

DIPLOMARBEIT

Entwicklung einer Klassifikationsmethode zur visuellen Identifikation von Fahrzeugrückhaltesystemen mittels Videoanalyse

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades einer Diplom- Ingenieurin

unter der Leitung von
Ao. Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Georg Hauger
E280/5
Fachbereich für Verkehrssystemplanung

betreut von
DI Christian Stefan

Center for Mobility Systems | Transportation Infrastructure Technologies

Austrian Institute of Technology

eingereicht an der Technischen Universität Wien Fakultät für Architektur und Raumplanung

von

Christina Grießler Bakk. techn. 01127356

Wien, 12.03.18 _____

Kurzfassung

Das Abkommen von der Fahrbahn ist auf Österreichs Autobahnen und Schnellstraßen einer der häufigsten Unfalltypen, mit einem besonders hohen Anteil an getöteten und schwer verletzten Personen. Fahrzeugrückhaltesysteme (FRS) haben die Aufgabe, derartige Ereignisse zu verhindern beziehungsweise ihre Folgeschäden zu reduzieren. In Österreich gibt es eine Vielzahl an zugelassenen Systemen in den verschiedensten Ausführungen und mit dementsprechend variierenden Sicherheitseigenschaften. Was fehlt, ist jedoch eine Dokumentation der bereits aufgestellten FRS sowie eine entsprechende Verortung dieser. Diese nicht vorhandene Datengrundlage stellt ein großes Problem hinsichtlich der Untersuchung und Bewertung diverser Verkehrssicherheitsaspekte auf Österreichs hochrangigem Straßennetz dar.

Die vorliegende Diplomarbeit nimmt sich dieser Thematik an und setzt sich zum Ziel, eine Klassifikationsmethodik zur visuellen Identifikation von Fahrzeugrückhaltesystemen mittels Videoanalyse zu erarbeiten. Basierend auf der Recherche diverser Normen und Richtlinien sowie den zur Verfügung stehenden Informationen zu in Österreich zugelassenen Systemen wird ein theoretischer Leitfaden zur Klassifikation von FRS entwickelt. Parallel dazu werden in Zusammenarbeit mit dem Austrian Institute of Technology geeignete Videoaufnahmen ausgewählter Teststrecken gesammelt. Die Klassifikationssystematik wird anschließend in eine manuell zu bedienende Auswertungssoftware implementiert und kann somit direkt auf diese Analysevideos angewendet werden. Die im Zuge dieser praktischen Überprüfung der Klassifikationssystematik gewonnenen Daten werden im Anschluss daran für eine beispielhafte Analyse ausgewählter Straßenabschnitte nach dem verkehrssicherheitstechnisch relevanten Aspekt der FRS Aufstelllänge herangezogen.

Das Ergebnis der vorliegenden Diplomarbeit ist somit eine Anleitung zur Klassifikation von FRS mithilfe eines speziell dafür entwickelten Videoanalyseprogrammes sowie die beispielhafte Anwendung dieses Tools für Analysezwecke auf ausgewählte Teststrecken am österreichischen Autobahnen- und Schnellstraßennetz.

Abstract

The deviation of vehicles from the roadway is one of the most frequent accident causes on Austrian motor- and expressways with a particularly high proportion of killed and seriously injured people. To prevent such events or at least to reduce their consequences, Vehicle Restraint Systems (VRS) are used. In Austria, there is a large number of approved systems, that, depending on the particular design, show varying security features. What is missing, however, is a documentation and localization of the VRS, that are already in use. This non-existent data base poses a major problem regarding the investigation and evaluation of various traffic safety aspects on Austria's major road network.

The present master thesis addresses this very issue and therefore aims to develop a classification method for the identification of Vehicle Restraint Systems by means of video analysis. Theoretical guidelines for the classification of VRS are developed, based on the research of various norms, regulations and information concerning those systems, that are approved for usage in Austria. At the same time, appropriate video footage of selected test tracks is recorded in cooperation with the Austrian Institute of Technology, using special camera equipment. Those classification guidelines are implemented in an evaluation software, that is operating semi-automatic and can thus be used to analyse the recorded test videos. The data obtained in this practically conducted review process are then used for an exemplary analysis of selected road sections concerning the in terms of traffic safety relevant aspect of VRS setup length.

The result of this master thesis therefore is a classification guide for VRS using a specially developed video analysis software as well as the exemplary usage of that exact tool on selected sections of the Austrian high- and expressway network.

Danksagung

Zunächst möchte ich mich an dieser Stelle bei all jenen bedanken, die mich im Laufe dieser Diplomarbeit intensiv unterstützt und motiviert haben.

Meinem Betreuer Dr. Georg Hauger danke ich für das große Interesse an meiner Arbeit in vielen richtungsweisenden Gesprächen. Seine wertvollen wissenschaftlichen Inputs und Ratschläge haben mir den gesamten Erarbeitungsprozess maßgeblich erleichtert.

Ein ganz besonderer Dank gilt außerdem Dipl.-Ing. Christian Stefan (AIT), der sich viel Zeit für meine Fragen und Anliegen genommen und mich mit seinem Fachwissen immer wieder unterstützt hat. Ohne seine zahlreichen Literaturempfehlungen und -bereitstellungen wäre die Fertigstellung der Arbeit in dieser Qualität und Form nicht möglich gewesen.

Meinem Freund Philipp danke ich nicht nur für die emotionale Unterstützung, sondern auch für sein Interesse und die Zeit, die er für meine Anliegen aufgebracht hat. Die vielen kritischen Fragen sowie die daraus resultierenden Diskussionen lieferten mir stetig neue und wichtige Denkanstöße.

Nicht zuletzt gilt ein großer Dank meinen Eltern, die immer an mich geglaubt und mir das Studium durch ihre Unterstützung und ihren Rückhalt überhaupt erst ermöglicht haben.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung und Problemstellung	9
1.1 Problemstellung	9
1.2 Ziele und Grenzen der Arbeit	11
1.3 Forschungsfrage und Hypothesen	12
1.4 Herangehensweise und Methodik	13
1.5 Aufbau der Arbeit	14
2. Theoretische Grundlagen für die zu entwickelnde FRS Klassifikationsmethode	16
2.1 Begriffsdefinitionen	16
2.1.1 Verkehrssicherheit	16
2.1.2 Fahrzeugrückhaltesysteme	17
2.1.3 Abkommensunfälle	17
2.1.4 Ortsfeste Objekte	18
2.2 Theoretische Grundlagen zu Fahrzeugrückhaltesystemen	18
2.2.1 Allgemeine Voraussetzungen für den Einsatz von FRS	18
2.2.2 Eigenschaften von und Anforderungen an FRS	19
2.2.3 Arten von FRS	22
3. Regelungen zum Einsatz von FRS	24
3.1 Rechtliche Verankerung von FRS Österreich	24
3.1.1 Zuständigkeiten und Kompetenzen	24
3.1.2 Geltende Normen und Richtlinien	26
3.1.3 Zugelassene Anbieter und Systeme	28
3.2 Montage von FRS – Betrachtung der Aufstelllänge	31
3.2.1 Erläuterungen zur Aufstelllänge von FRS	31
3.2.2 Überblick über ausgewählte Length of Need Konzepte	33
3.2.3 Praxis der FRS Aufstelllänge in Österreich	37
o.z.o i raxio del i rito i tarotemange in obteniolari	σ,
4. Entre independent EDC Mannifeltation amonth and a real domaifiliation array conferm	40
4. Entwicklung der FRS Klassifikationsmethode zu Identifikationszwecken	40
4.1 Vorstellung aktuell zugelassener FRS	40
4.1.1 Stahlsysteme	43
4.1.2 Betonsysteme	46
4.2 Identifikation der Konstruktionen an Beginn und Ende von FRS	49
4.3 Erarbeitung der Klassifikationssystematik (Leitfaden)	53
4.3.1 Klassifikationsrelevante Merkmale von FRS	53
4.3.2 Aufbau eines sinnvollen Klassifikationsablaufes	61
4.3.3 Integration der Klassifikationsmethode in die Softwareanwendung RoadVISS	63

5. Empirische Uberprüfung			
der Klassifikationssystematik für FRS mittels Videoanalysen	64		
5.1 Auswahl der Autobahnen und Schnellstraßen für die Überprüfung	64		
5.1.1 Festlegung relevanter Auswahlkriterien	65		
5.1.1 Festiegung reievanter Auswahlkriterien 5.1.2 Auswertung der Kriterien	67		
5.1.3 Begründung der Streckenauswahl	68		
5.2 Beschreibung der Durchführung der empirischen Überprüfung	70		
5.2.1 Detaillierte Beschreibung des Klassifikations-Workflows	70		
5.2.2 Beispielhafte Klassifikation eines FRS	73		
6. Praktische Anwendung der Klassifikationssystematik zur Analyse ausgewählter Verkehrssicherheitsasp	oekte 82		
6.1. Bewertung der Teststrecken anhand der FRS Aufstelllänge	82		
6.1.1 Beschreibung der Messmethode	82		
6.1.2 Inhaltliche Beschreibung der durchgeführten Aufstelllängenanalyse	88		
0.1.2 Illiabiliene beschreibung der darengeraniten Aufstellangenaharyse	00		
7. Ergebnisdarstellung und Diskussion	92		
7.1 Darstellung und Diskussion der inhaltlichen Analyseergebnisse	92		
7.1.1 Ergebnisdarstellung	92		
7.1.2 Ergebnisdiskussion	98		
7.2 Methodendiskussion	100		
7.2.1 Kritische Reflexion der FRS Klassifikationsmethode	100		
7.2.2 Kritische Reflexion der Methode zur Aufstelllängenanalyse	103		
7.3 Limitationen	104		
8. Fazit und Ausblick	106		
5. I delication Auspiren	100		
8.1 Fazit	106		
8.2 Empfehlungen	107		
8.3 Ausblick	109		
O. Anhana	111		
9. Anhang	111		
9.1 Verzeichnisse	111		
9.1.1 Literaturverzeichnis	111		
9.1.2 Online-Literaturverzeichnis	113		
9.1.3 Abbildungsverzeichnis	115		
9.1.4 Tabellenverzeichnis	118		
9.1.5 Diagrammyerzeichnis	119		

1. Einleitung und Problemstellung

1.1 Problemstellung

Jedes Jahr ereignen sich auf Österreichs Straßen rund 38.000 Verkehrsunfälle.¹ Gerade am hochrangigen Straßennetz (Autobahnen und Schnellstraßen, AS-Netz) ist dabei aufgrund der hohen gefahrenen Geschwindigkeiten sowie des regen Verkehrsaufkommens mit schwerwiegenden Folgen für alle Unfallbeteiligten zu rechnen. Alleine im Jahr 2015 lag die Anzahl der Unfälle mit Personenschaden (UPS) am AS-Netz bei rund 2.200. Über 3.000 Personen wurden dabei verletzt, 50 davon mit Todesfolge.² In beinahe 50% der Unfälle mit tödlichem Ausgang kam eines der involvierten Fahrzeuge von der Fahrbahn ab. Vergangene Unfallanalysen haben gezeigt, dass auf Autobahnen und Schnellstraßen der Anteil der Abkommensunfälle am Gesamtunfallgeschehen besonders hoch ist.³ Die untenstehende Abbildung (Abb. 1) stellt diese Aufteilung zwischen Abkommensunfällen und allen anderen Unfalltypen differenziert nach der Verletzungsschwere der beteiligten Personen dar.

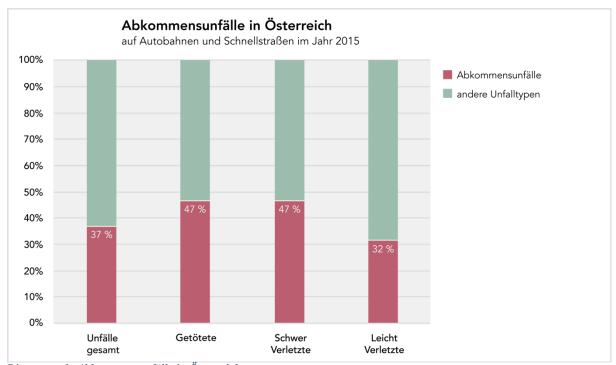


Diagramm 1: Abkommensunfälle in Österreich

Quelle: Eigene Darstellung. Datengrundlage: Statistik Austria 2016, Eigene Auswertung

v gi. cou.

¹ Vgl. Statistik Austria, Statistik der Straßenverkehrsunfälle 2016

² Vgl. ebd.

³ Vgl. Maurer et al. 2013: 10

Es zeigt sich, dass über 1/3 (37%) aller Unfälle auf Österreichs Autobahnen und Schnellstraßen aus dem Abkommen eines Fahrzeuges von der Fahrbahn resultieren. Dabei verunglücken fast 50% der Getöteten und Schwerverletzen am hochrangigen Straßennetz.

Um das Risiko derartiger Unfälle zu vermindern, werden in bestimmten Situationen sogenannte Fahrzeugrückhaltesysteme (FRS) eingesetzt. Hierbei handelt es sich um bauliche Konstruktionen am Fahrbahnrand, die ein abkommendes Fahrzeug vor dem Anprall an etwaige Hindernisse, wie beispielsweise Brückenpfeiler, Bäume und Überkopfkonstruktionen oder dem Absturz von einer Brücke bewahren und die Verletzungsschwere der involvierten Personen dadurch reduzieren.

In Österreich ist die Autobahnen- und Schnellstraßen-Finanzierungs-Aktiengesellschaft (ASFINAG) für Planung, Bau und Betrieb des hochrangigen Straßennetzes verantwortlich. In diesen Bereich fällt auch die Montage und Wartung von Fahrzeugrückhaltesystemen. Das aktuelle Verkehrssicherheitsprogramm4 der ASFINAG legt fest, dass bis zum Jahr 2020 Osterreichs Autobahnen zu den sichersten in Europa gemacht werden und im Zuge dessen unter anderem die Zahl der Getöteten (pro Mrd. Fahrzeug-km) um rund 50% reduziert werden soll. Hintergrund zeigt sich auch Fahrzeugrückhaltesysteme und die entsprechende Montage ebendieser von größter Wichtigkeit. Es gibt in diesem Zusammenhang zahlreiche Normen sowie Richtlinien und Verordnungen für das Straßenwesen (RVS), welche die diversesten Belange im Kontext der FRS regeln. Dazu gehören beispielsweise genormte Prüfverfahren für FRS und immer wieder aktualisierte Freigabelisten für in Österreich zugelassene Systeme. Was bislang jedoch fehlt, sind detaillierte Aufzeichnungen über vorhandene Systeme und deren jeweilige sicherheitsrelevante Charakteristika Aufhaltestufe, Anprallheftigkeit wie Wirkungsbereich. Es mangelt dementsprechend an der wesentlichen Datenbasis, um Abkommensunfälle am AS-Netz sicherheitstechnisch bewerten zu können.

⁴ Vgl. ASFINAG 2010: 9

1.2 Ziele und Grenzen der Arbeit

Das Ziel der vorliegenden Arbeit ist es somit, die dargelegte Thematik wissenschaftlich aufzuarbeiten und anhand der visuellen Inspektion von Referenzstrecken aufzuzeigen, wie und nach welchen Kriterien Fahrzeugrückhaltesysteme nachträglich klassifiziert werden können. Die gewonnenen Erkenntnisse können sowohl als Grundlage für zukünftige Verkehrssicherheitsinspektionen (Road Safety Inspections) dienen als auch Basis für weitere Projekte und Forschungen zu diesem Thema sein.

Der Fokus des gegenständlichen Forschungsanliegens liegt auf der Betrachtung von Fahrzeugrückhaltesystemen und deren adäquate Anwendung im hochrangigen Straßennetz. Es soll eine verlässliche Klassifikationsmethodik für in Österreich zugelassene FRS entwickelt und unter Zuhilfenahme von Videoaufzeichnungen getestet werden. Auch eine Bewertung der klassifizierten Systeme anhand ausgewählter sicherheitsrelevanter Aspekte ist Teil der Untersuchung.

Die Grenzen der Arbeit beziehen sich zum einen auf die Vorgehensweise bei der Klassifikation der FRS und zum anderen auf die darauf aufbauende Bewertung der Teststrecken. Betonschutzwände werden lediglich nach ihrer Bauweise in Ort- und Fertigbetonsysteme unterschieden, nicht jedoch ihre konkrete Systembezeichnungen klassifiziert. Auch hinsichtlich der Klassifikation der Stahlsysteme gibt es Einschränkungen. FRS, die keinem genormten Prüfverfahren unterzogen wurden und deren Systemeigenschaften somit nicht bekannt sind werden von der Analyse ausgenommen, da eine Bewertung dieser nicht möglich ist. In diesen Fällen erfolgt lediglich die Beurteilung nach vorhandener oder nicht vorhandener CE-Kennzeichnung.

Ein weiterer Aspekt, der hinsichtlich der Abgrenzung der vorliegenden Forschungsthematik festgehalten werden muss, ist die Einordnung des Bewertungsvorgehens. Es handelt sich hierbei um keine gesamtheitliche Betrachtung in Bezug auf verkehrssicherheitstechnische Aspekte, da zur Bewertung lediglich der Teilbereich der Fahrzeugrückhaltesysteme herangezogen wird. Die Klassifikationsmethode wird außerdem nur an ausgewählten Strecken getestet, wodurch ebenfalls keine allgemein gültige Aussage gegeben ist.

Die folgende Grafik (Abb. 1) soll die einzelnen, zu behandelnden Bereiche sowie auch Grenzen der Arbeit verdeutlichen und die konkrete Eingrenzung des Forschungsfokus illustrieren.

ZIELE



- o State of the Art Analyse zum Einsatz von FRS in Österreich
- Entwicklung einer Klassifikationsmethodik für die in Österreich angewandten FRS
- Überprüfung dieser Methodik auf geeigneten Teststrecken
- o Sicherheitstechnische Bewertung ausgewählter Testabschnitte
- Evaluation/Kritische Betrachtung der entwickelten Klassifikationsmethodik

Abbildung 1: "Ziele und Grenzen der Arbeit" Quelle: Eigene Darstellung

GRENZEN



- Keine Bewertung des gesamten Autobahn und Schnellstraßen-Netzes bezüglich der sicherheitstechnischen Situation
- × Keine gesamtheitliche Betrachtung der Verkehrssicherheit - nur Aspekt der Fahrzeugrückhaltesysteme
- Keine Klassifikation der Betonschutzsysteme, nur Unterteilung in Ort- und Fertigbetonbauweise
- Keine Berücksichtigung von nicht CE-geprüften FRS

1.3 Forschungsfrage und Hypothesen

Die universelle Forschungsfrage der gegenständlichen Arbeit lautet wie folgt:

Können am AS-Netz installierte Fahrzeugrückhaltesysteme mittels visueller Inspektion klassifiziert und im Kontext der örtlichen Rahmenbedingungen ausgewählte Aspekte, die nachweislich Auswirkungen auf die Verkehrssicherheit haben, bewertet werden?

Die nachfolgenden Hypothesen beziehen sich somit auf die Bedeutung der Auswahl adäquater FRS beziehungsweise auf die entsprechende Montage derselben.

- Auf Österreichs Autobahnen und Schnellstraßen existieren zahlreiche Fahrzeugrückhaltesysteme, die nicht (mehr) den gängigen Normen und Richtlinien entsprechen.
- 2. Die Aufstelllänge von FRS im Bereich ortsfester Hindernisse entspricht oft nicht den rechtlichen Vorgaben gemäß RVS.
- 3. Die in der RVS festgelegte Mindestaufstelllänge von FRS entspricht nicht den Erkenntnissen der internationalen Unfallforschung und ist weitgehend unzureichend.

1.4 Herangehensweise und Methodik

Eine wichtige Basis der vorliegenden Arbeit bildet die umfangreiche Literatur- und Medienrecherche. Dem Thema entsprechend wird insbesondere auf wissenschaftliche Publikationen und Projektberichte sowie auf Studien aus dem Bereich der Verkehrssicherheitsforschung zurückgegriffen. Daneben spielen auch diverse Richtlinien und Vorschriften für das Straßenwesen (RVS) sowie ÖNORMEN beziehungsweise Europäische Normen eine nicht unwesentliche Rolle.

Die eigenständige Erarbeitung und Konzeption einer Klassifikationsmethodik zur Identifikation von Fahrzeugrückhaltesystemen stellt die zentrale Methode der vorliegenden Forschungsarbeit dar. Die Darstellung der entwickelten Methode erfolgt in Form eines Leitfadens, der die möglichen FRS Charakteristika darstellt, erklärt und ihre unterschiedlichen Ausprägungen den konkreten Systemtypen zuordnet. Auch eine Hierarchisierung dieser Attribute sowie ein Vorschlag für den Ablauf der Klassifikation (Work Flow) wird erarbeitet.

Die entwickelte Klassifikationsmethode wird in einem weiteren Schritt anhand mehrerer Referenzstrecken auf ihre Umsetzbarkeit und Funktionsweise in der Praxis getestet. Dafür ist zuvor die Aufnahme von entsprechendem Videomaterial notwendig, welches im Rahmen der Befahrung ausgewählter Teststrecken mit einem speziellen Messfahrzeug des AIT gewonnen wird. Es handelt sich hierbei um die Erhebung von Primärdaten, die die zentrale Grundlage für die darauffolgenden Analysen darstellen.

Die Auswertung dieses Videomaterials entsprechend dem erarbeiteten Klassifikationsleitfaden geschieht mittels einer eigens dafür entwickelten Software. Diese erleichtert die Anwendung

der Klassifikationsmethode und ermöglicht ein automatisiertes Abspeichern der identifizierten FRS Typenbezeichnungen in einer Datenbank.

In einem nächsten Schritt wird auf Basis der so gewonnenen Daten eine Untersuchung der FRS nach ausgewählten Kriterien der Verkehrssicherheit durchgeführt. Es erfolgt die Analyse der identifizierten Systeme auf den Teststrecken anhand ihrer jeweiligen Aufstelllänge, die manuell mithilfe des geografischen Informationssystems ArcMap gemessen wird.

Die Ergebnisse aus FRS Klassifikation und Analyse werden schlussendlich kombiniert und zur Interpretation einer deskriptiven statistischen Untersuchung unterzogen. Eine übersichtliche Darstellung aussagekräftiger Kennzahlen, sowie die grafische Aufbereitung dieser, rundet die vorliegende Forschungsarbeit methodisch ab.

Neben der Darstellung und Interpretation inhaltlicher Ergebnisse erfolgt außerdem eine kritische Reflexion der entwickelten Klassifikations- und Analysemethoden hinsichtlich ihrer Anwendbarkeit im Rahmen einer kurzen Evaluation.

1.5 Aufbau der Arbeit

Die vorliegende Forschungsarbeit gliedert sich in vier verschiedene Phasen, die an dieser Stelle kurz erläutert werden sollen.

<u>Analyse</u>

Im ersten und gleichzeitig umfangreichsten Schritt wird Grundsätzliches zur Thematik der Fahrzeugrückhaltesysteme recherchiert und darauf aufbauend eine FRS Klassifikationssystematik entwickelt. Diese wird anhand mehrerer Teststrecken im AS-Netz empirisch evaluiert. Die Analyse nimmt den Hauptteil der vorliegenden Arbeit ein und setzt sich aus den Kapiteln 2 – 6 zusammen. Kapitel 2 erhebt die für das weitere Verständnis notwendigen, theoretischen Grundlagen zu Fahrzeugrückhaltesystemen. Neben der Erläuterung wichtiger Begrifflichkeiten und technischer Eigenschaften von FRS wird in diesem Abschnitt das erforderliche Basiswissen über derartiger Systeme vermittelt.

Kapitel 3 untersucht Zuständigkeiten und Kompetenzen im Zusammenhang mit der Zulassung und Prüfung von FRS und gibt Einblick in einen sicherheitstechnisch besonders relevanten Aspekt der Montage. Ein Überblick über alle momentan in Österreich zugelassenen Systeme ist außerdem ein wesentlicher Bestandteil dieses Abschnittes.

Kapitel 4 beschäftigt sich im Detail mit der tatsächlichen Klassifikation der Systeme anhand der ermittelten Charakteristika. Das Resultat ist ein entsprechender Leitfaden sowie eine Anleitung zur praktischen Anwendung der zugrundeliegenden Methodik.

Kapitel 5 wendet genau diesen Klassifikationsleitfaden an und überprüft die entwickelte Methodik empirisch.

Kapitel 6 kombiniert die Ergebnisse der in Kapitel 5 durchgeführten Klassifikation mit weiteren sicherheitsrelevanten Aspekten und gibt damit ein Anwendungsbeispiel für den Umgang mit den dabei erhobenen Daten.

Resultate

Gleichzeitig sind Kapitel 5 und 6 auch jene Abschnitte, in welchen die wichtigsten Resultate der vorliegenden Arbeit generiert werden. Die übersichtliche Darstellung dieser Ergebnisse anhand statistischer Auswertungen erfolgt in Kapitel 7. Auch die Evaluierung der angewandten Klassifikations- und Analysemethoden ist ein wesentlicher Bestandteil dieses Abschnittes.

Erkenntnisse

Die aus diesen Resultaten gewonnen Erkenntnisse werden in einem separaten Abschnitt von Kapitel 7 zusammengefasst. Die sicherheitstechnische Verkehrssituation wird dabei auf Basis der gewonnenen Analyseergebnisse beurteilt.

Empfehlungen

Abschließend werden aus den gewonnenen Erkenntnissen Empfehlungen zum weiteren Umgang mit dem generierten Wissen abgeleitet. Diese werden in einem abrundenden Fazit der Arbeit zusammengefasst dargestellt. 2. Theoretische Grundlagen für die zu entwickelnde FRS

Klassifikationsmethode

2.1 Begriffsdefinitionen

2.1.1 Verkehrssicherheit

Ein Kernbegriff der vorliegenden Forschungsarbeit ist jener der Verkehrssicherheit. Eine

allgemein gültige, absolute Definition dafür zu finden erscheint weder möglich noch sinnvoll, da

der Sicherheitsbegriff stark von Wahrnehmungen abhängig sein kann. In Fachkreisen wird

deshalb zwischen objektiver und subjektiver Verkehrssicherheit unterschieden.5 Während

objektiv betrachtet eine Straße aufgrund einwandfreier Unfallstatistiken als sicher bezeichnet

werden kann, ist es dennoch möglich, dass Benutzerlnnen diese aufgrund persönlicher,

subjektiver Eindrücke gänzlich anders wahrnehmen.

Es wird an dieser Stelle dennoch versucht die objektivierte Verwendung dieses Ausdrucks im

Kontext der vorliegenden Forschungsarbeit zu erläutern. Ein Zugang, der vor dem Hintergrund

der Straßenverkehrssicherheit sinnvoll erscheint ist die Definition über den Begriff des Risikos.

Fricke et al. beschreiben die Sicherheit anhand der Wahrscheinlichkeit, dass ein negatives

Ereignis eintritt.6 Robatsch et al. erläutern in ihrem Beitrag zu den "Grundlagen der

Verkehrssicherheit" einen ähnlichen Zugang und geben die Verkehrssicherheit als "Grad der

Wahrscheinlichkeit [...], dass keine Unfälle und Konflikte im Verkehrsablauf, auf Straßen oder

für bestimmte Verkehrsmittel auftreten"7 an.

Im Kontext der gegenständlichen Forschungsthematik stellt der Risikobegriff ebenfalls ein

zentrales Element dar. Wenn in weiterer Folge deshalb von Verkehrssicherheit die Rede ist, so

definiert sich diese über die Eintrittswahrscheinlichkeit von Unfällen mit Personenschaden

sowie insbesondere die damit zusammenhängenden potentiellen Folgen.

⁵ Vgl. Schnieder et al. 2013: 88 ff.

