



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC
Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia e delle comunicazioni DATEC

Bundesamt für Strassen
Office fédéral des routes
Ufficio federale delle Strade

Unfall- und Unfallkostenraten im Strassenverkehr

Taux d'accidents et de coûts d'accidents du trafic routier

Accident rates and accident cost rates in road traffic

**PTV SWISS AG
Wilfried Matthews, Dipl. Ing.**

**Forschungsauftrag VSS 2000/343 auf Antrag des
Schweizerischen Verbands der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS**

November 2009

1266

Der Inhalt dieses Berichtes verpflichtet nur den (die) vom Bundesamt für Strassen beauftragten Autor(en). Dies gilt nicht für das Formular 3 "Projektabschluss", welches die Meinung der Begleitkommission darstellt und deshalb nur diese verpflichtet.

Bezug: Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS)

Le contenu de ce rapport n'engage que l' (les) auteur(s) mandaté(s) par l'Office fédéral des routes. Cela ne s'applique pas au formulaire 3 "Clôture du projet", qui représente l'avis de la commission de suivi et qui n'engage que cette dernière.

Diffusion : Association suisse des professionnels de la route et des transports (VSS)

Il contenuto di questo rapporto impegna solamente l' (gli) autore(i) designato(i) dall'Ufficio federale delle strade. Ciò non vale per il modulo 3 «conclusione del progetto» che esprime l'opinione della commissione d'accompagnamento e pertanto impegna soltanto questa.

Ordinazione: Associazione svizzera dei professionisti della strada e dei trasporti (VSS)

The content of this report engages only the author(s) commissioned by the Federal Roads Office. This does not apply to Form 3 'Project Conclusion' which presents the view of the monitoring committee.

Distribution: Swiss Association of Road and Transportation Experts (VSS)



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC
Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia e delle comunicazioni DATEC

Bundesamt für Strassen
Office fédéral des routes
Ufficio federale delle Strade

Unfall- und Unfallkostenraten im Strassenverkehr

Taux d'accidents et de coûts d'accidents

Accident rates and accident cost rates in road traffic

**PTV SWISS AG
Wilfried Matthews, Dipl. Ing.**

**Forschungsauftrag VSS 2000/ auf Antrag des
Schweizerischen Verbands der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS**

November 1999

1266

Impressum

Forschungsstelle und Projektteam

Projektleitung

Wilfried Matthews

Federführende Fachkommission

Fachkommission 1: Verkehrsplanung

Begleitkommission

Präsident

Jost Lüking

Mitglieder

Kay Axhausen

Daniel Baumann

Frank Bruns

Dieter Egger

Jörg Häberli

Christoph Lieb

Ruedi Ott

Paul Widmer

Antragsteller

Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute

Bezugsquelle

Das Dokument kann kostenlos von <http://partnershop.vss.ch/> heruntergeladen werden.

Index

| | |
|---|----|
| Zusammenfassung..... | 11 |
| Résumé..... | 12 |
| Summary..... | 13 |
| 1 Einleitung..... | 14 |
| 2 Bisherige Forschungsaktivitäten und -Ergebnisse..... | 15 |
| 2.1 Klassifizierung von Streckenabschnitten..... | 15 |
| 2.1.1 SN 640 040b Projektierung Grundlagen Strassentypen..... | 15 |
| 2.1.2 Untersuchungen über Unfallraten in Abhängigkeit von Strassen- und Verkehrsbedingungen innerhalb bebauter Gebiete..... | 15 |
| 2.1.3 Durchgangsstrassenverordnung..... | 16 |
| 2.2 Klassifizierung von Knotenpunkten..... | 16 |
| 2.2.1 SN 640 250 Knoten - Grundlagennorm..... | 16 |
| 2.2.2 Sicherheit von Landstrassen-Knotenpunkten..... | 16 |
| 2.3 Auswertungen in Wohngebieten: Erkennen und Bewerten von Unfallhäufungen, Untersuchungen an Unfalltypen-Steckkarten..... | 17 |
| 2.4 Ergebnisse..... | 17 |
| 2.4.1 Unfallkostenraten in der RAS-Q 96..... | 17 |
| 2.4.2 Sicherheit von Landstraßen-Knotenpunkten..... | 17 |
| 2.4.3 Externe Kosten des Verkehrs in der Schweiz..... | 18 |
| 3 Methodik..... | 20 |
| 4 Vorgehen und Ergebnisse..... | 21 |
| 4.1 Klassifizierung von Strecken und Knoten..... | 21 |
| 4.1.1 Definition der Streckenklassen..... | 21 |
| 4.1.2 Definitionen der Knotenklassen..... | 22 |
| 4.2 Erfasste Unfälle und tatsächliches Unfallgeschehen..... | 22 |
| 4.2.1 Dunkelziffer..... | 22 |
| 4.2.2 Sachschadensunfälle..... | 24 |
| 4.3 Streckenintervalle auf Autobahnen..... | 25 |
| 4.3.1 Datengrundlagen..... | 25 |
| 4.3.2 Anpassungsfaktor für die Entwicklung der Unfallzahlen, Verkehrsmenge und Netzlänge..... | 26 |
| 4.3.3 Resultate..... | 28 |
| 4.3.4 Plausibilisierung..... | 32 |
| 4.4 Streckenintervalle auf Haupt- und Nebenstrassen..... | 33 |

| | | |
|-------|--|----|
| 4.4.1 | Klassierung von Streckenintervallen | 33 |
| 4.4.2 | Auswertung von Streckenintervallen | 34 |
| 4.4.3 | Vergleich der Verfahren fixe Intervalllängen versus Streckenabschnitte mit unterschiedlicher Länge | 35 |
| 4.4.4 | Datengrundlage | 36 |
| 4.5 | Knoten | 40 |
| 4.5.1 | Klassierung von Knoten | 40 |
| 4.5.2 | Auswertung von Knotenpunkten..... | 42 |
| 4.5.3 | Plausibilisierung | 47 |
| 4.6 | Unfallraten und Unfallkostenraten für Abschätzungen in Kosten-Nutzen-Analysen..... | 48 |
| 5 | Normierung | 50 |
| 5.1 | SN 641 824 Kosten-Nutzen-Analysen im Strassenverkehr, Unfallraten und Unfallkostensätze..... | 50 |
| 5.2 | Zeitliche Veränderung der Unfallkostenraten und Unfallkostenziffern | 50 |
| 6 | Schlussfolgerungen und Empfehlungen | 51 |
| 7 | Anhang | 52 |
| 7.1 | Formeln..... | 52 |
| 7.2 | Literaturverzeichnis..... | 54 |
| 7.3 | Glossar | 55 |
| | Projektabschluss | 57 |
| | Verzeichnis der Berichte der Forschung im Strassenwesen | 60 |

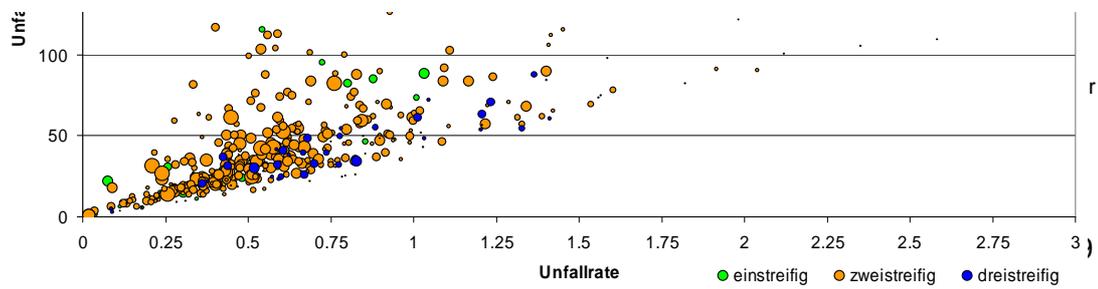


Abbildung 2 Vergleich von Unfallkostenrate und Unfallrate für einzelne Abschnitte auf Auto

| | | |
|--------------|--|----|
| Abbildung 3 | Streckenintervalle mit fixen Längen..... | 35 |
| Abbildung 4 | Homogene Streckenintervalle mit unterschiedlichen Längen..... | 35 |
| Abbildung 5 | Lage der ausgewerteten Haupt- und Nebenstrassen | 38 |
| Abbildung 6 | Proz. Anteil der Intervalle nach Strassenklasse und Unfallrate | 39 |
| Abbildung 7 | Lage der ausgewerteten Knoten im Kanton Bern | 41 |
| Abbildung 8 | Lage der ausgewerteten Knoten im Kanton Zürich..... | 42 |
| Abbildung 9 | Vergleich von Unfallkostenziffer und Unfallziffer für einzelne Knoten | 46 |
| Abbildung 10 | Vergleich von Unfallkostenziffer und Unfallziffer für Knotenklassen | 47 |

Tabellen

| | | |
|------------|---|----|
| Tabelle 1 | Unfallkostenraten nach RAS-Q umgerechnet in € [9] | 17 |
| Tabelle 2 | Unfallraten und -Kostenraten nach [4] | 18 |
| Tabelle 3 | Kosten nach Unfallfolge (nach [25]) | 19 |
| Tabelle 4 | Externe Kosten aus der Sicht der Verkehrsträger (nach [25]) | 19 |
| Tabelle 5 | Signale, die Hauptstrassen definieren [23] | 21 |
| Tabelle 6 | Dunkelziffer berechnet aus polizeilich (nicht) erfassten Verletzten (nach [6]) | 23 |
| Tabelle 7 | Dunkelziffern in Abhängigkeit der Unfallfolgen (nach [21]) | 23 |
| Tabelle 8 | Dunkelziffer für Autobahn+Autostrasse bzw. sonstige Strassen | 24 |
| Tabelle 9 | Verhältnis Unfälle mit Personenschaden zu Sachschaden | 24 |
| Tabelle 10 | Entwicklung von Unfallzahlen auf Autobahnen (berechnet aus [16]) | 27 |
| Tabelle 11 | Längenentwicklung der Nationalstrassen (berechnet aus [17]) | 27 |
| Tabelle 12 | Entwicklung der Verkehrsmenge (berechnet aus [19]) | 28 |
| Tabelle 13 | Korrekturfaktoren für Unfälle auf Autobahnen und - Strassen | 28 |
| Tabelle 14 | Unfallfolgen für Unfälle auf Autobahnen und Nationalstrassen | 30 |
| Tabelle 15 | Unfall-, Verletzten- und Getötetenrate für Autobahn/-strasse (exkl. Dunkelziffer) | 30 |
| Tabelle 16 | Unfallkostenraten für Autobahn und –strasse (inkl. Dunkelziffer) | 31 |
| Tabelle 17 | Parameter für Streckenklassierung | 34 |
| Tabelle 18 | Streckenintervalle und Unfälle der Jahre 2000 bis 2004 auf Haupt- und Nebenstrassen | 36 |
| Tabelle 19 | Unfallkostenraten auf Haupt- und Nebenstrassen (ohne Knoten) | 39 |
| Tabelle 20 | Unfall-, Verletzten und Getötetenraten auf Haupt- und Nebenstrassen (ohne Knoten) | 39 |
| Tabelle 21 | Klassifizierung und Unfallfolgen der ausgewerteten Knoten | 40 |
| Tabelle 22 | Länge der zu berücksichtigenden Knotenarme [2] | 43 |
| Tabelle 23 | Unfallziffern und Unfallkostenziffern für Knotenklassen | 45 |
| Tabelle 24 | Unfallziffern und Unfallkostenziffern (nur externe Kosten) | 45 |
| Tabelle 25 | Unfall-(kosten-)ziffern für Knotenklassen für SN 641 824 | 45 |
| Tabelle 26 | Unfall-(kosten-)ziffern für Knotenklassen (nur externe Kosten) für SN 641 824 | 45 |

| | | |
|------------|---|----|
| Tabelle 27 | Mengengerüst für das vereinfachte Verfahren | 48 |
| Tabelle 28 | Unfallraten, Verletztenraten und Getötetenraten (ohne Dunkelziffer) | 48 |
| Tabelle 29 | Unfallkostenraten (Dunkelziffer berücksichtigt) | 49 |

Zusammenfassung

Unfallraten und Unfallkostenraten sind wichtige Indikatoren, um die Verkehrssicherheit von Strassenabschnitten vergleichen zu können. Mit Hilfe der Unfallziffer und der Unfallkostenziffer können für Knoten ähnliche Aussagen zur Häufigkeit und Schwere von Unfällen getroffen werden. Die Raten bzw. Ziffern setzen die Anzahl der Unfälle oder die durch Unfälle verursachten Kosten in Bezug zu den Fahrzeugkilometern einer Strecke bzw. der Fahrzeuganzahl eines Knotens.

Das Ziel der Forschungsarbeit war, Unfallraten und –ziffern sowie Unfallkostenraten und Unfallkostenziffern für verschiedene Strassenklassen und Knotenklassen zu berechnen. Mit Hilfe der Unfallkostenraten und –ziffern können die wahrscheinlichen monetären Auswirkungen von Planungsvarianten auf das Unfallgeschehen ermittelt und in Kosten-Nutzen-Analysen die Einflüsse der Verkehrssicherheit abgedeckt werden.

Ein Teil der vorliegenden Ergebnisse wird in der VSS-Norm 641 824 „Kosten-Nutzen-Analysen im Strassenverkehr, Unfallraten und Unfallkostensätze“ veröffentlicht.

Für die korrekte Berücksichtigung der Auswirkungen von Unfällen in Kosten-Nutzen-Analysen ist es unerlässlich, vom tatsächlichen Unfallgeschehen auszugehen, das sich quantitativ deutlich von den polizeilich erfassten Unfällen unterscheidet. Die Dunkelziffer der von der Polizei nicht erfassten Unfälle wird in der Studie durch Korrekturfaktoren berücksichtigt.

Die für die Norm ermittelten Raten und Ziffern enthalten zum Teil nicht nur die polizeilich erfassten Unfälle sondern auch die mit Hilfe von Korrekturfaktoren abgeschätzten Unfälle, welche nicht rapportiert wurden. Aus diesem Grund können die Werte nicht als Vergleichswerte für lokale Unfalluntersuchungen verwendet werden. Auch bei Vergleichen mit Werten aus der Literatur muss dies berücksichtigt werden. Weiterhin wurden bei der Ermittlung der Unfallraten und Unfallkostenraten auf Haupt- und Nebenstrassen zwischen Strecke und Knoten unterschieden. Auch aus diesem Grund sind die Ergebnisse mit Werten in der Literatur oder aus NISTRA nicht unmittelbar vergleichbar.

In der Arbeit werden Unfallraten und Unfallkostenraten für die folgenden Strassenarten ermittelt: Autobahn zweistreifig, Autobahn dreistreifig, Autostrasse, Hauptstrasse ausserorts/innerorts und Nebenstrasse ausserorts/innerorts. Für Kreuzungen und Einmündungen jeweils mit und ohne Lichtsignalanlage, sowie für dreiarmlige Kreisell und solche mit 4 und 5 Armen werden die typischen Unfallziffern und Unfallkostenziffern berechnet.

Résumé

Les taux d'accidents et de coûts d'accidents sont des indicateurs importants utilisés pour comparer le niveau de sécurité de tronçons routiers. Les indices d'accidents et des coûts d'accidents permettent ainsi de prévoir la fréquence et la gravité des accidents à certains nœuds. Les taux et les indices établissent un rapport entre le nombre d'accidents ou les coûts engendrés par les accidents et les kilomètres parcourus sur un tronçon ou le nombre de véhicules à un nœud.

Le travail de recherche avait pour objectif de calculer les taux et les indices d'accidents ainsi que les taux et les indices de coûts d'accidents pour différentes classes de routes et de nœuds. L'impact financier probable de différents plans sur le nombre d'accidents peut être évalué à l'aide des taux et des indices de coûts d'accidents et la notion de sécurité routière mieux intégrée dans les analyses coûts/avantages.

Une partie des résultats présents sera publiée dans la norme VSS 641 824 « Analyses coûts/avantages du trafic routier, taux d'accidents et coûts unitaires des accidents ».

Il est indispensable de partir du nombre d'accidents routiers réels, qui présente un écart quantitatif important par rapport au nombre d'accidents enregistrés par les services de police, pour obtenir une appréciation correcte des effets des accidents dans les analyses coûts/avantages. L'étude tient compte du nombre d'accidents non enregistrés par les services de police grâce à des facteurs de correction.

Les taux et indices déterminés pour la norme comprennent non seulement le nombre d'accidents enregistrés par les services de police mais aussi le nombre d'accidents non signalés obtenu par facteur de correction. C'est la raison pour laquelle les valeurs ne peuvent pas être utilisées à des fins de comparaison pour des études locales sur les accidents. Il faut également en tenir compte pour des comparaisons avec des valeurs provenant de la littérature. De plus, une distinction entre routes principales et secondaires, tronçons et nœuds a été opérée pour obtenir les taux d'accidents et de coûts d'accidents. C'est également pourquoi les résultats ne sont pas directement comparables avec des valeurs issues de la littérature ou de NISTRA.

Les taux d'accidents et les taux de coûts d'accidents sont évalués pour les catégories de routes suivantes : autoroute à deux voies, autoroute à trois voies, semi-autoroute, route principale hors agglomération/en agglomération et route secondaire hors agglomération/en agglomération. Les indices d'accidents et de coûts d'accidents sont calculés pour les carrefours et les jonctions avec et sans système de signalisation, ainsi que pour les carrefours giratoires à trois, quatre et cinq branches.

Summary

Accident rate and accident cost rate are important figures to compare the traffic safety of road sections. Accordingly accident figures and accident cost figures indicate the frequency and severity of accidents at intersections. These rates and figures relate the number of accidents or the costs of these accidents to the vehicle mileage of a road section or the vehicles density at an intersection.

The aim of the research was to calculate accident rates and figures as well as accident cost rates and figures for different types of road sections and intersection categories. Based on the accident cost rates and figures the expected monetary effects of road design options on the accident situation can be calculated and these rates and figures can be used in cost-benefit analysis to cover the influence of traffic safety.

Parts of the research results are published in the standard SN 641 824 „Kosten-Nutzen-Analysen im Strassenverkehr, Unfallraten und Unfallkostensätze“.

To adequately cover the effects of accidents in cost-benefit analysis, it is essential for this analysis to be based on the real accident situation, which in quantitative terms differs considerably from the accidents reported by the police. The unreported accidents are included in this study by the use of correction factors.

The rates and figures that were calculated for the standard contain not only the reported accidents but also partly include correction factors for the unreported accidents. Therefore the rates and figures cannot be used as reference values in local accident analysis. This must as well be taken into account when compared of with rates and figures reported in the literature.

Furthermore the calculation of accident rates and figures and accident cost rates and figures on primary and secondary roads distinguishes between road sections and intersections. This is an additional reason why the figures and rates are not comparable to values taken from the literature or NISTRA.

The study establishes accident rates and accident cost rates for the following road types: motorway with two lanes, motorway with three lanes, expressway, interurban/ urban primary road and interurban/ urban secondary road. Typical accident figures and accident cost figures were calculated for crossings and junctions with and without traffic lights, as well as for roundabouts with 3 and 4 or 5 linked roads.

