



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK
Bundesamt für Strassen ASTRA

Abteilung Strassenverkehr, 24. April 2018

Bericht

Ermittlung von Grenzwerten für das Unfallschwerpunkt-Management

Q501-0787

INHALTSVERZEICHNIS

1.	Einleitung.....	3
2.	Hintergrund.....	3
2.1.	Definition Unfallschwerpunkt.....	3
2.2.	Methoden zur Ermittlung von USP	3
2.3.	Ermittlung von USP in der Schweiz	4
3.	Ansatz zur Festlegung der Grenzwerte	4
4.	Vorgehen zur Festlegung der Grenzwerte	5
5.	Zwischenergebnisse.....	6
6.	Festlegungen der Grenzwerte	7
Anhang 1: Literatur		8

1. Einleitung

Das Infrastruktur-Sicherheitsinstrument *Unfallschwerpunkt-Management* beziehungsweise *Black Spot Management* (Schweizer Norm SN 641 724 [1]) benötigt für die Anwendung in der Praxis Grenzwerte, mit denen Unfallschwerpunkte (USP) ermittelt und vom restlichen Unfallgeschehen abgegrenzt werden können. Dieser Bericht dokumentiert die Herleitung dieser Grenzwerte.

Am Anfang des Berichts erfolgt eine kurze Diskussion des fachlichen Hintergrunds (siehe Kapitel 2). Das Vorgehen zur Festlegung der aktuell gültigen Grenzwerte ist im Anschluss daran dokumentiert (siehe Kapitel 3 bis 6).

Der Ergebnisbericht wurde durch die Groupe de sécurité de la route de l'OFROU (GSR) und durch die VSS NFK 5.3 – Strassenverkehrssicherheit verabschiedet.

2. Hintergrund

2.1. Definition Unfallschwerpunkt

Eine Stelle im Strassennetz ist dann ein USP, wenn sich dort mehr Unfälle ereignen, als dies unter „normalen“ Umständen zu erwarten wäre – dies als Folge von lokalen unfallbegünstigenden Einflussfaktoren. Das heisst zugleich, dass bei einem USP unter anderem Defizite in der Strasseninfrastruktur und/oder der Verkehrsregelung wiederholt zu Unfällen geführt haben.

2.2. Methoden zur Ermittlung von USP

Da Unfälle zufallsbedingte und seltene Ereignisse sind, stellt sich die Frage, wie die Ermittlung eines USP erfolgen kann. Gemäss Sorensen & Elvik [2] stehen folgende Methoden zur Auswahl:

- a) Anzahl Unfälle im Betrachtungszeitraum;
- b) Anzahl Unfälle je Fahrleistung (Unfallrate);
- c) Kombination aus a) und b);
- d) Anpassung Anzahl Unfälle im Betrachtungszeitraum anhand eines Unfallmodells (Empirical-Bayes-Methode); und
- e) für Stellen, deren Anzahl Unfälle im Betrachtungszeitraum höher als die mit einem Unfallmodell prognostizierte Anzahl ist und gleichzeitig auf Basis des Unfallmodells ein im Vergleich hoher Einfluss lokaler Merkmale vorliegt.

Diese Methoden wurden in der genannten Arbeit auf Basis der Anteile „vermeintlicher“, „nicht erkannter“ sowie „tatsächlicher“ USP verglichen:

- „Vermeintliche“ Unfallschwerpunkte sind Bereiche des Strassennetzes, welche den Grenzwert im Betrachtungszeitraum zufällig übersteigen. Tatsächlich liegt deren langjährige Unfallzahl aber unterhalb des Grenzwerts.
- „Nicht erkannte“ Unfallschwerpunkte sind Bereiche des Strassennetzes, welche den Grenzwert im Betrachtungszeitraum zufällig unterschreiten. Tatsächlich liegt deren langjährige Unfallzahl aber oberhalb des Grenzwerts.
- „Tatsächliche“ Unfallschwerpunkte sind Bereiche des Strassennetzes, welche den Grenzwert im Betrachtungszeitraum überschreiten und deren langjährige Unfallzahl ebenfalls oberhalb des Grenzwerts liegt.

