



Lucas Klaunzer, BSc

Untersuchung der Verkehrssicherheit auf Autobahn-Halbanschlussstellen

MASTERARBEIT

zur Erlangung des akademischen Grades

Diplom-Ingenieur

Masterstudium Maschinenbau

eingereicht an der

Technischen Universität Graz

Betreuer

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

Institut für Fahrzeugsicherheit

Zweitbetreuer

Dipl.-Ing. Dr. techn. Ernst Tomasch

Institut für Fahrzeugsicherheit

Graz, Juni 2014



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.

STATUTORY DECLARATION

I declare that I have authored this thesis independently, that I have not used other than the declared sources / resources, and that I have explicitly marked all material which has been quoted either literally or by content from the used sources.

Graz, am

.....

(Unterschrift)

Danksagung

Ich möchte die Gelegenheit nutzen, mich bei allen Mitarbeiterinnen des Instituts für Fahrzeugsicherheit an der Technischen Universität Graz unter der Führung von Herrn Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Steffan, für die Betreuung und Unterstützung bei meiner Masterarbeit bedanken. Dem Team des Dekanats für Maschinenbau und Wirtschaftswissenschaften möchte ich ebenfalls einen großen Dank für die Abwicklung meiner Abschlussarbeit aussprechen.

Speziellen Dank gilt Herrn Dipl.-Ing. Dr.techn. Ernst Tomasch für seine Betreuungstätigkeit meiner Masterarbeit, in der er mir jederzeit mit wichtigen Tipps und Ratschlägen zur Seite stand.

Freunde und Studienkollegen sollen an dieser Stelle auch nicht unerwähnt bleiben, mit denen ich im gesamten Studium auf und abseits der Universität sehr viel Spaß haben durfte.

Den größten Anteil an dieser Arbeit hat meine Familie. Meine Eltern Gebhard und Martina Klaunzer, die mich jederzeit unterstützt haben und mir das Studium nicht nur finanziell ermöglicht haben und meinen Geschwistern Mag. Johannes und Mag. Verena Klaunzer sowie meiner Freundin Julia, die mich immer motivierten und mir den Rücken stärkten.

Lucas Klaunzer

KURZFASSUNG

In Österreich ereigneten sich 2011 am gesamten Straßennetz 35.128 Unfälle [4] mit verletzten Personen, davon waren 492 (1,4%) mit tödlichem Ausgang. Am hochrangigen Straßennetz (Autobahnen und Schnellstraßen) haben sich im selben Zeitraum insgesamt 1.824 Unfälle mit Personenschaden ereignet, wobei 51 (2,8%) davon mit tödlichem Ausgang waren. Die Zufahrt auf das hochrangige Straßennetz erfolgt über sogenannte Voll- bzw. Halbandschlussstellen. Davon gibt es in Österreich etwa 641 derartige Verbindungsstellen (Voll-, Halbandschlussstellen, Knoten) [1, 2013a]. 59 davon sind als Halbandschlussstellen ausgeführt. Diese Stellen verbinden unterschiedliche Straßennetze (Autobahnen und Schnellstraßen mit Landesstraßen B und Landesstraßen L) miteinander und bestehen in der Regel aus zwei Rampenfahrbahnen, einer Zu- und einer Abfahrt [43]. Bislang erfolgte keine Unfallanalyse für derartige Verbindungsstellen. Das Ziel dieser Studie war nun die Analyse von Verkehrsunfällen bei Halbandschlussstellen auf Grundlage der nationalen statischen Unfalldaten. [4, 1, 2013a, 43]

Die Ermittlung der relevanten Unfälle erfolgt analog der Untersuchung von Unfallhäufungsstellen gemäß RVS 1.21 mit der sogenannten Fenstermethode [15]. Dabei wird ein Fenster mit definierter Breite entlang eines entsprechenden Straßenabschnittes verschoben. Es werden die Anzahl der Unfälle nach Unfalltypen in dieser Fensterbreite analysiert. Anschließend wird dieses Fenster um eine Schrittweite weitergeschoben und wiederum die Anzahl der Unfälle nach Unfalltypen gezählt. Mit dieser Methode kann eine Wegzuordnung von Unfalltypen und deren Häufigkeiten zu bestimmten Streckenabschnitten erfolgen. Bei Halbandschlussstellen werden die Unfalldaten den Streckenabschnitten (Beschleunigungsstreifen, Verzögerungsstreifen, Rampenfahrbahn, und einem Bereich um den Kreuzungspunkt der mit der Autobahn oder Schnellstraße verbundenen untergeordneten Straße) zugeordnet. [15]

Im Zeitraum zwischen 2002 und 2011 wurden bei Halbandschlussstellen 561 Unfälle [4] mit Personenschaden, davon sind 131 Unfälle mit schweren und 9 Unfälle mit tödlichen Folgen. 35% der 561 Gesamtunfälle auf Halbandschlussstellen erfolgten auf dem Beschleunigungs- bzw. Verzögerungsstreifen. Beim Auffahren auf die Autobahn bzw. Schnellstraße entstehen die Hälfte aller Unfälle am Ende des Beschleunigungsstreifens. Dies sind hauptsächlich Unfälle durch Auffahren auf fahrende oder verkehrsbedingt stehende Fahrzeuge. Im Bereich der Fahrstreifenwechselstrecke entstehen vorwiegend Unfälle durch Auffahrunfälle oder Abkommen von der Fahrbahn. In unmittelbarer Nähe der Trenninselspitze werden vorwiegend Unfälle durch das Wechseln von Fahrstreifen verursacht. [5, 2014a, 4]

ABSTRACT

In 2011 35128 accidents [4] with personal injury transpired on the streets of Austria, of which 492 (1.4 %) people died in succession. At main roads (highway and clearway) 1824 accidents with damage to the person occurred, of which 51 (2.8%) ended fatally. The connection between different road systems (freeways and minor roads) are carried out by road junctions. In Austria 641 road junctions, e.g. interchanges, half-interchanges, highway junctions are operated by ASFINAG. 59 of them are half-interchanges. Half-interchanges connect freeways and minor roads with only two ramps: an exit and an entry [43]. So far no analyses for these road junctions have been carried out. The goal of this study was to perform an analysis of road accident at half-interchanges with national accident databases by Statistic Austria. [4, 1, 2013a, 43]

The investigation of accidents at junctions was based on the accumulation of accidents under the terms of RVS 1.21, with the so-called window method [15]. A window with a defined width is moved along a corresponding road section. The number of accidents in this window will be analyzed by accident types and injury severity. Subsequently, the window is shifted one step and the accidents in this field are being counted. With this method, frequencies of accidents and the scene of the accidents at junctions can be made. On half-interchanges the accident data are assigned to the sections of the exits and entries (acceleration lane, deceleration lane, ramps, and an area around the intersection of the minor road). [15]

561 traffic accidents [4] with personal injury at half-interchanges happened between 2002 and 2011, of which 131 accidents with serious and 9 accidents with fatal injuries were recorded. 35 per cent of the 561 accidents happened in the area of acceleration and deceleration lanes. More than half of the accidents at main roads of half-interchange entries occurred at the end of the acceleration lane. These are mainly accidents caused by rear-end collisions with moving or stationary (traffic jam or break down) vehicles. In the area of lane change deceleration lane accidents are primarily caused by rear-end accidents or accidents by leaving the road. Just before the traffic island toes (separation point) accidents are mainly caused by changing the traffic lanes. [5, 2014a]

INHALTSVERZEICHNIS

KURZFASSUNG	I
ABSTRACT	II
INHALTSVERZEICHNIS.....	III
1 EINLEITUNG UND ZIELE	5
2 BEGRIFFSBESTIMMUNG UND LITERATURANALYSE.....	7
2.1 BEGRIFFE AUS DEM STRAßENBAU	7
2.1.1 <i>Straßennetz in Österreich</i>	<i>7</i>
2.1.2 <i>Plangleiche und Planfreie Verbindungsformen</i>	<i>8</i>
2.1.3 <i>Rampenführungen.....</i>	<i>10</i>
2.1.4 <i>Knotenformen.....</i>	<i>11</i>
2.1.5 <i>Stationierungspunkt und Trennpunkt.....</i>	<i>14</i>
2.1.6 <i>Bewegungsformen</i>	<i>16</i>
2.1.7 <i>Geometrische Parameter einer Ausfahrt/Einfahrt</i>	<i>17</i>
2.2 PLANUNGSGRUNDLAGEN IN ÖSTERREICH UND INTERNATIONAL	19
3 ANALYSE VON VERKEHRSUNFÄLLEN IN ÖSTERREICH.....	21
4 MATERIAL	26
4.1 INFORMATIONEN ZU DEN VERBINDUNGSSTELLEN	26
4.2 DATEN AUS DEM GEOINFORMATIONSSYSTEM.....	26
4.3 UNFALLDATEN	27
5 METHODIK.....	28
5.1 GRUNDPRINZIP FENSTERMETHODE	28
5.2 STRECKENABSCHNITT	29
5.2.1 <i>Verbindungsstellen.....</i>	<i>29</i>
5.2.2 <i>Anschlussstelle.....</i>	<i>33</i>
5.3 NORMIERUNGSMETHODE.....	36
6 EINSCHRÄNKUNGEN	37
7 ANALYSE UND AUSWERTUNG	38
7.1 VERBINDUNGSSTELLEN UND „FREIE STRECKEN“	38
7.2 HALBANSCHLUSSSTELLEN	39
7.3 STRABENBEREICH.....	42
7.4 UNFALLTYPEN	45
7.5 LENKERALTER.....	51
7.6 UNFALLFAHRZEUGE	55
7.7 WITTERUNG	58
7.8 STRABENZUSTAND	60
7.9 LICHTVERHÄLTNISSE	62
7.10 HÄUFIGKEITSVERTEILUNGEN AUTOBAHN - HALBANSCHLUSSSTELLEN.....	63
7.10.1 <i>Hauptfahrbahn - Einfädelprozess</i>	<i>64</i>
7.10.2 <i>Hauptfahrbahn - Ausfädelprozess.....</i>	<i>66</i>
7.10.3 <i>Rampenfahrbahn - Einfädelprozess</i>	<i>68</i>

7.10.4	<i>Rampenfahrbahn - Ausfädelprozess</i>	72
7.10.5	<i>Unterfahrbahn beim Einfädelprozess</i>	75
7.10.6	<i>Unterfahrbahn beim Ausfädelprozess</i>	77
8	DISKUSSION UND BEURTEILUNG DER ERGEBNISSE	79
9	AUSBLICK	80
10	ABBILDUNGSVERZEICHNIS	82
11	TABELLENVERZEICHNIS	85
12	LITERATURVERZEICHNIS	86
13	ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	89
14	ANHANG	90

1 EINLEITUNG UND ZIELE

Eine Schlagzeile von vielen, die täglich in der Zeitung steht: „Tödlicher Unfall an umstrittener Autobahnabfahrt. Ein 22 Jahre alter Mann ist Sonntag früh bei einem Unfall getötet worden, als er mit seinem Pkw die Rheintalautobahn A14 bei Wolfurt verlassen wollte.“ [35]

Für die Angehörigen und Freunde von diesem jungen Mann, änderte sich an diesem Tag schlagartig das weitere Leben.

Die Verminderung der Todesopfer infolge von Verkehrsunfällen kann als Hauptmotivation zur stetigen Unfallforschung angesehen werden. Nach einer Unfallkostenrechnung [22, 2012a] aus dem Jahr 2012 im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie ergeben sich in Österreich Unfallkosten, zu tragen von der jeweiligen Volkswirtschaft, pro getötetem Unfallteilnehmer unter Berücksichtigung des menschlichen Leids von rund 3 Mio. Euro und ohne menschliches Leid von circa 1,4 Millionen Euro. Beträchtliche Kosten kommen auch bei Unfällen mit leichtverletzten Teilnehmern zustande. Rund 27 Tausend Euro für Unfälle mit Berücksichtigung des menschlichen Leids und drei Tausend Euro ohne menschliches Leid sind dabei pro Person zu veranschlagen. Zusätzlich zu jedem Unfall im Straßenverkehr entstehen Sachschadenkosten pro Unfall von mehr als fünf Tausend Euro. Unter dem Begriff „menschliches Leid“ werden hauptsächlich die aus einem Unfall resultierenden immateriellen Kosten veranschlagt. Dieser Ansatz basiert auf einer Willingness to Pay Befragung/Analyse und wird auch Zahlungsbereitschaftsansatz genannt. Weitere Kosten die im Zuge von Unfällen im Straßenverkehr anfallen, sind vor allem der Verlust an Leistungspotential, Kosten für Einsatzfahrzeuge und medizinische Behandlung, Verwaltungskosten der Versicherungsträger und allgemeine Zeitverluste, durch Straßensperren und ähnlichem. Aus diesen Gründen sollte das Unfall- bzw. Verletzungsrisiko auf Autobahnen stetig vermindert werden. [22, 2012a]

Konnten 1970 [31] noch rund 3 Prozent der Verstorbenen Verkehrsunfällen zugeordnet werden, so sind es 2012 weniger als 1 Prozent. Dieser positive Trend ist durch stetige Weiterentwicklung in der Fahrzeugentwicklung, ständige Verbesserung der gesamten Infrastruktur, Adaptierungen des Gesetzestextes, als auch in der positiven Entwicklung des gesamten Gesundheitssystems und Erstversorgungskette zu erklären.

Der Verlauf der Todesopfer im Straßenverkehr (Abbildung 1) zeigt, dass 80% weniger Todesopfer im Straßenverkehr aktuell im Vergleich zum Beginn der statistischen Aufzeichnungen im Jahr 1970 entstehen, unabhängig von Bevölkerungszuwächsen oder -abwanderungen. Oberste Maxime der Fahrzeug- bzw. Verkehrssicherheitsforschung ist ein stetig sinkender oder zumindest stagnierender Trend. [31]

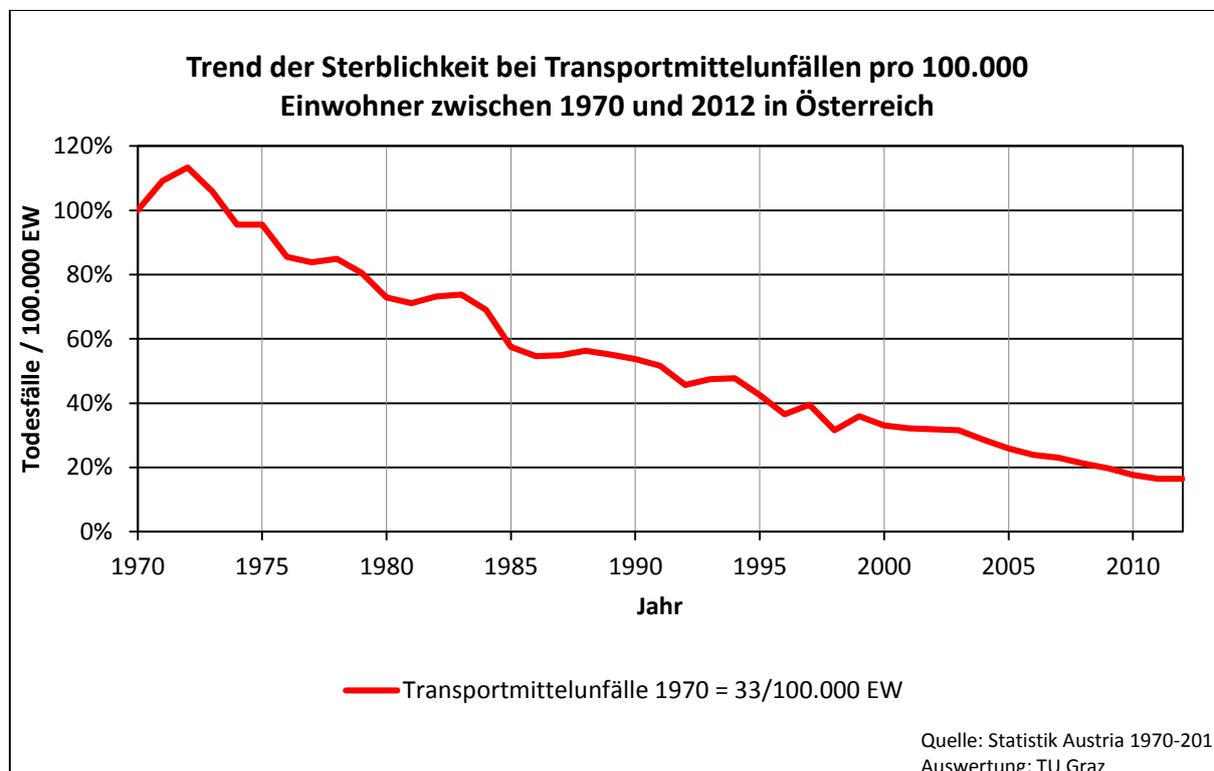


Abbildung 1: Trend der Sterblichkeit bei Transportmittelunfällen zwischen 1970 und 2012 in Österreich [31]

HAST (Halbanschlussstellen) sind Stellen zur Umleitung von Teilverkehrsströmen im hochrangigen Straßennetz [43]. Diese Verbindungsstellen sind aufgrund von lokalen Begebenheiten oder verkehrspolitischen Entscheidungen nicht vollständig ausgeführt. Verkehrsteilnehmer können auf Halbanschlussstellen nicht in jeder Richtung auf- bzw. abfahren. Eine Halbanschlussstelle hat deshalb im Bereich der Hauptfahrbahn nur eine Aus- bzw. Einfahrt. Zur Beurteilung der Verkehrssicherheit, insbesondere die Gründe der Falschbenützung dieser A+S Stellen, bedarf es einer grundlegenden Analyse von Halbanschlussstellen. [43]

Ziel dieser Diplomarbeit ist es, dass Unfallgeschehen auf Autobahnhalbanschlussstellen in Österreich zu analysieren, gefährliche Einflussfaktoren abzuleiten und bedeutende unfallrelevante Abschnitte zu detektieren.

2 BEGRIFFSBESTIMMUNG UND LITERATURANALYSE

2.1 Begriffe aus dem Straßenbau

2.1.1 Straßennetz in Österreich

Hochrangiges Straßennetz

Hochrangige Straßen in Österreich sind Straßen im Eigentum der Republik (Bund). Die unmittelbare Verbindung zu einem anderen Straßennetz erfolgt stets planfrei, also in mehreren baulichen Ebenen, um den Verkehrsfluss nicht zu behindern oder zu drosseln. Das hochrangige Straßennetz wurde für den Fernverkehr (Verbindung zwischen entfernter Städte) entwickelt, also bestehend aus Straßen und Verbindungen mit hoher Leistungsfähigkeit, deshalb sind Autobahnen und Schnellstraßen ohne Kreuzungen, Haltelinien und dergleichen baulichen Straßenregelungen ausgeführt. Die Bundesstraßen tragen in Österreich das Kürzel „A“ für Autobahn und „S“ für Schnellstraßen. Die Straßen verlaufen bundesländerübergreifend und der Betreiber ist die Autobahn- und Schnellstraßen-Finanzierungs- Aktiengesellschaft (ASFINAG). Fahrbahnen in diesem Straßennetz werden fortlaufend als Hauptfahrbahn benannt. [42]

Untergeordnetes Straßennetz

Diese Straßen sind Eigentum der neun österreichischen Bundesländer. In Wien werden diese von der Stadt Wien betrieben. Sie haben hauptsächlich plangleiche Verbindungen zu anderen Straßen, also in einer baulichen Ebene. Seit dem Bundesstraßen-Übertragungsgesetz vom 29.März 2002 wurden die umgangssprachlich genannten Bundesstraßen B den einzelnen Bundesländern übertragen und tragen seither den Namen Landesstraße B, in Wien Hauptstraße B. Für die regional hochrangigen Straßen ergibt sich der Kurzname Landesstraße L bzw. Hauptstraße A in Wien. Landesstraßen werden nur bis zur jeweiligen Landesgrenze von den Landesstraßenmeistereien betrieben/gewartet. Gemeindestraßen, also Straßen die von Gemeinden gebaut und gewartet werden, oder Privatstraßen, Zufahrten zu Wohnhäuser oder Raststätten, gehören zum untergeordneten Straßennetz, sind aber keine Landesstraßen. Die Unterscheidung nach Betreiber ist essentiell für die Klärung des Verantwortungsbereichs (Substanzerhalt, Schneeräumung, u.ä.) für die Straße. [42]

Rampenfahrbahnen

Rampenfahrbahnen verbinden das hochrangige Straßennetz mit dergleichen (Autobahnknoten), oder mit den untergeordneten Straßen (Vollanschlussstellen). Sie weisen geringe Gesamtlängen auf. Eindeutig gekennzeichnet sind Rampenfahrbahnen durch vier Parameter. Der Buchstaben „R“ steht für Rampenfahrbahn. Die Straßenummer der Rampenfahrbahn ist gleich der Straßenummer der Autobahn (übergeordnete Straße). Außerdem erhalten Rampen eine aufsteigende Nummer und einen gerundeten ganzzahligen Stationskilometer für den Knotenbereich. Die Kilometrierung einer Rampe beginnt stets mit der Treninsel der Hauptfahrbahn. [12, 11]

Zur Unterscheidung der Fahrbahnen werden Bundesstraßen als Hauptfahrbahnen und Landes- oder Gemeindestraßen als Unterfahrbahnen im Bereich von Halbanschlussstellen fortlaufend benannt.

2.1.2 Plangleiche und Planfreie Verbindungsformen

Fahrbahnverbindungen dienen der Vereinigung, der Trennung und der Kreuzung von Verkehrsströmen [16]. Es werden plangleiche, planfreie und gemischte Knoten unterschieden [13]. Bei plangleichen Knoten erfolgt die Führung der Verkehrsströme in einer Ebene (z.B. Kreisverkehr). Planfreie Knoten haben Überschneidungen der einzelnen Verkehrsströme immer in zwei oder mehreren baulichen Ebenen (z.B. Autobahnknoten/Kreuz). Als Kombination von planfreier und plangleicher Überschneidungen werden laut Richtlinien und Vorschriften für das Straßenwesen-RVS gemischte Knoten definiert. Plangleiche Knoten haben geringere Errichtungskosten als planfreie Knoten, wo die unterschiedlichen Ebenen nur mit Brücken realisierbar sind. Jedoch haben planfreie Verbindungen eine höhere Leistungsfähigkeit, da der Verkehr nicht angehalten werden muss, sondern in ständiger Bewegung ist. [16, 18, 13, 17]

Die Wahl der geeigneten Verbindungsstelle erfolgt unter den Gesichtspunkten der funktionellen Bedeutung der Straßen und ihrer Verbindungen, der Sicherheit und Flüssigkeit des Verkehrsablaufes, der Leistungsfähigkeit und der Einbeziehung des Umweltschutzes und dem Energieverbrauch unter Berücksichtigung der Wirtschaftlichkeit [16].

Zu Verbindungsstellen [1, 2013a] im hochrangigen Straßennetz (planfreie und kombinierte Knoten) zählen hauptsächlich Autobahnknoten, Vollanschlussstellen und Halbinschlussstellen. Autobahnanschlüsse, Autobahnzufahrt zu markanten Punkten, oder Fahrverbindungen, die das Autobahnnetz mit dem örtlichen Straßennetz via Autobahnraststätte verbinden, werden selten verbaut und in der Rubrik „Sonstige“ in Abbildung 2 dargestellt. Im hochrangigen Straßennetz in Österreich werden 59 Halbinschlussstellen, rund 10% der gesamten Fahrverbindungen, betrieben. Dabei befinden sich 40 Stück auf Autobahnen. [1, 2013a]

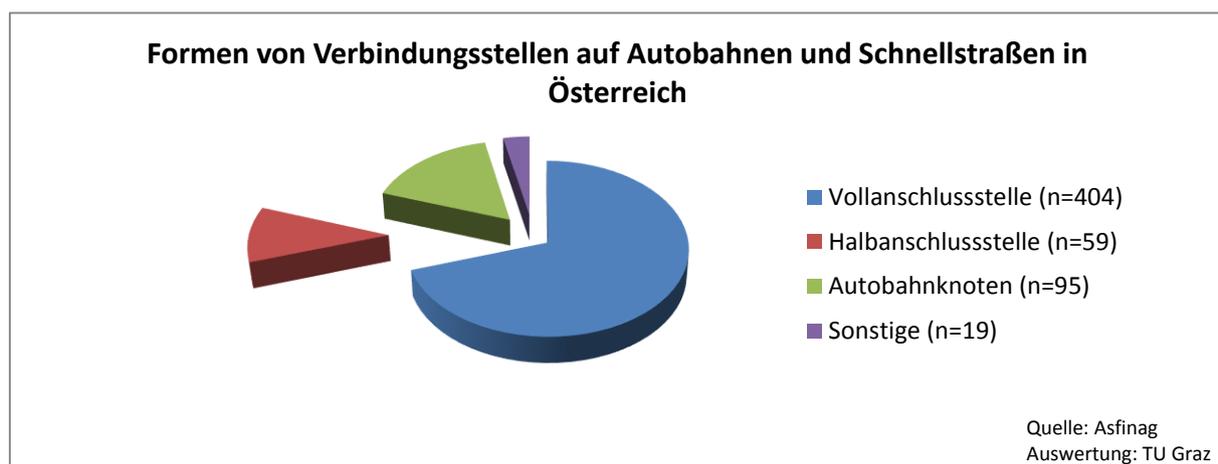


Abbildung 2: Darstellung der unterschiedlichen Arten von Verbindungsstellen im österreichischen Straßennetz [1, 2013a]

Autobahnknoten (KNO)

Autobahnknoten verbinden hochrangige Straßen miteinander und sind komplett planfrei im gesamten System ausgeführt. Sie stellen damit das höchste Maß an Verkehrsdurchsatz dar, sind aber auch im Bau und Erhalt die aufwendigsten Verbindungsstellen. In jeder Fahrtrichtung ist es dem Verkehrsteilnehmer möglich, die jeweilige Autobahn oder Schnellstraße zu verlassen oder auf diese einzufahren. Der Unterschied zwischen Knoten (Kreuz) bzw. Dreieck liegt lediglich in der Anzahl der Äste. Unter Äste versteht man die mit dem Stationierungspunkt verbundenen Straßen. [16, 13]

Anschlussstellen (AST)

Anschlussstellen sind Bereiche mit Verbindungen von hochrangigen Straßen mit einem untergeordneten Straßennetz, Hauptunterschied zum Autobahnknoten. [11]

Wie in Abbildung 3 ersichtlich, gibt es zwei bauliche Ebenen (planfrei) im Bereich der Hauptfahrbahn (übergeordnetes Straßennetz), sowie eine plangleiche Einmündung in das untergeordnete Straßennetz via T-Kreuzung o.ä., somit ein gemischter Knoten. Es besteht die Möglichkeit in jeder Fahrtrichtung die Autobahn/Schnellstraße zu verlassen bzw. in die Autobahn/Schnellstraße einzufahren. Somit sind mindestens 4 Rampenfahrbahnen in diesem System verbaut. [13]

Halbanschlussstellen (HAST)

Halbanschlussstellen weisen die gleiche Charakteristik auf wie Anschlussstellen, lediglich mit nur zwei Verbindungsrampen zum untergeordneten Straßennetz (Abbildung 4). Ein Fahrzeug kann somit auf der Hauptfahrbahn einer HAST nur in einer Fahrtrichtung ausfahren oder einfahren. Halbanschlussstellen werden in der Regel zwischen Vollanschlussstellen und Knoten bei signifikanten Punkten oder Orten verbaut, z.B. Freizeitzentren. HAST kommen aber auch doppelt, in spiegelverkehrter Ausführung nacheinander, auf der Autobahn vor. Eine Halbanschlussstelle ist demnach ein gemischter Knoten, mit nur einem Fahrmanöver pro Richtungsfahrbahn. [43]



Abbildung 3: Schematische Darstellung einer Anschlussstelle [36]



Abbildung 4: Schematische Darstellung einer Halbanschlussstelle [20]

2.1.3 Rampenführungen

Als Rampenfahrbahn wird jede Verbindungsfahrbahn in einem gemischten Knoten bzw. in einem planfreien Knoten bezeichnet. Die Rampenfahrbahnen beginnen bzw. enden bei den Trenninselspitzen auf der planfreien Hauptfahrbahn. Eine Trenninsel ist ein bauliches Hindernis, zur Trennung von zwei Fahrstreifen. [13, 26, 6]

Rampen sind in Richtungsfahrbahn baulich getrennte oder mit Gegenverkehr geführte Zu- und Abfahrtsstraßen eines Knotens oder einer Anschlussstelle und sind Teil des hochrangigen Straßennetzes [11]. Man unterscheidet Parallelrampen, die im Bereich einer Anschlussstelle zusätzlich zur Hauptfahrbahn und parallel zu dieser gelegen sind, Hauptrampen, die an übergeordneten Straßenzügen beginnen und enden, Nebenrampen, die die Hauptrampen mit dem nachgeordnetem Straßennetz verbinden und Durchfahrtsrampen, die als Zu- und Abfahrten von Parkplätzen und Raststationen dienen. [11]

Grundlegende werden Rampen in drei unterschiedlichen Ausführungsarten [13] unterscheiden (Abbildung 5). Die direkten Rampenfahrbahnen zeichnen sich durch eine direkte Verbindung zwischen den Fahrbahnen aus, ohne Richtungsumkehr, mit großen Radien und kurzen Strecken. Semidirekte Rampen, auch Henkelrampen genannt, benötigen mindestens ein zusätzliches Bauwerk, um die Hauptfahrbahn in einer anderen Verkehrsebene zu passieren. Henkelrampen werden in mehreren Quadranten gebaut und haben einen größeren Verkehrsdurchsatz als indirekte Rampen. Indirekte Rampenführungen benötigen wenig Platz und haben dadurch einen verminderten Verkehrsfluss, durch die Richtungsumkehr bedingt durch einen kleinen Rampenradius. [13]

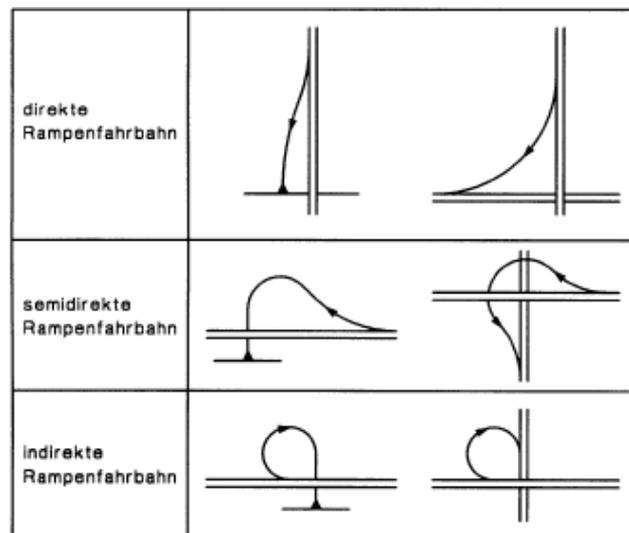


Abbildung 5: Arten von Rampenführungen [13]

2.1.4 Knotenformen

Es gibt grundlegend drei Arten von Knoten [13], planfreie (Abbildung 6), plangleiche und gemischte (Abbildung 7) Verbindungen. Plangleiche Verbindungen werden hauptsächlich im untergeordneten Straßennetz verbaut. Beispiele von plangleichen Knoten sind Kreisverkehr oder T-Einmündungen. Die in Abbildung 6, Abbildung 7 und Abbildung 8 dargestellten Knotenformen können je nach bebautem Quadrant noch in anderen Varianten ausgeführt sein. Strecke A-C kennzeichnet eine untergeordnete Straße und Strecke B-D eine hochrangige Straße. Je nach Netzkonzeption, Leistungsfähigkeit, Topographie, Flächenbedarf und anderer Einflussfaktoren wird eine geeignete Knotenform bei einem Neu- bzw. Umbauprojekt gewählt. Die in Knotenformen unterscheiden sich durch die Anzahl der Äste, die plangleiche/planfreie Verbindungsart sowie der Rampenführungen. Als Äste werden die Arme ausgehend vom Knotenmittelpunkt bezeichnet. [13]

Planfreie Knotenformen

Im Bereich von planfreien Verbindungsstellen, werden alle Rampenfahrbahnen ausschließlich als planfreie Einfahrten und Ausfahrten realisiert und werden nur für die Verknüpfung von hochrangigen Straßen realisiert. Häufige Ausführungsformen sind Kleeblatt mit 4 Ästen, und Trompete, Birne und Dreieck mit jeweils 3 Ästen (Abbildung 6). Bei der Trompete, Birne und Dreieck erkennt man, dass die 4 planfreien Rampenfahrbahnen den Beginn, oder das Ende einer Straße entstehen lassen (3 Äste). Das Kleeblatt besteht aus vier direkten und vier indirekten Verbindungsrampen. Die Trompete aus zwei direkten Rampen (Richtung D nach B) und einer indirekten Ausfahrt und einer semidirekten Einfahrt (Richtung B nach D). Die Birne und das Dreieck bestehen aus zwei direkten und zwei semidirekten Rampenfahrbahnen. [13]

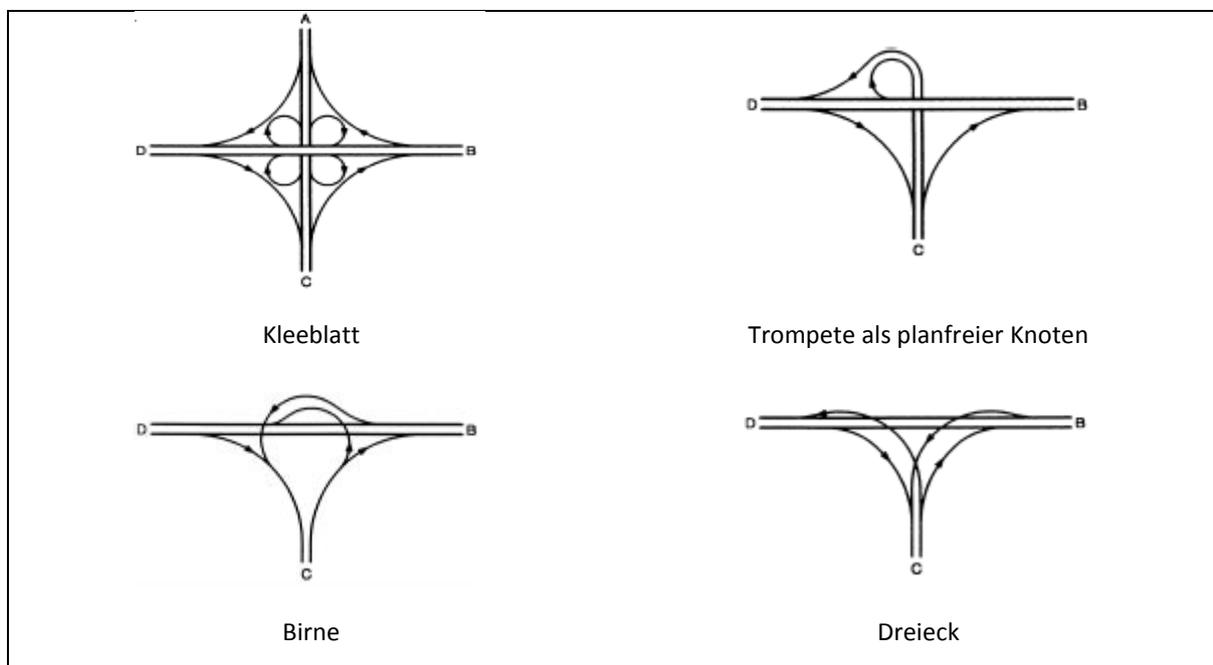


Abbildung 6: Ausführungen von planfreien Knoten [13]

Gemischte Knotenformen

Als gemischter Knoten werden jene Verbindungsstellen genannt, die einen planfreien Anschluss zum hochrangigen Straßennetz und eine plangleichen Verknüpfung zum untergeordneten Straßennetz besitzen. Typische Ausbildungsformen sind Halbes Kleeblatt, Raute, Kombination Halbe-Raute mit Viertel-Kleeblatt und Trompete (Abbildung 7). Alle vier Ausbildungsformen können unterschiedlich kombiniert werden. Unterschied zwischen den Ausführungsformen ist lediglich die Art der Rampenführung. Ein Halbes-Kleeblatt besteht aus zwei direkten Ausfahrten und zwei indirekten Einfahrten. Die Raute ist mit vier direkten Rampenfahrbahnen ausgeführt. Die Trompete besteht aus zwei direkten, einer indirekten und einer semidirekten Rampenfahrbahn. [13]

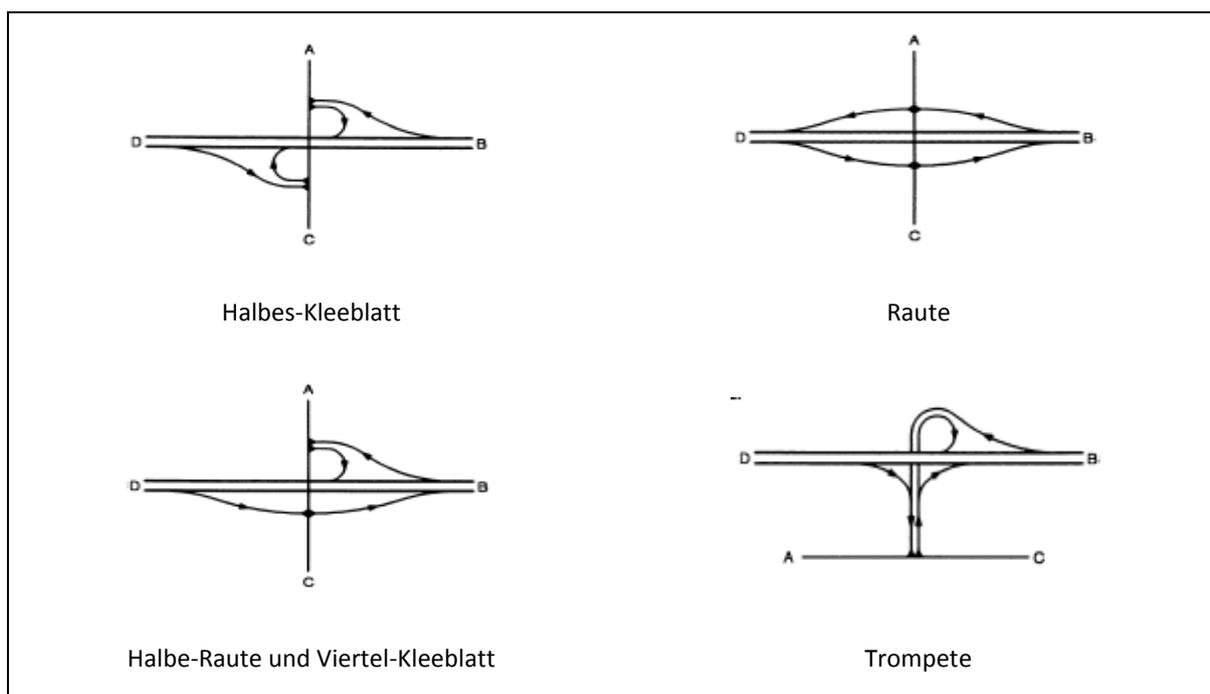


Abbildung 7: Ausführungen von gemischten Knoten als Anschlussstelle [13]

Gemischte Knotenformen – HAST

Halbanschlussstellen bestehen aus lediglich zwei Rampenfahrbahnen. Die Anordnung bzw. die Ausbildung gibt Aufschluss über die Knotenform (Abbildung 8). Halbanschlussstellen verbinden hochrangige und untergeordnete Straßen miteinander. Eine Halbe-Raute besteht aus einer direkten Aus- und Einfahrt. Eine Halbe-Raute kann auch nur in einer Fahrtrichtung verbaut werden (siehe weiter Ausbildungsform). Ein Viertel-Kleeblatt besteht aus einer direkten und einer indirekten Rampe. Eine Halbe-Trompete besteht aus einer direkten Rampe und einer semidirekten Einfahrt. Als direkte Rampenfahrbahnen werden, wenn möglich, vorwiegend Ausfahrten realisiert. Die HAST mit zwei indirekten Rampen stellt einen Sonderfall dar, und besteht nur aus indirekten Rampen.