1 Einleitung

In der Schweiz liegen Unfallauswertungen im Regelfall in Form von Statistiken vor, wobei der Unfallort lediglich in Form der Strassenkategorie eingeht. Bei lokalen Unfalluntersuchungen und –auswertungen werden die Unfallstellen genauer betrachtet und räumlich präzise abgegrenzt.

Für die Bewertung von betrieblichen und baulichen Massnahmen unter Berücksichtigung der Folgekosten einer Investition fehlen bislang streckentyp- bzw. knotenformbezogene Zahlen zu Unfallkostenraten bzw. Unfallkostenziffern. Das Wissen über Abhängigkeiten zwischen Strecken- oder Knotentypen und den wahrscheinlichen Unfallfolgen kann die Planung und den Betrieb von Verkehrsanlagen beeinflussen und hoffentlich einen Beitrag zur Senkung der Unfallzahlen oder zur Minderung der Unfallfolgen leisten.

Im Bericht „Unfallkosten im Strassen- und Schienenverkehr der Schweiz 1998“ [5] und dessen Aktualisierung [6] und [25] sind die gesamtwirtschaftlichen Unfallkosten berechnet. Zusammen mit der Georeferenzierung von Unfällen und dem Wissen über deren Unfallfolgen lassen sich Unfallkostenraten für Intervalle berechnen. Die Unfallkosten entsprechend den Unfallfolgen (Unfall mit Sachschaden, Unfall mit Verletzten, Unfall mit Getöteten) werden den georeferenzierten Unfällen zugeordnet. Die über zuvor definierte Streckenintervalle summierten Unfallkosten gehen dann in die Unfallkostenrate ein.

Das primäre Ergebnis der Forschungsarbeit sind typische Unfallraten und Unfallkostenraten bzw. Unfallziffern und Unfallkostenziffern für kategorisierte Strecken- und Knotentypen. Mit Hilfe dieser Werte kann bei zukünftigen Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen insbesondere bei Neu-, Um- oder Ausbauten von Strassen oder Verkehrsknoten der Einfluss von Unfällen berücksichtigt werden. Beim Vergleich von unterschiedlichen Ausbaustandards kann in bestimmten Fällen den höheren Baukosten eine erheblich tiefere Unfallkostenrate gegenübergestellt werden. So kann die aus volkswirtschaftlicher Sicht zuerst teurere Lösung nach wenigen Jahren die günstigere sein.

Die Untersuchung von Strecken allein anhand der Unfallrate (ohne Getöteten- oder Verletztenrate¹) gibt ein verzerrtes Bild des Unfallgeschehens. In den Agglomerationsbereichen (mit hohem DTV) ergeben sich relativ hohen Unfallraten. Im Gegensatz dazu weisen wenig belastete Bereiche von Autobahnen niedrige Unfallraten auf. Betrachtet man aber die Unfallfolgen, kann sich das Bild häufig umkehren, da die Unfallschwere bei den Unfällen auf den wenig belasteten Autobahnabschnitten oft höher ist. Hier sind die Unfallkostenraten höher, da die schlimmeren Unfallfolgen hohe Kosten verursachen.

Die Unfallkostenrate ist ein Indikator, um bei einer Betrachtung zusammen mit der Unfallrate auch Aussagen über die Unfallschwere zu erhalten und diese für verschiedene Streckenabschnitte vergleichbar zu machen.

¹ Berechnung der Raten siehe Kap. 7.1

2 Bisherige Forschungsaktivitäten und -Ergebnisse

2.1 Klassifizierung von Streckenabschnitten

Die ausgewählten Normen bzw. Studien zeigen, in welche Raster Streckenabschnitte eingeteilt werden können und welche Gliederungen bei vorangegangenen Untersuchungen gewählt wurden.

2.1.1 SN 640 040b Projektierung Grundlagen Strassentypen

Die Schweizer Norm 640 040b [13] unterscheidet Strassentypen nach den folgenden Kriterien:

- grundsätzliche Aufgaben der Strasse (verkehrliche Verbindung zwischen Siedlungsgebieten und Ortsteilen, Erschliessung, städtebaulicher Raum, Erlebnis- und Freizeitraum, Träger für verschiedene Werkleitungen der Ver- und Entsorgung)
- Ausrichtung der Strassen (Verkehrsorientierte Strassen bilden das übergeordnete Netz, siedlungsorientierte Strasse bilden das untergeordnete Netz)
- Verkehrsplanerische Funktion im Strassennetz (erschliessen, sammeln, verbinden, durchleiten)
- Bedeutung im Strassennetz (international und national, überregional, regional, zwischenörtlich, örtlich, quartierintern)

Hieraus ergeben sich die folgenden Klassen:

- HLS Hochleistungsstrassen,
- HVS Hauptverkehrsstrassen,
- VS Verbindungsstrassen,
- SS Sammelstrassen
- ES Erschliessungsstrassen.

2.1.2 Untersuchungen über Unfallraten in Abhängigkeit von Strassen- und Verkehrsbedingungen innerhalb bebauter Gebiete

Hiersche und Taubmann untersuchen in [14] die folgenden Parameter auf deren Auswirkung auf die Unfallrate: Radius, Kurvigkeit, Längsneigung, Länge der Ortsdurchfahrt, Fahrbahnbreite, Fahrraumbreite, Ausbaustandard, Verkehrsstärke und Schwerverkehrsanteil.

2.1.3 Durchgangsstrassenverordnung

In der Durchgangsstrassenverordnung [27] werden die Hauptstrassen in Anhang 2 aufgelistet. Daneben gelten kurze Verbindungsstrecken zu Autobahnen und Autostrassen als Hauptstrassen, wenn sie als solche signalisiert sind.

2.2 Klassifizierung von Knotenpunkten

Auch für Knotenpunkte werden nachfolgend ausgewählte Normen und Studien aufgeführt, die zur Gliederungen der Knotenpunkte herangezogen werden können. Die Klassifizierung der Knoten berücksichtigt das unterschiedliche Unfallgeschehen an den Knotenpunkten.

2.2.1 SN 640 250 Knoten - Grundlagennorm

Die Schweizer Norm 640 250 [12] unterscheidet zwischen Knotentypen und Knotenarten. Die einzelnen Knotentypen werden nach den folgenden Eigenschaften unterschieden: Anzahl Ebenen, Anzahl Knotenarme und Schnittwinkel der Knotenarme. Aufbauend auf diese Eigenschaften wird die Einteilung in spezifische Knotenpunktsformen² wie Einmündung, Kreuzung, Kreisel, Trompete oder Kleeblatt vorgenommen.

Die Knotenarten werden primär durch die Anzahl der Ebenen unterschieden. Knoten in einer Ebene werden in Knoten mit und ohne Kreisverkehr eingeteilt.

2.2.2 Sicherheit von Landstrassen-Knotenpunkten

Eckstein und Meewes nehmen die Einteilung der Knotenpunktstypen in [7] ausgehend von der Sicherheitsuntersuchung vor. Dabei nehmen sie einerseits in die Definition der Knotenpunktstypen auch Eigenschaften wie ortsfeste Geschwindigkeitsüberwachung auf, die die Unfallrate bzw. Unfallkostenrate beeinflussen, sonst aber nicht als Attribute von Knotenarten oder Knotentypen gelten. Andererseits werden komplexe Knoten als teilplanfreie Kreuzung oder halbes Kleeblatt zusammengefasst. Im Einzelnen unterscheiden sie:

- Kreuzung mit Vorfahrtsregelung durch Verkehrszeichen
- Kreuzung mit 2-phasiger Lichtsignalanlage
- Kreuzung mit 3- oder mehrphasiger Lichtsignalanlage
- Teilplanfreie Kreuzung
- Halbes Kleeblatt
- Kreuzung mit ortsfester Geschwindigkeitsüberwachung
- Kleiner Kreisverkehrsplatz
- Einmündung

² Skizzen der spezifischen Knotenpunktsformen finden sich in Literatur [12]

- Einmündung mit 2-phasiger Lichtsignalanlage
- Einmündung mit 3- oder mehrphasiger Lichtsignalanlage

2.3 Auswertungen in Wohngebieten: Erkennen und Bewerten von Unfallhäufungen, Untersuchungen an Unfalltypen-Steckkarten

Bezüglich der relativen Auswertung in Wohngebieten kommen Eckstein und Meewes in [23] zum Schluss, dass die Bildung von Unfallkostenraten wenig empfehlenswert ist. Die Unfallrate und Unfallkostenrate hängt von der Verkehrsstärke ab. Diese soll nicht wie die Strassenlänge als unveränderbar angesehen werden. Vielmehr soll Durchgangsverkehr aus Wohnstrassen verdrängt werden.

Als Alternative wird die Unfallkostendichte³ für Untersuchungen in Wohngebieten vorgeschlagen.

2.4 Ergebnisse

2.4.1 Unfallkostenraten in der RAS-Q 96

Die deutsche Richtlinie RAS-Q 96 [9] gibt im Anhang 3 „Überprüfung der Verkehrssicherheit“ die Unfallkostenraten abhängig von den Regelquerschnitten (RQ) an (Preisstand 1995).

| Querschnitt | Anzahl Fahrstreifen | Breite der Fahrstreifen [m] | Unfallkostenrate [€/(1000 Fz km)] |
|------------------|---------------------|-----------------------------|-----------------------------------|
| RQ 35.5, RQ 29.5 | 6, 4 | 3.50 & 3.75 | 16.90 |
| RQ 33, RQ 26 | 6, 4 | 3.50 | 17.90 |
| RQ 20 | 4 | 3.25 | 21.50 |
| RQ 15.5 | 2+1 | 3.25, 3.50, 3.75 | 24.00 |
| RQ 10.5 | 2 | 3.50 | 33.70 |
| RQ 9.5 | 2 | 3.00 | 40.40 |
| RQ 7.5 | 2 | 2.75 | 50.60 |

Tabelle 1 Unfallkostenraten nach RAS-Q umgerechnet in € [9]

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die RAS-Q 96 die Unfallkostenrate abhängig vom Regelquerschnitt und damit von der Fahrbahnbreite angibt.

2.4.2 Sicherheit von Landstraßen-Knotenpunkten

Meewes berechnet in [4] Unfallraten und Unfallkostenraten (Preisstand 1995).

Für die Berechnung der Raten werden einerseits die in Deutschland bundeseinheitlichen Kostensätze abhängig vom Unfalltyp herangezogen. Hier

³ Berechnung der Unfallkostendichte siehe Kap. 7.1

ergibt sich für einen Unfall mit schwerem Personenschaden eine Spanne der Kostensätze von 120'000 € (Abbiegeunfall) bis 250'000 € (Überschreitenunfall).

Andererseits ermittelt Meewes aus den Unfallfolgen der betrachteten Unfälle an den Knotenpunkten und deren Zufahrten angepasste Kostensätze für die Untersuchungskollektive Kreuzungen, teilplanfreie Kreuzungen, halbes Kleeblatt und Einmündungen.

Eine weitere Unterscheidung rührt aus der Mittelung von unterschiedlichen Untersuchungszeiträumen her.

Es ergeben sich für die Unfallkostenraten jeweils vier Werte abhängig von den eingesetzten Kostensätzen und der verwendeten Art der Mittelung der Betrachtungszeit. Das arithmetische Mittel aus diesen vier Werten wird in der folgenden Tabelle dargestellt:

| Knotenpunktstyp | Unfallrate [U / Mio. Kfz] | Unfallkostenrate [€ / 1'000 Fz] |
|---|--------------------------------------|--|
| Kreuzung mit Vorfahrtsregelung durch Verkehrszeichen | 1.70 | 53 |
| Kreuzung mit 2-phasiger Lichtsignalanlage | 1.73 | 54 |
| Kreuzung mit 3- oder mehrphasiger Lichtsignalanlage | 1.20 | 27 |
| Teilplanfreie Kreuzung | 1.16 | 27 |
| Halbes Kleeblatt | 0.98 | 15 |
| Kreuzung mit ortsfester Geschwindigkeitsüberwachung | 0.52 | 15 |
| Kleiner Kreisverkehrsplatz | 0.90 | 10 |
| Einmündung | 0.91 | 21 |
| Einmündung mit 2-phasiger Lichtsignalanlage | 0.91 | 22 |
| Einmündung mit 3- oder mehrphasiger Lichtsignalanlage | 0.66 | 10 |

Tabelle 2 Unfallraten und -Kostenraten nach [4]

Die von Meewes angewandte Methodik unterscheidet sich von derjenigen in der vorliegenden Arbeit, da er das Verhältnis der Raten je nach Knotenpunktstyp ermittelte. Das Ziel der vorliegenden Arbeit ist die Ermittlung von Kostenraten- und Ziffern, die die gesamten Kosten des Unfallgeschehens abdecken und deshalb auch die Unfälle einbeziehen, die in vergleichenden Untersuchungen wie der von Meewes durch die Dunkelziffer vernachlässigt werden. Aus diesem Grund können die Ergebnisse nicht unmittelbar verglichen werden.

2.4.3 Externe Kosten des Verkehrs in der Schweiz

Im Auftrag des Bundesamts für Raumentwicklung und des Bundesamts für Energie wurden in [25] die Werte zu den Unfallkosten aktualisiert. Hierzu wurden die Kostensätze für den Strassenverkehr aus dem bfu-Report [24] auf das Jahr 2005

hochgerechnet.

| Volkswirtschaftliche Kosten in CHF pro verunfallte Person nach Verletzungsschwere | |
|--|-----------|
| Tote | 3'191'421 |
| Leichtverletzte | 33'471 |
| Schwerverletzte | 528'003 |
| Mittelschwerverletzte | 120'622 |
| Invaliditätsfälle | 1'279'044 |
| Opfer (Tote und Verletzte) | 103'488 |
| Verletzte | 89'851 |
| Sachschäden, Polizei- und Rechtsfolgekosten | 44'824 |

Tabelle 3 Kosten nach Unfallfolge (nach [25])

Die folgende Tabelle zeigt die externen Kosten pro Verunfalltem aus der Sicht der Verkehrsträger. Bei dieser Sichtweise sind nur die Kosten extern, die von der Allgemeinheit getragen werden. Kosten, die das unschuldige Unfallopfer trägt (also nicht vom Unfallverursachenden übernommen werden), werden als intern betrachtet, da das Unfallopfer zu den Verkehrsteilnehmenden zählt.

| Externe Kosten in CHF pro verunfallte Person nach Verletzungsschwere | |
|---|---------|
| Tote | 673'203 |
| Leichtverletzte | 3'874 |
| Schwerverletzte | 76'334 |
| Mittelschwerverletzte | 16'063 |
| Invaliditätsfälle | 426'141 |
| Durchschnitt Schwerverletzte (mittelschwer, schwer, invalid) | 104'441 |
| Opfer (Tote und Verletzte) | 18'952 |
| Verletzte | 16'063 |
| Sachschäden, Polizei- und Rechtsfolgekosten | 3'101 |

Tabelle 4 Externe Kosten aus der Sicht der Verkehrsträger (nach [25])

Die in diesem Kapitel dargestellten Kosten werden in der vorliegenden Untersuchung für die Berechnung von Unfallkostenraten und Unfallkostenziffern verwendet.

3 Methodik

Die Ermittlung der Unfallkostenraten und Unfallkostenziffern erfolgte in drei Teilen.

Knoten und deren Unfallkostenziffer wurden anhand von 115 Knoten, die zu einem grossen Teil im Kanton Bern und zu einem kleineren im Kanton Zürich liegen, für die Jahre 2000 bis 2004 ausgewertet.

Haupt- und Nebenstrassen mit der weiteren Unterscheidung von innerorts und ausserorts wurden anhand von Strecken in den Kantonen Bern und Uri für die Jahre 2000 bis 2004 ausgewertet. Die Strecken wurden so ausgewählt, dass keine Knoten von Bedeutung in die Resultate eingeflossen sind.

Für die Raten der Autobahnen und Autostrassen wurde auf eine vorhandene Auswertung zurückgegriffen, in der ein grosser Teil des Schweizer Nationalstrassennetzes für die Jahre 1994 – 1998 ausgewertet wurden. Da die Berechnung der Raten eine geographische Zuordnung der Unfälle zu den Strassenachsen erfordert, wäre der Aufwand für die Erstellung einer neuen Auswertungsbasis sehr gross gewesen. Um die Vergleichbarkeit der Ergebnisse mit den oben beschriebenen Teilen sicher zu stellen, wurden die Ergebnisse auf das Zeitintervall 2000 bis 2004 angeglichen, indem die Veränderungen der Unfallzahlen auf Autobahnen, der Länge des Nationalstrassennetzes und der Verkehrsmenge auf Autobahnen berücksichtigt wurden.

In Kapitel 4.6 werden Unfallraten und Unfallkostenraten für einfache Abschätzungen angegeben. Diese Werte, die differenziert für Autobahn, innerorts und ausserorts vorliegen, können verwendet werden, wenn in der Kosten-Nutzen-Analyse kein detailliertes Strassennetz (z.B. mit Angaben zur Ausprägung von Knotenpunkten) vorliegt. Die Raten wurden anhand der Unfallmenge, Verletzten- und Getötetenzahl des Jahres 2002 und den Fahrleistungen für Autobahn, innerorts und ausserorts berechnet.

4 Vorgehen und Ergebnisse

Die getrennte Auswertung von Knoten und Streckenabschnitten wie im vorangegangenen Kapitel beschrieben, führt dazu, dass im Vergleich mit Werten aus der Literatur berücksichtigt werden muss, dass der Einfluss von Knoten auf die Unfallraten und –Kostenraten bei Strecken entfällt. Dazu wurden die zu untersuchenden Strecken so gewählt, dass keine relevanten Knoten in den Streckensegmenten enthalten sind. Dadurch ergeben sich tendenziell geringere Unfallraten und Kostenraten im Vergleich zu „gemischt“ berechneten Unfallraten und –kostenraten.

4.1 Klassifizierung von Strecken und Knoten

In Absprache mit der VSS Expertenkommission 3.04 „Verkehrssicherheit“ wurde die folgende Einteilung der Klassen für Strecken und Knoten vorgenommen.

4.1.1 Definition der Streckenklassen

Für die vorliegende Forschungsarbeit werden die Strecken wie folgt unterschieden:

- Autobahn (+ Autostrasse)
- Hauptstrasse ausserorts
- Hauptstrasse innerorts
- Nebenstrasse ausserorts
- Nebenstrasse innerorts

Die Definition der Hauptstrasse richtet sich hierbei nach der Festlegung in der SR 741.21 Signalisationsverordnung [22], Art. 37 Hauptstrasse, Art. 38 Ende der Hauptstrasse und den dazu gehörenden Signalen 3.03 Hauptstrasse sowie 3.04 Ende der Hauptstrasse. Ebenso lassen blaue Signale für die Wegweisung auf eine Hauptstrasse schliessen (4.27 Ortsbeginn auf Hauptstrassen, 4.28 Ortsende auf Hauptstrassen, 4.32 Wegweiser auf Hauptstrassen).