6 Vgl. Fricke et al. 2006: 40

⁷ Robatsch et al. 2001: 25

2.1.2 Fahrzeugrückhaltesysteme

Die Europäischen Norm EN 1317 (Rückhaltesysteme an Straßen) definiert den Begriff des

Fahrzeugrückhaltesystems als ein "an einer Straße errichtetes System; das in bestimmtem

Umfang ein von der Fahrbahn abkommendes Fahrzeug aufhält". FRS werden errichtet, um die

Folgen von Abkommensunfällen für aktive Straßenbenutzerlnnen und Personen, die sich in der

Nähe der Fahrbahn aufhalten (unbeteiligte Dritte) zu minimieren.^o Gegeneinander abzuwägen

sind in diesem Zusammenhang der durch den Anprall an ein FRS entstehende Schaden und

die Folgen, die durch eine Kollision mit im Seitenraum befindlichen Hindernissen (ortsfeste

Objekte) oder einen Absturz des Fahrzeuges zu erwarten sind. Wenn ein Abkommen ohne FRS

potentiell nachteiligere Folgen mit sich bringt, so ist die Montage von entsprechenden

Systemen gerechtfertigt.¹⁰

Zu den Bestandteilen eines Fahrzeugrückhaltesystems zählen neben den allgemeinen

Schutzeinrichtungen auch Anfangs- und Endkonstruktionen, Übergangskonstruktionen sowie

Anpralldämpfer.¹¹

2.1.3 Abkommensunfälle

Abkommensunfälle sind Ereignisse, die, wie der Name schon sagt, aus dem Abkommen von

Fahrzeugen von der Fahrbahn resultieren. Sie können in primäre und sekundäre

Abkommensunfälle unterschieden werden. Von primären Abkommensunfällen spricht man,

wenn VerkehrsteilnehmerInnen "in unmittelbarer Folge eines Unfallumstandes (z.B. überhöhte

Geschwindigkeit, Müdigkeit, Fahren unter Alkoholeinfluss) und/oder einer unterlassenen

Handlung (Bremsen, Lenken, Ausweichen etc.) "12 von der Straße abkommen. Ist das Verlassen

der Fahrbahn die Folge eines Zusammenstoßes mehrerer VerkehrsteilnehmerInnen, so spricht

⁸ ÖNORM EN 1317-1: 2008-01-01: 7

⁹ Vgl. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen 1998: 8

¹⁰ Vgl. FSV, RVS 05.02.31: 2007-11-01: 4f.

¹¹ Vgl. ÖNORM EN 1317-1: 2008-01-01: 7f

¹² Maurer et al. 2013: 16 f.

man von einem sekundären Abkommensunfall.¹³ Primäre Abkommensunfälle stellen mit einem

Anteil von 85% die Mehrheit aller Abkommensunfälle dar. 14

2.1.4 Ortsfeste Objekte

Als ortsfeste Objekte werden, im Kontext der Verkehrssicherheit und insbesondere vor dem

Hintergrund von Abkommensunfällen, Hindernisse im Fahrbahnrandbereich bezeichnet, die

fest mit dem Boden verbunden sind. Dazu gehören nicht nur Elemente, die wesentlicher

Bestandteil des Straßenbetriebs sind, wie beispielsweise Lichtmasten oder Verkehrszeichen,

sondern auch andere Objekte, die im Falle eines Fahrzeuganpralls ein Risiko darstellen. Auch

Bäume, Lärmschutzwände oder Werbetafel gelten dementsprechend als ortsfeste Objekte. 15

Im Kontext der gegenständlichen Forschungsthematik nehmen derartige Hindernisse eine nicht

unwesentliche Rolle ein. FRS haben neben ihrer Funktion als Absturzsicherung besonders auch

die Aufgabe, derartige Objekte abzusichern und einen Anprall abkommender Fahrzeuge zu

verhindern.16

2.2 Theoretische Grundlagen zu Fahrzeugrückhaltesystemen

2.2.1 Allgemeine Voraussetzungen für den Einsatz von FRS

Ziel des Einsatzes von FRS ist es wie im vorangegangenen Kapitel bereits dargelegt, die Folgen

von Abkommensunfällen für sowohl aktive Straßenbenutzerlnnen, als auch potentielle andere

Beteiligte zu minimieren.¹⁷

¹³ Vgl. Maurer et al.: 16 f.

¹⁴ Vgl. ebd.: 18

¹⁵ Vgl. FSV, RVS 02.02.41: noch nicht veröffentlicht

¹⁶ Vgl. FSV, RVS 05.02.31: 2007-11-01: 5 f.

¹⁷ Vgl. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen 2009: 5

Entsprechend der RVS 05.02.31 ist die Montage von FRS in folgenden Fällen erforderlich:18

- Dammböschungen die eine Neigung steiler als 1:2 und über 4m Höhe aufweisen

- Einschnittsböschungen mit Gefahrenpotential, beispielsweise gegeben durch eine

Felswand

- Mittelstreifen bei Straßen mit erlaubter Höchstgeschwindigkeit über 70 km/h

- Auf Brücken und anderen Kunstbauten, wenn Absturzgefahr besteht

- Bei ortsfesten Objekten, wie in RVS 02.02.41 festgelegt

- Bei angrenzenden Gewässern, wenn Gefahr beispielsweise durch Wassertiefe

gegeben ist

- Bei angrenzenden Schienenverkehrswegen, wenn keine anderen Maßnahmen, zur

Vermeidung des Abkommens auf den Gleiskörper, gegeben sind

- Vor Lärmschutzbauten

- Auf Freilandstraßen, wenn angrenzende Verkehrsflächen, zum Beispiel für den

Radverkehr vorhanden sind

In Bereichen mit zu erwartenden Menschenansammlungen, z.B. Campingplätze oder

Rastplätze

An Gefahrenstellen, die ein nachweislich hohes Risiko für Abkommensunfälle

aufweisen, zum Beispiel Unfallhäufungsstellen

2.2.2 Eigenschaften von und Anforderungen an FRS

Es existieren drei wesentliche Parameter, die die Eigenschaften von

Fahrzeugrückhaltesystemen definieren:19

- Aufhaltestufe

- Anprallheftigkeit

- Wirkungsbereich

¹⁸ Leicht gekürzt nach: FSV, RVS 05.02.31: 2007-11-01: 5f.

¹⁹ Vgl. FSV, RVS 05.02.31: 2007-11-01: 3

Sie bestimmen das Leistungsvermögen von FRS und werden zur Auswahl eines, den örtlichen

und verkehrlichen Rahmenbedingungen entsprechenden Systems herangezogen.²⁰

Je nachdem, um welchen Bestandteil des Systems es sich handelt, sind andere Richtwerte für

die Ausprägung dieser Parameter anzuwenden. Die jeweiligen Vorgaben leiten sich dabei aus

unterschiedlichen Fahrbahneigenschaften, zum Beispiel der Anzahl an Fahrspuren oder dem

Aufstellort (äußerer Fahrbahnrand, Mittelstreifen, etc.), ab.21

Auch die zulässige Höchstgeschwindigkeit oder Angaben zur Verkehrsstärke werden zur

Bestimmung notwendiger Systemparameter, konkret der Aufhaltestufe, herangezogen.²²

Im folgenden Abschnitt sollen ebendiese drei Parameter kurz näher erläutert werden:

<u>Aufhaltestufe</u>

Die Aufhaltestufe eines Fahrzeugrückhaltesystems wird im Rahmen von Anprallprüfungen

getestet. Kriterien für derartige Prüfungen sind neben der Fahrzeugart die

Anprallgeschwindigkeit, der Anprallwinkel sowie die Gesamtmasse des Testfahrzeuges.

Getestet wird, ob das FRS den entsprechenden Lasten standhält und es das Fahrzeug ohne

Überschläge, Drehungen oder Ähnliches auf die Fahrbahn zurückleiten kann. Die Einzelteile der

Schutzeinrichtung dürfen dabei weder brechen, noch verformt werden oder in den Innenraum

des KFZ eindringen.²³

Die Aufhaltestufe beschreibt somit in welchen Situationen, beruhend auf den oben genannten

Kriterien, das FRS ein abkommendes Fahrzeug vor einem Überfahren bzw. einem Durchbruch

schützen kann. Ein System mit der Aufhaltestufe H1 beispielsweise hält dem Anprall eines

²⁰ Vgl. FSV, RVS 05.02.31: 2007-11-01: 3

²¹ Vgl. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen 2009: 6f., 9, 13

²² Vgl. FSV, RVS 05.02.31: 2007-11-01: 3

²³ Vgl. Tomasch et al., SANFTLEBEN 2010: 11ff.

LKW mit 10.000 kg, einer Geschwindigkeit von 70 km/h und einem Anprallwinkel von 15°

stand. Außerdem bewältigt es PKW mit bis zu 900 kg, 100 km/h und einem Winkel von 20°.24

<u>Anprallheftigkeitsstufe</u>

Die Anprallheftigkeitsstufe von FRS wird über den ASI (Acceleration Severity Index) und den

THIV (Theoretical Head Impact Velocity) Kennwert definiert.²⁵ Diese werden im Rahmen von

Anprallversuchen, unter anderem mithilfe von Beschleunigungssensoren, gemessen und

geben die zu erwartende Belastung für die Fahrzeuginsassen an.26 Ihre möglichen

Ausprägungen werden in die Stufen von A, B und C eingeteilt, wobei Stufe A die höchste

Sicherheit für die beteiligten Fahrzeuginsassen verspricht, während Stufe C die schwersten

Belastungen zulässt.²⁷

In Österreich dürfen Systeme, die Anprallheftigkeitsstufe C aufweisen, gemäß RVS nur in

"begründeten Ausnahmefällen"²⁸ eingesetzt werden.

Wirkungsbereich

Der Wirkungsbereich ist definiert als die Distanz zwischen der, zur Fahrbahn gerichteten,

Vorderkante des FRS und jenem Punkt, bis zu welchem sich das System bei einem möglichen

Fahrzeuganprall maximal ausdehnen beziehungsweise verschieben kann. Er definiert sich

somit aus der potentiellen Verformung des FRS. Soll ein ortsfestes Objekt durch das FRS

abgesichert werden, so darf sich dies dementsprechend nicht im Wirkungsbereich des Systems

befinden.²⁹ Die Wirkungsbereichsklassen bewegen sich zwischen W1 und W8, wobei W1

einem Bereich von ≤ 0,6m und W8 ≤ 3,5m entspricht.30

²⁴ Vgl. ÖNORM EN 1317-2: 2008-01-01: 5

²⁵ Vgl. Maurer et al. 2013: 66

²⁶ Vgl. Fleisch et al. 2007: 9

²⁷ Vgl. ebd.: 147

²⁸ FSV, RVS 05.02.31: 2007-11-01: 4

²⁹ Vgl. Tomasch et al. 2010: 11f., 126

³⁰ Vgl. ÖNORM EN 1317-2: 2008-01-01

2.2.3 Arten von FRS

Fahrzeugrückhaltesysteme können nach verschiedenen Kriterien differenziert und eingeteilt

werden. Zur besseren Übersicht und um im weiteren Verlauf der Arbeit darauf verweisen zu

können, werden an dieser Stelle einige relevante Möglichkeiten der Unterscheidung vorgestellt.

Aufstellort

FRS werden oft nach ihrem konkreten Einsatzort auf Straßen unterschieden. Man differenziert

dabei Systeme, die außen am Fahrbahnrand angebracht sind und unter anderem als Absturz-

und Anprallsicherung dienen und jene FRS, die in der Straßenmitte, zum Trennen der beiden

Richtungsfahrbahnen, eingesetzt werden.31

Anprallverhalten

Die Differenzierung nach dem Anprallverhalten bezieht sich auf die Art und Weise, wie ein

System auf den Anprall von Fahrzeugen reagiert. Man unterscheidet in diesem Zusammenhang

FRS, die die kinetische Energie des Fahrzeuges beim Anprall aufnehmen und sich in Folge

dessen verformen und sogenannte starre Systeme, die sich dabei höchstens verschieben, aber

nicht verformen.32

Material

Eine besonders wichtige Möglichkeiten zur Unterscheidung von FRS ist das Material, da dieses

in der Regel problemlos anhand visueller Merkmale identifizierbar ist. Im Kontext der

vorliegenden Arbeit spielt ausschließlich die Unterscheidung in Stahl- und Betonleitsysteme

31 FSV, RVS 05.02.31: 2007-11-01: 5

³² Vgl. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen 1998: 9

eine Rolle, da nur derartige Systeme den heutigen Standards und Freigaben am hochrangigen Straßennetz in Österreich entsprechen.³³

Vor dem Jahr 2003 war auch der Einsatz von Aluminium Systemen weit verbreitet, in den Jahren von 2003-2005 wurden diese jedoch weitgehend durch Stahlleitschienen ersetzt.³⁴

³³ Vgl. bmvit, Fahrzeug - Rückhaltesysteme, Einsatzfreigaben 2017

³⁴ Vgl. Tomasch et al., SANFTLEBEN 2010: 82

3. Regelungen zum Einsatz von FRS

3.1 Rechtliche Verankerung von FRS Österreich

Die nachfolgenden Kapitel beschreiben die Kompetenzverteilung und administrativen Zuständigkeiten im Zusammenhang mit FRS auf Österreichs hochrangigem Straßennetz. Darüber hinaus werden jene Normen und Richtlinien aufgelistet und kurz beschrieben, die die Zulassung und Montage von Systemen, die im ASFINAG Netz eingesetzt werden, regeln. Auch eine Übersicht aller aktuell (Stand 3. Mai 2017) zugelassener FRS findet sich in diesem Abschnitt der Arbeit wieder.

3.1.1 Zuständigkeiten und Kompetenzen

Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (bmvit)

Das bmvit ist seiner Bezeichnung nach jenes staatliche Verwaltungsorgan, das für Angelegenheiten im Verkehrsbereich zuständig ist. In diesem Zusammenhang wesentliche Aufgaben sind unter anderem der Straßenbau, die Verkehrspolitik und somit auch Anliegen der Verkehrssicherheit, einschließlich der Unfallforschung.³⁵

Ein wichtiger Tätigkeitsbereich ist vor diesem Hintergrund die Verbindlicherklärung bestimmter Richtlinien und Vorschriften für das Straßenwesen (RVS). Die RVS stellen ein von Fachleuten erarbeitetes Regelwerk zur einheitlichen Gestaltung des Straßenraumes dar und legen somit wesentliche Grundlagen für die Verkehrs- und Straßenplanung festgelegt. Für die Erarbeitung der RVS ist die FSV, die Österreichische Forschungsgesellschaft Straße – Schiene – Verkehr zuständig.³⁶

³⁵ Vgl. bmvit, Organisation des Ministeriums 2018

³⁶ Vgl. bmvit, Richtlinien und Vorschriften für das Straßenwesen 2017

Eine weitere zentrale Aufgabe des bmvit ist die Freigabe jener FRS, die auf Österreichs Straßennetz angewendet werden dürfen. Diese Entscheidung wird auf Basis der ÖNORM EN 1317³⁷getroffen.

Autobahnen- und Schnellstraßen-Finanzierungs-Aktiengesellschaft (ASFINAG)

Die ASFINAG als zur Gänze im Eigentum der Republik stehende Infrastrukturgesellschaft, ist in Österreich für die Planung, den Bau, den Betrieb, den Erhalt sowie die Bewirtschaftung der Autobahnen und Schnellstraßen zuständig. Auch die Montage und Wartung von FRS auf dem hochrangigen Straßennetz fällt somit in ihren Aufgabenbereich.³⁸

Die dabei einzuhaltende Vorgehensweise hat unterschiedlichen Verordnungen und Erlässen zu folgen, die im "Planungshandbuch Straße – Bau" thematisch geordnet dargestellt werden.³⁹ Im folgenden Kapitel werden ebendiese, für den Einsatz von FRS relevanten, Rechtsgrundlagen und Normen behandelt.

Österreichische Forschungsgesellschaft für Straße – Schiene – Verkehr (FSV)

Die FSV definiert sich als "Plattform für Fachleute, die sich mit Planung, Bau, Erhaltung, Betrieb und Nutzung von Verkehrsanlagen befassen"⁴⁰. Sie ist jene Institution, die unter anderem für die Anfertigung von Richtlinien für das Straßenwesen (RVS) zuständig ist und trägt somit Verantwortung für diverse Bestimmungen, die den FRS Einsatz in Österreich betreffen.

_

³⁷ Vgl. bmvit, Fahrzeugrückhaltesysteme 2017

³⁸ Vgl. ASFINAG 2017

³⁹ Vgl. ASFINAG 2015, Planungshandbuch Straße – Bau

⁴⁰ Österreichische Forschungsgesellschaft für Straße – Schiene – Verkehr 2018

3.1.2 Geltende Normen und Richtlinien

ÖNORM EN 1317 – Rückhaltesysteme an Straßen⁴¹

Die Europäische Norm 1317 besteht aus insgesamt acht Kapiteln zu unterschiedlichen

Thematiken, die jeweils einen konkreten Teilbereich von Fahrzeugrückhaltesystemen betreffen

(z.B. EN 1317-1: Terminologie und allgemeine Kriterien für Prüfverfahren). Neben

verschiedenen Begriffsdefinitionen und der Differenzierung von Rückhaltesystemen nach

unterschiedlichen (Leistungs-)Kriterien werden die wesentlichen Eigenschaften von FRS

detailliert beschrieben. Zentraler Bestandteil der EN 1317 ist außerdem die Festlegung

einheitlicher Prüfkriterien für Fahrzeugrückhaltesysteme aller Art. Es werden Vorgaben zu

Prüfverfahren, Prüfort, Versuchsfahrzeugen, Fahrzeuginstrumentierung sowie auch zur

Berechnung der erforderlichen Prüfkoeffizienten und deren Bewertung festgelegt. Die EN 1317

stellt somit das wichtigste Regelwerk für den standardisierten Umgang mit FRS dar und wurde

in Österreich nicht nur in Form einer ÖNORM implementiert, sondern ist auch Grundlage und

Ausgangspunkt für diverse andere Normen und Richtlinien, insbesondere RVS.

CE-Kennzeichnung⁴²

Seit dem 01. Jänner 2011 dürfen innerhalb der EU ausschließlich Fahrzeugrückhaltesysteme

mit CE-Kennzeichnung errichtet werden. Die Kriterien für den Erhalt dieses Kennzeichens

werden in der EN 1317, Teil 5 "Anforderungen an die Produkte, Konformitätsverfahren und -

bescheinigung für Fahrzeugrückhaltesysteme" standardisiert festgelegt.

RVS 05.02.31 – Fahrzeugrückhaltesysteme⁴³

In Österreich bildet die RVS 05.02.31 das Regelwerk für die Aufstellung von

Fahrzeugrückhaltesystemen, die dauerhaft auf öffentlichen Straßen eingesetzt werden.

Grundlage für diese Richtlinie ist die bereits beschriebene EN 1317. Nicht angewendet werden

⁴¹ Vgl. ÖNORM EN 1317: 2008-01-01

⁴² Vgl. TÜV SÜD Österreich 2017

⁴³ Vgl. FSV, RVS 05.02.31: 2007-11-01

kann sie auf den Einsatz temporärer FRS, auf Ortsstraßen mit einer zulässigen Geschwindigkeit

von maximal 50 km/h, auf ländliche Straßen und Wege sowie auf Absicherungen für

Motorradfahrelnnen. Im Kontext der Betrachtung des hochrangigen Straßennetzes ist sie

dementsprechend unbedingt zu beachten.

Inhalt der RVS 05.02.31 sind, neben den generellen Anforderungen an FRS gemäß ÖNORM

EN 1317, auch Kriterien, die sich auf die Aufstellung und Anordnung der jeweiligen Systeme

im Straßenraum beziehen. So regelt diese RVS beispielsweise die Anordnung von FRS auf

Böschungen, im Bereich angrenzender Gewässer oder entlang des Mittelstreifens einer Straße.

RVS 15.04.71 – Brückenausrüstung, Fahrzeugrückhaltesysteme⁴⁴

Diese Richtlinie reglementiert, ähnlich wie RVS 05.02.31 die Gestaltung und Montage

dauerhaft eingesetzter FRS, bezieht sich dabei allerdings speziell auf Systeme, die auf

Kunstbauten öffentlicher Straßen, insbesondere Brücken, errichtet werden.

RVS 08.23.05 - Technische Vertragsbedingungen, Leitschienen aus Stahl⁴⁵

Die RVS 08.23.05 thematisiert die technischen Vertragsbedingungen für jegliche

Straßenausrüstung der Kategorie "Leitschienen aus Stahl". Sie gibt Vorgaben für die

technischen Eigenschaften der Systeme, die beispielsweise das Material, dessen

Korrosionsbeständigkeit oder die Werkstoffeigenschaften der verwendeten Schrauben

betreffen. Auch Bestimmungen für die Überwachung des Produktionsprozesses der einzelnen

Bestandteile von Leitschienenkonstruktionen werden in dieser Richtlinie festgelegt.

⁴⁴ Vgl. FSV, RVS 15.04.71: noch nicht veröffentlicht

RVS 08.23.06 – Technische Vertragsbedingungen, Leitwände aus Beton⁴⁶

RVS 08.23.06 legt standardisierte Vorgaben für den Umgang mit Betonleitwänden fest. Zentrale Inhalte sind neben den Werkstoffeigenschaften auch die allgemeinen Bestimmungen für Herstellung, Prüfung und Abnahme derartiger FRS aus Beton. Wesentlich ist in diesem Zusammenhang außerdem die Differenzierung in Ortbeton- und Fertigbetonbauweise.

3.1.3 Zugelassene Anbieter und Systeme

Entsprechend der eingangs beschriebenen Kompetenzverteilung sind die soeben erläuterten Normen und Richtlinien sowohl auf die Prüfung und Zulassung, als auch auf die Montage von FRS anzuwenden. Für die Freigabe von Systemen entsprechend der technischen Bestimmungen gemäß EN ÖNORM 1317 ist dementsprechend in Österreich das bmvit zuständig. Es veröffentlicht in regelmäßigen Abständen Freigabelisten, die alle den Prüfkriterien entsprechenden Systeme aufführen und diese somit für den Gebrauch auf Österreichs Straßen freigeben. Neben der FRS Bezeichnung sind darin außerdem die für den Einsatz gemäß RVS 05.02.31 relevanten Prüfeigenschaften der Systeme aufgelistet.⁴⁷

Grundsätzlich werden Systeme nur dann zugelassen, wenn sie sowohl in einer Ausführung für die Montage im Freiland, als auch als Brücken-FRS vorliegen. Dies erklärt sich aus der angestrebten Praxis, Übergangskonstruktionen zwischen zwei verschiedenartigen Systemen im Sinne der Verkehrssicherheit so gut es geht vermeiden zu können.⁴⁸

Auch wenn seit 2011 auf Österreichs hochrangigem Straßennetz nur mehr EN 1317 konforme Systeme mit dementsprechender CE-Kennzeichnung neu zugelassen werden dürfen, kann es sein, dass sich im Bestand Alt-Systeme wiederfinden, die diesem Standard nicht entsprechen.⁴⁹

⁴⁶ Vgl. RVS 08.23.06: 2005-05-01

⁴⁷ Vgl. bmvit, Fahrzeug - Rückhaltesysteme, Einsatzfreigaben 2017: 6

⁴⁸ Vgl. ebd.: 1

⁴⁹ Vgl. TÜV SÜD Österreich 2017

Zugelassene Hersteller und Systeme

Die in Österreich für die Straßenverwaltung zuständigen Einrichtungen (ASFINAG und Straßenverwaltung der Länder) stellen die verwendeten Rückhalteeinrichtungen nicht selbst her, sondern beziehen diese von nationalen aber auch internationalen Herstellern. Die folgenden Grafiken (Abb. 2 und Abb. 3) listen die vom Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (bmvit), nach erfolgter Prüfung, zugelassenen Produkte (Stand 3. Mai 2017), differenziert nach Herstellerfirmen, auf. 50 Berücksichtigt werden dabei nur jene Systeme, die für einen dauerhaften Einsatz zugelassen sind, temporäre FRS sind für die vorliegende Forschungsarbeit nicht relevant und werden deshalb ausgeklammert.

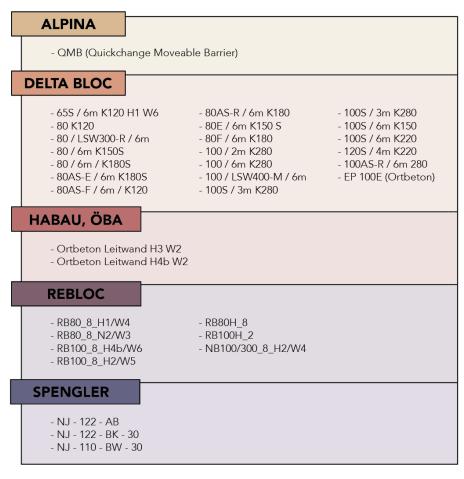


Abbildung 2: Einsatzfreigaben FRS Beton

Quelle: Eigene Darstellung.

Informationsgrundlage: bmvit 2017, Einsatzfreigaben

-

⁵⁰ Vgl. bmvit, Fahrzeug - Rückhaltesysteme, Einsatzfreigaben 2017

- 3n24335 - 3n24341 - 3n24872 - 3n30401	- 3n31622 - 3n31679 - 3n32122 - B21300	- 3n32795 - B33061 - DF3W002
IMEVA		
- H1 BL200 - H1 BL300 - H1 BL400 - H2 BL300 - H2 BL400 - H2 BL500-argn.	- H2 BL900 - H2 BL1000 - H2 BP300 - H3 BL200 - H3 BL300 - N2 BL200	- N2 BL300 - N2 BL400 - H3 BP400 - H2 BP500
MARCEGAGLIA		
- H1 W3 - H1 W5 - H2 W5 - H2 W6 - N2 W5		
VOEST		
- 1R H1 B - 1R H1 C - 1R H1 K - 1R H1 S	- 1R N2 V bikeprotect - 2R H1 B - 3R H2 - 3R H2B	- 1M H2 - 1R N1 - 1R N2 - 2R H3
- 1R H1 V - 1R H2 - 1R H3 - 1R N2 C - 1R N2 V	- 3R H4 - 2R H2 C - 2R H2 B - 2M H2 C - 2M H3 C	- 3R H3 V - 3R H4 V - RW N1 - 1R H1 - 2R H2
- 1R H2 - 1R H3 - 1R N2 C	- 2R H2 C - 2R H2 B - 2M H2 C	- 3R H4 V - RW N1 - 1R H1

Abbildung 3: Einsatzfreigaben FRS Stahl Quelle: Eigene Darstellung. Informationsgrundlage: bmvit 2017, Einsatzfreigaben

3.2 Montage von FRS – Betrachtung der Aufstelllänge

3.2.1 Erläuterungen zur Aufstelllänge von FRS

Es existieren, insbesondere vor dem Hintergrund der Verkehrssicherheit, einige Aspekte und

Vorgaben, die bei der Montage von FRS von Bedeutung sind. Die Aufstelllänge von Systemen

ist in diesem Zusammenhang ein, in der internationalen Verkehrssicherheitsforschung intensiv

behandeltes Beispiel dafür. Die vorliegende Diplomarbeit widmet sich zuerst in der Theorie und

im Zuge der späteren Analyse auch in der Praxis einer detaillierten Betrachtung dieser

Thematik.

Die Aufstelllänge von FRS ist ein wesentliches Kriterium für deren Wirksamkeit. In der Praxis

wird auf Basis der technischen Prüfung von Systemen ein, als Prüflänge bezeichneter Wert

ermittelt, der angibt, ab welcher Länge die volle Leistungsfähigkeit von Systemen gegeben ist.51

Dieser kann den Montageanleitungen der jeweiligen Systemtypen entnommen werden und

bewegt sich zumeist in einem Bereich zwischen 50-90 Metern.