Beurteilt wurden die Methoden nach den geringsten Anteilen von „vermeintlichen“ sowie „nicht erkannten“ USP. Grundsätzlich treten fehlerhafte Abgrenzungen von Unfallschwerpunkten bei jeder der genannten Methoden zur Ermittlung von USP auf. Die besten Ergebnisse werden mit der modellbasierten Methode d) erreicht. Den zweiten Platz belegt die Methode a).

Aufgrund von Einschränkungen bei der Verfügbarkeit und Qualität von Daten und Modellen, aber auch wegen erhöhter Aufwände in der Bearbeitung, werden von den Autoren Zweifel geäussert, ob die Methode d) tatsächlich flächendeckend zur Anwendung kommen kann.

Den zweiten Platz belegt Methode a). Aufgrund der Einschränkungen von Methode d), wurde als Ansatz für eine gesamtschweizerische Ermittlung von Unfallschwerpunkten Methode a) gewählt.

2.3. Ermittlung von USP in der Schweiz

Die von Sorensen & Elvik [2] gut platzierte Methode stellt auch die Basis der Schweizer Norm SN 641 724 zum Unfallschwerpunkt-Management [1] dar. Um jeden Einzelunfall werden Zonen mit einem festen Suchperimeter generiert. Überlappende Zonen, deren Unfallzahl im Betrachtungszeitraum (Berechnungswert) grösser oder gleich ist wie der Grenzwert bilden zusammen einen Kandidaten für einen Unfallschwerpunkt (siehe Abbildung 1). Dieser wird nach visueller Prüfung in einen Unfallschwerpunkt überführt.

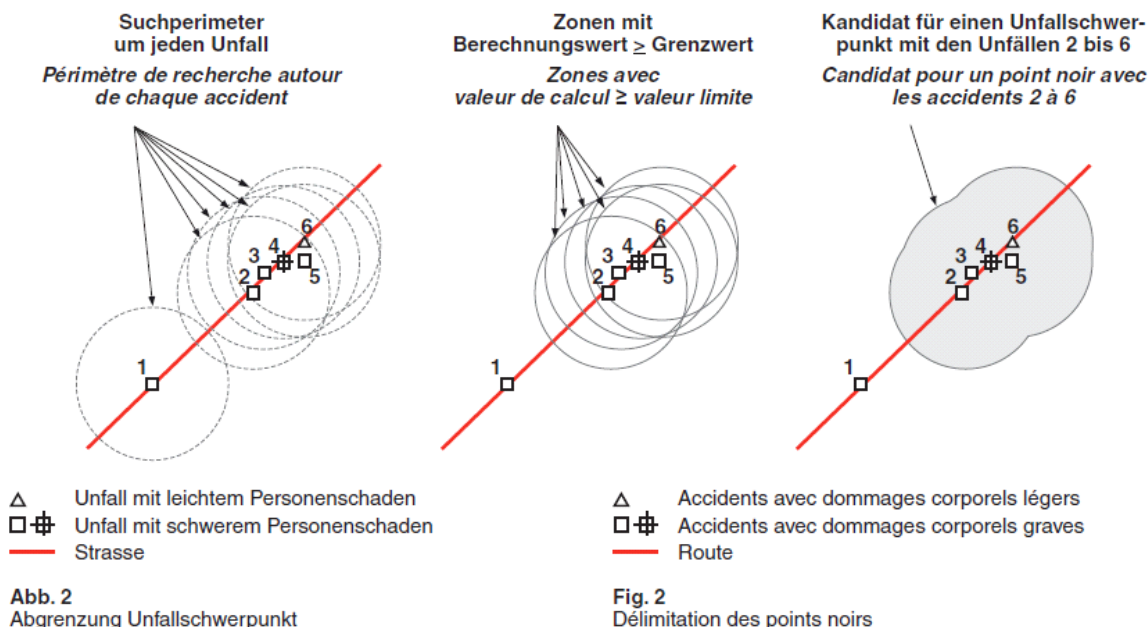


Abbildung 1: Vorgehensweise zur Abgrenzung von Unfallschwerpunkten gemäss SN 641 724 (2015)

3. Ansatz zur Festlegung der Grenzwerte

Der Ansatz zur Festlegung der Grenzwerte unterliegt sowohl theoretischen Randbedingungen (z.B. zufallsbedingtes Auftreten von Unfällen) als auch Restriktionen aus der Praxis. Folgende Anforderungen wurden daher vorab definiert:

- Die Grenzwertfestlegung muss flächendeckend in der Schweiz umsetzbar sein. Das bedingt auch eine schweizweite Verfügbarkeit von Datengrundlagen für die Anwendung der Grenzwertdefinition.
- Es ist ein weitestgehend automatisierbarer Ansatz zu entwickeln, welche mit den zur Verfügung stehenden Werkzeugen und Daten ein effizientes Vorgehen ermöglicht.
- Es ist ein möglichst einfacher und nachvollziehbarer Ansatz zu entwickeln. Dadurch wird eine effiziente Überprüfung der Unfallschwerpunkte ermöglicht, welche die Akzeptanz bei den Nutzern fördert.
- Die Höhe des Grenzwerts ist nach oben und unten durch folgende Überlegungen begrenzt:
 - Eine Mindestanzahl von Unfällen in einem Unfallschwerpunkt soll eine erhöhte Wahrscheinlichkeit für ein Infrastruktur-Sicherheitsdefizit gewährleisten, aber auch oberhalb des Schwankungsbereichs von Stellen mit stark zufallsbedingten und nicht lokal bedingten Unfallgeschehens liegen.
 - Nach oben ist die Höhe des Grenzwerts durch die praxisorientierte Festlegung begrenzt, wonach eine „machbare“ und auch „relevante“ Anzahl an Unfallschwerpunkten für die Bearbeitung durch die Strasseneigentümer abgestrebt wird.

Grundsätzlich bedarf es für die Grenzwertfestlegung nach Methode a) folgender Attribute:

- **Berechnungswert:** Unfallzahl im Betrachtungszeitraum;
- **Betrachtungszeitraum:** Zeitraum in Jahren, welcher der Ermittlung des Berechnungswerts zugrunde liegt; und
- **(Such-)Perimeter:** räumliche Abgrenzung von Unfällen im Strassennetz, welche der Ermittlung des Berechnungswerts zugrunde liegt.

In der folgenden Tabelle sind verschiedene Kriterien für die Grenzwertfestlegung beschrieben und deren Berücksichtigung in der praktischen Umsetzung des Grenzwerts dokumentiert.

Kriterium	Erläuterung	Ansatz für praktische Umsetzung
<i>Unfallschwere</i>	Schwere Unfälle ¹ treten seltener auf als leichte Unfälle ² , sind aber von höherer Relevanz für die Festlegung von USP.	Die Unfälle werden nach der Unfallschwere bei der Ermittlung des Berechnungswerts gewichtet.
<i>Betrachtungszeitraum</i>	Es bedarf längerer Zeiträume für eine aussagekräftige Ermittlung der Anzahl an schweren Unfällen. Die Länge des Zeitraums nach oben ist aus Gründen der Aktualität sowie potenziellen Veränderungen im Strassennetz begrenzt ³ .	Als Mindestzeitraum für die Ermittlung von Unfallschwerpunkten auf Basis von Unfällen mit Personenschaden gelten drei Jahre. Nach oben wird der Zeitraum auf maximal fünf Jahre begrenzt.
<i>Ortslage</i>	Innerorts existieren aufgrund der dichten Netzstruktur sowie der höheren Anteile des Langsamverkehrs erhöhte Unfallhäufigkeiten und eine andere Unfallcharakteristik.	Es erfolgt eine Differenzierung der räumlichen Abgrenzung, der Gewichtung der Unfallschwere sowie der Höhe des Grenzwerts in Abhängigkeit der Ortslage.
	Ausserorts können sich aufgrund der höheren Geschwindigkeiten Sicherheitsdefizite über einen längeren Bereich im Unfallgeschehen widerspiegeln.	
<i>Strassentyp</i>	Autobahnen und Autostrassen weisen höhere Geschwindigkeiten und wesentlich höhere Verkehrsbelastungen des motorisierten Individualverkehrs auf als die restlichen Strassentypen.	Es erfolgt eine Differenzierung der räumlichen Abgrenzung, der Gewichtung von Unfallschwere sowie der Höhe des Grenzwerts in Abhängigkeit des Strassentyps.
<i>Verkehrs- bzw. Konfliktsituation</i>	Es besteht die begründete Vermutung, dass bei Häufungen von sich ähnlichen Unfällen, die Wahrscheinlichkeit für das Vorhandensein von lokalen Infrastruktur-Sicherheitsdefiziten erhöht ist.	Es erfolgt eine Prüfung, inwiefern durch ein Kriterium der Gleichartigkeit (z. B. Anzahl Unfälle des gleichen Unfalltyps) die Grenzwertdefinition verbessert werden kann.
<i>Netzbereich</i>	An Knoten treten Unfälle eher punktuell auf. Entlang der Strecke können sich Unfallschwerpunkte auch linienhaft ausprägen (z. B. Fussgängerunfälle entlang einer Geschäftsstrasse).	Es erfolgt eine Grenzwertfestlegung, welche in gleichmässigen Abständen auftretende Unfälle in einem Unfallschwerpunkt zusammenführt (siehe hierzu Abbildung 1).