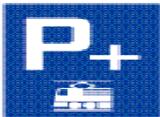
| Signal-Nr. | 3.03 | 3.04 | 4.27 | 4.28 | 4.32 |
|---------------|---|---|---|---|---|
| Signal | Hauptstrasse | Ende der Hauptstrasse | Ortsbeginn auf Hauptstrassen | Ortsende auf Hauptstrassen | Wegweiser auf Hauptstrassen |
| |  |  |  |  |  |

Tabelle 5 Signale, die Hauptstrassen definieren [23]

Die Landeskarte der Schweiz im Massstab 1:200'000 des Bundesamts für Landestopografie swisstopo unterscheidet zwischen Haupt- und Nebenstrassen. Diese können in dieser Karte anhand der Farbe (rot, gelb oder weiss) und der Strichstärke unterschieden werden. Im Detail unterteilt diese Karte in Hauptstrasse als Durchgangsstrasse, Hauptstrasse als Verbindungsstrasse, Nebenstrasse als Verbindungsstrasse und Nebenstrasse.

4.1.2 Definitionen der Knotenklassen

Für die vorliegende Forschungsarbeit wurden die Knoten in Absprache mit der VSS-Expertenkommission 3.04 „Verkehrssicherheit“ wie folgt unterschieden:

- Einmündung
- Einmündung mit Lichtsignalanlage
- Kreuzung
- Kreuzung mit Lichtsignalanlage
- Kreisel dreiarmig
- Kreisel vier- und fünfarmig
- Autobahnverzweigung

4.2 Erfasste Unfälle und tatsächliches Unfallgeschehen

4.2.1 Dunkelziffer

Zwischen den polizeilich erfassten Unfällen, die die Datenbasis für die nachfolgenden Auswertungen bilden, und dem tatsächlichen Unfallgeschehen besteht eine bedeutende Diskrepanz.

Nach einer Hochrechnung der BFU für die Nichtberufsunfälle im Strassenverkehr für das Jahr 2005 [20] ergeben sich abhängig von der Verkehrsteilnahme sehr hohe Abweichungen zur polizeilich erfassten Unfallstatistik. 3'137 verletzte Radfahrer der polizeilich registrierten Strassenverkehrsunfälle stehen 25'720 verletzten Radfahrern aus der Hochrechnung gegenüber. Für andere Verkehrsmittel liegt die Dunkelziffer bei mindestens zwei, d.h. die tatsächliche Anzahl an Unfällen ist mehr als doppelt so hoch wie polizeilich erfasst.

Für die einzelnen Bezugsjahre der Auswertungen der vorliegenden Studie werden in [6] die Relationen der polizeilich erfassten und der polizeilich nicht erfassten Verunfallten angegeben. Dabei handelt es sich um hochgerechnete Werte, so dass sich für jedes Jahr die gleiche Dunkelziffer ergibt.

| Jahr | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 |
|----------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Polizeilich erfasste Unfälle | 64'365 | 64'325 | 61'886 | 60'042 | 57'813 |
| Total Verletzte | 108'572 | 108'941 | 107'547 | 108'717 | 103'833 |
| Polizeilich erfasste Opfer | 29'811 | 29'913 | 29'530 | 29'851 | 28'510 |
| Polizeilich nicht erfasste Opfer | 78'761 | 79'028 | 78'017 | 78'866 | 75'323 |
| Dunkelziffer Verletzte | 3.64 | 3.64 | 3.64 | 3.64 | 3.64 |

Tabelle 6 Dunkelziffer berechnet aus polizeilich (nicht) erfassten Verletzten (nach [6])

Im Rahmen von HEATCO (Developing Harmonised European Approaches for Transport Costing and Project Assessment) [21] wurden Untersuchungen im europäischen Raum zur Dunkelziffer bei der Erfassung von Strassenverkehrsunfällen vorgenommen. Für die Schweiz liegen hier die folgenden Dunkelziffern vor:

| Getötete | Schwer- verletzte | Leicht- verletzte | Verletzte | nur Sachschä- den | Jahr | Untersuchungs- umfang |
|----------|----------------------|----------------------|-----------|-------------------------|------|--------------------------|
| 1.02 | 1.89 | 4.11 | 3.64 | | 1998 | 80'460 |
| | | | | 6.39 | 1991 | 493'178 |

Tabelle 7 Dunkelziffern in Abhängigkeit der Unfallfolgen (nach [21])

Neben diesen Durchschnittswerten liegen in der Studie auch Zahlen differenziert nach dem Verkehrsmittel vor.

Die Untersuchungen zu den Unfallraten und Unfallkostenraten sowie Unfallziffern und Unfallkostenziffern beziehen sich auf die Klassierung von Strassen bzw. Knoten. Dabei werden z.B. Autobahnen und Autostrassen und die dortigen Unfälle separat betrachtet. Speziell in diesem Fall ist leicht nachvollziehbar, dass die Dunkelziffer sich für die unterschiedlichen Strassenklassen unterscheidet. Es ist nur schwer vorstellbar, dass die Dunkelziffer für Unfälle mit Sachschaden auf Autobahnen über 6 liegt und dass auf einen polizeilich erfassten Unfall mit Leichtverletzten auf einer Autobahn über 3 weitere, nicht rapportierte Unfälle mit Leichtverletzten kommen sollen.

In der Schweiz liegen keine detaillierten Untersuchungen zur Dunkelziffer in Abhängigkeit von der Strassenart oder -kategorie vor. In der folgenden Tabelle sind die geschätzten Dunkelziffern für Autobahn und Autostrasse sowie die sich damit ergebenden Anpassungen der Dunkelziffern für die restlichen Strassen dargestellt. Die Schätzung stützt sich auf die Meinung von Experten und auf eine Untersuchung in Norwegen [21], welche die Faktoren 1.7 bzw. 2.5 zwischen den Dunkelziffern für Autobahnen und Nationalstrassen bzw. Strassen des nachgeordneten Netzes nennt. Wenn zukünftig separate Dunkelziffern für z.B. Autobahnen, Innerorts- und Ausserortsstrassen oder für Knotenpunkte näher ermittelt werden, sollten die hier vorgenommenen Abschätzungen ersetzt werden.

| | Getötete | Schwer- verletzte | Leicht- verletzte | Verletzte | nur Sach- schäden | Jahr | Unter- suchungs- umfang |
|--|-------------|----------------------|----------------------|-------------|----------------------|------|-------------------------------|
| Dunkelziffer DZ aus HEATCO | 1.02 | 1.89 | 4.11 | 3.64 | | 1998 | 80'460 |
| | | | | | 6.39 | 1991 | 493'178 |
| Anzahl auf Autobahn, Autostrasse (1) | 101 | 562 | 2'803 | 3'365 | 6'671 | 1998 | |
| Anzahl auf anderen Strassen (2) | 597 | 5'651 | 18'774 | 24'425 | 49'042 | 1998 | |
| Summe (1) + (2) | 698 | 6'213 | 21'577 | 27'790 | 55'713 | | |
| Summe * DZ aus HEATCO | 712 | 11'743 | 88'681 | 101'156 | 356'006 | | |
| DZ geschätzt Autobahn+Autostrasse | 1.02 | 1.10 | 1.30 | 1.27 | 1.5 | | |
| DZ berechnet andere Strassen | 1.02 | 1.97 | 4.53 | 3.97 | 7.06 | | |

Tabelle 8 Dunkelziffer für Autobahn+Autostrasse bzw. sonstige Strassen

Die in obiger Tabelle genannten Werte für Getötete, Schwer- und Leichtverletzte bzw. Verletzte allgemein gehen in die Berechnungen der Unfallraten und Unfallkostenraten ein. Für Sachschadensunfälle geht die Dunkelziffer ausschliesslich in die Berechnung der Unfallrate ein. Die Kostensätze für Sachschadensunfälle (aus [25]), die für die Berechnung der Unfallkostenrate herangezogen werden, berücksichtigen die Dunkelziffer bereits.

Das Mengengerüst, das zur Berechnung der Kostensätze herangezogen wird, bezieht sich für Personenschäden auf die Angaben aus der UVG-Statistik (Unfallversicherungsgesetz), die um Unfallzahlen von Seniorinnen und Senioren sowie von Kindern ergänzt wurde. Damit kann die Summe der sozialen Kosten aus Personenschäden ohne die Unterschätzung aus der polizeilichen Erfassung durch die Anzahl der Personenschäden ebenfalls ohne die Unterschätzung aus der polizeilichen Erfassung dividiert werden.

Bei Unfällen ohne Personenschaden liegt die Summe der sozialen Kosten ohne die Unterschätzung aus der polizeilichen Erfassung vor; die Anzahl der Unfälle stammt jedoch aus der polizeilichen Erfassung. D.h. in den Kosten eines Sachschadensunfalls ist die Dunkelziffer bereits enthalten. Aus diesem Grund geht die Dunkelziffer für Unfälle mit Sachschaden aus der obigen Tabelle nicht in die Berechnung der Unfallkostenrate ein.

4.2.2 Sachschadensunfälle

Die Erfassung der Strassenverkehrsunfälle, auf der die Auswertungen und Berechnungen dieser Studie beruhen, erfolgt durch die Polizei. Insbesondere bei Bagatellunfällen mit geringem Sachschaden ist die Vorgehensweise der einzelnen Kantone unterschiedlich. Die Auswertungen für Haupt- und Nebenstrassen in dieser Studie beruht auf den Unfalldaten der Kantone Bern und Uri. Die ausgewerteten Knoten liegen zu einem kleinen Teil im Kanton Zürich und zum grössten Teil im Kanton Bern. Ein Vergleich der prozentualen Verteilung der Unfälle mit Verletzten und der Sachschadensunfälle ergibt für die Jahre 2000 bis 2003:

| 2000-2003 | Schweiz | Kanton BE | Kanton UR |
|------------------------------------|---------|-----------|-----------|
| Unfälle | 293'394 | 28'913 | 1'978 |
| Anteil Unfälle mit Personenschaden | 32.4% | 44.2% | 31.3% |
| Anteil Unfälle mit nur Sachschaden | 67.6% | 55.8% | 68.7% |

Tabelle 9 Verhältnis Unfälle mit Personenschaden zu Sachschaden

In obiger Tabelle fällt auf, dass der Anteil der Unfälle mit nur Sachschaden im

Kanton Bern deutlich unter dem schweizweiten Wert und dem Wert des Kantons Uri, dessen Daten ebenfalls für Detailauswertungen herangezogen wurden, liegt.

Dieser Effekt muss ausgeglichen werden. Dazu wird die Zahl der Unfälle mit nur Sachschaden für den Kanton Bern mit einem Faktor angepasst.

Zur Abschätzung des Faktors wird davon ausgegangen, dass die Verteilung zwischen den polizeilich erfassten Unfällen mit Personenschaden und den Unfällen mit nur Sachschaden im Kanton Bern gleich ist, wie in der gesamten Schweiz. Die landschaftliche Zusammensetzung mit Mittelgebirge, Mittelland und Hochgebirge sowie die Besiedlungsstruktur des Kantons unterstützt diese Annahme. Wird die Anzahl der Unfälle mit nur Sachschaden im Kanton Bern mit dem Faktor 1.65 multipliziert, wird die schweizweite Verteilung erreicht.

Für Unfälle mit Sachschaden im Kanton Bern ist somit die Dunkelziffer höher als in der Gesamtschweiz.

Die Zahl der Unfälle mit nur Sachschaden im Kanton Bern wird für die Berechnung der Unfallraten und Unfallkostenraten mit 1.65 multipliziert.

4.3 Streckenintervalle auf Autobahnen

4.3.1 Datengrundlagen

ZEB-NS

Im Rahmen des Projektes Zustandserfassung und –bewertung Nationalstrassen (Fahrbahnen) ZEB-NS [15] wurde eine weitreichende Untersuchung der Unfälle auf Nationalstrassen und Autobahnen vorgenommen. Eines der Projektziele war die Untersuchung des möglichen Zusammenhangs zwischen dem Zustand der Fahrbahn und dem Sicherheitsniveau.

Zur Bestimmung des Sicherheitsniveaus wurden 500m-Intervalle auf dem Autobahn- und Nationalstrassennetz gebildet und die Unfallrate für diese Intervalle berechnet. Zur Ermittlung der Unfallkennzahlen wurden die Unfälle der Jahre 1994 bis 1998 herangezogen. Im Hinblick auf das Untersuchungsziel wurde speziell die Unfallrate für Unfälle bei Nässe (BFS-Codes 111 „Strassenzustand: feucht“ und 112 „Strassenzustand: nass“) berechnet, um Indizien für eine herabgesetzte Griffigkeit der Fahrbahnoberfläche oder Spurrinnen zu erhalten.

Für die einzelnen Intervalle sind die folgenden Angaben bekannt:

- Anzahl Unfälle,
- Anzahl Verunfallte,
- Unfallrate,
- Unfallrate nass,
- Verunfalltenrate,
- Anzahl Unfälle pro Unfalltyp.

Auswertung auf dem TERN-Netz

Die Datenbasis der Unfälle aus dem ZEB-NS-Projekt wurde für ein weiteres Projekt verwendet. Dazu wurden die Unfälle anderen Intervallen zugeordnet und erneut ausgewertet.

Auf dem europäischen Fernstrassennetzwerk (TERN) werden in regelmässigen Abständen Unfallkennzahlen erhoben, international ausgetauscht und verglichen. Die Auswertung für den Schweizerischen Anteil des TERN-Strassennetzes konnte beinahe vollständig anhand der ZEB-NS-Datenbasis erfolgen, weil das TERN-Netz in der Schweiz mit nur kleinen Ausnahmen eine Untermenge des Autobahn- und Nationalstrassennetzes ist.

Die Intervalle der TERN-Auswertung bilden Abschnitte mit gleichbleibenden DTV-Werten, das heisst, die Intervalle reichen von einem Knotenpunkt oder einer Anschlussstelle bis zum nächsten Knotenpunkt oder der nächstens Anschlussstelle. Durch diese Definition der Intervalle ergeben sich unterschiedliche Intervalllängen, die im Durchschnitt rund 4'300 Meter betragen.

Für diese Intervalle wurden unter anderem die folgenden Kennzahlen ermittelt:

- Anzahl Unfälle,
- Anzahl Unfälle mit Verletzten,
- Anzahl Unfälle mit Getöteten,
- Unfallrate,
- Getötetenrate.

4.3.2 Anpassungsfaktor für die Entwicklung der Unfallzahlen, Verkehrsmenge und Netzlänge

Unfallraten und Unfallkostenraten setzen die Anzahl der Unfälle bzw. deren Kosten in Bezug zur Fahrleistung. Somit hängen die Raten von der Unfallzahl, der Verkehrsmenge (DTV) und der Netzlänge ab. Die Ergebnisse der TERN-Untersuchung aus den Jahren 1994 bis 1999 werden mit Hilfe von Anpassungsfaktoren auf das Zeitintervall 2000 bis 2004 „aktualisiert“. Dazu werden die Veränderungen des Unfallgeschehens, die Zunahme der Verkehrsmenge und der Ausbau des relevanten Strassennetzes berücksichtigt. Im Folgenden wird auf die einzelnen Anpassungsfaktoren näher eingegangen.

Veränderung der Unfallzahlen

Damit die Datenbasis aus ZEB-NS und die TERN-Auswertungen für die Ermittlung der Unfallraten und Unfallkostenraten übernommen werden können, müssen sie zeitlich angepasst werden. Die Unfallzahlen und Unfallfolgen sind im Verlauf der Zeit nicht konstant, sondern verändern sich aufgrund von Einflüssen wie z.B. Verkehrswachstum, technischer Fortschritt oder Gesetzesänderungen. Eine bekannte Veränderung ist der tendenzielle Rückgang der Getötetenzahlen in der Schweiz seit 1977. Die Zahl der Unfälle und der Unfälle mit Leichtverletzten ist

jedoch seit diesem Zeitpunkt angestiegen. Dadurch zeigt sich, dass ein einzelner Korrekturfaktor für die Unfallzahl, die Unfälle mit Verletzten und die Unfälle mit Getöteten zur Annäherung an die tatsächliche Entwicklung nicht genügen kann.

Die folgende Tabelle zeigt die Veränderung der relevanten Unfallzahlen für Unfälle mit Getöteten, mit Schwerverletzten, mit Leichtverletzten, generell mit Verletzten und die Gesamtzahl der Unfälle. Dabei gilt zu beachten, dass für diese Zusammenstellung ausschliesslich Unfälle auf Autobahnen berücksichtigt wurden.

| Jahr | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | Veränderung | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 |
|---------------------------|--------|------|------|------|------|-------------|--------|------|------|------|------|
| Unfälle auf Autobahnen | | | | | | | | | | | |
| mit Getöteten | 57 | 76 | 63 | 58 | 70 | -21.3% | 38 | 59 | 63 | 48 | 47 |
| Durchschnitt aus 5 Jahren | 64.8 | | | | | | 51 | | | | |
| mit Schwerverletzten | 341 | 375 | 296 | 323 | 344 | 2.6% | 359 | 378 | 332 | 319 | 335 |
| Durchschnitt aus 5 Jahren | 335.8 | | | | | | 344.6 | | | | |
| mit Leichtverletzten | 1430 | 1566 | 1449 | 1481 | 1623 | 23.7% | 1859 | 1944 | 1927 | 1821 | 1785 |
| Durchschnitt aus 5 Jahren | 1509.8 | | | | | | 1867.2 | | | | |
| mit Verletzten | 1771 | 1941 | 1745 | 1804 | 1967 | 19.8% | 2218 | 2322 | 2259 | 2140 | 2120 |
| Durchschnitt aus 5 Jahren | 1845.6 | | | | | | 2211.8 | | | | |
| total | 1828 | 2017 | 1808 | 1862 | 2037 | 18.4% | 2256 | 2381 | 2322 | 2188 | 2167 |
| Durchschnitt aus 5 Jahren | 1910.4 | | | | | | 2262.8 | | | | |

Tabelle 10 Entwicklung von Unfallzahlen auf Autobahnen (berechnet aus [16])

Ausbau des Autobahnnetzes

In der obigen Tabelle wird nicht berücksichtigt, dass das Autobahnnetz im Zeitraum von 1994 bis 2004 wesentlich erweitert wurde. Diese Tatsache beeinflusst jedoch die Unfallraten und –Kostenrate, so dass sie in einem Anpassungsfaktor abgebildet wird. Vereinfachend wird die Gesamtlänge des sich zum jeweiligen Jahresende im Betrieb befindenden Nationalstrassennetzes zum Vergleich herangezogen. Diese Informationen liegen beim BFS [17] vor. Dabei wird bewusst darüber hinweggesehen, dass das Autobahnnetz und das Nationalstrassennetz nicht deckungsgleich sind. Abweichungen treten bei kantonalen Autobahnen und Autostrassen auf.

| Jahr | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | Veränderung | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 |
|---------------------------|--------|------|------|------|------|-------------|------|------|------|------|------|
| Nationalstrasse [km] | 1533 | 1540 | 1594 | 1613 | 1638 | 7.5% | 1638 | 1673 | 1706 | 1759 | 1734 |
| Durchschnitt aus 5 Jahren | 1583.6 | | | | | | 1702 | | | | |

Tabelle 11 Längenentwicklung der Nationalstrassen (berechnet aus [17])

Um die zeitliche Veränderung der Unfallhäufigkeit und dem Ausbau des Streckennetzes in einem Faktor abzubilden, wird der Durchschnitt aus den Unfallzahlen der Jahre 1994 bis 1998 als 100 Prozent betrachtet und mit der durchschnittlichen Länge des Netzes ebenfalls prozentual betrachtet in Relation gesetzt: $100\% \text{ Unfälle} / 100\% \text{ Streckenlänge}$. Für das Zeitintervall 2000 bis 2004 liegt dieses Verhältnis für die Unfälle mit Getöteten bei $(100\% - 21.3\%) / (100\% + 7.5\%) = 73.2\%$.