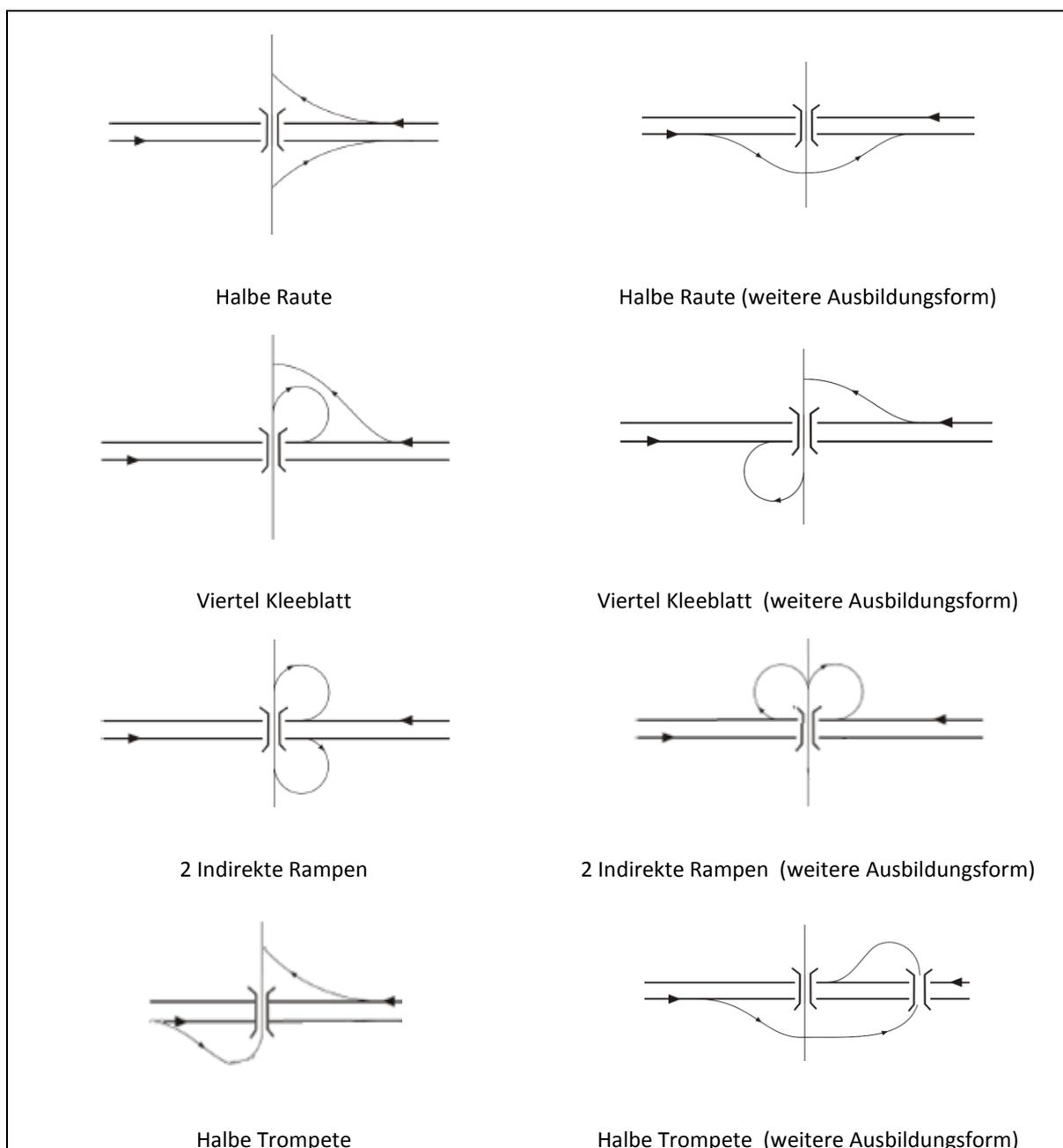


Abbildung 8: Ausführungen von gemischten Knoten als Halbanschlussstelle [13]

2.1.5 Stationierungspunkt und Trennpunkt

Unter Stationierung wird in diesem Kontext die genaue geometrische Abgrenzung der unterschiedlichen Straßenzüge, Rampen sowie Zufahrtsstraßen verstanden. Dabei werden aber nur Rampen mit einer Mindestlänge von 50m berücksichtigt. Die Stationierungspunkte (Abbildung 9) sind jene markanten Bezugspunkte, die Abzweigungen/ Einmündungen, Beginn/Ende von Straßen und Rampenzüge bis hin zu Landes- und Staatsgrenzen beschreiben. [11]

Als Stationierungspunkt wird die fiktive (planfreie) oder reale (plangleiche) Kreuzung der beteiligten Straßen/Rampen definiert. Die Stationierungspunkte der Rampe bezogen auf die Hauptfahrbahn entsprechen dem Straßenkilometer der Trenninsel, der Abzweigung von Rampenfahrbahn und Hauptfahrbahn. Der Stationierungspunkt der Unterfahrbahn ist der plangleiche Kreuzungspunkt von Rampe zu Unterfahrbahn. Abbildung 9 ist eine beispielhafte Darstellung einer Halbanschlussstelle in Form einer Trompete. Als Stationierungspunkt HAST der Verbindungsstelle (violett gekennzeichnet), wird der Schnittpunkt von Hauptfahrbahn mit Rampe (semidirekt), Unterfahrbahn (direkt, indirekt) oder Hauptfahrbahn (Autobahnknoten) bezeichnet. Dieser Schnittpunkt ist rein fiktiv und gibt den Straßenkilometer des Bauwerks an. Der Stationierungspunkt der Unterfahrbahn ergibt sich aus plangleicher Kreuzung von Rampen- und Unterfahrbahn. Als Stationierungspunkte für die Rampen (Kennzeichnung Halbkreis), werden all jene Straßenkilometer protokolliert, bei denen eine Trenninsel (reales Hindernis) ausgeführt wird. [12, 13, 11]

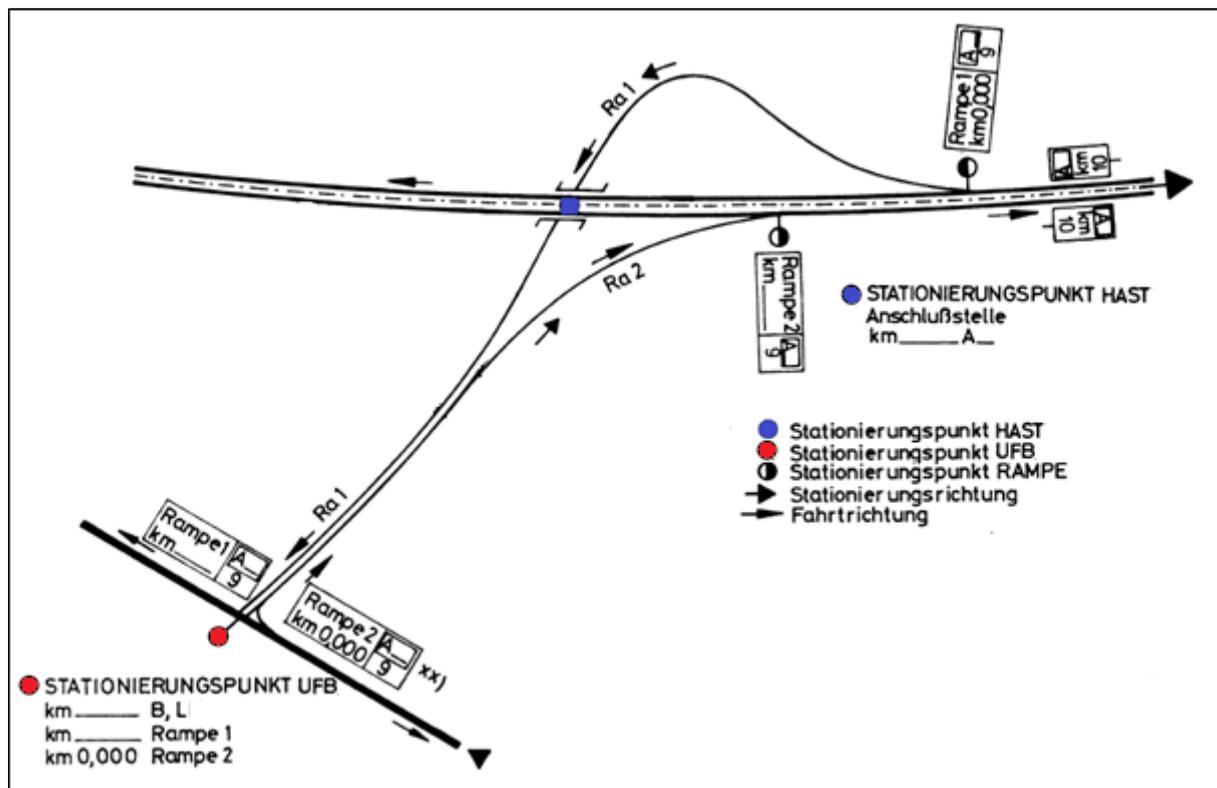


Abbildung 9: Darstellung eines Stationierungsbeispiels einer Halbanschlussstelle (Trompete) [11]

Trenninselspitze/Stationierungspunkt der Rampe

Die Trenninsel stellt ein bauliches Hindernis zur Trennung von Fahrbahnen dar. Die Trenninselspitze, jener Punkt, der den Beginn der Trenninsel darstellt, wird häufig mit Anpralldämpfer zum Schutz bei Frontalkollisionen ausgeführt (Abbildung 10). Der Stationierungspunkt der Rampe ist demnach ein fix verankerter Punkt. Eine Berührung des Verkehrsteilnehmers mit dem Stationierungspunkt bedeutet unweigerlich eine Kollision. [12]



Abbildung 10: Stationierungspunkt als Anpralldämpfer einer Ausfahrt [33]

Trennpunkt / Sperrflächenspitze

Der Trennpunkt ist jener Punkt, ab dem sich die gemeinsamen Umrundungen (Sperrlinien) der Fahrbahnen bei einer Ausfahrt oder Einfahrt nicht mehr decken. Der Trennpunkt wird für die Analysen und der Parameterbestimmungen eingeführt. Ab diesem definierten Punkt verläuft der Geschwindigkeitsvektor eines Fahrzeuges bewegend auf der Hauptfahrbahn in eine andere Richtung, als der eines Fahrzeuges auf der Rampenfahrbahn. Somit ist die Sperrflächenspitze ein Punkt der sich durch Straßenmalereien (Sperrfläche) ergibt, also variabel ist. Im Vergleich ist der Stationierungspunkt der Rampen, genannt Trenninselspitze, ein sich aus Leitschienen bzw. Betonleitwänden ergebende Barriere. Ein überfahren des Trennpunktes stellt demnach keine direkte Kollision dar. [12]

2.1.6 Bewegungsformen

Als Fahrmanöver unterscheidet man grundlegend planfreie Aus- bzw. Einfahrt. Zur Bestimmung der Fahrstreifenanzahl bzw. Bewegungsform wird eine Fahrstreifengleichung angewendet. Demnach gibt es einen Term, der für die Fahrstreifen steht, vor bzw. nach der Aktion (gekennzeichnet mit „="). Demnach signalisiert ein „1=2“, eine Fahrbahn die sich von einem Streifen in zwei Streifen erweitert. Die einstreifige Ausfahrt mit Rechtsabbiegestreifen 2=2+1, Abbildung 11, bedeutet somit zwei Streifen vor der Aktion, zwei Streifen nach der Aktion und eine Fahrbahn als Rampe. [11]

Ausfahrt

Die Ausfahrt auf der Hauptfahrbahn kann in unterschiedlichsten Ausführungen ausgeführt sein. Man unterscheidet eine Fahrstreifensubtraktion (z.B. 3=2+1 Ausfahrt), einen separaten Abbiegestreifen oder eine Kombination beider Arten. Die häufigste Form ist eine „Einstreifige Ausfahrt mit Rechtsabbiegestreifen“, welche in Abbildung 11 ersichtlich ist. Sie besteht aus der Fahrstreifenwechselstrecke L_{WR} und der Verzögerungsstrecke L_{VR} . Die Fahrbahnbreite wird stets gleich oder im Sonderfall schmaler als die Fahrstreifenbreite ausgeführt. Bei plangleichen Ausfahrten werden häufig Ausfahrkeile, mit kurzer Wechselstrecke verbaut. [11]

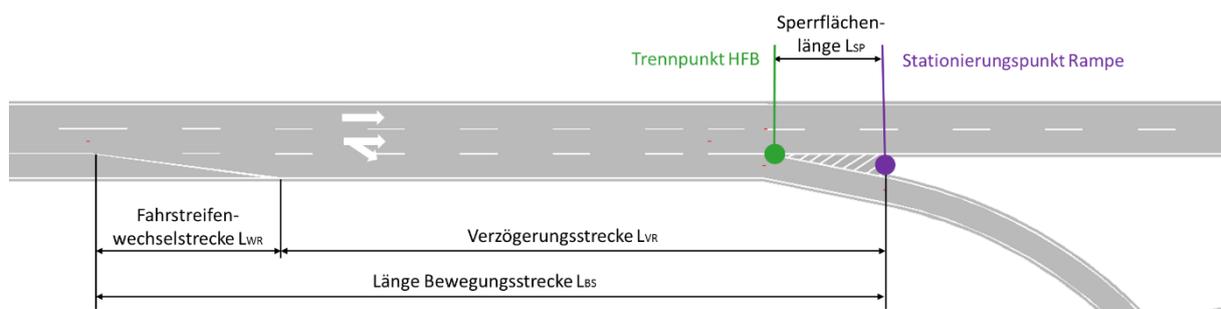


Abbildung 11: Bereiche einer Ausfahrt - Einstreifige Ausfahrt mit Rechtsabbiegestreifen 2=2+1 [11]

Einfahrt

Die Einfahrt besteht aus Einfahrtstrecke L_{ER} , Manöverstrecke L_{MR} und Verziehungsstrecke L_{ZR} . Die Fahrstreifenbreite der Manöverstrecke ist analog der Fahrstreifenbreite der Hauptfahrbahn oder im Sonderfall schmaler. Die Einfahrtstrecke beginnt mit dem Anfang der Sperrfläche. Die in Abbildung 12 dargestellte Einfahrt wird im Bereich von Halbanschlussstellen am häufigsten verbaut. Im untergeordneten Straßensystem, bei geringeren Fahrgeschwindigkeiten werden Einfahrkeile mit kurzer Wechselstrecke eingesetzt. [11]

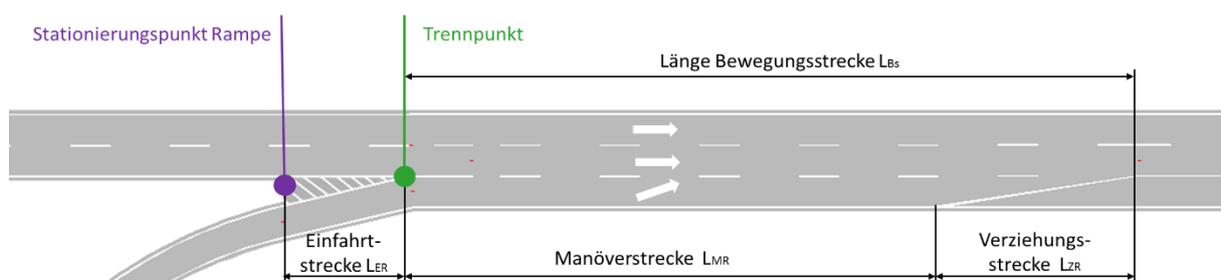


Abbildung 12: Bereiche einer Einfahrt - Einstreifige Einfahrt mit Rechtseinbiegestreifen 2+1=2 [11]

2.1.7 Geometrische Parameter einer Ausfahrt/Einfahrt

Rampenlänge

Entsprechend RVS 5.021 [11] beginnen Rampen stets mit der Trenninselspitze, dem Schnittpunkt des Banketts von zwei Fahrbahnen. Die Trenninsel wiederum stellt den Beginn bei einer Einfahrt bzw. das Ende bei einer Ausfahrt der Sperrfläche dar. Als Beginn/Ende der Sperrfläche wurde der Trennpunkt definiert. Die Rampenlänge einer HAST-Ausfahrt beginnt mit dem Stationierungspunkt und endet bei einem plangleichen Kreuzungspunkt, dem Stationierungspunkt der Unterfahrbahn oder bei Knoten mit einem Stationierungspunkt der Hauptfahrbahn. Für eine Einfahrt endet die Rampe mit dem Stationierungspunkt der Hauptfahrbahn. Zur eindeutigen Bestimmung der Rampe wird eine Kilometertafel dargestellt [12]. Als Rampe 1 wird jene Rampe bezeichnet, die als Ausfahrt ausgeführt wird und in aufsteigender Kilometerrichtung liegt. Die weiteren Rampen werden gegen den Uhrzeigersinn benannt. Zur Eindeutigkeit werden danach der Straßename sowie der EXIT-Kilometer angegeben, jener ganzzahliger Kilometer der den Knoten-Stationierungspunkt beschreibt. [12, 11]

Ablenkwinkel Hauptfahrbahn α

Der Ablenkwinkel ist ein Parameter der für den veränderlichen Radius im Bereich zwischen Trennpunkt und Stationierungspunkt steht. Der Radius am Ende einer Einfahrt bzw. am Beginn einer Ausfahrt ist veränderlich, bildet sich aus einer Geraden in einen endlichen Radius. Der Ablenkwinkel beschreibt den Normalabstand von der Hauptfahrbahn bis zur Mittellinie der Rampenfahrbahn, gemessen im Abstand von 50m vom Trennpunkt (siehe Abbildung 13) und berechnet sich über die Winkelfunktionen. Der Ablenkwinkel ist somit ein Maß für die Krümmung der Abzweigung oder Einmündung.

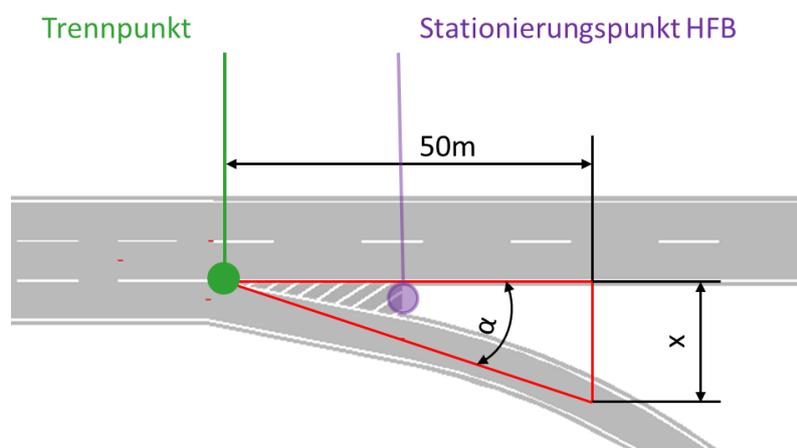


Abbildung 13: Darstellendes Berechnungsbeispiel des Ablenkwinkels bezogen auf die Hauptfahrbahn einer Ausfahrt (eigene Darstellung)

Rampenwinkel Unterfahrbahn β

Ähnlich dem Ablenkwinkel beschreibt der Rampenwinkel die plangleiche Kreuzung der Unterfahrbahn (Abbildung 14). So wird ein Dreieck in die Unterfahrbahn eingezeichnet, welches 20m vor dem Stationierungspunkt der Unterfahrbahn beginnt. Der Winkel ist ein Maß für die verbaute Kreuzungsart (T-Einmündung, Ein-Ausfahrkeil oder einem Ein-Ausfahrstreifen) und wird über die Winkelfunktionen errechnet.

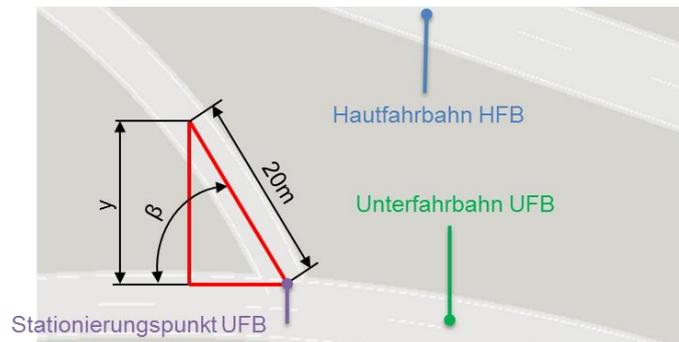


Abbildung 14: Darstellendes Berechnungsbeispiel des Rampenwinkels bezogen auf die Unterfahrbahn (eigene Darstellung)

Rampenradius/Bogenwinkel

Ein Rampenradius entsteht durch die Veränderung der Straßenrichtung, je stärker sich die Richtung verändert, desto kleiner wird der Radius und desto größer wird sein Öffnungswinkel. In weiterer Folge müssen Rampenradien via Längenmessungen bestimmt werden. Dazu wird das Prinzip der Kreissehne verwendet (Abbildung 15). Man verlängert die Geradenstücke vor und nach dem Kreis mit einer Tangente. Die Stellen an denen die Tangente die Kreisbahn verlässt verbindet man miteinander. Nun misst man diese verbundene Länge, die Kreissehne genannt wird. Anschließend misst man die kürzeste Länge zum Tangentenschnittpunkt c und das Maximum des Kreisbogens b von der Kreissehne. Anhand der Messwerte a, b und c kann der Kreisradius und der Öffnungswinkel berechnet werden. [39]

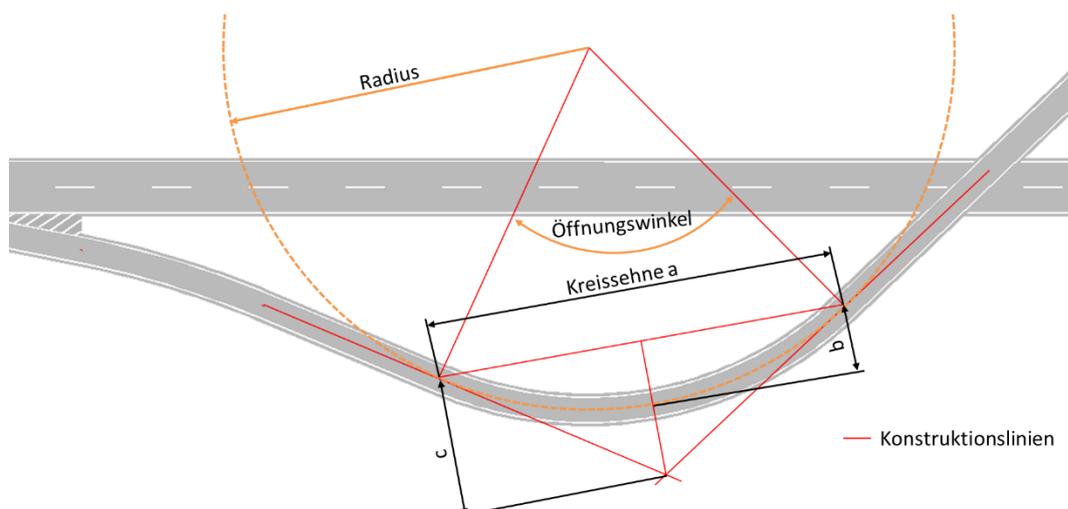


Abbildung 15: Darstellendes Berechnungsbeispiel des Rampenradius mit Öffnungswinkel [11, 39]

$$\text{Radius} = \frac{a^2}{4c} + b \quad \text{Öffnungswinkel} = 2 * \arcsin\left(\frac{a}{2R}\right)$$

2.2 Planungsgrundlagen in Österreich und International

Österreich

Als Grundlage zur Gestaltung von verkehrssicheren, stets technisch aktuellen Verkehrsflächen in Österreich dienen die Richtlinien und Vorschriften für das Straßenwesen (RVS). Diese Richtlinien werden einvernehmlich von Expertinnen und Experten aus Forschung und Lehre in Kombination mit Fachleuten von Gebietskörper (Bund, Länder, Gemeinden) erstellt und zur Verwendung empfohlen. Die RVS [3] umfasst Normen und Richtlinien unter anderem zur Verkehrs- und Straßenplanung, dem Umweltschutz, der Verkehrsführung, dem Bau von Tunnel und Brücken, und vielen mehr. Dieser Austausch wird von der österreichischen Forschungsgesellschaft Straße – Schiene - Verkehr (FSV) ermöglicht und begleitet und unter dem Namen RVS gesammelt und vertrieben. [3, 19]

In RVS 3.43 (Knoten – Gemischte und Planfreie Knoten) [13] werden die Ausbildungen und Dimensionierungen von gemischten und planfreien Anschlussstellen (AST) geregelt. In dieser Norm wird die Gestaltung der einzelnen Rampenfahrbahnen, die in Summe eine Anschlussstelle ergeben, grundlegend behandelt. Die Entwurfselemente einer Rampe sind hierbei abhängig von der Projektierungsgeschwindigkeit (v_p) [13], jene 85% der Geschwindigkeit die bei frei fahrende Einzelfahrzeuge an bestimmten Stellen aufgrund der Anlageverhältnisse zu erwarten ist. Sie wird tabellarisch in Abhängigkeit der Längsneigung oder des Radius eines Bogenstückes bestimmt und beeinflusst maßgeblich die Querschnittsausbildungen der Fahrbahnen, die Neigungsbrüche (Mindestkuppenradien und Mindestwannenradien) und die erforderliche Sichtweite. Des Weiteren beinhaltet diese Norm, die Fahrbahngestaltung bei planfreien Aus- und Einfahrten. Die Länge von Beschleunigungsstreifen an Einfahrten bzw. Verzögerungsstreifen an Ausfahrten sind als Regelwerte festgelegt, unabhängig der Vermessungsverkehrsstärke. Die Länge der Verflechtungsstrecke ist abhängig von der stündlichen Verkehrsbelastung. [13]

Die Wahl des Knotens wird in RVS 3.41 [16] (Knoten-Planungsgrundsätze) geregelt. Die Festlegung erfolgt unter Berücksichtigung der Wirtschaftlichkeit, unter Beachtung der Leistungsfähigkeit und des Umweltschutzes, der Sicherheit Flüssigkeit des Verkehrsablaufes und der funktionellen Bedeutung der Straße und ihrer Verbindungen. Die Ausführung der plangleichen Knotenformen werden in RVS 3.42 [17] Plangleiche Knoten-Kreuzungen, T-Kreuzungen und RVS 3.44 [18] Plangleiche Knoten-Kreisverkehr in Verbindung mit dem Leistungsfähigkeitsnachweis beschrieben. Der Einsatz dieser Normen für plangleiche Knoten ist nur für Kreuzungen im untergeordneten Straßensystem geeignet. [16, 17, 13, 18]

Deutschland

In Deutschland beschreibt die Richtlinie für die Anlage von Autobahnen (RAA) [9], als technisches Regelwerk, die Planung und den Entwurf von Autobahnen. Diese Richtlinien werden von der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) erarbeitet und gesammelt. Die RAA hat sich aus den Richtlinien für die Anlage von Straßen [41] [32] (RAS) entwickelt, wurde 2008 veröffentlicht und enthält für den Anwender einen Ermessensspielraum. Als Leitfaden für eine möglichst wirtschaftliche Gestaltung von Straßenverkehrsanlagen dient das Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen [10] (HBS), entwickelt vom Lehrstuhl für Verkehrswesen an der Ruhr-Universität Bochum. Grundsätzlich wird in Stufen die Verkehrsqualität unterteilt, um die Leistungsfähigkeit nach Aspekten der Verkehrsart und des Verkehrsmittel zu beurteilen. Dabei sind nur sehr generelle Angaben zur Rampenleistungsfähigkeit angegeben. [23, 37, 9, 32]

Vereinigte Staaten

In den Vereinigten Staaten wird die Gestaltung von Straßenverkehrsanlagen durch das Highway Capacity Manual [34] (HCM) erleichtert, welche vom Transportation Research Board der National Academies of Science publiziert wird. Im Kapitel 22: Interchange Ramp Terminals, wird eine Methode vorgestellt, mit der verkehrliche Auswirkungen von Anschlussknotentypen im Bereich des untergeordneten Straßennetzes abgeschätzt werden können. Diese Methodik ist auch für Halbanschlussstellen, hier Parital Diamond Interchange (Halbe Raute) darstellbar und kann somit zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit beziehungsweise Verkehrsqualität verschiedener Anschlussstellentypen benutzt werden. Eine Analyse hinsichtlich des Unfallgeschehens an Anschlussstellen kann aus dem HCM jedoch nicht entnommen werden. [38, 34]

3 ANALYSE VON VERKEHRSUNFÄLLEN IN ÖSTERREICH

Im Straßenverkehr verursachte tödliche Unfälle nehmen einen nicht zu vernachlässigenden Anteil an Verstorbenen ein. Derzeit sterben in Österreich jährlich rund 6 von 100.000 Personen an den Folgen eines Verkehrsunfalles. Seit 1970 gibt es einen durchaus positiven Trend in Bezug auf Todesopfer im Straßenverkehr (Abbildung 16). Bedingt durch Gesetzesänderungen und Adaptierungen (Tabelle 1) oder durch Innovationen in der Fahrzeug- und Verkehrstechnik (Tabelle 2) ist dieser Verlauf zu begründen. [31]

Tabelle 1: Meilensteine der Gesetzgebung in Österreich [30, 2012b]

Jahr	Meilensteine der Gesetzgebung in Österreich
1973	Tempo 100 km/h auf Freilandstraßen
1974	Tempo 130 km/h auf Autobahnen
1976	Gurtpflicht ohne Strafe
1984	Gurtpflicht mit Strafe
1985/86	Beginn des Alkomateinsatz
1991	Stufenführerschein/Mopedausweis
1992	Beginn des Laser-Einsatzes
1994	Kindersitz-Pflicht
1997	0,1 Promille für Moped, Bus u. LKW
1998	Senkung des Blutalkohol- Grenzwert auf 0,5 Promille
2003	Zweite Ausbildungsphase für FS- Klassen A, B
2005	„Vormerksystem“- Maßnahmen gegen Risikolenker
2009	Schwere Sanktionen bzgl. Alkohol und Geschwindigkeitsüberschreitungen

Tabelle 2: Innovationen in der Fahrzeugsicherheit von Daimler [7]

Jahr	Meilenstein der Fahrzeugsicherheit
1978	Anti-Blockier-System ABS
1981	Airbag
1995	Elektronische Stabilitäts-Programm ESP
1996	Bremsassistent BAS
1999	Active Body Control ABC

In nachstehenden Diagramm, Abbildung 16, ist der positive Trend der tödlich endenden Verkehrsunfälle pro 100.000 Einwohner in Österreich dargestellt, um die Ergebnisse unabhängig vom Bevölkerungszuwachs anzuzeigen. Die Auswirkungen der Tempogestaltung, sowie die Einführung der Gurtpflicht und ABS, die als Folge eine Verminderung der Todesopfer von mehr als 20% zwischen 1975 und 1980 zur Folge hatten, sind zu erkennen. Dieser Trend ist ohne Berücksichtigung des steigenden KFZ-Bestands in Österreich dargestellt [21]. So wurden 1970 rund 2,2 MIO und 2005 mehr als 5,6 MIO Kraftfahrzeuge betrieben, mit steigender Tendenz. Die im Diagramm dargestellte „Veränderung über 5 Jahre“ gibt die Nettoerhöhung der tödlichen Verkehrsunfälle in diesem Bereich an und wird am jüngeren Datum auf der Zeitreihe dargestellt. [21]

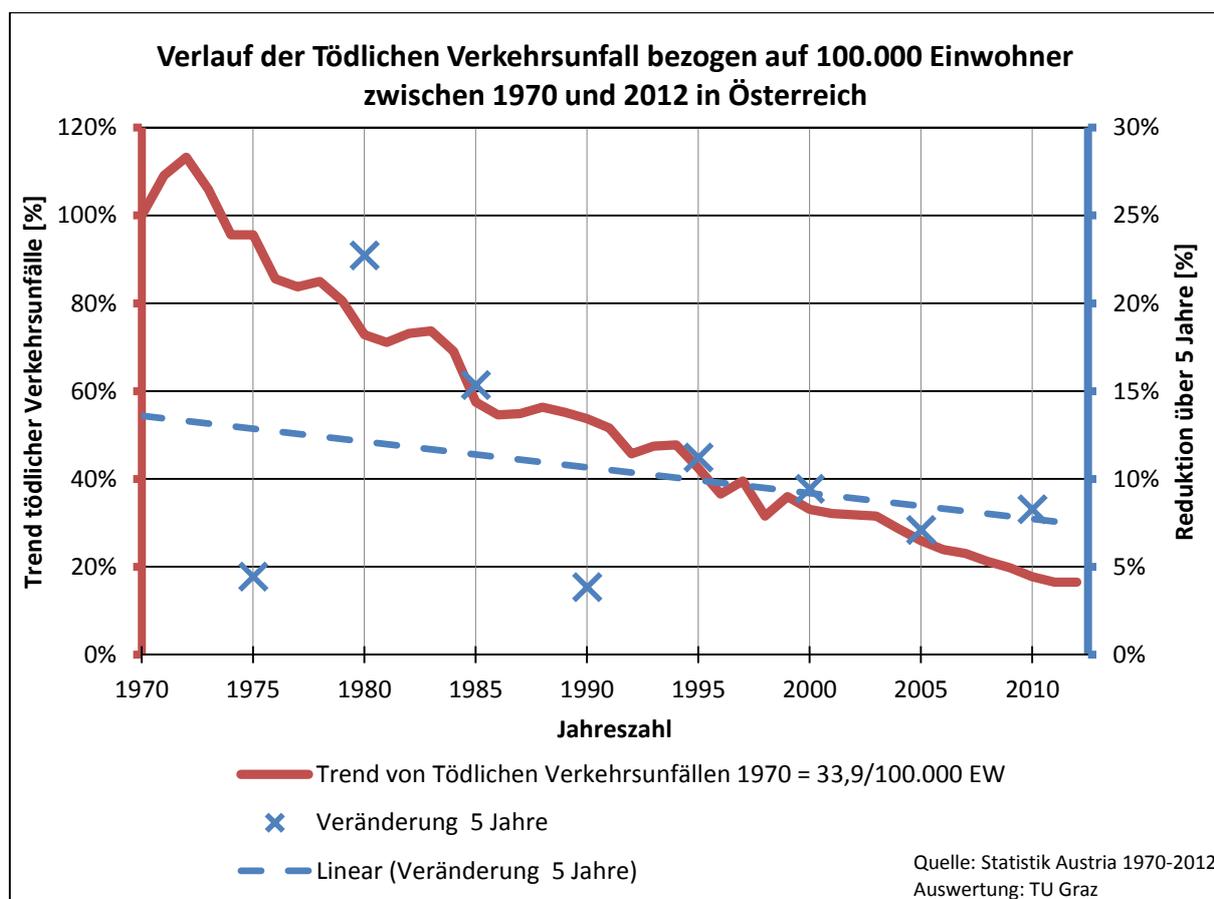


Abbildung 16: Trend der Todesopfer im Straßenverkehr zwischen 1970 und 2012 [31]

Analysiert man nun die durch Transportmittelunfälle entstandenen Unfälle auf den Straßennetzen in Österreich (Tabelle 3), so erkennt man, dass die meisten Unfälle auf Landesstraßen B+L stattfinden, gefolgt von Gemeindestraßen (sonstige Straßen) und Autobahnen und Schnellstraßen (inkl. Rampenfahrbahn). In Abbildung 17 werden die Verletzungsverteilungen der zwischen 2002 und 2011 in Österreich entstandenen Unfälle im Straßenverkehr dargestellt. Außerdem werden die Gesamtunfälle (Unfälle mit Personenschaden) über die Länge des jeweiligen Straßennetzes skaliert. Dabei ist zu erkennen, dass viele Unfälle mit Personenschaden auf den Landesstraßen vorliegen, jedoch pro Straßenkilometer die meisten tödlichen Unfälle auf Autobahnen und Schnellstraßen (mit hohem Verkehrsdurchsatz) stattfinden. Die entstehenden Verletzungen sind bei Unfällen im hochrangigen Straßennetz am gravierendsten, trotz gut ausgebauter Straßen.

Tabelle 3: Darstellung der Straßennetzlängen und Unfälle mit Personenschaden zwischen 2002 und 2011 bezogen auf unterschiedlichen Straßenarten [2, 4]

Straßenkategorie	Netzlänge ¹		Unfälle mit Personenschaden ²	
	[km]	[%]	Stk	[%]
Autobahnen + Schnellstraßen	2.180	2	23935	6
Landesstraßen B+L	33.660	27	219797	55
Gemeindestraßen	88.670	71	154965	39
Gesamt	124.510	100	398697	100

¹... BMVIT von 2011 ²... Statistik Österreich von 2002-2011

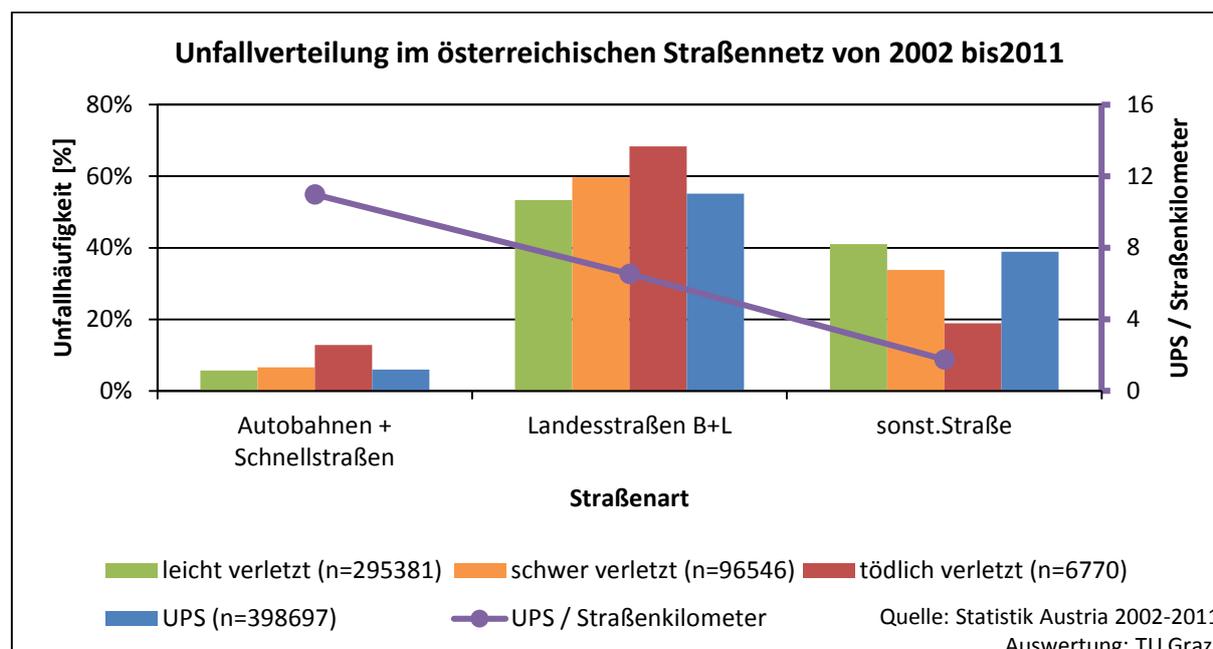


Abbildung 17: Unfallverteilung im gesamten österreichischen Straßennetz bezogen Straßennetze [4, 2]

In Österreich gibt es 105 verschiedene Unfalltypen, welche in der RVS 02.02.21 [14] definiert sind. Diese sind in Obergruppen und Untergruppen zusammengefasst (Abbildung 18). Unfalltypen sind mit einer dreistelligen Zahl angeführt, welche einen Unfalltyp genau definieren. der Obergruppe Kreuzungsunfälle alle Unfälle beim Abbiegen (3 und 4) sowie rechtwinkelige Kollisionen auf Kreuzungen (5 und 6) zusammengefasst. Unfälle mit Haltenden oder Parkenden Fahrzeugen werden der Rubrik Sonstige zugeordnet.

0 Unfall mit nur einem Beteiligten	01 Abkommen Rechts	011 Auf der Geraden 
1 Unfälle im Richtungsverkehr	02 Abkommen Links	012 In Rechtskurve 
2 Unfälle im Begegnungsverkehr	03 Abkommen bei einer Kreuzung, Fv oder Ausfahrt	013 In Linkskurve 
3 Unfälle beim Abbiegen oder Umkehren-Richtungsgleich	04 Rückwärtsfahren oder Umkehren	
4 Unfälle beim Abbiegen oder Umkehren-entgegengesetzte Richtung	05 Sturz vom und im Fahrzeug	
5 Rechtwinkelige Kollisionen auf Kreuzungen beim Queren	06 Auffahren	
6 Rechtwinkelige Kollisionen auf Kreuzungen beim Einbiegen	11 Kollision beim Überholen	
7 Unfälle mit Haltenden oder Parkenden Fahrzeugen mit zwei oder mehr Bet.	12 Wechseln des Fahrstreifens mit und ohne Kollision	
8 Fußgängerunfälle	13 Auffahren auf Fahrendes Fahrzeug	
9 Sonstige Unfälle mit zwei oder mehreren Beteiligten	14 Auffahren auf Verkehrsbedingt stehendes Fahrzeug	
	15 Auffahren im Kreuzungsbereich	
	16 Kollision beim Rückwärtsfahren	
	17 Kollision durch Einordnen	
Obergruppe	Untergruppe	Unfalltypen

Einteilung von Unfalltypen

Abbildung 18: Einteilung von Unfalltypen - Statistik Austria [29]

Analysiert man die Unfälle am österreichischen Straßennetz nach unterschiedlichen Unfalltypen, so kann man erkennen, dass hauptsächlich „Unfälle im Richtungsverkehr“ und „Unfälle mit nur einem beteiligten Fahrzeug“ im Bereich der Autobahnen und Schnellstraßen vorliegen (Abbildung 19). Grund dafür ist die planfreie Bauweise von Autobahn- und Schnellstraßenfahrbahnen [13], das Fahrverbot für Fahrzeuge mit einer niedrigen Bauartgeschwindigkeit (Motorkarren, Motorfahrrad,...) und die bauliche Abgrenzung dieser zur Umgebung (Lärmschutzwände, Leitschienen, u.ä.). Unter dem Unfalltyp „Unfall mit nur einem Beteiligten“ sind hauptsächlich Unfälle, die durch Abkommen von der Fahrbahn entstehen, zusammengefasst. „Unfälle im Richtungsverkehr“ sind Unfälle, die hauptsächlich durch das Auffahren auf fahrende oder stehende Hindernisse entstehen. [42]

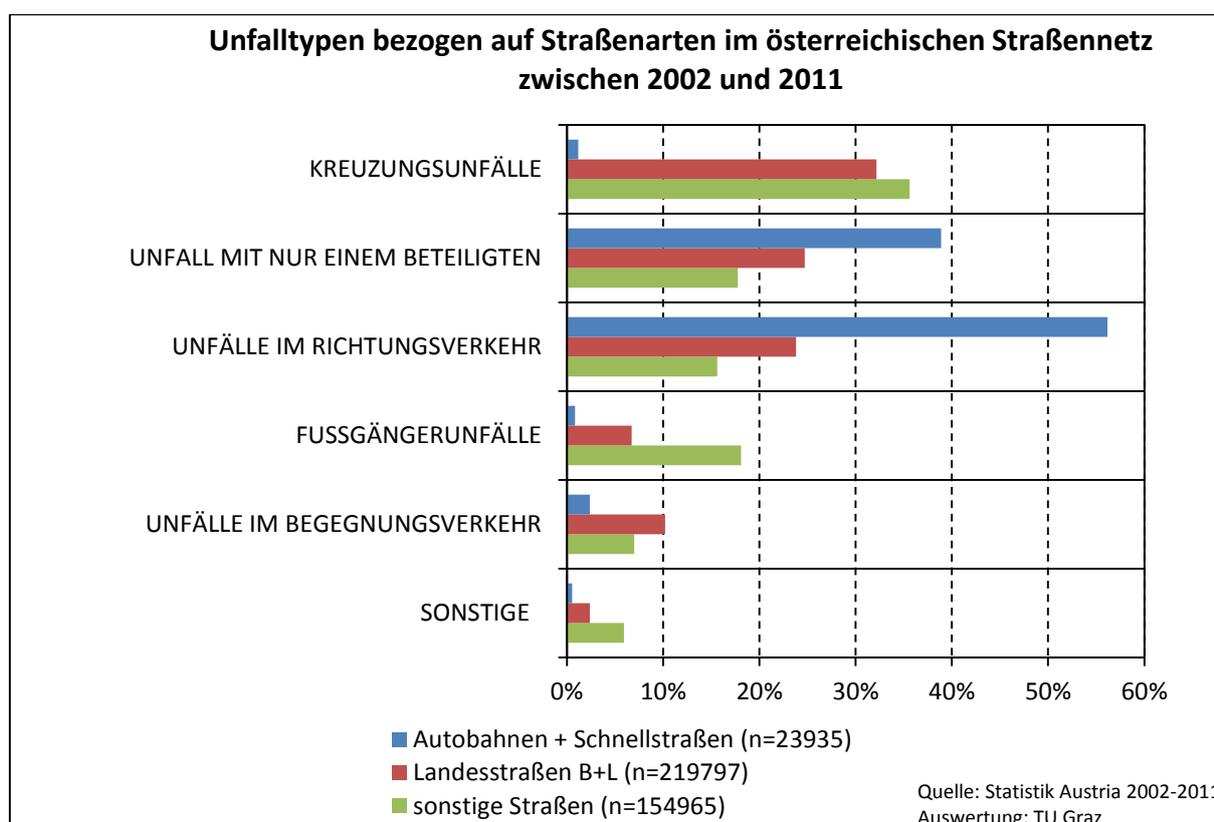


Abbildung 19: Unfalltypen und Straßenarten bei Unfällen mit Personenschaden zwischen 2002 und 2011 in Österreich [4]

4 MATERIAL

Zur Darstellung von Unfällen auf Halbanschlussstellen oder Abschnitten von A+S werden verschiedene Datenquellen verknüpft. Einerseits beschreiben solche Datenquellen den Unfall (inklusive dessen Zuordnung zum Straßennetz) und andererseits können andere Datenquellen die Geometrien des Straßenabschnitts beschreiben. Ziel der Datenverknüpfung ist die Herstellung eines Zusammenhanges zwischen Unfallstandort und den Verbindungsstellen insbesondere der Halbanschlussstellen.