Tabelle 1: Kriterien für die Grenzwertfestlegung

4. Vorgehen zur Festlegung der Grenzwerte

Für die Umsetzung der in Kapitel 3 genannten Kriterien wurden folgende Parameter im Rahmen der Grenzwertfestlegung in unterschiedlichen Variationen untersucht:

- Unterschiedliche Grenzwertniveaus differenziert nach Ortslage und Strassentyp, ab dem die Ermittlung des Berechnungswerts einen Unfallschwerpunkt ergibt.
In Abhängigkeit der Ortslage und des Strassentyps wird nach folgenden drei Kriterien differenziert:
 - Autobahnen/Autostrassen (AB/AS);
 - restliche Strassen ausserorts (ausserorts); und
 - restliche Strassen innerorts (innerorts).
 Eine weitere Differenzierung ist aufgrund der Datenverfügbarkeit und Datenqualität nicht möglich, inhaltlich aber auch nur bedingt notwendig.

¹ U_(G+SV) Unfall mit schwerem Personenschaden, d.h. Unfall mit mindestens einer getöteten oder schwerverletzten Person

² U_(LV) Unfall mit leichtem Personenschaden, d.h. Unfall mit mindestens einer leichtverletzten Person, aber keinem Getöteten oder Schwerverletzten

³ Längere Betrachtungszeiträume konnten zum Zeitpunkt der Grenzwertfestlegung nicht untersucht werden, da keine einheitlichen und flächendeckenden Unfalldaten für längere Zeiträume zur Verfügung standen.

- Berücksichtigung der Unfallschwere durch unterschiedliche Gewichtungen nach Unfallschwerekategorien in Abhängigkeit von Ortslage und Strassentyp bei der Ermittlung des Berechnungswerts⁴.
- Einheitliche Festlegung eines Betrachtungszeitraums von 3 Jahren.
- Unterschiedliche räumliche Abgrenzungen in Abhängigkeit der Ortslage und des Strassentyps. Diese variieren zwischen 50 m (durch Genauigkeit der Unfallaufnahme vorgegeben) und 300 m in Bezug auf den Durchmesser des Suchperimeters um jeden Unfall. Bei 300 m dürfen zwei Unfälle maximal 300 m voneinander entfernt sein, damit sie dem gleichen Unfallschwerpunkt zugeordnet werden.

Als Bewertungskriterien für die unterschiedlichen Ausprägungen der Parameter wurden folgende Kennwerte analysiert:

- Anzahl Unfallschwerpunkte für verschiedene Kombinationen der gewichteten Anzahl von Unfällen mit schwerem $U_{(G+SV)}$ und leichtem Personenschaden $U_{(LV)}$ bei der Ermittlung des Berechnungswerts;
- Anzahl Unfallschwerpunkte differenziert nach Ortslage in jedem Kanton sowie der Autobahnen und Autostrassen bezogen auf die Gesamtschweiz;
- Strassennetzlänge differenziert nach Ortslage und Strassentyp als Beurteilungsgrundlage für die Anzahl an Unfallschwerpunkten;
- Verfügbarkeit der Unfalldaten im Dreijahres-Betrachtungszeitraum⁵; und
- Anteil der Unfälle mit Personenschaden in Unfallschwerpunkten an allen Unfällen eines Kantons oder auf Autobahnen/Autostrassen der Gesamtschweiz⁶.