Veränderung der Verkehrsmenge

Die Unfallrate und die Unfallkostenrate hängen von der Verkehrsmenge ab. Als DTV-Werte könnten theoretisch für jeden einzelnen Abschnitt die effektiven Werte der Jahre 2000 bis 2004 in die Berechnung eingehen. Statt diesem Vorgehen wird eine Alternative gewählt, bei der das generelle Wachstum der Verkehrswerte auf Autobahnen auf die DTV-Werte der Periode 1994-1998 aufgerechnet wird. Dieser Weg wird gewählt, da durch die Veränderungen im Autobahnnetz im betrachteten Zeitraum, z.B. der Lückenschluss der A1 zwischen Yverdon und Payerne, eine Verschiebung der Verkehre zwischen alternativen Routen stattfand. Somit würden die Unfälle von ehemals höher belasteten Abschnitten mit neu niedrigeren DTV-Werten belegt. Umgekehrt würden Unfälle von früher eher gering belasteten Abschnitten mit neu hohen Verkehrswerten in Relation gesetzt. Durch die Berücksichtigung der Verkehrszunahme mittels eines Faktors, der auf die DTV-Werte der Jahre 1994 - 1998 angewandt wird, bleiben die Raten der Einzelabschnitte lokal stimmig. Ein Abschnitt mit hoher Unfallrate ist somit unmittelbar durch eine hohe Unfallanzahl in den Jahren 1994-1998 erklärbar.

Für die Berechnung der Verkehrszunahme wird auf den Verkehrsmengenindex für Autobahnen [19] zurückgegriffen und die Veränderung zwischen den Fünfjahresintervallen ermittelt.

| Jahr | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | Veränderung | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 |
|---|--------|-------|-------|-------|-------|-------------|--------|-------|-------|-------|-------|
| Verkehrsmengenindex für Autobahnen, alle Strassen (1990 = 100%) | 112.6 | 115.0 | 118.0 | 122.5 | 125.7 | | 133.6 | 134.8 | 138.1 | 142.0 | 144.2 |
| Durchschnitt aus 5 Jahren | 118.76 | | | | | 16.7% | 138.54 | | | | |

Tabelle 12 Entwicklung der Verkehrsmenge (berechnet aus [19])

Entsprechend ergibt sich für Unfälle mit den jeweiligen Unfallfolgen:

| Unfälle auf Autobahnen | Unfallfaktor | Längenfaktor | DTV-Faktor | Anpassungsfaktor |
|------------------------|--------------|--------------|------------|------------------|
| mit Getöteten | -21.3% | 7.5% | 16.7% | 62.7% |
| mit Schwerverletzten | 2.6% | 7.5% | 16.7% | 81.8% |
| mit Leichtverletzten | 23.7% | 7.5% | 16.7% | 98.6% |
| mit Verletzten | 19.8% | 7.5% | 16.7% | 95.5% |
| total | 18.4% | 7.5% | 16.7% | 94.4% |

Tabelle 13 Korrekturfaktoren für Unfälle auf Autobahnen und -Strassen

Die Ergebnisse der TERN-Auswertung für Unfälle mit Getöteten werden, um der zeitlichen Veränderung der Unfallzahlen, dem Ausbau des Autobahnnetzes und der Zunahme des Verkehrs auf Autobahnen gerecht zu werden, um 37.3% reduziert. Die Zahl der Unfälle mit Verletzten wird um 4.5% und die Gesamtzahl der Unfälle wird um 5.6% reduziert.

4.3.3 Resultate

Unter der Berücksichtigung von getrennten Fahrbahnen wurden 2'084 km Nationalstrassen ausgewertet. Davon sind 136 km dreispurig, 1'840 km zweispurig und 108 km ohne Richtungstrennung ausgebaut.

Die ausgewerteten Segmente sind in der folgenden Karte markiert.

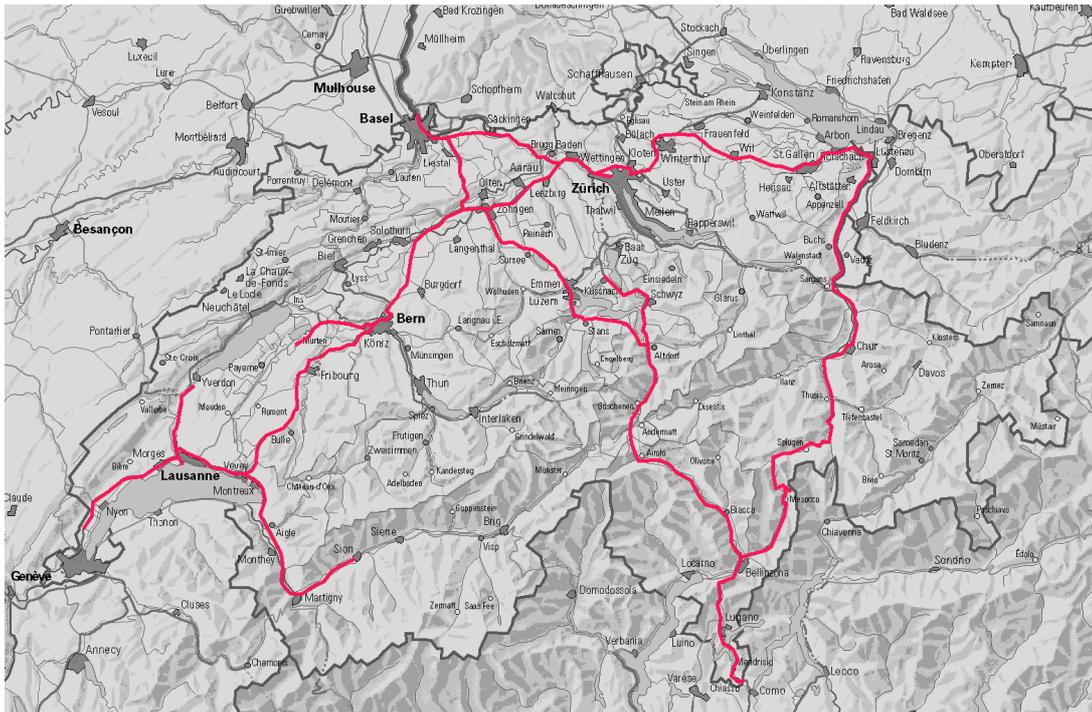


Abbildung 1 Ausgewertete Segmente auf Autobahnen und -strassen

Die Abschnitte des TERN-Netzes weisen unterschiedliche Längen und DTV-Werte auf. Der Bezugszeitraum der Auswertungen beträgt in der Regel 5 Jahre, in Ausnahmefällen, wenn Strassen neu eröffnet wurden oder keine Unfalldaten vorlagen, kann er aber auch kürzer sein.

Hieraus ergibt sich, dass eine arithmetische Bildung des Mittels aus den Unfallraten der einzelnen Abschnitte keinen Sinn macht, da die Gewichtung verloren ginge. Ein kurzer Abschnitt, für den die Unfalldaten nur für ein Jahr vorliegen, würde gleich gewichtet, wie ein langer Abschnitt mit Unfalldaten aus 5 Jahren. Um dieser Problematik gerecht zu werden, wurde die Unfallrate gewichtet aus den n Teilabschnitten ermittelt.

$$UR_{sum} = \frac{10^6 * \sum_{i=1}^{i=n} \frac{Z_i}{T_i}}{\sum_{i=1}^{i=n} (365 * DTV_i * L_i)} \quad [Unfälle / (10^6 Fz \cdot km)] \quad (\text{Variablen siehe Kap. 7.1})$$

Formel 1 Berechnung der Unfallrate für Strassenzüge (nach [18])

Die Zahl der Unfälle mit Getöteten wird mit der entsprechenden Dunkelziffer hochgerechnet. Analog dazu werden Unfälle mit Verletzten und auch Unfälle mit Sachschaden mit den jeweiligen Dunkelziffern multipliziert. Die sich daraus ergebenden Unfall- und Unfallkostenraten werden mit dem Faktor für die Veränderung von DTV, Netzlänge und Zeit von 0.944 multipliziert.

In den TERN-Auswertungen liegen pro Abschnitt die Anzahl der Unfälle mit Verletzten und die Anzahl der Unfälle mit Getöteten vor. Für die Ermittlung der Unfallkostenrate werden die Zahlen der Verletzten und Getöteten benötigt. Dabei muss penibel zwischen der Anzahl der Verletzten und der Anzahl an Unfällen mit Verletzten unterschieden werden. Um aus der Anzahl der Unfälle mit Verletzten (und Getöteten) auf die Zahl der Verletzten (und Getöteten) schliessen zu können,

wurden die Unfälle der Jahre 1994 bis 1998 schweizweit betrachtet. Diese Unfalldaten wurden auf die Attribute „Nationalstrasse“ und „Autobahn“ oder „Autostrasse“ hin gefiltert. Von diesen 40'518 Unfällen sind 9'421 Unfälle mit Verletzten, wobei 14'240 Personen verletzt wurden. Analog ergaben sich 363 Unfälle mit Getöteten und 427 Getötete. Daraus ergibt sich, dass für jeden Unfall mit Verletzten aus den TERN-Daten die Kosten für 1.51 Verletzte angesetzt werden müssen. Die 1.18-fachen Kosten eines Getöteten sind für Unfälle mit Getöteten zu benutzen.

| Unfälle auf Autobahnen und Nationalstrassen | | | |
|---|------------------|----------------|---------------|
| Unfälle | Anz. Sachschaden | Anz. Verletzte | Anz. Getötete |
| - mit Sachschaden | 1 | - | - |
| - mit Verletzten | 1 | 1.51 | - |
| - mit Getöteten | 1 | 1.35 | 1.18 |

Tabelle 14 Unfallfolgen für Unfälle auf Autobahnen und Nationalstrassen

Die Faktoren für die Anzahl der Verletzten bzw. Getöteten bei Unfällen geht in die Berechnung der Verletztenrate bzw. Getötetenrate ein. Die folgende Tabelle bietet eine Übersicht über diese Raten ohne Berücksichtigung der Dunkelziffer:

| Autobahn / Autostrasse | Untersuchungs- strecke [km] | Unfallrate [Unfälle / 10 ⁶ Fz km] | Verletztenrate [Verletzte / 10 ⁸ Fz km] | Getötetenrate [Getötete / 10 ⁸ Fz km] |
|---------------------------|-----------------------------------|--|--|--|
| Autostrasse | 108.3 | 0.51 | 22.69 | 1.05 |
| Autobahn 2-streifig | 1840.5 | 0.42 | 15.74 | 0.32 |
| Autobahn 3-streifig | 136.0 | 0.55 | 16.32 | 0.11 |

Tabelle 15 Unfall-, Verletzten- und Getötetenrate für Autobahn/-strasse (exkl. Dunkelziffer)

Die Kosten eines Unfalls mit Getöteten berechnet sich aus dem Kostensatz für den Sachschadenunfall, dem 1.35-fachen Ansatz eines Verletzten und dem 1.18-fachen Ansatz eines Getöteten. Die Kosten eines durchschnittlichen Unfalls mit Getöteten auf Autobahnen betragen also 3.932 Mio. CHF. Analog werden die Kosten für Unfälle mit Verletzten oder Sachschadenunfälle berechnet.

Für die oben beschriebenen Abschnitte des TERN-Netzes sind die Anzahl von Unfällen mit Getöteten, Unfällen mit Verletzten und Sachschadenunfälle bekannt. Für jeden Abschnitt i kann also die Summe der Unfallkosten K_i bestimmt werden. Diese Kosten gehen in die folgende Formel zur Berechnung der Unfallkostenrate aus mehreren Abschnitten ein:

$$UKR_{sum} = \frac{1000 * \sum_{i=1}^{i=n} \frac{S_i}{T_i}}{\sum_{i=1}^{i=n} (365 * DTV_i * L_i)} [CHF / (1000 Fz km)] \quad (\text{Variablen siehe Kap. 7.1})$$

Formel 2 Berechnung der Unfallkostenrate für Strassenzüge (nach [18])

Für Autobahnen und Autostrassen ergibt sich eine Unfallkostenrate von CHF 43.1 / (1000 Fz * km). Dieser Wert beinhaltet die Dunkelziffer, d.h. die polizeilich nicht erfassten Unfälle.

| Autobahn / Autostrasse | Streckenl änge [km] | Unfallkostenrate volksw. Kosten [CHF/10 ³ Fz-km] | Unfallkostenrate nur externe Kosten [CHF/10 ³ Fz-km] |
|--------------------------------------|-----------------------------------|---|---|
| Autostrasse | 108.3 | 75.7 | 12.9 |
| Autobahn 2-streifig | 1'840.5 | 42.2 | 6.3 |
| Autobahn 3-streifig | 136.0 | 41.8 | 5.4 |
| SUMME, gewichtetes Mittel | 2'084.8 | 43.1 | 6.4 |

Tabelle 16 Unfallkostenraten für Autobahn und –strasse (inkl. Dunkelziffer)

Die Unfallkenngrössen zeigen das erwartete Verhalten zwischen Unfallrate und Unfallkostenrate. Auf den hoch belasteten 3-streifigen Autobahnabschnitten liegt die Unfallrate deutlich über der Unfallrate der zweistreifigen Querschnitte, deren Belastung pro Fahrstreifen zum Teil geringer ist. Die Unfallkostenrate in den dreistreifigen Abschnitten ist mit der in den 2-streifigen Bereichen vergleichbar, bzw. sogar etwas niedriger. Das deutet insgesamt darauf hin, dass in den 3-streifigen Abschnitten das Unfallrisiko zwar höher ist, die Folgen eines solchen Unfalls aber geringer sind. Zu den Einflussfaktoren gehören die hohe Auslastung pro Fahrstreifen und die Geschwindigkeitslimiten die vermutlich in den 3-streifigen Bereichen häufiger und tiefer als in den 2-streifigen Abschnitten sind.

Die Unfallrate und Unfallkostenrate für Autostrassen liegen erwartungsgemäss über den Werten der 2-streifigen Autobahnabschnitte.

Das folgende Diagramm zeigt die Verteilung der Unfallrate und Unfallkostenrate für die 428 ausgewerteten Abschnitte. Die einzelnen Abschnitte sind nicht gleich lang und werden im Diagramm entsprechend mit grösseren oder kleineren Flächen dargestellt.

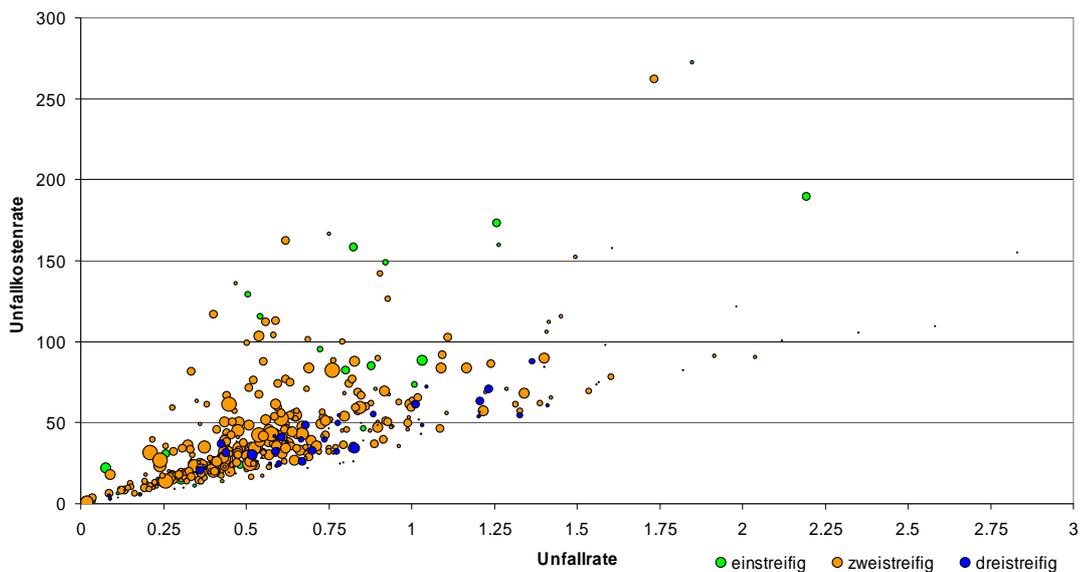


Abbildung 2 Vergleich von Unfallkostenrate und Unfallrate für einzelne Abschnitte auf Autobahn und Autostrasse

Obige Abbildung zeigt deutlich einen Häufungsbereich bei Unfallraten bis 1 und Unfallkostenraten kleiner 100. Ebenso zeigt sich, dass die Raten und deren Streuung bei einstreifigen Querschnitten höher sind, wenn berücksichtigt wird, dass deutlich weniger einstreifige als zweistreifige Abschnitte auf Autobahnen und Autostrassen ausgewertet wurden. Der „Keil“ ohne Streuwerte (niedrige Unfallkostenrate und hohe Unfallrate) ergibt sich durch die Kosten der Sachschäden. Jedem Unfall werden diese Kosten zugewiesen, so dass verfahrensbedingt für jede Unfallrate eine Mindestunfallkostenrate existiert.

4.3.4 Plausibilisierung

Die in den vorangegangenen Kapiteln ermittelten Raten für Autobahn und Autostrasse wurden ausgehend von Auswertungen der Jahre 1994 bis 1998 mit Hilfe von Faktoren auf die Jahre 2000 bis 2004 hochgerechnet. Separate Berechnungen für den tatsächlichen Stand im Jahr 2003 sollen zeigen, ob die Hochrechnung mit Hilfe der Faktoren zu ähnlichen Ergebnissen führt.

Eine Auswertung des BFS-Datensatzes ergibt für das Unfallgeschehen auf Autobahnen und Autostrassen im Jahr 2003:

| | |
|-----------------|-------|
| Unfälle gesamt: | 8'528 |
| Leichtverletzte | 3'005 |
| Schwerverletzte | 481 |
| Getötete | 80 |

Die Fahrleistung auf Autobahnen betrug 20'299 Mio Fahrzeugkilometer [20]. Somit ergibt sich eine Unfallrate von $(8'528 * 10^6) / (20'299 * 10^6) = 0.42$ ⁴

⁴ Die in Kapitel 4.6 berechnete Unfallrate für Autobahnen, die analog zu obiger

Die im vorangegangenen Kapitel 4.3.3 mit Hilfe der Hochrechnungsfaktoren ermittelte Unfallrate für 2-streifige Autobahnen (ohne Berücksichtigung der Dunkelziffer) beträgt ebenfalls 0.42. Berücksichtigt man die 3-streifigen Autobahnabschnitte und die Autostrasse liegt die Unfallrate höher als 0.42. Da die Zuordnung der Fahrleistung auf Autostrassen nicht ersichtlich ist, handelt es sich um eine Plausibilisierung und nicht um eine exakte Vergleichsrechnung.