Für die Unfälle werden Unfalldaten der Statistik Austria [4] herangezogen. In diesen ist unter anderem die Straßenbezeichnung und Straßenkilometrierung vorliegend. Für die Identifizierung einer entsprechenden Anschlussstelle, Halbanschlussstelle oder Knoten werden Informationen der ASFINAG-Straßendaten [1, 2013a] aus dem Jahr 2013 genutzt. Die Datensätze des Autobahn- und Schnellstraßenbetreibers in Österreich bestehen aus 641 Stationierungspunkten. Komplettiert wird die Zuordnung von Unfalldaten und Örtlichkeit durch das Geoinformationssystem, um die entsprechende Rampenausführung (Typ der Anschlussstelle, Rampenführung, etc.) und Anbindung an das untergeordnete Straßennetz im Bereich von Halbanschlussstellen zu identifizieren.

4.1 Informationen zu den Verbindungsstellen

Auf Autobahn und Schnellstraßen gibt es 641 Datensätze, welche in Knoten, Vollanschlussstellen oder Halbanschlussstellen unterteilt werden (Abbildung 20). Hierbei hat jeder Stationierungspunkt weitere Informationen wie beispielsweise Knotenname, Straßenname, Verbindungsstellentyp, Stationierungspunkt, Betriebszustand etc. Jeder Datensatz beschreibt einen markanten Punkt auf der Autobahn oder Schnellstraße. So wird die Lage einer Halbanschlussstelle, Vollanschlussstelle, Knoten oder auch Sonstige Punkte (Ländergrenze oder Betriebsumkehrungen) dargestellt. [1, 2013a]

4.2 Daten aus dem Geoinformationssystem

Unter Geodaten versteht man digitale Informationen, die Objekten auf der Erdoberfläche einen gewissen Bezug der Lage zuweisen. Man unterscheidet Geobasisdaten und Geofachdaten. Geobasisdaten sind grundlegende Informationen ohne Anwendungsbezug. Geobasisdaten hingegen sind Daten mit Bezug hinsichtlich spezieller Anwendungen, in diesem Fall der Anwendung von Verkehr. Die Daten werden bei den GIS (Geoinformationssysteme) als geometrische Objekte mit Sachinformation modelliert. [24]

Zur detaillierten Beschreibung einer Halbanschlussstelle, wurden geometrische Parameter aus dem Geoinformationssystem aufbereitet. Wesentliche Parameter hierbei sind die Lage der Trenninsel auf der Hauptfahrbahn, die Länge des Verzögerungs- oder Beschleunigungsstreifens, die Länge der Sperrfläche, die Länge der Rampenfahrbahn und die Lage des Kreuzungspunktes bezogen auf die untergeordnete Straße. Unberücksichtigt blieben Halbanschlussstellen, die sich in der Planungs- oder Baustellenphase befinden. Für die weiterfolgende Unfallanalyse wurden die Halbanschlussstellen in Rampen zerlegt. Dies macht die Datenbank ausbaufähig für Analysen aller Verbindungsstellen. In Abbildung 20 ist die Datenstruktur der Stationierungsdaten der Anschlussstelle mit den geometrischen Dateninformationen dargestellt.

4.3 Unfalldaten

Für die Auswertung von HAST werden die Unfalldaten [4] im Zeitraum zwischen 2002-2011 ausgewertet. Hierbei werden rund 400.000 Unfälle mit Personenschaden auf österreichischen Straßen registriert. Die Verkehrsunfälle werden von der Polizei via Unfallzählblatt erfasst. Die Statistik Austria sammelt zentral diese Daten, bereitet sie anschließend auf und stellt Daten für jedes Jahr als Paket zum kommerziellen Erwerb zur Verfügung.

In Abbildung 20 ist die Unfalldatenbank verknüpft mit der Anschlussdatenbank dargestellt. Die Verknüpfung erfolgt dabei zwischen den Unfallort und der geometrisch beschreibenden Anschlussdatenbank.

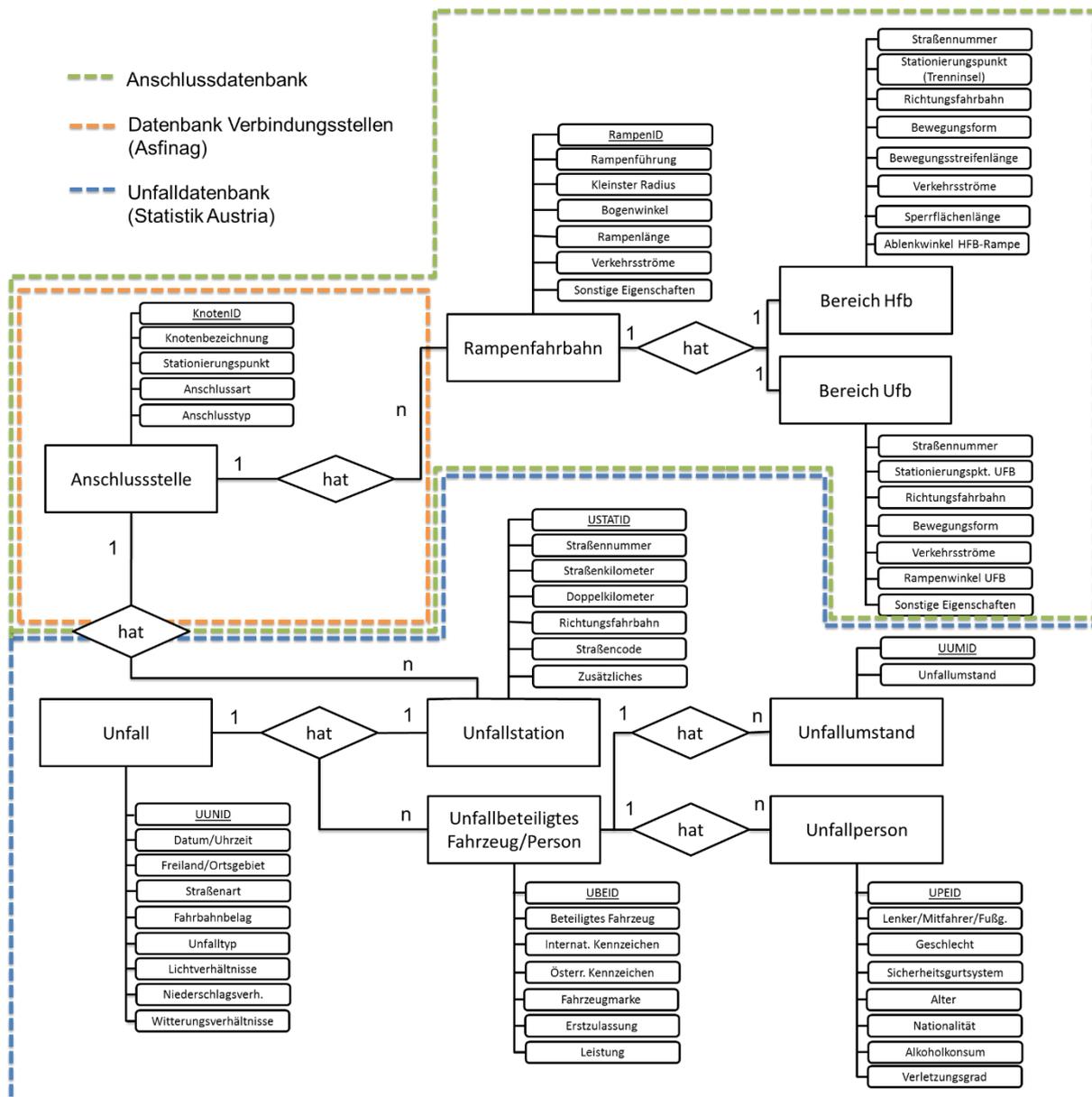


Abbildung 20: ERM Datenstruktur einer Anschlussstelle [1, 2013a, 4]

5 METHODIK

5.1 Grundprinzip Fenstermethode

Als Unfallhäufigkeitsstelle [15] bezeichnet man einen Strecken- bzw. Knotenbereich bis zu einer Länge von 250m, in dem innerhalb von drei Jahren mindestens drei gleichartige Unfälle entstanden sind. Dabei muss ein Unfallteilnehmer verletzt worden sein. Zusätzlich muss der Relativitätskoeffizient größer gleich 0,8 sein. Der Relativitätskoeffizient gibt das Verhältnis zwischen den durchschnittlichen Unfällen mit Personenschaden (UPS) über drei Jahre und der jahresdurchschnittlichen täglichen Verkehrsstärke an. Eine Unfallhäufungsstelle kann aber auch vorliegen, wenn in einem Jahr mindestens fünf gleichartige Unfälle mit Sachschaden verzeichnet wurden. Gleichartige Unfälle werden nach einer Tabelle aus RVS 1.21 [15] zu Unfällen mit ähnlicher Unfalloberguppe, Unfälle mit ähnlichen Unfallteilnehmer oder Unfälle bei ähnlichen Umgebungsverhältnissen (Witterung, Licht oder Niederschlag) zusammengefasst. Bei der Fenstermethode wird ein Abtastfenster mit einer bestimmten Größe (nach RVS 1.21 Fenstergröße $\leq 250\text{m}$) über die zu untersuchende Straße/Abschnitt schrittweise geschoben (Abbildung 21). Zu jedem Intervall werden die Unfälle des Straßenabschnittes auf das Fenster dargestellt und jene Unfälle, die sich mit dem Abtastfenster überdecken gezählt und gespeichert. Zur Beurteilung einer Unfallhäufungsstelle müssen anschließend die Verletzungsschwere und Art der Unfallteilnehmer, der Unfalltyp und die Umgebungsverhältnisse den klassifizierten Unfällen zugeordnet werden. Die Schrittweite beschreibt den Abstand, um den das Abtastfenster in jedem Intervall über die zu untersuchende Fahrbahn verschoben wird und ist ein Maß für die Auflösung der Ergebnisse. Je kleiner der Wert für die Schrittweite gewählt wird, desto mehr Intervalle müssen gebildet werden, desto höher der Rechenaufwand und höher die Sicherheit der Ortung einer Unfallhäufungsstelle. [15]

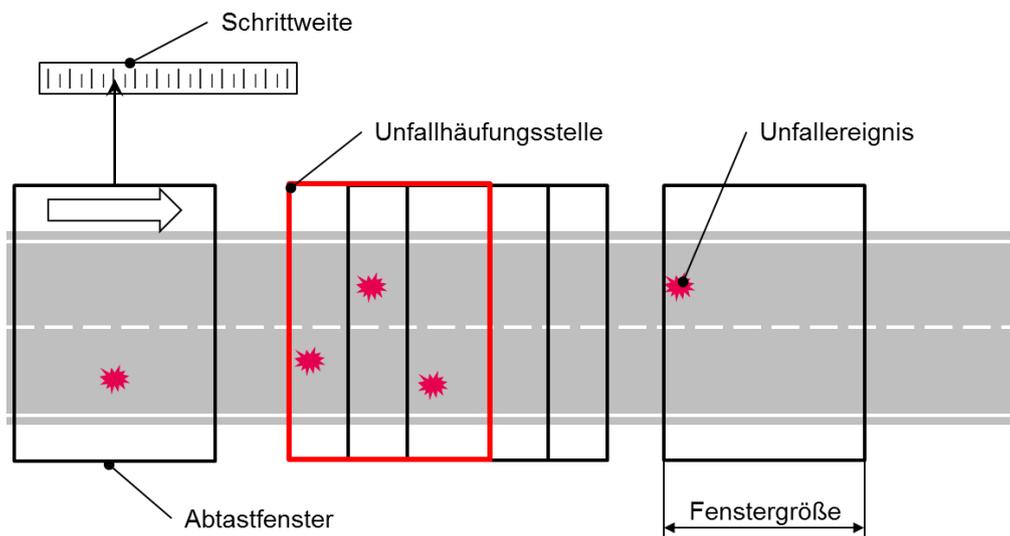


Abbildung 21: Detektion von Unfällen mit Fenstermethode – Unfallhäufungsstelle [15]

Je nach Untersuchungsmethode können die gewählten Werte für die Fenstergröße oder der Schrittweite unterschiedlich sein. Eine Verringerung der Schrittweite hat demnach den Vorteil einer hohen Auflösung. Die Verringerung der Fenstergröße nützt der genaueren geometrischen Bestimmung und Eingrenzung einer Häufungsstelle.

5.2 Streckenabschnitt

5.2.1 Verbindungsstellen

Bei der Unfallanalyse von Knoten werden alle 641 Autobahn- und Schnellstraßenstationen nach Unfällen beurteilt [1, 2013a]. Der Stationierungspunkt beinhaltet Straßennummer der Hauptfahrbahn und Straßenkilometer des Schnittpunktes der Hauptfahrbahn mit Rampen- oder Unterfahrbahn (Abbildung 22). Die Vorlauflänge und Nachlauflänge, jene Länge die den Untersuchungsbereich um den Stationierungspunkt bestimmt, wird manuell gewählt. Zur vollständigen Darstellung des gesamten Knotenbereichs, müssen die Werte für Vorlauf- und Nachlauflängen geeignet gewählt werden, um den gesamten Autobahnknoten, die Vollanschlussstelle oder die Halbanchlussstelle abdecken zu können. Grundsätzlich wäre es möglich die Vorlauflänge bzw. Nachlauflänge mit Beginn des Ausfädelstreifen oder Ende des Einfädelstreifens zu begrenzen. Bei nur einem bekannten Stationierungspunkt pro Verbindungsstelle muss demnach die Vor- und Nachlauflänge frei gewählt werden. Die Abtastung beginnt mit dem 1. Intervall ab dem Startpunkt, gebildet durch die Vorlauflänge, anschließend wird das Abtastfenster schrittweise bis zum Endpunkt, durch die Nachlauflänge definiert, über die zu untersuchende Fahrbahn geschoben. Dabei werden die Unfälle im Bereichsfenster pro Abtastintervall gezählt und gespeichert. Im gesamten Knotenbereich aus Vorlauf- und Nachlauflänge können n-Abtastintervalle vorliegen. Die Standortbestimmung der Unfälle auf die Haupt- und Unterfahrbahn sowie der Rampen ist hier noch nicht möglich. Dazu muss die Fenstermethode auf diese drei Bereich angewandt werden.

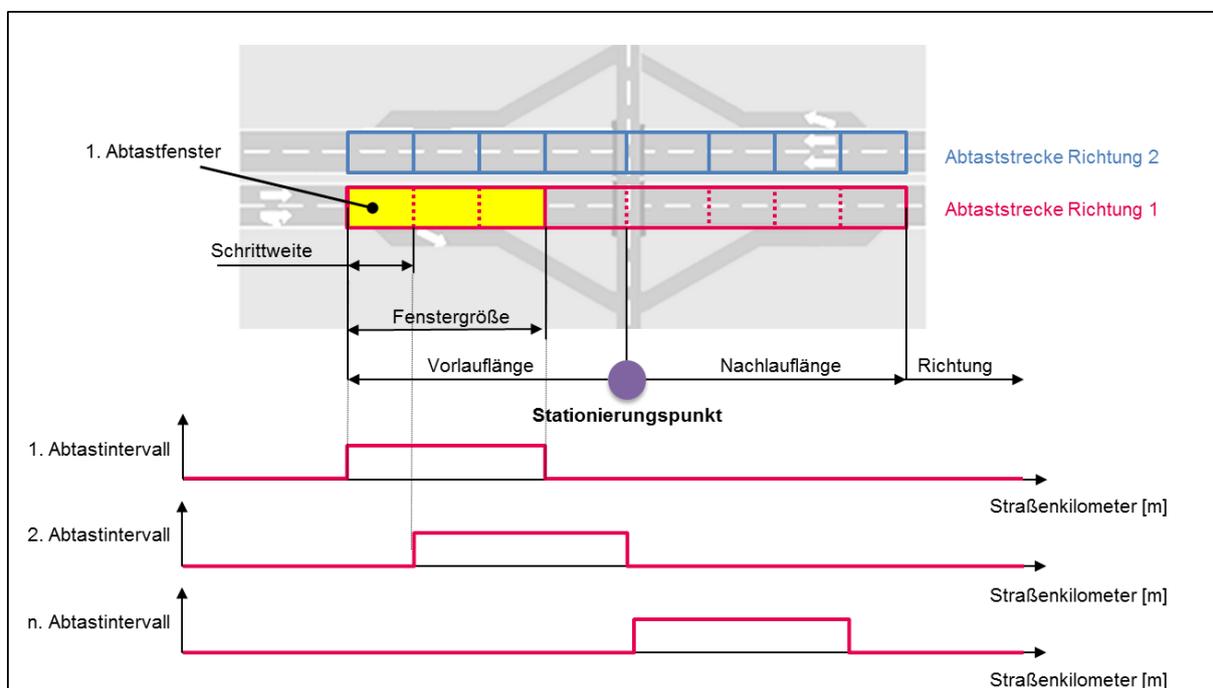


Abbildung 22: Anwendung der Fenstermethode auf eine Anschlussstelle - Analyse von Verbindungsstellen (eigene Darstellung)

Anwendungsbeispiel der Methode bei einem Knoten

Im Anschluss wird exemplarisch ein Anwendungsbeispiel eines Knotens erklärt (Tabelle 4). Der Knotentyp Knoten bedeutet die Verbindung von zwei übergeordneten Straßen und besteht somit nur aus planfreien Verbindungsstellen. Analysiert wird die Straße A-Autobahn mit einer eindeutigen Nummer. Stationierungspunkt des Knotens ist 4390m. Abzüglich der Vorlauflänge ergibt sich nun der Startpunkt mit Straßenkilometer KM 3,4 und der Endpunkt des Analysebereichs ergibt sich mit KM 5,4. Dieser Knotenbereich wird nun mit einem Fenster von 250m und einer Schrittweite von 50m abgerastert.

Tabelle 4: Technische Daten für das Anwendungsbeispiel Knoten [27, 2014b]

Stationierungspunkt	4390m
Fenstergröße	250m
Schrittweite	50m
Vorlauflänge	1000m
Nachlauflänge	1000m

In Abbildung 23 wird der zu untersuchende Bereich des Knotenbeispiels dargestellt. Da bei der Untersuchung von Knoten nur der Stationierungspunkt verfügbar ist und Vorlauf- und Nachlauflänge gewählt werden, kann nur die Hauptfahrbahn des gesamten Bereiches untersucht werden. Unfälle auf Rampenfahrbahnen und auf untergeordneten Straßen oder Autobahnen oder Schnellstraßen bei Autobahnknoten können für das gegenständliche Beispiel nicht dargestellt werden. Der Stationierungspunkt ist als violetter Kreis eingezeichnet. Der Startpunkt und Endpunkt, sowie die Strecke werden mit blauer Farbe markiert.

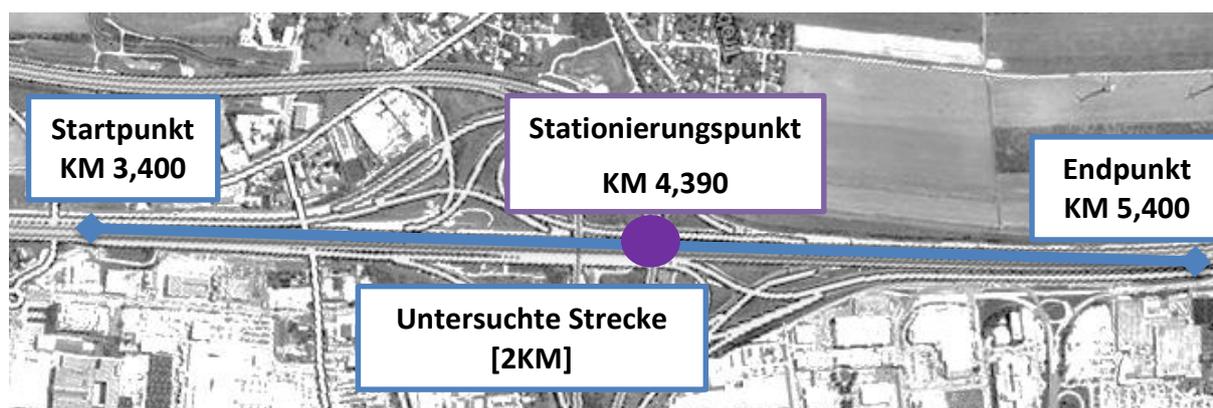


Abbildung 23: Geographische Übersicht des untersuchten Knoten[27, 2014b]

Nach beschriebener Methodik wird ein Fenster mit der Größe von 250m erstellt, welches in aufsteigende Fahrtrichtung bei Kilometer 3,39 startet und mit der Schrittweite von 50m intervallweise über die Hauptfahrbahn geschoben. Endpunkt des untersuchten Bereiches liegt bei KM 5,39 und ergibt sich aus der Addition von Stationierungspunkt und Nachlauflänge. In der nachstehender Tabelle wird nun das erste Intervall mit der Fenstergröße von 250m dargestellt. Die Grenzen des ersten Intervalls sind bei KM 3,39 und 3,64. Im ersten Intervallfenster ereigneten sich somit 11 Unfälle (Tabelle 5).

Tabelle 5: Anzahl der Unfälle im ersten Intervall des untersuchten Knotens in aufsteigende Fahrtrichtung [4]

Straßenkilometer[m]	3400	3500	3600
Anzahl Unfälle	3	7	1
Gesamt	11 Unfälle im Intervall [3390m;3640m]		

Im Zeitraum von 2002 bis 2011 ereigneten sich in diesem Knotenbereich (von KM 3,4 bis KM 5,4) 77 Unfälle. Unberücksichtigt bleibt hierbei ob sich ein Unfall auf der Rampe oder Unterfahrbahn ereignet hat. Durch die Angabe der Unfallorte in diesem Beispiel kann man erahnen, dass diese Unfälle häufig auf 100m gerundet werden (9 Unfälle genau am KM 4,0). Dieser Faktor kann eine mögliche Ungenauigkeit in der Auswertung zur Folge haben. Rund 65% ereignen sich im Bereich der Vorlauflänge bis zum Stationierungspunkt.

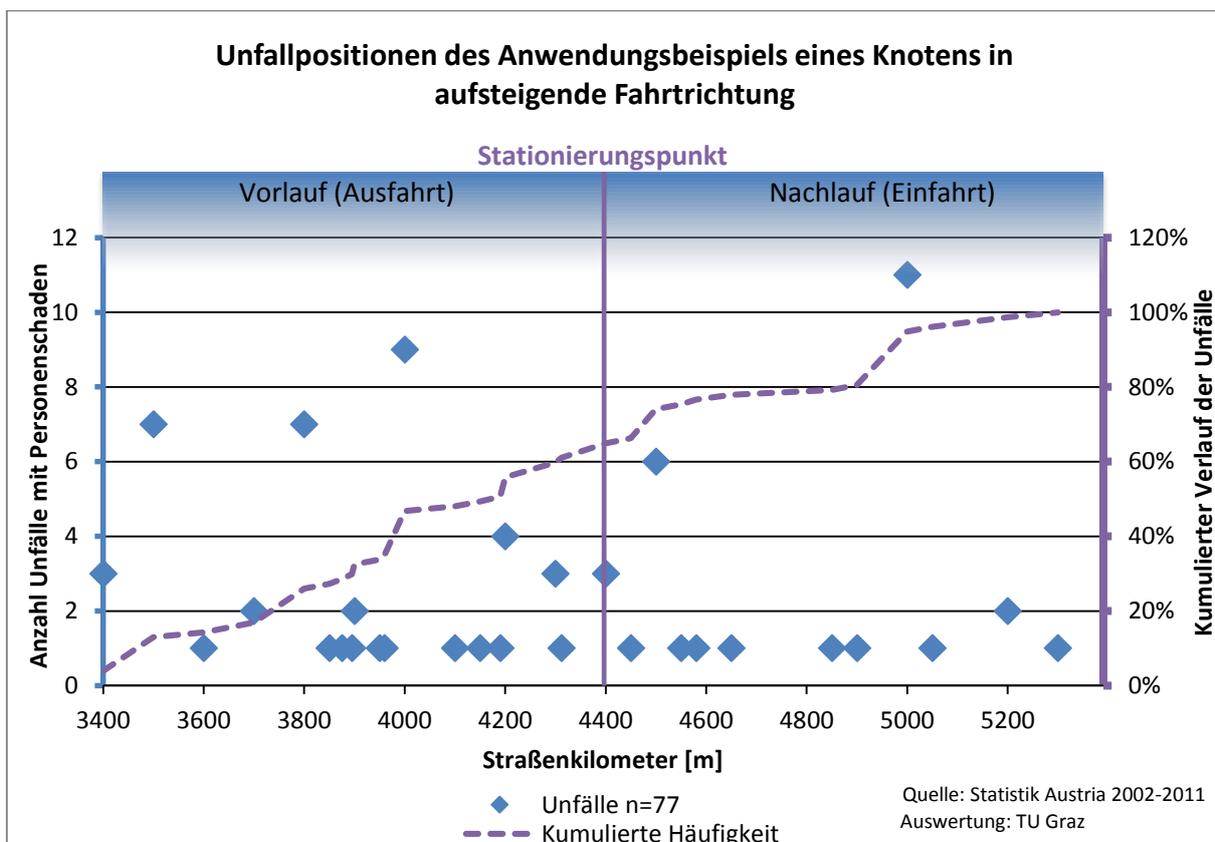


Abbildung 24: Analyse der Unfallpositionen beim untersuchten Knotenanwendungsbeispiel [27, 2014b, 4]

Die Ergebnisse, die Anhand der Fenstermethode generiert wurden, sind in Abbildung 25 dargestellt. Im Bereich zwischen 3790m und 4040 wurden 23 der gesamten 77 Unfälle mit Personenschaden im Untersuchungszeitraum festgestellt.

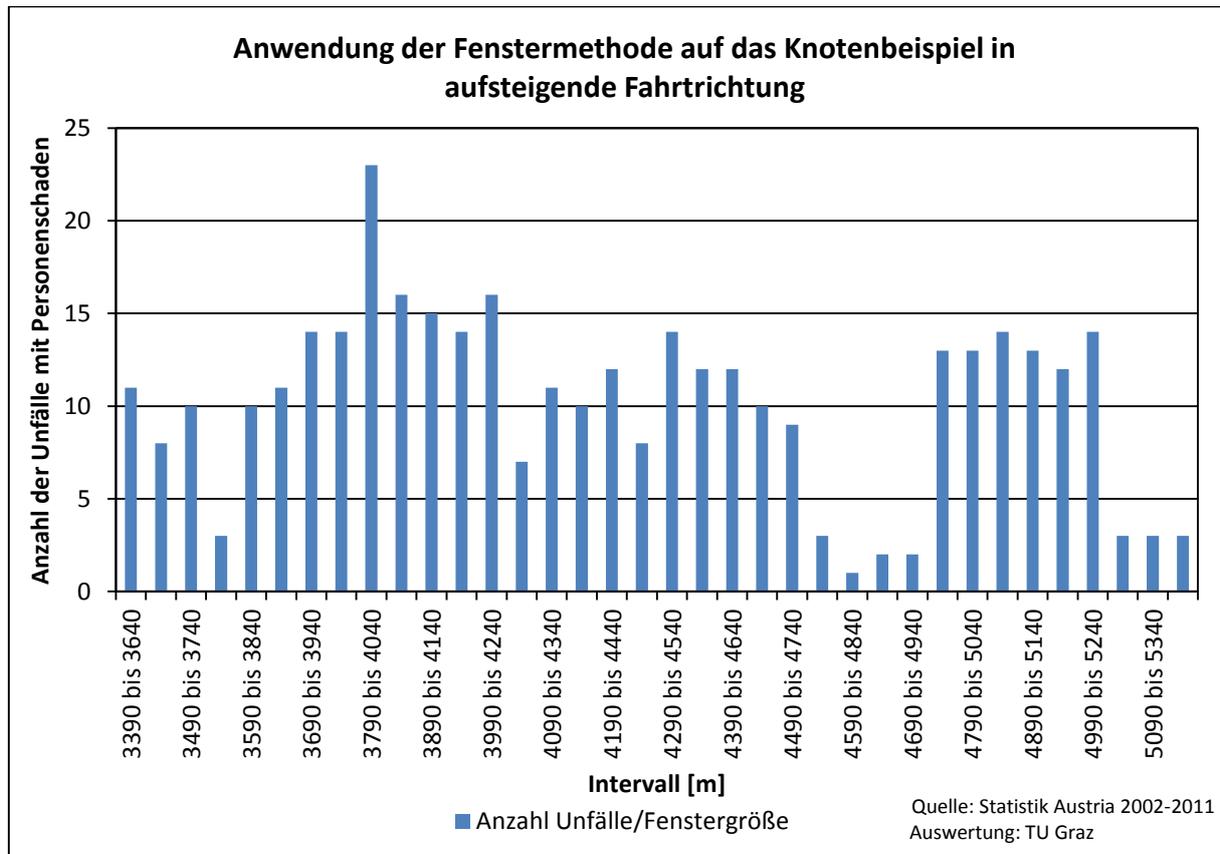


Abbildung 25: Darstellung der Unfälle mit Personenschaden bei Anwendung der Fenstermethode auf das Knotenbeispiel [4]

5.2.2 Anschlussstelle

Bei der Detailanalyse von Anschlussstellen werden Einfahrten bzw. Ausfahrten getrennt voneinander analysiert. Dabei wird jede Fahrbewegung, bestehend aus Beschleunigungs-Verzögerungstreifen, Rampe und Kreuzungsbereich des untergeordneten Straßennetzes getrennt voneinander betrachtet. Die Analyse einer Ausfahrt beginnt mit dem Beginn des Verzögerungstreifens und endet mit dem Bereich um den Stationierungspunkt der Unterfahrbahn (Abbildung 26). Der Bereich zwischen Beschilderungen und Beginn des Verzögerungstreifens auf der Hauptfahrbahn wird nicht analysiert, da die Beschilderungen über aktuellen Länder-Geo-Daten nicht auslesbar sind. Die zu untersuchende Strecke der HFB endet mit der Trenninsel. Die Analyse der Rampe beginnt mit dem Trennpunkt, jenem Punkt der für die Abzweigung der Fahrstreifen steht und die Spitze der Sperrfläche signalisiert. Die Ausfahrt (Rampe) endet mit einer plangleichen Kreuzung im untergeordneten Straßennetz, dem Stationierungspunkt der Unterfahrbahn. Um Unfälle im Bereich der Ausfahrt, die im untergeordneten Straßennetz entstehen, in die Analyse mit einzubinden, wird ein Bereich um Stationierungspunkt UFB gebildet. Das Fenster wird beginnend mit der Manöverstrecke der Hauptfahrbahn bis zum Stationierungspunkt der Unterfahrbahn bewegt. Abschließend wird der Bereich um den Stationierungspunkt der Unterfahrbahn gerastert, d.h. beginnend mit einem im Vorfeld definierten Startpunkt (Subtraktion von Stationierungspunkt und Vorlauflänge) und endend nach Vorlauflänge plus Nachlauflänge. Dieser Bereich wird analog der Fenstermethode in Intervallen mit entsprechender Fenstergröße und Schrittweite untersucht. Für eine Einfahrt ergeben sich äquivalent die gleichen Bereiche.

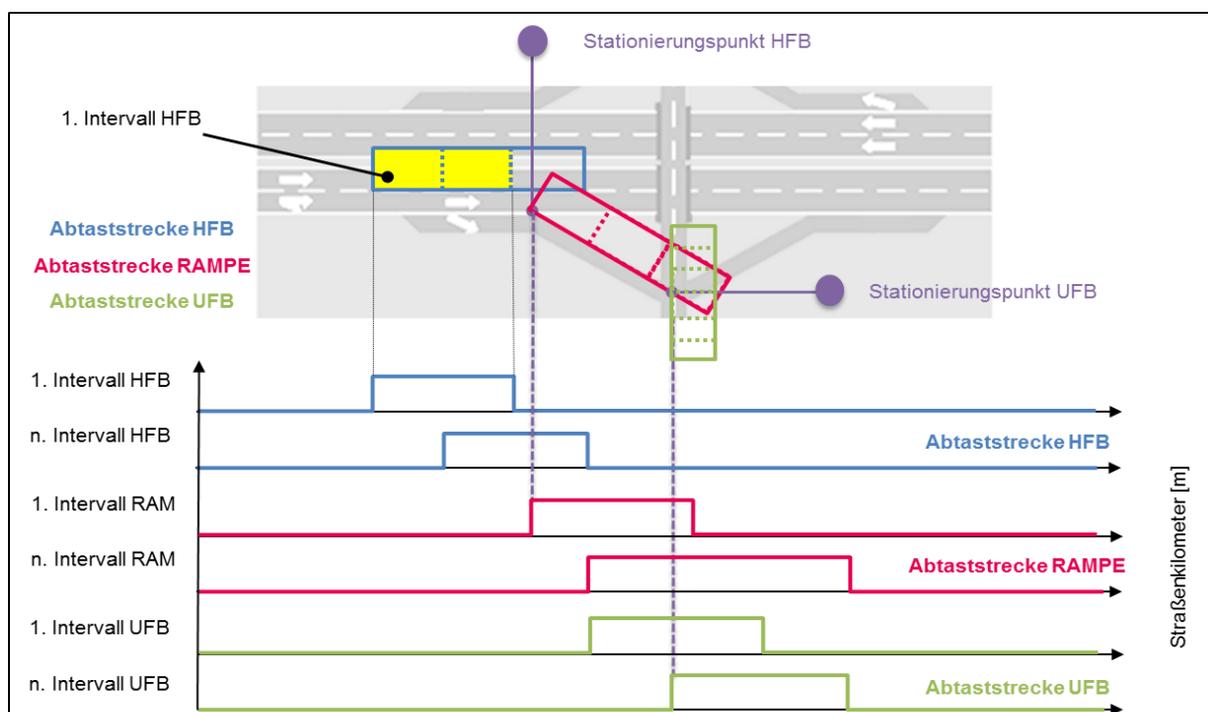


Abbildung 26: Anwendung der Fenstermethode auf eine Anschlussstelle - Analyse von Anschlussstellen (eigene Darstellung)

Anwendungsbeispiel der Methode bei einer Halbanschlussstelle:

Untersucht wird die planfreie Ausfahrt beim Ausfädeln von der Autobahn in aufsteigender Fahrtrichtung. Es handelt sich dabei um eine Halbanschlussstelle mit einer Henkelrampe. Die Rampe trifft im untergeordneten Straßennetz mit einer plangleichen T-Kreuzung auf eine Landesstraße. Zur detaillierteren Darstellung von Häufungsstellen wird dabei eine Fenstergröße von 50m festgelegt. Ab dem Startpunkt KM 5,0, der sich aus der Differenz des Stationierungspunktes auf der Hauptfahrbahn und der Länge des Verzögerungstreifens ergibt, wird das Fenster um die Schrittweite von 50m fortlaufend über die Hauptfahrbahn bewegt (Tabelle 6). Die Rasterung des Autobahn-Abschnittes ist, in Abbildung 27 mit blau gekennzeichnet und endet 50 m nach dem Stationierungspunkt. Anschließend wird das Fenster über die Rampe geschoben, beginnend mit dem Trennpunkt und endend nach der Rampenlänge (rot). Abschließend wird der Bereich der Unterfahrbahn, grün gekennzeichnet, um den Stationierungspunkt der Unterfahrbahn nach entstandenen Unfällen abgesucht.

Tabelle 6: Technische Daten für das Anwendungsbeispiel der Halbanschlussstelle [27, 2014b]

HFB	Bewegung	Ausfädeln
	Richtung	Aufsteigender KM
	Stationierungspunkt	5200m
	Verzögerungstreifen	200m
RAM	Rampenlänge	590m
UFB	Bewegung	Kreuzen
	Richtung	unbekannt
	Vorlauf/Nachlauf	+50m
Fenstergröße		50m
Schrittweite		50m

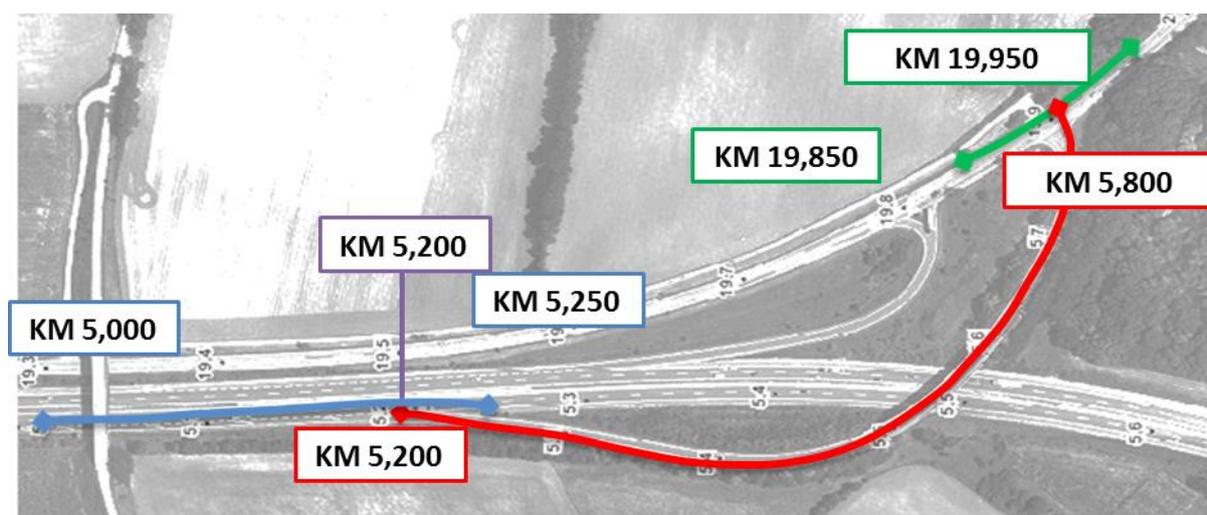


Abbildung 27: Geographische Übersicht der untersuchten Halbanschlussstelle [27, 2014b]

Die Untersuchung der Abfahrt beginnt mit der Ausbildung des Verzögerungstreifens auf der Hauptfahrbahn und endet 50m vor bzw. nach der Kreuzung im untergeordneten Straßensystem. Im Betrachtungszeitraum 2002 und 2011 sind im gesamten Bereich der Beispielausfahrt (Hauptfahrbahn, Rampe, Unterfahrbahn) 13 Unfälle mit Personenschaden vorgefallen. In Abbildung 28 wird jedem Unfall der zugehörige Straßenkilometer zugeordnet. Auf der Hauptfahrbahn ereigneten sich vier Unfälle, auf der Rampe wurden acht Unfälle und auf der Unterfahrbahn wurde ein Unfall gezählt (Abbildung 28). Auffällig ist hier bereits die erhöhte Anzahl an Unfällen im Bereich der Trenninsel. Mit dem kumulierten Verlauf erkennt man, dass sich 70% der Unfälle bereits am Ende des Verzögerungstreifens bzw. zu Beginn der Rampe ereignet haben. Im Kreuzungsbereich der untergeordneten Fahrbahn sind nur wenige Unfälle festzustellen. Zur übersichtlichen Darstellung wurden alle drei Ausfahrtsbereiche auf Haupt-, Rampen- und Unterfahrbahn in einem Diagramm dargestellt. Dabei muss erwähnt werden, dass beim Übergang von Hauptfahrbahn zu Rampe, im Bereich des Stationierungspunkt, bezogen auf die Hauptfahrbahn noch 50m untersucht werden. Grund dafür ist der endende Bereich der Hauptfahrbahn mit dem Stationierungspunkt und Beginn der Analyse der Rampe bei Sperrflächenspitze.

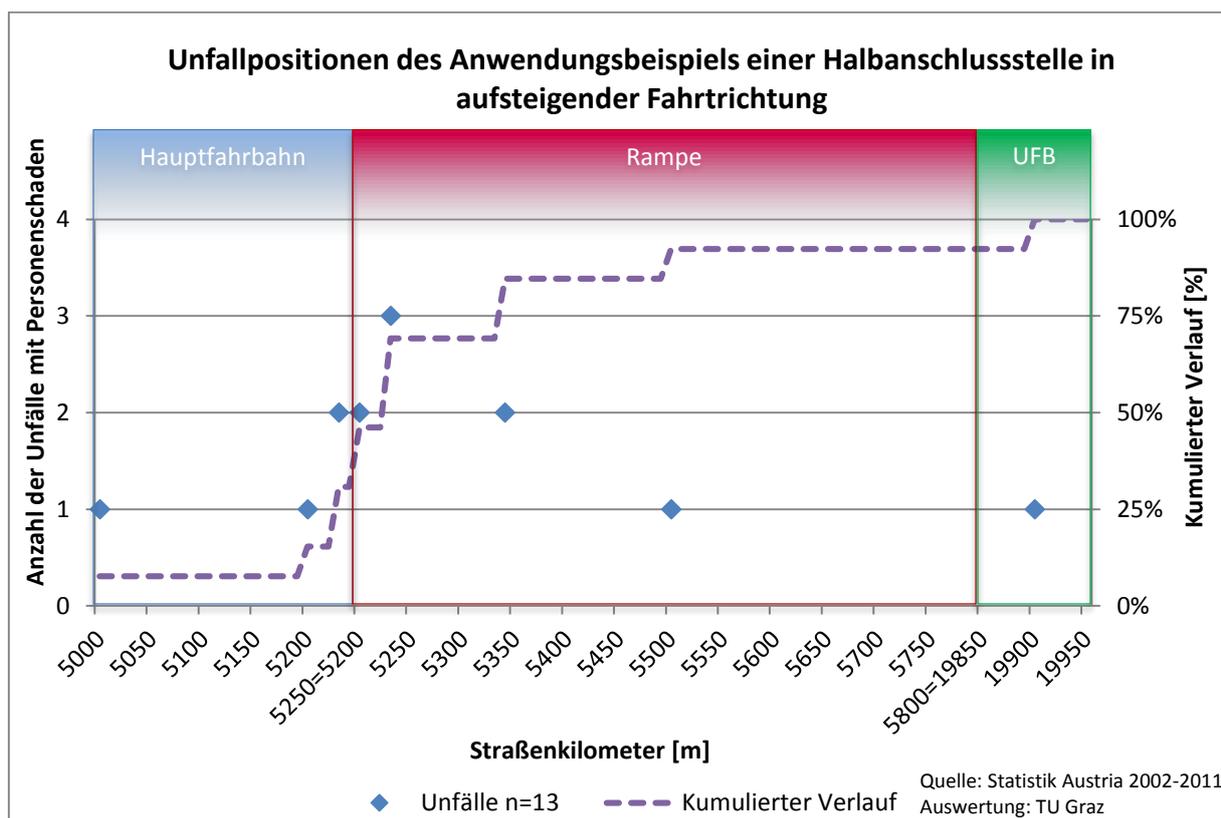


Abbildung 28: Analyse der Unfallpositionen beim untersuchten Anwendungsbeispiel einer Halbinschlussstelle [27, 2014b, 4]

Unter Anwendung der Fenstermethode auf der zu analysierenden Ausfahrt einer Halbinschlussstelle ergeben sich die in Abbildung 67, im Anhang, dargestellten Werte bei einer Fenstergröße von 50m und einer Schrittweite von 50m.

5.3 Normierungsmethode

Um die Unfallpositionen für alle Anschlussstellen einheitlich darzustellen, werden Häufigkeitsverteilungen für jede Fahrbahn und Bewegungsform angefertigt. Dabei werden die Unfälle, auf allen untersuchten Halbanschlussstellen, vereinheitlicht auf allen Abschnitte (Hauptfahrbahn, Rampe und Unterfahrbahn) prozentuell dargestellt. Hierzu wird ein Verhältnis von Unfallposition und charakteristischen Längen zwischen spezifischen Punkten gebildet. Beispielsweise wird der Abstand der Unfallposition auf der Hauptfahrbahn zum Trennpunkt der Hauptfahrbahn gemessen und anschließend durch die Länge des Verzögerungstreifens bei einer Ausfahrt dividiert. Daher ist die Unfallposition prozentuell definiert. 0 Prozent bedeuten demnach einen Unfallpunkt mit 0 Meter Abstand zur Sperrflächenspitze. Bei Unfällen auf der Rampenfahrbahn wird ebenso der Abstand zum Trennpunkt berechnet und dieser durch die Rampenlänge dividiert, um Unfälle unabhängig der Rampenlänge darstellen zu können. Im Bereich der Unterfahrbahn wird nur der Abstand zum Stationierungspunkt der Unterfahrbahn gemessen und ausgewertet. Die Unfallpositionen können direkt dargestellt werden, da alle Anschlussstellen mit der gleichen Vor- Nachlaufänge um den Stationierungspunkt der Unterfahrbahn analysiert wurden. Somit kann man die Unfallpositionen aller Halbanschlussstellen einheitlich analysieren, bezogen auf Haupt-, Rampen- und Unterfahrbahn in der Ausführung als Ausfahrt oder Einfahrt. In Abbildung 29 wird die Messmethode und die wichtigsten Punkte und Längen der Haupt- und Rampenfahrbahn dargestellt. Die Unfallpunkte werden über die Fenstermethode gewonnen und anschließend unter Einbeziehung der geometrisch spezifischen Rampenparameter/-stationen verarbeitet und ausgewertet.

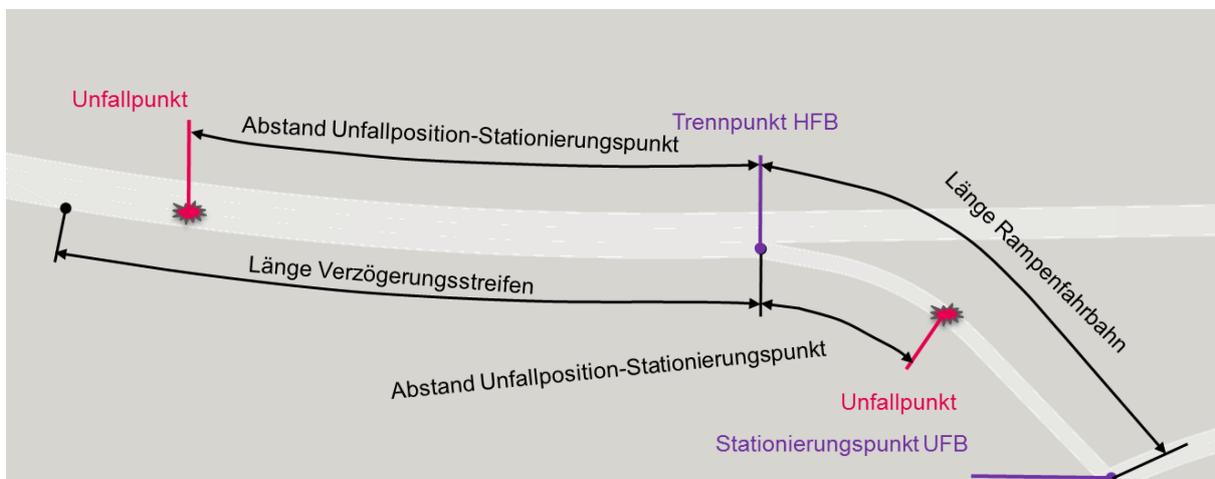


Abbildung 29: Bestimmung der Abstände anhand der Normierungsmethode (eigene Darstellung)

6 EINSCHRÄNKUNGEN

Zur Beurteilung der Verkehrssicherheit von Halbanschlussstellen mussten zur Analyse folgende Einschränkungen bzw. Vereinfachungen getroffen werden. Grundlage der Untersuchung sind die, durch das Unfallzählblatt von der Exekutive aufgenommenen, Verkehrsunfälle und die von der Statistik Austria [4] (zwischen 2002 und 2011) verfügbaren Datensätze. Diese Datensätze wurden unbehandelt übernommen und in die Datenbank integriert. Mögliche Ungenauigkeiten bei der Unfallaufnahme, wie z.B. die ortsungenaue Bestimmung des Unfallpunktes, wurden nicht berücksichtigt. Rampenunfälle auf Schnellstraßen konnten wegen fehlerhafter und ungleichmäßiger [28, 2007] Datensätze bei den statistischen Unfalldaten nicht analysiert werden.

Zur Analyse der Unfälle der Verbindungsstellen im gesamten hochrangigen Straßennetz werden die von der ASFINAG [1, 2013a] zur Verfügung gestellten Daten des Knoten-Stationierungspunktes hauptsächlich genutzt. Diese Stationierungspunkte, Straßenkilometer des planfreien Fahrbahnschnittpunktes, der 641 Autobahn und Schnellstraßenstationen in Österreich wurden aufgrund der großen Menge nur stichprobenartig geprüft. Zur Analyse der Verbindungsstellen wurde eine Vor- bzw. Nachlaufstrecke manuell gewählt. Die Vorlauflänge bzw. Nachlauflänge wurde passend für Autobahnknoten definiert. Dies hat zur Folge, dass bei der Analyse der Verbindungsstellen der Untersuchungsbereich für Halbanschlussstellen zu groß ist, und somit Unfälle die in Wirklichkeit im Bereich von Freien-Strecken entstanden sind zur Halbanschlussstelle bei dieser Analyseart gezählt werden.

Bei der Beurteilung der Halbanschlussstellen wurden markante Punkte bzw. Abstände durch die jeweiligen Länder-Geodienste genutzt. Die daraus entstehenden Ungenauigkeiten, ungenaue Straßenkilometer durch Neutrassierungen (Doppelkilometer) können nicht beachtet werden. Zur Untersuchung konnten nicht alle 59 Halbanschlussstellen analysiert werden. Gründe dafür sind Neu- bzw. Umbau, geänderter Straßenbetreiber oder fehlende Geo-Daten. Es verbleiben somit 47 Halbanschlussstellen zur Analyse. Leider konnten via Geo-Diensten [5, 2014a] keine Koordinaten der Autobahnbeschilderung entnommen werden, was eine Nichtberücksichtigung des Bereichs vor einem Verzögerungstreifens zur Folge hat. Weitere wichtige Parameter wie zulässige Geschwindigkeiten, Bodenmarkierungen (Überholverbot), Längs- und Querneigungen standen nicht zur Verfügung.

Zur Bestimmung von möglichen Häufungsstellen ist das Verkehrsaufkommen von hoher Bedeutung. Es macht einen großen Unterschied bezüglich der entstandenen Unfälle ob eine idente Kreuzung im städtischen Raum oder fernab eines Ballungszentrums analysiert wird. Um bestehende Unfallhäufungsstellen zu detektieren, stehen der Diplomarbeit keine Daten über die Verkehrsbelastungen der analysierten Halbanschlussstellen zur Verfügung, deshalb kann der Verkehrsfluss nicht berechnet werden [15].

7 ANALYSE UND AUSWERTUNG

Grundlegend werden drei unterschiedliche Methoden angewendet um Aussagen über eine Unfallverteilung bezogen auf Halbanschlussstellen treffen zu können, beginnend mit einer Grobanalyse der Verbindungsstellen. Als Schnittmenge von Unfällen die im Bereich von Knotenstellen via Fenstermethode generiert wurden, können die Bereiche der „Freien Strecken“ analysiert werden. „Freie Strecken“ sind Abschnitte auf Autobahnen und Schnellstraßen, in denen keine Aktion (Ausfahrt, Einfahrt) vorliegt. Die Detailuntersuchung der Halbanschlussstellen obliegt der Methode der Anschlussstelle. Dabei werden zwei Rampenfahrbahnen pro Halbanschlussstelle mit Hilfe der Fenstermethode gerastert. Es können Unfälle bezogen auf Haupt-, Rampen- und Unterfahrbahn dargestellt werden. Unfälle bezogen auf Verletzungsschwere, Unfalltyp, Lenkeralter, Art der Unfallfahrzeuge und Umgebungsverhältnissen werden analysiert.

7.1 Verbindungsstellen und „Freie Strecken“

Als Bereich der Verbindungsstellen wird jener Bereich definiert, welcher aus Vorlauf- und Nachlaufänge um den Stationierungspunkt der Verbindungsstelle aufgespannt wird. In weiterer Folge werden Unfälle auf 641 Stationen auf A+S in Österreich dargestellt (Tabelle 7). Hauptsächlich werden Anschlussstellen (Vollanschlussstellen) mit 404 Stück verbaut, davon 266 auf Autobahnen. Die Vorlauf- und Nachlaufänge wird mit 1000m definiert, es entsteht somit ein Untersuchungsbereich von 2000m. Der Wert 1000m wurde passend für die Autobahnknoten (flächenmäßig größte Verbindungsstelle) gewählt, um alle Unfälle in diesem Bereich zu sichern.

Tabelle 7: Verbindungsstellen auf Autobahnen und Schnellstraßen in Österreich und Untersuchungslänge [1, 2013a]

Typ	Stationen	Autobahn	Schnellstraße	Untersuchungslänge [km]
Anschlussstelle	404	266	138	808
Knoten	95	66	29	190
Halbanschlussstelle	59	40	19	118
Anschluss	15	8	7	30
Fahrverbindung	4	4	-	8
Sonstige	64	48	16	128
SUMME	641	432	209	1280

Als „Freie Strecke“ wird die Schnittmenge aus Bereichen von Verbindungsstelle und gesamten hochrangigen Straßennetz definiert. In Österreich sind rund 23000 Unfälle mit Personenschaden im Zeitraum zwischen 2002 und 2011 auf A+S entstanden, davon 11731 auf Verbindungsstellen bei einem Untersuchungsbereich von 2000m. Somit können 11250 UPS in einer Netzlänge von 1180km analysiert werden.

Tabelle 8: Netzlänge und Anzahl von Unfälle mit Personenschaden auf unterschiedlichen Streckenabschnitte von A+S in Österreich zwischen 2002-2011 [2, 4]

Art	Netzlänge [km]	UPS
Hochrangiges Straßennetz	2180	22981
Verbindungsstellen	- 1280	11731
Freie Strecke	1180	11250

7.2 Halbanschlussstellen

Zur detaillierten Darstellung von Unfällen im Bereich der 59 Halbanschlussstellen auf Autobahnen und Schnellstraßen in Österreich wird die in „Methodik Anschlussstelle“ dargestellte Fenstermethode angewendet. Eine Halbanschlussstelle besteht aus zwei Rampen und pro Rampe aus drei unterschiedlichen Sektoren. Eine Ausfahrt/Einfahrt besteht aus Bereichen der Haupt-, Rampen- und Unterfahrbahn. Der Bereich der Hauptfahrbahn beginnt mit dem Beginn der Fahrstreifenwechselzone des Verzögerungsstreifens (Ausfahrt) und endet mit dem Stationierungspunkt der Hauptfahrbahn. Bei der Untersuchung beginnt die Rampenfahrbahn mit dem Trennpunkt und endet mit Stationierungspunkt der Unterfahrbahn. Der Bereich der Unterfahrbahn wird mit einer Vorlauf- und Nachlaufänge abgebildet. Als Vorlauf- und Nachlaufänge werden jeweils 50m definiert, ergibt einen 100m Kreuzungsbereich. Die Fenstergröße wird mit 50 definiert.

Knotenform

Die dargestellten Formen unterscheiden sich lediglich nach Art und Zusammensetzung der Rampenführungen (Tabelle 9). Hauptsächlich werden auf den 59 Halbanschlussstellen von Autobahnen und Schnellstraßen in Österreich „Halbe Rauten“ ausgeführt, gefolgt von „Halben Trompeten“. Selten gibt es „Viertel Kleeblätter“ und „Indirekte Rampen“. 10 Halbanschlussstellen konnten nicht detailliert analysiert werden, da die jeweiligen Anschlussstellen im Planungs- oder Umbauzustand sind, bzw. aus dem Geoinformationssystem nicht ermittelt werden konnten (Wien).

Tabelle 9: Ausführungen von Halbanschlussstellen auf A+S in Österreich [5, 2014a]

Formen	Stationen
Halbe Raute	25
Halbe Trompete	20
Viertel Kleeblatt	2
Indirekte Rampen	2
Nicht Verfügbar	10
Gesamt	59

Rampenführung

Hauptsächlich werden „Direkte Rampen“ auf den analysierbaren 49 Halbanschlussstellen (98 Rampen) verbaut, 55 Rampen auf Autobahnen (Tabelle 10). Die 18 semidirekten Rampen (Henkelrampen) werden häufig in Form einer Ausfahrt (12 Stück) verwendet. Generell werden Unfälle auf den 74 Rampenfahrbahnen auf Autobahnen und 24 auf Schnellstraßen dargestellt.

Tabelle 10: Rampenführung bezogen auf Straßenart und Bewegungsform von Halbanschlussstellen in Österreich [5, 2014a]

Ausführung	Rampenzahl		Straßenart	
	Ausfahrt	Einfahrt	Autobahn	Schnellstraße
Direkt	34	38	55	17
Indirekt	3	5	6	2
Semidirekt	12	6	13	5
Gesamt	49	49	74	24

Straßenlänge

Als Streckenlänge wird die Summe der Untersuchungslängen der beteiligten Bereiche einer HAST angegeben (Tabelle 11). Die Länge der Bewegungstreifen (Ausfahrt und Einfahrt) bezogen auf die Autobahn ergibt sich mit 8870m für 74 Rampen. Dabei werden knapp 10km Beschleunigungstreifen und 7,8km Verzögerungstreifen auf Autobahnen gezählt.

Tabelle 11: Länge der Bewegungstreifen der Hauptfahrbahn der analysierten Rampen von Halbanschlussstellen [5, 2014a]

Bewegungstreifen HFB	Ausfahrt [m]	Einfahrt [m]	Gesamt [m]
Autobahn	7830	10400	18230
Schnellstraße	1750	2215	3965

Rampenlänge

Als Rampenlänge wird die Länge zwischen Sperrflächenspitze der Hauptfahrbahn und Stationierungspunkt der Unterfahrbahn bezeichnet (Tabelle 12). Rund 20km Rampenfahrbahnen als Einfahrt bzw. Ausfahrt werden im Bereich von Autobahnen analysiert. Die Gesamtlänge der Rampenfahrbahnen bezogen auf die Schnellstraßen betragen 9 km. Dabei muss beachtet werden, dass keine Unfälle für Rampenfahrbahnen auf Schnellstraßen generiert werden konnte.

Tabelle 12: Länge der Rampenfahrbahnen der analysierten Halbanschlussstellen auf Autobahnen und Schnellstraßen [5, 2014a]

Rampenlänge	Ausfahrt [m]	Einfahrt [m]	Gesamt [m]
Autobahn	20845	19159	40004
Schnellstraße	4130	4875	9005

Häufig wurden Rampen mit einer Länge zwischen 200 und 400 gewonnen (Tabelle 13). 19 in Form einer Autobahnausfahrt, 20 als Autobahneinfahrt, 5 Stück bei Schnellstraßenausfahrten und 5 als Schnellstraßeneinfahrt. Rampen mit einer Länge von über 600m werden 20mal in Österreich betrieben.

Tabelle 13: Rampenlänge bezogen auf Bewegungsform und Straßenart bei Rampenfahrbahnen von Halbanschlussstellen in Österreich [5, 2014a]

Rampenlänge	Ausfahrt [#]	Einfahrt [#]
Autobahn		
<200 m	3	2
200-400 m	19	20
400-600 m	5	5
>600 m	10	10
Schnellstraße		
<200 m	3	3
200-400 m	5	5
400-600 m	3	4
>600 m	2	1

Ablenkwinkel

Der Ablenkwinkel beschreibt die Krümmung (veränderlicher Radius) zwischen Haupt- und Rampenfahrbahn. 34 der 74 Rampenfahrbahnen auf Autobahnen in Österreich besitzen einen Ablenkwinkel zwischen 8 und 13°, 25 Rampen mit einem Winkel kleiner als 8° (Tabelle 14). Ablenkwinkel über 20° werden 11mal als Rampenfahrbahn im hochrangigen Straßennetz angewendet.

Tabelle 14: Ablenkwinkel bezogen auf Bewegungsform und Straßenart bei Rampenfahrbahnen von Halbanschlussstellen in Österreich [5, 2014a]

Ablenkwinkel	Ausfahrt [#]	Einfahrt [#]
Autobahn		
<8°	10	15
8-13°	19	15
14-20°	6	1
>20°	2	6
Schnellstraße		
<8°	7	5
8-13°	2	6
14-20°	3	0
>20°	1	2

Grundsätzlich wird die Unterfahrbahn in einem definierten aus Vor- und Nachlaufänge aufgespannten Bereich mit der Fenstermethode analysiert. Bei der Anschlussmethode wurde eine Vorlaufänge und Nachlaufänge von 50m und eine Fenstergröße von 50m definiert (kleiner Einfluss der UFB auf HAST). Der Untersuchungsbereich beträgt somit 150m (Vorlauf + Nachlauf + letztes Fenster). Bei der Normierungsmethode wird ein Fenster von 200m auf der Unterfahrbahn dargestellt (100m Vorlauf- und Nachlaufänge bzw. 1m Fenstergröße).

Tabelle 15: Länge des Untersuchungsbereichs der Unterfahrbahn von unterschiedlichen Methoden [5, 2014a]

UFB Anschlussstellenmethode	Ausfahrt [m]	Einfahrt [m]	Gesamt [m]
Landesstraße B	3150	3150	6300
Landesstraße L	3750	3750	7500
UFB Normierungsmethode	Ausfahrt [m]	Einfahrt [m]	Gesamt [m]
Landesstraße B	4200	4200	8400
Landesstraße L	5000	5000	10000

7.3 Straßenbereich

Im Bereich von Verbindungsstellen erfolgten 51% der Unfälle mit Personenschaden (UPS) auf Autobahnen und Schnellstraßen in Österreich, die restlichen Unfälle mit 49% UPS werden im Bereich von „Freien Strecken“ verursacht (Abbildung 30). Auf „Freien Strecken“ sind tödliche Verletzungen häufiger (56%) als im Bereich von Verbindungsstellen (44%). Ebenfalls haben schwere Verletzungen auf Freier Strecke einen höheren Anteil (52,6%) als auf Verbindungsstellen (47,4%). Umgekehrt verhält es sich bei leichten Verletzungen. Diese sind auf Verbindungsstellen mit 52,8% häufiger als auf Freier Strecke (47,2%).

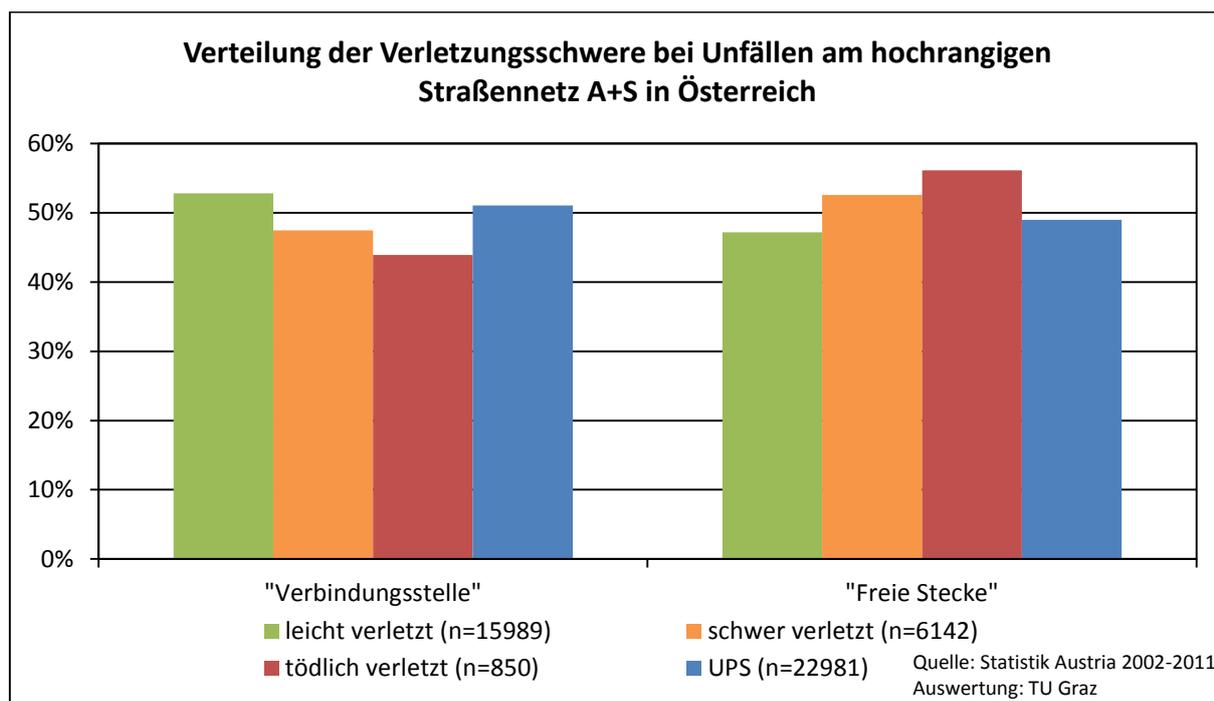


Abbildung 30: Verletzungsschere bei Unfällen im Bereich von Verbindungsstellen und Streckenabschnitten im gesamten hochrangigen Straßennetz A+S in Österreich [1, 2013a, 4]

Hauptsächlich entstehen Unfälle mit Personenschaden im Bereich um eine Anschlussstelle Ast, welche 404mal in Österreich betrieben wird (Abbildung 31). Im Bereich von Knoten Kn (17,6%) und Halbanschlussstellen HAST (8,8%) entstehen deutlich weniger Unfälle. Unfälle auf Anschlüssen AS und Fahrverbindungen FV können zukünftig unberücksichtigt werden (Sonstige). Die Verletzungsverteilungen bei Unfällen im Bereich von Anschlussstellen und Halbanschlussstellen sind ähnlich. Im Bereich von Knoten ergeben sich prozentuell weniger tödliche Unfälle als UPS. Das relative Todesrisiko beschreibt das Verhältnis zwischen tödlichen Verletzungen und den gesamten Unfällen mit Personenschaden UPS. Im Bereich von Halbanschlussstellen entstehen statistisch mehr tödliche Unfälle als Gesamtunfälle mit Verletzungen.

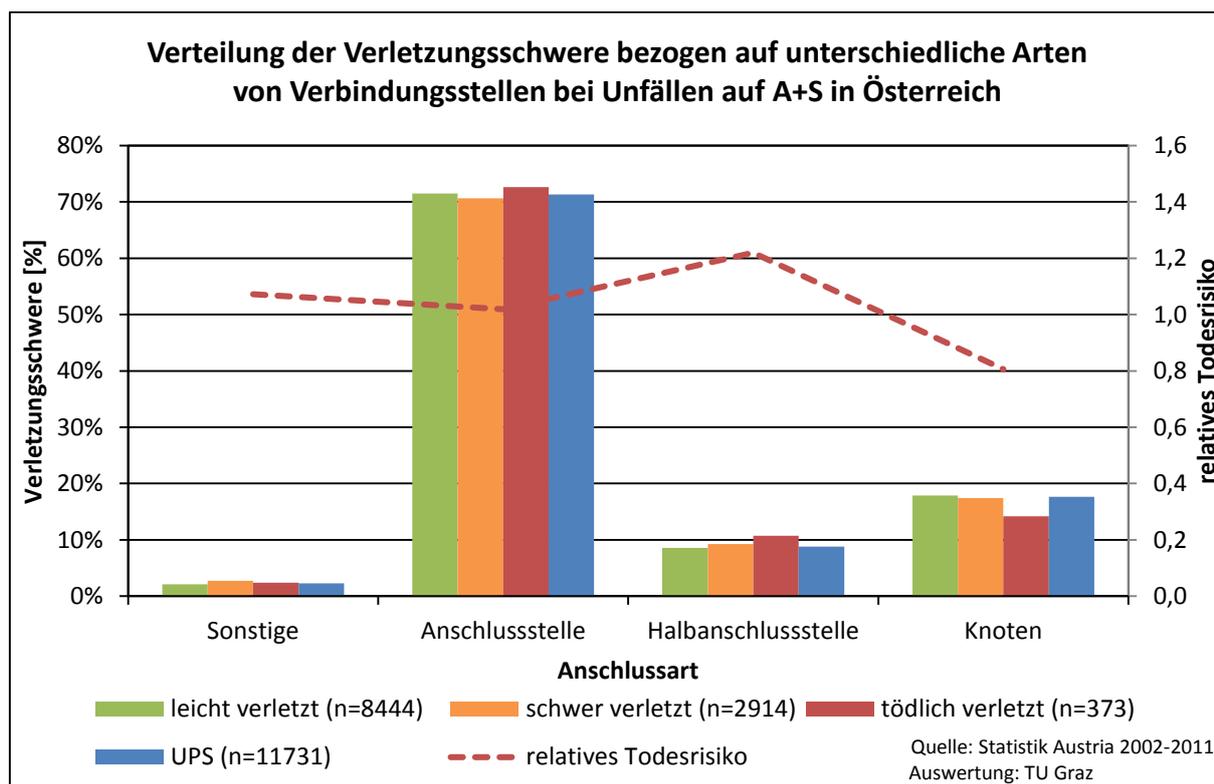


Abbildung 31: Verletzungsschere bei Unfällen im Bereich von unterschiedlichen Arten von Verbindungsstellen im gesamten hochrangigen Straßennetz A+S in Österreich [4, 1, 2013a]

Im Bereich von Halbanchlussstellen entstehen häufig Unfälle im Bereich des untergeordneten Straßennetzes (Abbildung 32). In diesem Bereich entstehen 64,7% der 561 Unfälle mit Personenschaden die in den gesamten HAST-Bereich (Haupt-, Rampen- und Unterfahrbahn) entnommen werden konnten. Auf der untersuchten Unterfahrbahn entstehen 71% der schweren Unfälle. Rund 35% der UPS entstehen im Bereich der Hauptfahrbahn (inkl. Rampe). Im hochrangigen Straßennetz sind 44,4% der tödlichen Unfälle zu verzeichnen. Zu beachten ist die geringe Anzahl an tödlichen Unfällen, 9 Stück im Beobachtungszeitraum zwischen 2002 und 2011).

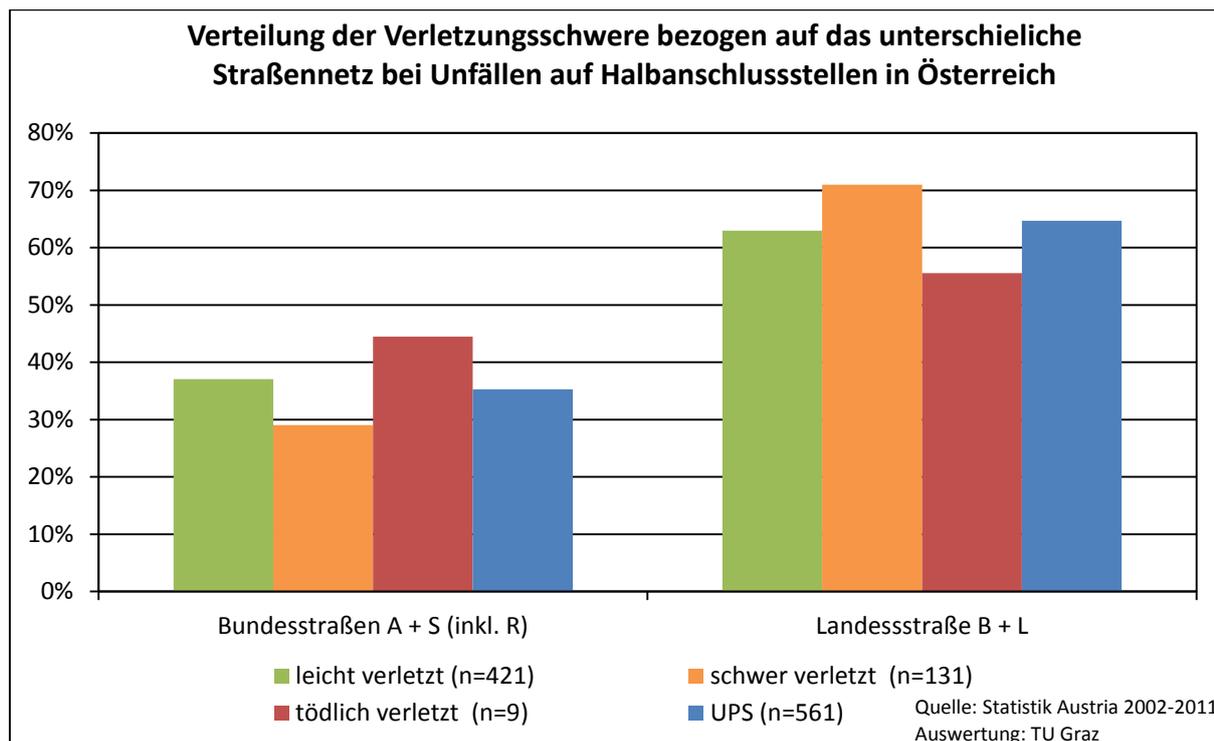


Abbildung 32: Verletzungsschere bei Unfällen im Bereich von Hauptfahrbahn und Unterfahrbahn auf Halbanchlussstellen in Österreich [4, 5, 2014a]

7.4 Unfalltypen

Unfälle im Richtungsverkehr

Bei der Unfallanalyse auf Verbindungsstellen (Abbildung 33) sind hauptsächlich Auffahrunfälle auf fahrende (34,4%) oder stehende Fahrzeuge (35,9%) festzustellen. Verkehrsunfälle mit tödlichem Ausgang haben bei Auffahren auf ein fahrendes Fahrzeug einen Anteil von etwa 32,2% und bei Auffahren auf ein stehendes Fahrzeug von etwa 33,1%.

Auch Unfälle durch Wechseln des Fahrstreifens, Kollisionen durch Einordnen und Kollisionen beim Überholen können entstehen. Auffallend ist der prozentuell hohe Anteil an „Auffahren auf verkehrsbedingt stehendes Fahrzeug“ im Knotenbereich, bedingt durch mögliche Staubildungen in Bereich von Aus- Einfahrten.

Unfälle beim Auffahren auf verkehrsbedingt stehende Fahrzeuge entstehen im Bereich der Hauptfahrbahn von Halbanschlussstellen (circa 40%) am häufigsten, gefolgt von Auffahren auf fahrende Fahrzeuge (30%). Die Detailanalyse der Halbanschlussstellen bringt ähnliche Ergebnisse wie die Analyse aller Verbindungsstellen.

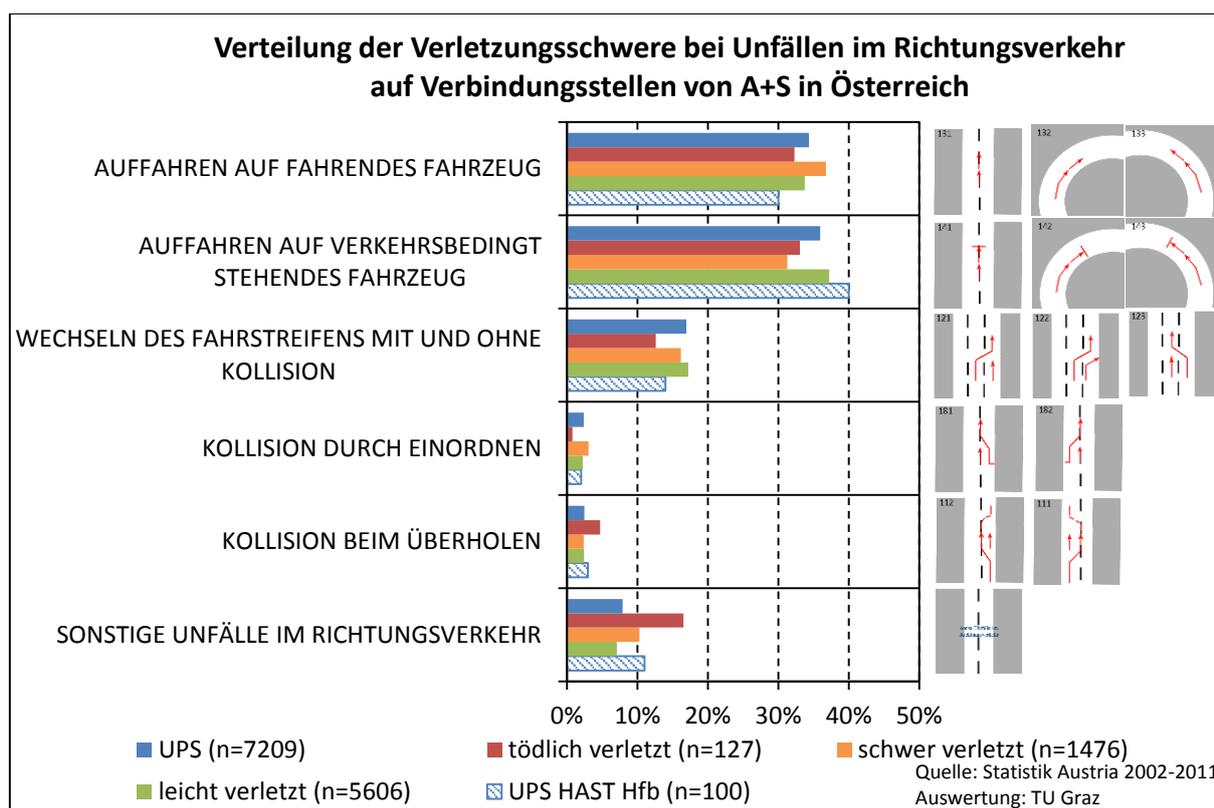


Abbildung 33: Verletzungsschere bei Unfällen im Richtungsverkehr im Bereich von Verbindungsstellen im gesamten hochrangigen Straßennetz A+S in Österreich [4, 1, 2013a]

Die Verletzungsverteilung bei Unfällen im Richtungsverkehr im Bereich der „Freien Strecke“ ist ähnlich der Verteilung von Verbindungsstellen (Abbildung 34). Unfälle bedingt durch Auffahren auf verkehrsbedingt stehende Fahrzeuge entstehen seltener (32%). Auffallend ist die große Anzahl an schweren Verletzungen beim Auffahren auf fahrende Fahrzeuge (46% der 1431 schweren Verletzungen).

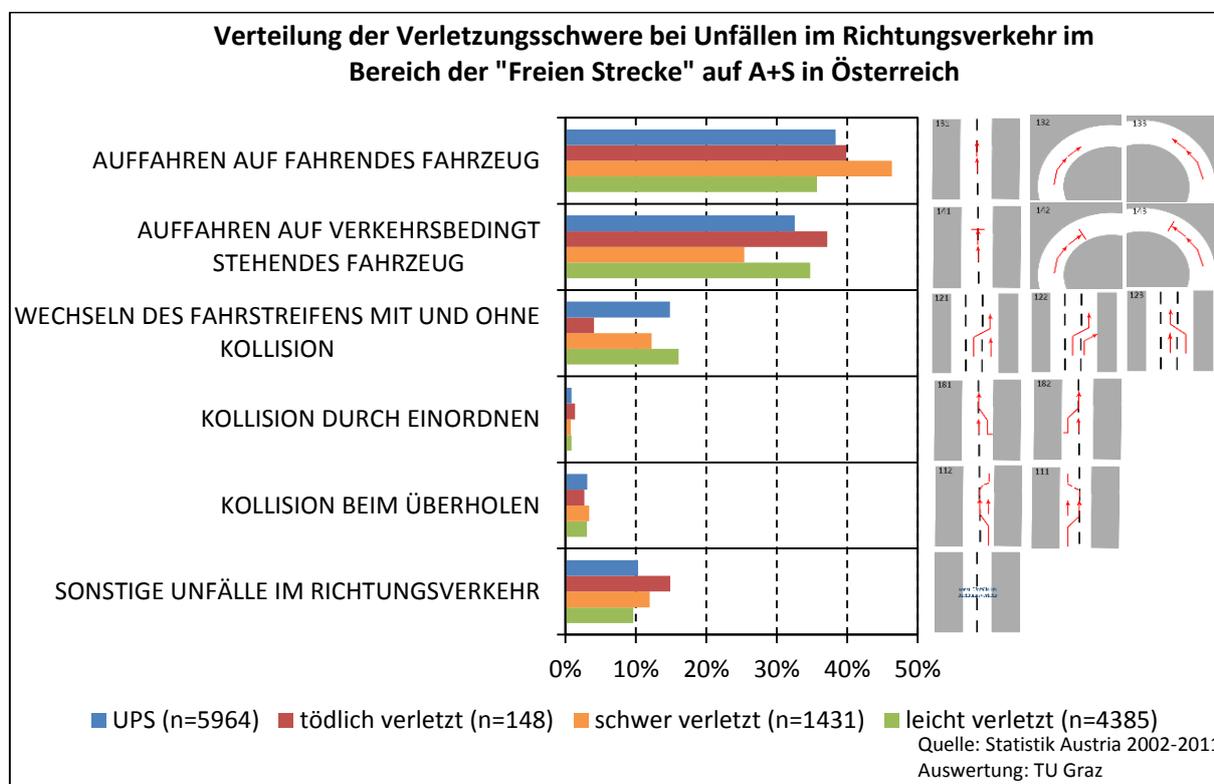


Abbildung 34: Verletzungsschere bei Unfällen im Richtungsverkehr im Bereich der „Freien Strecke“ im gesamten hochrangigen Straßennetz A+S in Österreich [4, 1, 2013a]

Unfälle mit nur einem Beteiligten

Unter Unfällen mit nur einem Beteiligten werden hauptsächlich Unfälle die ein Abkommen von der Fahrbahn zur Folge haben zusammengefasst und entstehen vor allem ohne erkennbare Fremdeinwirkungen.

Hauptsächlich sind Unfälle mit einem Abkommen nach rechts auf Autobahnen und Schnellstraßen bei Verbindungsstellen vorliegend (59,6%), siehe Abbildung 35. Verkehrsunfälle infolge von Abkommen nach links haben einen Anteil von etwa 32,7%. Eine Verletzungsverteilung mit häufig fatalen Verletzungen ist beim Abkommen nach rechts erkennbar, mit 74,3% der 171 tödlichen Unfälle in diesem Bereich und 62,6% der 1302 Unfälle mit schweren Verletzungen.

Die Verteilung der Unfälle auf der Hauptfahrbahn und Rampenfahrbahn der Halbanschlussstellen ist ähnlich derer der Verbindungsstellen. 62,9% der Unfälle mit Personenschaden erfolgen infolge von Abkommen nach rechts.

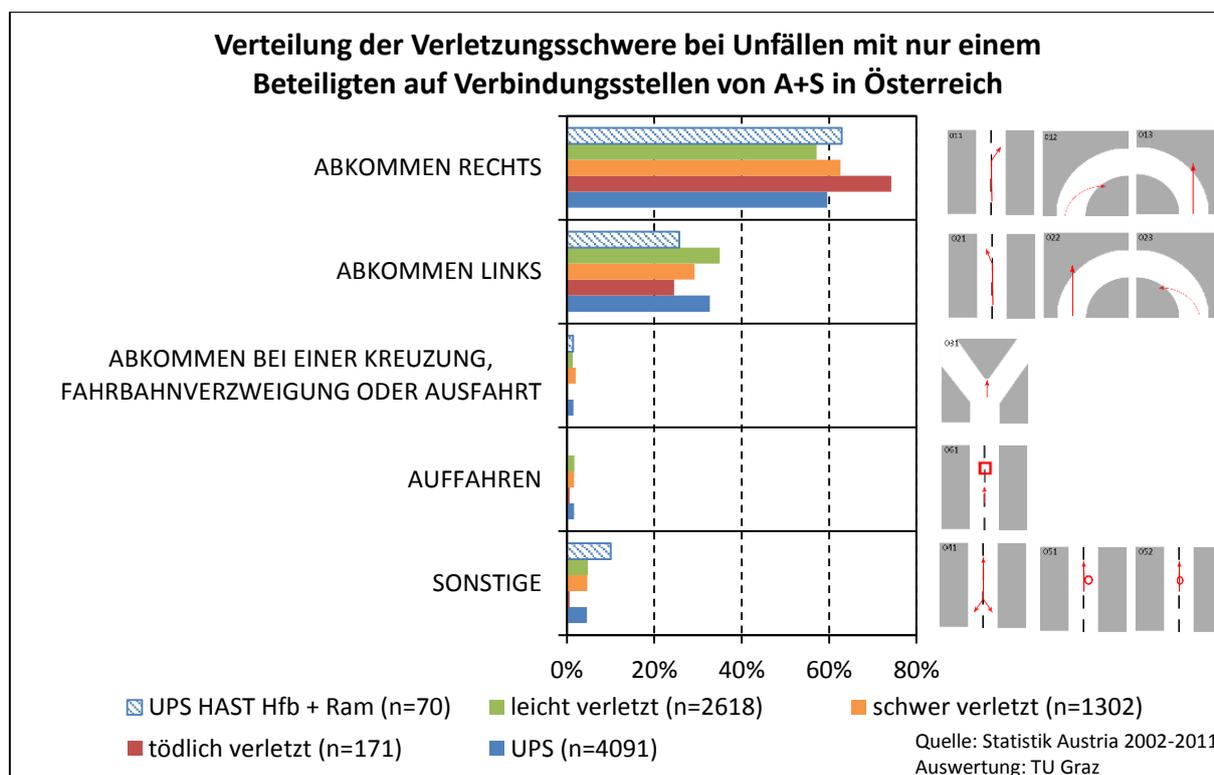


Abbildung 35: Verletzungsschere bei Unfällen mit nur einem Beteiligten im Bereich von Verbindungsstellen im gesamten hochrangigen Straßennetz A+S in Österreich [4, 1, 2013a]

In Abbildung 36 ist die Verteilung der Unfälle mit nur einem Beteiligten im Bereich der Freien Strecke im hochrangigen Straßennetz dargestellt. Hauptsächlich entstehen Unfälle durch Abkommen nach rechts (66,3%). Diesem Unfalltyp sind auch die meisten schweren (69,6%) und tödlichen (83,6%) Verletzungen zuzuschreiben. Unfälle durch Abkommen nach Links entstehen zu 29% der Gesamtunfälle mit resultierenden Verletzungen.

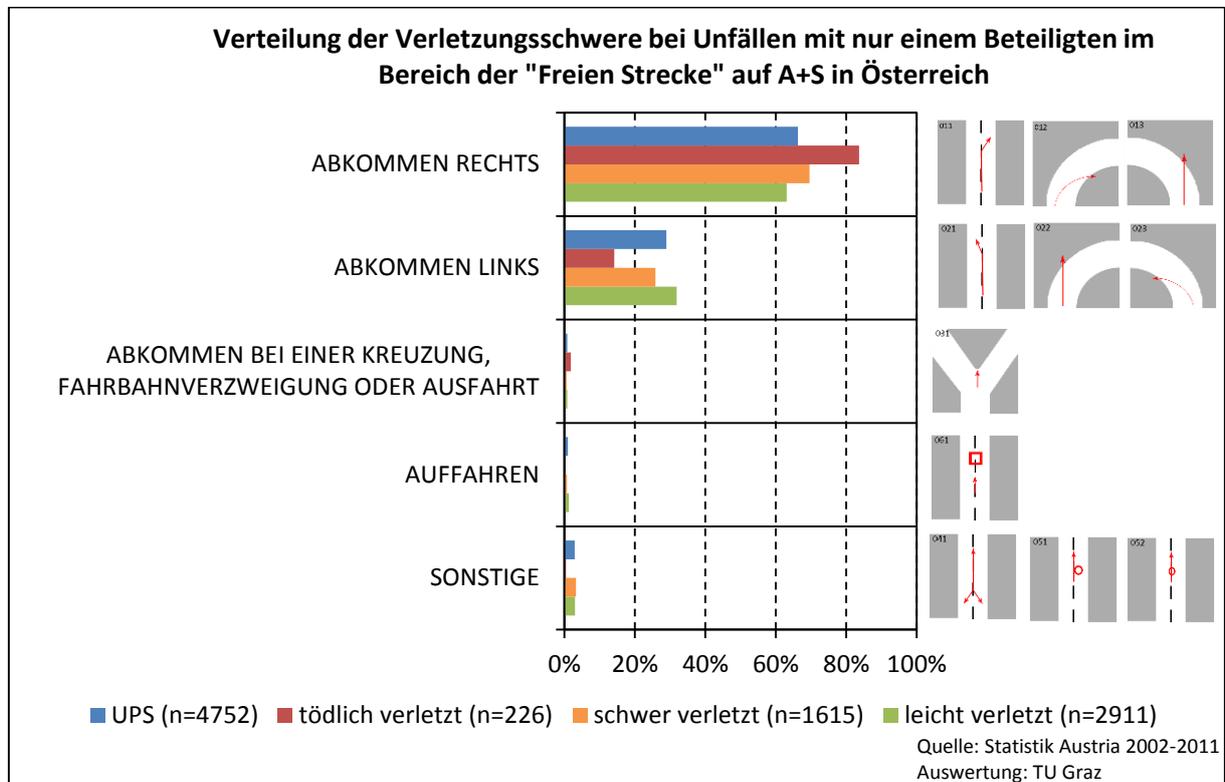


Abbildung 36: Verletzungsschere bei Unfällen mit nur einem Beteiligten im Bereich der „Freien Strecke“ im gesamten hochrangigen Straßennetz A+S in Österreich [4, 1, 2013a]

Halbanschlussstellen

Im untersuchten Bereich von Halbanschlussstellen (Abbildung 37), bestehend aus Haupt-Rampen und Unterfahrbahn, entstehen hauptsächlich Kreuzungsunfälle (35,1%), Unfälle im Richtungsverkehr (31,6%) und Unfälle mit nur einem beteiligten Fahrzeug (23,5%). Tödliche Verletzungen werden hauptsächlich bei Kreuzungsunfällen (33,3%) und Alleinunfällen (55,6%) verursacht. Schwere Verletzungen resultieren aus Kreuzungsunfällen (39,7%), Alleinunfällen (25,2%) und Auffahrunfälle (17,6%). Die Kreuzungsunfälle wurden ausschließlich im Bereich der Unterfahrbahn von HAST geortet (Abbildung 38).

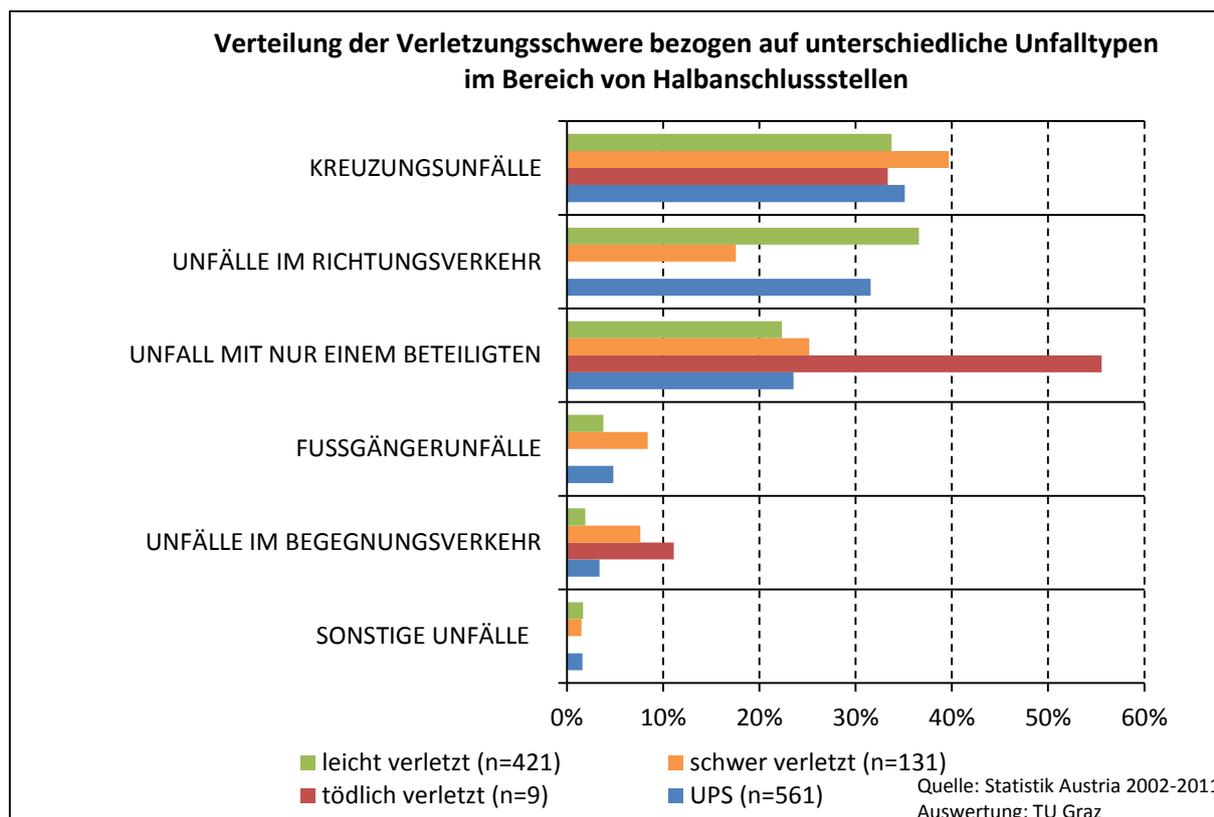


Abbildung 37: Verletzungsschwere bezogen auf unterschiedliche Unfalltypen bei Unfällen im Bereich HFB, Rampen und Unterfahrbahn von Halbanschlussstellen [4, 5, 2014a]

In Abbildung 38 werden die unterschiedlichen Sektoren einer Halbanschlussstelle in Verbindung der Unfalltypen dargestellt. Erkennbar ist das Kreuzungsunfälle ausschließlich im untergeordneten Straßensystem entstehen (54,3%). Im Bereich der Hauptfahrbahn ereignen sich hauptsächlich Unfälle im Richtungsverkehr (61,3%) und Unfälle mit nur einem beteiligten Fahrzeug (36,2%). Die Unfallverteilung auf der Rampenfahrbahn ist ähnlich der Hauptfahrbahn.

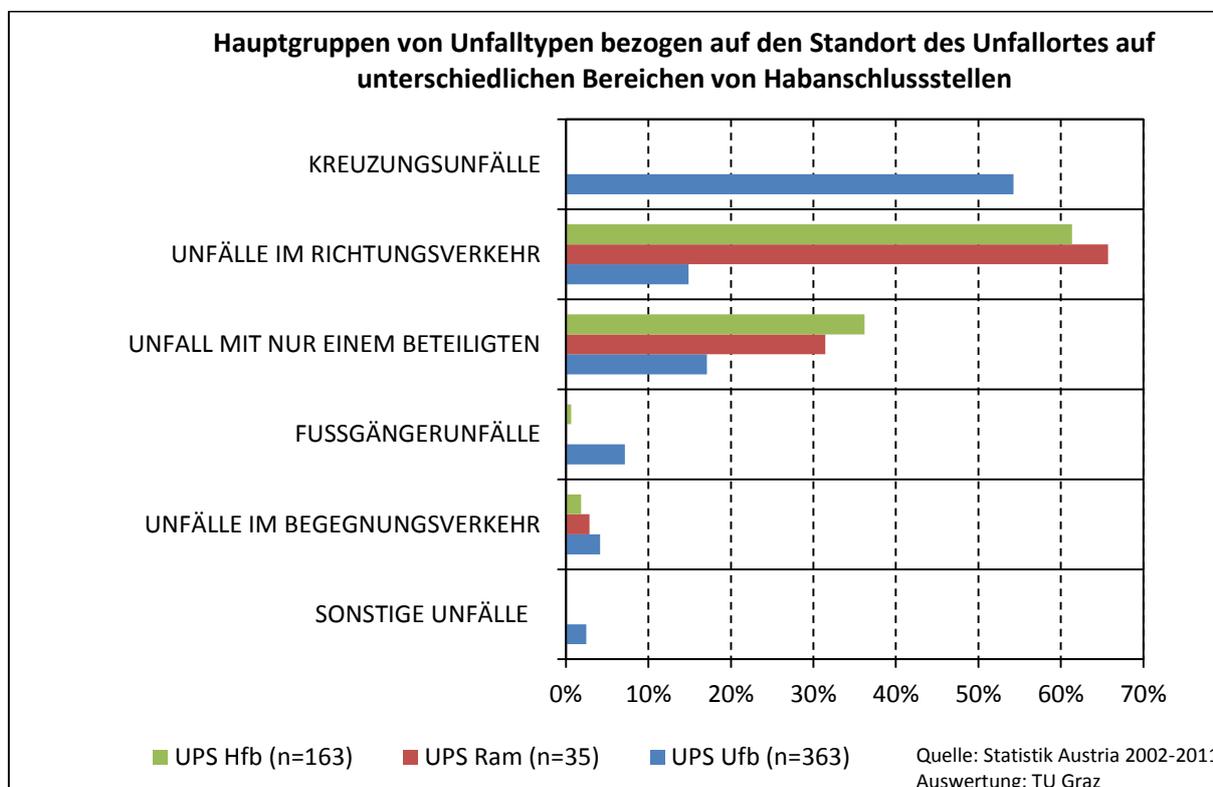


Abbildung 38: Verteilung der Unfalltypen bezogen auf den Standort des Unfallortes bezogen auf Hauptfahrbahn, Rampenfahrbahn und Unterfahrbahn von Halbanschlussstellen [4, 5, 2014a]

7.5 Lenkeralter

In Österreich ist es nicht erlaubt, mit Fahrzeugen unter einer Bauartgeschwindigkeit von 60 km/h die Autobahn oder Schnellstraße zu benutzen, Fahrverbot von Mopeds auf A+S. Außerdem dürfen in Österreich Personen ab dem vollendeten 15. Lebensjahr mit einer Begleitperson Fahrpraxis sammeln, um den Führerschein L17 zu absolvieren. Die Fahrprüfung kann frühestens ab dem 17. Lebensjahr absolviert werden und somit ein Kraftfahrzeug alleine gelenkt werden. [40]

In Abbildung 39 wird der Zusammenhang zwischen Verletzungsschwere bei Unfällen im Bereich von Verbindungsstellen und dem Lenkeralter auf A+S gestellt. Dabei erkennt man die hohe Beteiligung von Fahrzeuglenker unter 25 Jahren bei Verkehrsunfällen im Bereich von Verbindungsstellen (20%). Das Diagramm zeigt einen Trend zwischen tödlichen Unfällen und den UPS, welcher ab dem Alter von 30 Jahren tendenziell zunimmt. So entstehen zwischen 35 und 39 Jahren ungefähr 11,8% der Gesamtunfälle und 14% der gesamten tödlichen Unfälle. Zusätzlich sind die „Unfälle mit Personenschaden“ auf Halbanchlussstellen eingezeichnet, welche einen ähnlichen Trend als UPS im gesamten Knotenbereich aufweisen. Das Risiko an den Folgen eines Verkehrsunfalles zu Sterben gibt das „relative Todesrisiko“ an. Dieser Verlauf zeigt ein hohes Risiko bei Lenkern zwischen 60 - 64 Jahren (1,7) auf A+S Halbanchlussstellen.

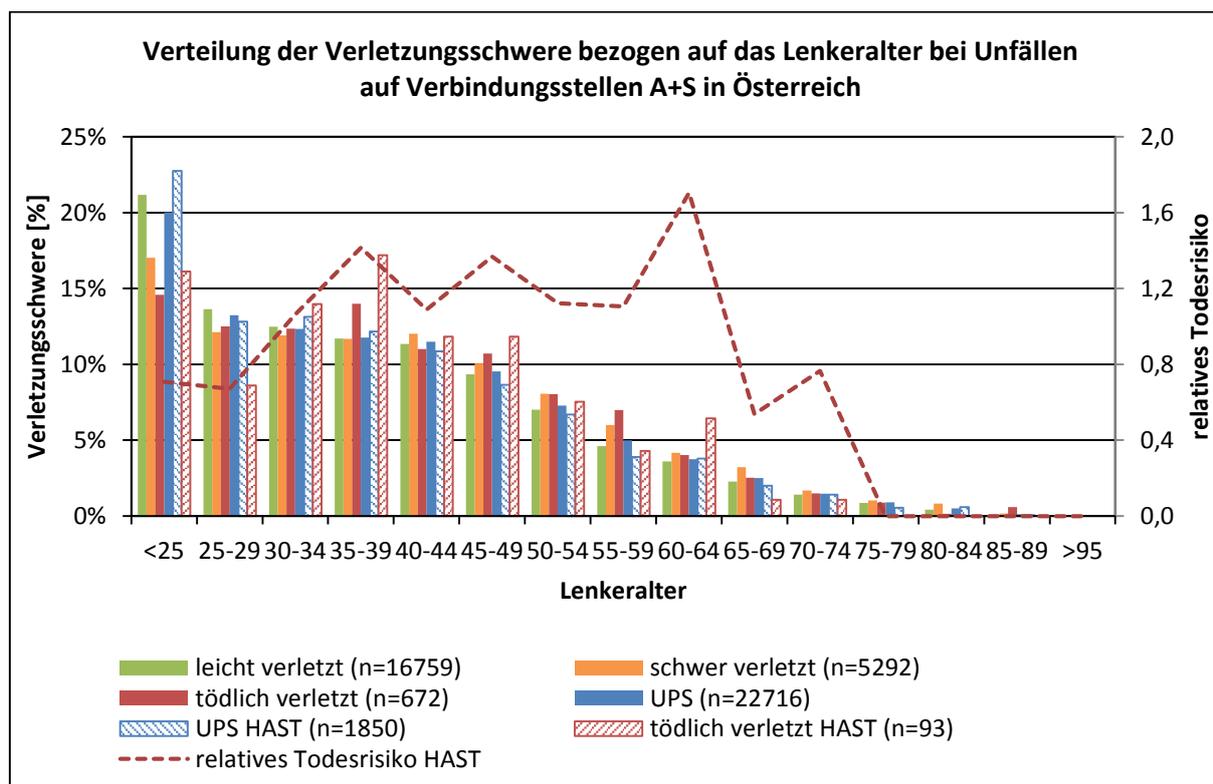


Abbildung 39: Verletzungsschwere und Lenkeralter bei Unfällen im Bereich von Verbindungsstellen auf A+S in Österreich [4, 1, 2013a]

In Abbildung 40 wird ein Vergleich zwischen dem Knotenbereich und dem Bereich der „Freien Strecke“ bezogen auf die entstandenen Verletzungen von Unfallkern auf Autobahnen und Schnellstraßen gestellt. Fahranfänger (Fahrzeuglenker unter 25 Jahren) beteiligen sich im Bereich von Knotenverbindungen öfter an einem Verkehrsunfall, als auf Freien Streckenabschnitten. Hingegen neigen Personen ab 30 Jahren häufiger an Unfälle auf freien Strecken teilzunehmen. Die entstandenen schweren und tödlichen Verletzungen KSI sind bei unter 25-jährigen Personen im Bereich von Verbindungsstellen (16,8%) tendenziell höher als auf unbebauten Strecken (15,9%).

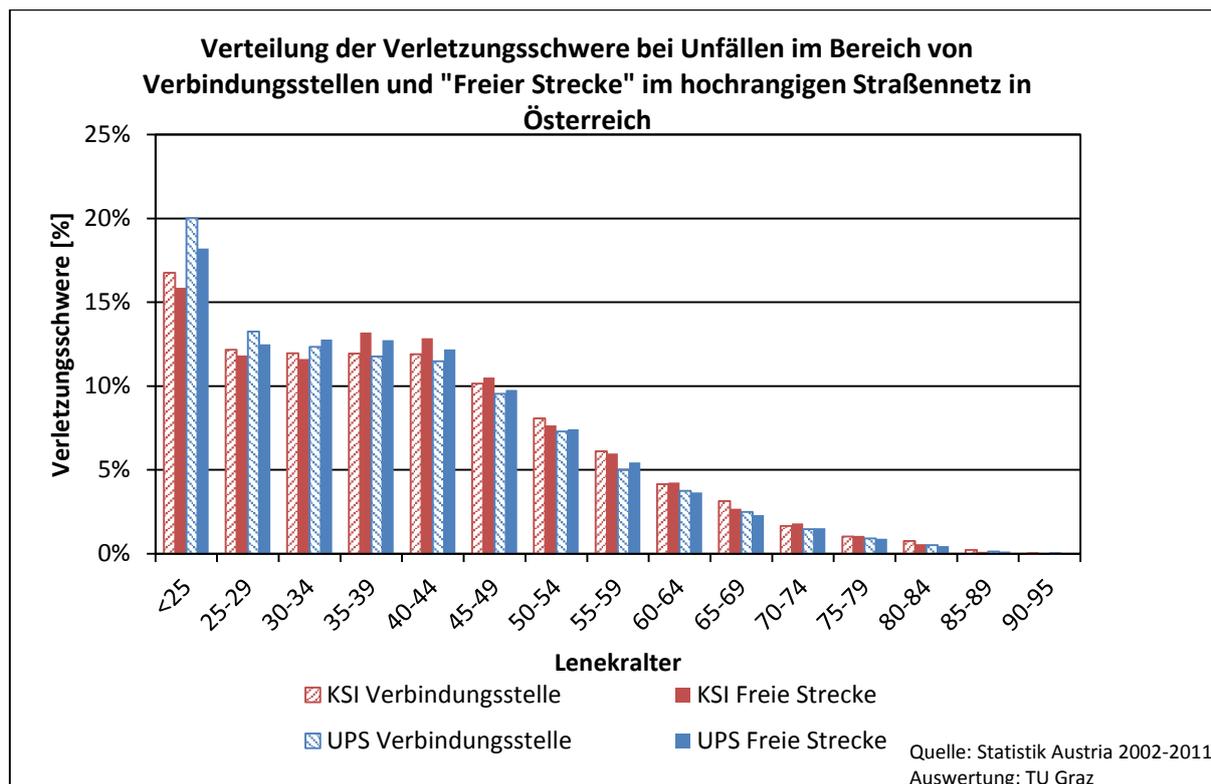


Abbildung 40: Unfallverteilung und Lenekralter bezogen auf Unfälle auf Verbindungsstellen und Unfällen im Bereich der „Freien Strecke“ auf A+S in Österreich [4, 1, 2013a]

Unfalltyp

In Abbildung 41 wird der Zusammenhang zwischen Lenkeralter Verletzungsschwere und Unfalltyp im Verbindungsstellenbereich hergestellt. Dabei erkennt man bei Personen unter 25 Jahren ein erhöhtes Risiko an Unfällen mit nur einem Beteiligten (29,6%) im Verhältnis zu den UPS dieser Alterskategorie (20%) verwickelt zu sein.

Das relative Todesrisiko gibt an, wie viele Personen sterben in Bezug auf die Gesamtzahl an Unfällen in einem Altersbereich. Das relative Todesrisiko bei Alleinunfällen gibt ein erhöhtes Maß bei der Altersgruppe zwischen 55 und 60 Jahren an. Der hohe Ausschlag bei 85- bis 90-jährigen Verkehrsteilnehmer ist durch die geringe Anzahl von Gesamtunfällen, resultierend der wenigen Nutzung, dieser Alterskategorie zu erklären und der geringen Unfallzahlen der Unfalldatenbank.

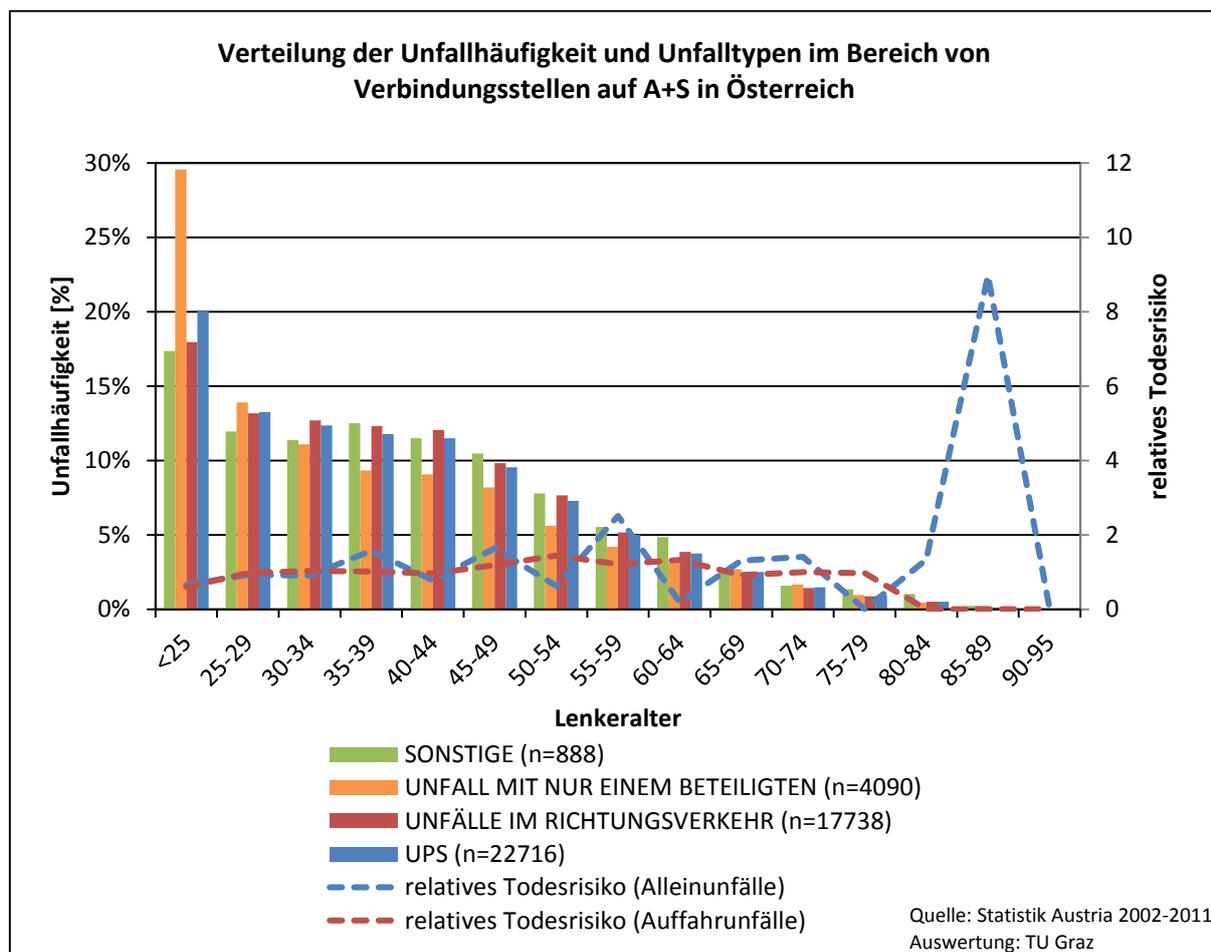


Abbildung 41: Verteilung der Unfallhäufigkeit bezogen auf unterschiedliche Unfalltypen und Lenkeralter im Bereich von Verbindungsstellen auf A+S in Österreich [4, 1, 2013a]

Im Bereich von Halbanschlussstellen sind vor allem junge Verkehrsteilnehmer an Unfällen beteiligt (Abbildung 42). Fahrzeuglenker bis zu einem Alter von 25 Jahren sind in 23,1% der Unfälle mit Personenschaden verwickelt. Unfälle mit nur einem beteiligten Fahrzeug entstehen bei unter 25-jährigen Fahrzeuglenkern am häufigsten (38,6%). Im Gegensatz dazu ist bei Unfällen im Richtungsverkehr die Verteilung des Lenkeralters jener der Gesamtunfälle (UPS) gleich verlaufend.

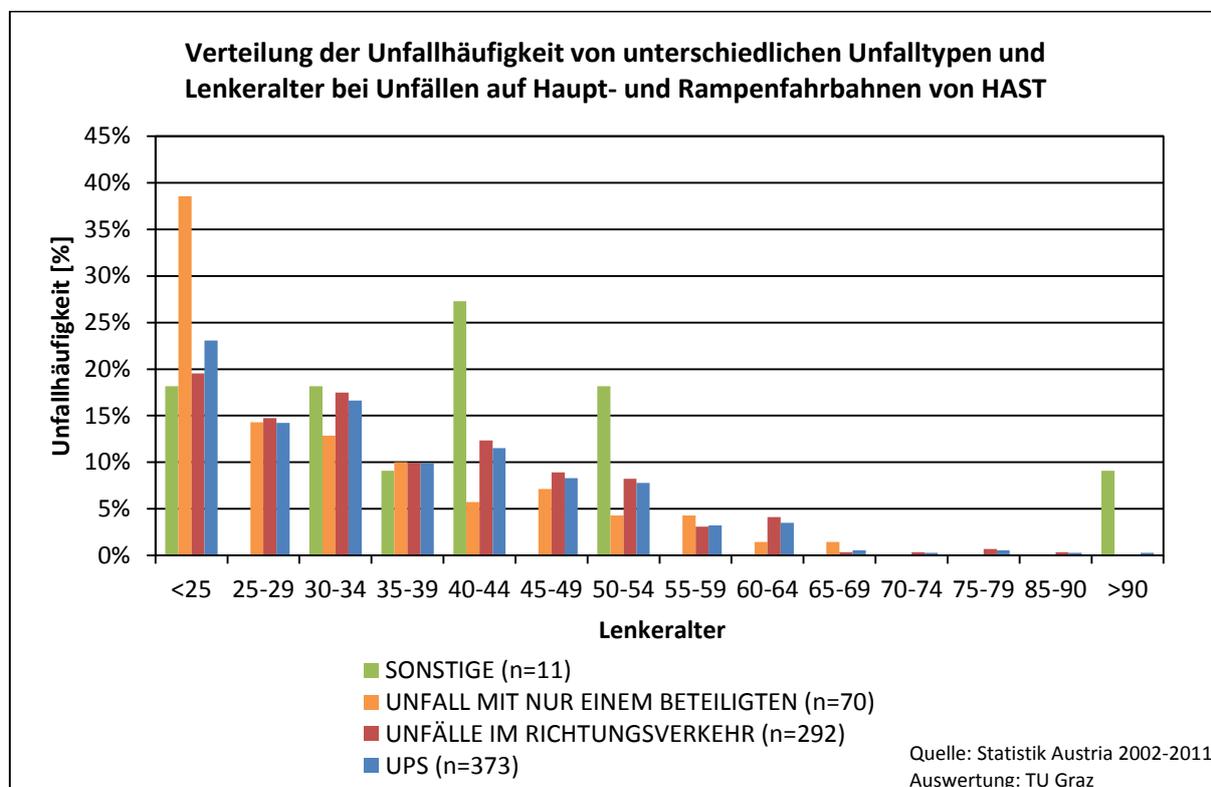


Abbildung 42: Verteilung der Unfallhäufigkeit bezogen auf Unfälle mit nur einem Beteiligten und Unfälle im Richtungsverkehr im Bereich von Haupt- und Rampenfahrbahnen von HAST in Österreich [4, 5, 2014a]

7.6 Unfallfahrzeuge

Im Bereich von Verbindungsstellen (Abbildung 43) sind 82% Pkw und 16% Lkw bei Unfällen mit Personenschaden beteiligt, davon 11% LKW >3,5t und 5% LKW <3,5t. 67% der tödlichen Unfälle entstehen in Verbindung mit Pkw und 23% mit LKW. 17% der LKW mit einem zulässigen Gesamtgewicht über 3,5 Tonnen sind bei tödlichen Unfällen verwickelt. Im Bereich der „Freien Strecke“ ist die Unfallbeteiligung bei UPS und tödlichen Unfällen ähnlich. Unterschiedlich sind die tödlichen Unfälle von LKW bezogen auf Verbindungsstellen (23%) und bezogen auf Freie Strecken (28%).

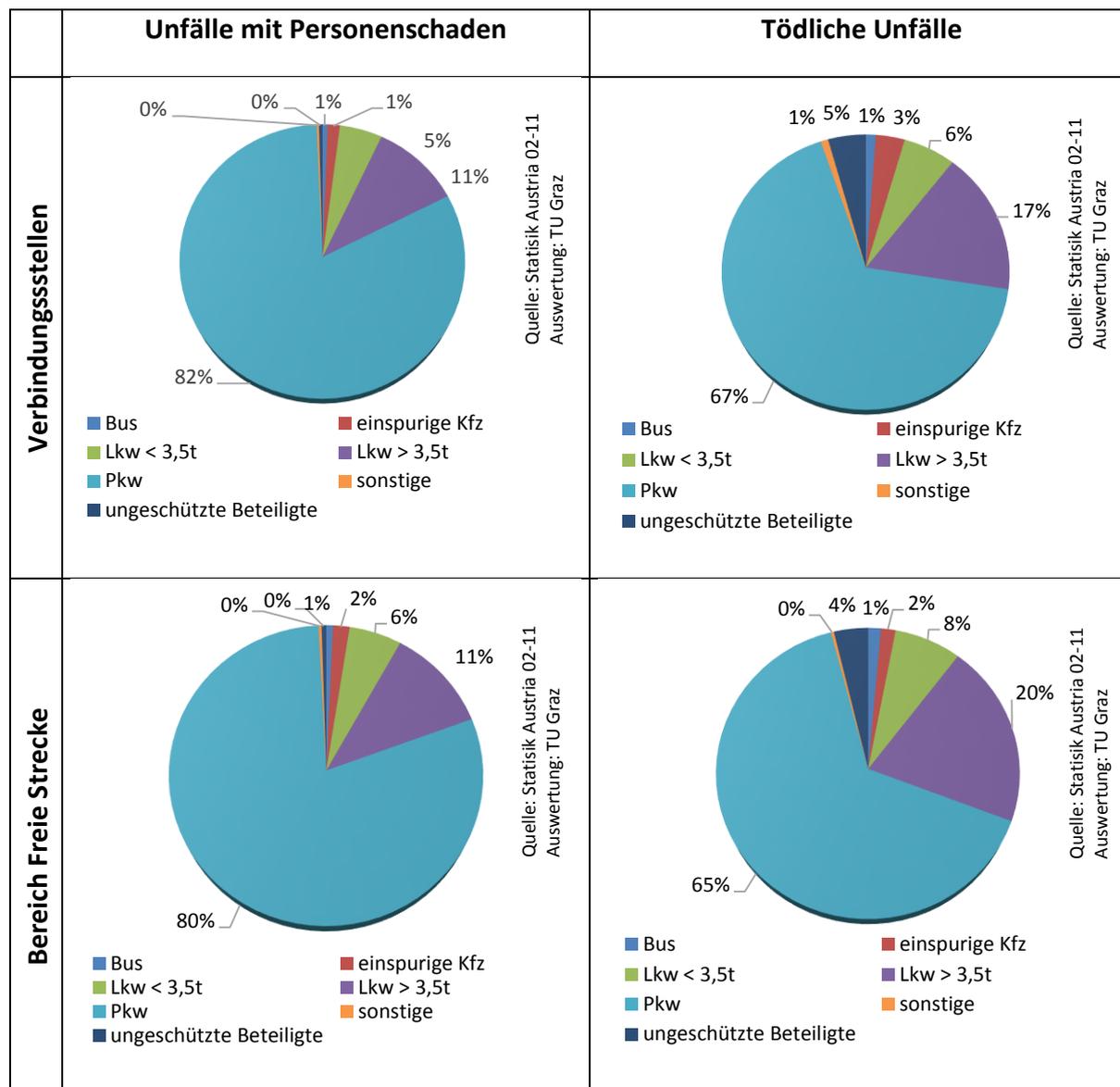


Abbildung 43: Verteilung der Unfälle mit Personenschaden und Tödliche Verkehrsunfälle bezogen auf Art von Unfallfahrzeuge im Bereich von Verbindungsstellen und "Freie Strecken" auf A+S in Österreich [4, 1, 2013a]

314 Fahrzeuge (Abbildung 44) waren bei Unfällen im Bereich der Hauptfahrbahn von Halbanchlussstellen in Österreich im Analysezeitraum von 2002-2011 in einem Verkehrsunfall mit Verletzungen verwickelt. Auf Rampen waren es 59 Unfälle mit Personenschaden, davon waren lediglich drei Unfälle mit KSI. Im Bereich der Unterfahrbahn wurden 674 UPS und 108 Unfälle mit KSI Verletzungen verursacht.

Im Bereich von Haupt- und Rampenfahrbahn entstanden circa 88% Unfälle mit Personenschaden mit einem Personenkraftwagen als Unfallteilnehmer und 11% der UPS in Verbindung mit Lastkraftwagen LKW (7% LKW >3,5t). Unfallbeteiligte einspurige Kraftfahrzeuge, also Motorräder mit einer Bauartgeschwindigkeit über 60 km/h, tragen nur mit einem Prozent auf der HFB und mit 8% auf der Rampenfahrbahn zur Statistik auf hochrangigen Straßen bei. Die Verletzungsverteilung im untergeordneten Straßennetz in Verbindung mit dem Unfallteilnehmer verändert sich hingegen stark. Nur mehr 70% Pkw und über 10% Motorräder sind in Unfälle verwickelt. Rund 10% ungeschützte Verkehrsteilnehmer tragen zur Unfallstatistik bei. Tödliche Unfälle im Bereich der Landesstraßen entstehen hauptsächlich durch Pkw (67%), einspurige KFZ (18%) und ungeschützten Teilnehmern(10%).

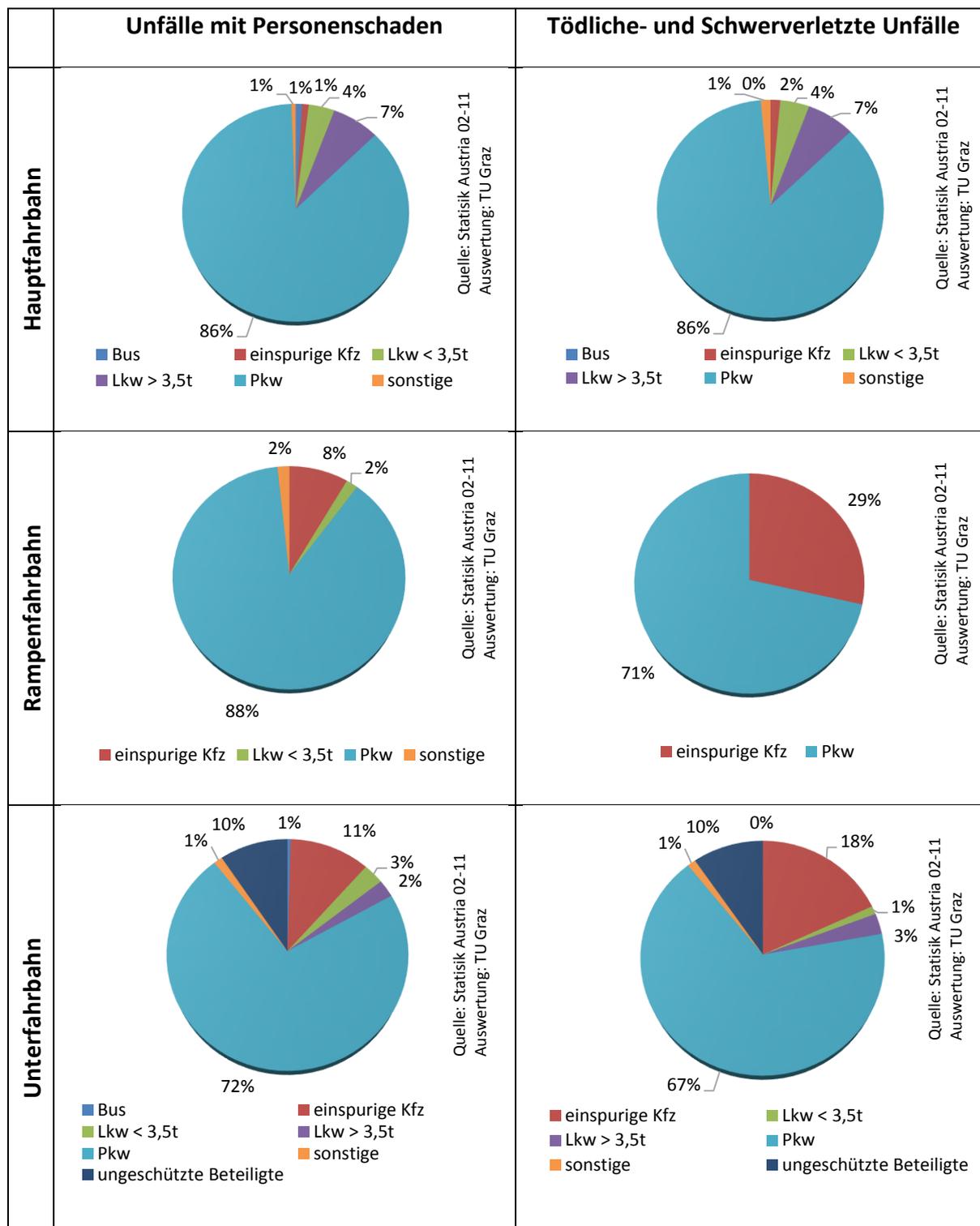


Abbildung 44: Verteilung der Unfälle mit Personenschaden und Tödliche Verkehrsunfälle bezogen auf Art von Unfallfahrzeuge im Bereich von Haupt- Rampen und Unterfahrbahn von HAST in Österreich [4, 5, 2014a]

7.7 Witterung

Überwiegend entstehen Unfälle mit Personenschaden auf Verbindungsstellen bei bedeckter (49%) oder heiterer (49,4%) Witterung (Abbildung 45). Unfälle mit tendenziell schwereren Verletzungen entstehen beim Zustand „heiter“, dabei entstehen 50,9% der 373 tödlichen Unfälle und 50% der 2914 Unfälle mit schweren Verletzungen. Im Bereich der Hauptfahrbahn von Halbinschlussstellen entstehen UPS vermehrt bei bedeckter (51,5%) und heiterer (44,8%) Witterung, 3,1% UPS entstehen bei Nebel. Im Bereich der Unterfahrbahn ergibt sich eine umgekehrte Verteilung. 41,6% der Unfälle mit Personenschaden auf der Unterfahrbahn entstehen bei bedeckter und 57,6% bei heiteren Witterungsverhältnissen.