Nicht zu verwechseln ist diese technisch bedingte Längenvorgabe, die die Wirksamkeit des

FRS während des standardisierten Crashtests gemäß EN 1317-2 charakterisiert, mit

Bestimmungen, die eine Mindestaufstelllänge aufgrund örtlicher Straßengegebenheiten

festlegen. In Österreich gibt es beispielsweise Richtlinien, die die Mindestaufstelllänge im

Bereich von abzusichernden Hindernissen vorgeben.⁵²

Unbedingt zu unterscheiden sind dementsprechend folgende Längenbegriffe:

Technische Prüflänge (der Montageanleitung der FRS zu entnehmen)

Mindestaufstelllänge (in Abhängigkeit örtlicher Gegebenheiten)

⁵¹ Vgl. FSV, RVS 05.02.31: 2007-11-01: 7

52 Vgl. ebd.: 8

FRS auf Autobahnen und Schnellstraßen werden zur Absicherung risikoreicher Bereiche,

bedingt beispielsweise durch Abhänge oder ortsfeste Objekte, eingesetzt.53 Neben der

Einhaltung der Prüflänge, als grundsätzliche Voraussetzung für die Funktionsfähigkeit des

Systems, muss dementsprechend auch auf die situationsabhängigen Gegebenheiten Rücksicht

genommen werden. Die Absicherung von Gefahrenbereichen bedingt unter anderem eine

ausreichende FRS Aufstelllänge vor den jeweiligen Hindernissen, um das Hinterfahren des FRS

und in weiterer Folge einen Absturz oder eine Kollision auszuschließen.54

Zur Ermittlung dieser situationsabhängigen Mindestaufstelllänge gibt es unterschiedliche

Vorgaben und Ansätze. In Österreich schreibt die RVS 05.02.31 den Umgang mit der FRS

Aufstelllänge, auf Basis der Prüflänge, fest.55 Demgegenüber stehen internationale Konzepte,

die ebendiese auf Grundlage von Unfallanalysen berechnen. Ein, im Bereich der

Verkehrssicherheitsforschung verbreitetes, Konzept ist dabei jenes der Length of Need (LON).

Diese definiert sich als die Länge eines, parallel zur Fahrbahn aufgestellten FRS, die mindestens

gegeben sein muss, um etwaige Hindernisse ausreichend abzusichern und somit abkommende

Fahrzeuge vor einer Kollision zu bewahren.56

Es existieren unterschiedliche LON Ansätze, die, auf Basis der Tiefenanalyse von

Verkehrsunfällen, Berechnungsmethoden zur Ermittlung der notwendigen FRS Aufstelllänge

bereitstellen. Im folgenden Kapitel werden drei ausgewählte LON Konzepte vorgestellt und im

Anschluss daran der, in Österreich gängigen Praxis, gegenübergestellt.

⁵³ Vgl. FSV, RVS 05.02.31: 2007-11-01: 5 f.

⁵⁴ Vgl. ebd.: 7 f.

55 Vgl. ebd.: 8

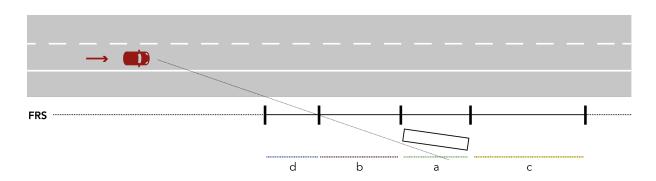
⁵⁶ Vgl. Norwegian Public Roads Administration 2014: 65

3.2.2 Überblick über ausgewählte Length of Need Konzepte

<u>SAVeRS – "Guidline for the selection oft he most appropriate Roadside Vehicle Restraint</u> System"

Diese Richtlinie ist ein 2012, im Rahmen der CEDR-Ausschreibung (Conference of European Directors of Roads), entstandenes Dokument, das darauf abzielt, einen Leitfaden zur Auswahl des, je nach örtlichen Verhältnissen am besten geeigneten, Fahrzeugrückhaltesystems zur Verfügung zu stellen. "SAVeRS" ist in internationaler Zusammenarbeit verschiedener Forschungsorganisationen, unter anderem auch österreichischer Partner, entstanden und zielt darauf ab, Empfehlungen für die Anwendung von FRS zu formulieren, die unter Bedacht der jeweiligen nationalen Rahmenbedingungen, länderübergreifend anwendbar sind.⁵⁷

Der Anspruch einer vollständigen Betrachtung des FRS Einsatzes macht es in diesem Zusammenhang notwendig, auch die Ermittlung der optimalen Aufstelllänge zu behandeln. "SAVeRS" wendet dabei eine LON Berechnungsmethode an, die dem Roadside Design Guide der "American Association of State Highway Officials" (AASHTO) entstammt und in der nachfolgenden Abbildung überblicksmäßig dargestellt ist.⁵⁸



- a: Auf FRS projizierte Länge des Objektes bzw. der abzusichernden Strecke
- b: Abschnitt, der vor dem Objekt abgesichert sein muss, um Fahrzeuge im Falle eines Abkommens vor einer Kollision zu bewahren
- c: Absicherung nach dem Objekt; nur bei Straßen mit Gegenverkehr notwendig
- d: Strecke d verläuft von dem Punkt, an dem das Fahrzeug die Straße verlässt, bis zum Beginn von Strecke d;

Abbildung 4: Length of Need Konzept nach der SAVeRS Richtlinie Quelle: Eigene Darstellung nach Eringbas et al. 2015: 17 f.

-

⁵⁷ Vgl. Erginbas et al. 2015: (i)

⁵⁸ Vgl. ebd.: 17 f.

Die Length of Need basiert in dieser Berechnungsvariante auf der sogenannten "Runout Length". Diese ist definiert als die Distanz von der Stelle, an der ein abkommendes Fahrzeug die Fahrbahn verlässt, bis zum Beginn des Hindernisses (Abschnitte "b" + "d" in Abb. 4) und wird gemäß Tabelle 1 anhand der zulässigen Höchstgeschwindigkeit sowie dem Verkehrsaufkommen ermittelt. Bei einer erlaubten Höchstgeschwindigkeit von 130 km/h und einem DTV- Wert von über 10.000 Fahzeugen/24 Stunden, entspricht die "Runout Length" einer Distanz von 143 Metern.⁵⁹

	Runout Length Given Traffic Volume			
Design Speed (km/h)	over 10.000 veh/day	5.000 - 10.000 veh/day	1.000 - 5.000 veh/day	under 1.000 veh/day
130	143	131	116	101
110	110	101	88	76
100	91	76	64	61
80	70	58	49	46
60	49	40	34	30
50	34	27	24	21

Tabelle 1: Darstellung der "Runout Length" in Abhängigkeit zulässiger Höchstgeschwindigkeiten Quelle: Eigene Darstellung nach AASHTO 2011: 5-50

Weitere relevante Parameter zur Berechnung der LON sind bei dieser Methode außerdem die seitlichen Abstände zwischen Fahrbahnrand, Vorderkante des FRS und ortsfestem Hindernis.⁶⁰ Anhand dieser Messwerte lassen sich die Abschnitte "b" und "d" auch getrennt voneinander ermitteln, um in weiterer Folge auf die LON, die sich aus den Distanzen "a" + "b" + "c" zusammensetzt, schließen zu können.⁶¹

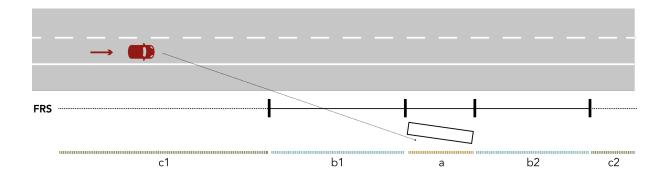
⁶⁰ Vgl. Erginbas et al. 2015: 21

⁵⁹ Vgl. AASHTO 2011: 5-49 f.

⁶¹ Vgl. AASHTO 2011: 5-49 ff.

Norwegian Public Roads Administration - "Vehicle Restraint Systems and Roadside Areas"

Veröffentlicht von der Staatlichen Straßenverwaltung in Norwegen, stellt dieses Dokument ein Handbuch zu diversen Standards rund um die Themenbereiche Fahrzeugrückhaltesysteme und Straßenrandbereiche dar. Im Zuge der Definition von Kriterien zur Auswahl des passenden Fahrzeugrückhaltesystems, wird auch hier die Ermittlung der erforderlichen Systemlänge thematisiert. Die in Norwegen dazu herangezogene Methodik ist in Abbildung 5 dargestellt.



- a: Auf FRS projizierte Länge des Hindernisses bzw. der abzusichernden Strecke
- b: Abschnitt, der vor dem Objekt abgesichert sein muss, um Fahrzeuge im Falle eines Abkommens vor einer Kollision zu bewahren
- c: Beginn- und Anfangselement des FRS

Abbildung 5: Length of Need Konzept nach Norwegian Public Roads Administration Quelle: Eigene Darstellung nach Norwegian Public Roads Administration 2014: 65

Die Length of Need setzt sich dabei aus der Strecke "a" sowie den Bereichen "b1" und "b2" zusammen. Vor einem abzusichernden Hindernis ist der Abschnitt "b1" erforderlich, dessen Länge, in Abhängigkeit von der erlaubten Höchstgeschwindigkeit bestimmt werden kann, mindestens jedoch 16 Meter betragen muss.⁶²

Ein Aspekt durch den sich dieses Konzept von den anderen untersuchten Verfahren abhebt, ist die spezielle Berücksichtigung des Risikos, das durch ein mögliches Abkommen von der Fahrbahn gegeben ist. Beim Ermitteln der Länge "b1" wird deshalb nach "normalen Risiken" und "hohen Risiken" unterschieden, wobei dabei permanente Hindernisse im Straßenrandbereich sowie steile Hänge als "normal" eingestuft werden, während Bereiche, die auch von anderen StraßenteilnehmerInnen genutzt werden und besonders gefährliche

_

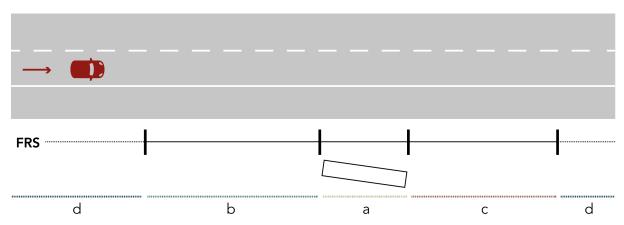
⁶² Vgl. Norwegian Public Roads Administration 2014: 66

ortsfeste Objekte als "hohes Risiko" gelten.⁶³ Geht man von einer höchst zulässigen Geschwindigkeit von 130 km/h und einem hochriskanten Hindernis aus, wie es beispielsweise Brückenpfeiler und Steher von Wegweiserbrücken sind, so liegt die Länge der abzusichernden Strecke vor dem Objekt "b1" bei 150 Metern.⁶⁴

Tomasch et al. - "Required length of guardrails before hazards"

Dieser Fachartikel Österreichischer VerkehssicherheitsexpertInnen ist 2011 in der Schriftenreihe "Accident Analysis and Prevention" erschienen und beschäftigt sich explizit mit der Mindestaufstelllänge von Fahrzeugrückhaltesystemen vor potentiellen Hindernissen.

Das darin verwendete Length of Need Konzept ist in Abbildung 6 überblicksmäßig dargestellt. Eine wesentliche Grundlage für diese Berechnungen bilden Aufzeichnungen zu Abkommensunfällen, die der Datenbank ZEDATU entnommen und einer Tiefenanalyse unterzogen wurden. Basierend auf diesen Analysen wurden Trajektorien abkommender Fahrzeuge ermittelt, die in weiterer Folge eine Berechnung der LON, unter Berücksichtigung verschiedener Parameter, ermöglichen.65



- a: Auf FRS projizierte Länge des Hindernisses bzw. der abzusichernden Strecke
- b: Abschnitt, der vor dem Objekt abgesichert sein muss, um Fahrzeuge im Falle eines Abkommens vor einer Kollision zu bewahren
- c: Absicherung nach dem Objekt; nur bei Gegenverkehr notwendig
- d: Beginn- und Endelement

Abbildung 6: Length of Need Konzept nach Tomasch et al. Quelle: Eigene Darstellung nach Tomasch et al. 2011: 2117

0.5

65 Vgl. Tomasch et al. 2011: 2115 f.

36

⁶³ Vgl. Norwegian Public Roads Administration 2014: 65 f.

⁶⁴ Vgl. ebd.: 65 ff.

Die LON setzt sich dieser Berechnungsmethodik zufolge aus den Abschnitten "a", "b" und "c" zusammen. Die Strecke "b" ist dabei jene FRS Länge, die vor einem Hindernis erforderlich ist, um im Abkommensfall eine Kollision des Fahrzeuges mit dem Objekt zu verhindern.⁶⁶ Tomasch et al. ermitteln diesen Abschnitt in Abhängigkeit von der Abkommensgeschwindigkeit sowie vom Abkommenswinkel.⁶⁷ Zusätzlich dazu fließt außerdem die maximal akzeptable Anprallgeschwindigkeit der Fahrzeuge bei der Kollision mit dem potentiellen Hindernis mit ein. Je geringer diese angenommen wird, desto länger muss der FRS Abschnitt vor dem Objekt ausfallen. Bei einer erlaubten Höchstgeschwindigkeit von 130 km/h und einer maximal gewünschten Anprallgeschwindigkeit von 40 km/h beträgt die LON 210 Meter, soll ein Anprall an das ortsfeste Objekt vollständig verhindert werden, vergrößert sich diese auf 234 Meter.68

3.2.3 Praxis der FRS Aufstelllänge in Österreich

RVS 05.02.31

In Osterreich ist die Montage von Fahrzeugrückhaltesystemen, inklusive der vorgeschriebenen Mindestaufstelllänge, in der RVS 05.02.31 "Rückhaltesysteme - Anforderungen und Aufstellung" geregelt.

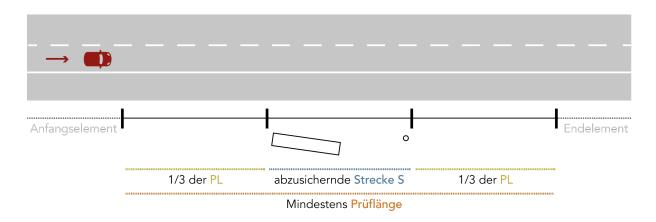


Abbildung 7: Vorgaben zur Aufstelllänge laut RVS Quelle: Eigene Darstellung nach FSV, RVS 05.02.31: 2007-11-01

⁶⁶ Vgl. Tomasch et al. 2011: 2117

⁶⁷ Vgl. ebd.: 2112

⁶⁸ Vgl. ebd.: 2117 ff.

Die RVS definiert, ähnlich wie die vorgestellten LON Konzepte, einen Abschnitt "S", der mithilfe

eines FRS abzusichern ist. Dieser entspricht der projizierten Länge eines oder mehrerer

Hindernisse, die in kurzem Abstand zueinander liegen. Vor und nach dieser Strecke "S" ist

mindestens 1/3 der technischen Prüflänge, die vom jeweiligen Systemtyp abhängig ist,

aufzustellen. Die Gesamtlänge des aufgestellten Systems muss außerdem der Prüflänge

entsprechen oder diese überschreiten.69

An dieser Stelle soll eine wesentliche Passage der RVS 05.02.31 genannt werden, die, vor dem

Hintergrund rechtlicher Belange, relevant erscheint. Darin ist formuliert, dass auch von der

Richtlinie abweichende Lösungen legitim sind, wenn die Vorgaben aufgrund örtlicher

Gegebenheiten nicht eingehalten werden können. Wörtlich heißt es dazu: "Wenn

Fahrzeugrückhaltesysteme aufgrund örtlicher Gegebenheiten nicht entsprechend den

Regellösungen aufgestellt werden können, sind Lösungen zu suchen, die auf den Grundsätzen

der Richtlinie aufbauen und das bestmögliche Sicherheitsniveau erreichen. "70.

Im konkreten Fall der Mindestaufstelllänge sei eine Unterschreitung dieser, im Falle von

"beschränkten Platzverhältnissen" beziehungsweise "Notrufsäulen", erlaubt.⁷¹

Vergleich der unterschiedlichen Konzepte zur FRS Aufstelllänge

Stellt man die verschiedenen LON Konzepte einander gegenüber, wird deutlich, dass alle auf

einem ähnlichen Grundkonzept basieren. Im Rahmen von Unfallanalysen werden

Bewegungspfade, sogenannte Trajektorien, abkommender Fahrzeuge untersucht und diese in

Zusammenhang mit Verkehrsparametern gebracht. Anhand

Höchstgeschwindigkeit, der jeweiligen Verkehrsstärke sowie diversen anderen Einflüssen,

lässt sich in weiterer Folge feststellen, mit welchen Abkommenswinkeln beziehungsweise -

geschwindigkeiten bei Realunfällen zu rechnen ist und welche Strecke dementsprechend

abgesichert werden muss. Einzelne LON Konzepte gehen dabei noch stärker ins Detail und

69 Vgl. FSV, RVS 05.02.31: 2007-11-01

⁷⁰ FSV, RVS 05.02.31: 2007-11-01: 2

⁷¹ Ebd.: 8

38

beziehen auch die Distanz zwischen ortsfestem Hindernis und Fahrbahn oder dessen Risikopotential mit ein.

Vergleicht man derartige Konzepte mit der österreichischen Norm RVS 05.02.31 zeigt sich, dass hier weniger auf unfallanalytische Parameter zurückgegriffen wird. Die, in der RVS verankerte, Aufstelllänge basiert vielmehr auf rein technischen Kriterien, die zwar die volle Leistungsfähigkeit eines FRS sicherstellen, nicht jedoch die adäquate Absicherung ortsspezifischer Fahrbahnrandbereiche.

Während sich die Prüflängen der in Österreich zugelassenen Systeme meist im zweistelligen Bereich zwischen 50 und 90 Metern bewegen, beläuft sich die LON, bei einer Höchstgeschwindigkeit von 130 km/h in allen Berechnungskonzepten zumindest auf 150 Meter.

Tomasch et al. kritisieren im Fachartikel "Required length of guardrails before hazards" die in Österreich gängige Praxis. Tiefenanalysen von Abkommensunfällen hätten gezeigt, dass das vorgegebene Drittel der Prüflänge nicht ausreicht, um den Bereich vor ortsfesten Hindernissen adäquat abzusichern, da abkommende Fahrzeuge, aufgrund sehr hoher Geschwindigkeiten, hinter das FRS gelangen können.⁷² Während also diese, im Konzept der Length of Need zusammengefassten, Erkenntnisse der internationalen Verkehrssicherheitsforschung auf der Analyse diverser Unfalldatenbanken beruhen und in allen Fällen spezifische Einflusskriterien, wie die erlaubte Höchstgeschwindigkeit, miteinbeziehen, gibt es in Österreich trotz derartiger Erkenntnisse noch keine rechtliche Regelung, die eine Aufstelllänge von FRS in dieser Art und Weise vorschreibt.

-

⁷² Vgl. Tomasch et al. 2011: 2112

4. Entwicklung der FRS Klassifikationsmethode zu Identifikationszwecken

Um entsprechend dem vorliegenden Forschungsanliegen, eine Systematik zur Identifikation von Fahrzeugrückhaltesystemen zu entwickeln sind mehrere Schritte notwendig. Im Rahmen dieser Arbeit wird dementsprechend ein mehrstufiger Prozess durchlaufen, der die einzelnen Aspekte der FRS Klassifikation Schritt für Schritt aufbereitet.

In einem ersten Abschnitt wird ein Überblick über alle, momentan in Österreich zugelassenen FRS, inklusive ihrer sicherheitsrelevanten Eigenschaften, gegeben. Das Wissen über diese, in der Praxis verwendeten, Systeme ist eine wichtige Grundlage für die spätere Analyse und erleichtert das Verständnis des breiten Spektrums an existierenden FRS.

In weiterer Folge beschäftigt sich Kapitel 4.2 mit dem Klassifizieren jener Konstruktionen, die den Beginn beziehungsweise den Abschluss von Fahrzeugrückhaltesystemen bilden. Diese Abschnitte zählen zwar nicht zum System an sich, stellen jedoch im Zusammenhang mit der Straßenverkehrssicherheit einen relevanten Faktor dar. Im Zuge der Klassifikation werden deshalb auch diese Anfangs- und Endelemente identifiziert.

Im dritten Teil dieses Kapitels wird schließlich die Klassifikationssystematik behandelt. Dazu werden die, für die Identifikation relevanten, FRS Merkmale in Bild und Wort erläutert und anschließend einem Hierarchiesystem zugeordnet, das den empfohlenen Analyseablauf festlegt. Die Einbettung dieser Schritte in eine halbautomatische Analysesoftware wird in einem abschließenden Abschnitt beschrieben, ehe die entwickelte Methodik im empirischen Teil der Arbeit auch in der Realität angewendet und getestet wird.

4.1 Vorstellung aktuell zugelassener FRS

Im folgendem Kapitel werden die mit 03. Mai 2017 vom bmvit, für die Verwendung am österreichischen Straßennetz, freigegebenen Systeme⁷³ und ihre Eigenschaften im Detail

⁷³ Vgl. bmvit, Fahrzeug - Rückhaltesysteme, Einsatzfreigaben 2017

beschrieben. All diese Systeme entsprechen den Kriterien der EN 1317⁷⁴ und besitzen

dementsprechend eine CE-Kennzeichnung.

Die untenstehenden Tabellen 2-10 führen ebendiese FRS, differenziert nach Herstellern, an

und listen außerdem folgende Systemeigenschaften auf:

Hersteller

Systembezeichnung

Aufhaltestufe

Sowohl Ziffer als auch Buchstabe der Aufhaltestufe beschreiben die Menge an

Energie, die von dem System aufgenommen werden kann. "N" steht dabei für

normales und "H" für höheres Aufhaltevermögen. Je höher außerdem die

angegebene Zahl ist, desto größer ist auch das Aufhaltevermögen innerhalb der,

mittels Buchstabe gekennzeichneten, Klasse. Die Kategorien "H4a" und "H4b"

beispielsweise, beschreiben das größtmögliche Aufhaltevermögen.75

Wirkungsbereich

Die Kennzeichnung des Wirkungsbereichs besteht aus einem "W" und einer

dazugehörigen Ziffer, die den Grad der Verformung der Rückhalteeinrichtung

angibt. Je höher diese Ziffer ist, desto stärker verformt sich das FRS im Fall eines

Anpralls.76

Anprallheftigkeit

In der Kategorie der Anprallheftigkeit können, mit absteigendem Sicherheitsgrad,

folgende drei Stufen unterschieden werden: "A", "B" und "C". Die

Anprallheftigkeitsstufe für Fahrzeugrückhaltesysteme wird für das ASFINAG

Straßennetz mit "B" It. RVS 05.02.31 festgelegt. Dies bedeutet, dass FRS mit der

Anprallheftigkeitsstufe "A" und "B" eingesetzt werden dürfen.⁷⁷

⁷⁴ Vgl. bmvit, Fahrzeugrückhaltesysteme 2017

⁷⁵ Vgl. Tomasch et al. 2010: 13

⁷⁶ Vgl. ÖNORM EN 1317-2: 2008-01-01

⁷⁷ Vgl. FSV, RVS 05.02.31: 2007-11-01: 4

41

Systemhöhe

Die Höhe des Systems bemisst sich aus der Distanz zwischen Fahrbahnniveau und FRS Oberkante (siehe Abb. 24).

- Systembreite

Die Systembreite betrifft den Querschnitt der Leiteinrichtung und ergibt sich aus dem Abstand zwischen der, der Fahrbahn zugewandten Kante und dem, am weitesten von ebendieser entfernten Punkt (siehe Abb. 26).

- Prüflänge

Die Prüflänge ist jene Mindestlänge, die bei der Montage eines FRS entlang der Fahrbahn ohne Unterbrechung eingehalten werden muss. Nur dann können alle geprüften Sicherheitseigenschaften und somit die volle Leistungsfähigkeit des Systems gewährleistet werden.⁷⁸

-

⁷⁸ Vgl. FSV, RVS 05.02.31: 2007-11-01: 7

4.1.1 Stahlsysteme

Im Bereich der FRS aus Stahl existieren fünf Anbieter, die Systeme mit Freigaben in Österreich produzieren. Neben den österreichischen Unternehmen Voestalpine und Leitschutz handelt es sich dabei um drei italienische Herstellerfirmen, nämlich Fracasso, Marcegaglia und Imeva.

Fracsso Systeme:

Hersteller	Systembezeichnung	Aufhalte- stufe	Wirkungs- bereich	Anprall- heftigkeit	Systemhöhe	Systembreite	Prüflänge
Fracasso	3n24335	H2	W5	В	850/1550 mm	580 mm	81 m
Fracasso	3n24341	H2	W6	А	900 mm	407 mm	94,5 m
Fracasso	3n24872	H2	W5	А	899 mm	407 mm	48 m
Fracasso	3n30401	H2	W4	В	900/1050 mm	880 mm	81 m
Fracasso	3n31622	H4b	W6	А	900/1335 mm	630 mm	78 m
Fracasso	3n31679	H4b	W5	А	900/1435 mm	620 mm	81 m
Fracasso	3n32122	H2	W4	А	900/1155 mm	530 mm	78 m
Fracasso	B21300	H1	W6	А	750 mm	500 mm	80,4 m
Fracasso	B33061	H1	W4	А	750 mm	204 mm	70 m
Fracasso	3n32795	H4b	W5	В	B 1435 mm		89m
Fracasso	DF3W002	H2	W4	А			64 m

Tabelle 2: Zugelassene FRS Fracasso

Quelle: Eigene Darstellung.

Informationsgrundlage: bmvit 2017, Einsatzfreigaben/ Fracasso 2017

Marcegaglia Systeme:

Hersteller	Systembezeichnung	Aufhalte- stufe	Wirkungs- bereich	Anprall- heftigkeit	Systemhöhe	Systembreite	Prüflänge
Marcegaglia	H1 W3	H1	W3	Α	770 mm	205 mm	85,5 m
Marcegaglia	H1 W5	H1	W5	А	750 mm	364 mm	88 m
Marcegaglia	H2 W5	H2	W5	А	750 mm		98 m
Marcegaglia	H2 W6	H2	W6	А	750 mm 364 mm		100 m
Marcegaglia	N2 W5	N2	W5	Α	750 mm		88 m

Tabelle 3: Zugelassene FRS Marcegaglia

Quelle: Eigene Darstellung.

Informationsgrundlage: bmvit 2017, Einsatzfreigaben/Marcegaglia 2018

Imeva Systeme:

Hersteller	Systembezeichnung	Aufhalte- stufe	Wirkungs- bereich	Anprall- heftigkeit	Systemhöhe	Systembreite	Prüflänge
lmeva	H1 BL200	H1	W5	А	750 mm	451 mm	80,3
Imeva	H1 BL300	H1	W3	А	900 mm	407 mm	74,67 m
lmeva	H1 BL400	H1	W3	А	767 mm	276 mm	83 m
lmeva	H2 BL300	H2	W6	А	870 mm	870 mm 435 mm	
lmeva	H2 BL400	H2	W5	А	925 mm	492 mm	63 m
lmeva	H2 BL500-argn.	H2	W4	А	855 mm	516 mm	67,5 m
lmeva	H2 BL900	H2	W5	А	792 mm	296 mm	83 m
lmeva	H2 BL1000	H2	W4	А	844 mm	296 mm	83 m
lmeva	H2 BP300	H2	W2	А	805 mm	480 mm	72 m
lmeva	H3 BL200	НЗ	W8	А	1310 mm	691 mm	67,5 m
Imeva	H3 BL300	НЗ	W5	А	1600 mm	515 mm	90,67 m
lmeva	N2 BL200	N2	W5	А	750 mm		81,3 m
lmeva	N2 BL300	N2	W4	А	756 mm		74,67 m
lmeva	N2 BL400	N2 BL400 N2 W5 A 756 mm			85,33 m		
lmeva	lmeva H3 BP400		W4	В	1569 mm	527 mm	57,59 m
lmeva	H2 BP500	H2	W3	А			57,59 m

Tabelle 4: Zugelassene FRS Imeva Quelle: Eigene Darstellung.