Nach Festlegung einer vorläufigen Grenzwertdefinition wurden alle Unfallschwerpunkte (schweizweit über 1000 USP) manuell anhand von Unfallkarten mit Luftbildern begutachtet und nach verschiedenen Merkmale kategorisiert. Zu diesen Kriterien zählen u. a. Zuständigkeit, Strecke oder Knoten, Charakteristika wie Streckentyp oder Knotenform, Qualität und Validität.

5. Zwischenergebnisse

Im Rahmen der Methodenfestlegung und der Grenzwertermittlung erfolgte eine intensive Fachdiskussion mit Fachleuten aus dem Sicherheitsmanagement sowie ausgewählten Praxisvertretern bei Polizei und Strasseneigentümern. Diese wurden als Teilnehmende in Expertengruppen in die Entwicklung eingebunden. Es wurde dabei transparent aufgezeigt, zu welchen zahlenmässigen Auswirkungen eine Veränderung der Grenzwertdefinition im gesamtschweizerischen Kontext führt (z. B. mehr oder weniger Unfallschwerpunkte innerorts).

Folgende Ergebnisse wurden im Rahmen der Fachdiskussion ermittelt:

- Als Gewichtung für die Unfallschwerekategorien haben sich – unabhängig von Ortslage/Strassentyp – folgende Faktoren als zielführend erwiesen:
Berechnungswert = 3 bzw. $2 \times U_{(G+SV)} + 2$ bzw. $1 \times U_{(LV)}$
- Als Mindestanzahl haben sich folgende Kombinationen von Unfällen im Dreijahreszeitraum als zielführend ergeben:
 $U_{(G+SV)}/U_{(LV)} \rightarrow 0/5, 1/3, 2/1$ und $3/0$
Somit müssen sich mindestens fünf Unfälle mit leichtem Personenschaden oder mindestens drei Unfälle mit schwerem Personenschaden ereignen, damit sich ein Unfallschwerpunkt ergibt.
- Bei der Beurteilung des Suchperimeters (räumliche Abgrenzung) zeigte sich, dass bei grösseren Suchperimetern die Unfallschwerpunkte sehr lang wurden. Das Ziel der Bestimmung von „lokalen Häufungen von Unfällen“ steht diesem Ergebnis entgegen. Damit steigt auch die Wahrscheinlichkeit, dass mehrere Auffälligkeiten entlang einer Strecke über einen einzigen Unfallschwerpunkt erfasst werden und eine zielgerichtete Massnahmenfindung erschwert wird.

⁴ Unfälle mit ausschliesslich Sachschaden konnten nicht für eine Grenzwertfestlegung herangezogen werden, da sich die Erhebungsquote dieser Unfälle von Kanton zu Kanton unterscheidet (siehe [3]).

⁵ Einzelne Kantone hatten zum Zeitpunkt der Grenzwertfestlegung noch nicht alle vollständigen Unfalldaten an das ASTRA geliefert.

⁶ Dies ist im Sinne eines Potenzials der Analyse von Unfallschwerpunkten für das Sicherheitsmanagement zu interpretieren.

- Für die Differenzierung nach Ortslage und Strassentyp wurde letztendlich auf die in den Unfällen hinterlegten Informationen zurückgegriffen. Hier steht vor allem die einfache Anwendbarkeit im Vordergrund.
- Der Anteil Unfälle in Unfallschwerpunkten an den gesamten Unfällen sollte nicht zu gering (relevante Arbeitsgrundlage für das Sicherheitsmanagement) aber auch nicht zu gross sein (nur Schwerpunkte sollen erfasst werden). Eine Bandbreite zwischen 6 % und 20 % hat sich in den Analysen und Abstimmungen als zielführend erwiesen.
- Die Anzahl der Unfallschwerpunkte je Kilometer Netzlänge variiert sehr stark zwischen den Kantonen (u. a. aufgrund der Unterschiede zwischen eher städtisch und eher ländlich geprägten Kantonen). Im Mittel ergab sich eine Unfallschwerpunktdichte für das klassifizierte Netz ausserhalb der Autobahnen und Autostrassen von rund fünf Unfallschwerpunkten je 100 Kilometer Strasse (Bezugsgrösse ist die Netzlänge aus dem MISTRA Basissystem).
- Die Gleichartigkeit wurde vorrangig in Bezug auf die Unfalltypen untersucht. Hierbei konnten keine Ansatzpunkte für eine angepasste Grenzwertfestlegung identifiziert werden. Der Anteil der Unfälle des gleichen Unfalltyps an allen Unfällen in Unfallschwerpunkten liegt im Mittel zwischen 50 und 60 %. Das gilt für nahezu alle ermittelten Unfallschwerpunkte. Ausnahmen stellen Unfallschwerpunkte mit sehr hohen Berechnungswerten dar; dort sind die Anteile etwas geringer.