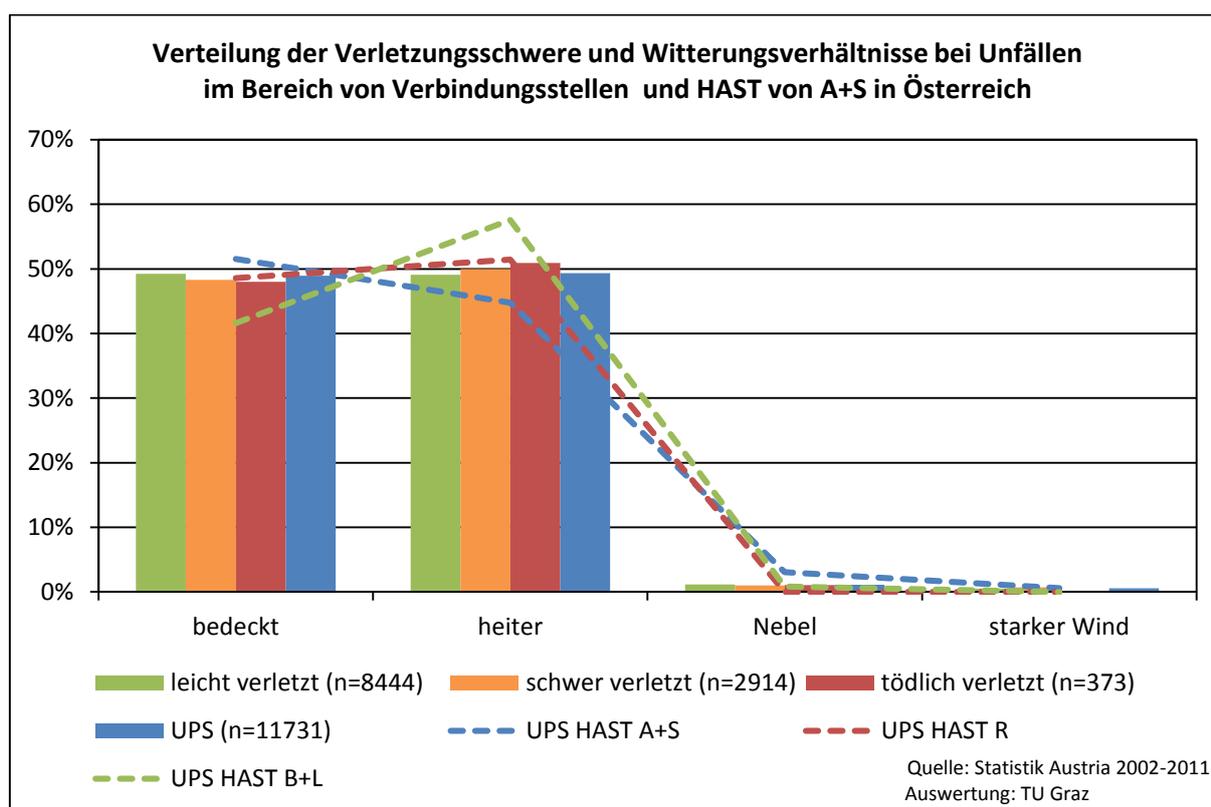


Abbildung 45: Verletzungsschwere bei Unfällen im Bereich von Verbindungsstellen und UPS von HAST Sektoren bezogen auf die Witterungsverhältnisse auf A+S in Österreich [4, 1, 2013a, 5, 2014a]

Ein ähnlicher Trend der Verletzungsverteilung wie bei Verbindungsstellen ist im Bereich der Freien Strecke (Abbildung 46) festzustellen. Die Verteilung der Verletzungsschwere ist stärker ausgeprägt. So entstehen bei 49,5% UPS bei bedeckter Witterung. Hierbei sind rund 44,4% der tödlichen und 48,5% der schweren Unfälle. 48,7% festzustellen. Bei heiteren Umgebungsbedingungen, sind tödliche Unfälle mit 53,2% am häufigsten. Unfälle mit schweren Verletzungen wurden mit etwa 49,8% festgestellt.

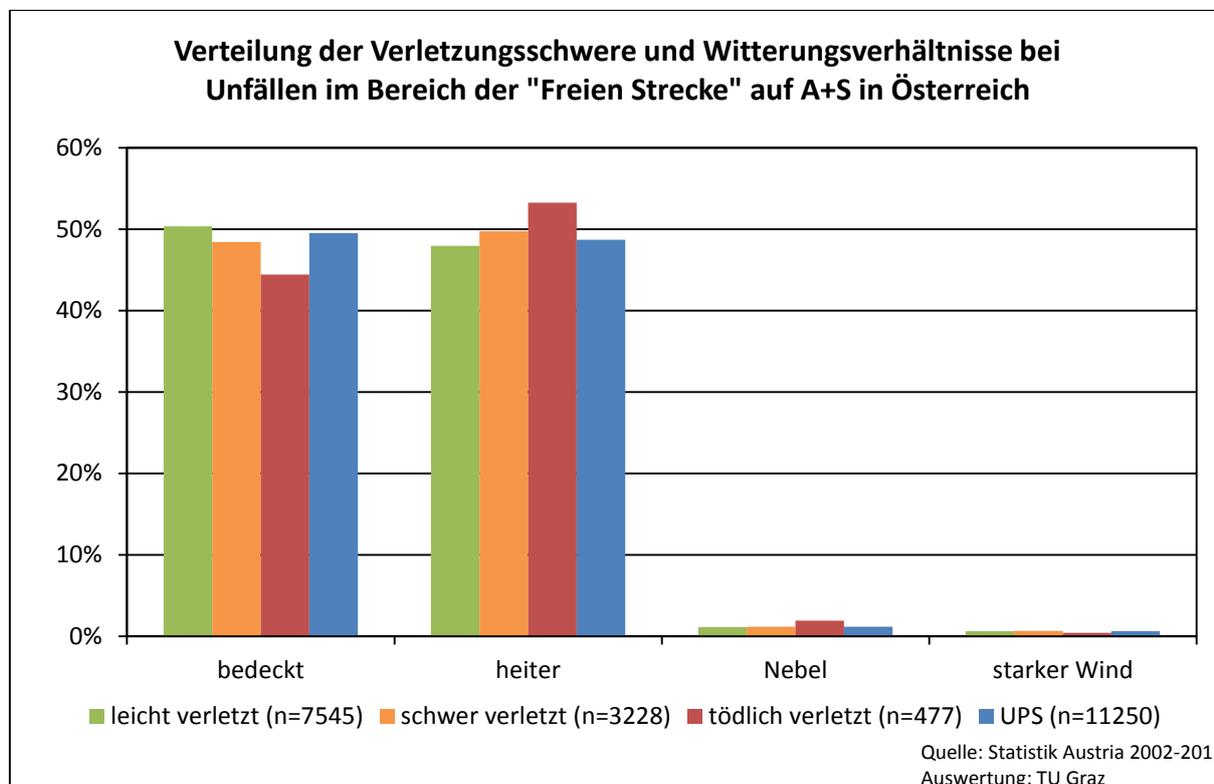


Abbildung 46: Verletzungsschwere bei Unfällen im Bereich von Freien Strecken bezogen auf die Witterungsverhältnisse auf A+S in Österreich [4, 5, 2014a]

7.8 Straßenzustand

Im Bereich der Verbindungsstellen sind Unfälle auf trockener Fahrbahn (70%) am häufigsten (Abbildung 47). Verkehrsunfälle auf nasser Fahrbahn haben einen Anteil von etwa 23,7%. Dabei ähnlich ist die Verletzungsverteilung in Bezug auf trockener und nasser Fahrbahn. Dabei ereignen sich auf trockener Fahrbahn mehr tödliche Unfälle (73,5%) in Bezug auf die Gesamtunfälle als bei nasser Fahrbahn (22,4%). Dieser Trend ist auch bei Fahrbahnen mit Schnee oder Matsch erkennbar. Im Bereich der Hauptfahrbahn von HAST erkennt man einen höheren Anteil an UPS bei nasser Fahrbahn (31,9%) und einen niedrigeren Anteil auf trockener Fahrbahn (63,2%) als bei Verbindungsstellen. Die Unfallverteilung auf der Rampenfahrbahn verhält sich gegenteilig, mit einem höheren Anteil an UPS bei trockener Fahrbahn und einem niedriger Anteil bei nasser Fahrbahn.

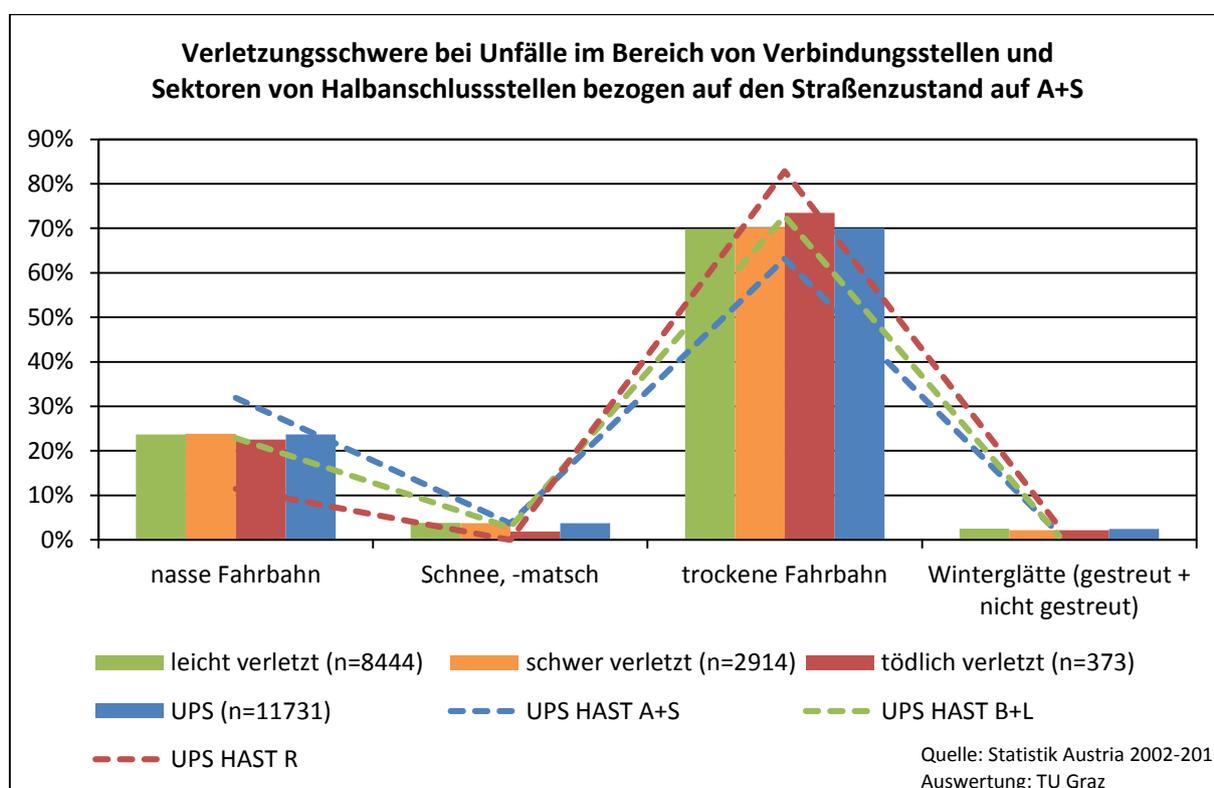


Abbildung 47: Verteilung der Verletzungsschwere bei Unfälle im Bereich von Verbindungsstellen und Sektoren von Halbinschlussstellen bezogen auf den Straßenzustand auf Autobahnen und Schnellstraßen in Österreich [4, 1, 2013a, 5, 2014a]

Ein ähnliches Bild der Unfallverteilung in Bezug auf die Straßenzustände im Verbindungsstellebereich zeigt sich auch im Bereich der „Freien Strecke“ auf A+S (Abbildung 48). Unfälle auf trockener Fahrbahn ereignen sich am häufigsten (69,3%). Verkehrsunfälle auf nasser Fahrbahn entstehen zu 23,6%. Der signifikante Unterschied zwischen UPS und tödlichen Unfällen ist in diesem Streckenabschnitt noch deutlicher zu erkennen. Es ergeben sich 75,3% der tödlichen Unfälle auf trockener Fahrbahn.

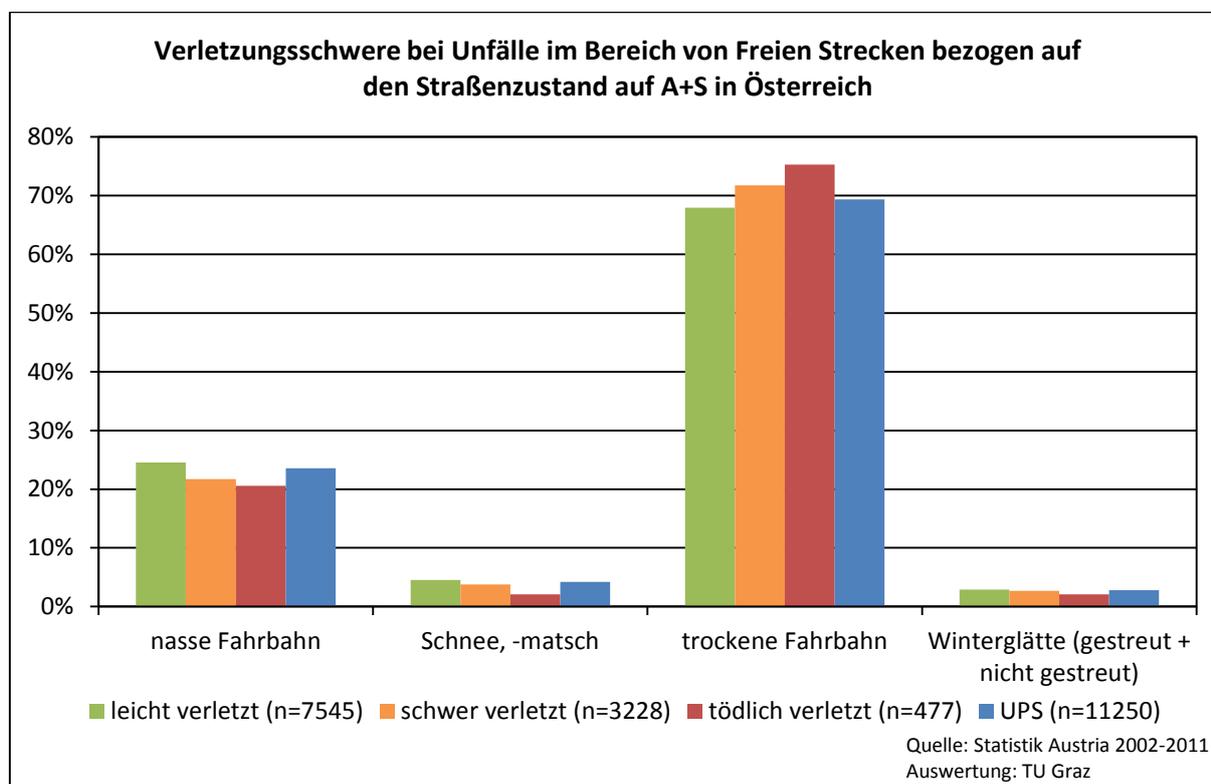


Abbildung 48: Verteilung der Verletzungsschwere bei Unfällen im Bereich von Freien Strecken bezogen auf unterschiedliche Straßenzustände auf A+S in Österreich [4, 5, 2014a]

7.9 Lichtverhältnisse

In Abbildung 49 sind Lichtverhältnisse und Verletzungsgrad im Verbindungsstellenbereich von Autobahnen und Schnellstraßen dargestellt. Am häufigsten sind Unfälle mit Personenschaden bei Tageslicht (61,4%) gefolgt von Unfällen bei Dunkelheit (22,9%). Betrachtet man tödliche Unfälle, so ist ein deutlich hoher Anteil bei Dunkelheit festzustellen (37,3%) in Bezug auf vorliegende UPS. Tödliche Unfälle in Relation zu den Unfällen mit Personenschaden zeigen somit ein deutlich erhöhtes Risiko bei Dunkelheit. Bei Tageslicht entstehen 50,4% der tödlichen Unfälle. Im Bereich der Hauptfahrbahn von Halbinschlussstellen entstehen ca. 67% der Unfälle mit Personenschaden bei Tageslicht. Bei Rampenunfälle entstehen 14,3% der UPS bei Dämmerung, deutlich mehr als im Bereich der gesamten Verbindungsstellen.

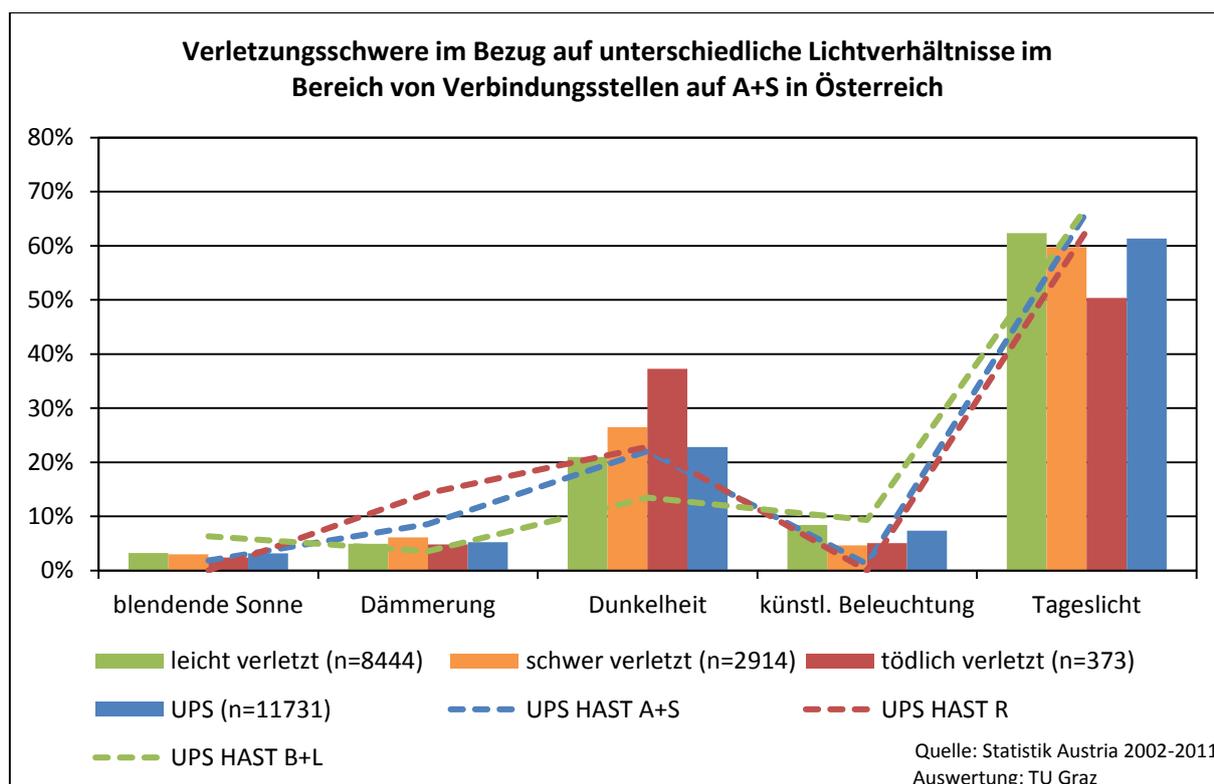


Abbildung 49: Verletzungsschwere im Bereich von Verbindungsstellen und Sektoren von Halbinschlussstellen bezogen auf unterschiedliche Lichtverhältnisse auf Autobahnen und Schnellstraßen in Österreich [4, 1, 2013a, 5, 2014a]

7.10 Häufigkeitsverteilungen Autobahn - Halbanschlussstellen

In Abbildung 50 wird die Verteilung der Verletzungsschwere auf den Sektor bezogen. Im Bereich der Hauptfahrbahn entstehen 17,2% der Unfälle bei einer Einfahrt und 14,3% beim Ausfädeln. Im Bereich der untergeordneten Fahrbahn B+L entstehen mehr Unfälle bei einer Ausfahrt (32,3%) als bei einer Einfahrt (29,4%). Die 9 tödlichen Verkehrsunfälle entstehen hauptsächlich im gesamten Bereich der Ausfahrt, knapp 45% im Bereich des untergeordneten Fahrbahn (Landesstraße B+L).

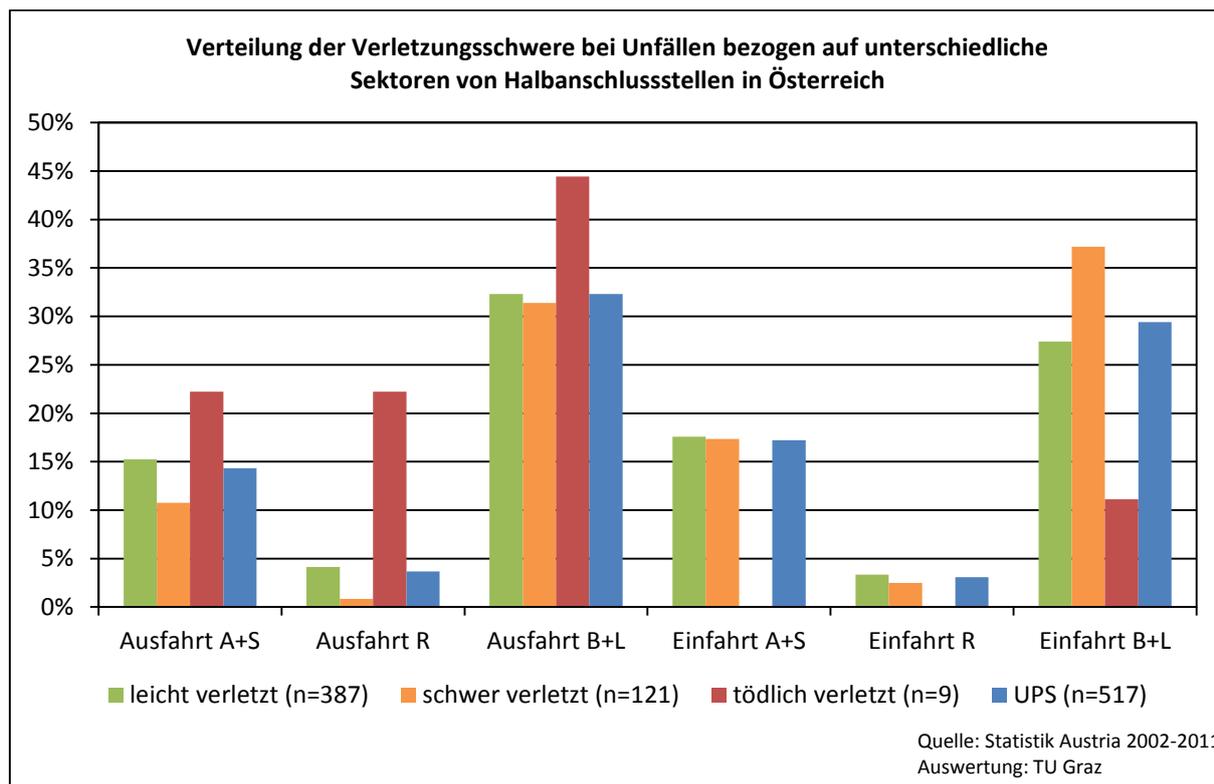


Abbildung 50: Verletzungsschwere bezogen auf unterschiedliche Sektoren von Halbanschlussstellen in Form einer Aus- oder Einfahrt [4, 5, 2014a]

7.10.1 Hauptfahrbahn - Einfädelprozess

Beim Einfädeln spricht man vom Einfahren auf einer planfreie Kreuzung. Es werden in weiterer Folge entstandene Unfälle im Bereich der Hauptfahrbahn dargestellt. Der untersuchende Bereich beginnt mit der Trenninselspitze und endet mit dem Ende des Einfädelstreifens. Dieser wurde entsprechend der Normierung mit 100% gekennzeichnet. Der Bereich der Sperrfläche ist jener Bereich zwischen fixem Stationierungspunkt und variablem Trennpunkt.

Verletzungsschwere

In Abbildung 51 werden die entstandenen Verletzungen über die Hauptfahrbahn beim Einfädeln dargestellt. Auffallend ist der Anstieg an UPS zum Ende des Beschleunigungsstreifens hin, mit Maximum am Ende des Beschleunigungsstreifens (31,5%). Das Minimum der UPS wird im ersten Sektor des Beschleunigungsstreifens lokalisiert (7,9%). Todesopfer werden keine verzeichnet. Schwere Verletzungen entstehen im Bereich der Sperrfläche (34,8%) sowie am Ende (30,4%) des Einfahrtstreifens.

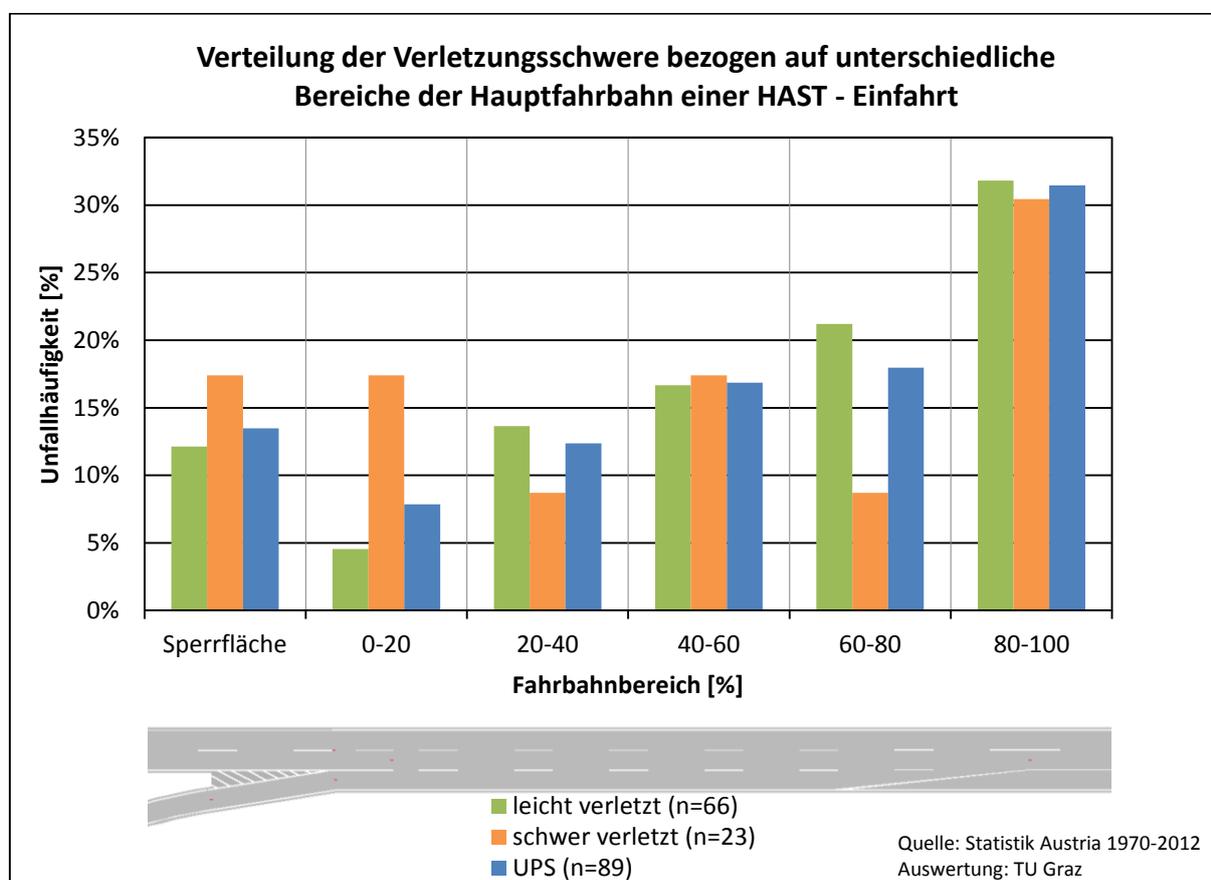


Abbildung 51: Verteilung der Verletzungsschwere bezogen auf unterschiedliche Bereich der Hauptfahrbahn einer HAST-Einfahrt [4, 5, 2014a]

Unfalltyp

Über den gesamten Einfädelstreifen ist ein steigender Verlauf der Unfälle mit Personenschaden infolge von Unfällen im Richtungsverkehr erkennbar. Somit kann man darauf schließen, dass am Ende des Beschleunigungsstreifens ein erhöhtes Risiko infolge von Auffahrunfällen bzw. Unfälle durch Spurwechselvorgänge entstehen.

Die 45 Unfälle im Richtungsverkehr finden ihr Maximum am Ende des Einfädelstreifens (40%). Unfälle mit nur einem Beteiligten haben zwei Maxima, in der Mitte und am Ende des Beschleunigungsstreifens (28%). In der Mitte der untersuchten Strecke entstehen hauptsächlich Unfälle infolge Abkommen nach rechts (33,3%) und am Ende ein Auffahren auf fahrende (47,1%) bzw. verkehrsbedingt stehende Fahrzeuge (38,9%) und Unfälle infolge von Wechseln der Fahrstreifen (30%). In Abbildung 52 werden nur die am häufigsten entstehenden Unfallgruppen als Balkendiagramm dargestellt. Unfälle durch Abkommen links und rechts von der Fahrbahn werden zu Unfällen mit nur einem Beteiligten zusammengefasst. Auffahren auf fahrende oder verkehrsbedingt stehende Fahrzeuge und Unfälle infolge eines Fahrstreifenwechsellvorganges werden zu Unfällen im Richtungsverkehr gruppiert.

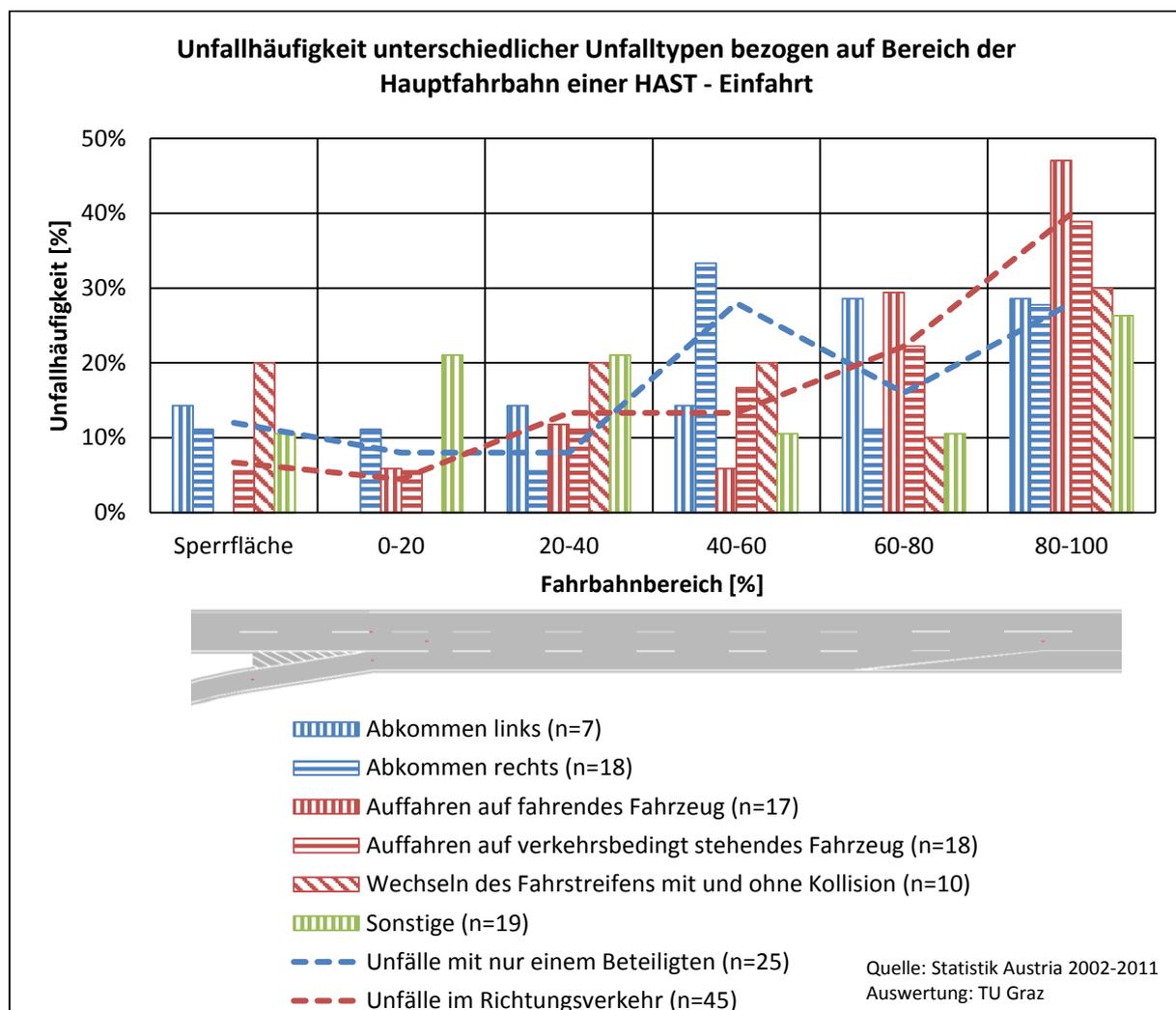


Abbildung 52: Unfallverteilung von Unfalltypen bezogen auf unterschiedliche Bereich der Hauptfahrbahn einer HAST-Einfahrt [4, 5, 2014a]

7.10.2 Hauptfahrbahn - Ausfädelprozess

Eine Ausfahrt bezeichnet jene Verbindung bei der sich ein Fahrzeug vom hochrangigen Straßennetz ins untergeordnete Straßennetz planfrei bewegen kann.

Verletzungsschwere

In Abbildung 53 sind die Unfälle nach Verletzungsgrad und Unfallposition dargestellt. Erkennbar ist eine Verteilung der Gesamtunfälle, mit Maximum zu Beginn der Ausfädelbewegung (21,9%) und im Bereich der Sperrfläche am Ende des Bewegungstreifens (20,5%). Schwere Unfälle entstehen vorwiegend zu Beginn des Autobahnabschnitts, 63,7% der 13 schweren Unfälle entstehen in den ersten 40% der untersuchten Bewegung.

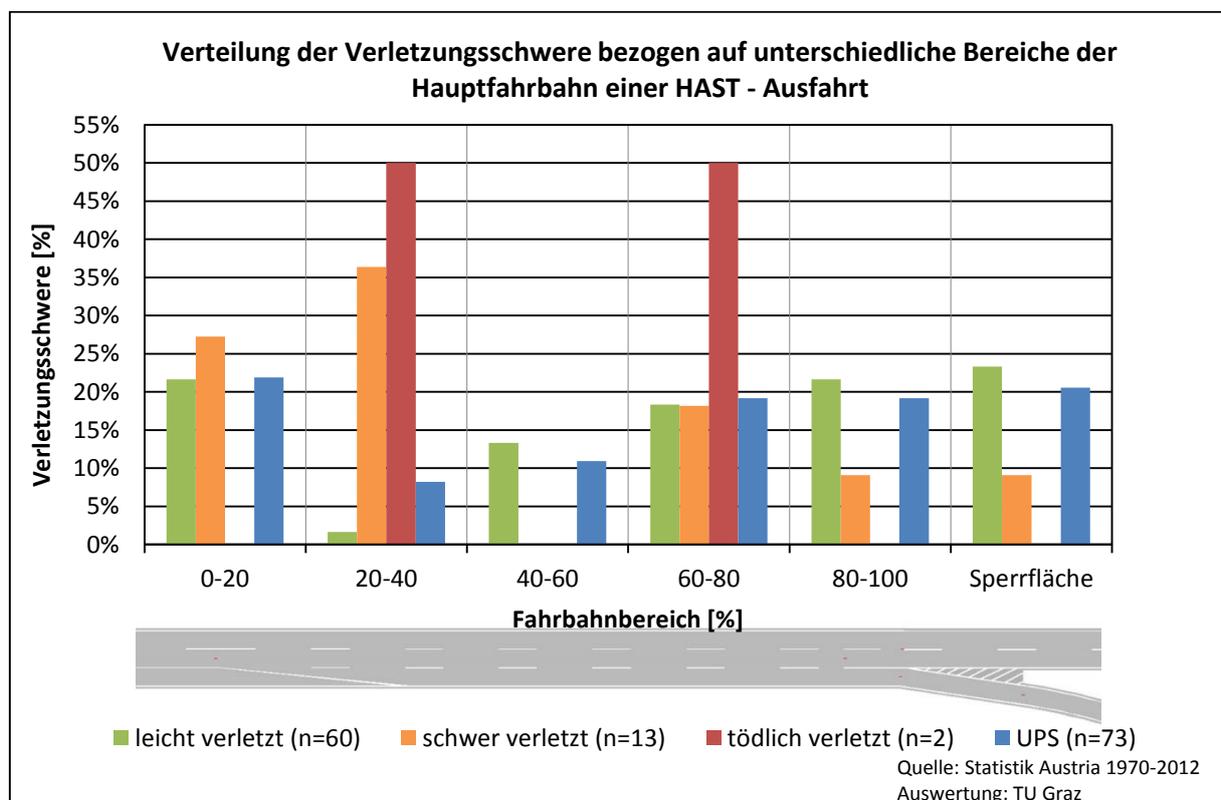


Abbildung 53: Verteilung der Verletzungsschwere bezogen auf unterschiedliche Bereich der Hauptfahrbahn einer HAST-Ausfahrt [4, 5, 2014a]

Unfalltyp

Die Unfalltypen auf Autobahn-Halbanschlussstellen beim Ausfädeln lassen ein Maximum der UPS bei Unfällen im Richtungsverkehr im Bereich unmittelbar vor der Sperrfläche (26,8%) und im Bereich der Fahrstreifenwechselstrecke (24,4%) erkennen (Abbildung 54). Im Bereich der Verziehungsstrecke entstehen vorwiegend Unfälle infolge Abkommen nach links (44,4%) und Auffahren auf fahrende Fahrzeuge (33,3%). Im Sektor vor der Sperrfläche entstehen vorwiegend Unfälle durch wechseln des Fahrstreifens (60%). Hierbei kann vermutet werden, dass Fahrzeuglenker noch im letzten Moment versuchen die Ausfahrt zu erwischen und es daher zu Kollisionen kommt. Weitere mögliche Ursachen wären die falsche Wahl des Fahrstreifens – sie befinden sich unter Umständen unabsichtlich auf einem Ausfahrtstreifen, die Lenker zu spät erkennen, dass sie auf der falschen Ausfahrt sind oder Lenker zu spät die Ausfahrt erkennen (z.B. in Folge eines Überholvorganges).

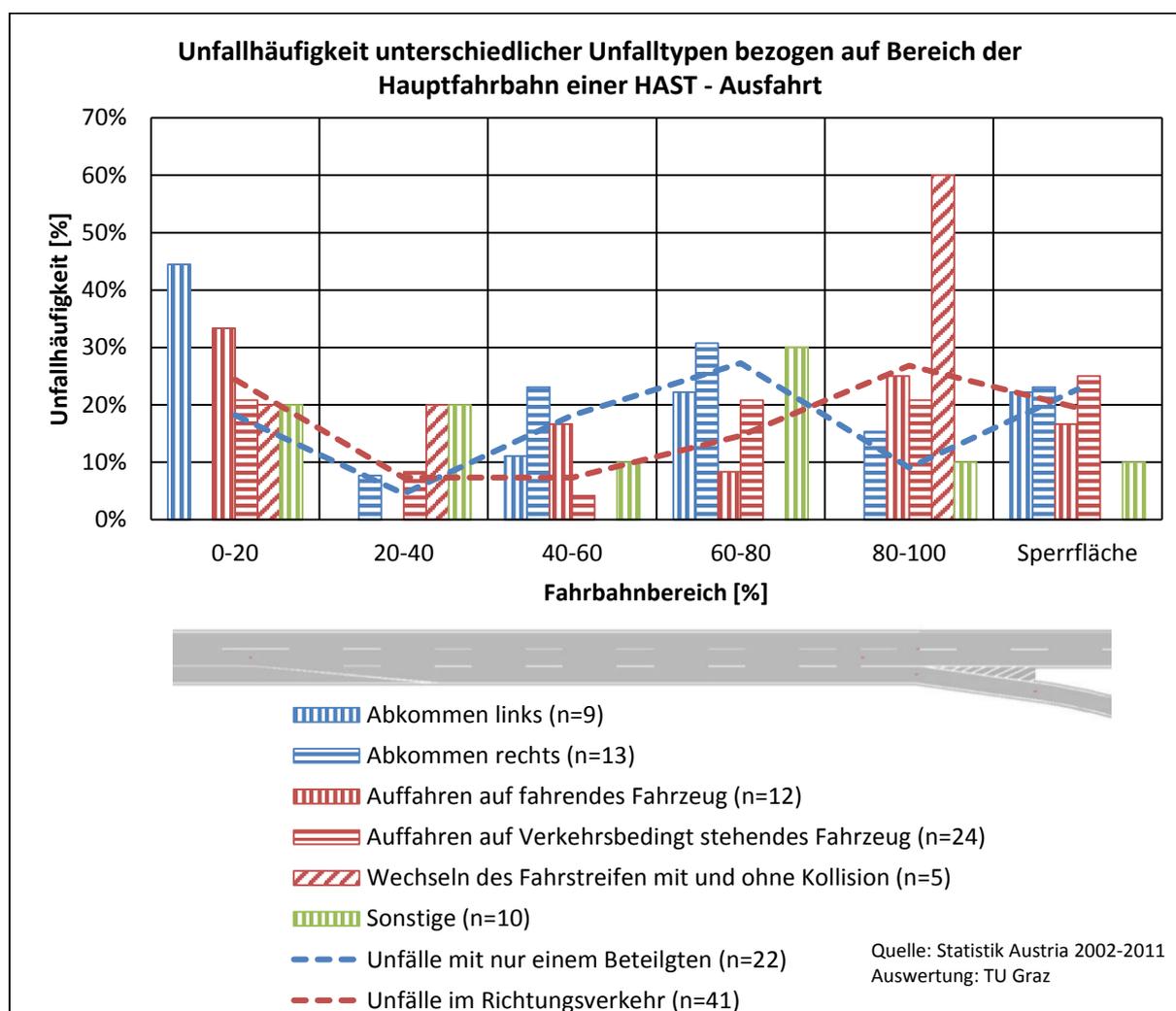


Abbildung 54: Unfallverteilung von Unfalltypen bezogen auf unterschiedliche Bereich der Hauptfahrbahn einer HAST-Ausfahrt [4, 5, 2014a]

7.10.3 Rampenfahrbahn - Einfädelprozess

Der Unfallort wird auf die Rampenlänge normiert. So erhält man unabhängig von der Rampenlänge eine Verortung des Unfalls. Ein Wert von 0% ist dem Stationierungspunkt der Unterfahrbahn zugeordnet und ein Wert von 100% der Sperrflächenspitze der Hauptfahrbahn.

Verletzungsschwere

In Abbildung 55 ist der Zusammenhang der entstanden Verletzungen zur Unfallposition dargestellt. Beim Einfädeln erfolgen lediglich 13 Unfälle mit Personenschaden, tödliche Unfälle gab es zwischen 2002 und 2011 keine. Unfälle mit schwer verletzten Insassen konnten lediglich drei festgestellt werden. Es gibt zwei Maxima der Verteilung von UPS über die Rampenfahrbahn beim Einfahren. Erstes Maximum wird im Kreuzungsbereich (31,2%) zwischen Unter- und Rampenfahrbahn festgestellt und zweites Maximum im Bereich zwischen 60% und 80% der Einfahrrampe (25%). Schwer verletzte Unfälle entstehen meist zu Beginn einer Rampeneinfahrt.