Informationsgrundlage: bmvit 2017, Einsatzfreigaben/ Imeva 2017

Leit-Schutz Systeme:

Hersteller	Systembezeichnung	Aufhalte- stufe	Wirkungs- bereich	Anprall- heftigkeit	Systemhöhe	Systembreite	Prüflänge
Leit-Schutz	N2 Damm	N2	W5	W5 A 750 mm 190 mm		57 m	
Leit-Schutz	H1 Damm	H1	W5	А	750 mm	195 mm	68,4 m
Leit-Schutz	H1 Kunstbau (2004)	H1	W6	В	750 mm	400 mm	57 m
Leit-Schutz	it-Schutz N2 Kunstbau		W4	А	750 mm 275 mm		57 m
Leit-Schutz	H1 Kunstbau (2015)	H1	W4	В	795 mm	490 mm	57 m

Tabelle 5: Zugelassene FRS Leit-Schutz Quelle: Eigene Darstellung. Informationsgrundlage: bmvit 2017, Einsatzfreigaben/ Leit-Schutz 2017

Voestalpine Systeme:

Hersteller	Systembezeichnung	Aufhalte- stufe	Wirkungs- bereich	Anprall- heftigkeit	Systemhöhe	Systembreite	Prüflänge
Voest	1R H1 B	H1	W5	А	750 mm	470 mm	64,6 m
Voest	1R H1 C gerammt	H1	W4	Α	750 mm	259 mm	54 m
Voest	1R H1 C gedübelt	H1	W3	В	750 mm	507 mm	57 m
Voest	1R H1 K	H1	W4	В	1.200 mm	500 mm	53,2 m
Voest	1R H1 S	H1	W4	А	750 mm	495 mm	53,2 m
Voest	1R H1 V	H1	W4	А	870 mm	455 mm	57 m
Voest	1R H2 gerammt	H2	W5	А	870 mm	455 mm	57 m
Voest	1R H2 gedübelt	H2	W3	В	870 mm	500 mm	57 m
Voest	1R H3 gerammt	НЗ	W5	А	1.400 mm	640 mm	57 m
Voest	1R H3 gedübelt	НЗ	W5	В	1.400 mm	640 mm	49,4 m
Voest	1R N2 C	N2	W5	Α	750 mm	134 mm	54 m
Voest	1R N2 V	N2	W5	Α	750 mm	300 mm	57 m
Voest	1R N2 V bikeprotect	N2	W3	В	750 mm	300 mm	57 m
Voest	2R H1 B	H1	W6	А	750 mm	465 mm	64,6 m
Voest	3R H2 gerammt	H2	W5	Α	870 mm	440 mm	56 m
Voest	3R H2 gedübelt	H2	W5	В	870 mm 482 mm		56 m
Voest	3R H2 B	H2	W5	А	870 mm	290 mm	56 m

Tabelle 6: Zugelassene FRS Voestalpine (Teil 1)
Quelle: Eigene Darstellung.
Informationsgrundlage: bmvit 2017, Einsatzfreigaben/ Voestalpine 2018

Voest	3R H2 B	N2	W3	А	870 mm	290 mm	56 m
Voest	3R H4 gerammt	H4b	W5	А	1.564 mm	589 mm	72 m
Voest	3R H4 gedübelt	H4b	W4	Α	1.564 mm	656 mm	72 m
Voest	2R H2 C gerammt	H2	W5	А	830 mm	177 mm	45,6 m
Voest	2R H2 C gedübelt	H2	W3	В	800 mm	599 mm	57 m
Voest	2R H2 B	H2	W4	А	800 mm	476 mm	45,6 m
Voest	2M H2 C	H2	W5	А	830 mm	254 mm	49,4 m
Voest	2M H3 C	НЗ	W5	А	800 mm	955 mm	68,4 m
Voest	1M H2	H2	W4	В	870 mm	765 mm	57 m
Voest	1R N1	N1	W2	А	650 mm	340 mm	36 m
Voest	1R N2	N2	W5	Α	750 mm	340 mm	45,6 m
Voest	2R H3	НЗ	W5	В	1.215 mm	617 mm	57 m
Voest	3R H3 V	НЗ	W5	В	1.200 mm	685 mm	56 m
Voest	3R H4 V	H4b	W5	В	1.200 mm	600 mm	72 m
Voest	RW N1	N1	W3	А	1.200 mm	180 mm	56 m

Tabelle 7: Zugelassene FRS Voestalpine (Teil 2)

Quelle: Eigene Darstellung.

Informationsgrundlage: bmvit 2017, Einsatzfreigaben/ Voestalpine 2018

Zu den Systemen Fracasso DF3W002, Imeva H3BP400 und Imeva H2BP500 waren zum Zeitpunkt der Erarbeitung dieser FRS Klassifikationssystematik noch keine Montageanleitungen veröffentlicht, da es sich hierbei um erst kürzlich zugelassene Systemtypen handelt. Diese konnten im Rahmen der praktischen Überprüfung der Klassifikationsmethode dementsprechend nicht berücksichtigt werden.

4.1.2 Betonsysteme

Die Tabellen in diesem Kapitel listen alle, mit 3. Mai 2017, in Österreich zugelassenen Fahrzeugrückhaltesysteme aus Beton auf. Es existieren im Wesentlichen zwei Anbieter, die den österreichischen Markt dominieren: Kirchdorfer (Delta Bloc Systeme) und Rebloc. Darüber

hinaus werden drei Systeme der Firma Spengler sowie das QMB-System (Quickchange Moveable Barrier) von Alpina angeboten.⁷⁹

Delta Bloc Systeme:

Hersteller	Systembezeichnung	Aufhalte- stufe	Wirkungs- bereich	Anprall- heftigkeit	Material	Elementlänge	Prüflänge
Delta Bloc	DB 80AS 6m K120	H2	W7	В	Fertigbeton	-	56 m
Delta Bloc	100S 6m K150	H1	W5	В	Fertigbeton	6 m	48 m
Delta Bloc	100 6m K280	H4b	W6	В	Fertigbeton	6 m	90 m
Delta Bloc	100 2m K280	H4b	W8	В	Fertigbeton	2 m	80 m
Delta Bloc	100S 6m K220	H2	W5	А	Fertigbeton	6 m	78 m
Delta Bloc	65S 6m K120S	H1	W6	В	Fertigbeton	6 m	60 m
Delta Bloc	80 6m K150S	H1	W4	В	Fertigbeton	6 m	108 m
Delta Bloc	100LSW-M 6m	H4b	W5	В	Fertigbeton	6 m	60 m
Delta Bloc	80 LSW-R 6m	H2	W5	В	Fertigbeton	6 m	60 m
Delta Bloc	100S 6m K220/K150	H4b	W7	A/B	Fertigbeton	6 m	90 m
Delta Bloc	80F 6m K180	H2	W3	В	Fertigbeton	6 m	60 m
Delta Bloc	80AS-F 6m K120S	H2	W3	В	Fertigbeton	6 m	42 m
Delta Bloc	80 6m K180S	H2	W6	В	Fertigbeton	6 m	108 m
Delta Bloc	80AS-E K180S	H2	W1	В	Fertigbeton	6 m	42 m
Delta Bloc	100S 3m K280	НЗ	W6	В	Fertigbeton	3 m	82 m
Delta Bloc	120S 4m K220S	H2	W5	В	Fertigbeton	4 m	56 m
Delta Bloc	100S 6m K220	НЗ	W7	А	Fertigbeton	6 m	78 m
Delta Bloc	80AS-E 6m 180S	H2	W2	В	Fertigbeton	6 m	42 m
Delta Bloc	80E 6m K150S	H2	W1	В	Fertigbeton	6 m	42 m
Delta Bloc	EP 100E	Н3	W2	В	Ortbeton -		71,5 m
Delta Bloc	100AS-R 6m K280	H4b	W5	В	Fertigbeton 6 m		90 m
Delta Bloc	80AS-R 6m K180	H2	W4	В	Fertigbeton	6 m	78 m

Tabelle 8: Zugelassene FRS Delta Bloc

Quelle: Eigene Darstellung.

Informationsgrundlage: bmvit 2017, Einsatzfreigaben/ Delta Bloc 2018

⁷⁹ Vgl. bmvit, Fahrzeug - Rückhaltesysteme, Einsatzfreigaben 2017

Rebloc Systeme:

Hersteller	Systembezeichnung	Aufhalte- stufe	Wirkungs- bereich	Anprall- heftigkeit	Material	Elementlänge	Prüflänge
Rebloc	RB80_8_H1/W4	H1	W4	В	Fertigbeton	8 m	112 m
Rebloc	RB80_8_N2/W3	N2	W3	В	Fertigbeton	8 m	112 m
Rebloc	RB100_8_H4b/W6	H4b	W6	В	Fertigbeton	8 m	104 m
Rebloc	RB100_8_H2/W5	H2	W5	В	Fertigbeton	8 m	104 m
Rebloc	RB80H_8	H2	W5	В	Fertigbeton	8 m	80 m
Rebloc	RB100H_2	H3	W6	В	Fertigbeton 2 m		76 m
Rebloc	NB 100/300_8_H2/W4	H2	W4	В	Fertigbeton	8 m	64 m

Tabelle 9: Zugelassene FRS Rebloc Quelle: Eigene Darstellung. Informationsgrundlage: bmvit 2017, Einsatzfreigaben/ Rebloc 2018

Sonstige Beton-FRS:

Hersteller	Systembezeichnung	Aufhalte- stufe	Wirkungs- bereich	Anprall- heftigkeit	Material	Elementlänge	Prüflänge
Alpina	QMB	H2	W6	В	Fertigbeton	1 m	95 m
Spengler	NJ - 122 - AB	НЗ	W5	В	Fertigbeton	3,5 m	56 m
Spengler	NJ - 122 - BK - 30	H4b	H4b W4 B Fertig		Fertigbeton	3,5 m	56 m
Spengler	NJ - 110 - BW - 30	H4b	W3	В	Fertigbeton	-	48 m

Tabelle 10: Sonstige zugelassene FRS aus Beton
Quelle: Eigene Darstellung.
Informationsgrundlage: bmvit 2017, Einsatzfreigaben/ Alpina 2017/ Rieder 2018

4.2 Identifikation der Konstruktionen an Beginn und Ende von FRS

Zur Gestaltung der Anfangs- und Endabschnitte von Fahrzeugrückhaltesystemen werden spezielle Konstruktionen eingesetzt, die das System im Boden verankern und somit für Stabilität sorgen. Neben dieser konstruktiven Funktion sind derartige Elemente außerdem zur Absicherung der FRS Anfänge notwendig, um ein Anprallen von Fahrzeugen an die bloße Systemkante zu verhindern. Es existieren verschiedene Ausführungen solcher Beginn- und Endelemente, deren Einsatz von den spezifischen örtlichen Gegebenheiten abhängig ist.80

Die folgende Skizze (Abb.8) zeigt, zum besseren Verständnis, die eben beschriebene Zusammensetzung von FRS und hebt jene Abschnitte, die zu den Anfangs- und Endelementen zählen, hervor. Bei Konstruktionen, wie Terminals oder Anpralldämpfern ist, aufgrund der Bauweise, der Übergang zum eigentlichen Leitsystem gut erkennbar. Verschwenkungen und Absenker wiederrum müssen oft etwas genauer betrachtet werden.

Verbindung zweier unterschiedlicher **FRS** erfolat Typen durch Übergangskonstruktionen, die die durchgehende Wirkung beider Schutzeinrichtungen gewährleisten sollen.81 Eine Anprallprüfung derartiger Konstruktionen ist momentan noch nicht verbindlich⁸², weshalb Übergangsbereiche in der späteren Analyse als "ungeprüfte Abschnitte" klassifiziert werden.



Abbildung 8: Schematischer Aufbau eines Fahrzeugrückhaltesystems Quelle: Eigene Darstellung.

⁸⁰ Vgl. Tomasch et al. 2010: 43 f.

⁸¹ Vgl. ebd.: 43

⁸² Vgl. ebd.: 149

Obwohl Beginn- und Endkonstruktionen nicht zum eigentlichen FRS zählen und somit nicht dieselben geprüften Eigenschaften aufweisen, tragen sie aus den oben genannten Gründen einen wesentlichen Teil zur Verkehrssicherheit bei. Im Rahmen der Klassifikation von Fahrzeugrückhaltesystemen erscheint es deshalb sinnvoll derartige Elemente zu identifizieren, um auch diese Information für diverse Unfallanalysen bereitstellen zu können. Betrachtet wird dabei die Art der Konstruktion, nicht jedoch der genaue Systemtyp. Welche Anfangs- und Endelemente für FRS in Österreich angewendet werden, wird deshalb im vorliegenden Kapitel überblicksmäßig dargestellt.

Mögliche Ausführungen von FRS Anfangs- und Endelementen⁸³

Anpralldämpfer:



Abbildung 9: FRS Anpralldämpfer 1 Quelle: Eigene Darstellung



Abbildung 10: FRS Anpralldämpfer 2 Quelle: Eigene Darstellung

50

⁸³ Vgl. Tomasch et al. 2010: 43-58

Langabsenker:



Abbildung 11: FRS Langabsenker Quelle: Eigene Darstellung

Kurzabsenker:



Abbildung 12: FRS Kurzabsenker Quelle: Eigene Darstellung

Terminal:



Abbildung 13: FRS Terminal Quelle: Eigene Darstellung

Verschwenkung:



Abbildung 14: FRS Verschwenkung Quelle: Eigene Darstellung

Übergangsbereiche:





Abbildung 15: FRS Übergangsbereiche Quelle: Eigene Darstellung

4.3 Erarbeitung der Klassifikationssystematik (Leitfaden)

4.3.1 Klassifikationsrelevante Merkmale von FRS

Im Zuge der eingehenden Analyse unterschiedlicher Fahrzeugrückhaltesysteme konnten zahlreiche Merkmale identifiziert werden, die für die Unterscheidung einzelner Systemtypen von Bedeutung sind. Diese visuellen Attribute werden im Hinblick auf die nachfolgende Videoanalyse im folgenden Abschnitt der Arbeit anschaulich dargestellt und erläutert.

Merkmale von FRS aus Stahl

Anzahl der Wellen im FRS Querschnitt:

VOEST: immer 2-wellig
IMEVA: 2- oder 3 Wellen
FRACASSO: 2- oder 3 Wellen
MARCEGAGLIA: 2- oder 3 Wellen
LEITSCHUTZ: immer 2-wellig

Abbildung 16: Querschnittsarten der unterschiedlichen FRS Hersteller Quelle: Eigene Darstellung Die Leitplanken von FRS aus Stahl haben in ihrem Querschnitt in der Regel entweder zwei oder drei Wellenbögen. Dies ist meist ein sehr wesentliches Klassifikationsmerkmal und kann außerdem ein wichtiger Hinweis auf den Systemhersteller sein.

Querschnittsform der Leitschiene:

Abbildung 17: Mögliche FRS Querschnittsvarianten Quelle: Eigene Darstellung

Auch die Form dieser Wellenbögen kann einen wesentlichen Anhaltspunkt darstellen. Neben den beiden leicht zu erkennenden Ausführungen mit runder beziehungsweise eckiger Linienführung existiert auch eine Mischform, die sich den italienischen FRS Herstellern Fracasso, Imeva und Marcegaglia zuordnen lässt.

Befestigung:



gerammt (Freilandbereich)



gedübelt (auf Brücken)

Abbildung 18: FRS Befestigungsarten Quelle: Eigene Darstellung

In den meisten Fällen lässt sich anhand visueller Kriterien problemlos feststellen, in welcher Art und Weise ein FRS mit dem Boden verbunden ist. Handelt es sich um verformbaren Untergrund, so werden die Steher in den Boden gerammt. Auf hartem, beispielsweise betoniertem Grund, wie es auf Brücken oder in Tunneln der Fall ist, werden die Systeme mit dem Boden verschraubt.

Steherkonfiguration:

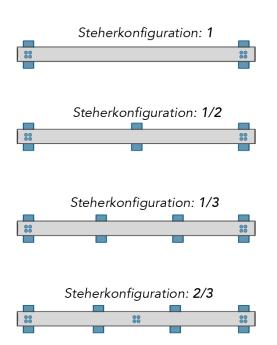


Abbildung 19: Mögliche FRS Steherkonfigurationen Quelle: Eigene Darstellung

Unter dem Begriff "Steherkonfiguration" versteht man das Verhältnis zwischen Stehern mit (Abb. 21) und ohne Stoß (Abb. Als 20). Stoß wird in diesem Zusammenhang verschraubte die Überlappung zweier Leitplanken bezeichnet. Dies geschieht, bis auf die Ausnahme bei der 2/3-Variante, im Bereich eines Stehers, der dadurch ebenfalls mit den beiden Leitplanken verbunden wird.

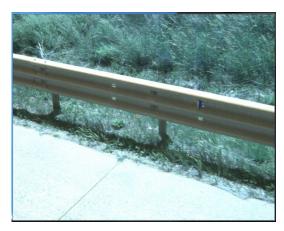


Abbildung 20: FRS Steher ohne Stoß Quelle: Eigene Darstellung



Abbildung 21: FRS Steher mit Stoß Quelle: Eigene Darstellung

Steherabstand:

Abstand zwischen zwei Stehern

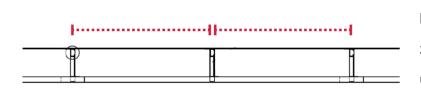


Abbildung 22: FRS Steherabstand Quelle: Eigene Darstellung

Der Steherabstand bezeichnet die Distanz zwischen zwei FRS Pfosten, unabhängig davon, ob diese mit oder ohne Stoß ausgeführt sind.

Gleitprofil:

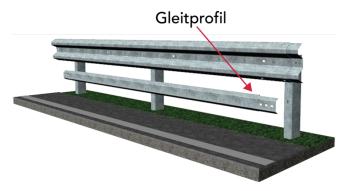


Abbildung 23: FRS Gleitprofil Quelle: Eigene Darstellung

Grundlage: Voestalpine, Kremsbarrier1 RH1V 2018

Einige Fahrzeugrückhaltesysteme haben zusätzlich zur regulären Schutzplanke noch einen weiteren Balken, der parallel dazu verläuft. Diese, in der vorliegenden Arbeit als Gleitprofile bezeichneten, Bänder können oft ein wichtiger Hinweis auf den Systemtyp sein.

Höhe bei gerammten FRS:

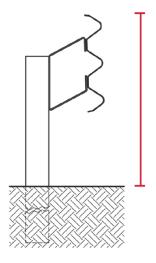


Abbildung 24: FRS Höhe, gerammtes System Quelle: Eigene Darstellung Grundlage: Fracasso, System 3n24872 2018

Bei Fahrzeugrückhaltesystemen, die in den Boden gerammt werden, setzt sich in der nachfolgenden Klassifikation die Höhe des Systems wie in Abb. 19 dargestellt, zusammen. Gemessen wird vom untersten sichtbaren Punkt eines Stehers, bis zur obersten Kante des Systems, die nicht immer die Schutzplanke sein muss, sondern auch als Gleitprofil ausgeführt sein kann.

Höhe bei gedübelten FRS:

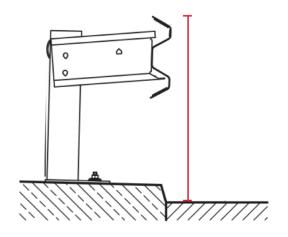


Abbildung 25: FRS Höhe, gedübeltes System Quelle: Eigene Darstellung Grundlage: Voestalpine, System 1 RH1C

Gedübelte FRS werden, genauso wie die gerammten Ausführungen, von der Oberkante bis zum Fahrbahnniveau gemessen. Hier muss unbedingt darauf geachtet werden, nicht die Bodenplatte, auf welcher der Steher montiert ist, irrtümlich als untersten Punkt heranzuziehen.

Systembreite:

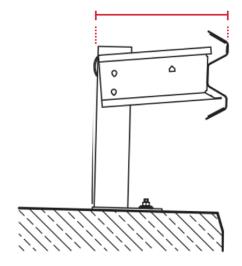


Abbildung 26: FRS Breite Quelle: Eigene Darstellung Grundlage: Voestalpine, System 1 RH1C Die Breite des Systems ergibt sich, wie in Abb. 26 gezeigt, aus dem Abstand zwischen der äußersten, der Fahrbahn zugewandten Kante und dem am weitesten davon entfernten Punkt.

Lochbild:



Abbildung 27:FRS Lochbild Quelle: Eigene Darstellung

0000

8 Schrauben

Abbildung 28: Lochbildvariante 8 Schrauben Quelle: Eigene Darstellung Mit dem Begriff "Lochbild" wird die Anordnung sowie die Anzahl der Schrauben auf einem Stoß bezeichnet. FRS Hersteller haben oft charakteristische Lochbildausführungen, die dementsprechend ein wichtiger Hinweis zur Systemidentifikation sein können. Abbildung 28 stellt beispielhaft eine mögliche Variante dieser Schraubenzusammensetzung dar.

Es zeigt die Anordnung von 8 Schrauben in einer 2-2-2-2 Variante, die sowohl bei den 2-welligen Systemen der italienischen Hersteller, als auch bei bestimmten FRS Typen der Voestalpine vorkommen kann.

Wellenaufhängung:

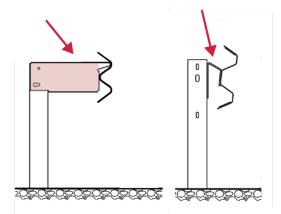


Abbildung 29: FRS Wellenaufhängung

Quelle: Eigene Darstellung

Grundlage: Voestalpine, System 2 RH1 B/1 RH1 C

Die Art und Weise, wie die Schutzplanke auf dem Steher befestigt ist, wird in der vorliegenden Arbeit als "Wellenaufhängung" bezeichnet und kann ein wichtiger Indikator für den Systemtyp sein. Die Wellenaufhängung kann breit oder schmal, gerade oder schräg sein. Bei manchen FRS ist die Leitplanke auch direkt auf den Stehern, also ohne Zwischenstück, montiert.

Deflektionsbereich:

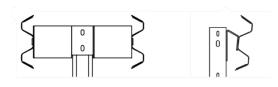


Abbildung 29: FRS Deflektionsbereich

Quelle: Eigene Darstellung

Grundlage: Voestalpine, System 1 MH2/1 RH1 C

Als "Deflektionsbereich" wird die seitliche Ausrichtung eines FRS bezeichnet. Man unterscheidet hierbei einseitige Systeme, die am Fahrbahnrand eingesetzt werden und beidseitige Systeme, die vor allem in der Mittelteilung von Richtungsfahrbahnen Anwendung finden.

Für die in Österreich freigegebenen FRS aus Stahl wurden im Anschluss an diese Recherche übersichtliche Systemdatenblätter angefertigt, die alle diese Merkmale der einzelnen Systeme identifizieren und zusammenfassen. Neben diesen visuellen Charakteristika werden außerdem die jeweiligen sicherheitsrelevanten Eigenschaften, wie Aufhaltestufe oder Wirkungsbereich, angegeben. Beispiele für diese Systemdatenblätter sind im späteren Verlauf der Arbeit (siehe Abb. 39, 40 und 41) zu sehen.

Merkmale von FRS aus Beton

Wie am Beginn der Arbeit bereits begründet, erfolgt die Klassifikation von Betonleitsystemen im Rahmen dieser Arbeit nicht im selben Detailierungsgrad, wie die Klassifikation der FRS aus Stahl. Im Fall von Betonsystemen wird nur zwischen den zwei möglichen Ausführungsmaterialien Ort- und Fertigbeton differenziert. Die dafür relevanten Eigenschaften werden im folgenden Abschnitt erläutert.

Elementlänge:

Die Länge der einzelnen Elemente ist, besonders bei Leitwänden aus Fertigbeton, ein wichtiges Merkmal zur Systemidentifikation. Fertigbetonelemente haben, abhängig vom Systemtyp, eine Standardlänge. Die Herstellung von Ortbetonsystemen wiederrum unterliegt in diesem Zusammenhang keiner einheitlichen Regelung, die Elementlänge kann deshalb zwischen 4 und 6 Metern variieren.⁸⁴

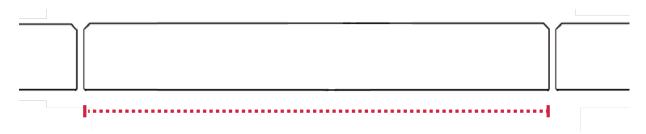


Abbildung 31: Elementlänge von Betonleitwänden

Quelle: Eigene Darstellung

Systemhöhe:

Die Höhe von FRS aus Beton wird, genauso wie bei den Stahlsystemen, von der Oberkante der Leitwand, bis zum Fahrbahnniveau gemessen.

_

⁸⁴ Vgl. Barnas 2016

Entwässerungsöffnungen:

Leiteinrichtungen aus Fertigbeton haben in rund 95% der Fälle Entwässerungsöffnungen. Dies sind Durchlässe im Beton, die bei Regen das Abfließen des Wassers von der Fahrbahn durch die Leitwand ermöglichen. Ortbetonleitwände haben, aufgrund ihrer Herstellungsweise, keine derartigen Öffnungen.⁸⁵

Fugen:

Sowohl Ort- als auch Fertigbetonleitwände bestehen aus einzelnen, zusammengesetzten Elementen. Zwischen diesen Einzelteilen existieren sichtbare Fugen, anhand derer sich die Elementbreite leicht feststellen lässt. Je nach Systemtyp variiert außerdem die Breite der Fugen, die somit ebenfalls ein wichtiges Merkmal zur Systemidentifikation darstellt.⁸⁶

Farbe:

Ein wesentlicher Unterschied, besonders hinsichtlich der rein visuellen Unterscheidung von Ort- und Fertigbetonsystemen, ist die Farbe des Betons. FRS aus Ortbeton weisen meist eine sehr helle Färbung auf, während Fertigbetonsysteme dunkler sind.⁸⁷

Bei näherer Betrachtung der in Österreich zugelassenen Betonleitwände fällt auf, dass im Bereich der Fertigbetonsysteme ein weitaus größeres Angebot besteht, als bei jenen aus Ortbeton. Während aktuell 32 Fertigbeton-FRS zugelassen sind, findet sich auf der Freigabeliste des bmvit lediglich ein System aus Ortbeton wieder.88

⁸⁵ Vgl. Barnas 2016

⁸⁶ Vgl. ebd.

⁸⁷ Vgl. ebd.

⁸⁸ Vgl. bmvit, Fahrzeug - Rückhaltesysteme, Einsatzfreigaben 2017

4.3.2 Aufbau eines sinnvollen Klassifikationsablaufes

Die, in den vorangegangenen Kapiteln ausführlich behandelten visuellen FRS Merkmale werden in einem nächsten Schritt nach ihrer Relevanz für die Klassifikation hierarchisch gereiht. Abbildung 32 zeigt dementsprechend, welche Merkmale zuerst beurteilt werden sollten, um die Auswahl an in Frage kommenden Systemtypen möglichst schnell einzuschränken und somit den Arbeitsablauf effizient zu gestalten. Es befinden sich dementsprechend jene Aspekte der Klassifikation weiter oben, die sich bei visueller Analyse besonders schnell erkennen lassen. Je weiter unten im Verlauf sich eine Systemeigenschaft befindet, desto detaillierter muss das FRS, zur Bestimmung dieser, betrachtet werden.

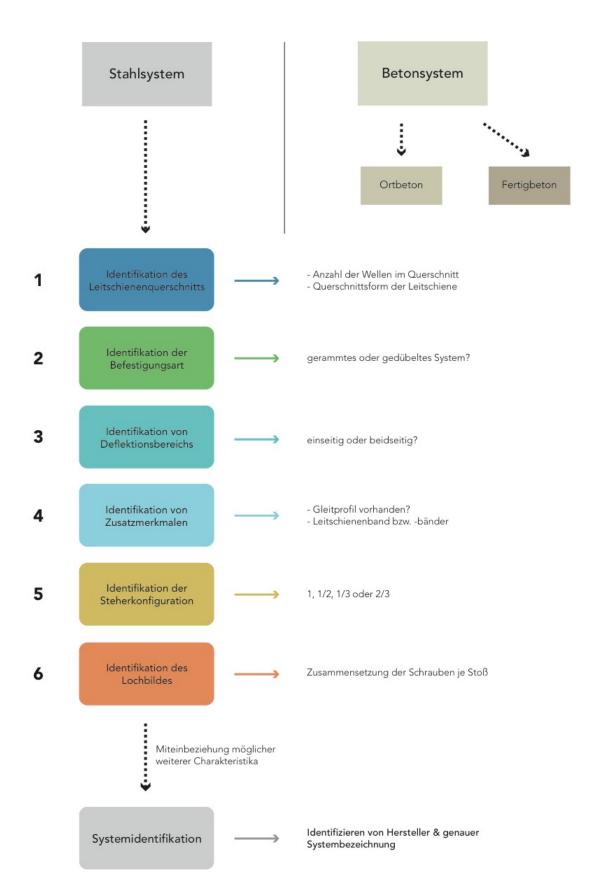


Abbildung 32: FRS Klassifikationsablauf Quelle: Eigene Darstellung

4.3.3 Integration der Klassifikationsmethode in die Softwareanwendung RoadVISS

Die in Kapitel 4.3 dargelegten Kriterien der Klassifikation werden in einem nächsten Schritt in ein speziell dafür entwickeltes Analyseprogramm (RoadVISS) integriert, welches im Zuge der empirischen Untersuchung dieser Arbeit zur FRS Identifikation angewendet wird. Die Gestaltung und Bedienung des RoadVISS wird in Kapitel 5 ausführlich dokumentiert. An dieser Stelle soll dennoch die grobe Funktionsweise kurz umrissen werden, um die Bedeutung dieses Schrittes im Gesamtablauf der FRS Klassifikation zu verdeutlichen.

In der RoadVISS Software scheinen jene, bereits vorgestellten, visuellen Merkmale, die für die Identifikation von FRS relevant sind, in einer Abfragemaske auf. Parallel zur Betrachtung der FRS in den Analysevideos können dort die jeweiligen Merkmalsausprägungen eingegeben werden. Im Idealfall schränkt sich die Auswahl an möglichen Systemen nach einigen Eingaben ein und es bleiben nur noch einige wenige in Frage kommende FRS übrig. Wenn nötig, folgt dann ein Detailabgleich anhand der Systemdatenblätter (Abb. 39, 40 und 41), um die Systemidentifikation abzuschließen. Die jeweilige FRS Bezeichnung kann dann mit einem letzten Klick in einer Microsoft Access Datenbank abgespeichert und mithilfe der geografischen Informationssoftware ArcMap verortet werden. Gleichzeitig existiert im Hintergrund des Programmes eine weitere Datenbank, die alle relevanten Eigenschaften der zugelassenen FRS enthält. Verknüpft man diese beiden Listen, so erhält man Informationen zu den identifizierten und verorteten Systemen inklusive den, ihnen zugeordneten, Eigenschaften.

Das RoadVISS ist somit eine Software welches die, im Rahmen dieser Arbeit entwickelte Klassifikationssystematik zu einem Teil automatisiert und somit die, in Kapitel 5 folgende, FRS Analyse erleichtert.

5. Empirische Überprüfung der Klassifikationssystematik für FRS mittles Videoanalysen

Ein wesentlicher Bestandteil der vorliegenden Forschungsarbeit ist neben der Entwicklung einer Klassifikationsmethode für Fahrzeugrückhaltesysteme auch die praktische Überprüfung ebendieser. Dabei sollen die Funktionalität und Praktikabilität der Methode sowie des dafür entwickelten Softwaretools RoadVISS in der Praxis getestet werden. Ziel dieses Vorgehens ist die kritische Bewertung der erarbeiteten Klassifikationssystematik im Kontext des definierten Forschungsanliegens.

Kapitel 5 beschreibt zunächst die Vorgehensweise bei der Auswahl der, zur Überprüfung mittels Videoanalyse herangezogenen Autobahn- und Schnellstraßenabschnitte. Im Anschluss daran wird der Klassifikationsablauf zuerst allgemein beschrieben und danach anhand eines konkreten Beispiels im Detail durchlaufen. Während die dabei erfassten Daten eine wichtige Grundlage für das darauffolgende Analysekapitel 6 bilden, werden die methodenbezogenen Ergebnisse bereits in Kapitel 7 zusammengefasst.

5.1 Auswahl der Autobahnen und Schnellstraßen für die Überprüfung

Die Überprüfung der Klassifikationssystematik soll auf ausgewählten Autobahn- und Schnellstraßenabschnitten durchgeführt werden, die den Durchschnitt des hochrangigen Straßennetzes in Österreich möglichst repräsentativ abbilden. Vor diesem Hintergrund werden mehrere Testabschnitte ausgewählt, die mithilfe eines Fahrzeuges mit spezieller Kameraausrüstung befahren werden und somit die Basis für die späteren Videoanalysen darstellen.

Diese Auswahl erfolgt im Zuge eines strukturierten Entscheidungsfindungsprozesses, in welchem zuerst relevante Kriterien festgelegt und deren Bewertung definiert werden. Im Anschluss daran werden diese Kriterien in Form einer Matrix mit den möglichen Teststreckenabschnitte kombiniert, wodurch eine übersichtliche Bewertung möglich wird.

5.1.1 Festlegung relevanter Auswahlkriterien

Die im Folgenden aufgelisteten Straßeneigenschaften werden im Zuge der Teststreckenauswahl berücksichtigt. Betrachtet werden dabei nicht nur Kriterien, die sich auf die Eigenschaften der unterschiedlichen Strecken beziehen, sondern auch organisatorische Aspekte, die im Hinblick auf die praktische Umsetzung der Befahrungen relevant erscheinen.

Lage/Nähe zu Wien

Um eine gewisses Maß an Effizienz im gesamten Testverlauf gewährleisten zu können, ist die Nähe der Teststrecken zu Wien ein wesentliches Kriterium. Es werden Autobahnen und Schnellstraßen bevorzugt, deren Erreichbarkeit innerhalb einer Stunde vom Standort des Austrian Institute of Technology im 21. Wiener Gemeindebezirk, dem Ausgangspunkt der Befahrungen zur Aufnahme der Analysevideos, gegeben ist. Dies ermöglicht im Fall von fehlerhaften Aufnahmen oder anderen Problemen die Durchführung erneuter Befahrungen, ohne einen zu hohen zeitlichen Aufwand.

<u>Betriebslänge</u>

Die Festlegung einer Mindestlänge für die auszuwählenden Abschnitte erscheint aus Gründen der Vergleichbarkeit sowie hinsichtlich einer praktikablen Vorgehensweise sinnvoll. Jede Autobahn und Schnellstraße sollte deshalb mindestens 15km lang, ohne Unterbrechung, befahren werden können.

Tunnelanzahl

Im Hinblick auf die Verwertbarkeit der aufgezeichneten Testvideos, sollten die zu befahrenden Abschnitte möglichst geringe Tunnelabschnitte aufweisen. Da in Tunneln in der Regel keine Fahrzeugrückhaltesysteme verwendet werden, diese aber dennoch durchfahren werden müssen, kommt es dort zur Aufzeichnung von unbrauchbarem Videomaterial. Lediglich die Absicherung von Tunnelportalen kann im Kontext der FRS Analyse ein interessanter Faktor sein.

Bauzeitraum

Welche FRS Typen entlang von Autobahnen- und Schnellstraßen aufgestellt sind, hängt oft vom Bauzeitraum der jeweiligen Trasse ab. Jüngere Streckenabschnitte weisen meist neuere Systemtypen auf als jene, die schon längere Zeit in Betrieb sind. Um eine möglichst hohe Systemvielfalt zu erreichen fließt deshalb auch der Bauzeitraum von Autobahnen- und Schnellstraßen als Auswahlkriterium mit ein.

Baustellenabschnitte

Aufgrund von Baustellen kommt es zu temporären Veränderung der Fahrbahnumgebung. Durch alternative Spurführungen und Baustellenfahrzeuge wird die Sicht auf Fahrzeugrückhaltesysteme, wenn diese nicht ohnehin demontiert wurden, oft beeinträchtigt. Baustellenabschnitte werden deshalb im Rahmen der Überprüfung als solche identifiziert und nicht in der regulären Bewertung berücksichtigt. Autobahnen und Schnellstraßen, auf denen während des Erhebungszeitraumes viele Baustellen geplant sind, sollten deshalb ausgeschlossen werden.

Vorhandensein eines Pannenstreifens

Das Befahrung eingesetzte Fahrzeug muss aufgrund der Kamerawinkel einen gewissen seitlichen Abstand zum Fahrzeugrückhaltesystem aufweisen, damit dieses in den Videos optimal sichtbar ist. Kann dieser Abstand aufgrund des Fehlens eines Pannenstreifens nicht eingehalten werden, sind die Aufnahmen nicht verwertbar.

5.1.2 Auswertung der Kriterien

Die folgende Tabelle bildet zeilenweise jene Autobahnen und Schnellstraßen ab, die aufgrund ihrer räumlichen Nähe zu Wien für die praktische Überprüfung der Klassifikationssystematik in Betracht gezogen werden können. In den Spalten finden sich die Ausprägungen der in Kapitel 5.1.1 aufgelisteten Auswahlkriterien wieder.

Strecke	Streckenname	Betriebslänge in km	Mindestlänge erfüllt	Bundesländer	Bauzeitraum	Anzahl der Tunnel	Baustellenanzahl **	Anteil Abschnitte ohne PS
A1	West Autobahn	292	ja	W, NÖ, OÖ, Sbg	1941-1967	1	2	gering
A2	Süd Autobahn	377	ja	W, NÖ, Stmk, Bgld, Ktn	1962-2007	22 (bis km 115 nur 1)	2	gering
А3	Südost Autobahn	38	ja	NÖ, Bgld	1974-1999	0	0	keine Daten vorhanden
A4	Ost Autobahn	66	ja	W, NÖ, Bgld	1978-2000	6	1	gering
A21	Wiener Außenring Autobahn	38	ja	W, NÖ	1962-1982	0	0	hoch
A22	Donauufer Autobahn	34	ja	W, NÖ	1964-2006	4	1	hoch
A23	Wiener Südosttangente	18	ja	W	1970-1993	6	0	sehr hoch
S1	Wiener Außenring Schnellstraße	40	ja	W, NÖ	2004-2009	10 (~9,5 km Tunnel)	0	
S2	Donaukanal Schnellstraße	7	nein	W	1993-2009	0	0	
S3	Waldviertler Schnellstraße	22	ja	NÖ	1986-2009	0	1	
S5	Badener Schnellstraße	45	ja	NÖ	1997-2007	0	0	
S6	Semmering Schnellstraße	105	ja	NÖ, Stmk	1974-2004	14	0	
S33	Kremser Schnellstraße	28	ja	NÖ	1980-2006	0	0	

^{*} UHS auf Rampen nicht berücksichtigt

Tabelle 11: Kriterien zur Auswahl der Teststrecken

Quelle: Eigene Darstellung

Datengrundlage: Asfinag 2012/ Asfinag 2017/ interne Auswertungn AIT

Bis auf die S2 erfüllen alle Straßen das Längenkriterium von 15 Kilometern und eignen sich deshalb grundsätzlich für die Testung der Klassifikationssystematik.

Neben den zuvor beschriebenen Attributen, werden außerdem noch weitere, "weichere" Kriterien betrachtet, die aufgrund ihrer schlechten Quantifizierbarkeit keinen direkten Eingang in die Matrix finden. Im nächsten Schritt des Auswahlverfahrens werden aber auch diese miteinbezogen.

Anzahl unterschiedlicher Streckenabschnitte

Um eine gewisse Vielfalt und Repräsentativität zu erreichen, erscheint es sinnvoll so viele Testabschnitte wie, im Rahmen der zeitlichen Ressourcen möglich, auszuwählen. Das Heranziehen mehrerer kurzer Streckenabschnitte für die Überprüfung erscheint deshalb zielführend.

^{**} Zeitraum März-Juli 2017

Trassierung/Streckenvariation

Die ausgewählten Abschnitte sollen in ihren Ausprägungen so vielfältig wie möglich sein. Abhängig von den topografischen Rahmenbedingungen können Autobahnen und Schnellstraßenabschnitte eben oder steil, geradlinig oder besonders kurvig ausfallen. Davon beeinflusst ist auch die Auswahl der FRS Typen. Um eine große Bandbreite an Systemen zu erhalten ist deshalb die Beachtung möglichst unterschiedliche trassierter Abschnitte anzustreben.

Unterbrechungen der Fahrbahngestaltung

Durch Brücken oder Rampen ergeben sich immer wieder Unterbrechungen in der Fahrbahnabsicherung. Dies erhöht die Wahrscheinlichkeit eines oftmaligen Systemwechsels und lässt somit eine größere FRS Vielfalt vermuten. Streckenabschnitte mit vielen derartigen Wechseln sind deshalb gegenüber anderen zu bevorzugen.

5.1.3 Begründung der Streckenauswahl

Auf Basis aller oben genannten Ansprüche an die Streckenabschnitte für die Testklassifikation ergeben sich mehrere mögliche Auswahlvarianten, die an dieser Stelle jedoch nicht ausführlicher diskutiert werden sollen.

In jedem Fall sollen aber sowohl Autobahn- als auch Schnellstraßenbereiche in der Untersuchung betrachtet werden, die eine möglichst hohe Vielfalt und Variation versprechen, sich gleichzeitig aber auch für eine effiziente Untersuchung in der Praxis gut eignen.

Unter den Schnellstraßen, die im Nahbereich der Stadt Wien gelegen sind wurde der südliche Abschnitt der S1, der Wiener Außenring Schnellstraße ausgewählt. Aufgrund der variantenreichen Streckenführung und dem vergleichsweise jungen Errichtungszeitraum eignet sich dieser, trotz zwei längeren Tunnelabschnitten (1880m bei Rannersdorf und 900m bei Vösendorf), hervorragend für die geplante Analyse.

- S1, Teilstrecke (Abschnitt Süd), 11km - 0km

Knoten Vösendorf – Schwechat

Neben diesem Schnellstraßenabschnitt werden auch zwei Autobahnteilstrecken für die FRS

Analyse herangezogen. Die A2, als eine der ältesten Autobahnen Österreichs, wird ab dem

Knoten Vösendorf bis zur Abfahrt Neunkirchen befahren. Nicht nur aufgrund der praktikablen

Vorteile für die Befahrung (direkter Übergang in die S1), sondern auch wegen der wenigen

Abschnitte ohne Pannenstreifen und geringen Tunnelanzahl bietet sie sich für die Überprüfung

an.

- A2, Teilstrecke, 0km - 60km

Vösendorf – Neunkirchen

Um auch jüngere Autobahnabschnitte für etwaige Vergleiche zu haben, wird außerdem die

A22, die Donauufer Autobahn, befahren. Es handelt sich dabei um eine Autobahn, die zum Teil

aus ehemaligen Schnellstraßenabschnitten entstanden ist und durch diese nachträgliche

Umwandlung potentiell spannende Untersuchungsaspekte aufweist.

- A22, komplett, 0km - 33km

Wien - Stockerau

Insgesamt stehen somit knapp 100 Autobahn- und Schnellstraßenkilometer für die

Videobefahrungen, die darauffolgende FRS Klassifikation und die abschließende Analyse zur

Verfügung. Alle Abschnitte werden insgesamt viermal befahren, jeweils in beide

Fahrtrichtungen sowie mit zwei unterschiedlichen Kameraausrichtungen, zur Aufnahme

sowohl der Rand- als auch der Mittelsysteme.

69

5.2 Beschreibung der Durchführung der empirischen Überprüfung

Die Überprüfung der entwickelten Klassifikationssystematik erfolgt, wie in Kapitel 5.1 eingehend erläutert, auf drei ausgewählten Autobahn- und Schnellstraßenabschnitten. Betrachtet werden dabei jeweils die FRS am Fahrbahnrand, da im Mittelbereich oft Betonsysteme, die von der entwickelten Klassifikationssystematik ausgeschlossen sind, dominieren.

Da die inhaltlichen Ergebnisse der Klassifikation schwer darstellbar sind und ohne weitere Bewertung oder Analyse wenig Aussagekraft haben, liegt der Fokus dieses Kapitels auf der detaillierten Beschreibung der Vorgehensweise bei der Systemklassifikation. Diese wird zuerst allgemein beschrieben und danach, zur besseren Verdeutlichung des genauen Ablaufes noch einmal anhand eines konkreten Beispiels durchlaufen.

5.2.1 Detaillierte Beschreibung des Klassifikations-Workflows

Ein wesentlicher Schritt zwischen der Aufnahme der Testvideos und der FRS Klassifikation ist die Aufbereitung und Kontrolle des Videomaterials. Um eine optimale Nutzung erzielen zu können, müssen die Videos in das richtige Format gebracht und auf mögliche Aufnahmefehler überprüft werden. Auf diesen Schritt wird an dieser Stelle, aufgrund fehlender Relevanz für die inhaltliche Kernthematik der Arbeit, jedoch nicht weiter eingegangen.

Im folgenden Abschnitt werden die Arbeitsschritte, die im Rahmen der FRS Klassifikation notwendig sind, der Reihe nach erläutert.

1) Grundeinstellungen in RoadVISS

Öffnet man das ausgewählte Video in der RoadVISS Software, so werden standardmäßig zwei Kameraansichten angezeigt, CAM 1 und CAM 2 (siehe Abb. 34). Für einen umfassenden Blick auf das FRS sind jedoch alle verfügbaren Aufnahmewinkel relevant, weshalb unter dem Menüpunkt "View" unter "View third Camera" und "View fourth Camera" auch die Dachkamera (CAM 3, Abb. 42) sowie die Frontkamera (CAM 4, Abb. 43) dazu geschalten werden sollten. Außerdem ist es, vor Beginn der eigentlichen

Klassifikation, sinnvoll zu kontrollieren, ob die Angabe des Betriebskilometers in RoadVISS mit den Kilometrierungen in den Videos übereinstimmt. Dazu vergleicht man die regelmäßig angebrachten Kilometertafeln am Rand der Fahrbahn mit den Werten, die in RoadVISS in der "BetriebsKM"-Anzeige angegeben werden.

2) Klassifikation in RoadVISS

Die Klassifikation der Systeme erfolgt in einem, zusätzlich zur Standardansicht unter "FRS Detail" zu öffnenden, Fenster. Dort können in der bereitgestellten Eingabemaske jene Systemeigenschaften ausgewählt werden, die in den Videos eindeutig erkennbar sind. Die Auswahl an möglichen Systemtypen passt sich diesen Eingaben automatisch an und wird infolgedessen immer weiter eingeschränkt. Bleiben nach der Eingabe aller klar erkennbaren Parameter mehrere Systeme in der Auswahl übrig, so ist ein visueller Abgleich des FRS im Video mit den Systemdatenblättern (siehe Abb. 39, Abb. 40 und Abb. 41) notwendig. Diese können direkt im Eingabefenster durch einen Doppelklick auf die jeweilige Systembezeichnung geöffnet werden und beinhalten neben allen relevanten Klassifikationseigenschaften auch Skizzen und Abbildungen, wodurch ein umfassender Abgleich ermöglicht wird. Ist das System identifiziert, wird die Systembezeichnung inklusive der dazugehörigen Eigenschaften durch Markieren und einen anschließenden Klick auf "Speichern" automatisch in eine Datenbank eingetragen.

Kann das zu identifizierende FRS keinem der vorgeschlagenen Systembezeichnungen zugeordnet werden, so gibt es, je nach Ursache, einige weitere Eintragungsmöglichkeiten:

- **Unbekannt Baustelle:** Die Klassifikation in Baustellenbereichen ist oft, beispielsweise aufgrund beeinträchtigter Sichtverhältnisse, nicht möglich.
- **Unbekannt:** Es können nicht genügend Merkmale zur eindeutigen Klassifikation identifiziert werden.
- **Nicht geprüft:** Nach Eingabe aller eindeutig erkennbaren Parameter bleibt kein System mehr übrig, das noch in Frage kommt. Es muss sich dementsprechend um ein nicht in der zugrundeliegenden FRS Freigabeliste vorkommendes System handeln.

- Leitwand Ortbeton
- Leitwand Fertigbeton

3) Koppelung mit ArcMap

Zusätzlich zur Ablage in einer Datenbank gibt es außerdem die Möglichkeit diese Daten mithilfe der Geoinformationssoftware ArcMap direkt zu verorten. Koppelt man RoadVISS mit ArcMap, ermöglicht dies ein synchrones Fortbewegen der beiden Programme. ArcMap erzeugt dabei, gestützt auf die Videokoordinaten, eine "Figur", die das Messfahrzeug symbolisiert und anzeigt, auf welcher Position entlang der Strecke sich dieses gerade befindet. Voraussetzung dafür ist eine ArcMap Datei, die die relevanten Straßen- und FRS Graphen bereits enthält. Die Informationen zu den Systemtypen können so direkt in die Attributtabellen der einzelnen Polylinien dieses Graphen, die die jeweiligen FRS symbolisieren, abgespeichert werden.

4) Klassifikation der Anfangs-, End- und Übergangsbereiche

Wie in Kapitel 4.2 bereits erläutert, zählen die Anfangs- und Endkonstruktionen von FRS nicht zum eigentlichen System und müssen deshalb bei der Klassifikation getrennt betrachtet werden. In ArcMap werden dementsprechend für Anfangselemente, FRS, etwaige Übergänge und Endelemente jeweils eigene Polylinien verwendet. Im Idealfall geschieht diese Unterteilung bereits einen Schritt vor der Klassifikation. Die Bezeichnung dieser Systemelemente wird, genauso wie bei den FRS, in die Attributtabelle der jeweiligen Polylinie eingetragen (siehe Abb.31).

Folgende Eintragungen sind möglich:

- Kurzabsenker "kabs"
- Langabsenker "labs"
- Terminal "term"
- Anpralldämpfer "anpd"
- Betonabsenker "babs"
- Verschwenkung "versch"

- Übergangsbereich "trans"

FID	26121
FID_	0
Entity	LWPolyline
Layer	kabs
Color	2
Linetype	Continuous
Elevation	0
LineWt	140
RefName	
StrCode	A22
RHS	kabs

Abbildung 33: Eintragung der Systemelementbezeichnung in ArcMap Quelle: Eigene Darstellung. Datenauswertung in Esri ArcMap

Bei Übergangsbereichen, den sogenannten "Transitions" handelt es sich um jene FRS Abschnitte, an welchen ein System in ein anderes übergeht. Diese werden, so wurde es im Rahmen dieser Analyse festgelegt, vom jeweils letzten Stoß des vorhergehenden Systems bis zum ersten Stoß des darauffolgenden FRS eingemessen. Übergangsbereiche werden nicht wie FRS getestet, wodurch keine Angaben zu Aufhaltestufe, Wirkungsbereich und Anprallheftigkeit existieren. Im Zuge der Klassifikation werden derartige Bereiche deshalb als ungeprüft gekennzeichnet.

5.2.2 Beispielhafte Klassifikation eines FRS

Um diesen komplexen Klassifikationsvorgang verständlicher darzustellen, wird im folgenden Kapitel die zuvor beschriebene Vorgehensweise anhand eines konkreten Beispiels noch einmal im Detail durchlaufen und durch Screenshots der einzelnen Schritte veranschaulicht.

Identifiziert wird ein FRS am Beginn der Wiener Außenring Schnellstraße S1, Abschnitt Süd in Fahrtrichtung Schwechat.

Die folgenden beiden Abbildungen zeigen die Standardansicht des RoadVISS mit den ausgewählten Kameraaufnahmen 1 und 2 (Abb. 34) und die daran gekoppelte Datei in ArcMap (Abb. 35). Die Ansichten der Front- und Dachkamera sind an einer späteren Stelle im Kapitel

abgebildet (siehe Abb.42 und Abb. 43) und werden für die Klassifikation unbedingt benötigt. Die kombinierte Darstellung dieser beiden Softwares ist der Ausgangspunkt für jede Systemklassifikation.

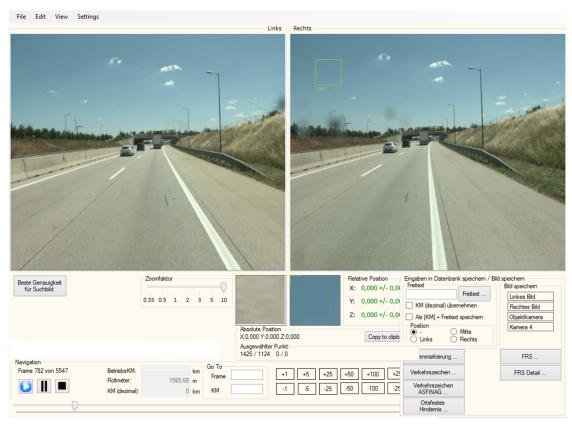


Abbildung 34: Klassifikationssoftware RoadVISS, CAM 1 und CAM 2 Quelle: Eigene Darstellung.

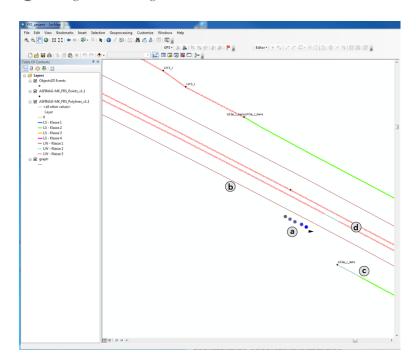


Abbildung 35: Darstellung der Daten bei der Klassifikation in ArcMap Quelle: Eigene Darstellung. Datenauswertung in Esri ArcMap

- a) Messfahrzeug
- b) Straßengraph
- c) Randabsicherung
- d) Mittelabsicherung

Bewegt man die Kameraeinstellung in RoadVISS zu der Stelle, an dem sich der Beginn des zu klassifizierenden FRS befindet, so übernimmt auch die Figur, die das Messfahrzeug in ArcMap symbolisiert diese Position (siehe Abb. 34 und Abb. 35). So lassen sich die Polylinien, die die jeweiligen Systeme repräsentieren, einfach finden.

Im ersten eigentlichen Klassifikationsschritt, wird das Fenster "FRS Detail" geöffnet, um dort alle eindeutig erkennbaren Merkmale aus einer bereitgestellten Liste auszuwählen. (siehe Abb. 36)

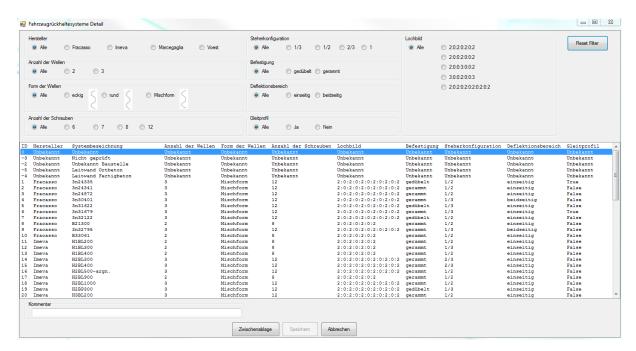


Abbildung 36: Eingabemaske für die FRS Klassifikation

Quelle: Eigene Darstellung



Abbildung 37: FRS Klassifikationsbeispiel, Lochbild mit 12 Schrauben Quelle: Eigene Darstellung

Die Eingabe all dieser, visuell erkennbaren Merkmalsausprägungen schränkt die Auswahl an möglichen Systemen bereits merklich ein. Fünf mögliche Systemtypen bleiben übrig, die sich anhand der festgelegten Merkmale nicht weiter differenzieren lassen (siehe Abb. 38).

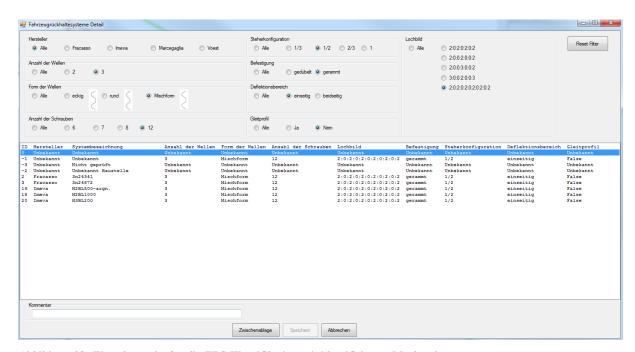


Abbildung 38: Eingabemaske für die FRS Klassifikation mit identifizierten Merkmalsausprägungen Quelle: Eigene Darstellung

In diesem Fall ist nun ein manueller Abgleich der einzelnen Systeme anhand der Übersichtsdatenblätter notwendig. Um die Übersicht an dieser Stelle behalten zu können, wird die Auswahl dieser Datenblätter auf drei FRS voreingeschränkt. Abb.37, Abb.38 und Abb.39 zeigen die Übersichten dieser drei möglichen Systeme:

- "Fracasso 3n24341"
- "Fracasso 3n24872"
- "Imeva H2 BL500-argn."



Abbildung 39: Übersichtsdatenblatt Fracasso 3n24341 Quelle: Eigene Darstellung Datengrundlage: Fracasso 2017

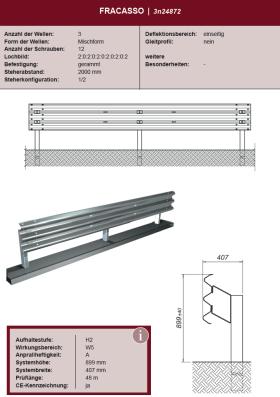


Abbildung 40: Übersichtsdatenblatt Fracasso 3n24872 Quelle: Eigene Darstellung Datengrundlage: Fracasso 2017

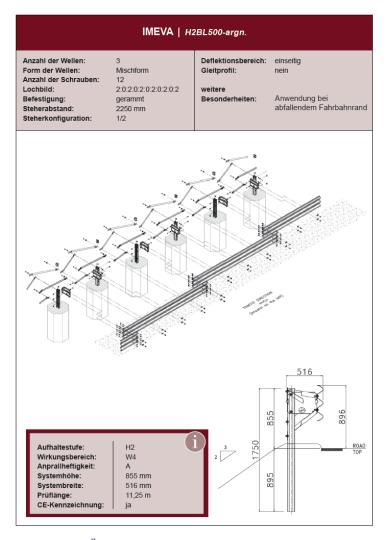


Abbildung 41: Übersichtsdatenblatt Imeva H2BL500-argn.

Quelle: Eigene Darstellung Datengrundlage: Imeva 2017

Vergleicht man die Abbildungen der einzelnen Systeme mit dem Praxisbeispiel aus dem Video, so zeigt sich, dass das System "Fracasso 3n24341" nicht in Frage kommt. Die Steher dieses FRS ragen oben über die Leitplanke hinaus. Im Video sind diese, wie anhand der Aufnahmen von Dach- (Abb.40) und Frontkamera (Abb.41) erkennbar, allerdings nicht sichtbar.

Betrachtet man das Datenblatt des Imeva-Systems, so fällt die eigenwillige Verstrebung der Steher auf der Rückseite des FRS ins Auge. Diese Querbalken ragen bis unter die Leitplanke und sollten deshalb mit freiem Auge erkennbar sein. Das System im Video weist jedoch keine derartigen Streben auf und kann somit eindeutig dem Typ "Fracasso 3n24872" zugeordnet werden.



Abbildung 42: FRS Klassifikationsbeispiel, Aufnahme Dachkamera (CAM 3) Quelle: Eigene Darstellung



Abbildung 43: FRS Klassifikationsbeispiel, Aufnahme Frontkamera (CAM 4) Quelle: Eigene Darstellung

Um die so gewonnenen Informationen zu sichern, kann die gesamte Systembezeichnung inklusive der klassifizierten Merkmale durch Markieren und einen Klick auf "Speichern" in einer Datenbank abgelegt werden. Möchte man die Bezeichnung direkt in ArcMap übertragen, so kann sie durch einen Klick auf "Zwischenablage" kopiert werden (siehe Abb. 44).

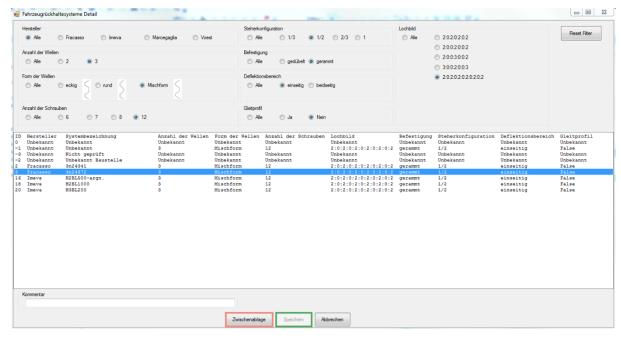


Abbildung 44: Eingabemaske für die FRS Klassifikation, Speichern- und Zwischenablage-Option Quelle: Eigene Darstellung

Um nun diese Informationen auf die entsprechende Polylinie in ArcMap zu übertragen, muss dort zuerst der Editor Modus aktiviert werden. Dann kann durch Markieren der, das FRS repräsentierenden Linie, die Attributtabelle dieser bearbeitet werden.

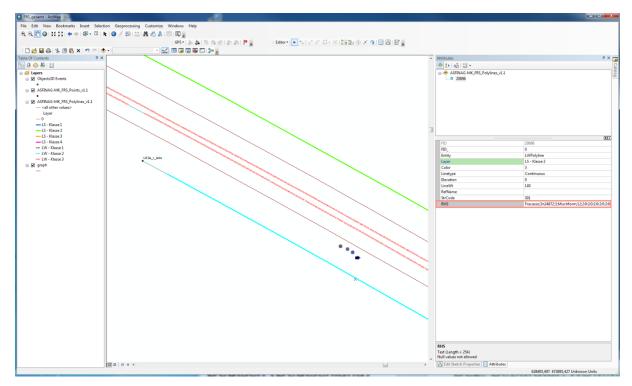


Abbildung 45: FRS Klassifikationsbeispiel, Verorten der Systeminformationen in ArcMap Quelle: Eigene Darstellung. Datenauswertung in Esri ArcMap

Die ermittelte Systembezeichnung kann in die Spalte "RHS", für Rückhaltesystem, mithilfe der Einfügen-Funktion eingetragen werden (Abb. 45). Wie zuvor bereits beschrieben, muss an dieser Stelle des Klassifikationsablaufes auch darauf geachtet werden, dass Übergangsbereiche sowie Anfangs- und Endelemente als separate Linien dargestellt werden. Ist eine Nachbearbeitung diesbezüglich notwendig, können Polylinien innerhalb des Editor-Modus entweder neu gezeichnet oder bestehende Linien mithilfe des Split-Werkzeugs in mehrere einzelne Abschnitte zerteilt werden.

Die Klassifikation von Betonleitsystemen erfolgt ausschließlich nach den Kategorien "Fertigbeton" und "Ortbeton". Die Kriterien zur Beurteilung dieses Unterschiedes sind in Kapitel 4.3.1 näher erläutert. Wichtig für die Klassifikationspraxis ist die Eintragung der entsprechenden Bezeichnung in die Spalte "RHS" der Attributtabelle. Ein Öffnen der "FRS Detail"-Eingabemaske ist dazu nicht notwendig.

Diese soeben Schritt für Schritt beschriebene Klassifikationsmethodik wurde auf alle FRS der ausgewählten Strecken angewendet. Ein Großteil der Systeme auf den jeweiligen Abschnitten der A2, A22 und S1 konnten im Zuge dessen identifiziert werden.

6. Praktische Anwendung der Klassifikationssystematik zur Analyse ausgewählter Verkehrssicherheitsaspekte

Um die im Rahmen dieser Diplomarbeit erarbeitete Klassifikationssystematik nicht nur methodisch zu testen, sondern auch zu zeigen, wozu die so gewonnenen Daten weiterverwendet werden können, wird in diesem Kapitel eine Analyse auf Basis ebendieser Daten durchgeführt. Untersucht werden die Aufstelllänge von FRS im Bereich von ortsfesten Hindernissen und die damit einhergehende Fragestellung der ausreichenden Absicherung. Die in der Realität gemessenen Längen werden dabei den empfohlenen Mindestlängen unterschiedlicher Length of Need Konzepte gegenübergestellt. Die zuvor klassifizierten Systemtypen spielen bei der Bestimmung dieser Mindestlängen eine wesentliche Rolle. Folgende Streckenabschnitte wurden für die LON Untersuchung herangezogen:

- A22, Knoten Stockerau-Wien, Außen (24km Videomaterial)
- **S1**, Knoten Vösendorf-Schwechat, Außen (11km Videomaterial)

Kapitel 6 beschreibt zuerst die Durchführung der Längenmessungen und geht dann auf die inhaltliche Vorgehensweise bei der Analyse der FRS Längen ein. Die ausgewerteten Ergebnisse dieser Untersuchung werden in den Kapiteln 7.1.1 und 7.1.2 übersichtlich aufbereitet und interpretiert, während die methodische Vorgehensweise in Kapitel 7.2.2 kritisch reflektiert wird.

6.1. Bewertung der Teststrecken anhand der FRS Aufstelllänge

6.1.1 Beschreibung der Messmethode

Die Length of Need ist, wie in Kapitel 3.2.2 eingehend beschrieben ein Konzept, das die, durch die Fahrbahnumgebung bedingte notwendige Aufstelllänge von FRS vorgibt und begründet. Ein häufiger Anlass zur Absicherung des Fahrbahnrandes sind ortsfeste Hindernisse, die ein großes Risiko für abkommende Fahrzeuge darstellen. Die Untersuchung in diesem Kapitel erhebt deshalb die tatsächlichen Längen von FRS im Bereich dieser Hindernisse und stellt diese

den Empfehlungen verschiedener LON Konzepte sowie auch den Vorgaben der RVS 05.02.31 gegenüber.

Einmessen der ortsfesten Hindernisse

In einem ersten Schritt werden dazu mithilfe der RoadVISS Software ortsfeste Hindernisse entlang der beiden Teststrecken verortet. Ausgewählt wurden für die Analyse zum einen Wegweiserbrücken-Rahmen (Abb. 46) und zum anderen Brückenpfeiler (Abb. 47). Diese Objektarten werden im LON Konzept der "Norwegian Public Roads Administration" als "high risk hazards" klassifiziert, da sie im Falle einer Kollision eine besonders hohe Gefährdung darstellen.⁸⁹



Abbildung 46: Ortsfestes Hindernis "Wegweiserbrücke-Rahmen" auf der S1 Quelle: Eigene Darstellung

-

⁸⁹ Vgl. Norwegian Public Roads Administration 2014: 67



Abbildung 47: Ortsfestes Hindernis "Brückenpfeiler" auf der S1 Quelle: Eigene Darstellung

Bereitstellen der Daten in ArcMap

Die verorteten Hindernisse können in einem nächsten Schritt anhand ihrer Koordinaten in ArcMap übertragen und gemeinsam mit den Straßen- und FRS Graphen eingeblendet werden. Diese Darstellung ermöglicht es, jene Systeme, die für die Analyse relevant sind, zu ermitteln und ihre Aufstelllängen herauszumessen.

Messen der FRS Längen

Bevor die Ermittlung der FRS Längen in ArcMap durchgeführt werden kann, ist die Erläuterung zweier unterschiedlicher Messvarianten notwendig:

Im Kontext der Absicherung von ortsfesten Hindernissen wird zwischen abzusichernden Punktobjekten und abzusichernden Strecken unterschieden. Es kann vorkommen, dass mehrere Objekte am Fahrbahnrand knapp hintereinander liegen, eine solche Strecke muss vom ersten bis zum letzten aufeinanderfolgenden Objekt einheitlich mit einem FRS abgesichert sein. Der maximale Abstand zwischen diesen Objekten wurde mit 32 Metern festgelegt. Alle weiter entfernt voneinander liegenden Hindernisse werden als einzelne Punktobjekte behandelt (siehe Abb. 48).

Dieser 32 Meter-Abstand ergibt sich aus einer durchschnittlichen FRS Prüflänge von ~50 Metern und der daraus resultierenden durchschnittlichen 1/3-Prüflänge von ~16 Metern. Geht man davon aus, dass wie in der RVS 05.02.31 festgelegt, sowohl vor als auch nach einem abzusichernden Objekt dieses Drittel der Prüflänge aufgestellt sein muss, so erscheint es sinnvoll, die doppelte Prüflänge als Grenze, innerhalb derer Objekte gleichmäßig abgesichert sein sollten, heranzuziehen. Ausgehend von der durchschnittlichen Prüflänge lässt sich so der Grenzwert von 32 Metern ableiten.⁹⁰

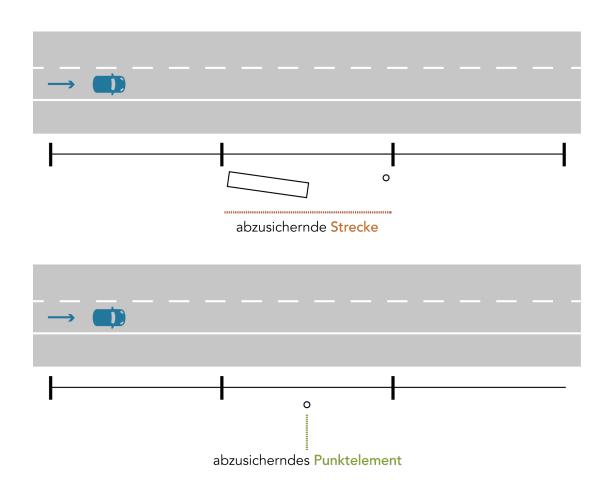


Abbildung 48: Vergleich der Absicherung von Punktelementen und Strecken Quelle: Eigene Darstellung

90 Vgl. FSV, RVS 05.02.31: 2007-11-01: 8

Zur Ermittlung der FRS Längen wird das Messwerkzeug in ArcMap verwendet. Gemessen und in einer Excel-Tabelle erfasst werden dabei die folgenden Distanzen:

- Länge der abzusichernden Strecke: wenn es sich nicht um ein Einzelobjekt handelt
- FRS Länge vor dem ortsfesten Hindernis: wenn es sich um eine Strecke handelt, wird vom ersten Objekt, das durch den jeweiligen FRS Abschnitt abgesichert ist, ausgegangen
- FRS Länge nach dem ortsfesten Hindernis: wenn es sich um eine Strecke handelt, wird vom letzten Objekt, das durch den jeweiligen FRS Abschnitt abgesichert ist, ausgegangen
- FRS Länge gesamt: gesamte Aufstelllänge des FRS parallel zur Fahrbahn, ohne Verschwenkungen oder etwaige Beginn- und Endelemente

Abbildung 49 zeigt die Darstellung der Daten in ArcMap und veranschaulicht die unterschiedlichen, zu vermessenden Längenabschnitte.

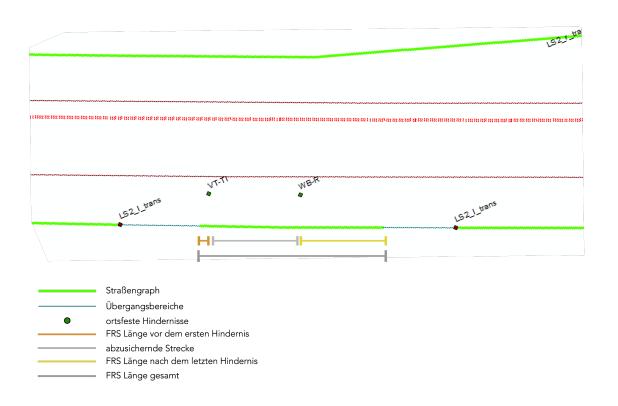


Abbildung 49: Darstellung der FRS Längenmessung in ArcMap Quelle: Eigene Darstellung. Datenauswertung in Esri ArcMap

Je nach Zielsetzung der Auswertung können unterschiedliche Messabschnitte für die Gegenüberstellung von Ideal- und Praxiswerten herangezogen werden. Die Length of Need Werte beispielsweise werden mit der FRS Länge vor dem ersten Hindernis verglichen. Die Prüflänge der RVS 05.02.31 wiederrum bezieht sich auf die gesamte Systemlänge.

6.1.2 Inhaltliche Beschreibung der durchgeführten Aufstelllängenanalyse

Die in ArcMap gemessenen FRS Längen werden in einem nächsten Schritt den Werten aus den unterschiedlichen LON Konzepten sowie den Festlegungen laut RVS 05.02.31 gegenübergestellt. Dazu werden die Length of Need Werte nach den unterschiedlichen Methoden ermittelt, wobei das "SAVeRS" Projekt aus dieser Analyse ausgeklammert wurde, da die für diese Berechnungsmethode erforderliche Distanz zwischen Fahrbahn, FRS und ortsfestem Hindernis im Rahmen der durchgeführten Messungen nicht erhoben werden konnte.

Norwegian Public Roads Administration - "Vehicle Restraint Systems and Roadside Areas"

Die staatliche Straßenverwaltung in Norwegen berechnet die LON anhand zweier Parameter, nämlich der erlaubten Höchstgeschwindigkeit sowie der Risikoeinstufung des potentiellen Hindernisses. Geht man, wie bei der vorliegenden Analyse der Fall, von einem hohen Risiko durch die ortsfesten Objekte aus, ergeben sich die, in Tabelle 12 dargestellten Empfehlungen für die FRS Aufstelllänge jeweils vor den Hindernissen. Diese sind in Tabelle 12 differenziert nach den drei Geschwindigkeitsbegrenzungen, die auf den untersuchten Testabschnitten auftreten, aufgelistet:91

Höchstgeschwindigkeit	LON		
80	85		
100	120		
130	150		

Tabelle 12: Length of Need Werte der norwegischen Berechnungsmethode

Quelle: Eigene Darstellung.

Datengrundlage: Norwegian Public Roads Administration 2014: 66

_

⁹¹ Vgl. Norwegian Public Roads Administration 2014: 66

Tomasch et al. - "Required length of guardrails before hazards"

Die LON Berechnung nach der Methode von Tomasch et. al ist von zwei unterschiedlichen Geschwindigkeitsangaben abhängig. Einfluss hat zum einen die Abkommensgeschwindigkeit, also die Geschwindigkeit, mit der ein Fahrzeug beim Abkommen von der Fahrbahn unterwegs ist. Diese wird im Zuge der Untersuchung mit der erlaubten Höchstgeschwindigkeit auf den jeweiligen Straßenabschnitten gleichgesetzt. Außerdem relevant ist die maximal akzeptable Anprallgeschwindigkeit im Falle einer Kollision von Fahrzeugen mit dem ortsfesten Objekt, wobei diese mit 0 km/h angenommen wird. Ziel ist hier also die gänzliche Vermeidung eines Anpralls. Folgende FRS Längen lassen sich, differenziert nach den drei relevanten Höchstgeschwindigkeiten, daraus ableiten:92

Höchstgeschwindigkeit	LON		
80	95		
100	150		
130	234		

Tabelle 13: Length of Need Werte nach der Berechnungsmethode von Tomasch et al.

Quelle: Eigene Darstellung.

Datengrundlage: Tomasch et al. 2011: 2117

RVS 05.02.31

In der RVS 05.02.31, die in Österreich auch die Aufstelllänge von FRS regelt, wird, wie in Kapitel 3.2.3 bereits beschrieben, eine andere Herangehensweise zur Ermittlung der Mindestaufstelllänge von Systemen gewählt. Die Richtlinie beruft sich auf die, in den jeweiligen Montageanleitungen dokumentierte, technische Prüflänge von FRS und schreibt fest, dass diese eingehalten werden muss. Außerdem ist darin festgelegt, dass sowohl vor als auch nach einem Hindernis oder einer abzusichernden Strecke jeweils ein Drittel ebendieser Länge montiert sein muss. Diese Bestimmungen sind völlig unabhängig von der erlaubten Höchstgeschwindigkeit und anderen, in den LON Methoden berücksichtigten, Parametern. Die

⁹² Vgl. Tomasch et al. 2011: 2117

folgende Tabelle zeigt anhand einiger Systemtypen beispielhaft, in welchem Spektrum sich die Prüflängen bewegen.93 Das 1/3 der Prüflänge ist dabei jener Wert, der den LON Empfehlungen direkt gegenübergestellt werden kann.

FRS	Prüflänge	1/3 Prüflänge	
Voest 1RH2 gerammt	57m	19m	
Voest 1RH3 gerammt	57m	19m	
Voest 1RH3 gedübelt	49,4m	16,5m	
Fracasso 3n24872	48m	16m	
lmeva H2 BL500-argn.	67,5m	22,5m	

Tabelle 14: Prüflängen ausgewählter FRS Typen

Quelle: Eigene Darstellung

Datengrundlage: Voestalpine 2018/ Fracasso 2018/ Imeva 2017

Gegenüberstellung von LON Empfehlungen, RVS Vorgaben und tatsächlichen Messwerten

In einem nächsten Schritt können die berechneten Empfehlungen aus den LON Konzepten, die Vorgaben entsprechend RVS 05.02.31 und die, in der Realität gemessenen Längen einander gegenübergestellt werden.

Relevant sind dabei besonders zwei Längen:

- Die gesamte Aufstelllänge des Systems, welches das betreffende Hindernis absichert. Diese kann mit der Mindestaufstelllänge laut RVS, also den FRS Prüflängen verglichen werden.
- Die Länge vor dem Hindernis oder der abzusichernden Strecke. Diese wird der LON sowie dem 1/3 der FRS Prüflänge gegenübergestellt.

93 FSV, RVS 05.02.31: 2007-11-01: 8

90

Für jedes im Zuge der Untersuchung erhobene, ortsfeste Objekt werden die LON Empfehlungen, die RVS Vorgaben sowie auch die realen Messwerte ermittelt. Diese werden in einer Excel-Tabelle eingetragen und anschließend anhand statistischer Methoden analysiert. Die Auswertung sowie die Interpretation der Ergebnisse werden in Kapitel 7 detailliert ausgeführt. An dieser Stelle soll anhand der folgenden Tabelle lediglich ein Überblick über den Ablauf der Auswertung gegeben werden. Die Daten wurden der Analyse der ortsfesten Objekte auf der A22 beispielhaft entnommen.

FRS	erlaubte Höchst- geschwindigkeit	LON Tomasch et al.	LON NPRA	RVS Prüflänge	RVS $\frac{1}{3}$ Prüflänge	FRS Länge gesamt	FRS Länge vor Hindernis
Voest 1RH2 gerammt	100 km/h	150m	120m	57m	19m	24m	3m
Voest 1RH3 gerammt	130 km/h	234m	150m	57m	19m	50m	33m
Fracasso 3n24872	130 km/h	234m	150m	48m	16m	35m	1m
Imeva H2 BL500-argn.	80 km/h	95m	85m	67,5m	22,5m	60,5m	34m

Tabelle 15: Gegenüberstellung LON Empfehlungen, RVS Vorgaben und reale Messwerte

Quelle: Eigene Darstellung

Datengrundlage: Voestalpine 2018/ Fracasso 2018/ Imeva 2017/ Tomasch et al. 2011/ Norwegian Public Roads Administration 2014

Neben den, in Tabelle 15 dargestellten Informationen wurden in der Excel-Tabelle außerdem folgende Parameter festgehalten:

- Art des ortsfesten Objektes
- Koordinaten des ortsfesten Objektes
- Handelt es sich um ein abzusicherndes Einzelobjekt oder eine abzusichernde Strecke?
- Wenn es sich nicht um eine abzusichernde Strecke handelt: Länge der Strecke
- Einheitliche Absicherung der Strecke mit durchgängigem FRS (ja/nein)
- FRS Länge nach dem abzusichernden Objekt/ der abzusichernden Strecke
- **Systemeigenschaften der identifizierten FRS** (Aufhaltestufe, Anprallheftigkeit, Wirkungsbereich)

7. Ergebnisdarstellung und Diskussion

Im Zuge der FRS Klassifikation sowie der anschließenden empirischen Untersuchung konnten nicht nur inhaltliche Ergebnisse generiert, sondern auch methodische Erkenntnisse gewonnen werden. Diese werden im vorliegenden Kapitel dargestellt und diskutiert. Die inhaltlichen Resultate beziehen sich dabei ausschließlich auf die Length of Need Analyse, da die Ergebnisse der FRS Klassifikation losgelöst von anderen Straßen- und Umgebungsparametern wenig Aussagekraft besitzen. Im Rahmen einer kritischen Diskussion und Reflexion werden anschließend sowohl die FRS Klassifikation als auch die LON Analyse betrachtet, bevor in einem abschließenden Abschnitt auf die zu beachtenden Limitationen der Ergebnisse aufmerksam gemacht wird.

7.1 Darstellung und Diskussion der inhaltlichen Analyseergebnisse

7.1.1 Ergebnisdarstellung

Die Messung der Aufstelllänge von FRS in der Praxis stellt eine wichtige Basis für eine Vielzahl an verkehrssicherheitstechnischen Analysen dar. Besonders durch die Kombination dieser Daten mit den, im Rahmen der FRS Klassifikation gewonnenen Informationen zu den aufgestellten Systemtypen sowie diversen Straßeneigenschaften, gewinnen die Ergebnisse an Aussagekraft. Die folgenden Auswertungen fokussieren sich auf die Gegenüberstellung der unterschiedlichen FRS Längenkonzepte sowie den Vergleich der darin formulierten Empfehlungen mit den in der Praxis gemessenen Werten.

Erhoben wurden insgesamt 78 Randsysteme auf der A22 (in Fahrtrichtung Wien) und dem südlichen Abschnitt der S1 (Fahrtrichtung Schwechat), die zur Absicherung von Wegweiserbrücken oder Brückenpfeilern aufgestellt sind. Betonleitwände, ungeprüfte sowie, aus welchem Grund auch immer, nicht klassifizierbare Systeme sind aus den Detailauswertungen ausgeklammert. Diese nehmen folgende Anteile an der erhobenen FRS Gesamtmenge ein:

- **Anteil ungeprüfte Systeme**: 9 % (7 Systeme)

Anteil nicht klassifizierbare Systeme: keine

- **Anteil Betonsysteme**: 14 % (11 Systeme)

- Anteil ungesicherter Hindernisse: <1%

Gegenüberstellung der Längenvorgaben mit den real gemessenen Werten

Ein erster wesentlicher Analyseaspekt ist die Gegenüberstellung der Empfehlungswerte, die den unterschiedlichen LON Konzepten entnommen wurden mit den in der Realität gemessenen Distanzen. Diagramm 2 stellt die anteilsmäßige Aufteilung zwischen Systemen, die den jeweiligen Vorgaben entsprechen und jenen, die die Längenvorgaben nicht erfüllen, dar.

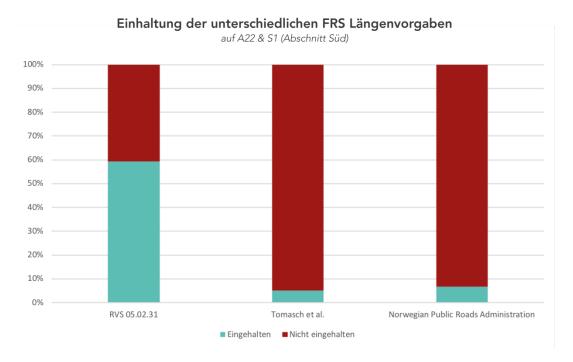


Diagramm 2: Einhaltung der unterschiedlichen FRS Längenvorgaben Quelle: Eigene Erhebung, Auswertung und Darstellung.

Starke Abweichungen von den Idealwerten zeigen sich vor allem bei dem Length of Need Konzept von Tomasch et al. und jenem der staatlichen Straßenverwaltung in Norwegen. In beiden Fällen wird die empfohlene FRS Länge im Bereich ortsfester Hindernisse zu mehr als 90% nicht eingehalten.

Der Vergleich mit der in der RVS verankerten Mindestaufstelllänge fällt positiver aus. Knappe 60% der erhobenen FRS erfüllen die in Österreich rechtlich verankerten Vorgaben.

Gegenüberstellung der RVS Vorgaben und der LON Werte

Diese Überprüfung verschiedener FRS Längenkonzepte legt nahe, dass die rechtlichen Vorgaben aus der RVS 05.02.31 und die Empfehlungen der beiden LON Konzepte stark auseinanderklaffen. Aus diesem Grund erscheint eine Gegenüberstellung dieser Zahlen auch ohne einen Vergleich mit den gemessenen Realwerten sinnvoll. Dabei werden die jeweiligen Empfehlungen für die Systemlänge vor einem Hindernis betrachtet, was im Falle der LON Methoden der Length of Need und bei der RVS einem Drittel der Prüflänge laut Montageanleitung entspricht.

Stellt man letztere den beiden Length of Need Berechnungen gegenüber, so lässt sich die durchschnittliche Abweichung von diesen ermitteln. Die Ergebnisse stellen sich folgendermaßen dar:

- Durchschnittliche Abweichung RVS – LON Norwegen: 85 %

- Durchschnittliche Abweichung RVS – LON Tomasch et al.: 89 %

Es zeigt sich eine insgesamt sehr hohe Abweichung der RVS Vorgaben von den jeweiligen LON Werten. Die laut RVS empfohlene Aufstelllänge von FRS im Bereich vor ortsfesten Hindernissen entspricht zu 85% beziehungsweise 89% nicht den Empfehlungen der beiden Length of Need Konzepte. Auch bei geringen Höchstgeschwindigkeiten und somit auch geringeren Length of Need Werten, liegt die Abweichung der RVS Vorgaben niemals unter 70%.

RVS - 1/3 der Prüflänge vor ortsfesten Hindernissen

Trotz der starken Abweichung der RVS Mindestaufstelllänge von den Empfehlungen der Length of Need Konzepte, ist die Betrachtung dieser 1/3 Vorgabe eine nicht zu vernachlässigende, da sie im Vergleich zu diesen, aufgrund ihrer Verankerung in der RVS 05.02.31, eine in Österreich legitimierte rechtliche Grundlage besitzt.

Diagramm 3 zeigt die im Rahmen der Untersuchung ermittelte Aufteilung von Systemen mit ausreichender Aufstelllänge vor einem ortsfesten Hindernis gemäß RVS und jenen, die dieser Vorgabe nicht entsprechen. Es zeigt sich, dass in rund 86% der betrachteten Fälle mindestens 1/3 der technischen Prüflänge vor dem jeweiligen Objekt aufgestellt ist.

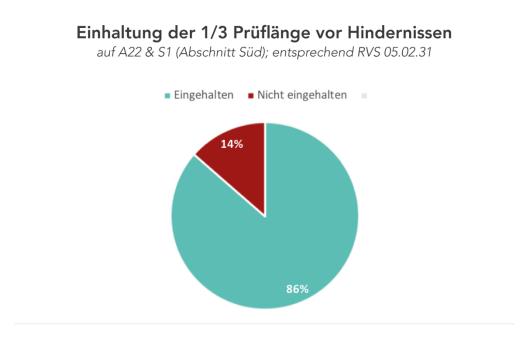


Diagramm 3: Einhaltung der 1/3 Prüflänge vor Hindernissen Quelle: Eigene Erhebung, Auswertung und Darstellung.

RVS - Einhaltung der Prüflänge insgesamt

Obwohl in beinahe 90% der Fälle diese 1/3 Vorgabe eingehalten wird, entsprechen die Absicherungslängen im Bereich ortsfester Hindernisse nur zu knapp 60% den Längenrichtlinien der RVS 05.02.31 insgesamt. Diese schreibt vor, dass nicht nur vor sondern auch nach einem Hindernis mindestens 1/3 der Prüflänge montiert sein muss. Außerdem muss die technische Prüflänge auch insgesamt eingehalten werden (siehe Kapitel 3.2.3). Dieser Aspekt zur Einhaltung der Gesamtprüfläge wird in den Diagrammen 4 und 5 losgelöst von allen anderen Vorgaben betrachtet. Es wird dabei der Anteil an Situationen, in welchen die erhobenen Gesamtaufstelllängen den Vorgaben entsprechen und jenen, die diese Vorgaben

nicht erfüllen können gegenüber gestellt. Aufgrund massiver Unterschiede in den Ergebnissen werden diese für die beiden Teststrecken A22 und S1 getrennt dargestellt.

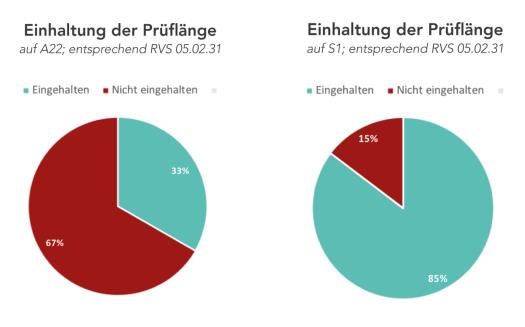


Diagramm 4: Einhaltung der Prüflänge, A22 Quelle: Eigene Erhebung, Auswertung und Darstellung.

Diagramm 5: Einhaltung der Prüflänge, S1Quelle: Eigene Erhebung, Auswertung und Darstellung.

Abweichung der Realität von den unterschiedlichen Längenkonzepten

Neben der Gegenüberstellung der unterschiedlichen Konzepte und der Teilbetrachtung dieser, ist es ein zentrales Anliegen der vorliegenden Arbeit die recherchierten Empfehlungswerte den in der Realität erhobenen FRS Aufstelllängen gegenüberzustellen. Wie eingangs bereits dargestellt (siehe Diagramm 2 zur "Einhaltung der unterschiedlichen FRS Längenvorgaben") weichen diese besonders im Fall der beiden Length of Need Konzepte sehr oft von den auf Unfallanalysen beruhenden Idealwerten ab. Betrachtet werden kann in diesem Zusammenhang nicht nur die Aufteilung an eingehaltenen und nicht eingehaltenen Längenvorgaben, sondern auch die durchschnittliche Höhe der Abweichung. Diese wurde in einem abschließenden Auswertungsschritt berechnet:

- Durchschn. Abweichung Realwerte – RVS 1/3 Prüflänge vor Hindernis: -173 %

- Durchschn. Abweichung Realwerte – LON Norwegen: 44 %

- Durchschn. Abweichung Realwerte – LON Tomasch et al.: 69 %

Die ermittelten Werte der Abweichung zwischen Praxis- und Empfehlungs- bzw. Richtwerten zeigen, dass die in der Realität gemessenen FRS Längen im Durchschnitt weit über der 1/3 Vorgabe der RVS liegen. Der hohe negative Wert ist in diesem Fall auf die große Anzahl an Messungen zurückzuführen, die um ein Vielfaches höher sind als ebendiese RVS Vorgabe.

Bei der Betrachtung der Length of Need zeigt sich erneut, dass diese besonders selten erreicht wird. Die Realwerte entsprechen im Durchschnitt nur 44% (Norwegian Public Road Administration) beziehungsweise knapp 70% (Tomasch et al.) der LON Werte.

Die Berechnung der Abweichungswerte ermöglicht außerdem das Herausfiltern besonders auffälliger Situationen auf rein statistischer Basis. Durch die Ermittlung der maximalen Abweichung vom Idealwert beispielsweise können Extremsituationen herausgefunden und anhand der Messvideos im Detail betrachtet werden. Ein Beispiel hierfür ist der in Abbildung 50 dargestellte Fahrbahnabschnitt. Es ist hier die Absicherung des Stehers einer Wegweiserbrücke zu sehen, deren real gemessene FRS Länge, relativ gesehen, am stärksten von der diesbezüglichen Length of Need Berechnung nach Tomasch et al. abweicht. Die Länge des FRS nach dem Anpralldämpfer und vor der Verankerung des Stehers im Boden beträgt einen Meter, während die Length of Need Werte bei 85m (Norwegian Public Roads Administration) beziehungsweise 234m (Tomasch et al.) liegen.



Abbildung 50: Absicherung des Stehers einer Wegweiserbrücke in der Realität (1) Quelle: Eigene Darstellung

Die maximale Abweichung der Realwerte zu den norwegischen Length of Need Empfehlungen zeigt folgende, in Abbildung 51 dargestellte Situation. Die Aufstelllänge des FRS vor der Wegweiserbrücke liegt bei knapp 23 Metern. Dies entspricht zwar der 1/3 Vorgabe laut RVS

(19m), nicht jedoch den empfohlenen LON Werten von 120m (Norwegian Public Roads Administration) beziehungsweise 150m (Tomasch et al.).



Abbildung 51: Absicherung des Stehers einer Wegweiserbrücke in der Realität (2) Quelle: Eigene Darstellung

7.1.2 Ergebnisdiskussion

Bevor die Analyseergebnisse interpretiert werden, soll an dieser Stelle ein wesentlicher Unterschied zwischen den beiden Length of Need Konzepten und der RVS Vorgabe noch einmal betont werden. Während es sich bei der RVS 05.02.31 um eine in Österreich rechtlich verbindliche Grundlage handelt, stellen sowohl die LON Empfehlung von Tomasch et al. als auch die in Norwegen praktizierte Vorgehensweise internationale, auf Unfallforschungen beruhende Vergleichswerte dar, die hierzulande jedoch keiner Verbindlichkeit unterliegen.

Dementsprechend steht der Vergleich der in der Praxis gewonnenen Messwerte mit den Bestimmungen der RVS an erster Stelle. Dabei zeigen sich starke Abweichungen der Realwerte von den Idealwerten, denn in nur 60% der Fälle werden die RVS Vorgaben erfüllt. Dieser Wert erscheint sehr gering und gibt Anlass dazu, die unterschiedlichen Teilbestimmungen der RVS im Detail zu betrachten. Das Problem in diesem Zusammenhang scheint besonders die 98

Einhaltung der technischen Prüflänge insgesamt und weniger die 1/3 Vorgabe vor ortsfesten Hindernissen zu betreffen. Während letztere zu über 85% eingehalten wird und in der Realität sogar oft über dem vorgegebenen Wert liegt, zeigen sich bei der Betrachtung der Mindestaufstelllänge insgesamt größere Mängel. Betroffen ist davon besonders die untersuchte Teststrecke A22, was möglicherweise auf die frühere Ausführung mancher Teilabschnitte als Bundesstraße S3 zurückzuführen sein kann. Ein großer Anteil der untersuchten Hindernisse entspricht somit nicht den RVS Vorgaben und kann dementsprechend als nicht ausreichend abgesichert beschrieben werden. Dies stellt besonders aufgrund der Risikokategorie der untersuchten Hindernisse, welche ein hohes Gefahrenpotential aufweisen, ein großes verkehrssicherheitstechnisches Problem dar.

Vergleicht man die Vorgaben, die in der RVS 05.02.31 verankert sind, mit den Empfehlungen der Lenght of Need Konzepte so zeigt sich, dass die angegebenen Werte stark voneinander abweichen. In einem Detailvergleich wurde deutlich, dass die laut RVS vorgegebenen Mindestlängen um ein Vielfaches geringer sind als die LON Empfehlungen. Das vorgeschriebene Drittel der Prüflänge vor Hindernissen gemäß RVS weicht im Durchschnitt zu fast 90% von den LON Empfehlungswerten ab. Dies ist auf die, sich stark unterscheidenden, Herangehensweisen bei der Herleitung der Längenwerte zurückzuführen. Während die RVS Vorgaben aus der Prüflänge, einem rein systemtechnisch bedingten Parameter, abgeleitet werden, handelt es sich bei der Length of Need um eine Berechnungsmethode, die auf der Tiefenanalyse von Unfällen beruht. Anhand dieser Untersuchung lässt sich somit die eingangs aufgestellte Hypothese, dass das in Österreich vorgeschriebene Drittel der Prüflänge zur Absicherung der Bereiche vor Hindernissen den Anforderungen unfallanalytischer Erkenntnisse nicht gerecht wird, bestätigen.

Zur Verdeutlichung dieser Diskrepanz seien an dieser Stelle zwei Referenzwerte aus der LON Untersuchung angeführt. Bei einer erlaubten Höchstgeschwindigkeit von 130 km/h und einer Absicherung mit dem System "Voest 1R H3 gerammt" schreibt die RVS eine

_

⁹⁴ Vgl. Asfinag 2012: 113

⁹⁵ Vgl. Norwegian Public Roads Administration 2014: 67

Absicherungslänge vor dem ortsfesten Hindernis von 19m, gemäß der Systemprüflänge⁹⁶, vor, während die Empfehlungen nach Tomasch et al. (siehe Tabelle 13) bei 234m und jene der Norwegischen Straßenverwaltung (siehe Tabelle 12) bei 150m liegen.

Diesen Erkenntnissen folgend, fällt auch die Gegenüberstellung der LON Vorgaben mit den Messwerten aus der Praxis nicht positiv aus. Die FRS Aufstelllänge vor ortsfesten Hindernissen entspricht zu 44% (Norwegian Public Roads Administration) beziehungsweise 69% (Tomasch et al.) den errechneten Length of Need Empfehlungswerten nicht. Aus unfallanalytischer Sicht können diese Fälle somit als nicht ausreichend abgesichert und potentiell gefährlich eingestuft werden.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die in Österreich rechtlich verankerten Vorgaben zur FRS Aufstelllänge von den Empfehlungen internationaler Konzepte stark abweichen. In der Realität stellen dementsprechend nicht nur die oftmalige Nicht-Einhaltung der RVS Bestimmungen oder die, in 10% der Prüffälle erkannte, Verwendung ungeprüfter FRS, sondern besonders auch die nicht den aktuellen Erkenntnissen der Unfallforschung entsprechenden, bestehenden Längenvorgaben eine sicherheitstechnische Lücke dar.

7.2 Methodendiskussion

7.2.1 Kritische Reflexion der FRS Klassifikationsmethode

Der Gesamtablauf der FRS Klassifikation besteht aus zahlreichen Schritten, die mit jeweils sehr unterschiedlichen technischen und methodischen Anforderungen verbunden sind. Der Workflow kann sich dementsprechend fehleranfällig gestalten und ist auf eine sorgfältige Vorgehensweise in jedem einzelnen Arbeitsabschnitt angewiesen. In chronologischer Reihenfolge, dem Klassifikationsablauf entsprechend, können folgende Anmerkungen zur durchgeführten Methodenüberprüfung festgehalten werden:

⁹⁶ Vgl. Voest, Kremsbarrier 1 RH3 für rammfähigen Untergrund 2018

- Die Anwendung der entwickelten Klassifikationsmethode entsprach den im Vorfeld der Diplomarbeit festgelegten Anforderungen. Es konnte im Zuge der Testungen die Mehrheit der betrachteten FRS mithilfe der erarbeiteten Methodik identifiziert werden. Besonders die breit angelegte Recherche zur Thematik der unterschiedlichen FRS Merkmale sowie den zugelassenen Systemtypen stellte eine wesentliche Basis dafür dar. Bei der erneuten Anwendung der Methode muss deshalb unbedingt auf die Aktualisierung der FRS Datenbank geachtet werden, um weitere Systeme im Fall von Neuzulassungen einzubinden.
- Der Workflow der Systemklassifikation erfordert erwartungsgemäß einen nicht geringen Einarbeitungsaufwand, da der Ablauf nicht ohne vorangehende Auseinandersetzung mit der Zusammensetzung und Charakteristik von FRS möglich ist. Erst das umfassende Verständnis der unterschiedlichen Merkmalsausprägungen ermöglicht einen zügigen Klassifikationsverlauf. Abhängig von den streckenspezifischen Gegebenheiten ist ein Klassifikationspensum von etwa 15-25 Kilometern pro Stunde realistisch.
- Eine wesentliche Stärke der Klassifikationsmethode ist die Berücksichtigung leicht bestimmbarer FRS Merkmale. In der Eingabemaske der Klassifikationssoftware stehen nicht nur komplexe Eigenschaften, sondern auch simple Charakteristika, die bei jedem System erkennbar sind, zur Auswahl. Eigenschaften, wie die Anzahl der Wellen im Querschnitt oder die Verankerung von Systemen, sind visuell eindeutig zuordenbar und können dennoch ein wichtiger Hinweis auf den Systemtyp sein.
- Die Umsetzung der theoretischen Klassifikationsmethode wird in der Praxis durch die entwickelten Computerprogramme stark erleichtert. Durch die halbautomatische Merkmalseingabemaske in der RoadVISS Software gestaltet sich der Klassifikationsprozess flüssig und verständlich. Wesentliche Voraussetzungen dafür sind, wie bereits erwähnt, das Verständnis der FRS Eigenschaften sowie die Aktualität der Datenbasis.

- Die Entscheidung, vier verschiedene Kameras für jeweils unterschiedliche Betrachtungswinkel einzusetzen, war eine im Entwicklungsprozess der Aufnahmemethode viel diskutiere. Im Zuge des Klassifikationsablaufes stellte sich dies jedoch als nicht nur nützlich, sondern sogar notwendig heraus. Die unterschiedlichen Blickwinkel auf das FRS ermöglichen die Betrachtung einer Vielzahl an Merkmalen. Besonders der Blick "hinter" das FRS durch die Dachkamera (CAM 3) ist notwendig, da das so sichtbare Verbindungsstück zwischen Steher und Planke in vielen Fällen ein entscheidendes Klassifikationsmerkmal darstellt.
- Die Koppelung zwischen der Klassifikationssoftware RoadVISS und der geografischen Informationssoftware ArcMap gliedert sich problemlos in den Identifikationsprozess ein und ermöglicht einen flexiblen Umgang mit den Daten. Fallen während der Klassifikation der FRS Unstimmigkeiten an den Straßen- beziehungsweise Systemgraphen auf, können diese ohne großen Aufwand behoben werden. Eine ganzheitliche Betrachtung der Klassifikation, nicht nur auf die Ermittlung des Systemtyps reduziert, wird somit ermöglicht. Ein Nachteil ist bis dato jedoch die exakte Positionsbestimmung von Systemanfängen beziehungsweise -endpunkten, die momentan noch nicht automatisiert möglich ist, sondern mithilfe eines Workarounds in ArcMap durchgeführt wird.
- Ein letzter Aspekt, der an dieser Stelle erwähnt werden muss, ist die starke Abhängigkeit der gesamten Analyse von der Qualität des Videomaterials. Diese stellt eine wesentliche Basis für verlässliche Auswertungen dar und ist neben diversen technischen Vorgaben auch sehr stark vom Wetter abhängig. Die Auswirkungen derartiger unbeeinflussbarer Rahmenbedingungen müssen im Zuge der Zeit- und Ressourcenplanung in jedem Fall bedacht werden. Bei Regen kann es leicht zu Behinderungen der Sicht durch Wassertropfen auf der Kameralinse kommen. Starker Sonnenschein kann von der Fahrbahn, anderen Fahrzeugen, etwaigen Schildern oder auch den Rückhaltesystemen selbst reflektiert werden und führt in weiterer Folge zur Überbelichtung der Aufnahmen. Die ideale Wetterlage kann dementsprechend als leicht leicht bewölkt und trocken zusammengefasst werden.

Abschließend lässt sich sagen, dass die entwickelte Klassifikationssystematik in ihrer Gesamtheit funktioniert und auch für weitere Untersuchungen reproduziert werden kann. In den unterschiedlichen Teilbereichen des Klassifikationsprozesses besteht vereinzelt noch Verbesserungspotential, durch die Unterteilung des Gesamtablaufes in mehrere Abschnitte stellt die Veränderung einzelner Parameter jedoch kein großes Hindernis dar. Der Klassifikationsprozess gestaltet sich dementsprechend flexibel und kann regelmäßig verbessert und weiter ausgebaut werden.

7.2.2 Kritische Reflexion der Methode zur Aufstelllängenanalyse

Die LON Analysemethode ist weniger komplex als der Ablauf der FRS Klassifikation, dennoch können im Zuge einer kritischen Betrachtung des Prozessablaufes einige Arbeitsschritte, die Verbesserungspotential aufweisen, identifiziert werden:

- Ein zuvor bereits erwähnter Kritikpunkt an der Methodik betrifft das Einmessen der ortsfesten Hindernisse, welches eine wesentliche Basis für die LON Analyse darstellt. Nach dem momentanen technischen Stand der Messsoftware RoadVISS können Objekte nur auf dem Straßengraphen direkt verortet, nicht jedoch deren seitlicher Abstand zum Fahrbahnrand aufgenommen werden. Für eine detailliertere Berechnung der Length of Need ist dies allerdings eine wesentliche Kenngröße, die großen Einfluss auf die empfohlene FRS Länge haben kann. Je größer die Distanz der Fahrbahn zum jeweiligen Objekt ist, desto größer gestaltet sich auch die notwendige Aufstelllänge des Systems. Mithilfe derartiger Messungen können außerdem weitere Analysen, beispielsweise den Wirkungsbereich von FRS im Zusammenhang mit ortsfesten Hindernissen betreffend, angestellt werden
- Ein weiterer Kritikpunkt vor dem Hintergrund der Verortung ortsfester Objekte betrifft die Differenzierung der einzelnen Hindernisarten im Rahmen des Messprozesses. Der hier angewendeten Methode fehlt eine wesentliche Eingabeoption, da momentan noch nicht zwischen Punkt- und Linienobjekten unterschieden werden kann. Bei Hindernissen, die sich über längere Passagen hinweg ziehen, wie beispielsweise Lärmschutzwände, erscheint es jedoch sinnvoll einen Anfangs- und einen Endpunkt

festzumachen, um in weiterer Folge daraus den Verlauf des Objektes ableiten zu können. Auch andere geometrische Eigenschaften, beispielsweise die Größe oder Form, zur konkreteren Beurteilung des Gefahrenpotentials, können im Rahmen einer Überarbeitung der Analysemethode verbessert werden.

- Die Koppelung der beiden Softwareanwendungen ist auch im Zuge der Length of Need Analyse von großer Bedeutung, da dadurch konkrete Situationen besser beurteilt werden können. Die abstrakte Darstellung der Hindernisse sowie des Straßen- und FRS Graphen wird oft erst durch den visuellen Abgleich mit den Videoaufnahmen aus der Praxis verständlich. Der synchrone Ablauf dieser beiden Programme ist dementsprechend eine der zentralen Eigenschaften dieser Analysemethode.

Reflektiert betrachtet kann auch die Methodik der LON Analyse als praktikabel und zielführend zusammengefasst werden. Verbesserungspotential besteht hierbei besonders im Zusammenhang mit den technischen Möglichkeiten der Verortung und Kategorisierung ortsfester Hindernisse. Für grundlegende Analysen der FRS Aufstelllänge eignet sich die angewandte Mess- und Bewertungsmethode, besonders aufgrund des problemlosen Zusammenspiels der beiden Computerprogramme, allerdings einwandfrei.

7.3 Limitationen

Hinsichtlich der Interpretation und Nutzung der Ergebnisse dieser Diplomarbeit muss an dieser Stelle auf einige wesentliche Limitationen hingewiesen werden.

- Ein relevanter Aspekt, der bei der Betrachtung der vorliegenden Ergebnisse bedacht werden muss, ist die Aktualität der Grundlagendaten zu FRS in Österreich. Das Bundesministerium für Verkehr, Infrastruktur und Technologie veröffentlicht in regelmäßigen Abständen überarbeitete Listen zu den aktuell freigegebenen Systemen. Der, in der vorliegenden Diplomarbeit betrachtete Stand ist mit 3. Mai 2017 datiert. FRS,

- die danach freigegeben wurden, finden dementsprechend weder in der Klassifikation, noch in der Analyse Betrachtung.
- Wie im Laufe der Arbeit immer wieder betont wird, können die entwickelte Klassifikationsmethode und damit auch die darauffolgende Analyse lediglich auf FRS aus Stahl angewendet werden. Die Untersuchung von Betonsystemen beschränkt sich in dieser Arbeit auf die Differenzierung der beiden Ausführungsarten "Ortbeton" und "Fertigbeton". In der gesamten Ergebnisdarstellung werden FRS aus Beton deshalb ausgeklammert.
- Anfangs-, End- und auch Übergangsbereiche von Fahrzeugrückhaltesystemen werden in der vorliegenden Arbeit zwar getrennt von den Hauptsystemen, nicht jedoch im Detail betrachtet. Ähnlich wie bei den FRS existieren auch hier verschiedene geprüfte Systemtypen, aber auch ungeprüfte Versionen. Durch eine eingehende Analyse derartiger Systemabschnitte könnte die Untersuchung der FRS-abhängigen Verkehrssicherheitssituation noch aussagekräftiger gestaltet werden. Die Identifikation derartiger Systemteile anhand rein visueller Kriterien ist jedoch ähnlich komplex wie jene der FRS und wurde deshalb im Rahmen der vorliegenden Diplomarbeit bewusst ausgeklammert.
- Vor dem Hintergrund der Length of Need Analyse und ihrer Ergebnisse muss in jedem Fall die angewendete Verortungsmethode der eingemessenen Hindernisse bedacht werden. Es wurde hierbei anhand der Videoaufnahmen die Position des Hindernisses auf dem Straßengraphen verortet. Der seitliche Abstand zwischen Fahrbahnrand, FRS und dem jeweiligen ortsfesten Hindernis wurde aufgrund fehlender technischer Möglichkeiten allerdings nicht erhoben. In vielen Length of Need Analysen ist dies jedoch ein wichtiges Beurteilungskriterium, das die zu errechnende Mindestaufstelllänge durchaus beeinflussen kann.

8. Fazit und Ausblick

8.1 Fazit

Die Thematik Fahrzeugrückhaltesysteme im verkehrssicherheitstechnischen Kontext ist eine im Rahmen internationaler Forschungen und Projekte oft thematisierte und untersuchte. Auch in Österreich gibt es verschiedene Institutionen, die dieses Thema, besonders mit dem Fokus auf das hochrangige Straßennetz, immer wieder aufgreifen. Ein großes Problem in diesem Zusammenhang sind jedoch fehlende Informationen zum FRS Bestand, also zu bereits aufgestellten Systemen - genau an dieser Stelle setzt die vorliegende Diplomarbeit an.

Es wurde im Zuge dieser nicht nur eine theoretische Methodik zur Identifikation und Klassifikation von FRS entwickelt, sondern diese auch gleichzeitig mit einem umsetzungsorientierten Leitfaden kombiniert. Dies ermöglichte die Überprüfung der Methodik anhand zweier Teststrecken in der Praxis und gewährleistet außerdem die exakte Reproduzierbarkeit des Ablaufes. Auf der Basis eines zirkulären und reflektierten Erarbeitungsprozesses konnte schlussendlich eine praktikable Systematik entwickelt und das allem zugrundeliegende Forschungsanliegen somit ausreichend erfüllt werden.

Dies wiederrum ermöglichte die weitere Bearbeitung der aufgestellten Hypothesen. Auf Basis der entwickelten Klassifikationsmethodik konnten diverse Analysen rund um die Thematik der FRS Aufstelllänge durchgeführt werden. Es bestätigte sich dabei die Annahme, dass auf Österreichs hochrangigem Straßennetz nicht nur nach den aktuellen Normen und Richtlinien geprüfte Systeme verwendet werden, sondern sich auch viele ältere FRS Typen dort wiederfinden. Rund 10% der insgesamt analysierten Stahlleitschienen konnten diesbezüglich als nicht mehr dem "State of the Art" entsprechend klassifiziert werden.

Auch die beiden, die Aufstelllängen von FRS betreffenden Hypothesen konnten anhand der Analyse sowie deren Auswertung fundiert behandelt und beantwortet werden. Der Vergleich der auf den beiden Teststrecken A22 und S1 gemessenen FRS Aufstelllängen im Bereich ortsfester Hindernisse mit den in der RVS 05.02.31 verankerten Vorgaben fiel, vor dem Hintergrund der Tatsache, dass es sich bei diesen grundsätzlich um rechtlich verbindliche Werte handelt, aus verkehrssicherheitstechnischer Sicht eher negativ aus. In rund 40% der

Fälle stellten sich die Aufstelllängen diesbezüglich als unzureichend heraus, wobei besonders hinsichtlich der Einhaltung der Gesamtprüflänge Mängel bestehen.

Die eingangs formulierte Vermutung, dass ebendiese in Österreich geltenden Vorgaben zur Absicherung ortsfester Hindernisse unfallanalytischen Untersuchungen nicht standhalten, entstammt, neben den dargelegten statistischen Belegen, einer umfangreichen Literatur- und Medienrecherche. Die vorliegende Arbeit überprüft diese Hypothese anhand eines konkreten praktischen Vergleichs der Idealwerte aus den internationalen Length of Need Konzepten mit den Vorgaben aus der RVS 05.02.31. Dabei zeigt sich, dass die RVS Werte oft um ein Vielfaches unter jenen der LON Vorgaben liegen und internationalen Forschungsstandards somit nicht entsprechen.

8.2 Empfehlungen

Die Ergebnisse der vorliegenden Diplomarbeit zeigen, dass im Bereich der Absicherung von Autobahnen- und Schnellstraßen in Österreich durch Fahrzeugrückhaltesysteme großes Optimierungspotential besteht. Auch wenn, aufgrund des Fokus auf Stahlleitsysteme, nicht die gesamte Bandbreite an FRS betrachtet wird, kann man von umfangreichen und aussagekräftigen Analyseergebnissen sprechen, aus denen, aufgrund ihres praxisnahen Kontextes auch sehr einfach eindeutige Empfehlungen für den zukünftigen Umgang mit dieser Thematik abgeleitet werden können:

Dokumentation der FRS Montage

An erster Stelle steht dabei die Aufzeichnung der aufgestellten Systemtypen und ihrer Eigenschaften, im Zuge der Montage. Eine umfangreiche Dokumentation neu aufgestellter FRS bringt keinen großen zeitlichen Mehraufwand mit sich, kann jedoch einen wesentlichen Beitrag zu verkehrssicherheitstechnischen Untersuchungen leisten.

Gesamtheitlich angelegte Verkehrssicherheitsplanung

Eine wesentliche Empfehlung für den zukünftigen Einsatz von FRS ist die Etablierung einer ganzheitlichen Betrachtung des Planungsbereiches Verkehrssicherheit. Die Ergebnisse der Untersuchung der Absicherung von ortsfesten Hindernissen durch FRS und insbesondere ihrer Aufstelllänge haben gezeigt, dass die unterschiedlichen Teilaspekte der Verkehrssicherheit oft völlig losgelöst voneinander betrachtet werden. Dass zwischen den unterschiedlichen Betrachtungsbereichen jedoch wesentliche Zusammenhänge bestehen und ein den jeweiligen Anforderungen entsprechendes FRS die Situation nur dann richtig absichern kann, wenn es auch ordnungsgemäß montiert und aufgestellt wurde, wird dabei oft außer Acht gelassen. Die Planung der Straßensicherheitsinfrastruktur sollte deshalb in einen gesamtheitlich orientierten Prozess im Sinne eines übergeordneten Road Side Managements eingegliedert werden. Denn zur Einschätzung der Sicherheitssituation auf Straßen ist eine umfangreiche Analyse der Rahmenbedingungen notwendig. Diese kann gegebenen nicht nur auf einen Betrachtungsaspekt reduziert werden. Bevor also die Frage des richtigen Systemtyps geklärt werden kann, muss untersucht werden, ob die örtlichen Gegebenheiten die korrekte Anwendung eines FRS überhaupt zulassen oder ob eine andere Lösung gefunden werden muss.

Kooperation und Wissensaustausch zwischen den unterschiedlichen Zuständigen

Wie zu Beginn der vorliegenden Arbeit bereits thematisiert, gibt es eine Vielzahl an Institutionen und Organen, die an der Prüfung und Montage von FRS, aber auch an der wissenschaftliche Untersuchung und Aufarbeitung dieser beteiligt sind. Die Verknüpfung dieser unterschiedlichen Tätigkeitsbereiche erscheint hinsichtlich einer effizienten Arbeitsweise sinnvoll. Um den Wissensaustausch in diesen Bereichen zu fördern, ist besonders eine stärkere Zusammenarbeit zwischen ForscherInnen aus dem Verkehrssicherheitsbereich und den in der Praxis für Aufstellung und Montage zuständigen Institutionen wünschenswert. Die Beteiligten würden dabei von der wechselseitigen Erkenntnisweitergabe profitieren, wodurch der Gesamtprozess aus Planung, Montage und Analyse der Verkehrssicherheitsinfrastruktur erleichtert würde.

Wirtschaftlich effizienter Einsatz von FRS

Wie im Zuge der Beschreibung einer ganzheitlich angelegten Verkehrssicherheitsplanung bereits erläutert, werden FRS nicht immer sinnvoll eingesetzt. Dies ist unter anderem der Fall, wenn aufgrund örtlicher Gegebenheiten nicht ausreichend Platz vorhanden ist, um eine den Vorgaben entsprechende Aufstelllänge gewährleisten zu können. Wie die durchgeführten Untersuchungen allerdings belegen, wird dies in der Praxis nicht immer beachtet. Neben dem sicherheitstechnischen Aspekt stellt sich in diesem Zusammenhang auch die Frage nach der wirtschaftlichen Effizienz. In Anbetracht der hohen Anschaffungs-, Montage- und auch Wartungskosten von FRS sollte ein, den Sicherheits- und Prüfkriterien entsprechender Einsatz Voraussetzung sein. Systeme, die falsch eingesetzt werden verschwenden finanzielle Ressourcen und nutzen der Verkehrssicherheit wenig.

8.3 Ausblick

Die im Rahmen der vorliegenden Diplomarbeit entwickelte Klassifikationsmethode zur visuellen Identifikation von FRS bildet eine wichtige Basis für die Untersuchung unterschiedlichster Verkehrssicherheitsaspekte. Die durchgeführte Analyse der Systemaufstelllänge stellt dabei nur ein Beispiel für die Anwendbarkeit der auf diese Weise gewonnenen Daten dar. Durch die Kombination dieser mit weiteren Informationen, wie beispielsweise der straßenspezifisch zulässigen Höchstgeschwindigkeit, ergeben sich eine Vielzahl an Analysemöglichkeiten. FRS weisen zahlreiche messbare, sicherheitsrelevante Eigenschaften auf, die auf Basis der Systemklassifikation untersucht werden können. Einen besonders spannenden Anknüpfungspunkt stellt in diesem Zusammenhang die Untersuchung der FRS Aufhaltestufe dar. Sie wird, genauso wie die Mindestaufstelllänge von Systemen, in der RVS 05.02.31 festgelegt und ist somit verbindlich einzuhalten.

Abseits der weiterführenden thematischen Analysen muss an dieser Stelle außerdem auf die Möglichkeiten technischer Verbesserungen eingegangen werden. Die flexible Gestaltung des Klassifikationsprozesses, bedingt durch dessen Unterteilung in einzelne Verfahrensschritte, ermöglicht eine problemlose Weiterentwicklung und Anpassung der Systematik an zukünftige

Anforderungen. Eine Erweiterung der zugrundeliegenden FRS Datenbank um neue Systemtypen ist dabei genauso möglich, wie die technische Adaption einzelner Abläufe.

Denkbar ist in diesem Zusammenhang beispielsweise die Weiterentwicklung der Videoaufnahmetechnik. Werden die, für die visuelle Klassifikation notwendigen, Videos momentan mithilfe eines speziellen, mit Kameras ausgestatteten Fahrzeuges aufgenommen, ist in Zukunft durchaus auch die Abwicklung dieses Prozesses durch den Einsatz von Drohnen denkbar.

Die technische Weiterentwicklung der Klassifikationssoftware, weg von der aktuell noch notwendigen manuellen Bedienung und hin zu einer vollautomatischen Abwicklung, ist ebenfalls ein nicht unwahrscheinliches Zukunftsszenario. Dies wäre nicht zuletzt aufgrund erheblicher zeitlicher aber auch finanzieller Ressourceneinsparungen erstrebenswert.

Betrachtet man abschließend die Fülle an Daten und Informationen, die im Zuge der Untersuchung von FRS anfallen und die dennoch nur einen kleinen Teil des vollen Spektrums dieser Thematik abbilden, so verdeutlicht dies die hohe Komplexität des Unterfangens, unterstreicht gleichzeitig aber auch die daraus resultierende Relevanz für die Verkehrssicherheit. Die im Rahmen dieser Diplomarbeit entwickelte Klassifikationsmethodik schafft eine wesentliche Grundlage für unterschiedlichste Forschungen diesem Bereich und lässt dennoch hoffen, dass derartige nachträgliche Systemidentifikationen in Zukunft durch die Anwendung einer gesamtheitlich orientierten Planung der Verkehrssicherheitsinfrastruktur obsolet werden. Der Ausbau eines ganzheitlich angelegten Road Side Managements erscheint besonders hinsichtlich der zukünftig zu erwartenden Zunahme an Komplexität im Straßenverkehr notwendig. Auf die Herausforderungen, die sich aus der Etablierung neuer Mobilitätsformen, insbesondere autonomer Fahrtechnik ergeben, muss auch die Sicherheitsinfrastruktur vorbereitet sein. Das Wissen zum richtigen Einsatz von FRS kann in diesem Zusammenhang eine wesentliche Rollte spielen.

9. Anhang

9.1 Verzeichnisse

9.1.1 Literaturverzeichnis

- American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), 2011: Roadside Design Guide, 4th Edition. Washington, D.C
- ASFINAG, 2010: Verkehrssicherheitsprogramm 2020. Wien: ASFINAG Service GmbH
- ASFINAG, 2012: Das Autobahnnetz in Österreich, 30 Jahre Asfinag. Wien: ASFINAG
- **Barnas, A.,** 2016: Klassifikation von Betonleitwänden. Internes Besprechungsprotokoll AIT am 14.07.2016.
- Erginbas, C.; Hemmings, G.; La Torre, F.; Stefan, C.; Thomson, R.; Williams, G., 2015: SAVeRS. Guideline for the selection of the most appropriate Roadside Vehicle Restraint System, Deliverable D3.1
- Fleisch, J.; Klöckner, R., 2007: Prüfung von Fahrzeug-Rückhaltesystemen an Straßen durch Anprallversuche gemäß DIN EN131. In: Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Verkehrstechnik, Heft V 157. Bergisch Gladbach: Bundesanstalt für Straßenwesen
- Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Verkehrsführung und Verkehrssicherheit, 1998: Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für passive Schutzeinrichtungen. Köln
- Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Verkehrsmanagement, 2009: Richtlinien für passiven Schutz an Straßen durch Fahrzeug-Rückhaltesysteme.

 Köln: Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e.V.
- Fricke, N.; Glaser, C.; De Filippis, M., 2006: Passive und Aktive Sicherheitsmaßnahmen im Kraftfahrzeug. In: MMI-Interaktiv, Band 10 Werkstätten für MMI/39-47.
- Maurer, P.; Stefan, C.; Stütz, R.; Tomasch, E.; Luttenberger, P.; Klein, C.; Pistotnig, T., 2013: Risikomodell zur Analyse von Unfällen mit ortsfesten Hindernissen auf Autobahnen und Schnellstraßen (RISKANT). Wien: bmvit/ ÖBB-Infrastruktur AG/ ASFINAG
- **Norwegian Public Roads Administration,** 2014: Vehicle Restraint Systems and Roadside Areas, N101E. In: Norwegian Public Roads Administration Manuals. Oslo
- **ÖNORM EN 1317-1,** 2008-01-01: Rückhaltesysteme an Straßen Teil 1: Terminologie und allgemeine Kriterien für Prüfverfahren

- ÖNORM EN 1317-2, 2008-01-01: Rückhaltesysteme an Straßen Teil 2: Leistungsklassen,
 Abnahmekriterien für Anprallprüfungen und Prüfverfahren für Schutzeinrichtungen und
 Fahrzeugbrüstungen
- Österreichische Forschungsgesellschaft für Straße-Schiene-Verkehr (FSV),

RVS 08.23.05, 2005-05-01: Technische Vertragsbedingungen, Straßenausrüstungen, Leitschienen aus Stahl. Wien

Österreichische Forschungsgesellschaft für Straße-Schiene-Verkehr (FSV),

RVS 08.23.06, 2005-05-01: Technische Vertragsbedingungen, Straßenausrüstungen, Leitwände aus Beton. Wien

Österreichische Forschungsgesellschaft für Straße-Schiene-Verkehr (FSV),

RVS 05.02.31, 2007-11-01: Verkehrsführung, Leiteinrichtungen, Rückhaltesysteme, Anforderungen und Aufstellung. Wien

Österreichische Forschungsgesellschaft für Straße-Schiene-Verkehr (FSV),

RVS 15.04.71, 2009-10-01: Brücken, Brückenausrüstung, Vertikale Leiteinrichtungen, Fahrzeugrückhaltesysteme. Wien

- Österreichische Forschungsgesellschaft für Straße-Schiene-Verkehr (FSV), RVS 02.02.41, in Erarbeitung: Abkommensunfälle Empfehlungen zur Vermeidung und Unfallfolgereduktion in Zusammenhang mit ortsfesten Objekten. Wien
- Robatsch, K.; Schrammel, E., 2009: Grundlagen der Verkehrssicherheit. Schriftenreihe des Instituts für Verkehrssystemplanung, Band 13. Wien: Österreichischer Kunst- und Kulturverlag
- Schnieder, E.; Schnieder, L., 2013: Verkehrssicherheit. Maße und Modelle, Methoden und Maßnahmen für den Straßen- und Schienenverkehr. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag
- **Statistik Austria,** 2016: Statistik der Straßenverkehrsunfälle. Unfallgeschehen 2012 bis 2015 nach Ortsgebiet, Freiland und Straßenarten. www.statistik.at. Wien.
- Tomasch, E.; Hoschopf, H.; Gobald, M.; Nadler, B.; Nadler, F.; Strnad, B.; Schneider, F., 2010: SANFTLEBEN Sicherheitsbeurteilung der Anfangselemente von Leitschienen und Betonleitwänden Endbericht. Wien
- Tomasch, E.; Sinz, W.; Hoschopf, H.; Gobald, M.; Steffan, H.; Nadler, B.; Nadler, F.; Strnad, B.;
- **Schneider, F.,** 2011: Required Length of Guardrails before hazards. In: Accident Analysis & Prevention, Volume 43/2112-2120

9.1.2 Online-Literaturverzeichnis

ASFINAG, 2015: Planungshandbuch Straße – Bau, Stand 22.10.2015.

Unter: "http://www.asfinag.net/Home/PlaPB" [Stand 2017-06-14]

ASFINAG. Unter: "https://www.asfinag.at/ueber-uns/unternehmen/" [Stand 2017-07-24]

Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (bmvit),

Richtlinien und Vorschriftenfür das Straßenwesen (RVS).

Unter: "https://www.bmvit.gv.at/verkehr/ohnemotor/recht/rvs.html"[Stand 2017-07-24]

Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (bmvit),

Fahrzeugrückhaltesysteme. Unter:

Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (bmvit),

Organisation des Ministeriums.

Unter: "https://www.bmvit.gv.at/ministerium/organisation/downloads/organisation.pdf" [Stand 2018-02-19]

Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (bmvit), 2017-05-03:

Fahrzeug – Rückhaltesysteme (FRS), Einsatzfreigaben (EFG)/Verlängerungen und wichtige Erlässe. Unter:

"https://www.bmvit.gv.at/verkehr/strasse/technik/verkehrstechnik/rueckhalt.html"

Fracasso, Montageanleitung System 3n24872. Unter:

"http://www.fracasso-deutschland.de/4Safe%2BH2-W5-A%2B(3n24872).pdf" [Stand 2018-02-20]

Österreichische Forschungsgesellschaft für Straße – Schiene – Verkehr (FSV). Unter:

"http://www.fsv.at/cms/default.aspx?ID=b05095f3-8193-4675-8169-fee312347b79" [Stand 2018-02-19]

TÜV SÜD Österreich, CE-Kennzeichnung von Fahrzeugrückhaltesystemen nach EN 1317-5.

Unter: "https://www.tuev-sued.at/at-de/branchen/industrie-anlagen/anlagentechnik/fahrzeugrueckhaltesysteme" [Stand 2017-07-22]

Voestalpine, Kremsbarrier 1 RH1V für rammfähigen Untergrund. Unter:

"http://www.voestalpine.com/kremsfinaltechnik/de/produkte/Kremsbarrier-1-RH1V-fuer-rammfaehigen-Untergrund/" [Stand 2018-02-20]

Voestalpine, Kremsbarrier 1 RH3 für rammfähigen Untergrund. Unter:

"http://www.voestalpine.com/kremsfinaltechnik/de/produkte/Kremsbarrier-1-RH3-fuer-rammfaehigen-Untergrund/" [Stand 2018-02-22]

Voestalpine, Kremsbarrier 1 RH1C auf Kunstbauten. Unter:

"http://www.voestalpine.com/kremsfinaltechnik/de/produkte/Kremsbarrier-1-RH1C-auf-Kunstbauten/" [Stand 2018-02-22]

Voestalpine, Kremsbarrier 2 RH1B für rammfähigen Untergrund. Unter:

"http://www.voestalpine.com/kremsfinaltechnik/de/produkte/Kremsbarrier-2-RH1B-fuer-rammfaehigen-Untergrund/" [Stand 2018-02-27]

Voestalpine, Kremsbarrier 1 MH2 für rammfähigen Untergrund. Unter:

"http://www.voestalpine.com/kremsfinaltechnik/de/produkte/Kremsbarrier-1-MH2-fuer-rammfaehigen-Untergrund/" [Stand 2018-02-27]

Die Montageanleitungen der FRS wurden von den Internetseiten der jeweiligen Hersteller bezogen:

Alpina. Unter: "https://www.alpina.at/sicherheit/verkehrssicherheit/" [Stand 2017-11-14]

Delta Bloc. Unter: "http://deltabloc.com/de/deltabloc-datenblaetter" [Stand 2018-02-19]

Fracasso. Unter: "http://www.fracasso-deutschland.de/" [Stand 2017-07-19]

Imeva. Unter: "http://www.imeva.it/categoria-barriere/bordo-laterale/" [Stand 2017-07-19]

Leit-Schutz. Unter: "http://leitschutz.com" [Stand 2017-11-14]

Marcegaglia. Unter: "http://www.marcegagliabuildtech.com/" [Stand 2018-02-19]

Rebloc. Unter: "https://www.rebloc.com/" [Stand 2018-02-19]

Rieder. Unter: "https://www.rieder.cc/de/infrastruktur/fertigteile/leitwaende/" [Stand 2018-02-19]

Voestalpine. Unter: "http://www.voestalpine.com/kremsfinaltechnik/de/produkte/strassensicherheit/" [Stand 2018-02-19]

9.1.3 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: "Ziele und Grenzen der Arbeit". Eigene Darstellung.

Abbildung 2: "Einsatzfreigaben FRS Beton". Eigene Darstellung. Informationsgrundlage: bmvit 2017, Einsatzfreigaben

Abbildung 3: "Einsatzfreigaben FRS Stahl". Eigene Darstellung. Informationsgrundlage: bmvit 2017, Einsatzfreigaben

Abbildung 4: "Length of Need Konzept nach der SAVeRS Richtlinie". Eigene Darstellung nach Eringbas et al. 2015: 17 f.

Abbildung 5: "Length of Need Konzept nach Norwegian Public Roads Administration". Eigene Darstellung nach Norwegian Public Roads Administration 2014: 65

Abbildung 6: "Length of Need Konzept nach Tomasch et al.". Eigene Darstellung nach Tomasch et al. 2011: 2117

Abbildung 7: "Vorgaben zur Aufstelllänge laut RVS.". Eigene Darstellung nach FSV, RVS 05.02.31: 2007-11-01

Abbildung 8: "Schematischer Aufbau eines Fahrzeugrückhaltesystems". Eigene Darstellung.

Abbildung 9: "FRS Anpralldämpfer 1". Eigene Darstellung.

Abbildung 10: "FRS Anpralldämpfer 2". Eigene Darstellung.

Abbildung 11: "FRS Langabsenker". Eigene Darstellung.

Abbildung 12: "FRS Kurzabsenker". Eigene Darstellung.

Abbildung 13: "FRS Terminal". Eigene Darstellung.

Abbildung 14: "FRS Verschwenkung". Eigene Darstellung.

Abbildung 15: "FRS Übergangsbereiche". Eigene Darstellung.

Abbildung 16: "Querschnittsarten der unterschiedlichen FRS Hersteller". Eigene Darstellung.

Abbildung 17: "Mögliche FRS Querschnittsvarianten". Eigene Darstellung.

Abbildung 18: "FRS Befestigungsarten". Eigene Darstellung.

- Abbildung 19: "Mögliche FRS Steherkonfiguartionen". Eigene Darstellung.
- Abbildung 20: "FRS Steher ohne Stoß". Eigene Darstellung.
- Abbildung 21: "FRS Steher mit Stoß". Eigene Darstellung.
- Abbildung 22: "FRS Steherabstand". Eigene Darstellung.
- **Abbildung 23:** "FRS Gleitprofil". Eigene Darstellung. Grundlage: Voestalpine, Kremsbarrier 1 RH1V für rammfähigen Untergrund 2018
- **Abbildung 24:** "FRS Höhe, gerammtes System". Eigene Darstellung. Grundlage: Fracasso, System 3n24872 2018
- **Abbildung 25:** "FRS Höhe, gedübeltes System". Eigene Darstellung. Grundlage: Voestalpine, System 1 RH1C 2018
- Abbildung 26: "FRS Breite". Eigene Darstellung. Grundlage: Voestalpine, System 1 RH1C 2018
- Abbildung 27: "FRS Lochbild". Eigene Darstellung.
- Abbildung 28: "Lochbildvariante 8 Schrauben". Eigene Darstellung.
- **Abbildung 29:** "FRS Wellenaufhängung". Eigene Darstellung. Grundlage: Voestalpine, System 2 RH1 B/ 1 RH1 C
- **Abbildung 30:** "FRS Deflektionsbereich". Eigene Darstellung. Grundlage: Voestalpine, System 1 MH 2/ 1 RH1 C
- Abbildung 31: "Elementlänge von Betonleitwänden". Eigene Darstellung.
- **Abbildung 32:** "FRS Klassifikationsablauf". Eigene Darstellung.
- **Abbildung 33:** "Eintragung der Systemelementbezeichnung in ArcMap". Eigene Darstellung der Datenauswertung in Esri ArcMap.
- **Abbildung 34:** "Klassifikationssoftware RoadVISS, CAM 1 und CAM 2". Eigene Darstellung.
- **Abbildung 35:** "Darstellung der Daten bei der Klassifikation in ArcMap". Eigene Darstellung der Datenauswertung in Esri ArcMap.
- Abbildung 36: "Eingabemaske für die FRS Klassifikation". Eigene Darstellung.
- Abbildung 37: "FRS Klassifikationsbeispiel, Lochbild mit 12 Schrauben". Eigene Darstellung.

- **Abbildung 38:** "Eingabemaske für die FRS Klassifikation mit identifizierten Merkmalsausprägungen". Eigene Darstellung.
- **Abbildung 39:** "Übersichtsdatenblatt Fracasso 3n24341". Eigene Darstellung. Grundlage: Fracasso 2017
- **Abbildung 40:** "Übersichtsdatenblatt Fracasso 3n24872". Eigene Darstellung. Grundlage: Fracasso 2017
- **Abbildung 41:** "Übersichtsdatenblatt Imeva H2BL500-argn.". Eigene Darstellung. Grundlage: Imeva 2017
- Abbildung 42: "FRS Klassifikationsbeispiel, Aufnahme Dachkamera (CAM 3)". Eigene Darstellung.
- Abbildung 43: "FRS Klassifikationsbeispiel, Aufnahme Frontkamera (CAM 4)". Eigene Darstellung.
- **Abbildung 44:** "Eingabemaske für die FRS-Klassifikation, Speichern- und Zwischenablage-Option". Eigene Darstellung.
- **Abbildung 45:** "FRS Klassifikationsbeispiel, Verorten der Systeminformationen in ArcMap". Eigene Darstellung der Datenauswertung in Esri ArcMap.
- Abbildung 46: "Ortsfestes Hindernis ,Wegweiserbrücke-Rahmen' auf der S1". Eigene Darstellung.
- Abbildung 47: "Ortsfestes Hindernis 'Brückenpfeiler' auf der S1". Eigene Darstellung.
- Abbildung 48: "Vergleich der Absicherung von Punktelementen und Strecken". Eigene Darstellung.
- **Abbildung 49:** "Darstellung der FRS Längenmessung in ArcMap".

 Eigene Darstellung der Datenauswertung in Esri ArcMap.
- **Abbildung 50:** "Absicherung des Stehers einer Wegweiserbrücke in der Realität (1)". Eigene Darstellung.
- **Abbildung 51:** "Absicherung des Stehers einer Wegweiserbrücke in der Realität (2)". Eigene Darstellung.

9.1.4 Tabellenverzeichnis

 Tabelle 1:
 "Darstellung der "Runout Length" in Abhängigkeit zulässiger

Höchstgeschwindigkeiten". Eigene Darstellung nach AASHTO 2011: 5-50

Tabelle 2: "Zugelassene FRS Fracasso". Eigene Darstellung.

Informationsgrundlage: bmvit 2017, Einsatzfreigaben/ Fracasso 2017

Tabelle 3: "Zugelassene FRS Marcegaglia". Eigene Darstellung.

Informationsgrundlage: bmvit 2017, Einsatzfreigaben/ Marcegaglia 2018

Tabelle 4: "Zugelassene FRS Imeva". Eigene Darstellung.

Informationsgrundlage: bmvit 2017, Einsatzfreigaben/ Imeva 2017

Tabelle 5: "Zugelassene FRS Leit-Schutz". Eigene Darstellung.

Informationsgrundlage: bmvit, 2017Einsatzfreigaben/Leit-Schutz 2017

Tabelle 6: "Zugelassene FRS Voestalpine (Teil 1)". Eigene Darstellung.

Informationsgrundlage: bmvit, 2017, Einsatzfreigaben/Voestalpine 2018

Tabelle 7: "Zugelassene FRS Voestalpine (Teil 2)". Eigene Darstellung.

Informationsgrundlage: bmvit 2017, Einsatzfreigaben/Voestalpine 2018

Tabelle 8: "Zugelassene FRS Delta Bloc". Eigene Darstellung.

Informationsgrundlage: bmvit 2017, Einsatzfreigaben/ Delta Bloc 2018

Tabelle 9: "Zugelassene FRS Rebloc". Eigene Darstellung.

Informationsgrundlage: bmvit 2017, Einsatzfreigaben/Rebloc 2018

Tabelle 10: "Sonstige zugelassene FRS aus Beton". Eigene Darstellung.

Informationsgrundlage: bmvit 2017, Einsatzfreigaben/ Alpina 2017/ Rieder 2018

Tabelle 11: "Kriterien zur Auswahl der Teststrecken". Eigene Darstellung.

Datengrundlage: ASFINAG 2017/ ASFINAG, 2012/ Interne Auswertungen AIT

Tabelle 12: "Length of Need Werte der norwegischen Berechnungsmethode".

Eigene Darstellung.

Datengrundlage: Norwegian Public Roads Administration 2014: 66

Tabelle 13: "Length of Need Werte nach der Berechnungsmethode von Tomasch et al.". Eigene

Darstellung. Datengrundlage: Tomasch et al. 2011: 2117

Tabelle 14: "Prüflängen ausgewählter FRS Typen". Eigene Darstellung. Datengrundlage:

Voestalpine 2018/ Fracasso 2018/ Imeva 2017

Tabelle 15: "Gegenüberstellung LON Empfehlungen, RVS Vorgaben und reale Messwerte". Eigene Darstellung. Datengrundlage: Voestalpine 2018/ Fracasso 2018/ Imeva 2017/
Tomasch et al. 2011: 2117/ Norwegian Public Roads Administration 2014: 66

9.1.5 Diagrammverzeichnis

Diagramm 1: "Abkommensunfälle in Österreich". Eigene Darstellung. Datengrundlage: Statistik Austria 2016, Eigene Auswertung.

Diagramm 2: "Einhaltung der unterschiedlichen FRS Längenvorgaben". Eigene Erhebung, Auswertung und Darstellung.

Diagramm 3: "Einhaltung der 1/3 Prüflänge vor Hindernissen". Eigene Erhebung, Auswertung und Darstellung.

Diagramm 4: "Einhaltung der Prüflänge, A22". Eigene Erhebung, Auswertung und Darstellung.

Diagramm 5: "Einhaltung der Prüflänge, S1". Eigene Erhebung, Auswertung und Darstellung.