Aus den oben angegebenen Zahlen kann mit Hilfe der Kostensätze aus Kapitel 2.4.3 die Summe der Unfallkosten zu 978 Millionen CHF (ohne Dunkelziffer) ermittelt werden. Es ergibt sich so eine Unfallkostenrate von 48.2 im Vergleich zur mit den Faktoren hochgerechneten Rate (ebenfalls ohne Berücksichtigung der Dunkelziffer) von 39.1.

4.4 Streckenintervalle auf Haupt- und Nebenstrassen

4.4.1 Klassierung von Streckenintervallen

Unfallrate und Unfallkostenrate hängen für Streckenintervalle von vielen Faktoren ab. Deutliche Zusammenhänge lassen sich für Verkehrsstärke und Strassenquerschnitt [9], Kurvigkeit [1] und Kurvenradius [3] aufzeigen. Kurvenradien und Kurvigkeit lassen sich durch vielfältige Randbedingungen in der praktischen Trassierung nur in geringem Umfang verändern. Für eine Abschätzung der gesamtwirtschaftlichen Kosten einer Strasse, die also auch die Unfall(folge)kosten einschliesst, werden vielmehr der Strassenquerschnitt und die Verkehrsstärke benötigt. Für den Einfluss von Radius und Kurvigkeit liegen in der Literatur mehrere Studien vor, so dass Faktoren gebildet werden könnten, die auf die aus Querschnitt und DTV abgeschätzte Unfall(kosten)rate angewandt werden können.

Auf Schweizer Verhältnisse angepasst könnte auch eine Untersuchung nach der Längsneigung erfolgen. Weil Gebirgsstrassen oft enge Radien aufweisen und nicht nach der Relationstrassierung geplant wurden, lassen sich Unfälle auf solchen Strassen nicht ausschliesslich auf die Längsneigung zurückführen. Wir schlagen deshalb vor, in weitergehenden Untersuchungen für Gebirgsstrassen eigene Streckentypen zu bilden.

Die Unfallrate und Unfallkostenrate hängt von vielen Faktoren bzw. Attributen ab. Wenn alle mit mehreren Abstufungen (z.B.: 5 Klassen für die Fahrbahnbreite oder 2 Klassen Gebirgstrasse - Mittellandstrasse) berücksichtigt werden, ergibt sich eine multidimensionale Matrix, die eine Vielzahl von Klassen enthält. Weil für eine grosse Anzahl von Klassen keinesfalls signifikante Ergebnisse für die Unfallraten bzw. Unfallkostenraten zu erwarten sind, wird nur eine bestimmte Anzahl an Klassen definiert.

Die Klassierung von Streckenintervallen wurde zusammen mit der VSS-

Plausibilisierung ermittelt wurde, jedoch auf den Daten des Jahres 2002 basiert, ergibt eine Unfallrate von 0.41 Unfälle pro 1 Mio. Fahrzeugkilometer.

Intervalllängen von 500 m (mit Ausnahme der Achsanfangs- und -endbereiche) erstellt. Mit Hilfe dieser Funktion können auch lange Achsen einfach ausgewertet werden. Liegt innerhalb eines Intervalls ein DTV-Wechsel vor, so werden die DTV-Werte gemittelt.

Im Rahmen dieses Projektes könnte diese Funktion eingesetzt werden. Die Intervalle müssen allerdings auf Konsistenz überprüft werden, d.h. Intervalle mit Kreuzungen, DTV-Wechseln oder im Übergang zwischen innerorts und ausserorts müssen separat behandelt werden. Die Intervalle werden nach den Strassenkategorien klassiert. Somit summieren sich für jede Strassenkategorie Intervalle deren Unfallfolgen ebenfalls summiert werden und deren Unfall(kosten)raten anhand der Gesamtlänge berechnet wird.

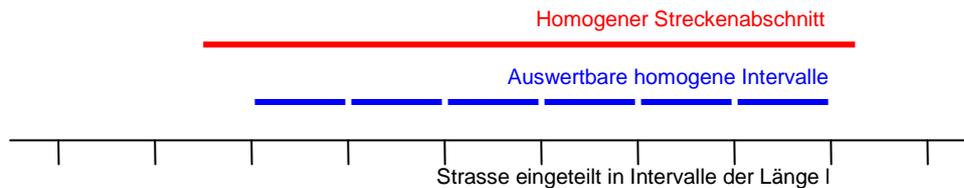


Abbildung 3 Streckenintervalle mit fixen Längen

4.4.2.2 Homogene Streckenabschnitte unterschiedlicher Länge

Dieser Ansatz geht von homogenen Abschnitten aus, d.h. Strecken mit gleichbleibendem DTV-Wert und gleicher Strassenkategorie. Im Rahmen der Unfallauswertung TERN wurden für das entsprechende Schweizer Netz homogene Abschnitte gebildet, die je nach DTV-Wechseln bis zu ca. 30 km lang sein konnten.



Abbildung 4 Homogene Streckenintervalle mit unterschiedlichen Längen

Der Aufwand diese Intervalle zu bilden ist nicht zu unterschätzen, jedoch können alle Intervalle in die Bewertung eingehen, da keine Intervalle im Vergleich zum weiter oben beschriebenen Verfahren ausser Acht gelassen werden müssen.

Um Unfälle auf dem homogenen Strassenabschnitt zu selektieren wird der Abschnitt ähnlich wie die Knotenbereiche mit einem Polygon eingegrenzt. Der durch das Polygon umschlossene Raum wird auf Unfälle untersucht und die Länge des eingegrenzten Strassenabschnitts wird ermittelt.

4.4.3 Vergleich der Verfahren fixe Intervalllängen versus Streckenabschnitte mit unterschiedlicher Länge

Die beiden Verfahren wurden miteinander verglichen, indem 5 Teststrassenabschnitte mit Hilfe beider Möglichkeiten untersucht wurden. Diese

Auswertung wurde für jeden Kanton, der Daten zu Verfügung stellte, separat durchgeführt, da die Ergebnisse in einem gewissen Mass von der Art der Unfallerefassung abhängen. Insbesondere die Frage welche Unfälle an Strassenvektoren gebunden werden, spielt hier eine Rolle, weil nur die mit einem Strassenvektor verknüpften Unfälle durch das Verfahren „fixe Intervalllängen“ ausgewertet werden können.

Es zeigte sich eine sehr hohe Übereinstimmung zwischen beiden Verfahren. Die Abweichungen in der Unfallrate können einerseits von den leicht unterschiedlichen Unfallzahlen stammen. Hervorgerufen werden diese unterschiedlichen Unfallzahlen durch die Unterschiede in der auszuwertenden Streckenlänge oder durch nicht an den Strassenvektor angebundene Unfälle innerhalb des Polygons. Andererseits geht die unterschiedliche Gesamtlänge des auszuwertenden Strassenabschnitts auch direkt in die Bildung der Unfallrate ein.

Da das Verfahren mit fixen Längen in der Anwendung einfacher ist, wurden dieser Ansatz für die tatsächlichen Auswertungen verwendet. Dadurch konnte insgesamt eine grössere Streckenlänge ausgewertet werden.

4.4.4 Datengrundlage

Für die Auswertung von Streckenabschnitten auf Haupt- und Nebenstrassen wurden Strecken für die Jahre 2000 bis 2004 in den Kantonen Bern und Uri ausgewertet. Die folgende Tabelle bietet einen Überblick der ausgewerteten Streckenlängen, Unfallzahlen und Unfallfolgen.

| Haupt-/Nebenstrasse | innerorts/ausserorts | Kanton | Länge [km] | Unfälle | Verletzte | Getötete |
|---------------------|----------------------|--------|------------|---------|-----------|----------|
| Nebenstrasse | innerorts | Bern | 12.7 | 12 | 6 | 0 |
| | | Uri | 0.4 | 0 | 0 | 0 |
| | ausserorts | Bern | 104.0 | 200 | 138 | 4 |
| | | Uri | 5.6 | 6 | 2 | 0 |
| Hauptstrasse | innerorts | Bern | 51.1 | 241 | 130 | 5 |
| | | Uri | 3.8 | 24 | 14 | 1 |
| | ausserorts | Bern | 399.9 | 2144 | 1589 | 52 |
| | | Uri | 92.9 | 463 | 261 | 7 |
| Summen | | | | | | |
| Nebenstrasse | | | 122.6 | 218 | 146 | 4 |
| Hauptstrasse | | | 547.8 | 2872 | 1994 | 65 |
| | innerorts | | 68.0 | 277 | 150 | 6 |
| | | | ausserorts | 602.3 | 2813 | 1990 |
| | | Bern | 567.6 | 2597 | 1863 | 61 |
| | | Uri | 102.7 | 493 | 277 | 8 |
| gesamt | | | 670.4 | 3090 | 2140 | 69 |

Tabelle 18 Streckenintervalle und Unfälle der Jahre 2000 bis 2004 auf Haupt- und Nebenstrassen

Die Unterscheidung innerorts-ausserorts für die Strecken im Kanton Uri wurde mit der Unterstützung des Tiefbauamts vorgenommen. Im Kanton Bern wurde die Lage der Ortssignale (Signalnummern: 4.27 Ortsbeginn auf Hauptstrassen, 4.28 Ortsende auf Hauptstrassen, 4.29 Ortsbeginn auf Nebenstrassen, 4.30 Ortsende auf Nebenstrassen) mit Hilfe der erfassten Unfälle der letzten 15 Jahre angenähert. Werden die Unfälle von 15 Jahren mit unterschiedlichen Symbolen oder Farben für den Parameter „innerorts-ausserorts“ vor einer Karte dargestellt, können die Übergänge zwischen dem Ortsgebiet und ausserorts recht gut bestimmt werden. Einzelne Unfälle, bei denen der Parameter „innerorts-ausserorts“ fragwürdig ist,

fallen in einer solchen Darstellung auf und können übergangen werden.

Die Unterscheidung zwischen Haupt- und Nebenstrasse sollte anhand der oben genannten Verkehrssignale für den Ortsbeginn bzw. das Ortsende (Signalnummern 4.27 bis 4.30), dem Signal 4.57 „Nummerntafel für Hauptstrassen“ und generell den Signalen für die Wegweisung erfolgen. Blaue Wegweiser stehen für Hauptstrassen, weisse Wegweiser signalisieren Nebenstrassen. Im Rahmen des Projektes war es nicht möglich die Unterscheidung für 670 km zu untersuchender Strecke nach dieser Definition vorzunehmen. Strecken, die aufgrund der Erfahrung nicht eindeutig zugeordnet werden könnten, müssten dann näher geprüft und abgefahren werden.

Als weitere Quelle für die Unterscheidung von Haupt- und Nebenstrassen bietet sich die Landeskarte der Schweiz im Massstab 1:200'000 des Bundesamts für Landestopografie swisstopo an. Strassen lassen sich in dieser Karte anhand der Farbe (rot, gelb oder weiss) und der Strichstärke in Haupt- und Nebenstrassen unterscheiden. Im Detail unterscheiden diese Karte zwischen Hauptstrasse als Durchgangsstrasse, Hauptstrasse als Verbindungsstrasse, Nebenstrasse als Verbindungsstrasse und Nebenstrasse.

Eine Testfahrt in der näheren Umgebung von Bern zeigte, dass die Signalisierung in situ und die Angaben der oben genannten Karte nicht immer übereinstimmten. Als weiteres Resultat konnte festgestellt werden, dass die tatsächliche Signalisation und Wegweisung im Hinblick auf die Unterscheidung von Haupt- und Nebenstrassen nicht in allen Fällen eindeutig ist.

Für die Auswertungen in dieser Forschungsarbeit wurde auf die Angaben der Landeskarte der Schweiz zurückgegriffen.

Die folgende Karte zeigt einen Überblick über die ausgewerteten Streckenabschnitte.

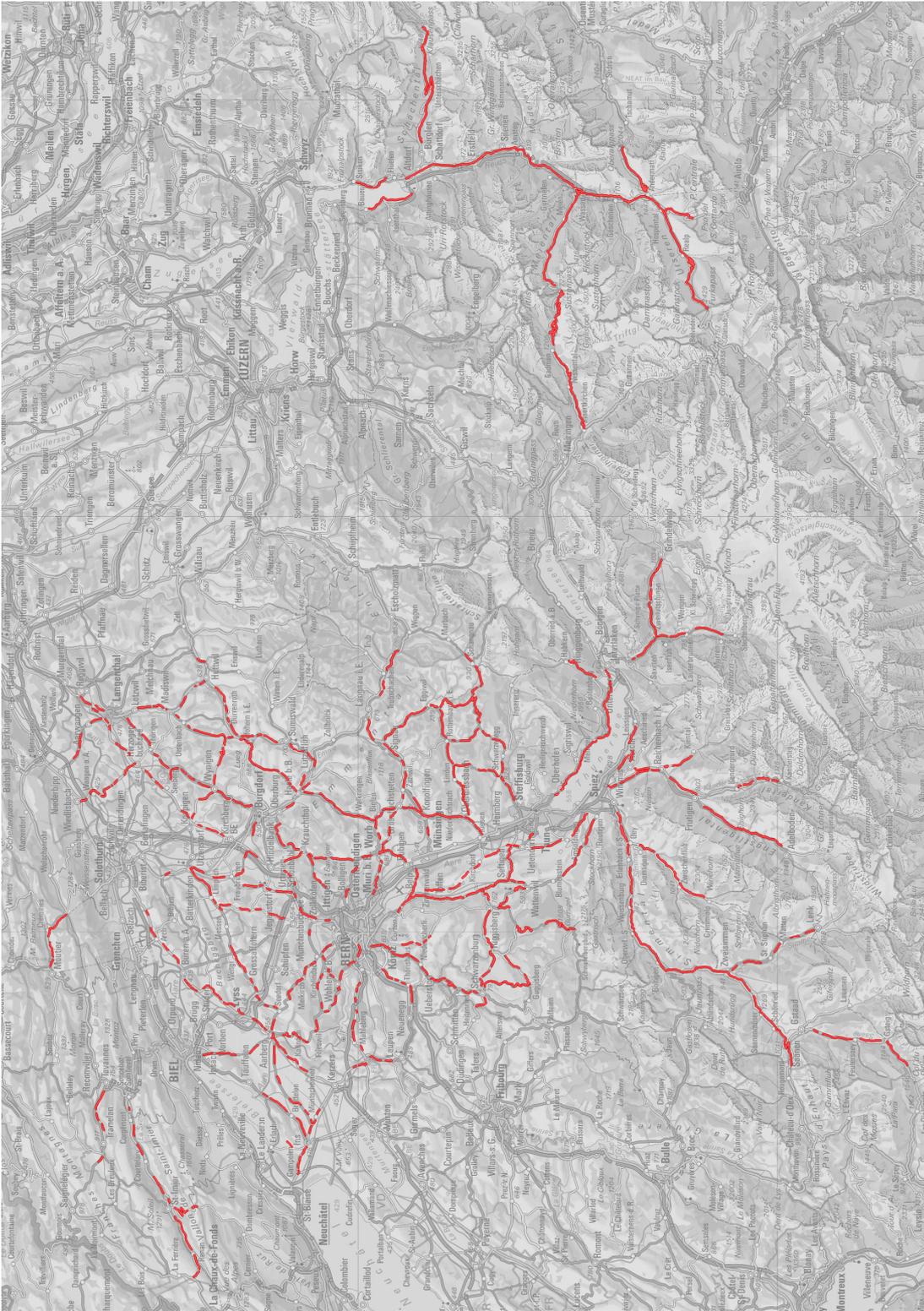


Abbildung 5 Lage der ausgewerteten Haupt- und Nebenstrassen

Mit Berücksichtigung der Dunkelziffer und des Faktors „BE-Sachschaden“ zur Hochrechnung der nicht polizeilich erfassten Unfälle mit Sachschaden im Kanton Bern ergibt sich:

| | | km | Unfallkostenrate volksw. Kosten | Unfallkostenrate nur externe Kosten |
|-----------|------------|-------|------------------------------------|--|
| Hauptstr. | innerorts | 54.9 | 195.9 | 31.9 |
| | ausserorts | 492.8 | 276.8 | 45.9 |
| Nebenstr. | innerorts | 12.7 | 79.7 | 11.7 |
| | ausserorts | 109.5 | 251.3 | 41.0 |

Tabelle 19 Unfallkostenraten auf Haupt- und Nebenstrassen (ohne Knoten)

Unter Berücksichtigung des Faktors „BE-Sachschaden“ aber ohne die Dunkelziffer ergeben sich die folgenden Unfall-, Verletzten- und Getötetenraten:

| | | km | Unfallrate | Verletztenrate | Getötetenrate |
|--------------|------------|-------|------------|----------------|---------------|
| Hauptstrasse | innerorts | 54.9 | 0.75 | 31.35 | 1.31 |
| | ausserorts | 492.8 | 0.85 | 49.84 | 1.59 |
| Nebenstrasse | innerorts | 12.7 | 0.40 | 15.22 | 0.00 |
| | ausserorts | 109.5 | 0.81 | 43.64 | 1.25 |

Tabelle 20 Unfall-, Verletzten und Getötetenraten auf Haupt- und Nebenstrassen (ohne Knoten)

In der Untersuchung liegen 3'335 Intervalle mit 200 m Länge und 33 Intervalle mit einer kürzeren Länge vor. Werden diese Intervalle nach ihrer Klasse (z.B. Hauptstrasse innerorts) und der Unfallrate gruppiert, ergibt sich die folgende Verteilung:

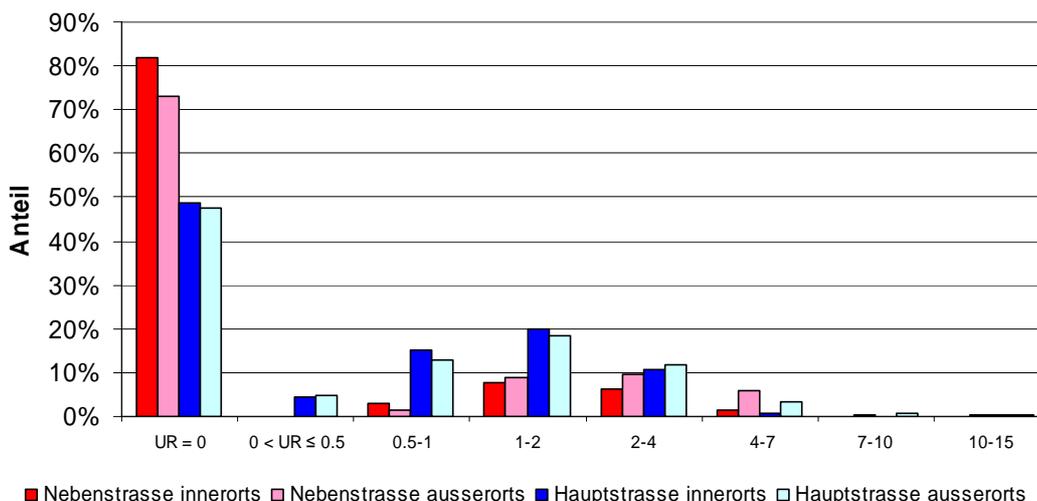


Abbildung 6 Proz. Anteil der Intervalle nach Strassenklasse und Unfallrate

4.5 Knoten

4.5.1 Klassierung von Knoten

Auswertungen für Knoten werden getrennt von den streckenbezogenen Auswertungen erstellt. Die Gründe hierfür liegen in der notwendigen präzisen Abgrenzung des Knotenbereichs von den Streckenabschnitten ohne Knoten. Für die Definition des zum Knoten gehörenden Bereichs der Achse, müssen Masse festgelegt werden, damit die Ergebnisse der Auswertung vergleichbar werden. Forschungen von Meewes [4] zeigen, dass durch Knoten nicht nur der unmittelbare Knotenbereich sondern auch längere Abschnitte beeinflusst werden. Einflüsse auf die Unfallkostenrate durch beispielsweise die Sichtbarkeit des Knotens oder die Beschleunigung nach einem Knoten lassen sich bis ca. 500 m vor und nach einem Knoten nachweisen.

In der genannten Forschungsarbeit wird weiter gezeigt, dass die Unfallkostenrate von Knotenpunkten von der Knotenform und der Verkehrsregelung abhängen. Ein Zusammenhang mit der Verkehrsstärke liess sich nicht nachweisen. Aus diesem Grund schlagen wir vor, eine Einteilung der Knotenpunkte entsprechend der baulichen Gestaltung vorzunehmen.

Ähnlich wie bei den Streckenintervallen darf die Anzahl der unterschiedenen Knotenpunkttypen nicht zu gross sein, damit für eine statistisch sinnvolle Auswertung die Stichprobenmenge hinreichend ist. In [4] werden beispielsweise 7 Kreuzungstypen und 3 Einmündungstypen beschrieben und untersucht (siehe Kap. 2.4.2).

Die Klassierung von Knotenpunkten wurde zusammen mit der Begleitgruppe vor dem Beginn der Unfallauswertungen festgelegt (siehe Kap. 4.1.2).

Im Rahmen der Knotenpunktsuntersuchung wurden 115 Knoten bzw. Autobahnverzweigungen näher untersucht. Eine Übersicht über deren Anzahl und Eigenschaften bietet die folgende Tabelle:

| Knotenklasse | | Anz. Knoten | Unfälle | Getötete | Schwerverl. | Leichtverl. |
|--------------|----------|-------------|---------|----------|-------------|-------------|
| Einmündung | ohne LSA | 14 | 116 | 3 | 12 | 79 |
| | mit LSA | 13 | 226 | | 14 | 62 |
| Kreuzung | ohne LSA | 6 | 71 | | 9 | 39 |
| | mit LSA | 26 | 751 | 2 | 53 | 317 |
| Kreisel | 3-armig | 24 | 158 | | 17 | 50 |
| | 4-armig | 25 | 392 | | 36 | 173 |
| | 5-armig | 7 | 212 | 1 | 15 | 70 |

Tabelle 21 Klassifizierung und Unfallfolgen der ausgewerteten Knoten

Gegenüber der in Kapitel 4.1.2 „Definitionen der Knotenklasse“ geforderten Unterscheidung zwischen Einmündungen und Kreuzungen mit Lichtsignalanlagen mit und ohne Linksabbiegerschutz wurden diese Knotenklassen in „Einmündung mit LSA“ und „Kreuzung mit LSA“ zusammengefasst. Neben der schwierigen Ermittlung ob in den Untersuchungsjahren ein Linksabbiegerschutz vorhanden war, liegt das Hauptargument in der Stichprobengrösse.

Die Anzahl der ausgewerteten Knoten je Knotenklasse sollte für statistisch fundierte Ergebnisse grösser sein. Eine Ausdehnung der Knotenanzahl war im Rahmen dieses Projektes nicht möglich, wird jedoch für weitere Untersuchungen empfohlen.

Die folgenden Karten liefern einen Überblick über die Lage der ausgewerteten Knoten.

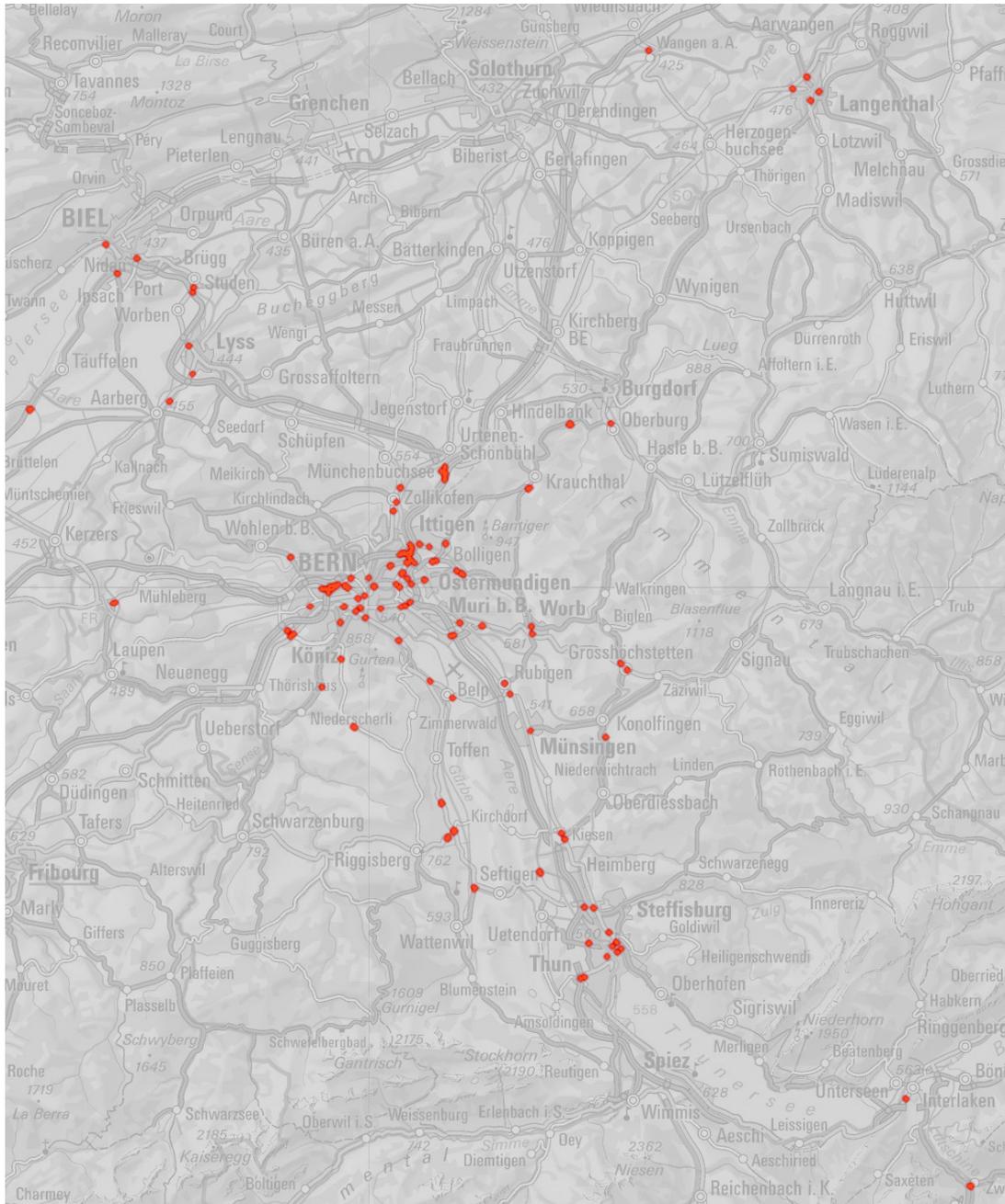


Abbildung 7 Lage der ausgewerteten Knoten im Kanton Bern



Abbildung 8 Lage der ausgewerteten Knoten im Kanton Zürich

4.5.2 Auswertung von Knotenpunkten

Für die Selektion der Unfälle an Knoten werden die Knoten mit den Knotenarmen gemäss der Norm „640 009a Strassenverkehrsunfälle – Lokalisierung und Rangierung von Unfallschwerpunkten“ [2] mit einem Polygon umrandet, so dass die Unfälle, die innerhalb dieses Umrings liegen, selektioniert werden können.

Für die Auswertung von Knotenbereichen schlägt die Norm [2] verschiedene Abgrenzungen des Knotens in Abhängigkeit von der Strassenkategorie und der Lage innerorts/ausserorts vor.

Bei Kreisverkehrsplätzen wurde jeweils eine Strecke von 50 m der Knotenarme vom angenommenen Mittelpunkt des Kreisels aus gemessen zum Kreisel gerechnet. Unfälle in diesen Zufahrts- und Ausfahrtsbereichen sind oft durch den Knotenpunkt verursacht und werden diesem angelastet. Es handelt sich häufig um Auffahrunfälle oder Unfälle mit Fussgängern.

In Anlehnung an die genannte Norm werden für Ausserortsknoten Strecken von 100 Metern auf den Knotenarmen mit in die Auswertung von Einmündungen und Kreuzungen einbezogen. Handelt es sich bei Knotenarmen um Nebenstrassen so werden bei diesen im Ausserortsbereich nur 50 Meter miteinbezogen. Als Nebenstrassen werden Knotenarme mit deutlich kleineren Strassenquerschnitt und niedrigen Verkehrszahlen angesehen.

Im Innerortsbereich werden jeweils 50 Meter der Knotenarme zum Einflussbereich des Knotens gezählt und zusammen mit diesem ausgewertet.

| Strassenkategorie | Länge der Knotenarme |
|--|---|
| Haupt- und Nebenstrassen ausserorts | 100 m Hauptstrasse 50 m Nebenstrasse |
| Verkehrsorientierte Strasse innerorts | 50 m |
| Siedlungsorientierte Strasse innerorts | Keine Bildung von Intervallen |

Tabelle 22 Länge der zu berücksichtigenden Knotenarme [2]

Für Knotenpunkte wurden die DTV-Werte aus den folgenden Quellen benutzt:

- Nationales Personenverkehrsmodell der Schweiz (UVEK, ARE)
- Verkehrsmodell der Region Bern (RVK)
- Kantonale Zählungen
- Zählungen von Gemeinden (Stadt Thun)

Die verwendeten Zählungen fanden in den Jahren 2000 bis 2004 statt. Der Bezugszeitraum der Verkehrsmodelle liegt ebenfalls in dieser Zeitspanne.

Für Knotenpunkte ausserhalb von urbanen Gebieten stimmen die DTV-Werte aus den Zählungen mit den Werten aus dem nationalen Personenverkehrsmodell recht gut überein. Knoten innerhalb von Städten weisen im nationalen Personenverkehrsmodell zu niedrige Verkehrszahlen auf, da die Einteilung der Zonen im Modell viele Fahrten in Städten zu Binnenverkehren macht, die nicht modellierbar sind.

Aus diesem Grund wurden speziell bei urbanen Knoten auf die Daten aus den alternativen Quellen (Zählungen in Thun und Verkehrsmodell der Region Bern) zurückgegriffen.

Sofern für Knoten mehrere Quellen vorlagen, wurden die angewandten Verkehrswerte mit den anderen Angaben plausibilisiert,

Bei der Berechnung der Unfallrate und der Unfallkostenrate von Knotenpunkten ist die Bestimmung der Länge, die in die „Standardformeln“ für die Raten eingehen müsste, schwierig.

Die klassische Unfallanalyse mit der Berechnung von Unfallziffern an Knoten trennt Knoten in Teilknoten oder Konfliktbereiche auf. Im Gegensatz dazu geht es in der vorliegenden Untersuchung darum, für bestimmte Knotenklassen charakteristische Unfallziffern und Unfallkostenziffern zu finden.

Die Ermittlung des DTVs an Knoten für diese klassische Unfallanalyse mit der Berechnung von Unfallziffern erfolgt mit den im Anhang angegebenen Formeln für die additive oder multiplikative Bestimmung des DTVs im Konfliktbereich.

Für die Berechnung von Unfallziffern des Gesamtknotens im Rahmen dieser Untersuchung wurden alle in den Knoten einfahrenden Verkehrsströme addiert:

DTV_{ni} Durchschnittliche tägliche in den Knoten einfahrende Verkehrsmenge auf der Einfahrt n des Knoten i

$$UZ_i = \frac{Z_i * 10^6}{\sum_1^n DTV_{ni} * 365 * T_i} \quad (\text{Variablen siehe Kap. 7.1})$$

Formel 3 Unfallziffer mit auf Knotenarmen summiertem DTV

In den Verkehrsmodellen liegen die Verkehrsmengen richtungsabhängig vor. Bei den verwendeten Zählungen des Kantons und der Stadt Thun beziehen sich die Zählungen auf den gesamten Querschnitt. Sofern es sich nicht um Einbahnstrassen handelt wurde in solchen Fällen der einfahrende Strom als halber Querschnittswert angenommen.

Analog zur Ermittlung der Unfallkosten bei den Unfällen auf Haupt- und Nebenstrassen wurden die Anzahl der Sachschadensunfälle mit dem Faktor 1.65 multipliziert. Damit werden die alle im Kanton Bern liegenden Knoten mit dem Schweizer Durchschnitt besser vergleichbar.

$$UKZ_i = \frac{S_i * 1000}{\sum_1^n DTV_{ni} * 365 * T_i} \quad (\text{Variablen siehe Kap. 7.1})$$

Formel 4 Unfallkostenziffer mit auf Knotenarmen summiertem DTV

S_i ist die Summe der Kosten aus bei Unfällen Getöteten, Schwer- und Leichtverletzten sowie den Sachschäden. Bei den Kosten der bei Unfällen Getöteten, Schwer- und Leichtverletzten wird jeweils die Dunkelziffer berücksichtigt. Im Kostensatz für Unfälle mit Sachschaden ist die Dunkelziffer bereits enthalten, wird also in der Berechnung der Summe der Unfallschäden nicht mehr berücksichtigt.

In den folgenden Darstellungen der Ergebnisse bedeutet der Zusatz „LSA“, dass es sich um einen Knoten mit Lichtsignalanlage handelt. Fehlt dieser Zusatz so liegt keine Lichtsignalanlage vor oder die LSA gewährt dem nahenden Tram Vorrang und ist sonst abgeschaltet (tritt bei einem 5-armigen Kreisel auf). Die Autobahnverzweigung sollte ursprünglich als eigene Knotenklasse ausgewertet werden. Die Ergebnisse werden hier nicht dargestellt, da die Reduktion dieses Knotenpunkts auf einen geometrischen Punkt, d.h. ohne eine Längsausdehnung nicht angebracht erscheint. In der Folge sollten für die Autobahnverzweigungen keine „Ziffern“ sondern „Raten“ berechnet werden.

Die im Folgenden dargestellten Unfallziffern und Unfallkostenziffern beinhalten die Dunkelziffer und den Faktor für die Unfälle mit Sachschaden im Kanton Bern.

| Knotentyp | Anzahl Knoten | Unfallziffer | | | Unfallkostenziffer | | | | |
|--------------------|---------------|--------------|---------|---------------------|--------------------|---------|---------------------|-------|-------|
| | | Minimum | Maximum | Standard-abweichung | Minimum | Maximum | Standard-abweichung | | |
| Einmündung mit LSA | 13 | 2.408 | 0.666 | 4.107 | 1.303 | 51.9 | 13.1 | 120.1 | 27.5 |
| Einmündung | 14 | 4.095 | 1.811 | 12.368 | 2.720 | 164.4 | 14.3 | 414.4 | 109.7 |
| Kreisel 3-armig | 24 | 2.274 | 0.658 | 6.129 | 1.265 | 52.8 | 8.1 | 185.3 | 47.8 |
| Kreisel 4-armig | 25 | 4.212 | 0.969 | 12.644 | 3.119 | 104.7 | 9.3 | 450.2 | 96.6 |
| Kreisel 5-armig | 7 | 5.741 | 2.395 | 11.981 | 4.010 | 153.7 | 20.6 | 512.5 | 167.2 |
| Kreuzung mit LSA | 26 | 4.772 | 1.576 | 10.651 | 2.539 | 114.2 | 23.8 | 284.6 | 76.5 |
| Kreuzung | 6 | 4.517 | 3.659 | 5.179 | 0.553 | 169.7 | 43.0 | 414.1 | 134.0 |

Tabelle 23 Unfallziffern und Unfallkostenziffern für Knotenklassen

| Knotentyp | Anzahl Knoten | Unfallziffer | | | Unfallkostenziffer (externe Kosten) | | | | |
|--------------------|---------------|--------------|---------|---------------------|-------------------------------------|---------|---------------------|------|------|
| | | Minimum | Maximum | Standard-abweichung | Minimum | Maximum | Standard-abweichung | | |
| Einmündung mit LSA | 13 | 2.408 | 0.666 | 4.107 | 1.303 | 7.6 | 1.2 | 18.9 | 4.8 |
| Einmündung | 14 | 4.095 | 1.811 | 12.368 | 2.720 | 26.8 | 1.0 | 78.2 | 22.0 |
| Kreisel 3-armig | 24 | 2.274 | 0.658 | 6.129 | 1.265 | 8.1 | 0.6 | 34.4 | 9.2 |
| Kreisel 4-armig | 25 | 4.212 | 0.969 | 12.644 | 3.119 | 15.7 | 0.8 | 72.1 | 15.7 |
| Kreisel 5-armig | 7 | 5.741 | 2.395 | 11.981 | 4.010 | 24.4 | 1.7 | 87.5 | 29.4 |
| Kreuzung mit LSA | 26 | 4.772 | 1.576 | 10.651 | 2.539 | 16.9 | 1.9 | 48.4 | 13.0 |
| Kreuzung | 6 | 4.517 | 3.659 | 5.179 | 0.553 | 27.9 | 3.9 | 75.9 | 26.2 |

Tabelle 24 Unfallziffern und Unfallkostenziffern (nur externe Kosten)

In der Norm SN 641 824 werden die vier- und fünfarmigen Kreisel zusammengefasst, so dass sich die folgenden Werte ergeben:

| Knotentyp | Anzahl Knoten | Unfallziffer | | | Unfallkostenziffer | | | | |
|----------------------|---------------|--------------|---------|---------------------|--------------------|---------|---------------------|-------|-------|
| | | Minimum | Maximum | Standard-abweichung | Minimum | Maximum | Standard-abweichung | | |
| Einmündung mit LSA | 13 | 2.408 | 0.666 | 4.107 | 1.303 | 51.9 | 13.1 | 120.1 | 27.5 |
| Einmündung | 14 | 4.095 | 1.811 | 12.368 | 2.720 | 164.4 | 14.3 | 414.4 | 109.7 |
| Kreisel 3-armig | 24 | 2.274 | 0.658 | 6.129 | 1.265 | 52.8 | 8.1 | 185.3 | 47.8 |
| Kreisel 4- & 5-armig | 32 | 4.547 | 0.969 | 12.644 | 3.325 | 115.4 | 9.3 | 512.5 | 114.3 |
| Kreuzung mit LSA | 26 | 4.772 | 1.576 | 10.651 | 2.539 | 114.2 | 23.8 | 284.6 | 76.5 |
| Kreuzung | 6 | 4.517 | 3.659 | 5.179 | 0.553 | 169.7 | 43.0 | 414.1 | 134.0 |

Tabelle 25 Unfall-(kosten-)ziffern für Knotenklassen für SN 641 824

| Knotentyp | Anzahl Knoten | Unfallziffer | | | Unfallkostenziffer (externe Kosten) | | | | |
|----------------------|---------------|--------------|---------|---------------------|-------------------------------------|---------|---------------------|------|------|
| | | Minimum | Maximum | Standard-abweichung | Minimum | Maximum | Standard-abweichung | | |
| Einmündung mit LSA | 13 | 2.408 | 0.666 | 4.107 | 1.303 | 7.6 | 1.2 | 18.9 | 4.8 |
| Einmündung | 14 | 4.095 | 1.811 | 12.368 | 2.720 | 26.8 | 1.0 | 78.2 | 22.0 |
| Kreisel 3-armig | 24 | 2.274 | 0.658 | 6.129 | 1.265 | 8.1 | 0.6 | 34.4 | 9.2 |
| Kreisel 4- & 5-armig | 32 | 4.547 | 0.969 | 12.644 | 3.325 | 17.6 | 0.8 | 87.5 | 19.3 |
| Kreuzung mit LSA | 26 | 4.772 | 1.576 | 10.651 | 2.539 | 16.9 | 1.9 | 48.4 | 13.0 |
| Kreuzung | 6 | 4.517 | 3.659 | 5.179 | 0.553 | 27.9 | 3.9 | 75.9 | 26.2 |

Tabelle 26 Unfall-(kosten-)ziffern für Knotenklassen (nur externe Kosten) für SN 641 824

Im folgenden Diagramm sind die Unfallziffer und Unfallkostenziffer für jeden untersuchten Knoten dargestellt. Dabei sind Knoten die nahe beim Ursprung liegen sicherer.

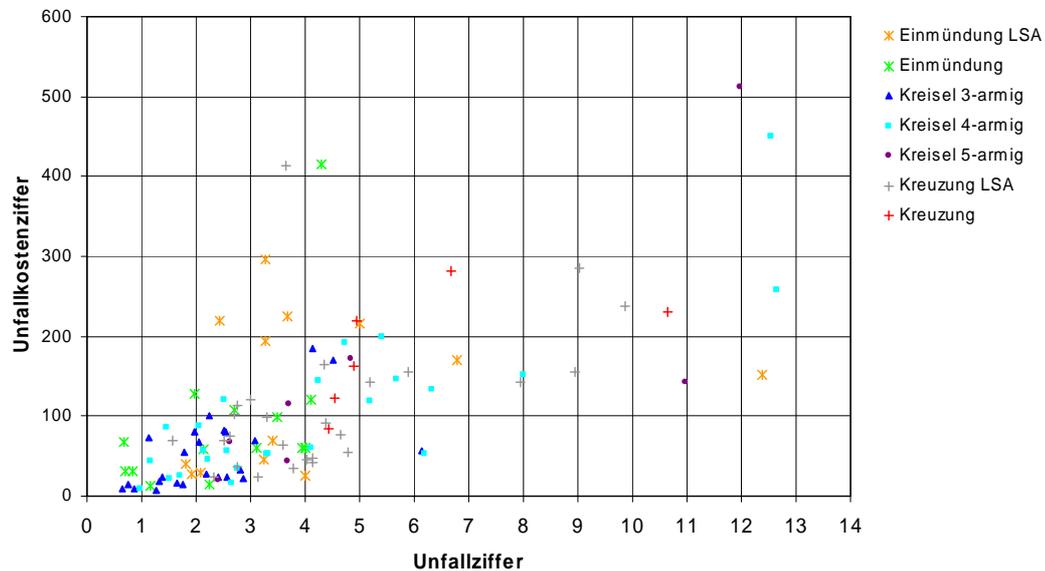


Abbildung 9 Vergleich von Unfallkostenziffer und Unfallziffer für einzelne Knoten

Das folgende Diagramm zeigt Unfallziffer und Unfallkostenziffer für die Knotenklasse an. Dazu wurden die Knoten aus dem vorangegangenen Diagramm nach ihrer Knotenklasse aggregiert. Hier zeigt sich nicht nur, dass Kreisel sicherer sind als Einmündungen oder Kreuzungen, sondern auch der positive Effekt von Lichtsignalanlagen. Hervorzuheben ist auch das Verhältnis zwischen Unfallziffer und Unfallkostenziffer; hier zeigt sich dass die Unfälle an Einmündungen ohne LSA, Kreuzungen ohne LSA und 5-armigen Kreiseln tendenziell schwerwiegendere Folgen nach sich ziehen.

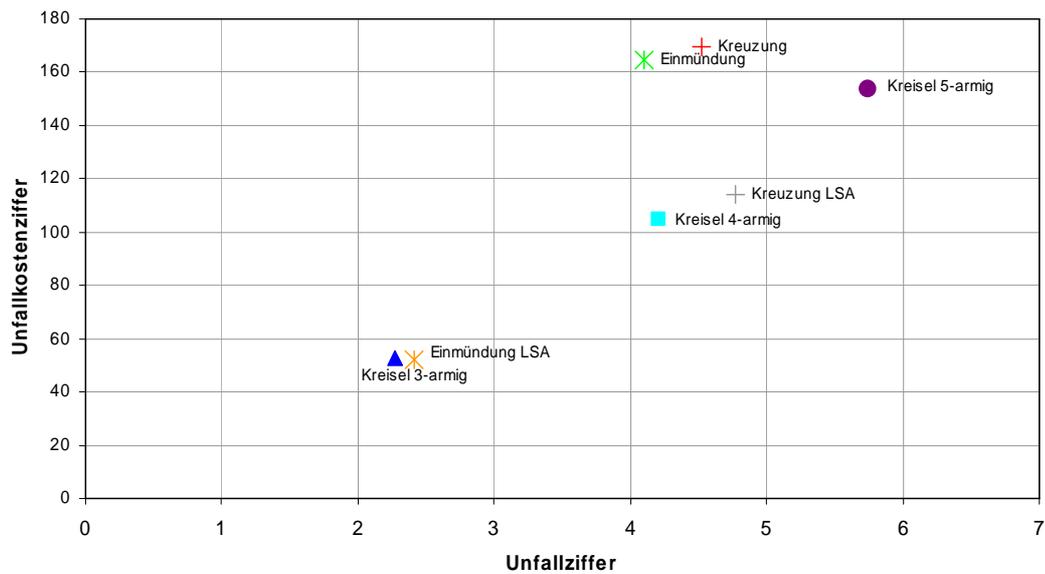


Abbildung 10 Vergleich von Unfallkostenziffer und Unfallziffer für Knotenklassen

4.5.3 Plausibilisierung

Eine einfache Plausibilisierung der Ergebnisse für die Unfallziffern und Unfallkostenziffern ist nicht möglich.

Die Untersuchungen von Meewes [4] können für einen quantitativen Vergleich kaum verwendet werden, da sich die Methodik zum Vorgehen in der vorliegenden Arbeit unterscheidet. Methodische Abweichungen sind z.B. der Fokus auf Landstrassen, berücksichtigte Knotenarmlänge, keine Berücksichtigung der Dunkelziffer.

Die Resultate können jedoch qualitativ verglichen werden. Meewes kommt zu den folgenden generellen Ergebnissen:

Neben der Knotenpunktgrundform hat die Verkehrsregelung entscheidenden Einfluss auf den Sicherheitsgrad.

Den grössten Sicherheitsgrad haben kleine Kreisverkehrsplätze.

Einmündungen sind bei gleicher Regelungsart sicherer als Kreuzungen. Da für die Verkehrsaufgabe einer Kreuzung aber zwei Einmündungen erforderlich sind, gilt nicht generell, dass zwei Einmündungen sicherer als eine Kreuzung sind.

Lichtsignalanlagen erhöhen die Verkehrssicherheit gegenüber der Vorfahrtsregelung durch Verkehrszeichen nur, wenn Steuerungen mit mehr als 2 Phasen eingesetzt werden (also mit Abbiegerschutz).

Die weiteren generellen Ergebnisse können aufgrund der verschiedenartigen Einteilung der Knotenpunkte nicht sinnvoll verglichen werden. Die obigen Ergebnisse von Meewes lassen sich auf die vorliegende Arbeit übertragen und werden qualitativ bestätigt.

4.6 Unfallraten und Unfallkostenraten für Abschätzungen in Kosten-Nutzen-Analysen

Für einfache Abschätzungen in Kosten-Nutzen-Analysen, in denen keine detaillierten Informationen aus einem Verkehrsmodell zu allen relevanten Streckenabschnitten und Knoten vorliegen, werden hier vereinfachte Richtwerte angegeben. Diese Unfallraten und Unfallkostenraten sind unabhängig von der in den vorhergehenden Kapiteln beschriebenen Methodik berechnet. Daher dürfen die Raten nur konsequent nach der einen oder nach der anderen Berechnungsart jedoch nicht durchmischt angewandt werden.

Im vereinfachten Verfahren werden nur die drei Fälle unterschieden:

- Autobahn
- Innerorts
- Ausserorts

Knoten werden beim vereinfachten Verfahren nicht separat betrachtet. Deren Anteile am Unfallgeschehen sind den obigen drei Kategorien zugewiesen.

Für das Jahr 2002 ergibt sich aus den polizeilich erfassten Unfällen und den Fahrleistungen [20] das folgende Mengengerüst:

| Kategorie | Unfälle | Verletzte | Getötete | Fahrleistung [Mio. Fz-km] |
|------------|---------|-----------|----------|------------------------------|
| Autobahn | 8'182 | 3'332 | 76 | 19'999 |
| Innerorts | 48'950 | 18'110 | 164 | 19'042 |
| Ausserorts | 15'317 | 8'332 | 273 | 20'561 |

Tabelle 27 Mengengerüst für das vereinfachte Verfahren

Die Raten für Unfälle, Verletzte und Getötete ergeben sich aus obigem Mengengerüst:

| Kategorie | Unfallrate [Unfälle/10 ⁶ Fz-km] | Verletztenrate [Verletzte/10 ⁸ Fz-km] | Getötetenrate [Getötete/10 ⁸ Fz-km] |
|------------|---|---|---|
| Autobahn | 0.41 | 16.66 | 0.380 |
| Innerorts | 2.57 | 95.11 | 0.861 |
| Ausserorts | 0.74 | 40.52 | 1.328 |

Tabelle 28 Unfallraten, Verletztenraten und Getötetenraten (ohne Dunkelziffer)

Aus obigem Mengengerüst ergeben sich mit den Dunkelziffern nach Tabelle 8 und den Kostenansätzen nach Tabelle 3 und Tabelle 4 die folgenden Raten:

| Kategorie | Unfallkostenrate (volkswirtschaftliche Kosten) [CHF/10³ Fz-km] | Unfallkostenrate (davon externe Kosten) [CHF/10³ Fz-km] |
|------------------|--|---|
| Autobahn | 49.7 | 7.3 |
| Innerorts | 482.5 | 74.5 |
| Ausserorts | 221.2 | 37.3 |

Tabelle 29 Unfallkostenraten (Dunkelziffer berücksichtigt)

5 Normierung

5.1 SN 641 824 Kosten-Nutzen-Analysen im Strassenverkehr, Unfallraten und Unfallkostensätze

Die Ergebnisse dieser Untersuchung gehen in die „SN 641 824 Kosten-Nutzen-Analysen im Strassenverkehr, Unfallraten und Unfallkostensätze“ ein.

In der Norm sind die Fälle „vierarmiger Kreisel“ und „fünfarmiger Kreisel“ zur Knotenart „vier und mehrarmiger Kreisel“ zusammengefasst.

5.2 Zeitliche Veränderung der Unfallkostenraten und Unfallkostenziffern

Kosten-Nutzen-Analysen geben Auskunft, ob sich die Realisierung eines Infrastrukturprojekts im Vergleich zum Referenzfall aus ökonomischer Perspektive lohnt. Dazu muss der volkswirtschaftliche Nutzen eines Projekts grösser als dessen volkswirtschaftliche Kosten sein. Die dazu notwendigen Betrachtungen sind langfristig; aus diesem Grund müssen Kosten und Nutzen prognostiziert werden.

Die folgende Prognose für den zeitlichen Verlauf der Unfallkostenraten und Unfallkostenziffern darf nur im Rahmen von Kosten-Nutzen-Analysen angewendet werden.

Im Via sicura Programm [26] setzt sich der Bund das Oberziel bis zum Jahr 2010 die Zahl der im Strassenverkehr Getöteten auf weniger als 300 und die Zahl der Schwerverletzten auf weniger als 3'000 zu senken. Danach reduziert sich die Zahl der Getöteten und Schwerverletzten pro zehn Jahre um mindestens 30 Prozent.

Für die Zahl der Leichtverletzten und die Anzahl der Unfälle mit Sachschaden wurde eine Halbierung in den nächsten 40 Jahren angenommen.

Da nach den derzeitigen Planungen nicht davon ausgegangen werden kann, dass alle in Via Sicura vorgeschlagenen Massnahmen tatsächlich umgesetzt werden, wurden 50% der Nutzen aus Via Sicura angenommen. Unter diesen Voraussetzungen und der Annahme, dass die Fahrleistung im Strassenverkehr jährlich um 1% steigt, kann von einer jährlichen Abnahme der Unfallkostenraten und Unfallkostenziffern von 2% ausgegangen werden. Diese Abnahme berücksichtigt jedoch nicht die Veränderung der Unfallkostensätze. Diese haben den Preisstand von 2005 und sind zu Faktorkosten angegeben. Erfolgt eine Kosten-Nutzen-Analyse mit einem anderen Preisstand so sind die Werte mit dem Nominallohnwachstum anzupassen.

6 Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Hinweis zur Vergleichbarkeit der Raten

Das Ziel in der vorliegenden Arbeit bei der Berechnung der Raten ist, den Einfluss von Unfällen so zu monetarisieren, dass er bei Kostennutzenanalysen verwendet werden kann. Aus diesem Grund wird auch die Dunkelziffer berücksichtigt, so dass auch die polizeilich nicht erfassten Unfälle in die Kalkulation eingehen.

Hier gilt es den Unterschied zu den anderen Verwendungen der Unfallraten und Unfallkostenraten zu beachten: Bei Gegenüberstellungen zwischen Untersuchungsgebiet und Vergleichsgebieten oder bei Vorher-Nachheruntersuchungen wird im Allgemeinen die Dunkelziffer nicht berücksichtigt. Dadurch ergeben sich deutliche Unterschiede in der Höhe der Raten.

Für spätere Neuberechnungen oder Anpassungen wird empfohlen die Dunkelziffer auch abhängig von der Strassenart zu bestimmen. Es ist anzunehmen, dass die Dunkelziffer auf der Autobahn niedriger ist als bei Kantonalen Haupt- und Nebenstrassen im nachgeordneten Netz.

Empfehlungen

Weitere Untersuchungen sollten vorgenommen werden für Gebirgstrassen (Steigung, Gefälle, hohe Kurvigkeit)

Bei der Auswertung von Knoten sollte die Stichprobenzahl vergrössert werden.

Die Untersuchungen sollten um Autobahnanschlussstellen ergänzt werden.

Wenn sich die Grundlagen der Studie zu den Unfallkosten und zu den Dunkelziffern grundlegend ändern, sollte die Studie angepasst oder wiederholt werden. Werden die Unfallkosten aktualisiert, können die Unfallkostenrate und die Unfallkostenziffer in einem gewissen Rahmen analog aktualisiert werden. Einflussfaktoren wie die Veränderung der Unfallzahlen oder Verkehrsmenge, etc. können so nur bedingt nachgezogen werden.

7 Anhang

7.1 Formeln

Parameter der Formeln:

| | |
|--------------------|--|
| DTV | Durchschnittliche tägliche Verkehrsmenge |
| DTV _H | Durchschnittliche tägliche Verkehrsmenge im Querschnitt Hauptstrasse |
| DTV _N | Durchschnittliche tägliche Verkehrsmenge im Querschnitt Nebenstrasse |
| DTV _i | Durchschnittliche tägliche Verkehrsmenge im Intervall i |
| ∑DTV _{ni} | Summe der durchschnittlichen täglichen in den Knoten einfahrenden Verkehrsmenge der n Zufahrten am Knoten i [Fz/d] |
| Z | Unfallzahl; Zahl der Unfälle während einer Zeitperiode T |
| Z _i | Unfallzahl; Zahl der Unfälle während einer Zeitperiode T je Intervall i |
| Z _{vi} | Zahl der Verletzten während einer Zeitperiode T je Intervall i |
| T | Zeitperiode in Jahren |
| L _i | Länge des Intervalls i in km |
| S _i | Summe der monetären durch Unfälle verursachten Schaden des Intervalls i |
| S | Summe der monetären durch Unfälle verursachten Schaden eines Knoten |
| G _i | Getötete des Intervalls i |
| V _i | Verletzte des Intervalls i |

Unfallrate:

„Unfälle pro 1 Million Fahrzeugkilometer“

$$UR_i = \frac{Z_i * 10^6}{DTV * 365 * T * L_i} \quad [2]$$

Unfallziffer:

„Unfälle pro 1 Million Fahrzeuge“

Multiplikativer Ansatz:

$$UZ = \frac{Z * 10^6}{\sqrt{DTV_H * DTV_N} * 365 * T} \quad [2], \text{ bzw.}$$

Additiver Ansatz:

$$UZ_i = \frac{Z_i * 10^6}{\sum_1^n DTV_{ni} * 365 * T_i} \quad 5$$

⁵ Der additive Ansatz der Unfallziffer ist in SN 640 009a anders dargestellt. Im Nenner steht dort der Faktor ½. Für die nächste Überarbeitung der Norm ist die Entfernung dieses Faktors in der Formel vorgesehen.

Verletztenrate:

„Verletzte pro 100 Millionen Fahrzeugkilometer“

$$VR_i = \frac{Z_{Vi} * 10^8}{DTV_i * 365 * T_i * L_i}$$

Analog lassen sich die Raten für Leicht- und Schwerverletzte oder die Getötetenrate berechnen.

Verletztensziffer:

„Verletzte pro 100 Millionen Fahrzeuge“

$$VZ_i = \frac{Z_{Vi} * 10^8}{\sum_1^n DTV_{ni} * 365 * T_i}$$

Analog lassen sich die Ziffern für Leicht- und Schwerverletzte oder die Getötetenziffer berechnen.

Unfallkostenrate:

„Unfallkosten in Währungseinheiten pro 1'000 Fahrzeugkilometer“

$$UKR_i = \frac{S_i * 1000}{DTV_i * 365 * T_i * L_i} \text{ nach [1]}$$

Unfallkostensziffer:

„Unfallkosten in Währungseinheiten pro 1'000 Fahrzeuge“

Multiplikativer Ansatz:

$$UKZ = \frac{S * 1000}{\sqrt{DTV_H * DTV_N} * 365 * T} \text{ analog zu Unfallziffer}$$

Additiver Ansatz:

$$UKZ_i = \frac{S_i * 1000}{\sum_1^n DTV_{ni} * 365 * T_i} \text{ analog zu Unfallziffer}$$

Unfalldichte:

„Unfälle pro Kilometer und Jahr“

$$U_{d(i)} = \frac{Z_i}{T * L_i} [\text{Unfälle} / \text{km} * \text{Jahr}] [2]$$

Unfallkostendichte:

„Unfallkosten in Währungseinheiten pro Kilometer und Jahr“

$$UK_{d(i)} = \frac{S_i}{T * L_i} [\text{Währungseinheit} / \text{km} * \text{Jahr}] \text{ nach [1]}$$

7.2 Literaturverzeichnis

- [1] http://www-opac.bib-bvb.de/cgi-bin/bvbsuche.cgi?opacdb=BVB&sigel=&maske=sm_bvb&lang=german&uid=BIBBVB-29102003-19393616-GST&field1=AU&name1=Fischer,+Uwe R., B. Psarianos, T. Mailänder, et al. : Highway Design and Traffic Safety Engineering Handbook, McGraw-Hill, New York, 1999
- [2] SN 640 009 Strassenverkehrsunfälle - Lokalisierung und Rangierung von Verkehrsunfällen
- [3] Krebs, H. G., J. H. Klöckner: Untersuchungen über Unfallraten in Abhängigkeit von Straßen- und Verkehrsbedingungen außerhalb geschlossener Ortschaften, Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Bundesminister für Verkehr, Bonn, Heft 223, 1977
- [4] Meewes, V.: Sicherheit von Landstraßen-Knotenpunkten - Teil 1, Teil 2, Teil 3 Straßenverkehrstechnik 04/03, 05/03, 06/03, Bonn, 2003
- [5] Ecoplan: Unfallkosten im Strassen- und Schienenverkehr der Schweiz 1998, Bundesamt für Raumentwicklung, Bern, 2002
- [6] Ecoplan: Unfallkosten im Strassenverkehr, Aktualisierung für die Jahre 1999 bis 2004, Bundessamt für Raumentwicklung, Altdorf und Bern, 2006
- [7] Eckstein, K., V. Meewes: Sicherheit von Landstraßen-Knotenpunkten – Knotenpunktgrundformen Verkehrsregelung Zufahrten, Mitteilungen Nr. 40 der Beratungsstelle für Schadenverhütung, Köln, 2002
- [8] FGSV (Hrsg.): Empfehlungen für die Sicherheitsanalyse von Straßennetzen – ESN, Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen, Köln, 2003
- [9] FGSV (Hrsg.): http://www.fgsv-verlag.de/shop/bemerkung.php4?id=423&bereich1=&bereich2=&seite=0&neu=&search_string=RAS-Q, Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen, Köln, 1996
- [10] Meewes, V., P. Butterwegge: Verkehrssicherheitsprüfung – VSP, Mitteilungen Nr. 36 der Beratungsstelle für Schadenverhütung, Köln, 1996
- [11] Müller, R.: Untersuchung über die Unfallraten auf verschiedenen Strassenkategorien
- [12] SN 640 250 Knoten
- [13] SN 640 040b Projektierung Grundlagen Strassentypen
- [14] Hiersche, E.-U., A. Taubmann: Untersuchungen über Unfallraten in Abhängigkeit von Straßen- und Verkehrsbedingungen innerhalb bebauter Gebiete, Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Bundesminister für Verkehr, Bonn, Heft 538, 1988
- [15] Bundesamt für Strassen (Hrsg.): Zustandserfassung und –bewertung Nationalstrassen (Fahrbahnen) ZEB-NS (1999-2002), Schlussbericht, Zürich, 2003
- [16] Bundesamt für Statistik (Hrsg.): Strassenverkehrsunfälle in der Schweiz Statistik 2004, Neuchâtel, 2005
- [17] Bundesamt für Statistik (Hrsg.): Verkehrsinfrastruktur, Verkehrsmittel - Kennzahlen, http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/verkehr_und_nachrichten/wesen/verk_infra/blank/kennzahlen0/infrastruktur.html, Neuchâtel, 2005

- [18] Institut für Straßenverkehr Köln (ISK) (Hrsg.): Sicherung des Verkehrs auf Straßen (SVS) – Auswertung von Straßenverkehrsunfällen, Teil 2: Maßnahmen gegen Unfallhäufungen, Köln, 2002
- [19] Bundesamt für Strassen ASTRA (Hrsg.): Entwicklungsindizes des schweizerischen Strassenverkehrs, Fortschreibung 1990 – 2004, Rapp Trans, Zürich, 2005
- [20] Niemann, S., et al.: Unfallgeschehen in der Schweiz: bfu-Statistik 2007. Schweizerische Beratungsstelle für Unfallverhütung bfu, Bern, 2007
- [21] Ecoplan: Unreported Accidents – HEATCO (Developing Harmonised European Approaches for Transport Costing and Project Assessment) Deliverable 5, Annex C, <http://heatco.ier.uni-stuttgart.de/>, 2006
- [22] SR 741.21 Signalisationsverordnung (SSV), Anhang 2 Abbildungen der Signale und Markierungen, http://www.admin.ch/ch/d/sr/741_21/app2.html
- [23] Eckstein K., V. Meewes: Erkennen und Bewerten von Unfallhäufungen, Untersuchungen an Unfalltypen-Steckkarten, Mitteilungen Nr. 38 des Instituts für Strassenverkehr, Gesamtverband der deutschen Versicherungswirtschaft e.V., Köln, 1998
- [24] Sommer, H., O. Brügger, C. Lieb, S. Niemann: Volkswirtschaftliche Kosten der Nichtberufsunfälle in der Schweiz: Strassenverkehr, Sport, Haus und Freizeit, bfu-Report 58, bfu – Beratungsstelle für Unfallverhütung, Bern, 2007
- [25] Ecoplan und Infrac: Externe Kosten des Verkehrs in der Schweiz - Aufdatierung für das Jahr 2005 mit Brandbreiten, Bundesamt für Raumentwicklung und Bundesamt für Umwelt, Bern und Zürich, 2008
- [26] Bundesamt für Strassen ASTRA (Hrsg.): Via sicura, Handlungsprogramm des Bundes für mehr Sicherheit im Strassenverkehr, Bern, 2005
- [27] SR 741.272 Durchgangsstrassenverordnung, http://www.admin.ch/ch/d/sr/741_21/app2.html

7.3 Glossar

| | |
|-----------------|---|
| BFS | Bundesamt für Statistik |
| BFS-Code | Kodierung für Attribute von Unfällen auf dem Unfallaufnahmeprotokoll, z.B. BFS-Code „111“ steht für „Strassenzustand: feucht“ |
| DTV | Durchschnittlicher täglicher Verkehr |
| Dunkelziffer | Verhältniszahl des effektiven Unfallgeschehens zum polizeilich registrierten Unfallgeschehen im Strassenverkehr |
| getötet | Personen, die an der Unfallstelle ihr Leben verloren haben oder innert 30 Tagen nach der Kollision an den Unfallfolgen sterben. |
| leicht verletzt | Personen mit geringer Beeinträchtigung, z.B. mit oberflächlichen Hautverletzungen ohne nennenswerten Blutverlust, leichter Einschränkung der Bewegung (die aber das Verlassen der Unfallstelle aus eigener Kraft erlaubt) oder eventuell Personen, die eine ambulante Behandlung im Spital oder durch einen Arzt benötigen. |
| LSA | Lichtsignalanlage |
| schwer verletzt | Personen, die schwere, sichtbare Beeinträchtigungen aufweisen, welche normale Aktivitäten zu Hause für mindestens 24 Stunden verhindern (z.B. Bewusstlosigkeit oder Knochenbruch [ohne Fingerbruch] oder eine andere Beeinträchtigung, die einen Spitalaufenthalt von mehr als 1 Tag erfordert). |

| | |
|-------------|---|
| TERN | Trans European Road Network |
| Verunfallte | Verletzte und getötete Personen |
| ZEB-NS | Zustandserfassung und –bewertung Nationalstrassen (Fahrbahnen) |

Projektabschluss



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

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

FORSCHUNG IM STRASSENWESEN DES UVEK

ARAMIS SBT

Formular Nr. 3: Projektabschluss

erstellt / geändert am: 5.6.2009

Grunddaten

Projekt-Nr.: VSS 2000/343

Projekttitel: Unfall- und Unfallkostenraten im Strassenverkehr

Enddatum: 5.6.2009

Texte

Zusammenfassung der
Projektresultate:

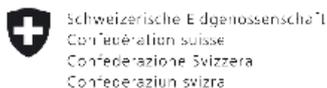
Unfallraten und Unfallkostenraten sind wichtige Indikatoren, um die Verkehrssicherheit von Strassenabschnitten vergleichen zu können. Mit Hilfe der Unfallziffer und der Unfallkostenziffer können für Knoten ähnliche Aussagen zur Häufigkeit und Schwere von Unfällen getroffen werden. Die Raten bzw. Ziffern setzen die Anzahl der Unfälle oder die durch Unfälle verursachten Kosten in Bezug zu den Fahrzeugkilometern einer Strecke bzw. der Fahrzeuganzahl eines Knotens.

Das Ziel der Forschungsarbeit war, Unfallraten und Unfallkostenraten für verschiedene Strassenklassen zu berechnen und mit den Unfallkostenziffern ähnliche Kennzahlen für Knoten zu entwickeln und zu berechnen. Mit Hilfe der Unfallkostenraten und -ziffern können Veränderungen in der Verkehrssicherheit durch Planungsvarianten bewertet werden und in Kosten-Nutzen-Analysen einfließen.

Für die korrekte Berücksichtigung der Auswirkungen von Unfällen in Kosten-Nutzen-Analysen ist es unerlässlich, vom tatsächlichen Unfallgeschehen auszugehen, das sich quantitativ deutlich von den polizeilich erfassten Unfällen unterscheidet. Die von der Polizei nicht erfassten Unfälle werden in der Studie durch Dunkelziffern berücksichtigt.

In der Arbeit werden Unfallraten und Unfallkostenraten für die folgenden Strassenarten ermittelt: Autobahn zweistreifig, Autobahn dreistreifig, Autostrasse, Hauptstrasse ausserorts/innerorts, Nebenstrasse ausserorts/innerorts. Für Kreuzungen und Einmündungen jeweils mit und ohne Lichtsignalanlage, sowie für dreiarmlige Kreisell und solche mit 4 und mehr Armen werden die typischen

| | |
|-------------------------------|--|
| | Unfallziffern und Unfallkostenziffern berechnet. |
| Zielerreichung: | Die Ziele des Projekts wurden erreicht. Für Autobahnen und Autostrassen wurden die Unfallkostenraten quantitativ plausibilisiert. Für Haupt- und Nebenstrassen sowie für Knotenpunkte ist aufgrund der Datenlage und Differenzierung eine Plausibilisierung bzw. quantitative Kontrolle nicht möglich. Qualitativ konnten die Ergebnisse der Unfallziffern und Unfallkostenziffern an Knoten plausibilisiert werden. |
| Folgerungen und Empfehlungen: | <ul style="list-style-type: none"> • Weitere Untersuchungen sollten vorgenommen werden für Gebirgsstrassen (Steigung, Gefälle, hohe Kurvigkeit) • Bei der Auswertung von Knoten sollte die Stichprobenzahl vergrössert werden. • Die Untersuchungen sollten um Autobahnanschlussstellen ergänzt werden. • Wenn sich die Grundlagen der Studie zu den Unfallkosten und zu den Dunkelziffern grundlegend ändern, sollte die Studie angepasst oder wiederholt werden. Werden die Unfallkosten aktualisiert, können die Unfallkostenrate und die Unfallkostenziffer in einem gewissen Rahmen analog aktualisiert werden. Einflussfaktoren wie die Veränderung der Unfallzahlen oder Verkehrsmenge, etc. können so nur bedingt nachgezogen werden. • Differenzierte Untersuchungen zu Dunkelziffern nach Strassenart (Autobahn, Autostrasse, Haupt- und Nebenstrasse) wären hilfreich. |
| Publikationen: | Schlussbericht Norm SN 641 824 Unfallraten und Unfallkostensätze |



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

Beurteilung der Begleitkommission:

Diese Beurteilung der Begleitkommission ersetzt die bisherige separate fachliche Auswertung.

| | |
|----------------------------------|---|
| Beurteilung: | Besonderheit der Forschungsarbeit sind umfassende, nach Strassen- und Knotentypen differenzierte empirische Auswertungen von Unfallraten und -ziffern, die mit vorhandenen aktuellen Erkenntnissen zur Dunkelziffer und zu internen und externen Unfallkosten verknüpft wurden. Damit liegen nun aktuelle, differenzierte Grundlagen zur Bewertung von Veränderungen in der Verkehrssicherheit vor. Das Ergebnis der Forschungsarbeit wurde von den VSS-Expertenkommissionen 1.02 "Bewertungsverfahren" und 3.04 "Strassenverkehrssicherheit" gutgeheissen. |
| Umsetzung: | Die Kennzahlen stehen für Anwendungen in Kosten-Nutzen-Analysen zur Verfügung. |
| weitergehender Forschungsbedarf: | Pilotanwendungen in Bewertungsverfahren müssen die Handhabbarkeit und Tauglichkeit der Unfallkostenkennzahlen prüfen. Im Rahmen der periodischen Aktualisierung ist die Stichprobenzahl vor allem bei Knoten zu vergrössern und damit die Treffsicherheit der Kostenkennzahlen zu erhöhen. Weiterer spezifischer Forschungsbedarf besteht für Gebirgstrassen (Steigung, Gefälle, hohe Kurvigkeit) sowie für Autobahnanschlussstellen. Auch bezüglich der Unfall(kosten)raten im Baustellenbereich bestehen noch Erkenntnislücken. |
| Einfluss auf Normenwerk: | Ergänzung des Normenwerks zur Kosten-Nutzen-Analyse um die Detailnorm SN 641 824. |

Präsident Begleitkommission:

| | | | |
|-----------------------|---------------------------|----------|---------------------------|
| Name: | Axhausen | Vorname: | Kay W. |
| Amt, Firma, Institut: | IVT ETH | | |
| Strasse, Nr.: | ETH Hönggerberg HIL F32.3 | | |
| PLZ: | 8093 | Email: | axhausen@ivt.baug.ethz.ch |
| Ort: | Zürich | Telefon: | 044 633 39 43 |
| Kanton, Land: | Zürich | Fax: | 044 633 10 57 |

Unterschrift Präsident Begleitkommission:

Verzeichnis der Berichte der Forschung im Strassenwesen

| Bericht-Nr. | Projekt Nr. | Alte Nr. | Titel | Datum |
|-------------|------------------|----------|--|-------|
| 1225 | SVI 1999/328 | | Gesetzmässigkeiten des Anlieferverkehrs <i>Caractéristiques du transport de livraison</i> | 2008 |
| 1226 | ASTRA 2003/007 | | Kommunale Strassennetze in der Schweiz: Formen neuer Public Private Partnership (PPP) - Kooperationen für den Unterhalt <i>Réseaux routiers communaux en Suisse: Formes de nouveaux partenariats publics-privés (PPP)-coopérations pour l'entretien</i> | 2008 |
| 1227 | VSS 2004/601 | | Umweltbauabnahme (UBA) <i>Réception environnementale des travaux (RET)</i> | 2008 |
| 1228 | SVI 2001/508 | | Mobilitätsmuster zukünftiger Rentnerinnen und Rentner: eine Herausforderung für das Verkehrssystem 2030? <i>Mobilité des futurs retraités - un défi pour le système des transport en 2030?</i> | 2008 |
| 1229 | SVI 2004/081 | | Modal Split Funktionen im Güterverkehr <i>Fonctions de répartition modale pour le trafic de marchandises</i> | 2008 |
| 1230 | SVI 2004/090 | | Monitoring und Controlling des Gesamtverkehrs in Agglomerationen <i>Monitoring et controlling de l'ensemble du trafic dans les agglomérations</i> | 2008 |
| 1231 | SVI 2004/045 | | Mobilitätsmanagement in Betrieben- Motive und Wirksamkeit <i>Gestion de la mobilité dans les entreprises- motifs et efficacité</i> | 2008 |
| 1232 | ASTRA 2005/008 | | Low Power Wireless Sensor Network for Monitoring Civil Infrastructure <i>Drahtloses Sensornetzwerk zur Infrastrukturüberwachung</i> | 2009 |
| 1233 | ASTRA 2000/420 | | Unterhalt 2000 Forschungsprojekt FP2 Dauerhafte Komponenten bitumenhaltiger Belagsschichten <i>Components durables des couches bitumineux</i> | 2009 |
| 1234 | VSS 2006/504 | | Expérimentation in situ du nouveau drainomètre européen <i>In Situ Validierung des neuen europäischen Drainometers</i> | 2008 |
| 1235 | VSS 2004/711 | | Forschungspaket Massnahmenplanung im EM von Fahrbahnen Standardisierte Erhaltungsmassnahmen <i>Mesures d'entretiens standardisées</i> | 2008 |
| 1236 | ASTRA 2008/008_7 | | Analytische Gegenüberstellung der Strategie- und Tätigkeitsschwerpunkte ASTRA-AIPCR <i>Analyse Comparative des accents stratégiques et des champs d'action prioritaires de l'OFROU et de l'AIPCR</i> | 2008 |
| 1237 | VSS 2007/903 | | Grundlagen für eCall in der Schweiz <i>Bases pour eCall en Suisse</i> | 2009 |

| Bericht-Nr. | Projekt Nr. | Alte Nr. | Titel | Datum |
|-------------|-------------------------|----------|--|-------|
| 1238 | VSS 2005/303 | | Verkehrssicherheit an Tagesbaustellen und bei Anschlüssen im Baustellenbereich von Hochleistungsstrassen <i>Sécurité routière pour chantiers de courte durée et aux jonctions dans la zone d'un chantier de route à grand débit</i> | 2008 |
| 1239 | VSS 2000/450 | | Bemessungsgrundlagen für das Bewehren mit Geokunststoffen <i>Bases de dimensionnement pour le renforcement par géosynthétiques</i> | 2009 |
| 1240 | ASTRA 2002/010&2005/009 | | L'acceptabilité du péage de congestion: Résultats et analyse de l'enquête réalisée en Suisse <i>Die Akzeptanz von Gebühren zur Vermeidung von Stau auf Strassen: Resultate und Analysen von Untersuchungen in der Schweiz</i> | 2009 |
| 1241 | ASTRA 2001/052 | | Erhöhung der Aussagekraft des LCPC Spurbildungstests <i>Amélioration des informations fournies par l'essai d'orniérage LCPC</i> | 2009 |
| 1242 | VSS 2005/451 | | Recycling von Ausbauasphalt in Heissmischgut: Initialprojekt <i>Recyclage des matériaux bitumeux de démolition dans les enrobés à chaud: projet initial</i> | 2007 |
| 1243 | VSS 2000/463 | | Kosten des betrieblichen Unterhalts von Strassenanlagen <i>Les coûts de l'entretien courant des routes</i> | 2008 |
| 1244 | VSS 2004/714 | | Massnahmenplanung im Erhaltungsmanagement von Fahrbahnen Gesamtnutzen und Nutzen-Kosten-Verhältnis von standardisierten Erhaltungsmassnahmen <i>Bénéfice total - rapport avantages / coûts des mesures d'entretien standardisées</i> | 2008 |
| 1246 | VSS 2004/713 | | Massnahmenplanung im Erhaltungsmanagement von Fahrbahnen Bedeutung Oberflächenzustand und Tragfähigkeit sowie gegenseitige Beziehung für Gebrauchs- und Substanzwert <i>Influences et interactions de l'état de surface et de la portance sur la valeur intrinsèque et la valeur d'usage</i> | 2009 |