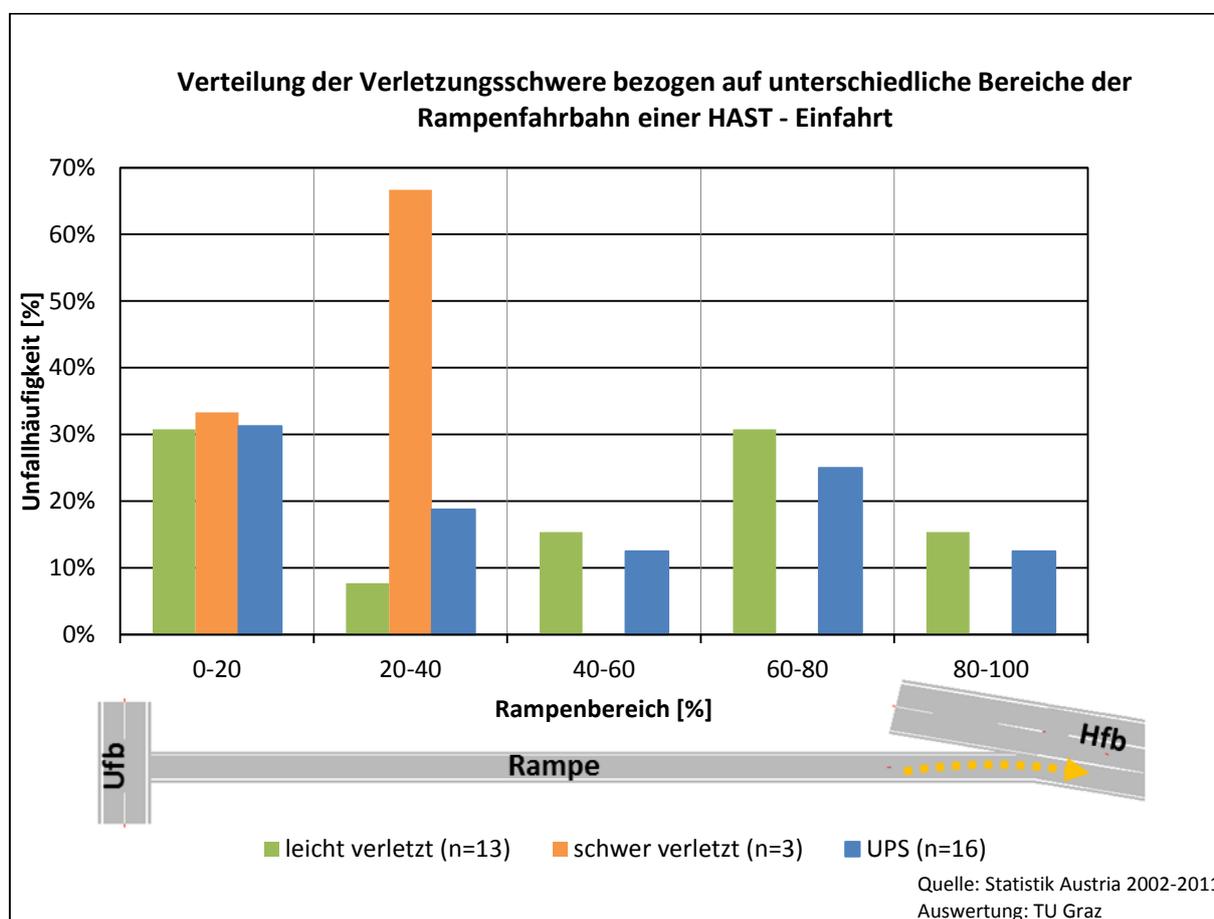


Abbildung 55: Verteilung der Verletzungsschwere bezogen auf unterschiedliche Bereich der Rampenfahrbahn einer HAST-Einfahrt [4, 5, 2014a]

Unfalltyp

Beim Einfädeln auf Rampen unterscheidet man nur zwischen Unfällen mit nur einem Beteiligten (n=5) und Unfällen im Richtungsverkehr (n=10). Ein Unfall im Begegnungsverkehr wurde im Zeitraum im Bereich zwischen 80% und 100% festgestellt und wird in Abbildung 56 nicht dargestellt. Bei der Einfahrt auf die Rampe vom untergeordneten Straßennetz sind eher Unfälle mit nur einem Beteiligten festzustellen. Unfälle im Richtungsverkehr sind beim unmittelbaren Vereinigen der Fahrstreifen im Bereich der Trenninsel häufiger.

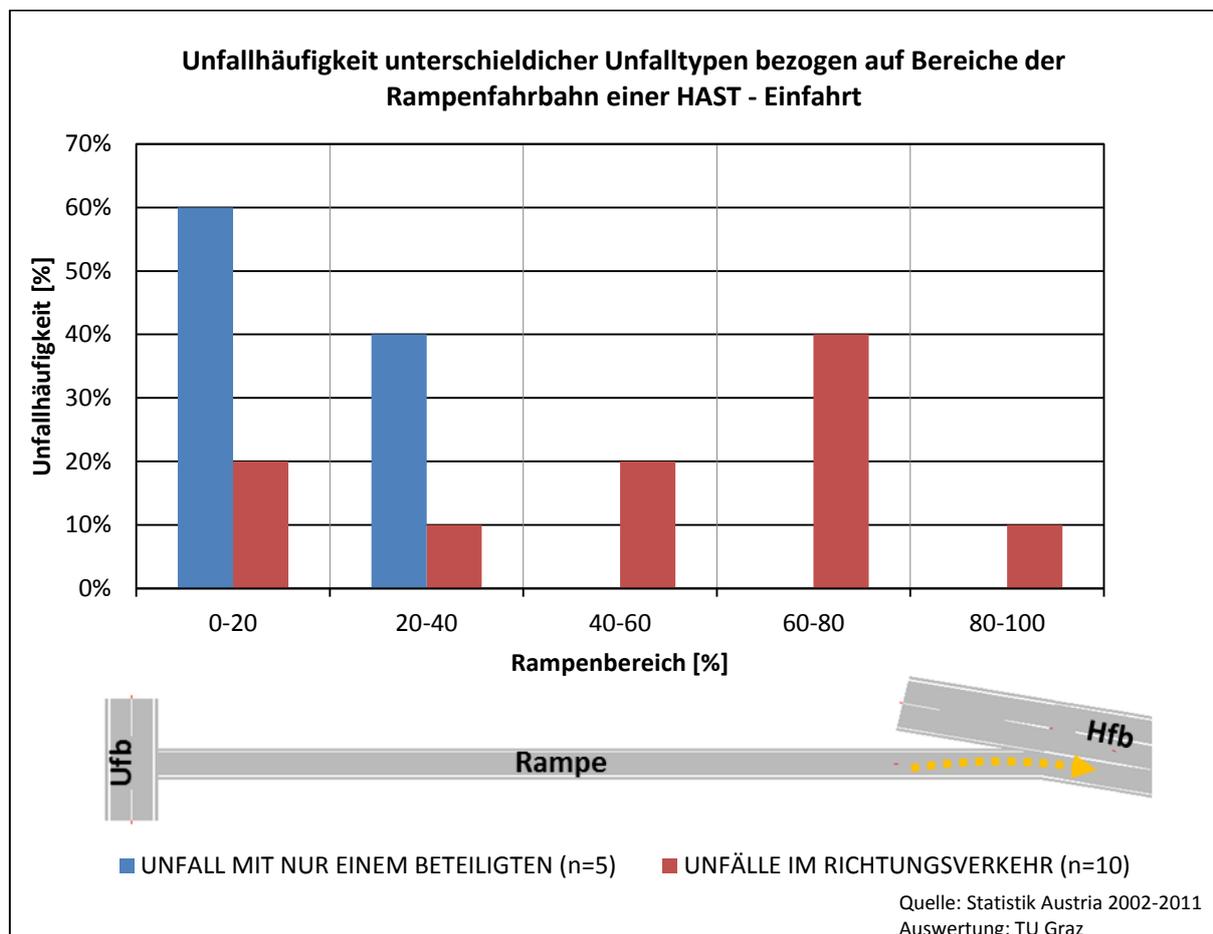


Abbildung 56: Unfallverteilung von Unfalltypen bezogen auf unterschiedliche Bereich der Rampenfahrbahn einer HAST-Einfahrt [4, 5, 2014a]

Rampentyp

Bei den direkten Rampeneinfahrten entsteht die Hälfte aller Unfälle mit Personenschaden in den ersten 20% der Rampeneinfahrt (Abbildung 57), indirekte und semidirekte Rampen zeigen keinen eindeutigen Trend und sind über den ganzen Bereich nahezu gleich verteilt.

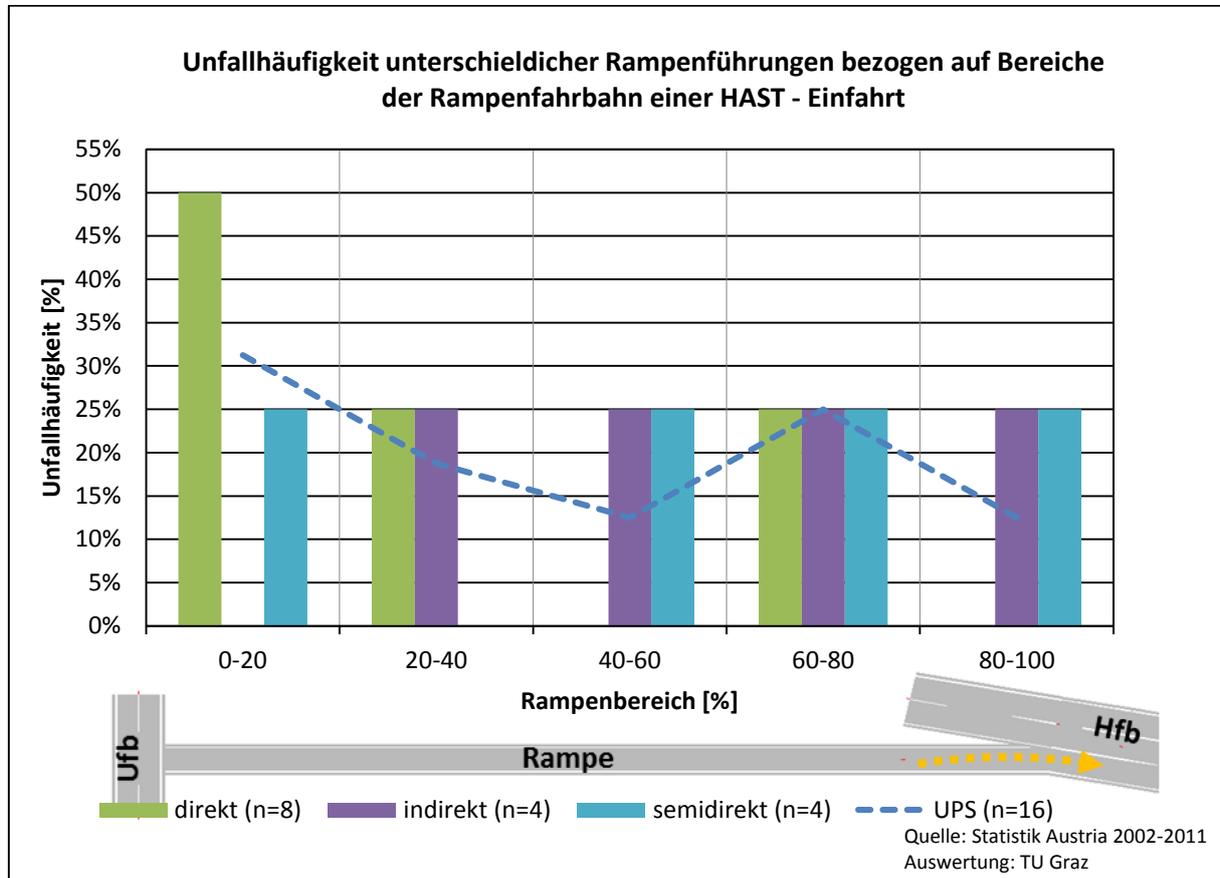


Abbildung 57: Unfallverteilung von Rampenführungen bezogen auf unterschiedliche Bereich der Rampenfahrbahn einer HAST-Einfahrt [4, 5, 2014a]

Rampenlänge

Dabei ist zu erkennen das hauptsächlich Unfälle bei Einfahrtsrampen mit kleiner Länge entstehen (kleiner 400m). Diese Rampen haben ein Maximim jeweils im Kreuzungsbereich der untergeordneten Straßensystem und am Ende der Rampe (Abbildung 58).

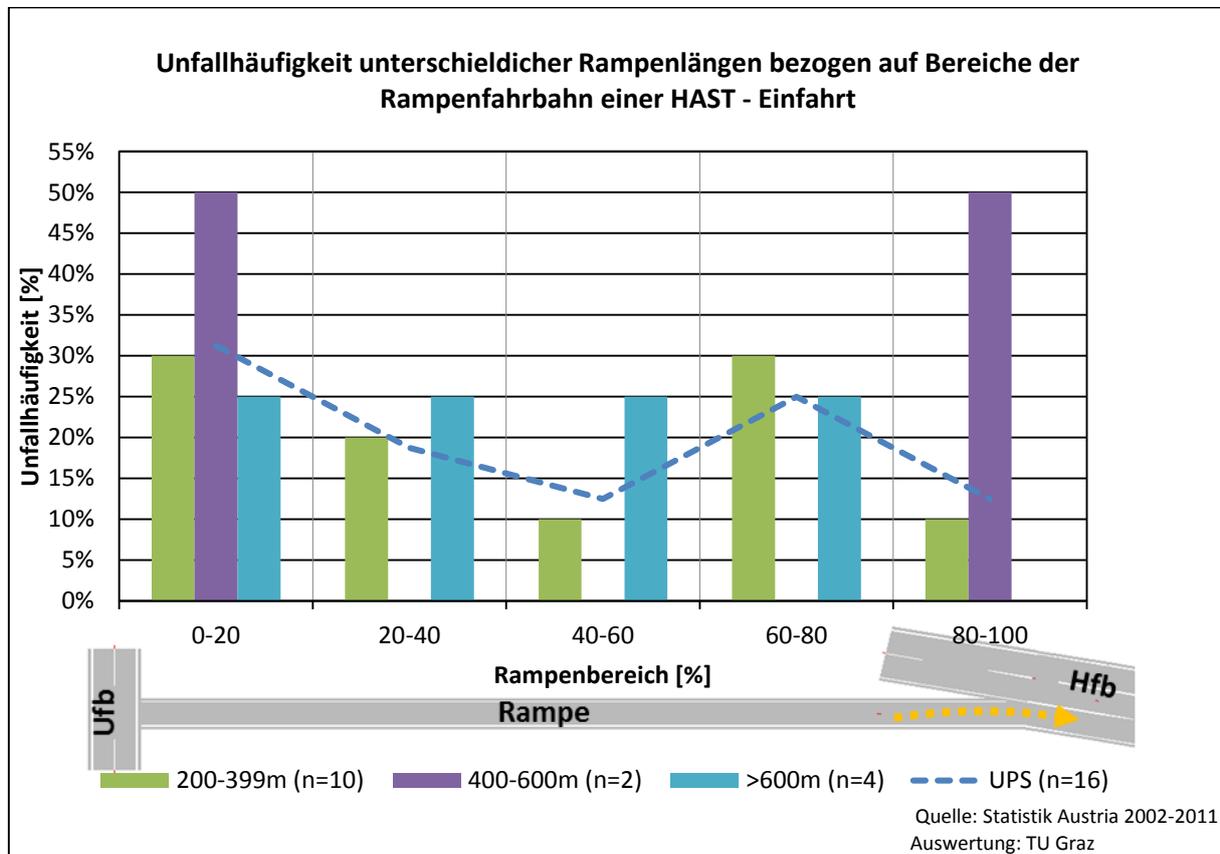


Abbildung 58: Unfallverteilung von Rampenlängen bezogen auf unterschiedliche Bereich der Rampenfahrbahn einer HAST-Einfahrt [4, 5, 2014a]

7.10.4 Rampenfahrbahn - Ausfädelprozess

Beim Ausfädeln kennzeichnet ein Wert von 0% den Trennpunkt, also unmittelbar vor dem Stationierungspunkt der Hauptfahrbahn und 100% das Ende der Rampe und somit den Stationierungspunkt der Unterfahrbahn. Es werden aber nur Unfälle auf der Rampenfahrbahn dargestellt. Unfälle im untergeordneten Netz werden in späterer Folge behandelt.

Verletzungsschwere

Ebenso wie beim Einfädeln sind auch hier eher wenige Unfälle festzustellen (Abbildung 59). Von den 19 UPS sind nahezu 50% dem unmittelbaren Bereich um die Trenninsel zuzuordnen (47,4%). Am Ende der Rampe war nur ein Unfall zu verzeichnen. Es waren nur zwei tödliche Unfälle (zu Beginn und in der Mitte der Rampe) und ein Unfall mit schweren Verletzungen (zweites Fünftel) auf der Rampenfahrbahn vorzufinden.

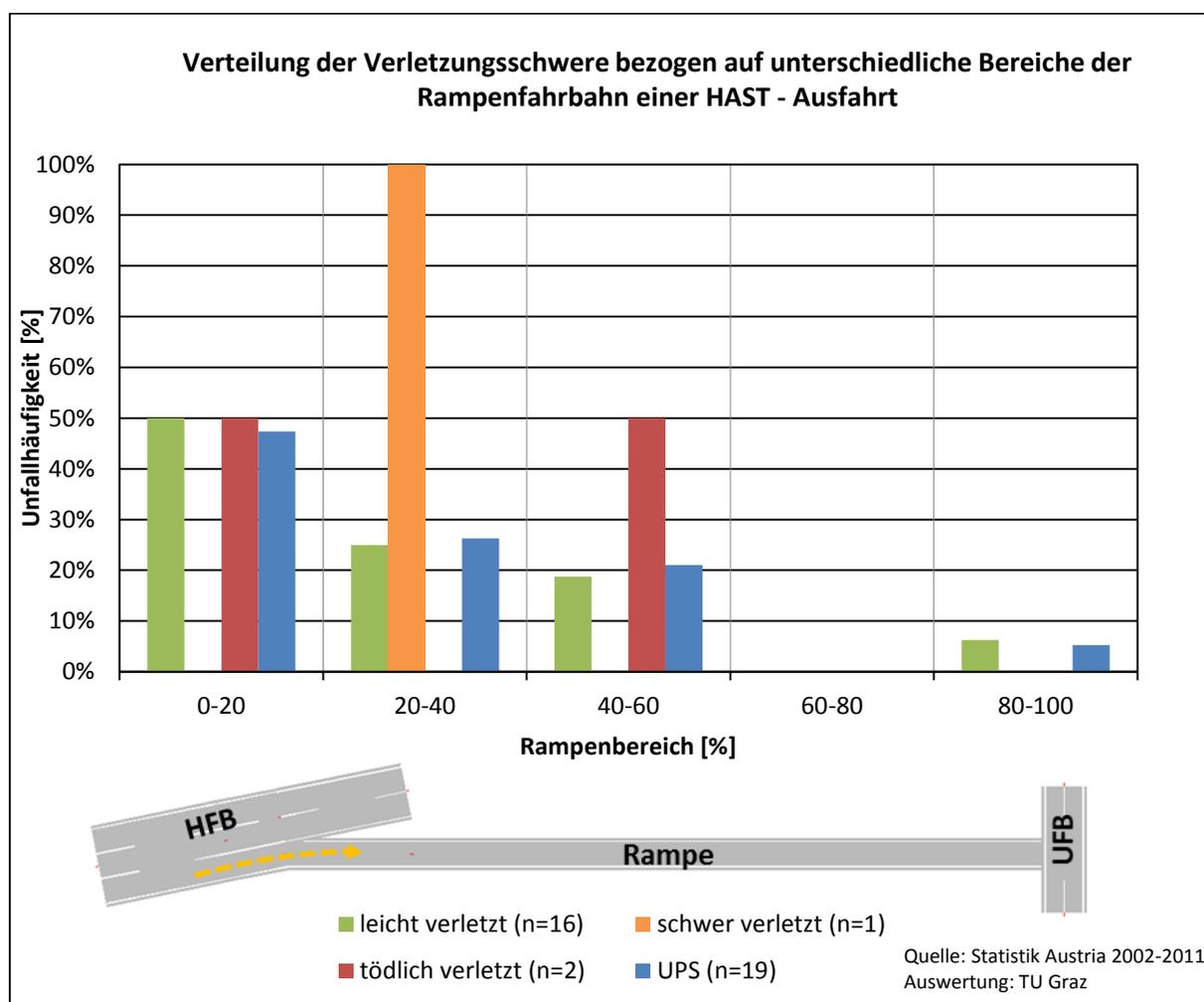


Abbildung 59: Verteilung der Verletzungsschwere bezogen auf unterschiedliche Bereich der Rampenfahrbahn einer HAST-Ausfahrt [4, 5, 2014a]

Unfalltyp

Unfälle im Richtungsverkehr (13 Stück) entstehen beim Ausfädeln von Autobahnen im Bereich der Rampenfahrbahnen öfter als Alleinunfälle (Abbildung 60). Im unmittelbaren Bereich der Treninsel entstehen dabei mehr als die Hälfte dieser Unfallart. 50% der 6 Unfälle mit nur einem Beteiligten entstehen in der Mitte der Rampenfahrbahn, 33,3% zu Beginn. Am Ende der Rampe ist ein Auffahrunfall festzustellen.

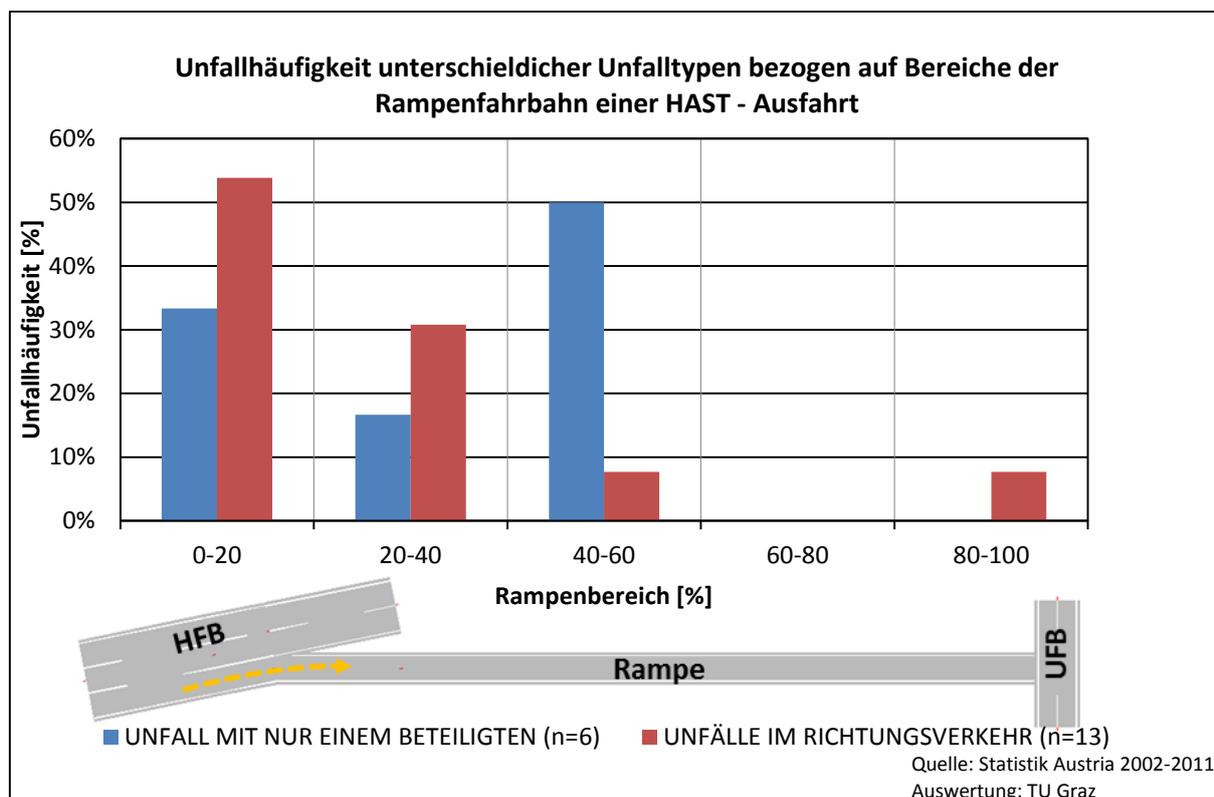


Abbildung 60: Unfallverteilung von Unfalltypen bezogen auf unterschiedliche Bereich der Rampenfahrbahn einer HAST-Ausfahrt [4, 5, 2014a]

Ablenkwinkel Hauptfahrbahn

Der Ablenkwinkel ist ein Maß für die Ausbildung des Radius im Übergangsbereich zwischen Hauptfahrbahn und Rampe einer Ausfahrt oder Einfahrt. Man kann erkennen, dass bei größerem Winkel und somit kleinerem Radius, Probleme im Bereich des Rampenbeginns und der Rampenmitte entstehen (37,5%). Hingegen bei Unfällen mit kleinen Ablenkwinkel (8-13°) ergeben sich die Hälfte aller Unfälle unmittelbar nach Beginn der Rampe (Abbildung 61). Für Ablenkwinkel kleiner 8° konnten keine Unfälle auf der Rampenfahrbahn einer Ausfahrt festgestellt werden.

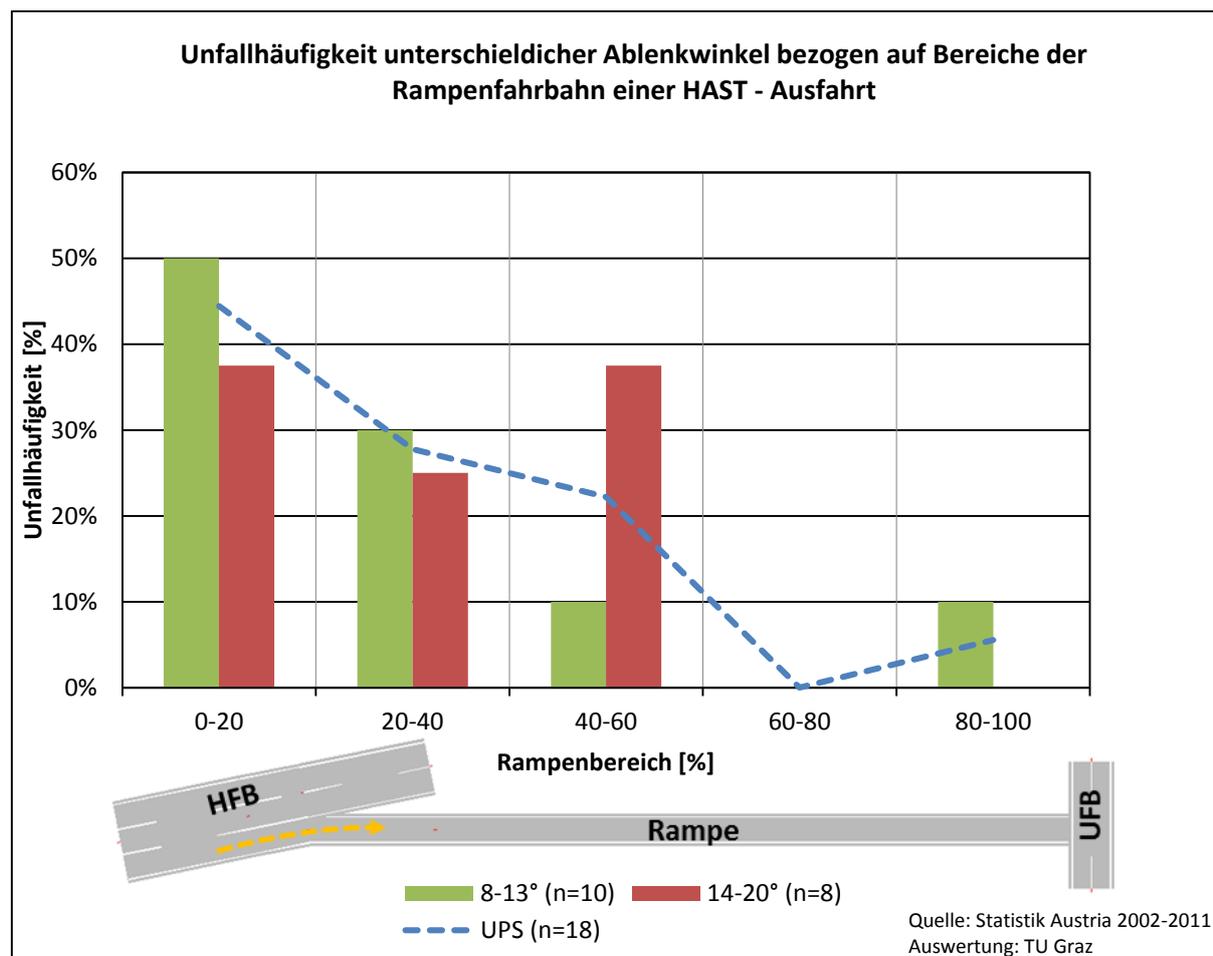


Abbildung 61: Unfallverteilung von Ablenkwinkel bezogen auf unterschiedliche Bereich der Rampenfahrbahn einer HAST-Ausfahrt [4, 5, 2014a]

7.10.5 Unterfahrbahn beim Einfädelprozess

Abschließend werden Unfälle im Bereich der Unterfahrbahn detailliert betrachtet. Anders als bei der Analyse von Rampen oder Hauptfahrbahnen von Halbanschlussstellen, basierend auf einem definierten Bereich aus Stationierungspunkten und Längen, werden bei der Analyse der Unterfahrbahn alle Unfälle in einem Bereich von 200m um den Stationierungspunkt der Unterfahrbahn gezählt; also einer Vor- bzw. Nachlauflänge von 100m. Die Unfallpositionen werden als Betragsabstand vom Stationierungspunkt der Unterfahrbahn gemessen und angegeben.

Verletzungsschwere

Im Bereich des untergeordneten Straßennetzen im Kreuzungsbereich der untersuchten Halbanschlussstellen entstehen mehr Unfälle als im Bereich der Hauptfahrbahn. Es gab dabei zwei tödliche Unfälle im Bereich der Autobahneinfahrt von Halbanschlussstellen. Diese sind im Bereich der ersten 40m entstanden (Abbildung 62). Einen Maximalwert haben die Unfälle mit Personenschaden im Bereich zwischen 20 und 40 Meter (24,7%). Rund 47,3% der UPS entstehen in den ersten 40 m des Kreuzungsbereichs. Im Sektor mit 80 - 100m Entfernung vom Stationierungspunkt entstehen 24% UPS und 26,2% der Unfälle mit schweren Verletzungen.

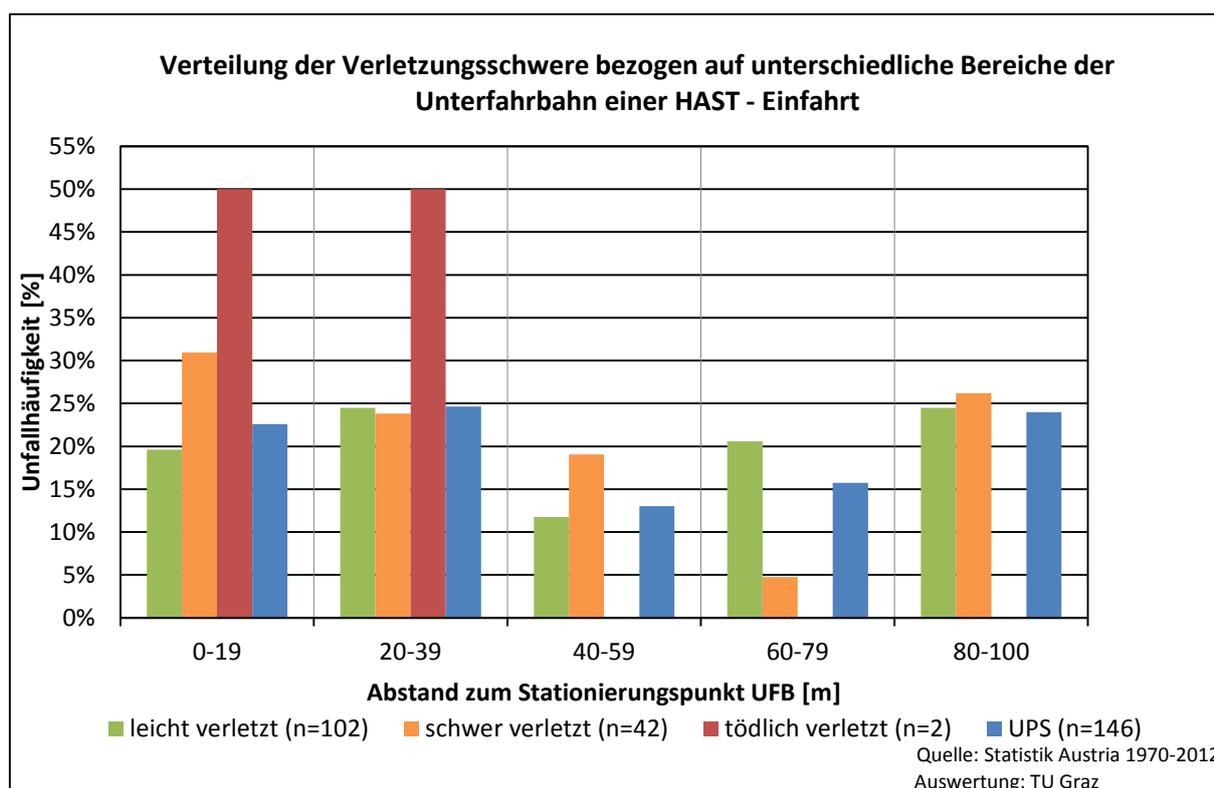


Abbildung 62: Verteilung der Verletzungsschwere bezogen auf unterschiedliche Bereich der Unterfahrbahn einer HAST-Einfahrt [4, 5, 2014a]

Unfalltyp

Im Gegensatz zur Haupt- bzw. Rampenfahrbahn entstehen im plangleichen Kreuzungsbereich unterschiedliche Arten von Unfällen. In der Nähe des Stationierungspunktes ergeben sich hauptsächlich Kreuzungsunfälle (30%) und Unfälle im Richtungsverkehr (20%) beim Einfahren auf HAST (Abbildung 63). Im Abstand zwischen 80 und 100 Meter vom Stationierungspunkt der Unterfahrbahn entstehen vorwiegend Unfälle im Begegnungsverkehr (57,1%), Fußgängerunfälle (50%) und Unfälle mit nur einem beteiligten Fahrzeug (33,3%). Dieser Anstieg am Ende des untersuchten Bereiches der Unterfahrbahn von Unfällen im Richtungsverkehr und Unfällen mit nur einem Beteiligten ist sehr auffallend. Ob eine freie Strecke oder eine mögliche nachfolgende Kreuzung für diesen Anstieg verantwortlich ist, kann nicht geklärt werden. Die Unfallhäufigkeit von Kreuzungsunfälle bei HAST – Einfahrten im untergeordneten Straßennetz wird im Anhang, Abbildung 68, dargestellt.

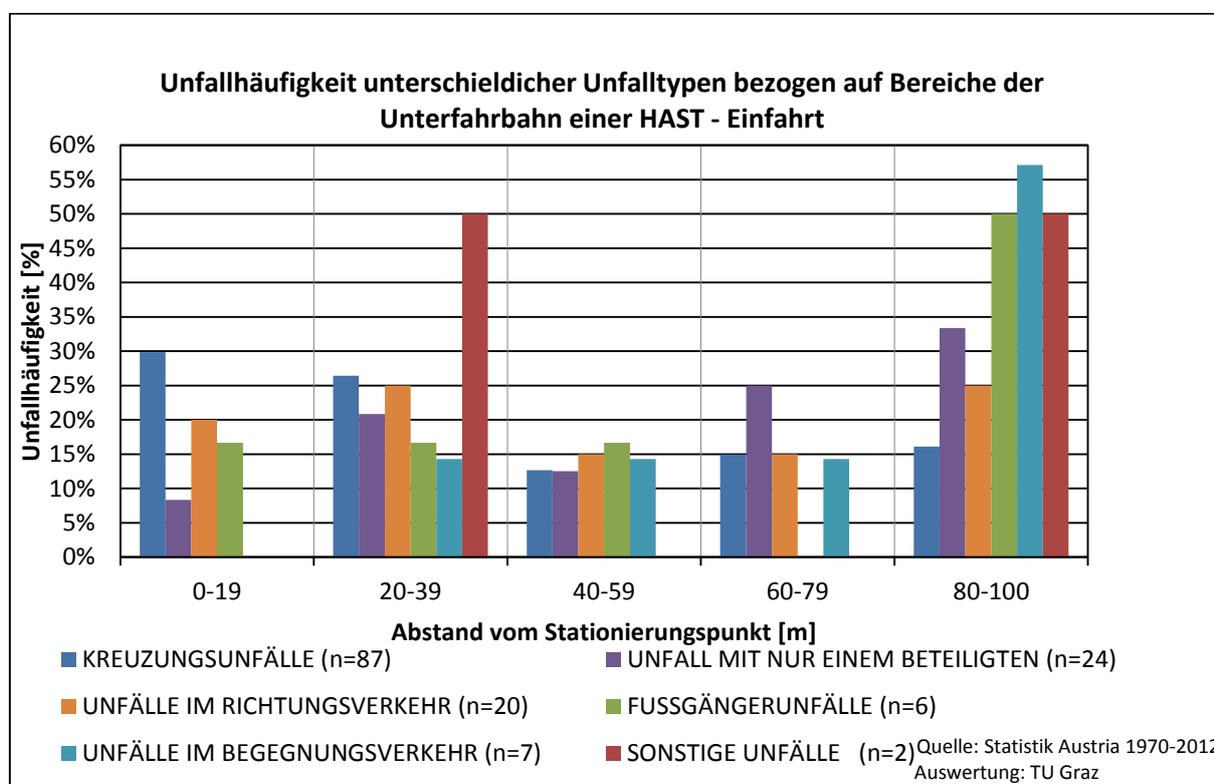


Abbildung 63: Unfallverteilung von Unfalltypen bezogen auf unterschiedliche Bereich der Unterfahrbahn einer HAST-Einfahrt [4, 5, 2014a]

7.10.6 Unterfahrbahn beim Ausfädelprozess

In folgenden Abbildungen bedeutet ein Abstand von 0 Metern die Position des Stationierungspunktes UFB und 100 Meter entsprechen einem Abstand von 100m vor oder nach dem Stationierungspunkt im untergeordneten Straßennetz.

Verletzungsschwere

Rund 30% der Unfälle mit Personenschaden entstehen im unmittelbaren Kreuzungsbereich (Abbildung 64). Zwei der insgesamt vier tödlichen Unfälle im Beobachtungszeitraum entstehen im Bereich zwischen 80 und 100 Meter zum Stationierungspunkt. Schwere Verletzungen werden im ersten (29,5%) und letzten Sektor (27,3%) des Untersuchungsbereichs verursacht.

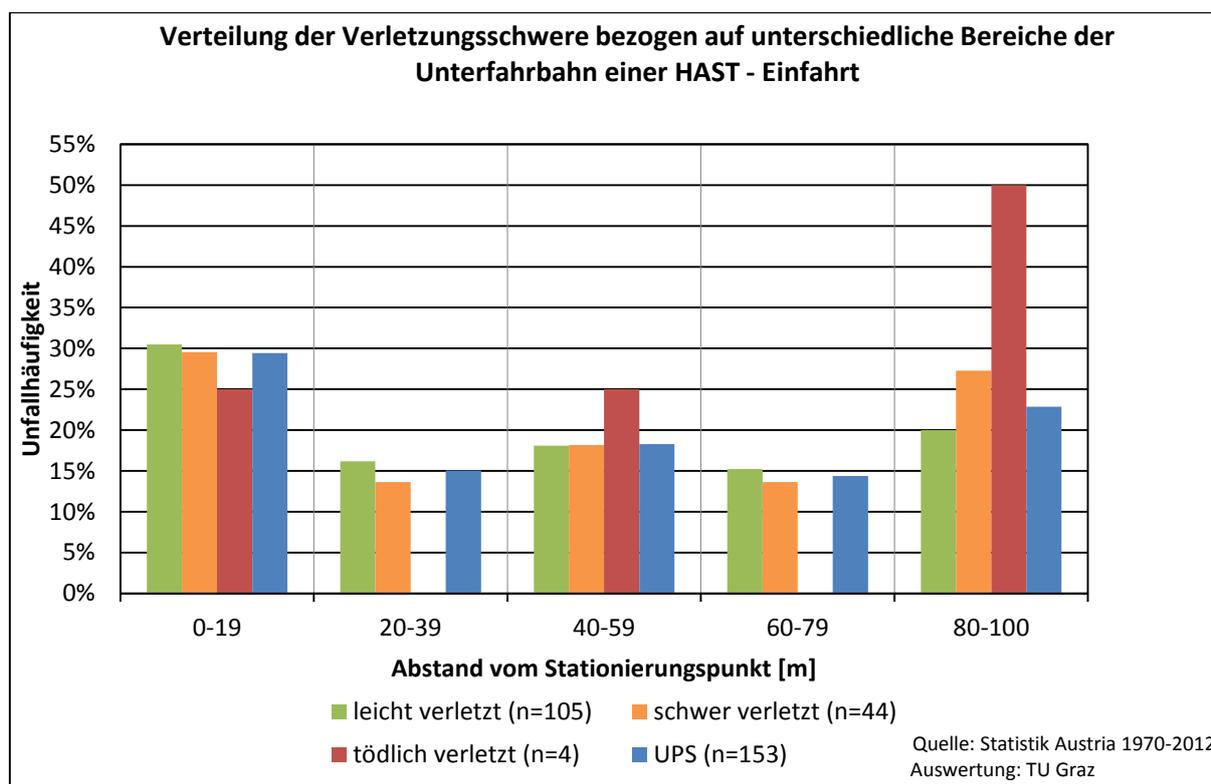


Abbildung 64: Verteilung der Verletzungsschwere bezogen auf unterschiedliche Bereich der Unterfahrbahn einer HAST-Ausfahrt [4, 5, 2014a]

Unfalltyp

Im Bereich der Unterfahrbahn einer HAST-Ausfahrt (Abbildung 65) entstehen hauptsächlich Kreuzungsunfälle (91 Stück). Knapp 40% der Kreuzungsunfälle entstehen unmittelbar um den Stationierungspunkt. Diese werden in Anhang, Abbildung 69, detailliert dargestellt. Im ersten Sektor entstehen zusätzlich Unfälle im Begegnungsverkehr (33,3%), cirka 10% der Unfälle im Richtungsverkehr und Unfälle mit nur einem Beteiligten. Das höchste Vorkommen an Unfällen mit nur einem Beteiligten entsteht im Sektor mit 80 – 100 Metern Entfernung zum Kreuzungspunkt. 31,6% der Unfälle im Richtungsverkehr wurden im Bereich „20-39“ festgestellt.

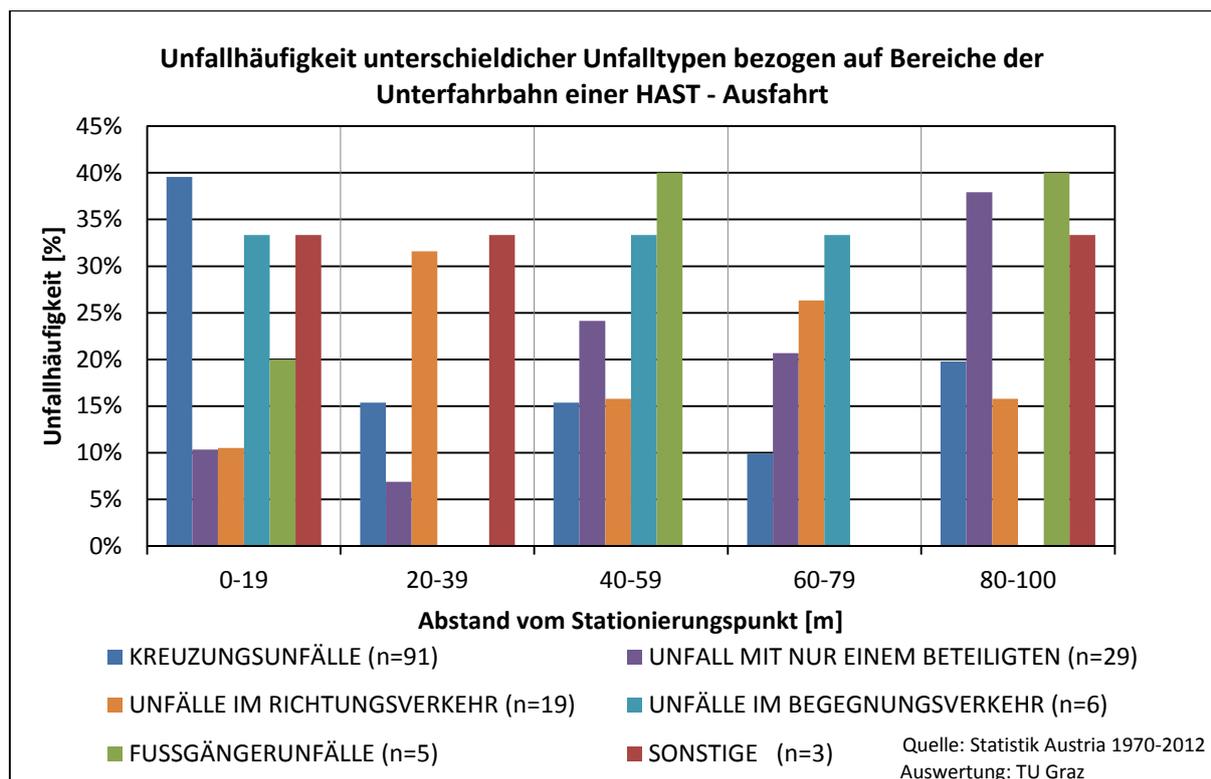


Abbildung 65: Unfallverteilung von Unfalltypen bezogen auf unterschiedliche Bereich der Unterfahrbahn einer HAST-Ausfahrt [4, 5, 2014a]

8 DISKUSSION UND BEURTEILUNG DER ERGEBNISSE

Hochrangiges Straßennetz (allgemein)

Im hochrangigen Straßennetz entstehen weniger Unfälle mit Personenschaden auf „Freien Strecken“, die entstandenen Verletzungen sind aber in diesem Bereich schwerer. Fahranfänger (unter 25 Jahre) neigen laut Untersuchung tendenziell mehr zu Unfällen im Bereich von Verbindungsstellen. Vermehrtes Augenmerk sollte auf diese Problematik im Zuge der Fahrausbildung gelegt werden. Hauptsächlich Pkw sind bei Unfällen im hochrangigen Straßennetz verwickelt. Unfälle mit schweren und tödlichen Verletzungen entstehen vermehrt bei der Teilnahme von Lastkraftwagen, Motorrädern oder ungeschützter Verkehrsteilnehmern.

Halbanschlussstellen

Im Bereich von Halbanschlussstellen entstehen vor allem Unfälle im untergeordneten Straßennetz. Bei einer Einfahrt ins hochrangige Straßennetz entstehen mehr Unfälle mit Personenschaden auf A+S als bei einer Ausfahrt. Bei der Einfahrt ins untergeordnete Straßennetz entstehen ebenfalls mehr UPS bezogen auf Unfälle der Unterfahrbahn.

Autobahn-Hauptfahrbahn HAST

Bei einer Einfahrt im übergeordneten Straßennetz entstehen Unfälle hauptsächlich im Bereich der Verziehungsstrecke durch Unfälle im Richtungsverkehr. Die Länge des Beschleunigungsstreifens bzw. des Verzögerungsstreifens beeinflusst die Unfallverteilung nicht. Bei einer Ausfahrt entstehen Unfälle mit Personenschaden vorwiegend im Bereich der Treninsel-Sperrfläche, schwere Unfälle im Bereich der Fahrstreifenwechselstrecke.

Autobahn-Rampenfahrbahn HAST

Bei einer Einfahrt entstehen die Unfälle mit schweren Verletzungen im Bereich des Rampenbeginns. Leichte Verletzungen ergeben sich zusätzlich zu diesem Bereich, im Bereich der Einmündung in die Hauptfahrbahn. Bei den 20 Einfahrten mit einer Rampenlänge von 200-400m entstanden 10 Unfälle auf der Rampenfahrbahn, bei den 17 Rampen mit einer Länge über 400m entstanden nur 6 Unfälle mit Personenschaden.

Am häufigsten entstehen Unfälle bei einer Ausfahrt am Beginn einer Rampe, im Bereich der Treninsel. Die Unfälle mit nur einem Beteiligten, welche schwere Verletzungen verursachen, entstehen laut Unfalldaten zur Rampenhälfte. Dabei wurde bei höheren Ablenkwinkeln das Maximum an UPS eher im Bereich der Rampenmitte erkannt, bei kleinen Ablenkwinkeln ergibt sich eine Häufigkeit zu Beginn der Strecke. Es entstehen keine Rampenunfälle bei den 25% vorkommenden Autobahnausfahrten mit einem Rampenwinkel kleiner 8° . Zu beachten ist die normierte Darstellung der unterschiedlichen Längen zu Bereichen der Fahrbahn.

Unterfahrbahn HAST

Im Bereich des untergeordneten Straßennetzes von Autobahn-Halbanschlussstellen entstehen Unfälle mit Personenschaden vorwiegend im unmittelbaren Kreuzungsbereich. Die Hälfte aller Unfälle mit Personenschaden und Unfällen mit schweren Folgen entstehen im Bereich von 40 Meter um den Stationierungspunkt der Unterfahrbahn, maßgeblich verantwortlich sind Kreuzungsunfälle und Unfälle im Richtungsverkehr.

9 AUSBLICK

Sichtung von Verkehrsdaten (zwingend notwendig)

Zur Beurteilung der Halbanschlussstellen sind fehlende Parameter aus dem Projekt FVE Flächendeckende Verkehrserfassung [25, 2005], zu implementieren. Hauptsächlich braucht es zur Beurteilung der Unfallzahlen auf unterschiedlichen Stationen die Verkehrsstärke. Zusätzlich müssen die aktuellen zulässigen Höchstgeschwindigkeiten für verschiedene Bereiche der Autobahn, Schnellstraße oder Rampe metergenau angefordert werden. Die Verkehrsstärke und vor allem die zulässige Geschwindigkeit sind auch für untergeordnete Straßenabschnitte von großem Interesse.

Sichtung von HAST-spezifischen Umfelddaten (optional)

Die geometrischen Punkte aktueller Halbanschlussstellen wurden durch Länder-Geodienste gewonnen. Da diese Methode Ungenauigkeiten mit sich bringt, sollten sämtliche Straßenbauakte der planfreien Verbindungen von dem Straßenhalter der Bundesstraßen ASFINAG aber auch die Beschreibungen, Pläne und dergleichen der untergeordneten plangleichen Kreuzungen von Straßenmeistereien der Länder angefordert werden. Zweiteres wird sich möglicherweise schwer realisieren lassen, da Halbanschlussstellen in jedem Bundesland bestehen und somit eine Vielzahl an unterschiedlichen Straßenmeistereien für eine Zusammenarbeit gewonnen werden muss.

Durch die Aktualisierung der Umfelddaten könnten nicht nur bestehenden Werte, wie Rampenlänge, Rampenradius oder die Stationierungspunkte, die mit gewissen Ungenauigkeiten gewonnen wurden, aktualisiert werden, sondern auch neue Punkte wie Beschilderungen, Fahrstreifenbreiten, Linienführungen- und Linienmarkierungen, Längs- und Querneigungen und viele weitere gewonnen werden.

Sichtung Realunfalldaten ZEDATU

Für Unfälle auf diesen Halbanschlussstellen sollten in weiterer Folge detaillierte Unfalldaten mit schweren oder tödlichen Verletzungen, die aus Gutachten von Unfallsachverständigen angefertigt wurden, angefordert werden. Diese Daten stellen die Grundlage für eine vollständige Unfallrekonstruktion.

Fahrdynamiksimulation und Unfallprognose ausgewählter Halbanschlussstellen

Die Ergebnisse der Unfallrekonstruktion sowie die Beurteilung von entstandenen Unfalltypen auf Halbanschlussstellen werden in Unfallszenarien dargestellt und mit veränderlichen Parametern simuliert, mit einer möglichen Vermeidbarkeit von Unfällen als Ergebnis. In Abbildung 66 wird ein mögliches Beispiel eines generischen Unfallszenariums bei einer Halbanschlussstellenausfahrt skizziert. Dabei wird der Zeitpunkt einer Lenkbewegung untersucht. Dabei gibt es mehrere Strategien mit Abstand zur Treninsel. Mit Variation von zusätzlichen Parametern wie Fahrgeschwindigkeit oder Reibungswert des Untergrundes, wird dieses Szenarium nach Unfallvermeidbarkeit geprüft. Als mögliches Ergebnis kann ein Mindestabstand von Sperrflächenspitze zur Treninsel ermittelt werden. Dieser Mindestabstand kann dann mit baulich getrennten, aber überwindbaren Hindernissen versehen werden, um einen unabsichtlichen Fahrstreifenwechsel zu verhindern und ein trotzdem durchgeführtes Wechseln aus verkehrssicherheitstechnischen Gründen nicht zu verschlechtern.

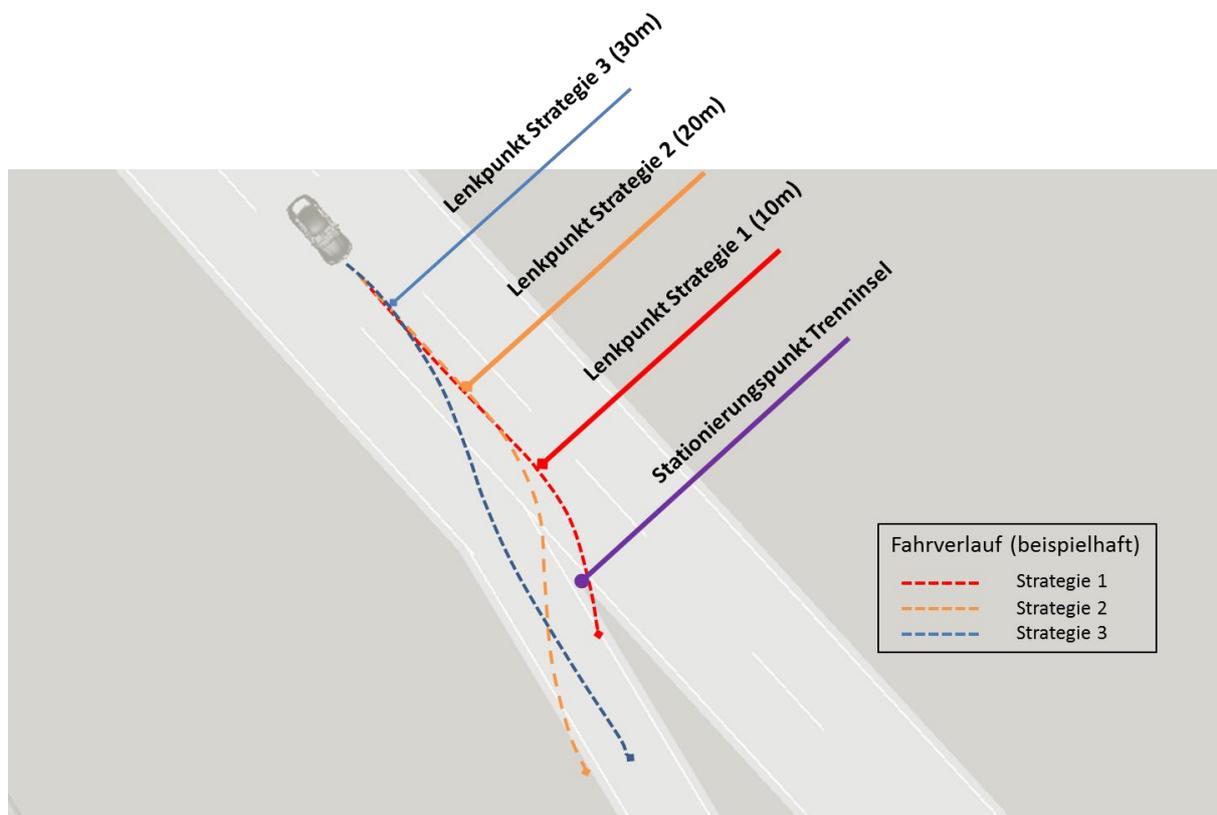


Abbildung 66: Beispiel für den Ansatz einer Fahrdynamiksimulation mit PC-Crash mit unterschiedlichen Lenkstrategien beim Ausfahren einer HAST [8, 2013b]

10 ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Trend der Sterblichkeit bei Transportmittelunfällen zwischen 1970 und 2012 in Österreich [31]	6
Abbildung 2: Darstellung der unterschiedlichen Arten von Verbindungsstellen im österreichischen Straßennetz [1, 2013a]	8
Abbildung 3: Schematische Darstellung einer Anschlussstelle [36]	9
Abbildung 4: Schematische Darstellung einer Halbanchlussstelle [20]	9
Abbildung 5: Arten von Rampenführungen [13]	10
Abbildung 6: Ausführungen von planfreien Knoten [13]	11
Abbildung 7: Ausführungen von gemischten Knoten als Anschlussstelle [13]	12
Abbildung 8: Ausführungen von gemischten Knoten als Halbanchlussstelle [13]	13
Abbildung 9: Darstellung eines Stationierungsbeispiels einer Halbanchlussstelle (Trompete) [11]	14
Abbildung 10: Stationierungspunkt als Anpralldämpfer einer Ausfahrt [33]	15
Abbildung 11: Bereiche einer Ausfahrt - Einstreifige Ausfahrt mit Rechtsabbiegestreifen $2=2+1$ [11]	16
Abbildung 12: Bereiche einer Einfahrt - Einstreifige Einfahrt mit Rechtseinbiegestreifen $2+1=2$ [11]	16
Abbildung 13: Darstellendes Berechnungsbeispiel des Ablenkwinkels bezogen auf die Hauptfahrbahn einer Ausfahrt (eigene Darstellung)	17
Abbildung 14: Darstellendes Berechnungsbeispiel des Rampenwinkels bezogen auf die Unterfahrbahn (eigene Darstellung)	18
Abbildung 15: Darstellendes Berechnungsbeispiel des Rampenradius mit Öffnungswinkel [11, 39]	18
Abbildung 16: Trend der Todesopfer im Straßenverkehr zwischen 1970 und 2012 [31]	22
Abbildung 17: Unfallverteilung im gesamten österreichischen Straßennetz bezogen Straßennetze [4, 2]	23
Abbildung 18: Einteilung von Unfalltypen - Statistik Austria [29]	24
Abbildung 19: Unfalltypen und Straßenarten bei Unfällen mit Personenschaden zwischen 2002 und 2011 in Österreich [4]	25
Abbildung 20: ERM Datenstruktur einer Anschlussstelle [1, 2013a, 4]	27
Abbildung 21: Detektion von Unfällen mit Fenstermethode – Unfallhäufungsstelle [15]	28
Abbildung 22: Anwendung der Fenstermethode auf eine Anschlussstelle - Analyse von Verbindungsstellen	29
Abbildung 23: Geographische Übersicht des untersuchten Knoten[27, 2014b]	30
Abbildung 24: Analyse der Unfallpositionen beim untersuchten Knotenanwendungsbeispiel [27, 2014b, 4]	31
Abbildung 25: Darstellung der Unfälle mit Personenschaden bei Anwendung der Fenstermethode auf das Knotenbeispiel [4]	32
Abbildung 26: Anwendung der Fenstermethode auf eine Anschlussstelle - Analyse von Anschlussstellen	33
Abbildung 27: Geographische Übersicht der untersuchten Halbanchlussstelle [27, 2014b]	34
Abbildung 28: Analyse der Unfallpositionen beim untersuchten Anwendungsbeispiel einer Halbanchlussstelle [27, 2014b, 4]	35
Abbildung 29: Bestimmung der Abstände anhand der Normierungsmethode (eigene Darstellung)	36
Abbildung 30: Verletzungsschere bei Unfällen im Bereich von Verbindungsstellen und Streckenabschnitten im gesamten hochrangigen Straßennetz A+S in Österreich [1, 2013a, 4]	42
Abbildung 31: Verletzungsschere bei Unfällen im Bereich von unterschiedlichen Arten von Verbindungsstellen im gesamten hochrangigen Straßennetz A+S in Österreich [4, 1, 2013a]	43
Abbildung 32: Verletzungsschere bei Unfällen im Bereich von Hauptfahrbahn und Unterfahrbahn auf Halbanchlussstellen in Österreich [4, 5, 2014a]	44
Abbildung 33: Verletzungsschere bei Unfällen im Richtungsverkehr im Bereich von Verbindungsstellen im gesamten hochrangigen Straßennetz A+S in Österreich [4, 1, 2013a]	45
Abbildung 34: Verletzungsschere bei Unfällen im Richtungsverkehr im Bereich der „Freien Strecke“ im gesamten hochrangigen Straßennetz A+S in Österreich [4, 1, 2013a]	46
Abbildung 35: Verletzungsschere bei Unfällen mit nur einem Beteiligten im Bereich von Verbindungsstellen im gesamten hochrangigen Straßennetz A+S in Österreich [4, 1, 2013a]	47
Abbildung 36: Verletzungsschere bei Unfällen mit nur einem Beteiligten im Bereich der „Freien Strecke“ im gesamten hochrangigen Straßennetz A+S in Österreich [4, 1, 2013a]	48
Abbildung 37: Verletzungsschwere bezogen auf unterschiedliche Unfalltypen bei Unfällen im Bereich HFB, Rampen und Unterfahrbahn von Halbanchlussstellen [4, 5, 2014a]	49

Abbildung 38: Verteilung der Unfalltypen bezogen auf den Standort des Unfallortes bezogen auf Hauptfahrbahn, Rampenfahrbahn und Unterfahrbahn von Halbandschlussstellen [4, 5, 2014a]	50
Abbildung 39: Verletzungsschwere und Lenkeralter bei Unfällen im Bereich von Verbindungsstellen auf A+S in Österreich [4, 1, 2013a]	51
Abbildung 40: Unfallverteilung und Lenkeralter bezogen auf Unfälle auf Verbindungsstellen und Unfällen im Bereich der „Freien Strecke“ auf A+S in Österreich [4, 1, 2013a]	52
Abbildung 41: Verteilung der Unfallhäufigkeit bezogen auf unterschiedliche Unfalltypen und Lenkeralter im Bereich von Verbindungsstellen auf A+S in Österreich [4, 1, 2013a]	53
Abbildung 42: Verteilung der Unfallhäufigkeit bezogen auf Unfälle mit nur einem Beteiligten und Unfälle im Richtungsverkehr im Bereich von Haupt- und Rampenfahrbahnen von HAST in Österreich [4, 5, 2014a]	54
Abbildung 43: Verteilung der Unfälle mit Personenschaden und Tödliche Verkehrsunfälle bezogen auf Art von Unfallfahrzeuge im Bereich von Verbindungsstellen und "Freie Strecken" auf A+S in Österreich [4, 1, 2013a]	55
Abbildung 44: Verteilung der Unfälle mit Personenschaden und Tödliche Verkehrsunfälle bezogen auf Art von Unfallfahrzeuge im Bereich von Haupt- Rampen und Unterfahrbahn von HAST in Österreich [4, 5, 2014a]	57
Abbildung 45: Verletzungsschwere bei Unfällen im Bereich von Verbindungsstellen und UPS von HAST Sektoren bezogen auf die Witterungsverhältnisse auf A+S in Österreich [4, 1, 2013a, 5, 2014a]	58
Abbildung 46: Verletzungsschwere bei Unfällen im Bereich von Freien Strecken bezogen auf die Witterungsverhältnisse auf A+S in Österreich [4, 5, 2014a]	59
Abbildung 47: Verteilung der Verletzungsschwere bei Unfälle im Bereich von Verbindungsstellen und Sektoren von Halbandschlussstellen bezogen auf den Straßenzustand auf Autobahnen und Schnellstraßen in Österreich [4, 1, 2013a, 5, 2014a]	60
Abbildung 48: Verteilung der Verletzungsschwere bei Unfällen im Bereich von Freien Strecken bezogen auf unterschiedliche Straßenzustände auf A+S in Österreich [4, 5, 2014a]	61
Abbildung 49: Verletzungsschwere im Bereich von Verbindungsstellen und Sektoren von Halbandschlussstellen bezogen auf unterschiedliche Lichtverhältnisse auf Autobahnen und Schnellstraßen in Österreich [4, 1, 2013a, 5, 2014a]	62
Abbildung 50: Verletzungsschwere bezogen auf unterschiedliche Sektoren von Halbandschlussstellen in Form einer Aus- oder Einfahrt [4, 5, 2014a]	63
Abbildung 51: Verteilung der Verletzungsschwere bezogen auf unterschiedliche Bereich der Hauptfahrbahn einer HAST-Einfahrt [4, 5, 2014a]	64
Abbildung 52: Unfallverteilung von Unfalltypen bezogen auf unterschiedliche Bereich der Hauptfahrbahn einer HAST-Einfahrt [4, 5, 2014a]	65
Abbildung 53: Verteilung der Verletzungsschwere bezogen auf unterschiedliche Bereich der Hauptfahrbahn einer HAST-Ausfahrt [4, 5, 2014a]	66
Abbildung 54: Unfallverteilung von Unfalltypen bezogen auf unterschiedliche Bereich der Hauptfahrbahn einer HAST-Ausfahrt [4, 5, 2014a]	67
Abbildung 55: Verteilung der Verletzungsschwere bezogen auf unterschiedliche Bereich der Rampenfahrbahn einer HAST-Einfahrt [4, 5, 2014a]	68
Abbildung 56: Unfallverteilung von Unfalltypen bezogen auf unterschiedliche Bereich der Rampenfahrbahn einer HAST-Einfahrt [4, 5, 2014a]	69
Abbildung 57: Unfallverteilung von Rampenführungen bezogen auf unterschiedliche Bereich der Rampenfahrbahn einer HAST-Einfahrt [4, 5, 2014a]	70
Abbildung 58: Unfallverteilung von Rampenlängen bezogen auf unterschiedliche Bereich der Rampenfahrbahn einer HAST-Einfahrt [4, 5, 2014a]	71
Abbildung 59: Verteilung der Verletzungsschwere bezogen auf unterschiedliche Bereich der Rampenfahrbahn einer HAST-Ausfahrt [4, 5, 2014a]	72
Abbildung 60: Unfallverteilung von Unfalltypen bezogen auf unterschiedliche Bereich der Rampenfahrbahn einer HAST-Ausfahrt [4, 5, 2014a]	73
Abbildung 61: Unfallverteilung von Ablenkwinkel bezogen auf unterschiedliche Bereich der Rampenfahrbahn einer HAST-Ausfahrt [4, 5, 2014a]	74
Abbildung 62: Verteilung der Verletzungsschwere bezogen auf unterschiedliche Bereich der Unterfahrbahn einer HAST-Einfahrt [4, 5, 2014a]	75

Abbildung 63: Unfallverteilung von Unfalltypen bezogen auf unterschiedliche Bereich der Unterfahrbahn einer HAST-Einfahrt [4, 5, 2014a]	76
Abbildung 64: Verteilung der Verletzungsschwere bezogen auf unterschiedliche Bereich der Unterfahrbahn einer HAST-Ausfahrt [4, 5, 2014a]	77
Abbildung 65: Unfallverteilung von Unfalltypen bezogen auf unterschiedliche Bereich der Unterfahrbahn einer HAST-Ausfahrt [4, 5, 2014a]	78
Abbildung 66: Beispiel für den Ansatz einer Fahrdynamiksimulation mit PC-Crash mit unterschiedlichen Lenkstrategien beim Ausfahren einer HAST [8, 2013b]	81
Abbildung 68: Anwendung der Fenstermethode auf Anwendungsbeispiel einer HAST [5, 2014a, 4]	90
Abbildung 69: Unfallverteilung von Kreuzungsunfällen bezogen auf unterschiedliche Bereiche der Unterfahrbahn einer HAST – Einfahrt [4, 5, 2014a]	91
Abbildung 70: Unfallverteilung von Unfalltypen bezogen auf unterschiedliche Bereich der Unterfahrbahn einer HAST – Ausfahrt [4, 5, 2014a]	92

11 TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Meilensteine der Gesetzgebung in Österreich [26, 2012b]	21
Tabelle 2: Innovationen in der Fahrzeugsicherheit von Daimler [7]	21
Tabelle 3: Darstellung der Straßennetzlängen und Unfälle mit Personenschaden zwischen 2002 und 2011 bezogen auf unterschiedlichen Straßenarten [2, 4]	23
Tabelle 4: Technische Daten für das Anwendungsbeispiel Knoten [24, 2014b]	30
Tabelle 5: Anzahl der Unfälle im ersten Intervall des untersuchten Knotens in aufsteigende Fahrtrichtung [4]	31
Tabelle 6: Technische Daten für das Anwendungsbeispiel der Halbanschlussstelle [24, 2014b]	34
Tabelle 7: Verbindungsstellen auf Autobahnen und Schnellstraßen in Österreich und Untersuchungslänge [1, 2013a]	38
Tabelle 8: Netzlänge und Anzahl von Unfälle mit Personenschaden auf unterschiedlichen Streckenabschnitte von A+S in Österreich zwischen 2002-2011 [2, 4]	39
Tabelle 9: Ausführungen von Halbanschlussstellen auf A+S in Österreich [5, 2014a]	39
Tabelle 10: Rampenführung bezogen auf Straßenart und Bewegungsform von Halbanschlussstellen in Österreich [5, 2014a]	40
Tabelle 11: Länge der Bewegungsstreifen der Hauptfahrbahn der analysierten Rampen von Halbanschlussstellen [5, 2014a]	40
Tabelle 12: Länge der Rampenfahrbahnen der analysierten Halbanschlussstellen auf Autobahnen und Schnellstraßen [5, 2014a]	40
Tabelle 13: Rampenlänge bezogen auf Bewegungsform und Straßenart bei Rampenfahrbahnen von Halbanschlussstellen in Österreich [5, 2014a]	41
Tabelle 14: Ablenkwinkel bezogen auf Bewegungsform und Straßenart bei Rampenfahrbahnen von Halbanschlussstellen in Österreich	41
Tabelle 15: Länge des Untersuchungsbereichs der Unterfahrbahn, bezogen auf untersuchende Methode	41

21. Herry and BMVIT: Fahrzeugbestände-Motorisierung; http://www.bmvit.gv.at/verkehr/gesamtverkehr/statistik/downloads/viz07_kap5.pdf access to website: (2007r)
22. Herry M, Kummer S, Riebesmeier B, Sedlacek N, Pumberger A., and Schwaighofer Peter: Unfallkostenrechnung Straße 2012; Report no: Band 016, 2012a, (Report);
23. KIT, Karlsruher Institut für Technologie, and Weber: Kolloquium SEB 06; http://www.ise.kit.edu/rd_download/SEB/Kolloquium_SEB_06-12_R_Weber.pdf access to website: (13-2-2014s)
24. Land Steiermark-Amt der Steiermärkischen Landesregierung: GIS-Steiermark GeoDaten; <http://www.gis.steiermark.at/cms/ziel/74005/DE/> access to website: (2014t)
25. Linauer M: Generierung streckenbezogener Verkehrsdaten als Basis für den Einsatz in Verkehrstelematiksystemen; Report no: Band 165, 2005, (Report);
26. Lüft Verkehrstechnik: Praxiskonzept Verkehrsinsel; <http://www.lueft.de/Treninsel.84.0.html> access to website: (13-2-2014u)
27. noe.gv.at: Niederösterreich Atlas. 13-2-2014b. 13-5-2014b
28. Statistik Austria: Erläuterungen und Definitionen zum Zählblatt über einen Straßenverkehrsunfall; 15-11-2007, (Report);
29. Statistik Austria: Statistik der Straßenverkehrsunfälle - Unfalltypenkatalog; 15-10-2010v
30. Statistik Austria: Straßenverkehrsunfälle 2011; 2012b, (Report);
31. Statistik Austria: Gestorbene in Österreich ab 1970 nach Todesursachen, Alter und Geschlecht; http://statistik.gv.at/web_de/static/gestorbene_in_oesterreich_ab_1970_nach_todesursachen_und_geschlecht_021988.xlsx access to website: (4-7-2013w)
32. Technische Universität Dresden and Lehrstuhl Gestaltung von Straßenverkehrsanlagen: Richtlinien für die Anlage von Straßen RAS - Teil Linienführung RAS-L; 1995x
33. Traffic Safety Services Althofen and Franz Janschitz: Quadguard; http://www.traffic-safety-services.com/tl_files/content/pics/quadguard/4.jpg access to website: (13-2-2014y)
34. Transportation Research Board, of the National Academies Washington: Highway Capacity Manual, Volume 3; 2010z
35. Vorarlberg Online: Tödlicher Unfall an umstrittener Autobahnabfahrt; <http://www.vol.at/toedlicher-unfall-an-umstrittener-autobahnabfahrt/vol-news-semerich-20040620-120715> access to website: (25-8-2007{)
36. Wikimedia and Softeis: WIKIMEDIA - Autobahn anschluss 1.jpg; http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Autobahn_anschluss1.jpg access to website: (1-6-2005|)
37. Wikipedia: Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen; http://de.wikipedia.org/wiki/Handbuch_f%C3%BCr_die_Bemessung_von_Stra%C3%9Fenverkehrsanlagen access to website: (16-10-2013}}
38. Wikipedia: Highway Capacity Manual; http://en.wikipedia.org/wiki/Highway_Capacity_Manual access to website: (16-4-2014~)

-
39. Wikipedia: Kreissegment; <http://de.wikipedia.org/wiki/Kreissegment> access to website: (4-2-2014^g)
 40. Wikipedia: L17 - Ausbildung; <http://de.wikipedia.org/wiki/L17> access to website: (12-2-2014^e)
 41. Wikipedia: Richtlinien für die Anlage von Straßen - Linienführung;
http://de.wikipedia.org/wiki/Richtlinien_f%C3%BCr_die_Anlage_von_Stra%C3%9Fen_%E2%80%93_Linienf%C3%BChrung access to website: (20-4-2014^g)
 42. Wikipedia: Straßensystem in Österreich;
http://de.wikipedia.org/wiki/Stra%C3%9Fensystem_in_%C3%96sterreich access to website: (13-2-2014^h),
 43. Wikipedia: Teilanschlussstelle; <http://de.wikipedia.org/wiki/Teilanschlussstelle> access to website: (3-5-2014^f)

13 ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

A	Autobahn-Bundesstraße
ASFINAG	Autobahnen- und Schnellstraßen- Finanzierungs- Aktiengesellschaft
AST	Anschlussstelle
B	Hauptstraße, Landesstraße
BMVIT	Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie
ERM	entity relationship model: Gegenstand-Beziehung-Modell
EW	Einwohner
FGSV	Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen
FSV	Forschungsgesellschaft Straße Schiene Verkehr
FV	Fahrverzweigung
GIS	Geo- Informationssysteme
HAST	Halbanschlussstelle
HBS	Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen
HCM	Highway Capacity Manual
KFZ	Kraftfahrzeug
KSI	killed or seriously injured ; Getötete oder Schwerverletzte Verletzungen
L	Landesstraße
LISA	Lichtsignalanlage
PKW	Personenkraftwagen
R	Rampenfahrbahn
RAA	Richtlinie für die Anlage von Autobahnen
RAS	Richtlinie für die Anlage von Straßen
RVS	Richtlinien und Vorschriften für das Straßenwesen
S	Schnellstraße-Bundesstraße
UPS	Unfälle mit Personenschaden
ZEDATU	Zentrale Datenbank zur Tiefenanalyse von Verkehrsunfällen

14 ANHANG

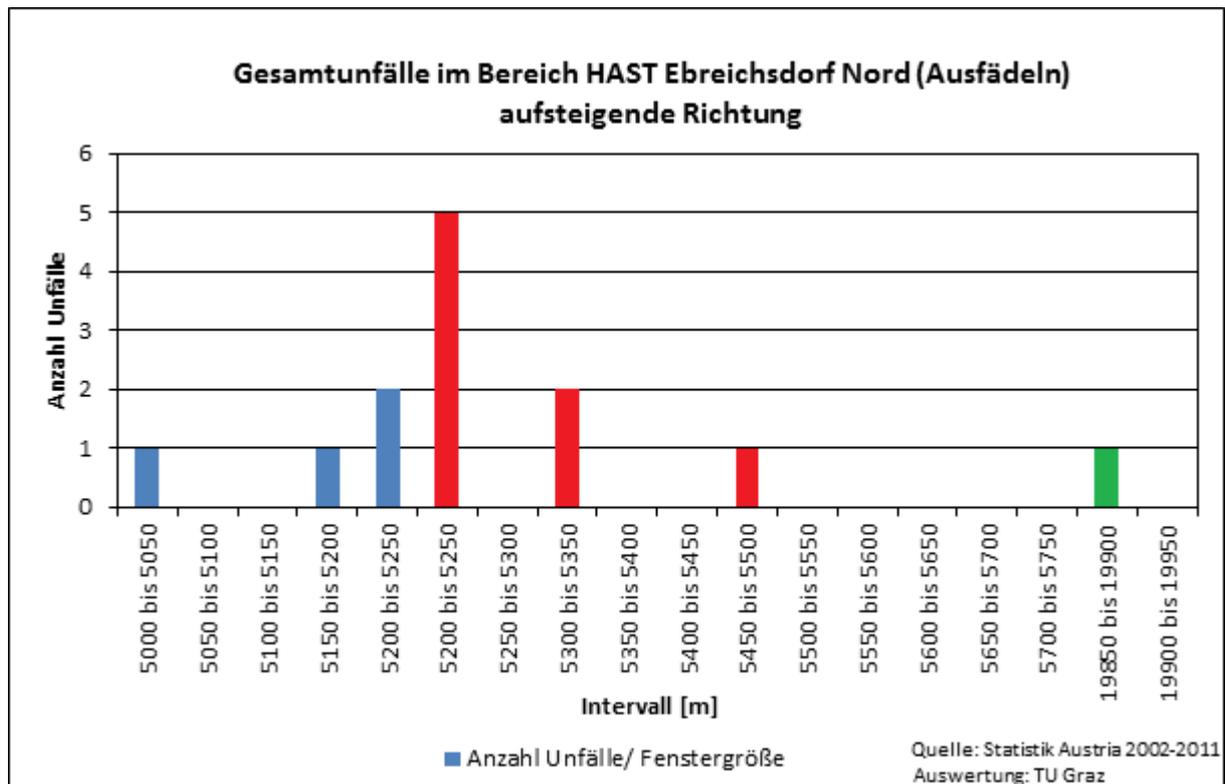


Abbildung 67: Anwendung der Fenstermethode auf Anwendungsbeispiel einer HAST [5, 2014a, 4]

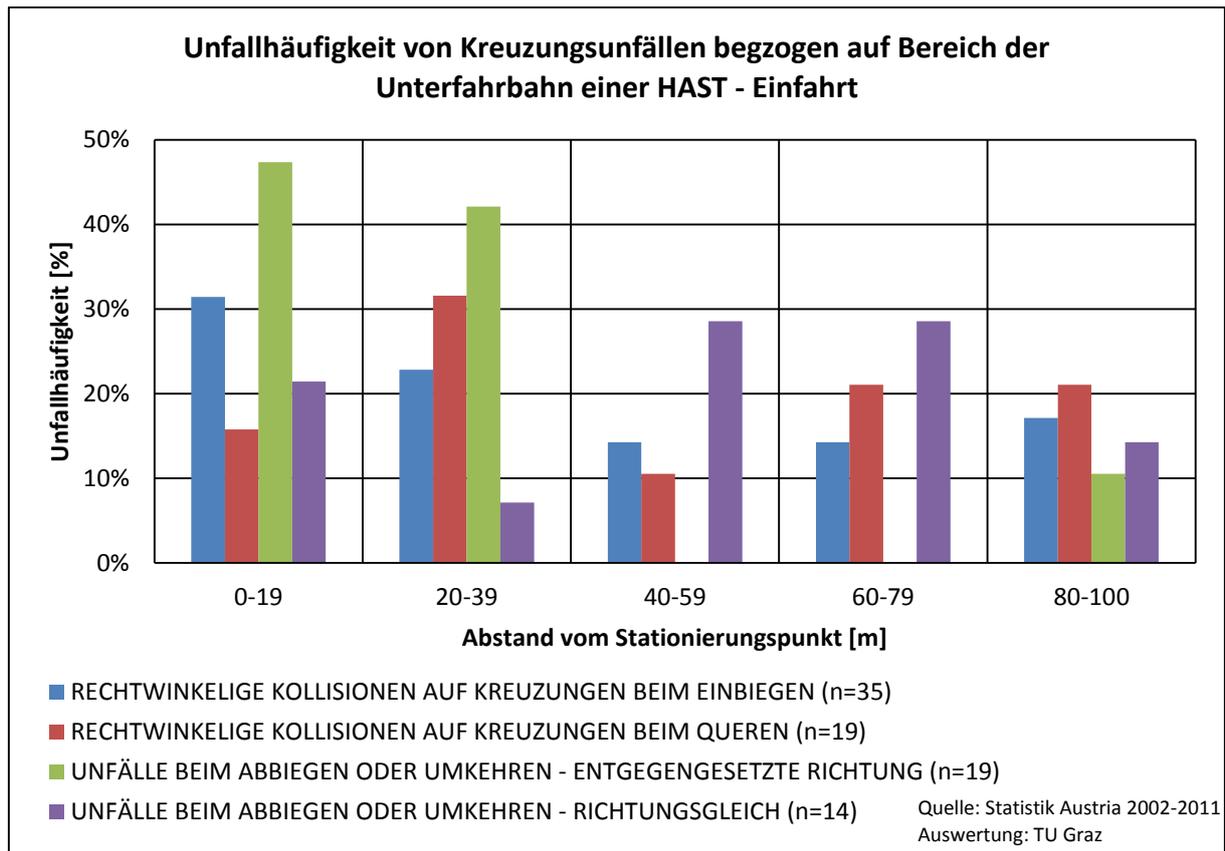


Abbildung 68: Unfallverteilung von Kreuzungsunfällen bezogen auf unterschiedliche Bereiche der Unterfahrbahn einer HAST – Einfahrt [4, 5, 2014a]

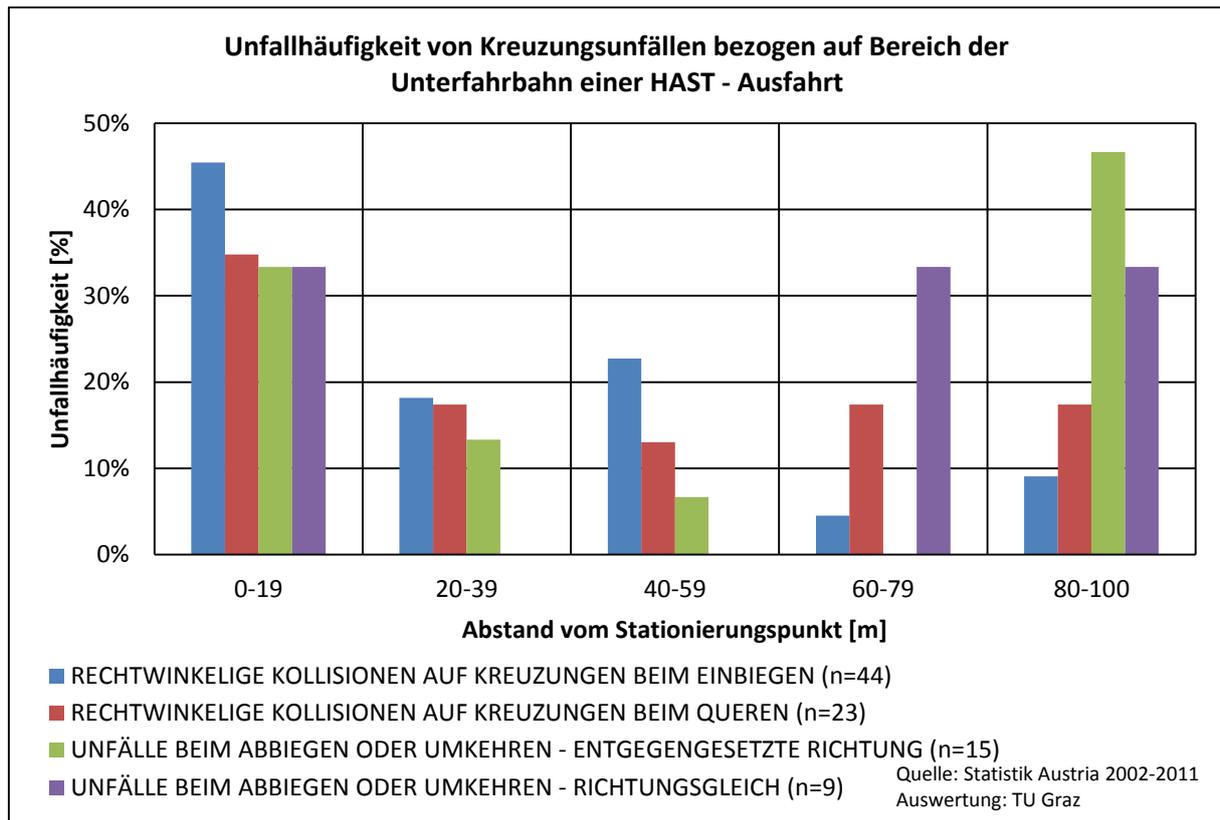


Abbildung 69: Unfallverteilung von Unfalltypen bezogen auf unterschiedliche Bereich der Unterfahrbahn einer HAST – Ausfahrt [4, 5, 2014a]