6. Festlegungen der Grenzwerte

Im Rahmen eines Praxistest wurden zusammen mit Kantonsvertretern diese Methode und eine vorläufige Grenzwertdefinition getestet. Die Unfallschwerpunkte 2012⁷ wurde nach den Methoden gemäss Schweizer Regel SNR 641 724 [1] und SN 640 009a [4] für fünf Kantone verglichen, sofern Ergebnisse für die Anwendung beider Methoden verfügbar waren. Mit der Methode nach SNR 641 724 konnten alle Unfallschwerpunkte gefunden werden, die bisher gemäss der Methode nach SN 640 009a ermittelt wurden. Es ergaben sich aber vereinzelt zusätzliche Unfallschwerpunkte.

Im Anschluss an den Praxistest wurde letztendlich die folgende Grenzwertdefinition abgeleitet:

- Gewichtung Unfallschwere
 - Berechnungswert = $2 \times U_{(G+SV)} + U_{(LV)}$
- Höhe des Grenzwerts
 - Berechnungswert ≥ 8 für Autobahnen und Autostrassen
 - Berechnungswert ≥ 5 für Innerorts- und Ausserortsstrassen
- Suchperimeter
 - 250 m für Autobahnen und Autostrassen
 - 150 m für Ausserortsstrassen
 - 50 m für Innerortsstrassen
- Betrachtungszeitraum von drei Jahren

Anhand dieser Grenzwertfestlegungen ergab sich für den Zeitraum 2010-2012 für die Gesamtschweiz die folgende Anzahl Unfallschwerpunkte:

- | | |
|----------------------------|--|
| • Innerortstrassen: | 780 USP (12% der $U_{(G+SV+LV)}$ in USP) |
| • Ausserortstrassen: | 261 USP (10% der $U_{(G+SV+LV)}$ in USP) |
| • Autobahnen/Autostrassen: | 28 USP (41% der $U_{(G+SV+LV)}$ in USP) |

Ebenfalls auf die Gesamtschweiz bezogen, ergeben sich daraus rund 1,34 Unfallschwerpunkte je 10.000 Einwohner.

Die im Praxistest finalisierten und in der SNR 641 724 dokumentierten Grenzwertfestlegungen wurde auch nach der Überführung in die Schweizer Norm SN 641 724 beibehalten. Anpassungsbedarf ergab sich ausschliesslich aus Diskussionen mit Vertretern grösserer Städte. Dort findet sich im Vergleich zu kleineren Gemeinden eine höhere Anzahl von Unfallschwerpunkten. Dies wird auf die zuvor genannten Gründe der höheren Anteile des Langsamverkehrs, aber auch der höheren Konfliktpunktdichte zurückgeführt. Bei sehr urbanen Verhältnissen kann somit entsprechend der SN 641 724 der Grenzwert angepasst werden.

⁷ Unfallgeschehen des Betrachtungszeitraums 2010-2012

Anhang 1: Literatur

- [1] SN 641 724 (2015). Strassenverkehrssicherheit – Unfallschwerpunkt-Management BSM. Zürich: Schweizer Norm des VSS (Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute)
- [2] Sorensen, M.; Elvik, R. (2007). Black Spot Management and Safety Analysis of Road Networks – Best Practice Guidelines and Implementation Steps. Publikation des Institute of Transport Economics, Norwegian Centre for Transport Research, Oslo
- [3] Schüller et al. (2014). Forschungspaket VeSPA, Teilprojekt 2: Einflüsse von Situation und Infrastruktur auf das Strassenunfallgeschehen: Phase 1
- [4] SN 640 009a (2006). Strassenverkehrsunfälle – Lokalisierung und Rangierung von Unfallschwerpunkten. Zürich: Schweizer Norm des VSS (Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute)