrug. Das Maximum des Abkommenswinkels lag bei 134° wobei die Abkommengeschwindigkeit 88 km/h betrug. Als kleinsten Abkommenswinkel konnte ein Winkel von einem Grad festgestellt werden wobei die Geschwindigkeit zwischen 99 km/h und 119 km/h lag.

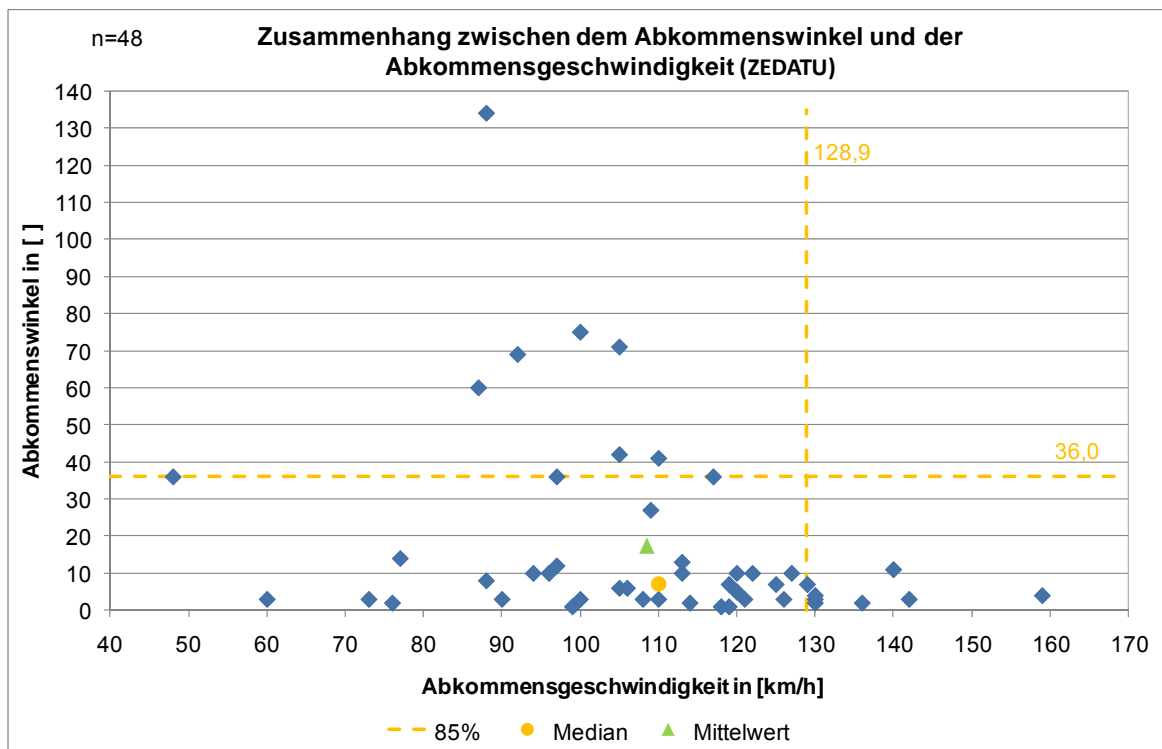


Abbildung 42 Zusammenhang zwischen dem Abkommenswinkel und der Abkommensgeschwindigkeit (Quelle: ZEDATU)

Für fast 80% der Fälle erreicht das Fahrzeug einen Winkel bis zu 14°. In den untersuchten Fällen schleuderte das Fahrzeug bei Abkommenswinkel über 25°.

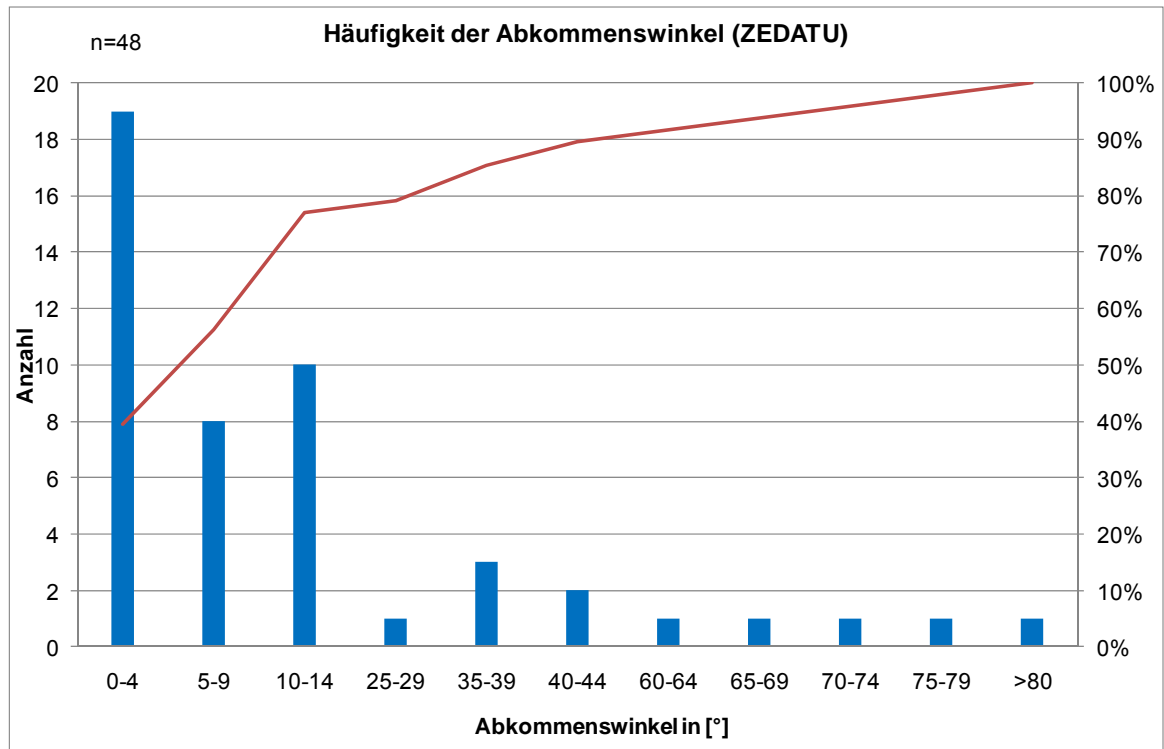


Abbildung 43 Häufigkeit der Abkommenswinkel (Quelle: ZEDATU)

Geschwindigkeitswinkel

Aus den vorliegenden Verkehrsunfällen wurde ein maximaler Geschwindigkeitswinkel von 20 Grad identifiziert. Der mittlere Geschwindigkeitswinkel liegt bei 6,7° und der Median bei fünf Grad. Der 85% Quantil des Geschwindigkeitswinkels liegt bei ca. 11,9° und die Abkommensgeschwindigkeit bei 128,9 km/h.

In 80% der Fälle liegt der Geschwindigkeitswinkel bis zu neun Grad.

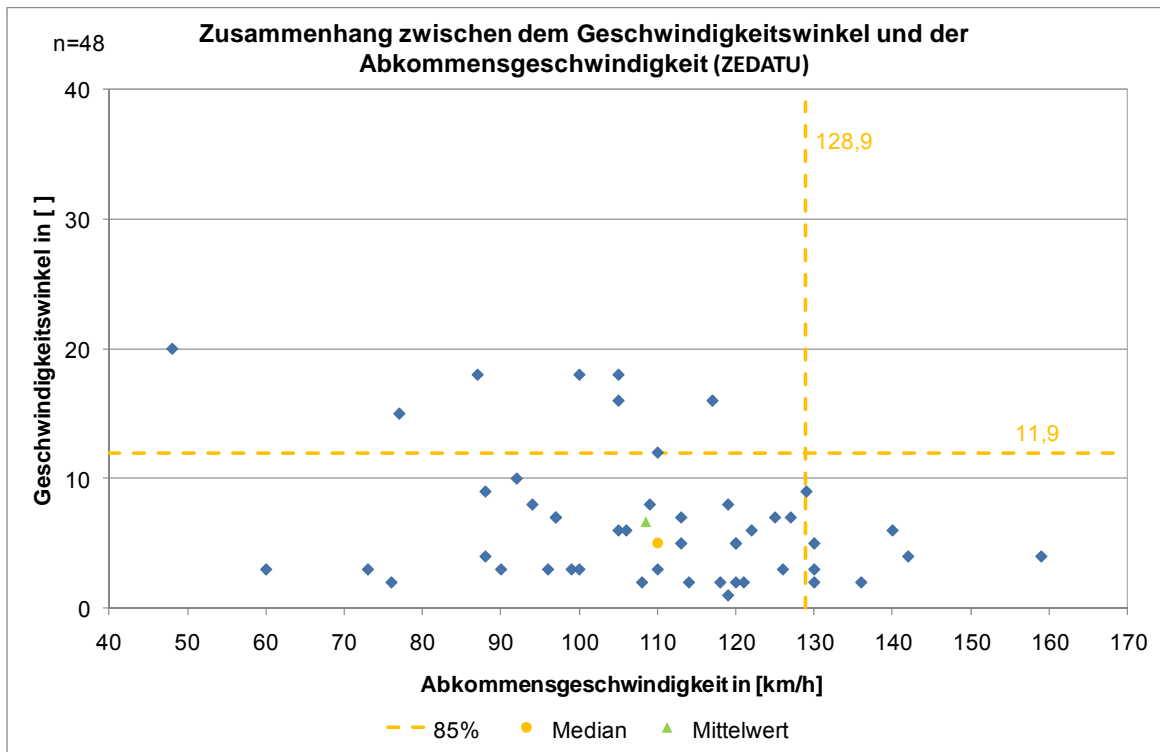


Abbildung 44 Zusammenhang zwischen dem Geschwindigkeitswinkel und der Abkommensgeschwindigkeit (Quelle: ZEDATU)

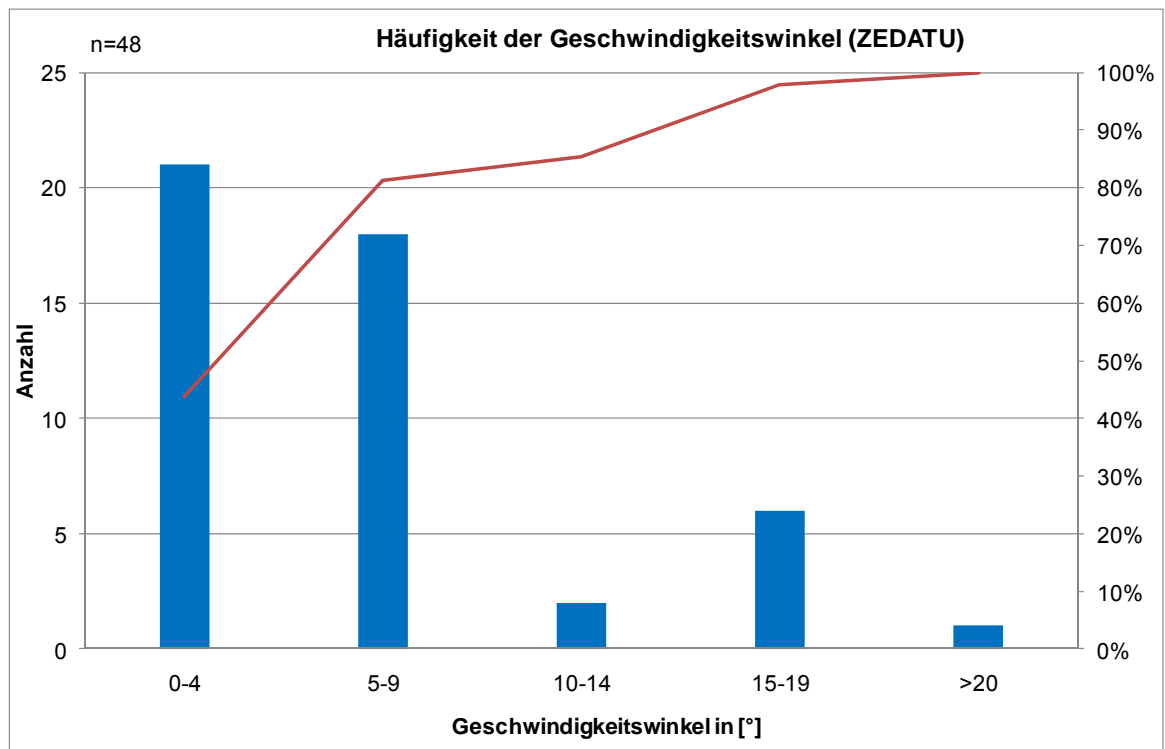


Abbildung 45 Häufigkeit der Geschwindigkeitswinkel (Quelle: ZEDATU)

Schwimmwinkel

Wie bereits beschrieben, ist der Schwimmwinkel die Differenz zwischen Abkommens- und Geschwindigkeitswinkel. Dabei ergibt sich ein negativer Schwimmwinkel wenn der Geschwindigkeitswinkel größer als der Abkommenswinkel ist und ein positiver im umgekehrt Fall. Die nachfolgende Abbildung zeigt einen hohen Anteil an Abkommensunfällen mit kleinen Schwimmwinkeln. Knapp 60% der Fälle haben eine Schwimmwinkel zwischen minus zwei und plus zwei Grad. Dies deutet darauf hin, dass das Fahrzeug ohne Lenkerreaktion von der Fahrbahn abkam und vermutlich auf Sekundenschlaf oder Ablenkung zurückzuführen ist.

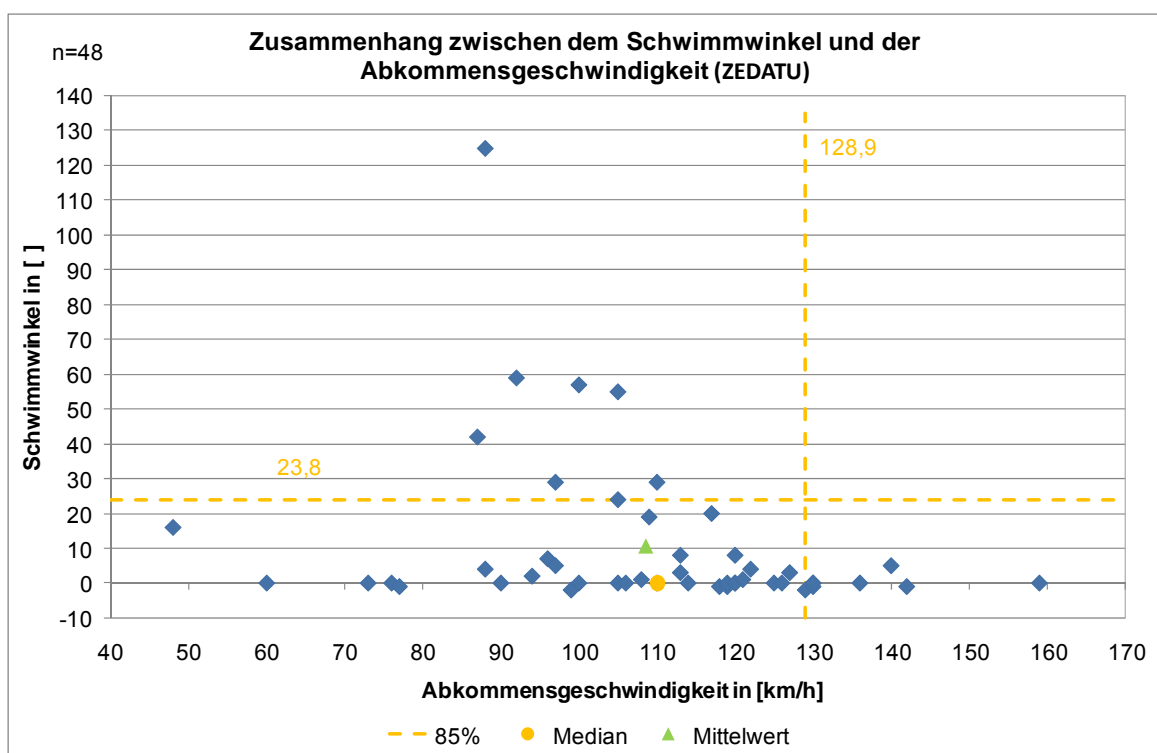


Abbildung 46 Zusammenhang zwischen dem Schwimmwinkel und der Abkommensgeschwindigkeit (Quelle: ZEDATU)

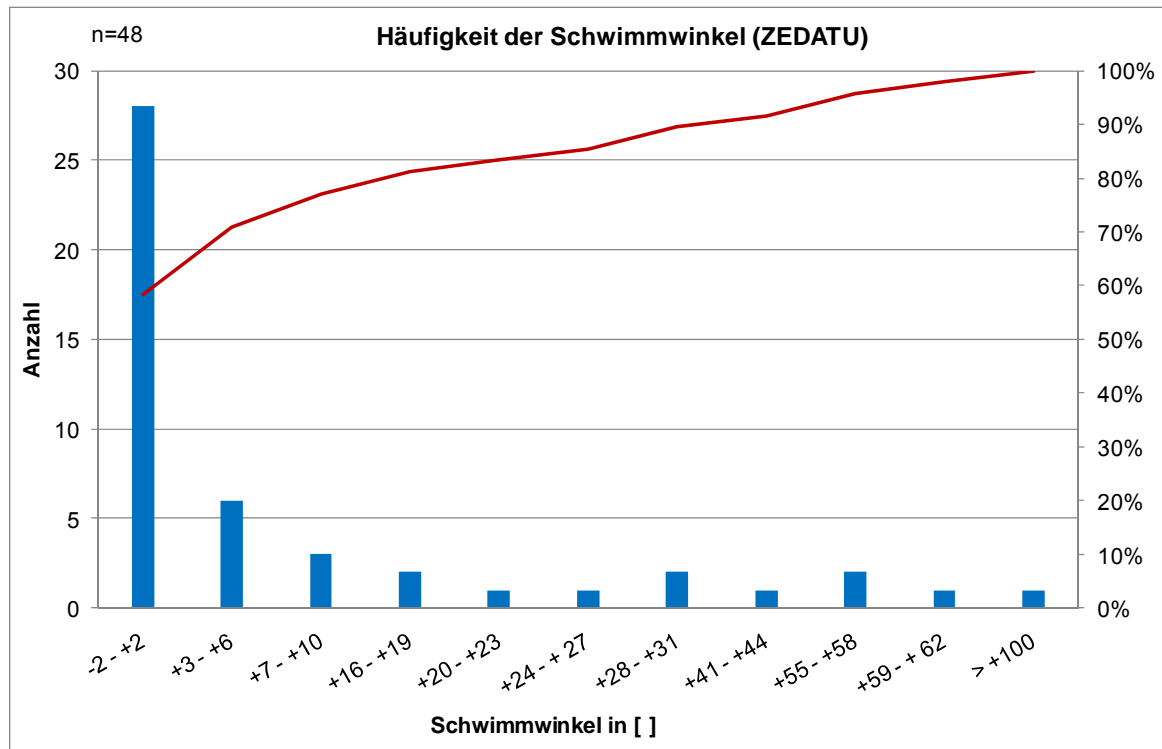


Abbildung 47 Häufigkeit der Schwimmwinkel (Quelle: ZEDATU)

5.2. Auswertung von menschlichen Faktoren

Neben der infrastrukturellen Auswertung werden in diesem Kapitel menschliche Faktoren betrachtet. Als menschliche Faktoren können jene Schlüsselfelder gezählt werden, welche direkt vom Beteiligten beeinflussbar sind. Diese sind beispielsweise das Anlegen des Sicherheitsgurtes, nicht angepasste Geschwindigkeit, Vorrangverletzung, etc.

Überschlagsunfälle und Gurtbenützung

Die Betrachtung der untersuchten Unfälle zeigte, dass es in mehr als der Hälfte der Fälle zu einem Überschlag des Fahrzeuges kam. Dabei werden als Rollover jene Unfälle gewertet, bei denen sich das Fahrzeug um mindestens eine Vierteldrehung überschlagen hat. Ob nun der Anteil der Rolloverunfälle am hochrangigen österreichischen Straßennetz tatsächlich so hoch ist, lässt sich nur durch eine vollständige Untersuchung aller tödlichen Unfälle am hochrangigen Straßennetz klären.

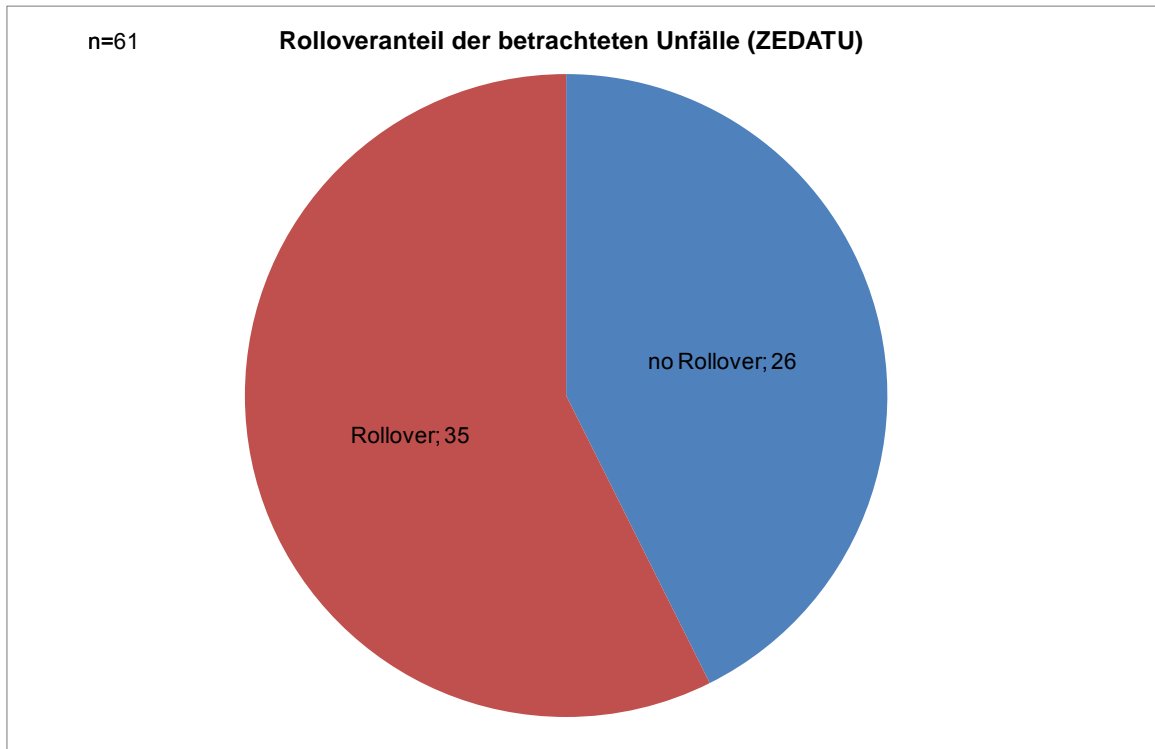


Abbildung 48 Rolloveranteil der betrachteten Unfälle (Quelle: ZEDATU)

Bei den 61 untersuchten Unfällen kamen insgesamt 66 Personen ums Leben. Dabei wurde in 26 Fällen der Gurt benutzt und in 26 Fällen wurde der Sicherheitsgurt nicht angelegt. In den verbleibenden 14 Fällen ist aus den Unterlagen nicht bekannt ob der Gurt benutzt bzw. nicht benutzt wurde.

Bei genauerer Betrachtung des Gurtanlegeverhalten erkennt man, dass in den untersuchten Verkehrsunfällen mit steigendem Alter immer öfters auf das Gurtanlegen verzichtet wurde. In den 26 Fällen bei denen der Gurt nicht benutzt wurde, war der Insasse in 42,3% der Fälle 50 Jahre oder Älter jedoch nur in 11% jünger als 30 Jahre. Ob ältere Menschen tatsächlich auf die Benutzung des Gurtes eher verzichten als jüngere Menschen, kann nur durch eine vollständige Untersuchung aller tödlichen Verkehrsunfälle festgestellt werden.

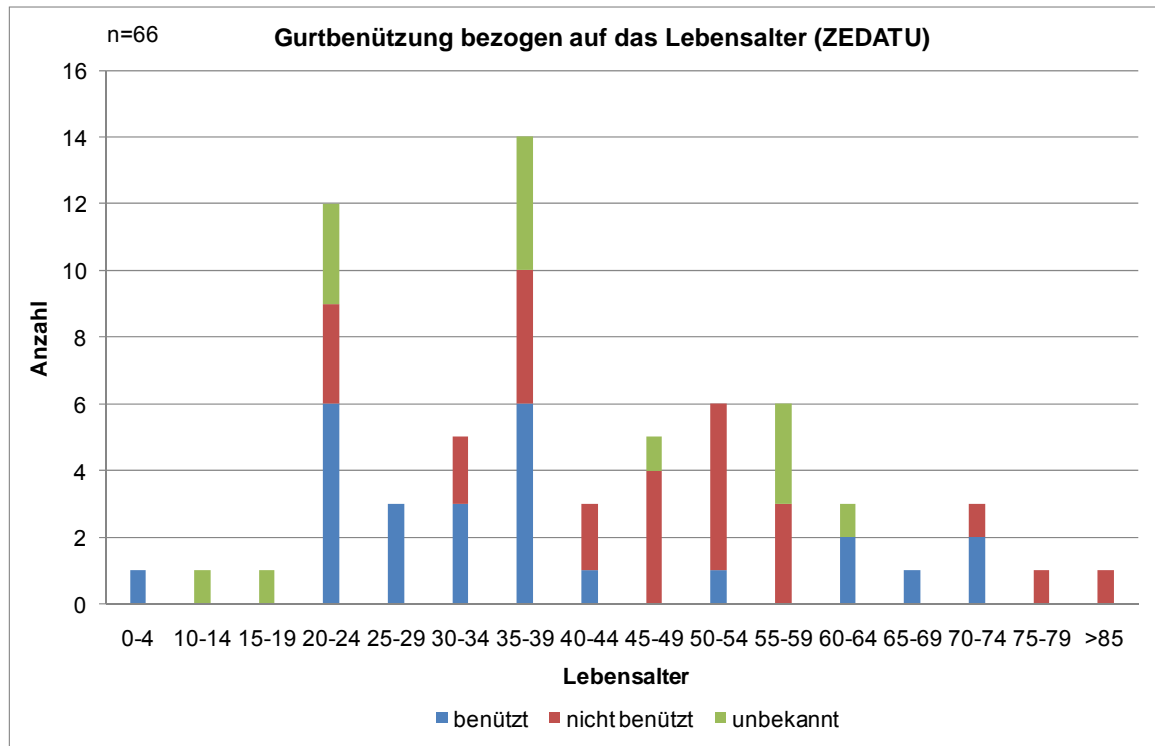


Abbildung 49 Gurtanlegeverhalten bezogen auf das Lebensalter (Quelle: ZEDATU)

Das Risiko während eine Überschlag aus dem Fahrzeug geschleudert zu werden, ist um ein vielfaches höher, wenn der Gurt nicht benützt wurde. Selbst ohne Fahrzeugüberschlag ist die Wahrscheinlichkeit aus dem Fahrzeug geschleudert zu werden höher (siehe Abbildung 50). Bei den untersuchten Rolloverunfällen wurden alle Insassen (ohne Anlegen des Sicherheitsgurtes) aus dem Fahrzeug geschleudert. Bei Unfällen ohne Fahrzeugüberschlag wurde in nur einem der Fälle bei Benützung des Sicherheitsgurtes der Insasse aus dem Fahrzeug geschleudert.

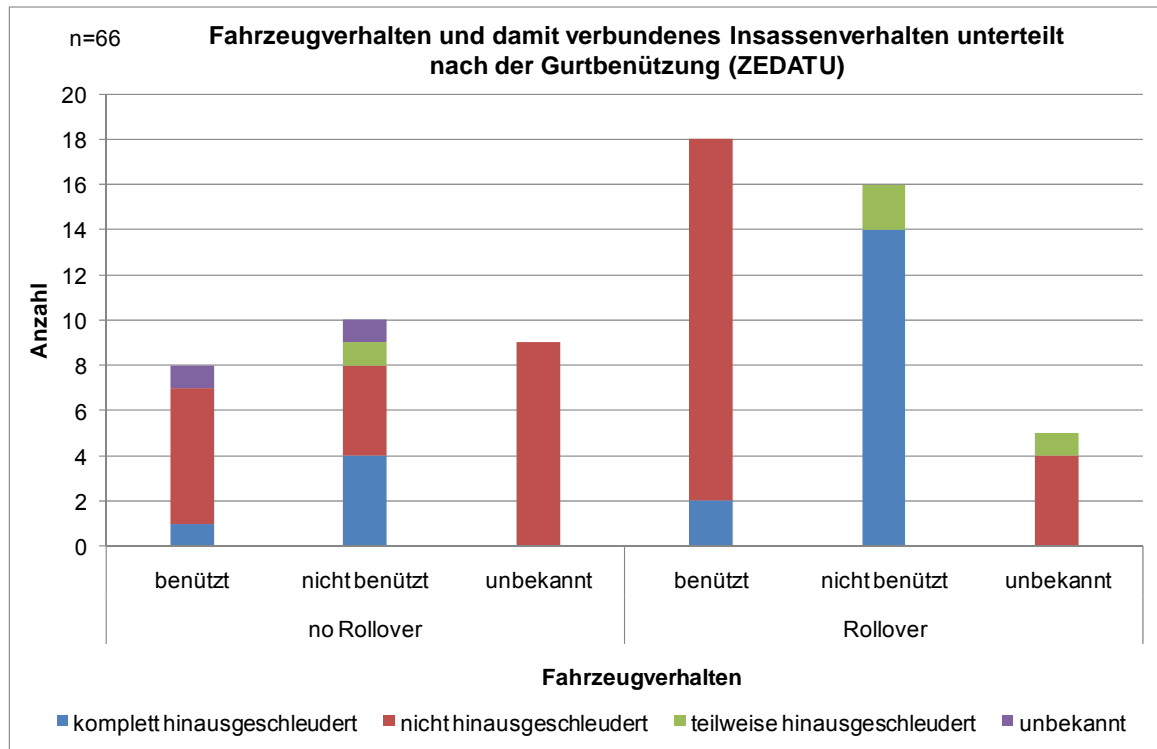


Abbildung 50 Fahrzeugverhalten und damit verbundenes Insassenverhalten unterteilt nach der Gurtbenützung (Quelle: ZEDATU)

Alkoholisierung des Fahrers

Aus den vorliegenden Daten konnte in nur einem der untersuchten Fälle eine Beeinträchtigung durch Alkohol des Fahrers nachgewiesen werden. In diesem Fall lag der Atemalkoholgehalt bei 0,3 mg/l was 0,6 Promille bedeutet. Die verunglückte Person saß dabei am Beifahrersitz. In zehn Fällen konnte keine Beeinflussung durch Alkohol festgestellt werden und in sechs weiteren Fällen wurde von der Polizei vermutet, dass keine Alkoholbeeinträchtigung vorlag. Das größte Problem bei tödlichen Verkehrsunfällen liegt darin, dass vielfach eine Alkoholisierung des Lenkers nicht mehr festzustellen ist. In beinahe dreiviertel alle Fälle war nicht bekannt ob der Fahrer unter Alkoholeinfluss stand, da der Verunglückte beim Eintreffen der Polizei bereits verstorben war. Entsprechenden den gesetzlichen Bestimmungen ist eine Blutalkoholuntersuchung des Verstorbenen nicht erlaubt und daher auch ein möglicher Alkoholisierungsgrad nicht feststellbar. Es ist jedoch anzunehmen, dass in Wirklichkeit die Dunkelziffer der alkoholisierten Lenker um ein vielfaches höher ist.

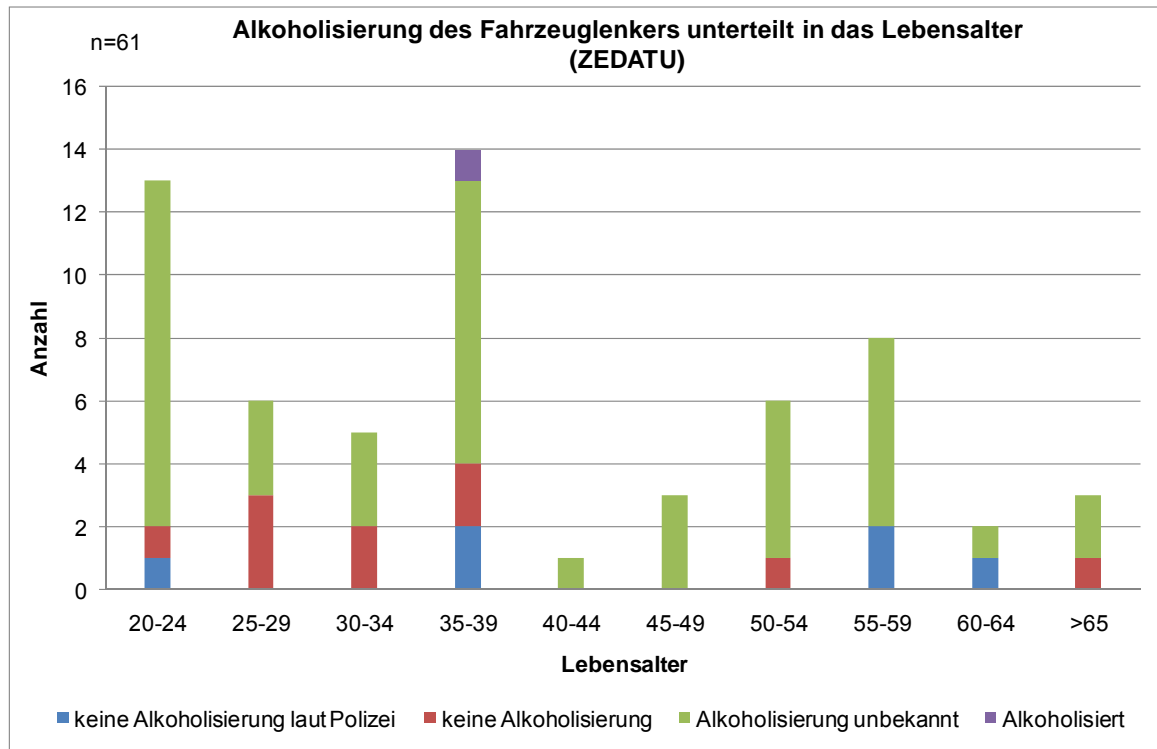


Abbildung 51 Alkoholisierung des Fahrzeuginsassen unterteilt in das Lebensalter (Quelle: ZEDATU)

5.3. Auswertung von Fahrzeugfaktoren

Zur detaillierten Analyse von Fahrzeugfaktoren werden alle Fahrzeuginsassen (verletzte, unverletzte als auch getötet) der 61 untersuchten Unfälle betrachtet. Insgesamt waren dabei 87 Personen beteiligt.

Aus den Verkehrsunfallanzeigen sowie vorliegenden Lichtbildbeilagen erfolgt die Kodierung der Rückhaltesysteme, wie beispielsweise vorhandener Airbag. Diese können im Lenkrad, der Tür, in den Sitzen, etc. verbaut sein. Je nachdem wie gut der Verkehrsunfall dokumentiert wurde, sind diese Informationen in der Unfalldatenbank vorhanden. Insbesondere in der Verkehrsunfallanzeige wird nur das Vorliegen eines Airbags dokumentiert, doch die spezielle Einbaulage nicht weiter beschrieben. Hier können Lichtbilder weitere Informationen liefern.

In 14 Fällen war das Fahrzeugbaujahr nicht bekannt. Dies liegt daran, dass in manchen Fällen das Fahrzeugbaujahr nicht in der Verkehrsunfallanzeige vermerkt wird und somit nicht von der Statistik Austria erfasst werden kann. Ein Grund dieser fehlenden Angabe kann das nicht Auffinden dieser Informationen an der Unfallstelle sein. Ab Baujahr 1996 ist zu erkennen, dass Airbags immer öfters Teil der Sicherheitsausstattung waren (siehe Abbildung 52). Auf Grund der vollständigen Datensammlung aus 2003 und der fortlaufenden Erhebung der

Folgejahre bis 2008 hat der größte Anteil der Fahrzeuge Baujahr noch vor 2001 (siehe Abbildung 53).

Da am hochrangigen Straßennetz in Folge der hohen Geschwindigkeit die Belastung jedoch sehr hoch ist, kann der Airbag den Insassen oft nicht mehr in ausreichendem Maße schützen. Die für die Insassenbelastung maßgebende Geschwindigkeit Δv und der EES- Wert werden in nachfolgenden Diagrammen ausgewertet.

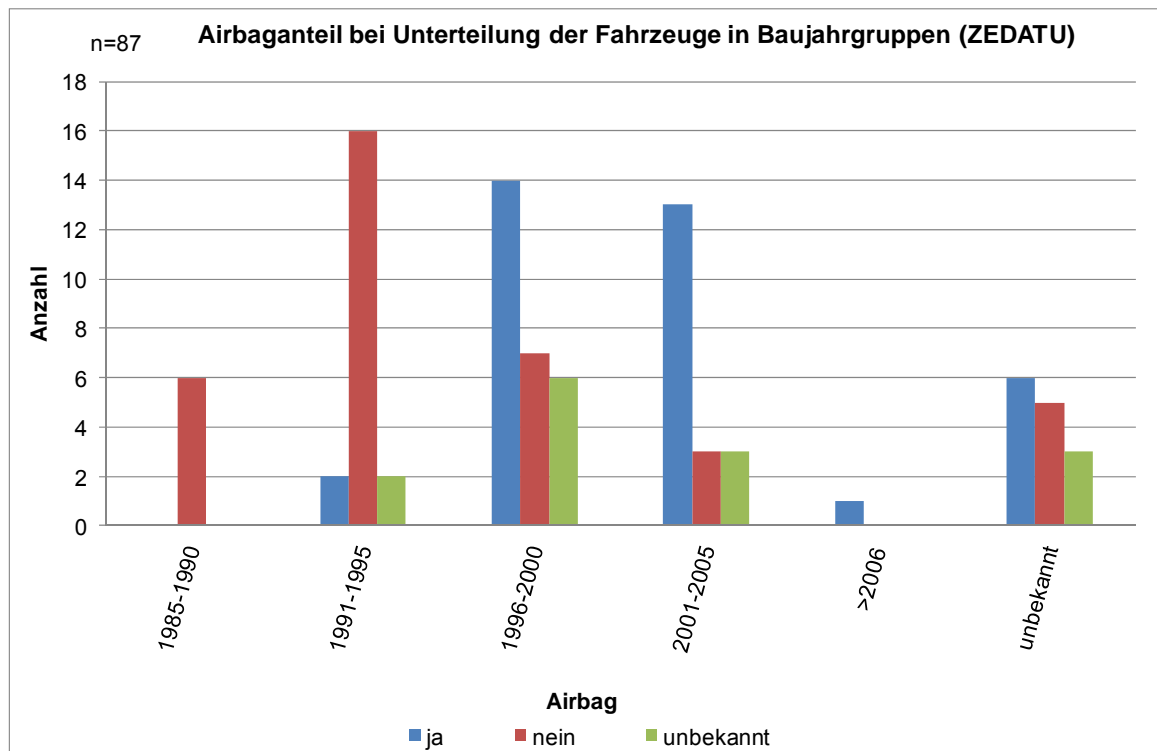


Abbildung 52 Airbaganteil bei Unterteilung der Fahrzeug in Baujahrguppen (Quelle: ZEDATU)

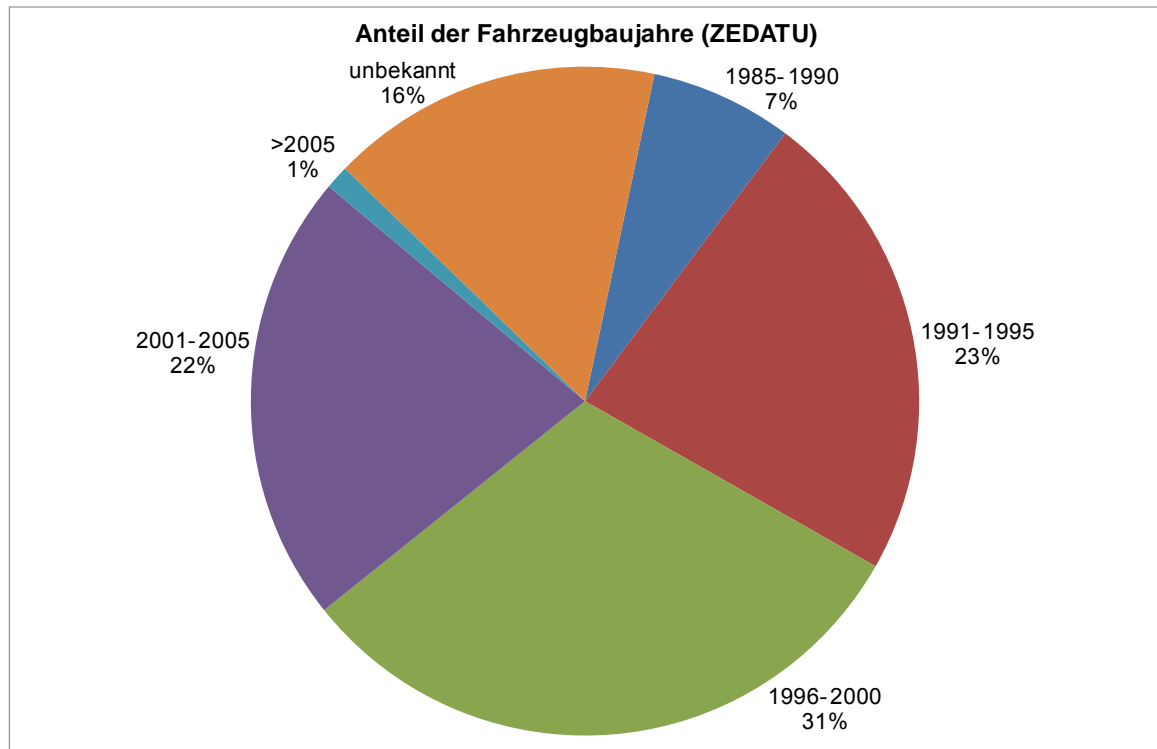


Abbildung 53 Anteil der Fahrzeugbaujahre (Quelle: ZEDATU)

Energy Equivalent Speed - EES

Für die Auswertung der EES standen 34 Fällen zur Verfügung. Betrachten wurden dabei sowohl die erst als auch alle nachfolgenden Kollisionen. Durchschnittlich ergab sich eine EES von ca. 50,9 km/h, wobei keine Unterscheidung der Überdeckung getroffen wurde. Die EES entspricht der Deformationsenergie welche ein Fahrzeug mit derselben Masse und Geschwindigkeit gegen eine starre Barriere aufnimmt. Als Vergleich sei der US- NCAP Test von Fahrzeugen angeführt. Dabei wird das Testfahrzeug mit einer Geschwindigkeit von 56 km/h und 100% Überdeckung gegen eine starre Barriere beschleunigt. Das Risiko schwer verletzt zu werden liegt bei Erreichen von fünf Sternen unter fünf Prozent [4]. Als Vergleich wurde der US- NCAP deswegen, anstatt des Euro- NCAP herangezogen, da in der Auswertung nicht auf die Überdeckung eingegangen wurde und zur Verdeutlichung des hohen Risikos bei hohen Geschwindigkeiten gegen ein starres Hindernis ein Idealfall von 100% Überdeckung angezeigt werden soll. Vielfach ist jedoch die Überdeckung unter 100%. Insbesondere bei geringen Überdeckungen (der Längsträger kann keine Energie aufnehmen, jedoch kann es zum Verhaken bei den Rädern kommen) können tiefe Intrusionen ins Fahrzeuginnere auftreten.

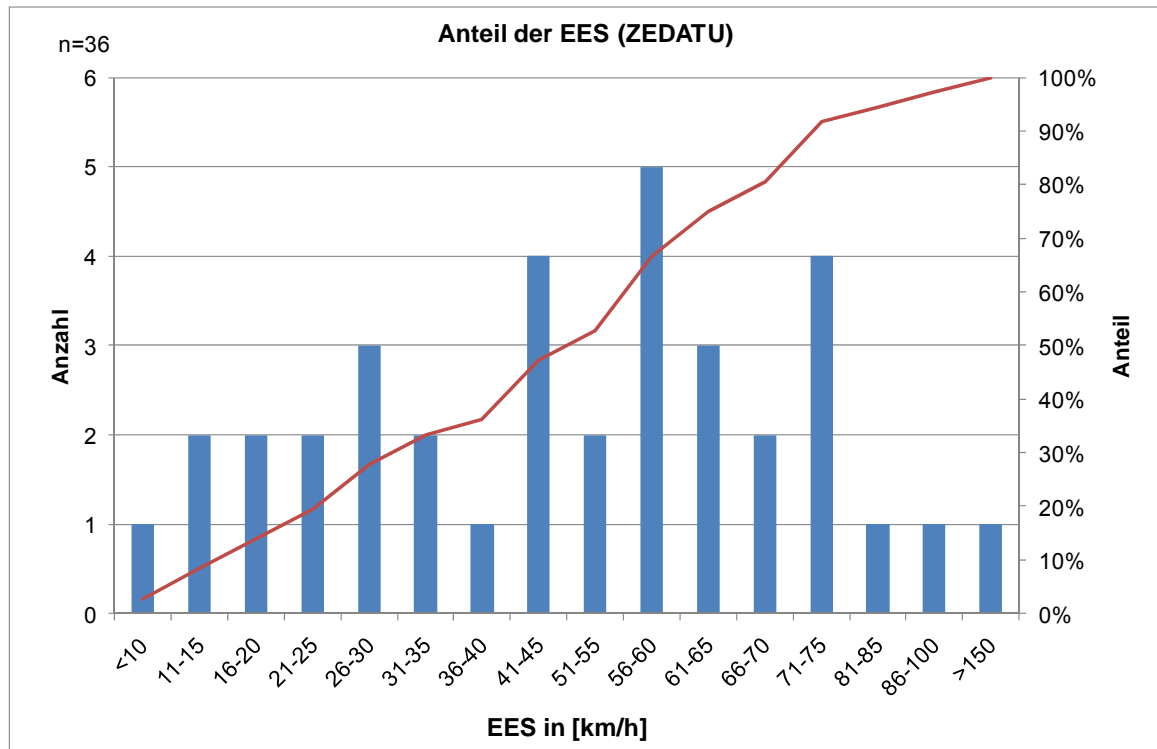


Abbildung 54 Anteil der EES (Quelle: ZEDATU)

Insassenbelastung – Delta v

Der für die Insassenbelastung maßgebliche Faktor ist das Delta v (siehe Abbildung 55). Die durchschnittliche Geschwindigkeitsänderung liegt bei 55,4 km/h. Es ist zu erkennen, dass die Delta v- Wert von kleiner zehn bis zu größer 140 km/h sehr gleichmäßig verteilt sind.

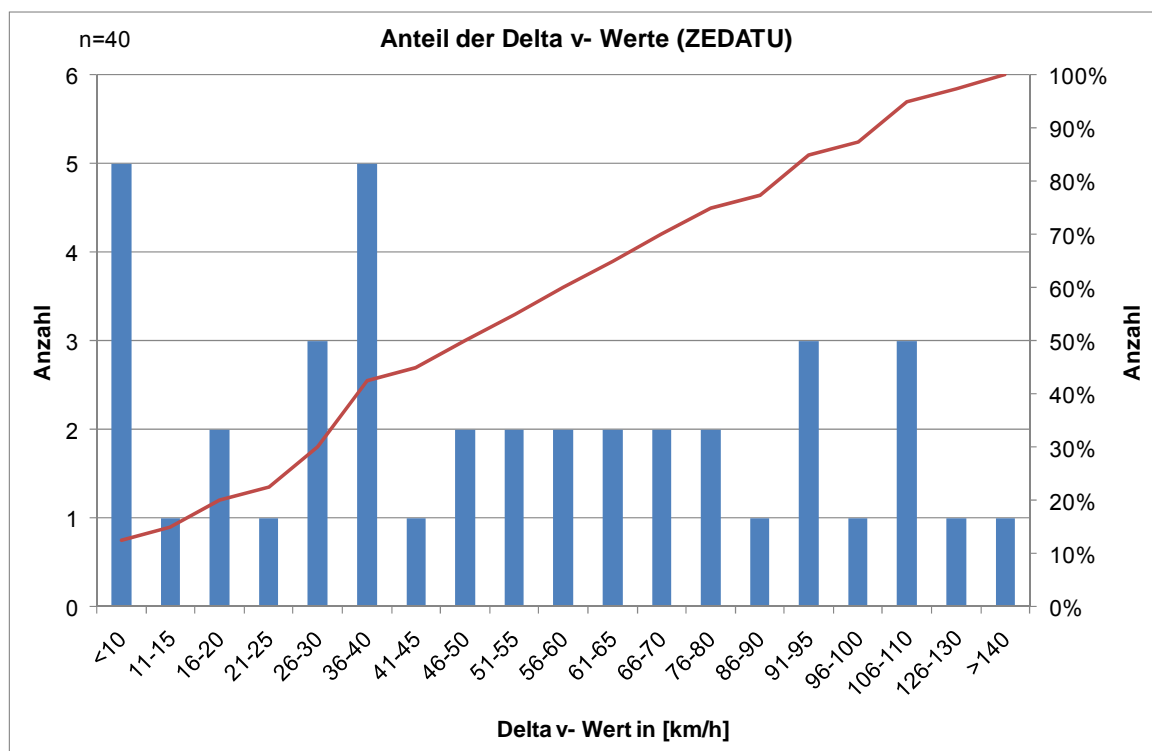


Abbildung 55 Anteil der Delta v- Wert (Quelle: ZEDATU)

5.4. Unfallkausale Risikofaktoren

In der Unfalldatenbank ZEDATU besteht die Möglichkeit, jedem Verkehrsunfall Risikofaktoren zuzuordnen. Oftmals ist es schwierig einen einzigen kausalen Faktor zu identifizieren. Deshalb wird jeder Risikofaktor mit einer unfallkausalen Wahrscheinlichkeit (siehe Tabelle 11) kombiniert und es kann möglich sein das mehrere Faktoren zu einem Unfall beitragen.

Tabelle 11 Unfallkausalitätseinteilung [17]

Unfallkausalität
sehr wahrscheinlich
wahrscheinlich
eher wahrscheinlich
nicht wahrscheinlich

Die in Tabelle 12 aufgelistet Risikoelemente der einzelnen Hauptgruppen geben eine Auszug der vorkommenden Risiken wider. Die Aufteilung des Risikos in die vier Hauptebenen, ergibt mit 55% das größte Risiko durch den Menschen. Die Infrastruktur ist mit 34% das zweithöchste Risiko. Fahrbahnverhältnisse wie beispielsweise eine nasse Straße stellen zwar ein höheres Risiko dar, doch als Auslösefaktoren liegen solche infrastrukturellen Gegebenheiten nur in einem sehr geringen Anteil vor. Vielmehr ist das Fahrverhalten diesen Umständen

anzupassen. Witterung und Lichtverhältnisse (Risikoanteil 8%), sowie Risiken am Fahrzeug (wie techn. Gebrechen, 3%) stellen nur einen geringen Anteil einen Unfall auszulösen dar (siehe Abbildung 56).

Tabelle 12 Anteil der Risikoelemente [17]

Hauptgruppe	Beschreibung
Fahrzeug	techn. Gebrechen
Infrastruktur	Böschung
	Kurve
	Fahrbahnverhältnisse
	Leitschiene
	Leitschienenabsenker
	Tunnelportal
Menschliche Faktoren	Fahrfehler
	Gurt nicht benützt
	Fahrerzustand
	Geschwindigkeit nicht angepasst
	Erfahrung
Witterung und Lichtverhältnisse	Dunkelheit
	Regen/ Niesel

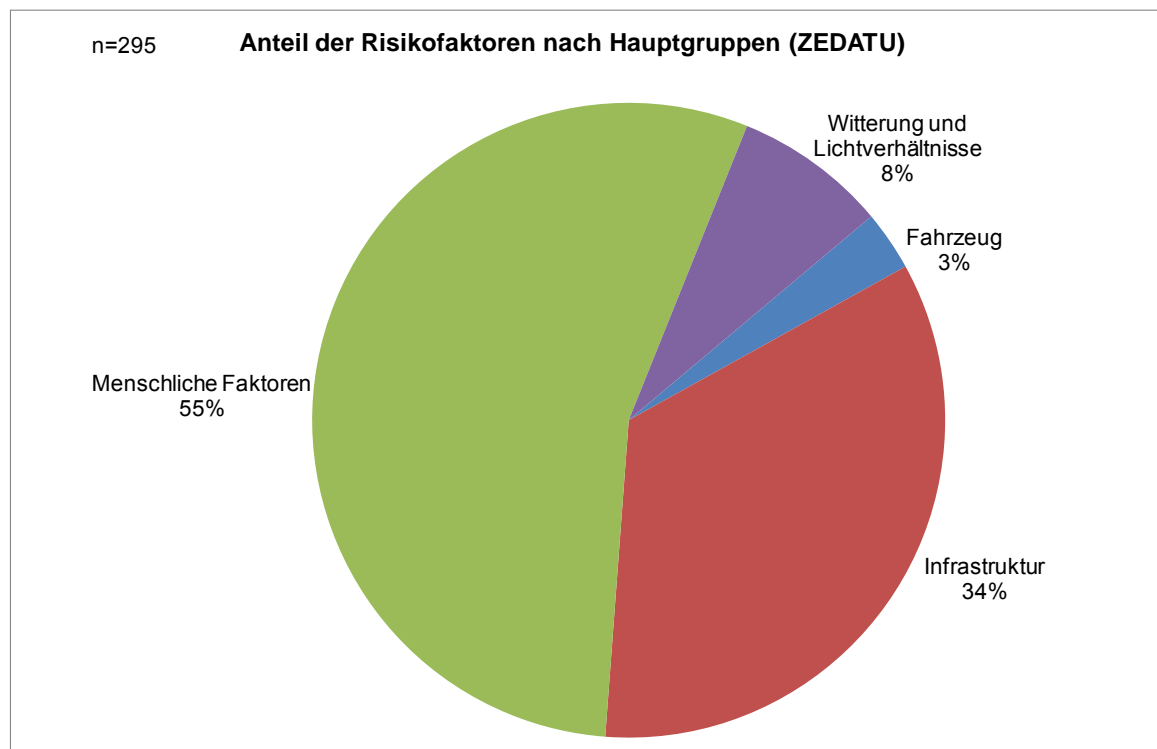


Abbildung 56 Anteil der Risikofaktoren unterteilt in die Hauptgruppen (Quelle: ZEDATU)

In weiterer Folge erfolgt eine Unterteilung der einzelnen Hauptgruppen. Hierbei werden die jedoch die geringen Anteil in Bereich der Witterung und Lichtverhältnisse sowie des Fahrzeuges nicht betrachtet.

Für die Gruppe der Infrastruktur stellte sich ein Risikoanteil von 40% für ein nicht abgesichertes Seitenlayout heraus. Darunter fallen Böschungen, Gräben und starre Kollisionsobjekte. In 23% konnte ein Risiko für die Leiteinrichtung beziffert werden. Leitschiene werde in manchen Fällen zu kurz ausgeführt was zu einem hinter fahren dieser führt. Leitschienenabsenker welche nicht zurückgezogen werden führen beim Überfahren zu einem Abheben des Fahrzeuges. Kurven mit großen Radien welche nicht durch Leitschienen abgesichert werden (Risikoanteil 13%), können im Falle eines Sekundenschlafes zum Abkommen des Fahrzeuges führen.

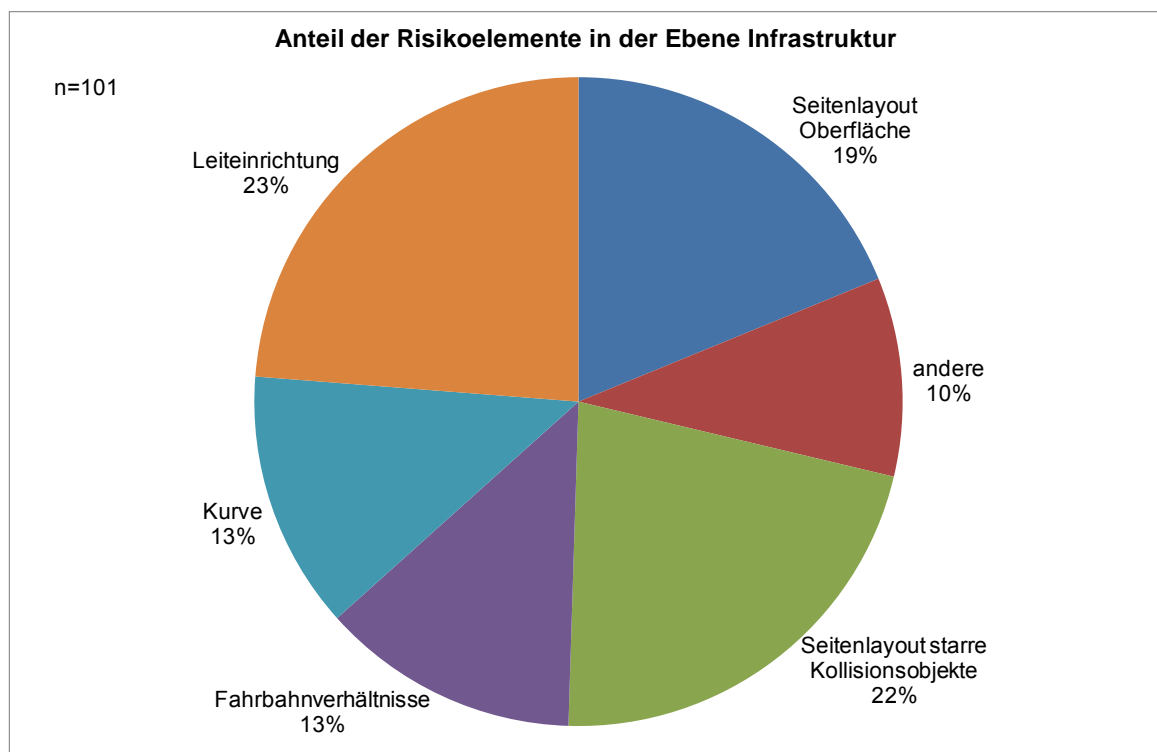


Abbildung 57 Anteil der Risikoelemente in der Ebene Infrastruktur (Quelle: ZEATU)

Fahrfehler, Ablenkung sowie der Fahrzustand beeinflussen sich gegenseitig und ergeben zusammengefasst eine Anteil von über 60%. In 15% stellte sich das nicht verwenden des Gurt als erhöhtes Verletzungsrisiko dar. Alkohol und Erfahrung konnten nur in geringem Anteil als Risiko beziffert werden.

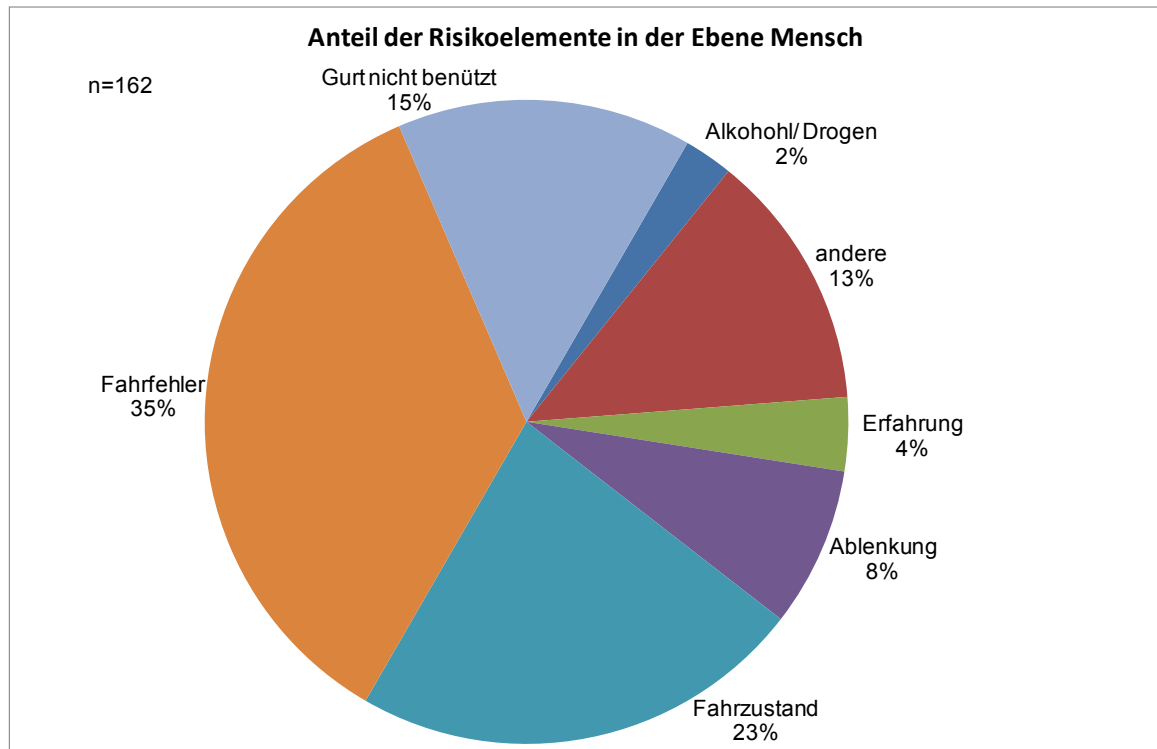


Abbildung 58 Anteil der Risikoelemente in der Ebene Mensch (Quelle: ZEDATU)

Neben Risikoelementen ist vor allem der Unfallkausale Grund von Interesse. Hierfür wurden für die Unfallkausalität nur die Kausalitätspunkte *sehr wahrscheinlich* und *wahrscheinlich* verwendet. Speziell für die betrachteten Verkehrsunfälle konnten nur menschliche Faktoren unfallkausal identifiziert werden. Fahrzeugfaktoren (z.B. techn. Gebrechen) bzw. Infrastrukturfaktoren (z.B. zu hohe zulässige Geschwindigkeitsbeschränkungen) waren in keinem Fall unfallkausale Gründe. Als eine der Hauptursachen stellten sich Übermüdung bzw. Sekundenschlaf heraus, gefolgt von Fahrfehlern. Überhöhte Geschwindigkeit und hier als andere (nicht näher bestimmte Aufmerksamkeitsursachen) bezeichnete Faktoren kamen jeweils achtmal vor.

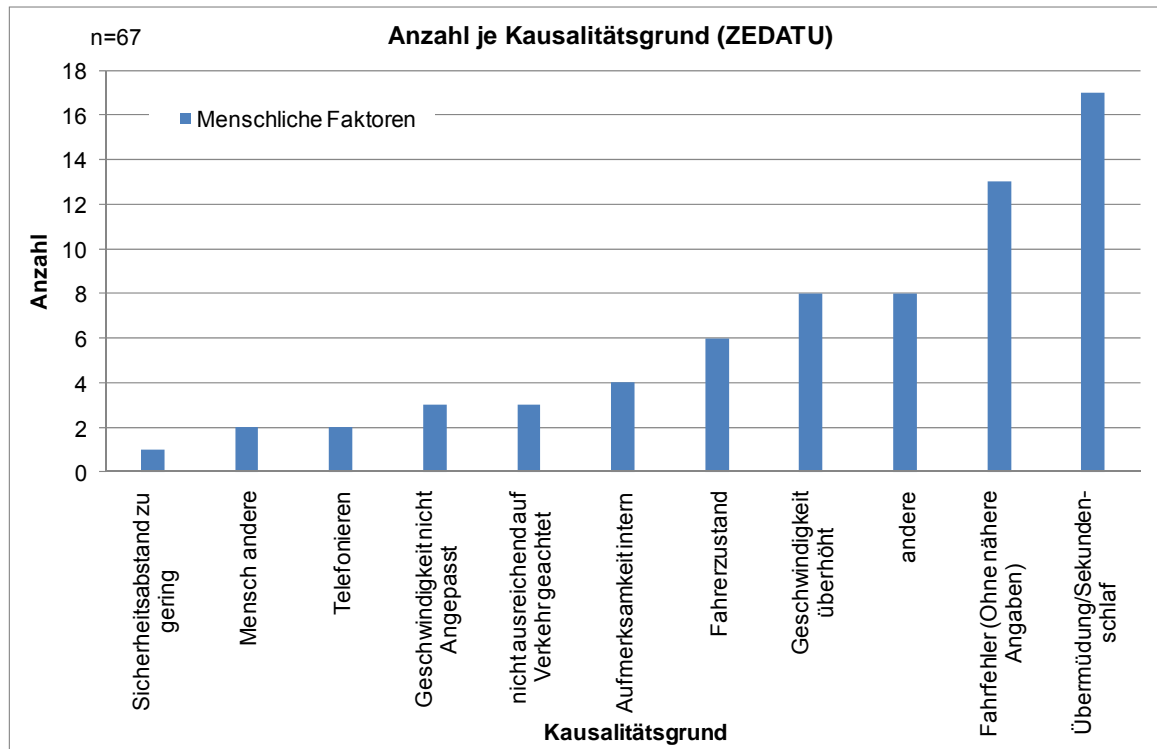


Abbildung 59 Kausalitätsgründe (Quelle: ZEDATU)

6. Diskussion der Ergebnisse

In diesem Kapitel werden die im vorherigen Kapitel ausgewerteten Ergebnisse hinterfragt und kommentiert. Wie bereits zuvor erfolgt eine Unterteilung in die drei Ebenen (Fahrzeug, Mensch, Infrastruktur). Abschließend werden die Unfallkausalen Risikofaktoren interpretiert.

6.1. Diskussion der Ebene Infrastruktur

Die Realunfallauswertung der ZEDATU hat gezeigt, dass vor allem der Anteil des Abkommens in einer Kurve deutlich höher liegt als jener der Statistik Austria. Der Anteil der beim Abkommen rechts und links auf einer Geraden der nationalen Statistik ist deutlich höher als durch die Realunfallauswertung herausgefunden wurde. Es wird daher vermutet, dass der Grund für diese Abweichung in der unzureichenden Beurteilung der Gesamtunfallstelle liegt. Insbesondere große Kurvenradien, welche am hochrangigen Straßennetz vorliegen werden nicht erkannt und bleiben somit unberücksichtigt. Dabei wurden bereits Kurvenradien ab einem Radius von 500 Metern als gerades Straßenstück dokumentiert.

Man würde vermuten, dass neben Autobahnen und Schnellstraßen keine Bäume gepflanzt werden bzw. als Kollisionsobjekte in Frage kommen. Doch konnten als Gefahrenobjekte auch Baumkollisionen erkannt werden. Diese sind zwar nicht in unmittelbarer Nähe zur Fahrbahn, doch kann es trotzdem zu Kollisionen kommen. Häufig sind auch fallende und steigende Böschungen problematische Hindernisse. Stark steigende Böschungen können als „echte“ Kollisionsobjekte gelten und fallende Böschungen führen zu Überschlägen. Dabei ergab die Auswertung der Risikoelemente einen Anteil von etwa 40% für das Seitenlayout der Straße.

Leiteinrichtungen wurden als die häufigsten Kollisionsobjekte in dieser Studie identifiziert und haben auch den geringsten seitlichen Abstand zur Fahrbahn. Eine falsche Gestaltung der Leiteinrichtung kann jedoch zum hinter fahren, bzw. überfahren von Leitschienenabsenker führen. Die Risikoauswertung ergab dabei einen Risikoanteil von etwa einem Viertel für die Leiteinrichtung. Eine optimierte Ausführung (nach hinten ziehen von Leitschienenabsenker, länger Leitschiene, etc.) von Leitschienen ist daher unbedingt nötig.

Je weiter Gefahrenquellen von der Fahrbahn entfernt sind, desto unwahrscheinlicher ist auch eine mögliche Absicherung durch eine Leiteinrichtung. Dies wird aus der Gegenüberstellung der kumulierten seitlichen Abstände von Hindernissen (mit und ohne Berücksichtigung der Leiteinrichtung) vermutet. Ab

einem seitlichen Hindernisabstand von fünf Metern liegen aber immerhin noch 18% aller Kollisionsobjekte.

Der häufigste Kollisionsgeschwindigkeitsbereich liegt zwischen 91 und 100 km/h. Insbesondere für die Auslegung von Straßenrückhaltesystemen der EN 1317 ist dies von Interesse. Einerseits können Realunfalluntersuchungen zur Bestätigung der Norm und andererseits bei starker Abweichung von Realität und Richtlinie zur Überarbeitung herangezogen werden.

Eine zeitliche Betrachtung vom Abkommen bis zur Kollisionen ergab, dass innerhalb von zweieinhalb Sekunden nahezu 70% der Kollisionen stattfinden. Die restlichen 30% haben eine längere Zeitspanne. Es wird angenommen, dass der Fahrer zum Reagieren (z.B. Bremsen, Lenken, etc.) etwas zweieinhalb Sekunden benötigt. Zur Verminderung bzw. Minderung von Unfallfolgen (ohne Fahrerassistenzsysteme) hätten somit 30% der Fälle adressiert werden.

6.2. Diskussion der Ebene Fahrzeug

Eine nähere Betrachtung der Ebene Fahrzeug ergab, dass die durchschnittliche EES der untersuchten Unfälle bei 50,9 km/h lag. Dieser hohe Wert und die Tatsache das es nur in den wenigsten Fällen zu einer Überdeckung von 100% kam und auch die Stoßrichtung variiert, erklärt warum trotz ähnlich Testgeschwindigkeit im US- NCAP es zu tödlichen Unfällen gekommen ist. Man muss außerdem das Fahrzeugalter in die Betrachtung einfließen lassen. Die Fahrzeuge wurden zwischen 1985 und 2006 gefertigt. Das zumeist hohe Fahrzeugalter resultiert aus der bereits jetzt abgeschlossenen Untersuchung für 2003 und die nur geringe Anzahl der ausgewertet Unfälle der folge Jahre. Neuere Fahrzeuge sollten bei gleichen Crashbedingungen aufgrund verbesserter passiver Sicherheitsstandards glimpflicher ausgehen.

Die mittlere Geschwindigkeitsänderung lag bei 55,4 km/h. Jedoch kann es auch bei kleineren Geschwindigkeitsänderungen infolge geringer Überdeckung zu großen Intrusionen kommen, welche zu gefährlichen bzw. tödlichen Verletzungen führen können.

6.3. Diskussion der Ebene Mensch

Obwohl keine vollständige Datenerhebung am hochrangigen Straßennetz vorlag, konnte trotzdem eine Tendenz von Überschlagsunfällen abgeleitet werden. Speziell für Insassen welche sich nicht angurten, stellt ein Überschlag ein zusätzliches Risiko dar. Während des Überschlages können diese aus dem

Fahrzeug geschleudert werden. Dies konnte aus der Analyse des Gurtanlegeverhaltens erkannt werden. Auch wenn es bei der Benützung des Sicherheitsgurtes zu einem teilweisen Rausschleudern des Insassen aus dem Fahrzeug kommen kann, wurden alle Insassen, welche den Sicherheitsgurt nicht anlegten, während eines Überschlags aus dem Fahrzeug geschleudert. Dabei zeigt die Auswertung der Risikofaktoren, dass in 15% ein nicht verwenden des Gurtes, ein erhöhtes Verletzungsrisiko darstellt.

Nur ein einziger Fall eines alkoholisierten Fahrzeuglenkers konnte in der Auswertung festgestellt werden. Bei tödlich verletzten Lenkern ist nach österreichischer Rechtslage die Blutabnahme nicht erlaubt. Die Dunkelziffer an Alkolenkern dürfte daher höher liegen.

7. Maßnahmen und Empfehlungskatalog

Nachfolgende Punkte konnten aus der Analyse der gewonnenen Daten abgeleitet werden. Dabei können einige Maßnahmen möglicherweise einen Unfall verhindern und andere können dazu beitragen die Folgen zu mindern. Maßnahmen können sich dabei auf die primäre oder aktive Sicherheit (Unfall vermeiden) bzw. auf die sekundäre oder passive Sicherheit (Unfallfolgen mindern) beziehen.

Aus den untersuchten Fällen wird der Spurhalteassistent (LDW – Lane Departure Warning) und ESP als Fahrassistenzsysteme mit hohem Potential identifiziert. Ein hohes Potential in der Ebene Menschen liegt in der häufigen Kontrolle durch die Polizei. Hier müsste an den kritischen Stellen überwacht werden und vermeintliche Verkehrssünder über deren Verhalten und möglicher Konsequenzen aufgeklärt werden. Andernfalls wird ein Abstrafen (ohne Begründung) als reine „Abzocke“ empfunden. Rüttelmarken, die wie LDW- Systeme den Fahrer beim Verlassen der eigentlichen Fahrspur warnen, werden mit einem hohen Sicherheitspotential in der Infrastrukturebene erkannt (siehe Abbildung 60).

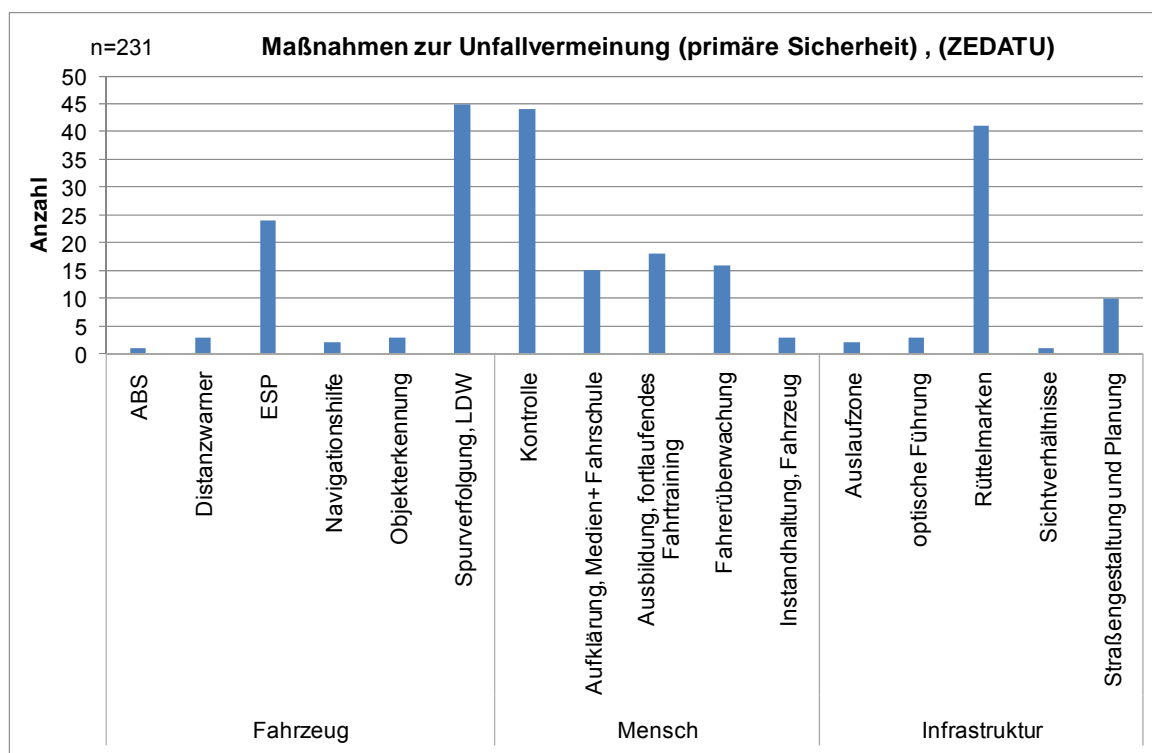


Abbildung 60 Maßnahmen zur Unfallvermeidung (primäre Sicherheit) [17]

Die Sekundäre (passive) Sicherheit, soll den Ausgang im Falle eines Unfalles verbessern, d.h. die Verletzungsschwere und folgen mindern. Dabei würde die Ausstattung von Fahrzeugen mit Airbags und in einer verbesserten Fahrzeugstruktur in sehr vielen Fällen die Verletzungsschwere reduzieren. Es

muss aber auch darauf hingewiesen werden, dass bei dieser Auswertung das durchschnittliche Fahrzeugalter 1997 ist und sich die Ausstattung von Fahrzeugen mit Airbags in den letzten Jahren wesentlich geändert hat. Der Mensch kann am meisten für seine Sicherheit betragen, wenn er den Sicherheitsgurt immer verwenden würde. In sehr vielen Unfällen und hierbei insbesondere in Unfällen mit tödlichem Ausgang ist der Sicherheitsgurt nicht angelegt. Wie die Auswertung der Kollisionsobjekte bereits verdeutlichte, ist ein großer Anteil nicht durch Leiteinrichtungen abgesichert. Durch Absichern möglicher Kollisionsobjekte und kritischen Böschungen mit Leitschienen und das Aufstellen von Crash-Cushions vor Tunnelportalen, Brückenpfeilern und anderen nicht nachgiebigen Straßenobjekten, können die Unfallfolgen gemildert werden (siehe Abbildung 61).

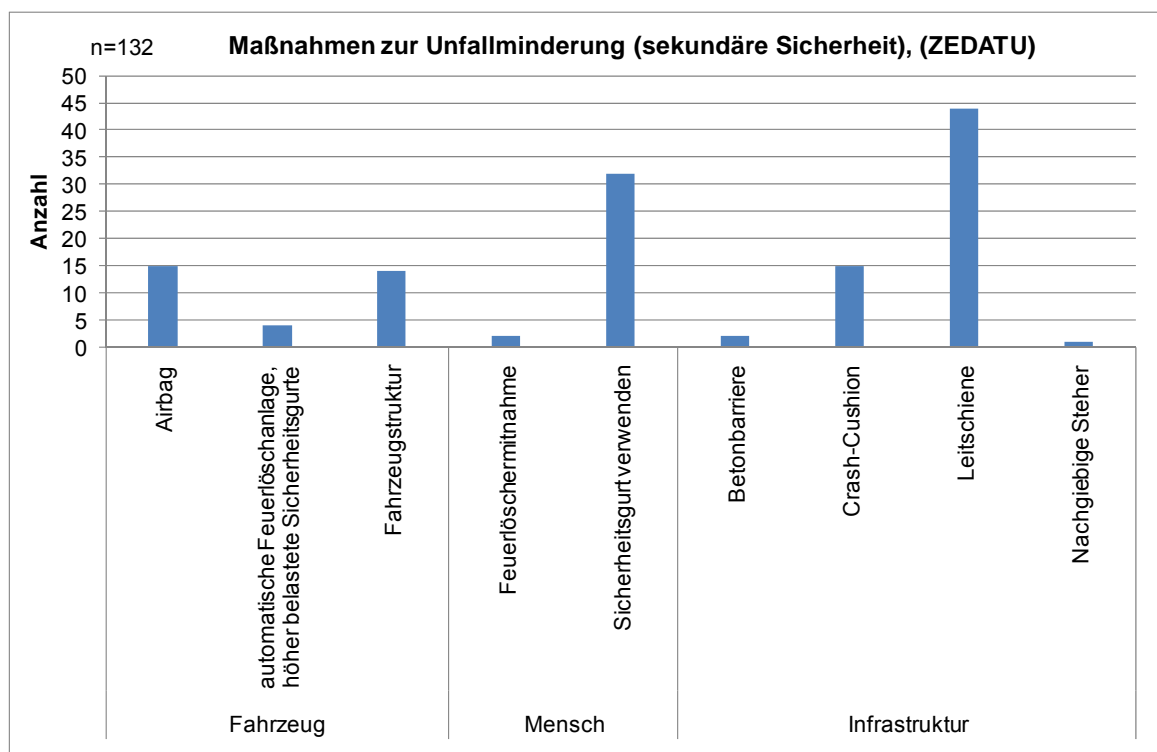


Abbildung 61 Potential zur Unfallvermeidung (sekundäre Sicherheit) [17]

7.1. Maßnahmen am Fahrzeug

Spurhalteassistenten (LDW) warnen den Fahrer beim Verlassen der eigentlichen Fahrbahn. Die Systeme sind derzeit hauptsächlich für die Oberklasse und auch für Nutzkraftwagen verfügbar. Für die Funktion werden eindeutige Fahrbahnmarkierungen links und rechts der Fahrbahn benötigt. Die Warnung kann akustisch oder durch leichte Vibrationen am Lenkrad erfolgen. Es gibt auch Systeme, die eine elektronische Lenkeingriff vornehmen, um das Fahrzeug in der Mitte der Fahrspur zu halten [19].

Bei **Navigationsystemen** muss unterschieden werden zwischen den bereits bekannten klassischen Systemen, welche für die Navigation eingesetzt werden und Systemen, welche zukünftig vor gefährlichen Straßenabschnitten warnen. Mit Hilfe eines Unfallstellenmanagements könnten potentielle Gefahrenquellen bereits in das Navigationssystem integriert werden. Der Fahrer kann sich somit rechtzeitig auf die Situation einstellen. Forschungen für selbstständiges fahren durch GPS-Navigation stehen noch am Anfang. Diese sollen in Zukunft das vollautomatische Fahren ermöglichen.

Abstandsradar ermöglicht das Erkennen von Hindernissen und leitet wenn nötig eine selbstständige Bremsung ein. Dabei unterscheidet man zwischen zwei Systemen. Ein System regelt automatisch den Abstand bei Kolonnenfahrt. Das andere System arbeitet im niedrigen Geschwindigkeitsbereich und leitet bei plötzlich auftretenden Hindernissen eine selbstständige Bremsung ein. Derzeit gibt es Systeme die nur eine Teilbremsung einleiten (z.B. 25%, 50% der Bremsleistung) und solche die bis zur Vollbremsung regeln [20].

Seatbelt reminder geben ein akustische Signal bei nicht anlegen des Gurtes oder sie zeigen am Armaturenbrett an, dass der Gurt nicht angelegt wurde. Auf jeden Fall müssen Systeme eingebaut sein, welche ein Umgehen des Warnsignals nicht zulassen.

Verstärkte Fahrzeugstruktur kann einen Kollaps bzw. große Intrusionen in das Fahrzeuginnere verhindern bzw. verringern.

Alkokeys verhindern das Starten des Motors durch einen Alkoholschnelltest vor Inbetriebnahme des Fahrzeuges. Fällt dieser negativ aus wird die Wegfahrsperrung entriegelt und der Motor lässt sich starten, ansonsten nicht. Dieses System ist jedoch jetzt noch nicht verpflichtend und weist auch noch Schwächen auf. Alkokeys benötigen noch weitere Verbesserungen, um ein Umgehen des Systems zu verhindern [1].

7.2. Maßnahmen für den Menschen

Ausbildung/ Weiterbildung: Im Bereich der Führerscheinausbildung gibt es in Österreich seit 1. Jänner 2003 die Mehrphasenführerscheinausbildung [2]. Dabei

muss der Führerscheinneuling nach erfolgreich abgelegter Führerscheinprüfung innerhalb des ersten Jahres zweimal eine Feedback-Fahrt mit einem Fahrlehrer durchführen und einmal an einem Fahrsicherheitstraining teilnehmen. Dadurch kann auf etwaige Fehler aufmerksam gemacht werden und diese dadurch in Zukunft vermieden werden. Durch Einführung von vorgeschriebenen Fahrsicherheitstrainings könnten Fahrzeuglenker leichter mit Gefahrensituation umgehen. Freiwillige Gesundenuntersuchungen von älteren Fahrzeuglenkern könnten präventiv helfen deren eigene Fahrtüchtigkeit als möglicherweise risikohaft einzuschätzen. Als Konsequenz könnten diese auf das Lenken eines Fahrzeuges verzichten.

Geschwindigkeitskontrollen bieten vor allem in Bereichen in denen vermehrt Unfälle passieren eine gute Möglichkeit diese zu verringern. Bereits eine Ankündigung von Geschwindigkeitsüberwachungen veranlasst Fahrer die Geschwindigkeit zu reduzieren.

Bewusstseinsbildung muss und kann durch Medien und Fahrschulen erfolgen. Eine Bewusstseinsbildung startet bereits in der Volksschule, sollte aber im weiteren Alter begleitend sein. Ein gezieltes Hinweisen auf Gefahren im Straßenverkehr und die Entstehung dieser, soll Abschrecken und dadurch die Menschen zum Denken veranlassen um diese in Zukunft zu vermeiden.

Pupillomaten erkennen ein vermehrtes Zufallen der Augen und geben somit Aufschluss über den Müdigkeitszustand des Fahrers. Die Kontrolle erfolgt dabei durch die Polizei. Übermüdete Fahrer können dadurch aus dem Straßenverkehr gezogen werden. Fahrzeug intern kann durch Kameras die Augenbewegung erfasst werden und bei vermehrtem Augenzuslag ein Warnsignal ertönen. Eine weitere Möglichkeit besteht in der Überwachung des Herzschlages durch Sensoren am Lenkrad. Dabei deutete eine sinkende Herzfrequenz auf die Übermüdung des Fahrers hin [3].

Shuttle Buse am Wochenende können die Zahl der Alkolenker reduzieren. Sie bieten eine kostengünstige Alternative zu normalen Taxis und würden dadurch mehr Personen dazu bewegen, diese in Anspruch zu nehmen und nicht auf das eigene Fahrzeug zurück zugreifen. Es kann jedoch davon ausgegangen werden, dass diese Maßnahme mehr Potential am niedrigrangigen Straßennetz als am hochrangigen Straßennetz hat. Durch das Bereitstellen von gratis Shuttle Busen

im Umkreis von einigen Kilometern um eine Veranstaltung, würden diese an Attraktivität gewinnen. Die Finanzierung könnte durch die Politik erfolgen.

7.3. Maßnahmen an der Infrastruktur

Straßengestaltung und Planung: Darunter fällt vor allem die Verbesserung der naheliegenden Straßenumgebung. Bei der Neuplanung von Straßenabschnitten und Instandhaltung ist das Absichern oder Entfernen von nicht nachgiebigen Objekten wie Bäume oder Pfosten zu berücksichtigen. Die Verwendung von nachgiebigen Verkehrszeichen die leicht überfahren werden können, müssen an Stellen verwendet werden, an denen keine Absicherung der Verkehrsanlage möglich ist. Es hat sich gezeigt, dass es zu vielen Unfällen in Kombination mit ungesicherten Böschungen kommt. Diese Unfallumstände sind detaillierter zu untersuchen und geeignete Maßnahmen auszuarbeiten. Ein großes Potential liegt in der Gestaltung von **Leiteinrichtungen** [16]. Das Überfahren von Leitschienenabsenker könnte durch integrieren der Leitschiene in Böschungen bzw. zurückziehen dieser verringert werden. Vor allem am niedrigrangigen Straßennetz würde der Einsatz von Motorrad optimierten Leitschienen die Zahl der schwer bzw. tödlich Verletzten verringern. Motorrad optimierte Leitschienen würde ein durchrutschen oder Kontakt mit dem Leitschienensteher im Falle eines Sturzes verhindern.

Rumble Strips warnen den Fahrer beim unbemerkten Verlassen der Straße. Die Warnung erfolgt dabei akustisch durch Vibration des Fahrzeuges. Vor allem in lang gezogenen Kurven sollten diese eingesetzt werden. An diesen Stellen kommt es vor allem durch eintretenden Sekundenschlaf zum Verlassen der Fahrbahn. Durch Rüttelstreifen werden alle Verkehrsteilnehmer (unabhängig des eingebauten Fahrassistenzsystems im Fahrzeug) adressiert.

Straßenmarkierungen müssen eindeutig erkennbar und leicht zu interpretieren sein. Dies stellt eine kostengünstige jedoch wirkungsvolle Sicherheitsmaßnahme dar. Gute Straßenmarkierungen und Reflektoren am Straßenrand helfen den Straßenverlauf besser zu erkennen.

Crash Cushion vor Tunnelportalen, Brückenpfeilern und anderen nicht nachgiebigen Straßenobjekten, welche nicht entfernt werden können, nehmen

hohe Energie bei einer Kollision auf und reduzieren dadurch die Fahrzeugbelastung um ein vielfaches.

8. Zusammenfassung und Ausblick

Tödliche Verkehrsunfälle auf Autobahnen und Schnellstraßen sind geprägt durch die beiden Unfalltypen „Unfälle im Richtungsverkehr“ (ungefähr 35%, 2002-2009) und „Abkommensunfälle“ (ungefähr 45%, 2002-2009). In dieser Arbeit wurden PKW Abkommensunfälle näher untersucht und mögliche Maßnahmen zur Vermeidung dieser Unfälle bzw. Minderung der Verletzungsschwere diskutiert. Hierfür wurden zirka 60 Abkommensunfälle unfalltechnisch rekonstruiert und anschließend statistisch ausgewertet. Aus der Unfallrekonstruktion wurden Parameter wie beispielsweise Abkommensgeschwindigkeiten oder –winkel, Kollisionsgeschwindigkeiten oder –Überdeckung, etc. ermittelt. Aus Gerichtsakten bereits abgeschlossener tödlicher Verkehrsunfälle, standen unterschiedlich gut dokumentierte Abkommensunfälle zur Verfügung. Besonders bei Unfällen mit nur einem Beteiligten ist die Dokumentation nicht optimal. Eigenverletzung ist in Österreich nicht strafbar und somit wird die weitere Erhebung durch die Exekutive eingestellt. Weitere Parameter für eine Auswertung waren in Bezug zur Seiteninfrastruktur erhoben. Dazu zählen beispielsweise Kollisionsobjekte und deren Abstand zur Fahrbahn, Kurvenradien, etc.

Das Ziel war auf Grund von vorliegenden Unfallvariablen, insbesondere Daten der Infrastruktur (z.B. Kurvenradius, Seitenobjekte, etc.) einen Gefährdungskatalog mit einem einfachen Bewertungsschema zu entwickeln. Ähnlich dem Bewertungsprogramm des EuroRAP, sollte in diesem Schema nach dem Notensystem ein potentiell gefährdeter Straßenabschnitt leicht aufgezeigt werden können. Das EuroRAP-Programm unterteilt die Straßen, ähnlich wie die NCAP Test, in Kategorien. Dabei werden zwischen einem und fünf Sterne vergeben. Straßen mit fünf Sternen bieten dabei die höchste Sicherheit. Durch Straßeninspektionen werden detaillierte Aufzeichnungen der Straßenbedingungen und der umliegenden Infrastruktur vorgenommen und anschließend bewertet. Den Straßenerhalter werden aus den gewonnenen Daten Vorschläge zur Verbesserung der Straße gegeben. Während der Untersuchung stellte sich jedoch heraus, dass die Anzahl an Abkommensunfällen dafür noch zu gering ist und ein derartiges „Star-Rating“ nicht möglich ist. Daher wurde die anschließende Auswertung auch auf die Elemente Mensch und Fahrzeug erweitert.

Die Unfallparameter der Rekonstruktion und weitere Variablen (Infrastruktur, Mensch, Fahrzeug) wurden in der Unfalldatenbank ZEDATU gespeichert und statistisch aufbereitet. So konnte im Vergleich mit Daten der Statistik Austria erkannt werden, dass vermeintliche Unfälle auf geraden Straßenabschnitten tatsächlich aber in Kurven stattfanden. Bereits bei einem Kurvenradius von 500 Metern wurde in der nationalen Statistik der Straßenabschnitt fälschlicherweise als Gerade eingetragen. Die Gründe liegen hierfür vermutlich in

der zu lokalen Betrachtung der Unfallstelle durch die Exekutive. Durch eine orthogonale Darstellung des Straßenverlaufs (www.geoland.at) konnten auch Kurvenradien ermittelt werden. Insbesondere bei Unachtsamkeit oder Übermüdung ist der Straßenverlauf, und sei es ein großer Kurvenradius von beispielsweise 3.000 Metern, ein entscheidender Faktor. Gerade hier sind niedrige Abkommenswinkel zu verzeichnen. Ein rechtzeitiges Erkennen des Verlassens der Fahrbahn durch LDW oder Rumpelmarkierungen würde sich entscheidend auf den Ausgang des Verkehrsunfalls auswirken, oder im günstigsten Fall sogar vermeiden.

Die weitere Auswertung zeigte einen besonders hohen Anteil an ungesicherten Böschungen. Mit einem Fünftel stellen diese Gefahrenstellen den höchsten Anteil dar. Bei steilen steigenden Böschungen konnten „echte“ Kollisionen erkannt werden, flache Seitengegebenheiten und leicht fallende (befahrbare) Böschungen führen bei starken Lenkbewegungen zum Verhaken der Räder im Untergrund und lösen Fahrzeugüberschläge aus.

Obwohl angenommen werden könnte, dass es neben der Fahrbahn am hochrangigen Straßennetz zu keinen Kollisionen mit Bäumen kommen kann, wurde in der näheren Betrachtung der Abkommensunfälle etwa 15% Baumkollisionen festgestellt. Diese haben zwar im Vergleich zu anderen Kollisionsobjekten einen weiteren Abstand zur Fahrbahn, doch konnten trotzdem Kollisionen bemerkt werden. Die Leitschiene hat einen durchschnittlichen Abstand zur Fahrbahn von ca. 1,7 Meter. Ungesicherte Objekte befinden sich im Durchschnitt ca. 4,6 Meter von der Fahrbahn entfernt.

Die mittlere Kollisionsgeschwindigkeit liegt bei ca. 94 km/h. Wird zwischen Kollisionen mit Leitschienen und ungesicherten Gefahrenobjekten unterschieden, so ergibt sich eine mittlere Kollisionsgeschwindigkeit für Leitschienen von ca. 106 km/h und für ungesicherte Objekte ca. 87 km/h. Dieser Unterschied kann mit den von der Fahrbahn weiter entfernt befindlichen ungesicherten Objekten erklärt werden. Die Kollisionsgeschwindigkeit bei Leitschienen ist insbesondere für die Auslegung von Rückhaltesystemen an Straßen vgl. EN 1317 relevant. Die in dieser Norm vorgesehene Anprallgeschwindigkeit liegt für ein Fahrzeug mit einer Masse von 1.300 kg bei 110 km/h und für ein Fahrzeug mit 900 kg bei 100 km/h. Die Realunfallsituation zeigt eine gute Übereinstimmung des Unfallgeschehens mit den Anforderungen der Norm. Der Anprallwinkel für den Anpralltest nach EN 1317 liegt bei 20° und kann aus Sicht des Realunfallgeschehens mit Abkommenswinkel – entsprechen bei Leitschienenkollisionen in etwa auch dem Kollisionswinkel – bestätigt werden.

Werden Faktoren betrachtet, welche der Mensch direkt beeinflussen kann (neben der Wahl der geeigneten Geschwindigkeit), so zeigt sich ein mangelndes

Gurtanlegebewusstsein. Speziell bei Überschlagsunfällen können die Insassen aus dem Fahrzeug geschleudert und in weiterer Folge vom Nachfolgeverkehr überrollt werden. Die Daten der ZEDATU zeigen, dass speziell bei Überschlagsunfällen nicht angegurtete Insassen aus dem Fahrzeug geschleudert wurden. Hingegen konnte in nur zwei Fällen auch ein hinausschleudern der Insassen bei Anlegen eines Gurtes festgestellt werden. Hierbei kam es allerdings zum Versagen des Gurtes. Selbst bei Unfällen ohne Überschlag konnte festgestellt werden, dass Insassen aus dem Fahrzeug geschleudert werden.

Abschließend wurden Risikofaktoren und unfallkausale Umstände zugeordnet. Maßgebliche Risikofaktoren sind dem Menschen zuzuordnen (~55%). Den zweitgrößten Anteil an Risikofaktoren ergibt sich aus den infrastrukturellen Gegebenheiten (~34%). Der Rest teilt sich auf Licht- und Wetterbedingungen (~8%) sowie fahrzeugtechnische Gebrechen (~3%) auf. Aus diesen Risikofaktoren wurden die unfallkausalen Faktoren abgeleitet. Für das Zustandekommen eines Verkehrsunfalls ist es allerdings nicht immer einfach eine einzige Größe zu bestimmen. Vielmehr ist es eine Kombination aus mehreren Umständen. Aus den betrachteten Abkommensunfällen scheint hauptsächlich der Mensch die unfallkausale Größe zu sein. Mit Übermüdung und Fahrfehler wird fast die Hälfte der Unfälle adressiert. Eine weitere Größe bildet die überhöhte bzw. nicht angepasste Geschwindigkeit. Unzureichende Aufmerksamkeit ist als drittgrößter Faktor unfallkausal.

Obwohl für die in dieser Studie untersuchten Unfälle hauptsächlich der Mensch verantwortlich scheint, sind doch eine große Anzahl an Kollisionsobjekten neben der Fahrbahn ungesichert. Fast die Hälfte der Kollisionsobjekte am Straßenrand war ungesichert. Auch spielt der Straßenverlauf eine große Rolle. So sind Kurven als Risikofaktor einzustufen, da besonders bei mangelnder Aufmerksamkeit oder Übermüdung ein Abkommen mit niedrigem Abkommenswinkel erfolgt. Diese Unfallumstände zeichnen sich für den größten Teil der menschlichen Faktoren (~35%) aus. Ein rechtzeitiges Erkennen der Gefahr und Einleiten von Gegenmaßnahmen kann im günstigsten Fall diese Art an Unfällen und Unfallumständen verhindern.

Als Prioritätenliste aus den Erkenntnissen der gegenständlichen Untersuchung sind folgende Maßnahmen zu überlegen:

- 1) Vermeidung von Unfällen bei mangelnder Aufmerksamkeit und Übermüdung durch Anbringen von Rumpelmarkierungen an der Fahrbahnseite im Bereich des Pannestreifens.
- 2) Absicherung von ungesicherten Kollisionsobjekten wie beispielsweise fallende oder steigende Böschungen, Bäumen, etc. Eine intensive

Untersuchung des Böschungswinkels müsste durch Analyse weiterer Verkehrsunfälle näher betrachtet werden.

- 3) Anpassung der Unfallaufnahme durch die Exekutive und Kennzeichnung von kurvigen Unfallstellen in den Zählblättern für die weitere Verwertung durch die Statistik Austria. Da in der ZEDATU lediglich tödliche Unfälle vorliegen, wäre auch die Verteilung von geraden und kurvigen Straßenabschnitten der restlichen Verkehrsunfälle von Interesse.

Während der Untersuchung konnten bei der Eingabe von Daten in die Unfalldatenbank ZEDATU auch Schwierigkeiten festgestellt werden. So ist es momentan nicht möglich ein „Abgleiten des Fahrzeuges an der Leiteinrichtung“ zu kodieren. Insbesondere für das Ableiten des „most harmful events“ (folgeschwerstes Ereignis) wäre diese Möglichkeit von Bedeutung. Das folgeschwerste Ereignis kann aber auch durch ein zusätzliches Variablenfeld geklärt werden. Ein weiteres Feld sollte ein Verhaken von Rädern im Untergrund kennzeichnen. Besonders beim Befahren von befahrbaren Böschungen oder ebenen seitlichen Untergrund stellt die nachfolgende Auswertung an ihre Grenzen. Zusätzlich besteht bei Kollisionen mit Leitschienenabsenkern keine Möglichkeit ein Abheben des Fahrzeuges auszuwählen. Auch diese Variable wäre zur besseren Unterscheidung von Unfällen mit Leitschienenabsenkern notwendig.

9. Literaturverzeichnis

1. Alkokey; <http://www.news.de/auto/739106577/autoschluessel-erkennt-alkohol-fahne/1/>
2. ÖAMTC Mehrphase Führerscheinausbildung; <http://www.oeamtc.at/a1097322/>
3. Müdigkeitserkenner;
http://www.dpma.de/service/klassifikationen/ipc/ipcprojekt/erfindungenrundumsauto/sektionat_aeglicherlebensbedarf/muedigkeitserfassungssysteme/index.html (2010)
4. US NCAP; http://de.wikipedia.org/wiki/US_NCAP (2010)
5. Neue innovative Leitschienenverkleidung: Vorstellung und erstes Resümee;
<http://www.bikersproject.at/> (16-9-2010)
6. Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie: Österreichisches Verkehrssicherungsprogramm 2002- 2010; 2009, (Report);
7. Star Ratings Road for Safety, The EuroRap Methodology, EuroRAP 505.04;
<http://www.eurorap.org> (16-9-2009)
8. Identifying the network on which Britain's road deaths are concentrated, EuroRAP 2010 Results; www.eurorap.org (2010)
9. WrapUP, iRAP e- Newsletter Edition 10, May/ June 2010; www.irap.org
10. Star Ratings, Road for Safety, The iRAP Methodology; www.irap.org (2009)
11. Klaus- Dieter Brösdorf, Dr.Andreas Moser, Jürgen Burg. Unfallaufnahme und Datenerhebung. In: Vieweg & Sohn (ed.), Handbuch Verkehrsunfallrekonstruktion. 2007
12. RVS 03.03.23, Trassierung, Linienführung
13. RVS 15.04.17, Brückenausrüstung, vertikale Leiteinrichtung
14. Statistik Austria; www.statistik-austria.at
15. Steffan H: Skriptum Unfallmechanik im Verkehrswesen, WS 2009/2010; (Report);
16. Tomasch E, Hoschopf H, Steffan H, Nadler B., Nadler F., Strnad B., and Schneider F.: Single vehicle run-off-road accidents colliding turned down terminals of guardrails; Proceedings of ESAR; Hannover, 2010;
17. Tomasch E and Steffan H: ZEDATU – Zentrale Datenbank tödlicher Unfälle in Österreich – A Central Database of Fatalities in Austria; Proceedings of ESAR; Hannover, 2006;
18. Weißbuch. Die Europäische Verkehrspolitik bis 2010: Weichenstellung für die Zukunft; 2001
19. Spurhalteassistent; <http://de.wikipedia.org/wiki/Spurhalteassistent>
20. Abstandsregeltempomat; <http://de.wikipedia.org/wiki/Abstandsregeltempomat> (2010)
21. Global Status Report on Road Safety, Time for Action;
http://www.who.int/violence_injury_prevention/publications/road_traffic/en/index.html (2009)