



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

Forschungspaket VeSPA

Teilprojekt 2:

Einflüsse von Situation und Infrastruktur auf das Strassenunfallgeschehen: Phase 1

Paquet de recherche VeSPA, sous-projet 2: Influences de la situation et de l'infrastructure sur les accidents de la route: rapport phase 1

Research Package VeSPA, Sub-project 2: Effects of situation and infrastructure on road traffic accidents: report phase 1

PTV Transport Consult GmbH

Hagen Schüller
Michael Balmberger

Ernst Basler + Partner AG

Ralph Straumann
Mathias Ulmer

Forschungsprojekt SVI 2012/003 auf Antrag der Schweizerischen Vereinigung der Verkehrsingenieure und Verkehrsexperten (SVI)

Der Inhalt dieses Berichtes verpflichtet nur den (die) vom Bundesamt für Strassen unterstützten 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 les auteurs ayant obtenu l'appui de 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)

La responsabilità per il contenuto di questo rapporto spetta unicamente agli autori sostenuti dall'Ufficio federale delle strade. Tale indicazione non si applica al modulo 3 "conclusione del progetto", che esprime l'opinione della commissione d'accompagnamento e di cui risponde solo quest'ultima.

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

The content of this report engages only the author(s) supported 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

Forschungspaket VeSPA

Teilprojekt 2:

Einflüsse von Situation und Infrastruktur auf das Strassenunfallgeschehen

Paquet de recherche VeSPA, sous-projet 2: Influences de la situation et de l'infrastructure sur les accidents de la route: rapport phase 1

Research Package VeSPA, Sub-project 2: Effects of situation and infrastructure on road traffic accidents: report phase 1

PTV Transport Consult GmbH

Hagen Schüller
Michael Balmberger

Ernst Basler + Partner AG

Ralph Straumann
Mathias Ulmer

Forschungsprojekt SVI 2012/003 auf Antrag der Schweizerischen Vereinigung der Verkehrsingenieure und Verkehrsexperten (SVI)

Impressum

Forschungsstelle und Projektteam

Projektleitung

Hagen Schüller

Mitglieder

Michael Balmberger

Toralf Dittrich

Stephan Heuel

Ralph Straumann

Mathias Ulmer

Christoph Zulauf

Gesamtpaketleitung

regioConcept AG

Balz Bodenmann

Begleitkommission

Präsident

Anja Simma

Mitglieder

Roland Allenbach

Balz Bodenmann

Wernher Brucks

Christian Häberli

Jaques Huguenin

Christian Kamenik

Arnd König

Heinz Reber

Antragsteller

Schweizerische Vereinigung der Verkehrsingenieure und Verkehrsexperten (SVI)

Bezugsquelle

Das Dokument kann kostenlos von <http://www.mobilityplatform.ch> heruntergeladen werden.

Inhaltsverzeichnis

	Impressum	4
	Zusammenfassung	7
	Résumé	9
	Summary	11
1	Einleitung	13
1.1	Ausgangslage.....	13
1.2	Fokus: Situation und Infrastruktur	14
1.3	Ziele.....	14
2	Stand der Forschung	15
2.1	Einleitung.....	15
2.2	Einfluss Infrastruktur	16
2.2.1	Netzattribute	16
2.2.2	Gestaltung und Entwurf.....	17
2.2.3	Ausstattung	19
2.2.4	Signalisation	20
2.2.5	Zustand	21
2.3	Einfluss Situation.....	21
2.3.1	Verkehr.....	21
2.3.2	Verhalten	22
2.3.3	Umfeld.....	22
2.3.4	Sonstiges.....	23
2.4	Fazit.....	23
3	Daten	24
3.1	Unfälle	24
3.2	Infrastruktur und Verkehr	25
3.2.1	Nationalstrassen	25
3.2.2	Kantonsstrassen und Gemeindestrassen	26
3.3	Sonstiges.....	27
3.3.1	Nacherhebung Kanton Basel-Stadt	27
3.3.2	Dokumentation Sicherheitsmassnahmen der Bfu.....	27
3.3.3	Weitere Datensätze.....	27
4	Methodik.....	28
4.1	Datenaufbereitung und Netzeinteilung.....	28
4.1.1	Ausgangslage und Ziele.....	28
4.1.2	Vorgehen.....	30
4.2	Variablen (Einflussgrössen)	36
4.3	Datenstrukturierung.....	40
4.4	Modellrechnung Unfallgeschehen.....	41
5	Ergebnisse	44
5.1	Korrelationsanalyse.....	44
5.2	Unfallmodelle.....	45
5.2.1	Einleitung.....	45
5.2.2	Strecken	46
5.2.3	Knoten	52
5.2.4	Siedlungsgebiete.....	56
6	Zusammenfassung	57
6.1	Erkenntnisse.....	57

6.1.1	Daten.....	57
6.1.2	Unfallanalyse	58
6.2	Forschungsbedarf	60
6.2.1	Situation und Infrastruktur.....	60
6.2.2	Gesamtes Forschungspaket.....	61
6.3	Schlussfolgerungen für die Praxis	62
	Anhänge.....	64
	Abkürzungen	107
	Literaturverzeichnis.....	109
	Projektabschluss	115
	Verzeichnis der Berichte der Forschung im Strassenwesen.....	118
	SVI Publikationsliste.....	126

Zusammenfassung

Seit Januar 2011 ist es möglich, die Daten des Strassenverkehrsunfall-Registers (VU) mit anderen Registern des Bundesamtes für Strassen (ASTRA) sowie weiteren Datenquellen zu verknüpfen. Dieser neu geschaffene Datenpool (VeSPA-Datensatz) ermöglicht detaillierte Auswertungen verschiedener Faktoren auf das Unfallgeschehen. Das diesbezügliche Forschungspaket „Verkehrssicherheitsgewinne durch Datapooling und strukturierte Datenanalysen“ (VeSPA) besteht aus insgesamt fünf inhaltlichen Teilprojekten. Diese behandeln über zwei Phasen die Bereiche Mensch/Gesellschaft, Situation/Infrastruktur, Fahrzeug, Wetter und medizinische Folgen.

In der ersten Phase des Teilprojektes 2 stand die Identifizierung von Datenquellen zur Bereitstellung von Infrastruktur- und Verkehrsdaten sowie deren Aufbereitung für die Unfallanalysen im Mittelpunkt der Arbeiten. Es lagen nur sehr wenige Infrastrukturdaten in MISTRA vor oder sie konnten nicht bereitgestellt werden. Das betrifft vor allem das nachgeordnete Netz ausserhalb der Nationalstrassen. Aus diesem Grund wurden Daten aus verschiedenen Quellen der Strasseneigentümer, der Polizei und anderen Institutionen auf Kantonsebene ermittelt. Dort zeigte sich ein stark heterogenes Bild hinsichtlich Datenverfügbarkeit, Umfang an vorgehaltenen Datensätzen, Datenformat, Metadaten, Datenaufbereitung und Datenspeicherung. Die Art der dort praktizierten Datenaufbereitung genügt in vielen Fällen nicht den Ansprüchen der Unfallanalyse, da andere Ziele wie z. B. die Unterstützung des Erhaltungsmanagements verfolgt wurden. Eine aufwändige Nachbearbeitung war aus diesem Grund notwendig. Als Ergebnis der Datenaufbereitung wurden potenziell relevante Daten in einem Analysenetz zusammengeführt. Hinweise und Erfahrungen zum Aufbau der Analysenetze für die Kantone Basel-Stadt, Bern und Zürich wurden ausführlich dokumentiert. Weiterführende Hinweise finden sich im Datenqualitätsbericht dieses Forschungspakets.

Die Datenaufbereitung wurde durch die Netzeinteilung in homogene Bereiche hinsichtlich der Infrastrukturcharakteristik komplettiert. Es wurden separate Analysedatensätze für Innerorts und Ausserorts, Strecken und Knoten sowie verkehrsorientierte und siedlungsorientierte Netze aufbereitet. Diese können nun für weiterführende, detailliertere Forschungsfragen erweitert und entsprechend ausgewertet werden.

Trotz der Berücksichtigung eines vergleichsweise geringen Anteils der potenziell sicherheitsrelevanten Infrastrukturattribute war dennoch die Beschreibung von Sicherheitslevels unterschiedlicher Netzbereiche und Strassentypen möglich. Es wurden einfache Safety Performance Functions (Unfalldichtefunktionen über den DTV) sowie komplexere Unfallmodelle inklusive weiterer, signifikanter Infrastrukturattribute bereitgestellt. Eine abschliessende Bewertung von Risikofaktoren der Infrastruktur und Situationen hinsichtlich ihres kausalen Einflusses auf die Verkehrssicherheit ist aktuell nicht möglich. Es wurden aber verschiedene signifikante Zusammenhänge von DTV, ÖV-Verkehrsaufkommen, Länge, Randnutzung, Anzahl Zufahrten und Verkehrsregelung am Knoten, Kurvigkeit, Hügeligkeit (Längsneigung), Anzahl Fahrstreifen, Anschlussknotendichte sowie Parkieren am Strassenrand und dem Unfallgeschehen ermittelt. Für eine Vielzahl an Zusammenhängen werden Konfundierungen vermutet, d. h. es kann nicht oder nur bedingt von einem kausalen Zusammenhang ausgegangen werden.

Der Einfluss des DTV bzw. des motorisierten Verkehrsaufkommens auf die Unfallhäufigkeit ist nicht linear und abhängig vom betrachteten Unfallkollektiv. Schleuder- und Selbstunfälle treten bei höheren Belastungen tendenziell seltener auf, Unfällen beim Überholen und Fahrstreifenwechsel sowie Auffahrunfälle nehmen mit dem Anstieg des DTV überproportional zu. Eine steigende Anzahl an Fahrgästen im ÖV sowie das Vorhandensein einer Tram stehen im Zusammenhang mit einer erhöhten Unfallhäufigkeit. Dies wird auf ein erhöhtes Aufkommen der Fussgänger im Strassenraum sowie Einschränkungen im Querschnitt aufgrund der Tram zurückgeführt. Ähnlich gerichtete Zusammenhänge ergeben sich für eine intensivere Randnutzung (z. B. durch geschäftliche Nutzung), was ebenfalls auf ein erhöhtes Aufkommen des Langsamverkehrs zurückgeführt wird.

Nachvollziehbar sind steigende Unfallzahlen bei einer Erhöhung der Anzahl an Konflikten. Es können signifikante Zusammenhänge zwischen der Anschlussknotendichte der Strecke sowie der Anzahl an Zufahrten an Knoten nachgewiesen werden. Bei mehr als einem Fahrstreifen je Fahrtrichtung ergeben sich erhöhte Unfallhäufigkeiten beim Fahrstreifenwechsel.

Eine erhöhte Kurvigkeit, d. h. mehr und ggf. auch engere Kurven, steht auf Ausserortsstrassen im Zusammenhang mit mehr Unfällen. Dies wird als ein kausaler Einfluss interpretiert. Zum Teil steht zusätzlich auch eine stärkere Hügeligkeit (erhöhte oder häufig wechselnde Längsneigung) im Zusammenhang mit einer erhöhten Unfallzahl.

Die Ergebnisse zum Einfluss des Tempolimits sind stark konfundiert, sie entsprechen nicht den bekannten und erwarteten Zusammenhängen. Es wird damit deutlich, dass für die Analyse des tatsächlichen Geschwindigkeitseinflusses Kenngrössen des realen Geschwindigkeitsverhalten sowie weitere Merkmale zur Ausstattung und dem Umfeld notwendig sind.

Kreisverkehre und Knoten mit Lichtsignalregelung (LSA) weisen tendenziell geringere Unfallhäufigkeiten als Kreuzungen und Einmündungen ohne LSA auf. Dies bezieht sich aber nur auf die Unfälle beim Ein- und Abbiegen sowie beim Queren. Werden alle Unfalltypengruppen berücksichtigt, ist dieser Unterschied nicht mehr nachweisbar, da an Knoten mit LSA z. B. vermehrt Auffahrunfälle auftreten.

Unterschiede hinsichtlich des Strassentyps bzw. der Zuständigkeit spiegeln vermutlich die Anforderungen an Entwurf und Ausstattung wider. So können im Vergleich auf höher-rangigen Strassen niedrigere Unfallhäufigkeiten und auf nachgeordneten Strassen wie z. B. Gemeindestrassen erhöhte Unfallhäufigkeiten festgestellt werden.

Diese und weitere Ergebnisse wurden ausführlich kritisch interpretiert und hinsichtlich ihres Nutzens für die Praxis ausgewertet. Die Auflistung und Diskussion weiterführender Forschungsfragen, auch unter Berücksichtigung anderer Teilpakete, komplettieren den Forschungsbericht.

Résumé

Depuis janvier 2011, il est possible d'associer les données du registre des accidents de la route (VU) avec d'autres registres de l'Office fédéral des routes (OFROU). Cet ensemble de données nouvellement créé permet d'effectuer des analyses détaillées de différents facteurs d'accidents. Le paquet de recherches "Gains de sécurité routière par data-pooling et analyses structurées de données" (VeSPA) comporte au total cinq projets partiels. Ceux-ci traitent en deux phases des questions Homme/société, situation/infrastructure, véhicule, météorologie et conséquences médicales.

Les travaux de la première phase du deuxième projet partiel se sont concentrés sur l'identification de sources de données permettant de fournir des données relatives à l'infrastructure et à la circulation, ainsi que sur leur traitement pour les analyses d'accidents. MISTRA ne comportait qu'un nombre restreint de données relatives à l'infrastructure ou des données ne pouvant pas être traitées. Cela concernait notamment le réseau secondaire situé en dehors des routes nationales. C'est pourquoi les données ont été recueillies auprès de différentes sources – propriétaires des routes, police et autres institutions cantonales. Il a été constaté une très grande hétérogénéité au regard de la disponibilité des données, du volume des fichiers de données stockés, du format des données, des métadonnées, du traitement et de l'enregistrement des données. Ces sources poursuivant d'autres objectifs, par exemple l'aide à la gestion de l'entretien, le type de traitement des données adopté n'y répond pas, dans de nombreux cas, aux exigences en matière d'analyse des accidents. Il a par conséquent été nécessaire d'effectuer une révision poussée des données recueillies. Suite à cette révision, les données potentiellement pertinentes ont été rassemblées, pour former un réseau d'analyse. Des remarques et des rapports d'expérience détaillés ont été consignés dans le cadre de la préparation des réseaux d'analyse pour les cantons de Bâle-Ville, Berne et Zurich. Des remarques complémentaires agrémentent le rapport de qualité des données du présent programme de recherche.

Le traitement des données a été complété par la division du réseau en zones homogènes eu égard aux caractéristiques de leur infrastructure. Nous avons également préparé des fichiers distincts pour les zones en agglomération et hors agglomération, les routes et les intersections ainsi que les réseaux axés sur la circulation et les réseaux axés sur l'habitation. Ces fichiers peuvent désormais être élargis à d'autres questions plus détaillées et faire l'objet d'évaluations correspondantes.

Bien qu'une proportion comparativement réduite des attributs d'infrastructure potentiellement pertinents en matière de sécurité ait été pris en compte, il a été possible de décrire les niveaux de sécurité de différentes zones de réseau et de différents types de routes. Nous avons préparé des Safety Performance Functions simples (fonctions de densité d'accident sur le trafic journalier moyen) ainsi que des modèles d'accidents plus complexes, avec des attributs d'infrastructure significatifs plus poussés. Pour l'heure, il n'est pas possible de réaliser une évaluation finale des facteurs de risques de l'infrastructure et des situations eu égard à leur impact causal sur la sécurité routière. Toutefois, différents liens significatifs ont été établis entre la survenue d'accidents et le trafic journalier moyen, la circulation des transports publics, la distance, l'utilisation marginale, le nombre d'accès et la régulation aux intersections, la sinuosité, le vallonnement (inclinaison longitudinale), le nombre de voies, la densité des embranchements et le stationnement sur le bord de la route. Pour un grand nombre de liens, des chevauchements sont probables; en d'autres termes, l'hypothèse d'un lien causal ne peut pas être retenue ou ne peut l'être que sous certaines conditions.

L'influence du TJM ou du volume du trafic motorisé sur la fréquence des accidents n'est pas linéaire et dépend du type d'accident considéré. Les accidents dus à des dérapages et les accidents n'impliquant pas d'autres usagers sont tendanciellement moins fréquents sur les routes relativement encombrées, tandis que les accidents liés au dépassement et/ou à un changement de file ainsi que les accidents dus à une collision frontale se multiplient de manière exponentielle par rapport à l'augmentation du TJM. Un nombre crois-

sant de passagers dans les TP ainsi que la présence d'un tramway sont corrélés à une fréquence d'accident accrue. Ceci est dû à une densité de piétons élevée sur la chaussée ainsi qu'à des restrictions de circulation dans la section transversale en raison de la présence du tramway. Des liens de même ordre sont constatés dans le cas d'une intensification de l'utilisation marginale (p. ex. usage commercial), ce qui a également pour origine un volume de mobilité douce élevé.

Le lien entre un accroissement du nombre d'accidents et l'augmentation des conflits est aisément compréhensible. Des liens significatifs entre la densité des embranchements du tronçon étudié et le nombre de voies d'accès aux intersections peuvent être attestés. Sur les voies à plus d'une file par sens de conduite, on constate une fréquence d'accidents accrue en lien avec le changement de file.

Il existe par ailleurs une corrélation entre d'une part, un nombre de virages accru et, parfois, des virages plus serrés, sur les routes hors agglomération et, d'autre part, une augmentation des accidents. Ce constat est interprété comme un lien causal. En outre, il existe parfois un lien entre un vallonnement plus marqué (inclinaison longitudinale accrue ou à variations fréquentes) et une augmentation du nombre d'accidents.

Les résultats sur l'influence de la limite de vitesse se chevauchent fortement; ils ne correspondent pas aux liens connus et attendus. Il ressort ainsi clairement que des valeurs clés du comportement réel de la vitesse ainsi que d'autres caractéristiques ayant trait à l'équipement et au milieu environnant s'avèrent indispensables à l'analyse du véritable facteur de vitesse.

Les ronds-points et les intersections avec installations de signalisation lumineuse indiquent tendanciellement une fréquence d'accident plus faible que les carrefours et les embranchements sans installations de signalisation lumineuse. Ce constat concerne toutefois uniquement les accidents dus à un véhicule tournant dans une rue, traversant ou quittant la chaussée. Si l'on prend en compte la totalité des types d'accidents, cette différence ne peut plus être attestée, les accidents par collision étant plus nombreux aux embranchements équipés installations de signalisation lumineuse.

Les écarts entre les différents types de voie ou leurs rangs reflètent probablement les exigences de conception et d'équipement. Ainsi, on peut constater une plus faible fréquence d'accidents sur les voies de rang supérieur, et une fréquence d'accidents accrue sur les voies de rang inférieur (p. ex. les routes communales).

Ces résultats ont été soumis à une interprétation critique et évalués au regard de leur utilité pour la pratique. À titre de complément, le rapport de recherche formule et discute des questions de recherche plus poussées qui tiennent également compte des autres programmes partiels.

Summary

Since January 2011, it is possible to link data of the Road Traffic Accident Register (VU) with other registers of the Swiss Federal Roads Office (FEDRO) and with data from various other sources. This newly created pool of data allows detailed analysis of various factors on accident rates. The according research package "road safety gains resulting from datapooling and structured data analysis" (VeSPA) comprises six sub-projects (TP). The scientific sub-projects examine in two phases impacts of persons/society, situation/infrastructure, vehicle, weather, and medical consequences.

The focus of the first stage in the project was the location of relevant data sources on information about road infrastructure and traffic. The data processing and preparation for accident analysis and modelling did cover most of the project time. There is only very few (relevant) data on infrastructure in MISTRA or it could not be supplied for different reasons. This applies even more to the lower road network levels besides the federal roads. For this reason it was tried to obtain data from other resources like cantonal road administrations, police or other institutions. It became obvious that there is a strongly heterogeneous situation regarding scope, availability, format, documentation, processing and storage of infrastructure and traffic data. The existing data processing and format is in most cases not suitable for effective accident analysis. This is understandable because the data is used for other procedures like e.g. road asset management. Therefore an extensive post-processing was necessary. As a result (potentially safety relevant) data was incorporated in three road network data sets (Basel-City, Zurich and Bern) that could be used for analytical purposes. Gathered experience was documented in detail. Further advice can be found in the data quality report of this research package.

Data processing was completed by dividing the road network in homogenous areas regarding their infrastructure characteristic. There are separate data sets for rural and urban areas, junctions and links as well as traffic-oriented roads and residential areas. These data sets can now be expanded and be used for further detailed and more advanced research objectives.

Although only a few potential safety relevant attributes could be analyzed, it was possible to establish safety performance functions (SPFs) for different parts of the road network. Several accident prediction models for different accident severity categories were derived from the data. A final valuation of risk factors from road infrastructure and traffic situation – with causal effects on road safety – is not possible at this point of the research project. However several significant relations between the accident situation and the following attributes were found: AADT, traffic volume of public transport, link length, land use, number of approaches, type of operation at junctions, curvature, hill slopes, number of lanes, density of access nodes and parking along the road. Numerous correlations can be associated with confounding factors. It is assumed that in some cases no (or only to a certain extent) causal relationships are the basis for these correlations.

The influence of the annual daily traffic volume (especially the motorized traffic) on accident frequency is not a linear relationship and depends on the selected accident collective. Skidding and single-vehicle accidents occur more seldom during high traffic volumes. Passing and lane-changing accident as well as rear end crashes show in comparison higher frequencies when traffic volume rises. Growing numbers of public transport passengers and the existence of light rail transit (tram) are related to higher accident frequencies. This is probably a result of higher volumes of pedestrians and restrictions in cross section design due to the tram. Similar relationships are found for intensive land uses beside the road (e.g. commercial usage with higher numbers of shops) which is also a result of higher traffic volumes of pedestrians and bicycles.

Higher accident numbers are often a result of a higher number of conflicts. Significant positive relationships were found for accident frequencies and density of access nodes on links as well as number of approaches at junctions. More than one lane per direction on links will lead to higher accident frequencies during lane changing.

A higher curvature on links, which means more and also narrower curves, is related to higher accident frequencies on rural road links. This is seen as a causal influence on the accident situation. Additionally hilly slopes (higher or often changing grades on links) are in some cases responsible for more accidents.

The results on the influence of speed limits are strongly confounded, because they do not match established relationships in the literature. It becomes obvious that it needs data on the actual speed behavior as well as attributes describing confounding road characteristics in order to establish a causal relationship between speed and accidents on Swiss roads.

Roundabouts and junctions with traffic lights do show lower accident frequencies as intersections and T-junctions without traffic lights. But this only relates to accidents for turning in, turning off and crossing the junction. If all accidents are analyzed together these differences are not significant any more. For example rear-end crashes do occur more often at junctions with traffic lights than on other junctions, which compensates the reductions in the other accident types.

Differences in the safety level of certain road types and jurisdictions (federal, cantonal, local level) probably reveal the different requirements and standards for design as well as operation. Therefore higher ranked road types show lower accident frequencies and lower ranked road types (e.g. municipal roads) show higher accident frequencies.

All the results were critically interpreted and analyzed considering their use in practice of road design. The report is completed by a list of possible future research objectives that were discussed considering the other sub-projects of the research package.

1 Einleitung

1.1 Ausgangslage

Trotz der positiven Entwicklung der letzten Jahre sterben in der Schweiz noch immer jedes Jahr im Strassenverkehr rund 330 Menschen und nahezu 4500 werden schwer verletzt (gerundete Zahlen für das Jahr 2010). Abgesehen vom verursachten persönlichen Leid der Involvierten und Angehörigen entstehen zudem materielle Kosten aus Sachschäden, Heilungskosten oder Produktionsausfall von jährlich schätzungsweise 5 Milliarden Franken (bfu, 2010). Angesichts dieser Zahlen wollen der Bund und verschiedene private Organisationen erreichen, dass signifikant weniger Menschen auf Schweizer Strassen verunfallen.

Mit dem Handlungsprogramm des Bundes für mehr Sicherheit im Strassenverkehr „Via sicura“ will das Eidgenössische Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK) die Sicherheit aller Verkehrsteilnehmenden in den nächsten Jahren markant verbessern. Der Bundesrat hat deshalb mit seiner Botschaft vom 20. Oktober 2010 dieses Verkehrssicherheitspaket dem Parlament zur weiteren Umsetzung überwiesen.

Mit den vorgeschlagenen Massnahmen sollen vor allem die bestehenden Vorschriften besser durchgesetzt und die grössten Unfallschwerpunkte beseitigt werden. Darüber hinaus soll die Prävention verstärkt werden. Das erklärte Ziel von Via sicura lautet zusammengefasst: Nur gut ausgebildete, fahrfähige und für das Autofahren geeignete Menschen verkehren in sicheren Fahrzeugen auf Strassen, die Fehler verzeihen (UVEK, 2010a).

Das Monitoring-Instrument dieser Massnahmen ist seit 1926 die Verkehrsunfallstatistik. Deren Daten wurden im Januar 2011 in das Strassenverkehrsunfall-Register des Bundesamts für Strassen (ASTRA) überführt. Mit dieser Integration in das Management-Informationssystem Strasse und Strassenverkehr (MISTRA) wird es möglich, die Unfalldaten mit weiteren ASTRA-Registern zu verknüpfen. Insbesondere betrifft dies die folgenden Register bzw. Informationssysteme:

- Strassenverkehrsunfall-Register (VU)
- Register der Administrativmassnahmen (ADMAS)
- Fahrberechtigungsregister (FABER)
- Fahrzeug- und Halterdatenregister (MOFIS)
- Basissystem von MISTRA (BS)
- sowie weitere Daten

Dieser neu geschaffene Datenpool VU+ ermöglicht detaillierte Auswertungen der Auswirkungen verschiedener Faktoren auf das Unfallgeschehen. Beispiele sind das menschliche Verhalten, die Art oder das Alter des Fahrzeuges und die Strasseninfrastruktur. Zu beantwortende konkrete Fragen sind beispielsweise: „Wie wirken sich Belag, Verkehrsdichte, Verkehrsregime und Witterung auf die Häufigkeit und die Schwere der Unfälle aus?“ oder „Ist die Wahrscheinlichkeit, dass Lenker mit einem Führerausweisenzug einen Unfall verursachen, grösser als bei nicht vorbelasteten Lenkern?“. Das Ziel dieser Forschungsarbeiten ist es, die verschiedenen Einflüsse zu quantifizieren und Massnahmen zur Erhöhung der Verkehrssicherheit zu liefern. Damit stehen diese Arbeiten im Einklang mit dem Verkehrssicherheitspaket Via sicura oder den Bemühungen der bfu.

Das Forschungspaket „Verkehrssicherheitsgewinne aus Erkenntnissen aus Datapooling und strukturierten Datenanalysen“ fasst insgesamt sieben Teilprojekte zusammen. In einer ersten Phase werden die Bereiche Mensch / Gesellschaft, Situation / Infrastruktur, Fahrzeug, Wetter, medizinische Folgen und volkswirtschaftliche Kosten untersucht. Die erste Phase dient auch der Überprüfung der Datenkonsistenzen und Verknüpfbarkeiten aufgrund der Daten aus den Jahren 2011 und 2012. In der zweiten Phase werden die Resultate aus diesen Teilprojekten miteinander verknüpft und ganzheitlich modelliert.

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Arbeiten der ersten Phase des Teilprojekts TP2 „Einflüsse von Situation und Infrastruktur auf das Strassenunfallgeschehen“.

1.2 Fokus: Situation und Infrastruktur

Für eine effektive Umsetzung der im Handlungsprogramm für mehr Sicherheit im Strassenverkehr Via sicura [2] beschriebenen Ansätze sowie für die weitere Optimierung der Verkehrssicherheitsarbeit auf allen Ebenen des Infrastrukturmanagements bedarf es entsprechender Grundlagen, welche bisher nur unzureichend zur Verfügung stehen. Diese Grundlagen betreffen den Wirkungskreis zwischen Anzahl und Schwere von Strassenverkehrsunfällen sowie den wesentlichen Einflussfaktoren der Strasse und des Strassenumfelds. Durch die Identifizierung und Quantifizierung signifikanter Einflüsse bzw. Unfallumstände lassen sich entsprechende Massnahmen zur Erhöhung der Verkehrssicherheit ableiten und beschreiben. Hier existieren aktuell noch Einschränkungen bezüglich objektiver und übertragbarer Bewertungsgrundlagen. Mit der Schaffung verschiedener IT-gestützter Datengrundlagen zu Strasseninfrastruktur und -verkehr (z. B. MISTRA BS) sowie dem Strassenverkehrsunfall-Register und Unfallanalyseeinheiten (z. B. Fachapplikation VUGIS) bestehen heute Grundlagen für weitergehende empirische Unfallanalysen. Die Daten zum Unfallgeschehen und zur Strasseninfrastruktur sind bisher für eine Analyse hinsichtlich Umfang und Qualität noch zu heterogen (auch in Abhängigkeit des Strassentyps bzw. der Zuständigkeit).

1.3 Ziele

Es werden folgende Zielsetzungen für das vorliegende Forschungsthema „Situation und Infrastruktur“ abgeleitet:

- Identifikation, Aufbereitung und Bewertung der Erkenntnislage zum Einfluss der Infrastruktur bzw. der Situation auf das Unfallgeschehen.
- Bestandsanalyse existierender Datenquellen – vorrangig bezüglich der Infrastrukturmerkmale – inklusive der Identifikation von Datenlücken, der Analyse von Möglichkeiten zur Vernetzung und Referenzierung verschiedener Daten sowie Zusatzerhebungen im Bereich von Verbesserungsmassnahmen und der Modellierung von Verkehrs- bzw. Verhaltensdaten.
- Strukturierung der Daten hinsichtlich ihrer Relevanz für die Verkehrssicherheit, die Ableitung von Stellvertretervariablen für schwierig ermittelbare Kenngrössen (z. B. Komplexität Strassenraum) sowie Aufbereitung der Datensätze für die Unfallanalyse.
- Ermittlung und quantitative Analyse signifikanter Wirkungsbeziehungen zwischen Unfallgeschehen und potenziellen Einflussmerkmalen der Strasseninfrastruktur (Phase 1).
- Bewertung mögliche Zusammenhänge durch entsprechende Interpretation ihrer Kausalität, Analyse der Wechselwirkungen mit anderen Einflussfaktoren und Abschätzung der Potenziale für Verbesserungsmassnahmen in den drei Bereichen Mensch, Strasse und Fahrzeug (Phase 2).

Ein weiteres wesentliches Ziel ist es, die primär theoretisch geprägten Forschungsergebnisse praxisorientiert in den standardisierten Verfahren umzusetzen. Dies kann z. B. durch entsprechende Kenngrössen wie Unfallraten, Massnahmenkataloge mit Wirkungsbewertungen oder die Beschreibung typischer Defizite für Checklisten des Road Safety Audits und der Road Safety Inspection ermöglicht werden.

Der vorliegende Zwischenbericht stellt die bisher erreichten Ergebnisse dar. Der Fokus liegt auf der Datenbeschaffung, Datenaufbereitung und ersten Analysen. Eine abschliessende Beurteilung des Forschungsthemas ist zum Ende der Phase noch nicht möglich, die entsprechenden Grundlagen stehen aber nun zur Verfügung.

2 Stand der Forschung

2.1 Einleitung

Der Einflussbereich Infrastruktur und Situation lässt sich in eine Vielzahl weiterer Untergruppen einteilen, zwischen denen Abhängigkeiten bestehen. Die Strasseneigentümer stehen in der Verantwortung, den Bereich Infrastruktur und Situation möglichst sicher zu gestalten. Aus diesem Grund werden dieser Einflussbereich und dessen Untergruppen aus der Perspektive der Strasseneigentümer kategorisiert und beschrieben.

Ausgangspunkt sind Aufgabe, Funktion und Bedeutung einer Strasse im Netz. Hieraus ergeben sich der Strassentyp sowie Anforderungen an die Gestaltung und Verkehrsregelung. Die Lage der Strasse im Netz und die zugewiesene Funktion bestimmen die Verkehrsmengen. Eine Aufgabe des Strasseneigentümers ist es, einen auf diese Randbedingungen und Verkehrsmengen ausgerichteten, sicheren Strassenentwurf (bauliche Merkmale des Strassenraums) zu gewährleisten. Gleichzeitig gilt es, betriebliche und verkehrsrechtliche Merkmale auf diesen Entwurf abzustimmen, um einen begreifbaren Strassenraum und damit einen sicheren Verkehrsablauf zu gewährleisten.

Neben anderen Einflüssen wird das Verhalten der Verkehrsteilnehmer durch die Gestaltung und den Betrieb des Strassenraums beeinflusst (z. B. hinsichtlich der Wahl der Geschwindigkeit). Das Verhalten unterliegt aber auch Einflüssen des Umfeldes, wie dem Wetter, den Lichtverhältnissen und der aktuellen Verkehrssituation. Das Unfallgeschehen ist im Wesentlichen eine direkte Folge des Verhaltens der Verkehrsteilnehmer. Ob kritisches Verhalten in einen Unfall mündet, wird aber auch (direkt) durch Umfeld, Strassenraum und Verkehrsstärke beeinflusst. Ein Beispiel hierfür ist die sogenannte „fehlerverzeihende Strasse“, die u. a. aufgrund ihrer Ausstattung einen grösseren Spielraum für kritisches Verhalten zulässt.

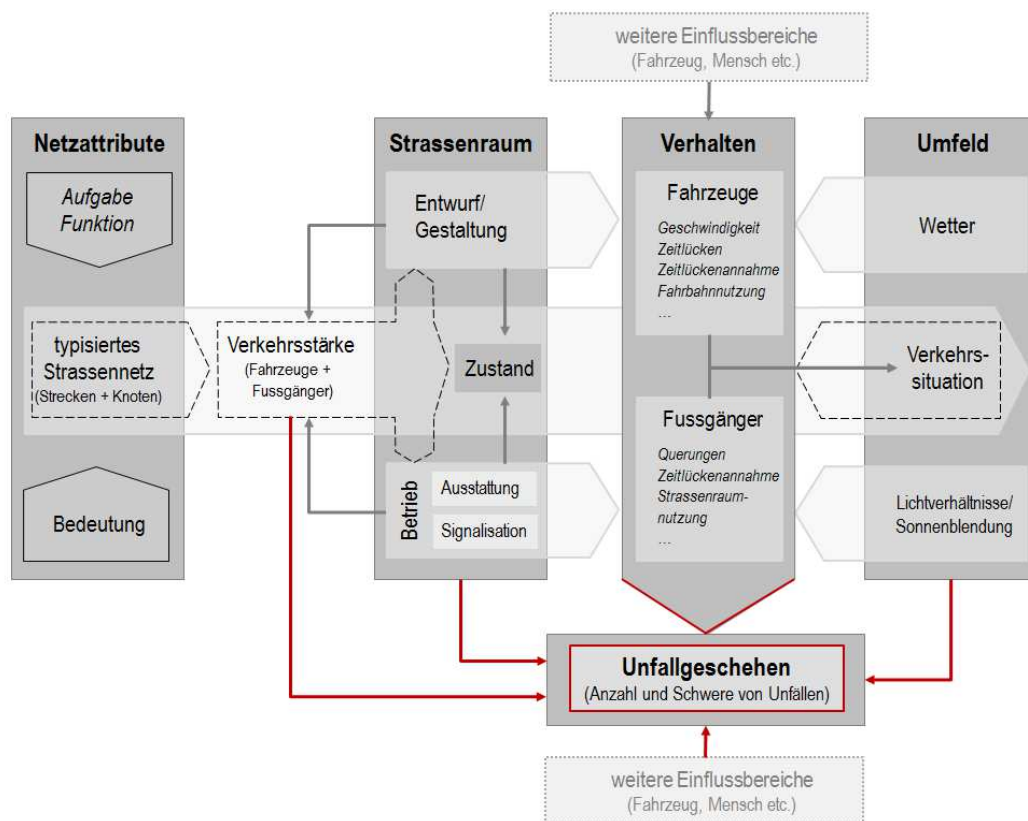


Abb. 2.1 potenzielle Einflussfaktoren des Unfallgeschehens bezogen auf Infrastruktur und Situation

Abb. 2.1 zeigt, dass die potenziellen Einflussfaktoren voneinander abhängig sind und Rückkopplungen bestehen. Zum Beispiel ergibt sich aus dem Strassentyp und der Verkehrsstärke eine bestimmte Gestaltung und Verkehrsregelung (z. B. Tempolimit). Aufgrund einer restriktiven Bauweise oder Beschilderung (weniger Fahrstreifen als notwendig, niedriges Tempolimit, Sperrung bestimmter Fahrzeugarten) können sich die Elemente des Strassenraumes ihrerseits auf die Verkehrsstärke auswirken.

Die Komplexität dieses Systems erschwert die Identifizierung *kausaler* Zusammenhänge zwischen potenziellen Einflussfaktoren sowie dem Unfallgeschehen und stellt damit entsprechende Anforderungen an die statistische Analyse.

Die Analyse der Einflussfaktoren auf das Unfallgeschehen stützt sich auch auf bereits vorliegende Untersuchungen in der Literatur. Bei der Interpretation von bereits erarbeiteten Forschungsergebnissen sind die verwendeten Kenngrößen bzw. Bewertungs- oder Analysemethoden stets kritisch zu berücksichtigen. Hier reicht das Spektrum von einfachen zahlenmässigen Vergleichen (z. B. [5]), über die Verwendung von Unfallraten und Unfalldichten (z. B. [6]) bis hin zu komplexeren statistischen Analysemethoden (z. B. [7]), welche im Ergebnis multikriterielle Unfallmodelle hervorbringen. Nicht alle Erkenntnisse in der Literatur sind deshalb gleich zu gewichten bzw. direkt miteinander vergleichbar. Aus diesem Grund werden in der vorliegenden Literaturanalyse auch keine konkreten Kennwerte benannt, da je nach Stichprobe, Analysemethodik und Art der Bewertung ein Vergleich absoluter Sicherheitslevel nur bedingt zielführend ist. Weiterhin liegen die vorrangigen Ziele dieser Forschungsarbeit in der Identifizierung, Zusammenführung und Analyse verschiedener Infrastrukturdaten mit potenzieller Relevanz für die Verkehrssicherheit. Aufgabe der Literaturanalyse ist es damit, eine Übersicht zu potenziell in Frage kommenden Infrastrukturdaten für die Analysen herauszuarbeiten.

Im Folgenden wird der Begriff „Sicherheitslevel“ verwendet, um Unterschiede im Unfallgeschehen bzw. des Unfallniveaus zu beschreiben. Ein hoher Sicherheitslevel entspricht einer vergleichsweise geringen Anzahl an Unfällen und / oder einer geringen Schwere der Unfälle.

2.2 Einfluss Infrastruktur

2.2.1 Netzattribute

Die Beschreibung der Verkehrssicherheit erfolgt üblicherweise getrennt nach Knoten und Strecken (siehe z. B. differenzierte Unfallmodelle in [3]). Entweder werden hierfür punktuelle (z. B. Unfallziffer für Knoten) oder linienhafte Kenngrößen (z. B. Unfallrate für Strecken) verwendet [4].

Für Innerortsstrassen wird diese Einteilung weiter angepasst. Verkehrsorientierte und siedlungsorientierte Strassen werden unterschiedlich analysiert und bewertet. Verkehrsorientierte Strassennetze werden differenziert nach Knoten zwischen verkehrsorientierten Strassen (punktuell) sowie den dadurch begrenzten Streckenabschnitten (linienhaft) analysiert. Die Streckenabschnitte enthalten sowohl Bereiche der freien Strecke als auch die Anschlussknoten zum siedlungsorientierten Netz (siehe z. B. [8, 9]). Siedlungsorientierte Netze (z. B. Wohngebiete) werden ihrerseits flächenhaft als Ganzes analysiert [10].

Es bestehen Unterschiede zwischen den Sicherheitslevels verschiedener Strassentypen und Ortslagen [4, 11]. Autobahnen weisen den höchsten Sicherheitslevel bezogen auf die Fahrleistung auf. An zweiter Stelle rangieren die Ausserortsstrassen, den ungünstigsten Sicherheitslevel weisen Innerortsstrassen auf (bezogen auf die gemeinsame Bewertung von Strecken und Knoten). Wird nur die Unfallschwere alleine betrachtet, schneiden die Ausserortsstrassen am ungünstigsten ab. Diese Zusammenhänge sind nicht kausaler Natur. Der Strassentyp vereint mehrere Eigenschaften wie z. B. Geschwindigkeitsniveau oder Knotendichte und kann somit als Stellvertretergrösse angesehen werden. Aus diesem Grund werden die Strassentypen / Ortslagen häufig getrennt analysiert bzw. spezifische Unfallmodelle abgeleitet (siehe z. B. [12] oder [13]).

Die Zahl der Anschlussknoten bzw. die Anschlussknotendichte als Attribut der Strecke verändert den Sicherheitslevel [12, 13, 14]. Bezogen auf die Anzahl an Grundstückszufahrten auf Innerortsstrassen wurde in [8] ein umgekehrt U-förmiger Zusammenhang ermittelt, d. h. Strassen mit keinen oder vielen Zufahrten zeigten die höchsten Sicherheitslevels.

Siedlungsorientierte bzw. Erschliessungsstrassen lassen sich nur bedingt mit den anderen Strassentypen vergleichen, da ein Bezug auf die Fahrleistung nicht zielführend ist. Ziel eines sicherheitsorientierten Erschliessungsstrassenentwurfs ist es, den motorisierten Individualverkehr (MIV) auf ein Minimum zu reduzieren (verkehrsorientierte Strassen sollen den vorhandenen Verkehr möglichst sicher abwickeln). Dies wird vor allem durch eine entsprechende Netzgestaltung zur Verminderung des Durchgangsverkehrs erreicht ([16], [17]).

2.2.2 Gestaltung und Entwurf

Untersuchungen zum Einfluss der Gestaltung von Strassenverkehrsanlagen auf das Unfallgeschehen stellen mit die grösste Gruppe von Analysen dar. Die Gestaltung bzw. der Entwurf berücksichtigt dabei folgende Teilbereiche:

- Querschnitt
- Horizontale Trassierung
- Vertikale Trassierung
- Knotenform

Ausserorts

Der Strassenquerschnitt von Ausserortsstrassen wird im Wesentlichen durch potenziell sicherheitsrelevanten Elemente charakterisiert: Anzahl und Breite der Fahrstreifen, Vorhandensein einer baulichen Mitteltrennung sowie Randstreifenbreite.

Der Grossteil bestehender Untersuchungen bringt grössere Fahrstreifenbreiten mit einem höherem Sicherheitslevel in Zusammenhang (z. B. [18, 19]). Es gibt aber auch davon abweichende bzw. einschränkende Analyseergebnisse. In [20] findet sich dieser Zusammenhang nur für Strecken mit geringem, durchschnittlich täglichem Verkehr (DTV), in [13] und [21] finden sich nur Hinweise auf den umgekehrten Fall (Einfluss nur bei hohem DTV). In [22] wird der oben beschriebene Einfluss nur für zweistreifige Querschnitte nachgewiesen. In einer aktuellen Studie wird für Ausserortsstrassen deutlich, dass vorrangig die Abweichung von Regelbreiten ein Sicherheitsdefizit bedeutet [12].

Mehrstreifige Querschnitte werden häufig als sicherer beurteilt, das zeigen beispielsweise [18] oder [12] für den Regelquerschnitt (RQ) 15,5 sowie den RQ 21, wobei jeweils die typischen Einsatzbereiche (DTV-Bandbreite) zu berücksichtigen sind. In [24] findet sich aber ein gegenläufiger Trend. Dieser wird mit vermehrten Fahrstreifenwechsellvorgängen begründet. Auf Autobahnen ergibt sich kein eindeutiger Trend im Vergleich von zwei- und dreistreifigen Richtungsfahrbahnen (siehe z. B. [4, 11, 25]). Je nach Kenngrösse bzw. Berücksichtigung der Unfallschwerekategorien variieren die Ergebnisse, generell sind aber nur geringe Unterschiede zwischen beiden Querschnittstypen festzustellen. Die standardmässige Ergänzung von Autobahnquerschnitten durch einen Stand- bzw. Seitenstreifen ist vor allem dessen sicherheitserhöhender Wirkung zuzuschreiben (vgl. z. B. [26]).

Grössere Randstreifenbreiten begünstigen das Sicherheitsniveau laut [13] und [27]. Beide Quellen zeigen hingegen auch einen unfallbegünstigenden Einfluss, wenn die vorgegebene Querneigung nicht eingehalten wird.

Die horizontale Trassierung (Lageplan) wird massgeblich durch die potenziell sicherheitsrelevanten Elemente wie Kurvenradius, Kurvigkeit und Relationstrassierung charakterisiert. Kleine Kurvenradien sind ein wesentlicher unfallbegünstigender Einfluss. In [19]

werden Radien unter 100 m als kritisch und Radien ab 400 m als nicht mehr sicherheitsrelevant eingeschätzt. Zusammenhänge zwischen steigender Kurvigkeit und Unfallrisiko finden sich in [21] und [28]. Negative Auswirkungen eines unausgewogenen Verhältnisses aufeinander folgender Radien (Relationstrassierung) sind ausführlich in [29] beschrieben. In [12] werden diese negativen Auswirkungen – beschrieben über die Häufigkeit der Fehler in der Relationstrassierung je Kilometer – für unterschiedliche Querschnitte quantifiziert. Ein negativer, sicherheitsrelevanter Einfluss einer erhöhten Kurvigkeit (gon/km) wurde in [12] nur für vierstreifige Ausserortsquerschnitte abgeleitet.

Die vertikale Trassierung (Höhenplan) wird vor allen durch die potenziell sicherheitsrelevanten Elemente der Längsneigung sowie der „räumlichen Linienführung“ charakterisiert. In [13], [20] und [27] werden niedrigere Sicherheitslevels bei steigender Längsneigung nachgewiesen. Neigungen unter 4 % sind dabei als unkritisch anzusehen [13]. Vor allem Gefällestrecken zeigen laut [19] erhöhte Auffälligkeiten im Unfallgeschehen. Die räumliche Linienführung wird aufgrund geringer Sichtweiten sicherheitsrelevant. Entweder werden Elemente der horizontalen Linienführung nicht erkannt bzw. falsch eingeschätzt (siehe [30]) oder es steht kein ausreichender Raum für Überholmanöver zur Verfügung bzw. die verfügbare Länge wird ebenfalls falsch eingeschätzt. In [19] werden vor allem Sichtweiten von unter 100 m als kritisch eingeschätzt. Laut [31] sind diese vor allem in engen Kurven und bei mittleren Verkehrsstärken sicherheitsrelevant. In [12] werden sicherheitskritische Einschränkungen in der vertikalen Trassierung über zu geringe Kuppenhalbmesser und eine hohe Hügeligkeit (mittlerer Betrag der Längsneigung je Kilometer) quantifiziert.

Die Verkehrssicherheit von Tunneln wird in den Untersuchungen [23], [104] und [105] behandelt. Grundsätzlich werden Sicherheitsuntersuchungen, aber auch das Sicherheitsmanagement in Bereichen des Strassennetzes mit Tunneln mit, einem wesentlich höherem Aufwand betrieben als für die übrigen Teile des Strassennetzes. Aus diesem Grund wird das Thema hier nur am Rande berücksichtigt. Tunnel weisen tendenziell einen vergleichsweise hohen Sicherheitslevel auf, woraus im Vergleich mit der freien Strecke eine geringere Unfallhäufigkeit resultiert. Unfälle in Tunneln weisen aber tendenziell schwerere Unfallfolgen auf.

Vier- oder mehrarmige Knoten (Kreuzungen) weisen grundsätzlich niedrigere Sicherheitslevels ([4], [11]) als dreiarmlige Knoten (Einmündungen) auf. Dies lässt sich vor allem auf die unterschiedliche Anzahl an Konfliktpunkten zurückführen. Kreisverkehrsplätze schneiden generell besser ab als Kreuzungen und Einmündungen (siehe u. a. [4, 11, 32]). Unabhängig davon weisen Knotenformen, welche für höhere Verkehrsbelastungen konzipiert sind, tendenziell höhere Sicherheitslevels auf [33], d. h. dass kreuzungsfreie Knoten als besonders sicher eingeschätzt werden.

Als sicherheitsrelevant werden an Kreuzungen und Einmündungen folgende Merkmale diskutiert, wobei nicht für alle Merkmale eine eindeutige Tendenz der Zusammenhänge ableitbar ist [3, 5, 12, 13, 15, 32, 33, 34, 35]:

- Vorhandensein von Links- und Rechtsabbiegefahrstreifen differenziert nach über- und untergeordneter Zufahrt,
- Vorhandensein von Fahrbahnteilern/Mittelinseln in der untergeordneten Zufahrt,
- Winkel der kreuzenden Strassenachsen,
- Anzahl Fahrstreifen von Zufahrten und Innenfahrbahnen an Kreisverkehrsplätzen,
- Fahrstreifenbreiten sowie
- Lage in Kurve oder auf einer Kuppe.

Eine ausreichende Sicht auf den Knoten sowie in die Zufahrten hinein wird generell als ein sicherheitserhöhendes Merkmal angesehen [5].

Knoten weisen einen (meist) positiven Einfluss auf die Verkehrssicherheit in den Zufahrten auf [33]. Aus diesem Grund werden für Unfallanalysen häufig Annäherungsbereiche für Knoten definiert, welche separat analysiert und bei der Bewertung entweder der Stre-

cke oder des Knotens berücksichtigt werden.

Innerorts

Auf Innerortsstrassen spielen die Trassierungsmerkmale aufgrund des niedrigeren Geschwindigkeitsniveaus nur eine untergeordnete Rolle. Innerorts konzentriert sich das Unfallgeschehen stärker an den Knoten.

Der Strassenquerschnitt von Innerortsstrassen wird im Wesentlichen durch Zuweisung von Breiten zu den folgenden Verkehrsteilnehmergruppen charakterisiert: Fussgänger, Radfahrer, motorisierter Individualverkehr, öffentlicher Verkehr (Bus, Tram) und Parkierer.

Die Sicherheit von Fussgängern ist in hohem Masse durch deren Möglichkeiten zur Querung der Strasse geprägt. Strassenräume mit Mitteltrennung sind gemäss [13] oder [37] sicherer als solche ohne. Vor allem Mittelinseln stellen einen Sicherheitsgewinn sowohl an Fussgängerstreifen [36] als auch ausserhalb davon dar [15, 38].

Die Führung von Radfahrern wird am sichersten auf der Strasse in Radstreifen gewährleistet [39]. Die Führung auf Radwegen bzw. die Benutzung der Fusswege durch Radfahrer ist vor allem an Knoten sicherheitskritisch [40].

Auch wenn in [8] Strassen mit Fahrbahnbreiten zwischen 8m und 8,50m die höchsten Sicherheitslevels attestiert werden, bleibt dieses Ergebnis fraglich. Die Fahrbahnbreite steht stark im Zusammenhang mit dem DTV und der Anzahl an Fahrstreifen, wobei ein Anstieg beider Merkmale mit einem ungünstigeren Unfallgeschehen korreliert [41].

Strassen mit Tram weisen laut [41] generell niedrigere Sicherheitslevels auf. Die Führung des Trams auf einem eigenen Bahnkörper korreliert mit einer höheren Sicherheit [44]. Bei Bussen schneiden Kap- und Fahrbahnrandhaltestellen besser ab als Busbuchten [43]. Bei dem Tram weisen Haltestellen mit Bahnsteig in Mittellage und Fahrbahnhaltestellen im Vergleich zu Haltestellen am Fahrbahnrand die ungünstigsten Sicherheitslevels auf [43].

Räume für den parkierenden Verkehr führen zu schlechteren Sicherheitslevels, wobei dieser Einfluss in Abhängigkeit des Querschnitts unterschiedlich beurteilt werden muss [8, 13, 41].

Unterschiede in den Sicherheitslevels von Knotentypen ähneln denen auf Ausserortsstrassen, allerdings ist auf Innerortsstrassen in manchen Fällen mit mehr Unfällen bzw. niedrigeren Sicherheitslevels zu rechnen [4, 6, 11, 13, 45]. Knoten mit Tram-Führung schneiden ungünstiger ab als solche ohne [41].

Kreisverkehrsplätze werden vor allem dann als sicher bewertet, wenn ein ausreichendes Ablenkmass beim Durchfahren des Kreisels vorhanden ist (Geschwindigkeitsreduktion), der Radverkehr auf der Kreisfahrbahn geführt wird und die Innenringe aufgepflastert und nicht markiert sind [46, 48]. Zweistreifige Ausfahrten bei Kreisverkehrsplätzen werden als unsicher bewertet [47].

2.2.3 Ausstattung

Fahrzeugrückhaltesystemen auf Ausserortsstrassen wird ein positiver Sicherheitseinfluss zugewiesen, sowohl zwischen entgegenkommenden Fahrtrichtungen als auch vor Hindernissen im Seitenraum [5, 13]. Auch wenn ein hindernisfreier Seitenraum die optimale Sicherheit gewährleistet, bieten Fahrzeugrückhaltesysteme einen erheblichen Sicherheitsgewinn, beispielsweise gegenüber Baumalleen am Fahrbahnrand [49].

Innerortsstrassen werden generell beleuchtet. Damit erübrigen sich vergleichende Analysen für solche Strassen ohne Beleuchtung. Zusätzliche punktuelle Beleuchtung erhöht gemäss [36] oder [50] aber die Sicherheit an Fussgängerstreifen.

Flankierende Massnahmen zur Geschwindigkeitsreduzierung (vor allem auf innerörtlichen Erschliessungsstrassen) werden häufig notwendig, da eine Signalisation des Tempolimits alleine nicht ausreichend ist. Als wirksame, bauliche Ausstattungsmerkmale (geschwindigkeitsdämpfend und sicherheitserhöhend) haben sich – auf Basis unfallgestützter Analysen – vor allem vertikale und horizontale Versätze erwiesen [15, 51, 52].

2.2.4 Signalisation

Eine Vielzahl der positiven Wirkungen von Strassenmarkierungen wird aus einer verbesserten Sichtbarkeit des Strassen- bzw. Fahrstreifenverlaufs sowie einer Veränderung des Fahrverhaltens abgeleitet. Hier gilt es zu beachten, dass eine verbesserte Erkennbarkeit von Markierungen auch zu höheren Geschwindigkeiten führen (u. a. [57]) und sich dadurch negativ auf die Verkehrssicherheit auswirken kann. Dieses Phänomen wird unter den Begriffen Risikokompensation oder Verhaltensadaption zusammengefasst (u. a. [58]). Aus diesem Grund streuen die Analyseergebnisse zum Einfluss der Markierung stark, wie im Rahmen einer Metaanalyse deutlich wird [15]. Generell werden Mittelmarmarkierungen (Leitlinie) und Fahrbahnrandmarkierungen als positiv für die Verkehrssicherheit erachtet [15, 53]. Teilweise diskutierte Verbreiterungen der Längsmarkierung (Erhöhung der Erkennbarkeit) zur Verbesserung der Verkehrssicherheit werden unterschiedlich in ihrer Wirkung bewertet, was auch auf Effekte der Risikokompensation zurückgeführt wird [54, 55]. Die positive Wirkung von profilierten Längsmarkierung (Rüttelstreifen) auf die Verkehrssicherheit wurden verschiedentlich bestätigt [13, 56, 64].

Fussgängerstreifen (inkl. Vorrang für Fussgängerverkehr) werden dann als sichere Querungsstellen eingeschätzt, wenn diese entsprechend beleuchtet und beschildert, mit einer Mittelinsel ausgestattet sind und über maximal einen Fahrstreifen je Richtung geführt werden sowie ein angepasstes Geschwindigkeitsniveau der Fahrzeuge besteht [36, 50].

Markierten Radstreifen (oder Radfahrstreifen) auf der Fahrbahn wird ein vergleichsweise hoher Sicherheitslevel attestiert, u. a. aufgrund der guten Sichtbeziehungen zwischen Rad- und Fahrzeugverkehr [39]. Radstreifen schneiden aus Sicht der Verkehrssicherheit zum Teil besser ab als Radwege. Grund dafür ist der geringere Anteil an sicherheitskritischen, links fahrenden Radfahrern. An Knoten hat sich eine fahrbahnahe Führung des Radverkehrs (keine Absetzung der Furten) sowie bei auftretenden Sicherheitsproblemen die Einfärbung der Furt (beispielsweise in rot) als sicherheitsfördernd erwiesen [39, 59, 60].

Hinsichtlich der Beschilderung sind Regelungen auf der Strecke und an Knoten zu unterscheiden. Die Geschwindigkeitsbeschränkung auf der Strecke ist eine massgeblich sicherheitsrelevante Verkehrsregelung [14]. Es besteht aber Konsens darüber, dass die reine Beschilderung ohne unterstützende Massnahmen (Überwachung, baulich, verkehrstechnisch) das Geschwindigkeitsniveau nur unzureichend beeinflusst [61, 62]. Bei Herabsetzen der zulässigen Höchstgeschwindigkeit um 10 km/h werden in der Regel Geschwindigkeitsrückgänge um 2–3 km/h bezogen auf die mittlere Geschwindigkeit erwartet (u. a. [15] oder [63]). Der alleinigen Tempo-30-Regelungen (nur Beschilderung) in Erschliessungsstrassen wird nur ein sehr geringer Einfluss unterstellt, die Geschwindigkeit ergibt sich vielmehr aus der örtlichen Situation sowie den häufig in Erschliessungsstrassennetzen vorherrschenden Rechtsvortrittsregelungen an Knoten (siehe u. a. [64]).

Weitere Beschilderungen (z. B. Überholverbote) besitzen durchaus eine Wirkung [15], es gilt aber zu berücksichtigen, dass diese meist in Kombination mit anderen Massnahmen umgesetzt werden. Dynamische Beschilderung durch Verkehrsbeeinflussungsanlagen – vorrangig auf Autobahnen – haben einen vergleichsweise hohen Einfluss auf die Verkehrssicherheit bzw. werden zu grossen Teilen volkswirtschaftlich dadurch begründet (u. a. [65, 66]).

Die Signalisation an Knoten betrifft vorrangig Lichtsignalanlagen (LSA). Lichtsignalregelung wird i. d. R. eine Verbesserung der Verkehrssicherheit am Knoten attestiert (u. a. [4, 6, 15, 67]). Allerdings gibt es auch gegenteilige Analyseergebnisse [9]. Grund hierfür könnte der Einfluss der Art der Signalisierung auf die Verkehrssicherheit sein. Vor allem

die Sicherung von Linksabbiegern [7, 68, 69] wirkt sich positiv auf den Sicherheitslevel aus. Negative Auswirkungen auf die Verkehrssicherheit wurden für die Abschaltung bei Nacht [13, 69] oder die Teilsignalisierung (z. B. Fussgänger-LSA am Knoten [70]) nachgewiesen.

2.2.5 Zustand

Der Zustand bezieht sich vorrangig auf die Fahrbahnoberfläche. Die Literatur umfasst hier eine Vielzahl von teilweise widersprüchlichen Ergebnissen. Im Zentrum der Analysen stehen Kenngrößen zur Beschreibung der Rauheit (oder Griffigkeit) sowie der Längs- und Querebenheit der Fahrbahn.

Zentrale Grösse zur Bewertung der Rauheit ist die Griffigkeit. Viele Untersuchungen zeigen eine Verschlechterung des Sicherheitsgrades (bezogen auf Nässeunfälle) beim Nachlassen der Griffigkeit (u. a. [15, 71, 72, 73, 74]). Vereinzelt finden Untersuchungen hingegen keinen signifikanten Einfluss der Griffigkeit (u. a. [75, 76]). Es wird dabei deutlich, dass der Griffigkeitseinfluss vor allem auf Strassen mit einer „engen“ (häufig nicht optimalen) Trassierung (z. B. engen Kurven) besteht und damit im Umkehrschluss z. B. auf Autobahnen kaum nachweisbar ist.

Eine eingeschränkte Querebenheit besteht bei sogenannten „Spurrinnen“. Diese kann teilweise über die Kenngrößen der Spurrinntentiefe oder -breite abgebildet werden. Hierfür lässt sich bisher kein eindeutiger Einfluss nachweisen [77, 78]. Einzelne Ergebnisse deuten auf einen möglichen Einfluss bei Kombination von Querneigung und Spurrinntentiefe („fiktive Wassertiefe“) hin [106].

Die Längsebenheit wird international über den *International Roughness Index* beschrieben, im deutschsprachigen Raum kommt die allgemeine Unebenheit zur Anwendung. Auch hier lassen sich keine eindeutigen Ergebnisse ableiten, aber es besteht ein Trend in Richtung einer Verschlechterung des Sicherheitslevels bei Erhöhung der Längsebenheit [15, 72, 79, 80].

2.3 Einfluss Situation

2.3.1 Verkehr

Das Verkehrsaufkommen (häufig nur für den motorisierten Individualverkehr beschrieben mittels DTV) ist eine zentrale Einflussgrösse des Unfallgeschehens und wird daher generell in nahezu allen zitierten Untersuchungen als Expositionsgrösse verwendet. Unklarheiten bzw. unterschiedliche Meinungen bestehen zur Art des Einflusses. Die Beschreibung eines linearen Einflusses z. B. anhand von Raten wird als unzureichend eingeschätzt [3, 13, 14, 44]. In Abhängigkeit von z. B. der Ortslage, des Strassen- oder des Unfalltyps ergeben sich verschiedene Zusammenhänge (degressiv oder progressiv; siehe z. B. [44, 81, 82]).

An Knoten ergibt sich eine Vielzahl von Möglichkeiten, um das Verkehrsaufkommen als Expositionsgrösse abzubilden [44]. In einigen Untersuchungen erfolgt die Beschreibung anhand der Summe der Knotenüberfahrten (u. a. [6, 33]). Viele Untersuchungen unterscheiden zwischen zufahrenden Strömen in der Haupt- (übergeordnet) und Nebenrichtung (u. a. [3, 6, 13]) oder den Anteil der zufließenden Ströme aus der Nebenrichtung am Gesamt-DTV [32, 44]. Unterschiedliche additive und multiplikative Verknüpfungen der zufließenden Ströme wurden in [83] analysiert und miteinander verglichen. In [7] wurden gewichtete Zufahrtsströme abgebildet. Konfligierende Verkehrsströme wurden entsprechend der jeweiligen Unfallsituation in [84] abgebildet und analysiert.

In [85] wird der Einfluss des Schwerverkehrsanteils auf das Unfallgeschehen analysiert und ein nicht-linearer Zusammenhang ermittelt. Dieser lässt sich als U-förmigen Verlauf zwischen Unfallhäufigkeit und Schwerverkehrsaufkommen beschreiben. In [44] wurden verschiedene Arten der Berücksichtigung des öffentlichen Verkehrs (Tram und Busse) untersucht, letztendlich aber nur ein signifikanter Zusammenhang mit den Halten des

Trams an Haltestellen ermittelt.

Daten bezüglich des Langsamverkehrs liegen häufig nicht vor, dementsprechend gibt es weniger Untersuchungen. Vereinzelt wurden Zusammenhänge mit dem Fussgängerquerverkehr sowohl an Kreuzungen als auch auf der Strecke ermittelt [86, 87, 88, 89, 91]. Stellvertretend für die Abbildung bzw. Abschätzung des Fussgängerverkehrs wurden Kenngrössen des Umfelds herangezogen, welche einerseits Zusammenhänge mit dem Fussgängerverkehrsaufkommen (z. B. [88, 90]) und andererseits mit dem Unfallgeschehen (z. B. [14, 44]) ergaben. Zusammenhänge zwischen Radverkehrsaufkommen und dem Unfallgeschehen mit Radfahrern wurden in [39] und [88] ermittelt.

2.3.2 Verhalten

Die massgeblich sicherheitsrelevante Kenngrösse des Fahrverhaltens ist die Geschwindigkeit. Ausführliche Übersichten hinsichtlich des Zusammenhangs zwischen Geschwindigkeit und dem Unfallgeschehen finden sich in [14, 92, 93]. Als wahrscheinlich gilt die Modellierung des Zusammenhangs zwischen den gefahrenen Geschwindigkeiten und der Unfallhäufigkeit über das sogenannte „Power-Model“. Dieses entspricht einer Potenzfunktion, wobei die Potenz mit zunehmender Unfallschwere steigt, d. h. der Geschwindigkeitseinfluss ist bei Unfällen mit schweren Folgen am grössten.

Die Geschwindigkeit wird hier behandelt, da diese auch im Zusammenhang mit der Infrastruktur (vorrangig Querschnittsgestaltung, Umfeld und Trassierung) steht (siehe hierzu auch [14]). Die Beurteilung des Geschwindigkeitseinflusses kann nur bedingt über das Geschwindigkeitsregime (Tempolimit) erfolgen. Tatsächlich gefahrene Geschwindigkeiten bzw. Kenngrössen der Geschwindigkeitsverteilung sind hier vorzuziehen. Es bedarf in der Analyse häufig der gleichzeitigen Kontrolle der Randbedingungen aus Umfeld und Infrastruktur, um den Zusammenhang mit der Geschwindigkeit zu isolieren, da Strassenräume mit unterschiedlichen Geschwindigkeitsniveaus auch tendenziell anders gestaltet sind (z. B. Autobahn mit einem hohen Geschwindigkeitsniveau und gleichzeitig hoher Sicherheitsausstattung vs. innerörtliche Geschäftsstrasse mit niedrigem Geschwindigkeitsniveau und gleichzeitig „sensiblen“ Strassenraum mit geringer Sicherheitsausstattung, siehe hierzu vor allem [91, 93]).

Weitere Verhaltenskenngrossen, denen eine Sicherheitsrelevanz attestiert wird, sind Raum- und Zeitlücken im Verkehrsstrom oder am Knotenpunkt bzw. daraus resultierenden Kenngrössen wie „time-to-collision“ (u. a. [94, 95]). Die Zusammenhänge mit dem Unfallgeschehen sind aber diesbezüglich noch nicht eindeutig und bedürfen vermehrter Forschung, was derzeit vor allem durch die (sehr aufwändigen) *naturalistic-driving-studies* (NDS) erfolgt (z. B. [96]).

Die Benutzung des Strassenraums bzw. von Teilen des Querschnitts besitzt eine Sicherheitsrelevanz vor allem im Langsamverkehr. Ein hoher Anteil links fahrender Radfahrer verschlechtert die Verkehrssicherheit vor allem an den Knotenpunkten [39]. Das Benutzen von Gehwegen im Seitenraum wird im Vergleich mit der Benutzung der Fahrbahn z. T. auch mit einem erhöhten Unfallgeschehen assoziiert [40].

2.3.3 Umfeld

Laut [44] dient die Hinzunahme von Umfeldkenngrossen bei Unfallanalysen vorrangig zwei Zielen: „1. Substitution fehlender Aufkommenszahlen des nichtmotorisierten Verkehrs sowie 2. Berücksichtigung nutzungsstrukturell bedingter Unterschiede im Verkehrs- und Unfallgeschehen“. Der erste Punkt besitzt vor allem hinsichtlich der häufig nicht flächendeckend vorhandenen Aufkommenszahlen des Langsamverkehrs eine grössere Bedeutung. Der zweite Punkt hat sich beispielsweise bei Analysen zum Geschwindigkeitseinfluss als relevant erwiesen (siehe z. B. in [14] oder [93]).

Durch eine intensivere Umfeld- oder Randnutzung ergeben sich verstärkte Anforderungen an die Verkehrssicherheit, weswegen gerade solche Strassenräume (wie z. B. Geschäftsstrassen) häufig ein ungünstigeres Unfallgeschehen aufweisen (siehe u. a. [8, 14,

42, 97]).

Unzureichende Sichtverhältnisse sind ebenfalls ein häufig genannter unfallbegünstigender Umstand, welcher sich aus dem Umfeld ergibt (z. B. Hindernisse, Bewuchs oder Einbauten im Seitenraum; siehe u. a. [98, 99]). Diese spielen sowohl für das Unfallgeschehen auf der Strecke (Einfluss auf Halte- und Überholsichtweiten) als auch an Knotenpunkten eine Rolle.

2.3.4 Sonstiges

Baustellen wurden bereits (vorrangig im Ausserortsbereich) vielfach hinsichtlich der Verkehrssicherheit untersucht (u. a. [100, 101, 102]). Hierbei ist entscheidend, welcher Teil der Baustelle untersucht wird. So zeigen vor allem der Einfahrtsbereich in die Baustelle, Überführungsbereiche und Anschlüsse ein auffälliges Unfallgeschehen. Dabei spielen vorrangig Signalisationsmassnahmen aber auch z. B. die Art der Verschwenkung von Fahrstreifen eine Rolle.

2.4 Fazit

Die hier dargestellten Ergebnisse umfassen nur einen vergleichsweise kleinen Ausschnitt der nationalen und internationalen Forschungsaktivitäten zum Einfluss der Infrastruktur auf die Verkehrssicherheit. Eine monokausale Wirkungsbeziehung zwischen einzelnen Infrastrukturelementen und dem Unfallgeschehen lässt sich nur in den seltensten Fällen beweisen. Vielmehr existiert eine Vielzahl an Zusammenhängen, welche sich gegenseitig überlagern und beeinflussen können. Um aussagekräftige Zusammenhänge herausarbeiten zu können, bedarf es einer möglichst umfassenden Datengrundlage. Erst damit können unterschiedliche Einflüsse in der Analyse kontrolliert und auf diese Weise gegebenenfalls kausale Wirkungen identifiziert werden.

Als Ergebnisse der Literaturanalyse werden in den Tabellen im Anhang (Abb. I.1 bis Abb. I.7) Merkmale der Infrastruktur und Situation aufgelistet und hinsichtlich ihrer Relevanz für die Verkehrssicherheit priorisiert. Diese Priorisierung stellt eine Abschätzung der Autoren auf Basis der Literatur sowie Erfahrungen mit dem Sicherheitsmanagement der Infrastruktur dar. Die Tabellen können als ein Überblick zu den Forschungshypothesen der vorliegenden Untersuchung verstanden werden. Ziel der Untersuchung ist es:

- die Verfügbarkeit der aufgelisteten Merkmale in verschiedenen Datenbanken von Strasseneigentümern, Polizei und anderen Institutionen zu prüfen,
- möglichst viele der Merkmale in Form von Datensätzen zu beschaffen und für die Analyse aufzubereiten sowie
- Zusammenhänge der Merkmale mit dem Unfallgeschehen zu analysieren, zu bewerten und zu interpretieren.

Die aufgelisteten Merkmale erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Sie stellen eine Orientierungshilfe dar.

3 Daten

3.1 Unfälle

Für die Analysen stehen Unfalldaten der Jahre 2009 bis 2012 für alle Unfallschwerekategorien – auch die Unfälle mit ausschliesslich Sachschaden – zur Verfügung. Es sind folgende Einschränkungen zu berücksichtigen, welche unter Umständen bei der Interpretation der Ergebnisse eine Rolle spielen:

- Die Daten der Jahre 2011 bis 2012 wurden einer umfassenden Qualitätsüberprüfung durch das ASTRA unterzogen. Dabei wurden auch entsprechende Nachbearbeitungen vorgenommen. Das trifft nicht für die Unfalldaten von 2009 bis 2010 zu.
- Die Unfälle mit ausschliesslich Sachschaden unterliegen unterschiedlichen Erhebungspraktiken in den einzelnen Kantonen (Abb. 3.2). Damit ist vor allem das Unfallniveau zwischen den Kantonen unterschiedlich.

Unabhängig davon werden alle verfügbaren Unfalldaten für die Analyse zu verwendet, da in der vorliegenden Untersuchung vor allem sehr kleinräumige Bereiche des Strassenetzes (Strecken, Knoten) betrachtet werden. Aufgrund der geringen Unfalldichte in der Schweiz steht nur eine relativ kleine Stichprobe an Unfällen zur Verfügung, welche (auch aus Datenqualitätsgründen) nicht weiter eingeschränkt werden soll.

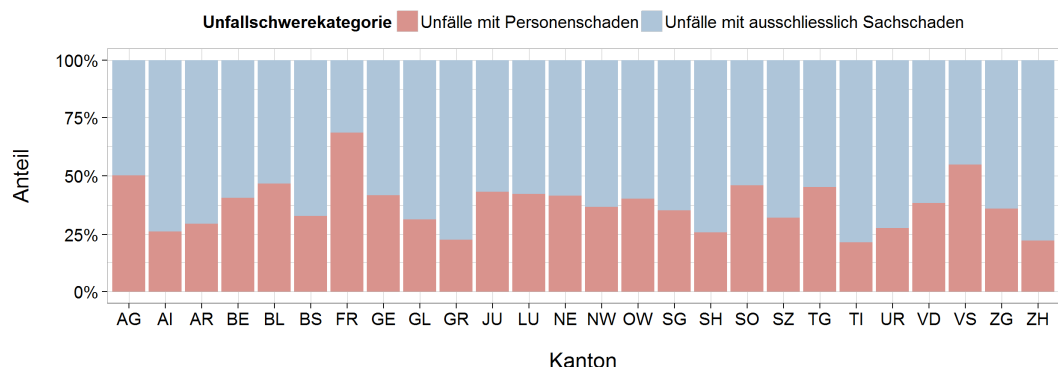


Abb. 3.2 Anteile von Unfällen mit Personen- und ausschliesslich Sachschaden in den Kantonen im gesamten Untersuchungszeitraum

Das Gesamtunfallgeschehen wird weiter in Kollektive unterteilt, um spezifische Zusammenhänge zwischen der Infrastruktur und ausgewählten Unfallsituationen zu beschreiben:

- der Unfallschwere, beschrieben über die drei Unfallschwerekategorien:
 - Unfälle mit schwerem Personenschaden $U_{(G+SV)}$
 - Unfälle mit leichtem Personenschaden $U_{(LV)}$
 - Unfälle mit ausschliesslich Sachschaden $U_{(SS)}$
- der Unfall- bzw. Verkehrssituationen, beschrieben über die Unfalltypen:
 - Schleuder- oder Selbstunfall (UTG 0)
 - Überholunfall, Fahrstreifenwechsel (UTG 1)
 - Auffahrunfall (UTG 2)
 - Abbiegeunfall (UTG 3)
 - Einbiegeunfall (UTG 4)
 - Überqueren der Fahrbahn (UTG 5)

- Frontalkollision (UTG 6)
- Parkierunfall (UTG 7)
- der Art der Verkehrsmittel, beschrieben über die Unfallbeteiligung:
 - Unfälle mit ausschliesslich Beteiligung von Personenwagen PW
 - Unfälle mit mindestens einer Beteiligung eines schweren Nutzfahrzeuges SNF
 - Unfälle mit mindestens einer Beteiligung eines Motorrads MTR
 - Unfälle mit mindestens einer Beteiligung eines Fussgängers Fg
 - Unfälle mit mindestens einer Beteiligung eines Radfahrers Rf

Die Unterscheidung der Unfallschwerekategorien wird für alle Kollektive gleich gehandhabt, sofern ausreichende Stichprobengrössen zur Verfügung stehen. Dies wird im Einzelfall entschieden.

Je nach Netzbereich werden Unfalltypengruppen zusammengefasst. An Knoten werden die Unfalltypengruppen UTG 3 bis UTG 5 getrennt betrachtet. Auf der Strecke erfolgt eine gemeinsame Betrachtung, da sie dort nur eine untergeordnete Rolle spielen. Die Unfalltypengruppe 8 („Fussgängerunfall“) wird direkt über die Beteiligung abgebildet. Die restlichen Unfalltypengruppen (UTG 9 „Tierunfall“ und UTG 00 „Andere“) werden nicht separat betrachtet, sind aber in den Gesamtzahlen enthalten.

Die Unfallbeteiligung wird nur mit den ersten beiden Beteiligten operationalisiert. Diese beiden Objekte sind direkt an der Entstehung des Unfalls beteiligt. Weitere Objekte sind häufig erst in der Folge des auslösenden Ereignisses betroffen (Überholunfall: nach Initialkollision kollidiert eines der beiden ersten Objekte noch mit einem anderen Fahrzeug im Fahrzeugstrom) und treten zahlenmässig auch nicht so häufig auf. Da an einem Unfall z. B. eine Personenwagen und ein Fussgänger beteiligt sein können, treten Unfälle auch in mehreren Kategorien auf (d. h. Teilkollektive summieren sich zu mehr als 100%).

Für eine gemeinsame Beurteilung von Anzahl und Schwere von Unfällen werden vereinfachend Unfallkosten verwendet. Damit werden Unfälle nach unterschiedlichen Unfallschwerekategorien anhand spezifischer Unfallkostensätze gewichtet (differenziert nach Strassentyp und Ortslage). Es werden die Unfallkostensätze aus [4] verwendet (siehe Abb. 3.3). Diese basieren auf den Verletzten- und Sachschadenskostensätzen aus [107].

Abb. 3.3 Unfallkostensätze aus [4]

Unfallkostensätze auf Basis der Unfallstatistik 2009...2011 mit Preisstand 2005 [13] gewichtet nach der Verteilung der Unfallschwere <i>Coûts unitaires des accidents sur la base de la statistique des accidents 2009...2011 avec le niveau de prix de 2005 [13] et pondérés selon la gravité des accidents</i>				
Unfallkostensätze [CHF · U ⁻¹] <i>Coûts unitaires des accidents [CHF · U⁻¹]</i>				
		UKS _(G+SV)	UKS _(LV)	UKS _(SS)
Ausserorts <i>Hors localité</i>	Hochleistungsstrassen HLS <i>Routes à grand débit RGD</i>	1 012 000	91 500	45 000
	Hauptverkehrs-, Verbindungsstrassen HVS, VS <i>Routes principales, de liaison RP, RL</i>	925 000	88 000	
Innerorts <i>En localité</i>	Hauptverkehrs-, Verbindungs-, Sammel-, Erschliessungsstrassen HVS, VS, SS, ES <i>Routes principales, de liaison, collectrice, de desserte RP, RL, RC, RD</i>	696 000	84 000	

3.2 Infrastruktur und Verkehr

3.2.1 Nationalstrassen

Infrastrukturdaten für Nationalstrassen finden sich vor allem in MISTRA. Relevant sind hierbei das Basissystem (BS) sowie die Fachapplikationen *Trassee* (TRA) und *Ver-*

kehrsmonitoring (VMON). Aktuell konnten Daten aus *Trassee* für die vorliegende Untersuchung noch nicht bereitgestellt werden.

Die in Abb. II. im Anhang II.1.2 aufgelisteten Daten stammen aus einem anderen ASTRA-Projekt. In MISTRA liegen diese Merkmale allerdings nicht vor.

Für Nationalstrassen existieren schon Untersuchungen zum Sicherheitseinfluss der Infrastruktur, im nachgeordneten Netz ist daher ein grösseres Potenzial für Unfallanalysen gegeben. Aus diesen Gründen wird die Analyse des Nationalstrassennetzes zurückgestellt. In der 2. Phase von VeSPA soll eine Analyse unter Einbezug aller in MISTRA verfügbaren Daten sowie der Informationen aus anderen bereits durchgeführten Projekten erfolgen.

3.2.2 Kantonsstrassen und Gemeindestrassen

Für vertiefende Analysen neben dem Nationalstrassennetz wurden die Strassennetze der Kantone Basel-Stadt, Bern und Zürich gewählt. Gründe hierfür sind:

- eine vergleichsweise gute Datenverfügbarkeit (Infrastruktur und Verkehr),
- gleichmässige Abdeckung von Innerorts- und Ausserortsstrassennetzen,
- eine vergleichsweise gute Erhebung von Unfällen mit ausschliesslich Sachschäden im Kanton Zürich (siehe Abb. 3.2),
- topographische Variationen mit (als Konsequenz) unterschiedlichen Infrastrukturausprägungen und
- Varianz in der Siedlungsdichte bzw. -ausprägung (BS als städtischer, BE und ZH als Kantone mit grossen Zentrumsstädten und substantiellem Hinterland).

Im Anhang II.1.2 findet sich eine Auflistung der Stellen, welche Daten bereitgestellt haben. Ausserdem werden dort Fragen der Datenformate und Datendokumentation behandelt. Es wurde eine Vielzahl weiterer Kantonsvertreter angefragt, welche hier aus den folgenden Gründen nicht berücksichtigt werden sollen:

- Es liegen keine Daten vor.
- Daten können aus unterschiedlichen Gründen nicht bereitgestellt werden.
- Der Kanton eignet sich aus anderen Gründen nicht für die Untersuchung (z. B. ungenügende Verfügbarkeit bzw. Qualität von Unfalldaten)

Grundlage der Analyse von Infrastruktureinflüssen ist das digitale Strassennetz im Geographischen Informationssystem (GIS), auf das die Daten aus verschiedenen Quellen (jeweils anhand des Ortsbezugs) zusammengeführt werden können. Für die Kantone Bern und Zürich wird das, dem Gesamtverkehrsmodell (GVM) zugrunde liegende, Strassennetz aus VISUM verwendet (Datenbasis Teleatlas). Dieses weist die grösste Netzabdeckung auf. In Basel-Stadt wird das digitale Netz des Tiefbauamtes verwendet. Alle Daten aus anderen Quellen werden auf diese Netze referenziert.

Die Verkehrsdaten werden aus den jeweiligen GVM der Kantone abgeleitet. Für die Unfallanalyse ist primär der DTV relevant. Der in manchen Fällen zur Verfügung stehende durchschnittliche Werktagverkehr (DWV) beschreibt nur das Verkehrsaufkommen während der Woche. Wenn Umrechnungsfaktoren vorliegen, wird eine Abschätzung des DTV aus dem DWV (z. B. $DTV = DWV / 1,07$ im Kanton Bern) vorgenommen. Zusätzlich kann der Schwerverkehrsanteil aus den GVM ermittelt werden. Verkehrsmengen des Langsamverkehrs stehen nicht zur Verfügung.

Nicht alle gelieferten Daten können in der 1. Projektphase aufbereitet werden: In der aktuellen Analyse berücksichtigte Merkmale und entsprechende Variablen können Kapitel 4.1 entnommen werden.

Die gesamte Datenlieferung aus Basel-Stadt erfolgte in einer Access-Datenbank. Die da-

rin enthaltenen Merkmale sind in Abb. II. im Anhang II.1.2 aufgeführt.

Für den Kanton Bern konnten Infrastrukturdaten aus dem GVM sowie den LOGO-Datensätzen des Tiefbauamtes entnommen werden. Die Datensätze des Tiefbauamtes beschränken sich auf die Kantonsstrassen. Weiterführende Infrastrukturinformationen zu Strassen in den grösseren Städten wie Bern oder Biel stehen demnach nicht zur Verfügung. Das GVM Bern besitzt einen hohen Abdeckungsgrad, d. h. auch nachrangige Strassen wie z. B. Erschliessungsstrassen innerorts sind im Netz enthalten. Die zur Verfügung stehenden Daten sind in Abb. II.3 im Anhang II.1.2 aufgeführt.

Für den Kanton Zürich liegen Daten mit einer unterschiedlichen flächenhaften Abdeckung vor. Die Daten aus Logo beschränken sich teilweise nur auf Kantonsstrassen. In manchen Fällen wird zusätzlich die Stadt Zürich, in anderen Fällen die beiden Städte Zürich und Winterthur mit abgedeckt. Das GVM Zürich weist eine etwas geringere Abdeckung als das GVM Bern auf, da zum Teil Erschliessungsstrassen fehlen. Die zur Verfügung stehenden Daten sind in Abb. II.4 im Anhang II.1.2 aufgeführt.

3.3 Sonstiges

3.3.1 Nacherhebung Kanton Basel-Stadt

In Basel-Stadt wurden zusätzlich Daten aus Luftbildern und Google Street View manuell nacherhoben. Ausserdem wurden die bereits vorhandenen Daten nochmals überprüft und gegebenenfalls angepasst. Die erhobenen und überprüften Merkmale zur Infrastruktur sind in Abb. II.5 im Anhang II.1.2 aufgeführt.

3.3.2 Dokumentation Sicherheitsmassnahmen der bfu

Sicherheitsmassnahmen sind bauliche und verkehrstechnische Massnahmen, welche aufgrund von Sicherheitsdefiziten oder Auffälligkeiten im Unfallgeschehen (z. B. zur Bekämpfung von Unfallschwerpunkten) vorgesehen und umgesetzt wurden. Aktuell wurden 17 Massnahmendokumentationen von der Beratungsstelle für Unfallverhütung (bfu) geliefert (siehe Abb. II.6 im Anhang II.1.2), eine Analyse war im Rahmen der 1. Phase nicht möglich.

3.3.3 Weitere Datensätze

Ein frei verwendbarer Bodenbedeckungsdatensatz, CORINE Land Cover 2006, wurde von der Europäischen Umweltagentur (EUA, www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/clc-2006-vector-data-version-2) bezogen. Dieser Datensatz korrespondiert für das Gebiet der Schweiz mit der sogenannten Arealstatistik des Bundesamts für Statistik (BFS). Er dient der Unterstützung bei der Abgrenzung von Inner- und Ausserortsbereichen.

4 Methodik

4.1 Datenaufbereitung und Netzeinteilung

4.1.1 Ausgangslage und Ziele

Die zur Verfügung stehende Form der Infrastrukturdaten (siehe oben), in der diese von den Kantonen übermittelt wurden, genügt nicht den Anforderungen einer Unfallanalyse.

Im ersten Schritt wird eine Einteilung des Netzes in linienhafte (verkehrsorientierte Streckenabschnitte), (quasi) punktuelle (Knoten) und flächenhafte Bereiche (Siedlungsgebiete aus siedlungsorientierten Strassen) vorgenommen. Es wird weiterhin zwischen Inner- und Ausserortsstrassen unterschieden.

Folgende Randbedingungen werden hierfür festgelegt:

- Streckenattribute werden mit Bezug auf den Querschnitt beschrieben.
- Knoten müssen identifiziert, ein Einflussbereich hinsichtlich des Unfallgeschehens abgegrenzt und Merkmale des Knotens sowie der Zufahrten beschrieben werden.
- Siedlungsgebiete sind über umgrenzende höherrangige (verkehrsorientierte) Strassen abzugrenzen und hinsichtlich flächenhafter Ausbreitung und enthaltener Netzlänge zu beschreiben.

Folgende Aspekte des Datenformats müssen für die Analyse entsprechend angepasst werden:

- Kantonale Infrastrukturdaten liegen grösstenteils nur als Linien vor, Knotenpunkte müssen aus den Achsschnittpunkten abgeleitet werden.
- Siedlungsgebiete liegen nicht vor, diese müssen aus den umgrenzenden verkehrsorientierten Strassen abgeleitet werden. Hierfür sind teilweise Lücken in den Daten des verkehrsorientierten Netzes zu schliessen sowie Kleinstflächen sinnvoll zu identifizieren und zu eliminieren.
- Fahrtrichtungsgetrennte und fahrstreifenfeine Informationen zum Verkehr und der Infrastruktur: Mit Ausnahme der Autobahnen ist auf einbahnigen Querschnitten sowohl eine datentechnische als auch eine inhaltliche Zuweisung der Unfälle zu einer Fahrtrichtung bzw. einem einzelnen Fahstreifen nicht möglich bzw. nicht zielführend. Eine Frontalkollision beim Überholen kann unfallbegünstigende Umstände in beiden Fahrtrichtungen aufweisen.
- Differenzierung von Knoten in Teilknoten z. T. für einzelne Konfliktpunkte: In den Verkehrsmodellen sind für manche Knoten (vor allem grossräumige Knoten und Kreisverkehrsplätze) einzelne Teilknoten abgebildet. Ein Ziel der Analyse ist es, Unterschiede im Unfallgeschehen zwischen verschiedenen Knotenformen und deren Signalisation zu ermitteln. Hierfür müssen alle Konflikte an einem (kompletten) Knoten berücksichtigt werden. Deswegen werden komplette Knoten analysiert, was eine Zusammenfassung der Teilknoten notwendig macht. Ausserdem ermöglichen weder die Unfallattribute noch die Genauigkeit der Verortung eine derart detailgetreue Abbildung. Unterschiedliche Beschreibungen der Exposition (Verkehrsmengen) anhand z. B. einer getrennten Analyse von abbiegenden, einbiegenden und querenden Strömen bezogen auf den Gesamtknoten sind damit nicht ausgeschlossen.

- Abschnitte von Strecken werden „linienhaft“ bewertet, d. h. die Abschnittslänge stellt eine Expositionsgrösse dar. Teilweise sind Infrastrukturinformationen aber als Polygone hinterlegt, welche in einen linienhaften Bezug überführt werden müssen.
- Aus Darstellungsgründen sind in manchen Fällen die Achsvektoren von den eigentlichen Strassenachsen abgerückt (Offset). Diese müssen zurück auf die eigentlichen Achsen überführt werden, um sie mit anderen Infrastrukturdaten und den Unfällen kombinieren zu können.
- Unfälle liegen als ein Punktdatensatz mit geografischen Koordinaten vor. Diese müssen auf die Abschnitte, Knoten oder Siedlungsflächen referenziert werden, um Zusammenhänge zwischen dem Unfallgeschehen und der zugehörigen Infrastruktur ermitteln zu können.

Die Daten der drei untersuchten Strassennetze der Kantone Basel-Stadt, Bern und Zürich weisen zusätzlich eine hohe Heterogenität auf:

- Datenumfang: Welche Daten sind vorhanden?
- Datenabdeckung: Für welche Strassen sind Daten vorhanden?
- Datenmodelle: Gemäss welchen Schemata sind die Daten erfasst?
- Datenstrukturen: In welcher Form sind die Daten gespeichert?
- Datenbeschreibung: Sind Metadaten vorhanden (in welcher Form)?

Weitere Ausführungen hierzu finden sich im Anhang II *Daten*.

Der zweite Schritt umfasst die weitere Einteilung des Strassennetzes in – soweit möglich – homogene Abschnitte bzw. Bereiche. Homogen bezieht sich hier auf möglichst konstante Rahmenbedingungen hinsichtlich verkehrlicher und infrastruktureller Merkmale. Thematische Unterschiede in diesen Dimensionen resultieren in einer Varianz der Unfallzahlen. Deren Erklärung durch entsprechende statistische Analysen bildet die Grundlage für die Beschreibung der Zusammenhänge zwischen Infrastruktur und Unfallgeschehen.

Die Einteilung in homogene Streckenabschnitte ist dabei ein Kompromiss zwischen einer weitestgehend ähnlichen Ausprägung der Infrastrukturmerkmale und ausreichenden Streckenlängen für die Modellierung. Sehr kurze Streckenlängen können folgende Auswirkungen auf die Analyse haben:

- Hoher Anteil an Strecken ohne Unfälle: Dies führt zu sehr kleinen mittleren Unfallzahlen. Im Rahmen der Modellierung (Anpassung an Verteilungsfunktion, siehe auch Kapitel 4.4) kann dies zur Unterzufälligkeit führen, welche sich mit den erprobten Verfahren nur bedingt statistisch beschreiben lässt.
- Ändert sich die Infrastrukturcharakteristik auf einem sehr kurzen Streckenabschnitt z. B. einer Ausserortsstrasse, kann durch den Verkehrsteilnehmer nur bedingt eine Verhaltensanpassung erfolgen (z. B. Geschwindigkeitsreduktion) bzw. erfolgt später entlang des Streckenverlaufs („stromabwärts“). Das Unfallgeschehen als Resultat des Verhaltens aufgrund der Infrastrukturcharakteristik bildet sich damit erst bei längeren Abschnitten aus.

Die Einteilung in homogene Abschnitte ist vom Strassentyp oder den gefahrenen Geschwindigkeiten aber auch technisch von der Datenqualität bzw. der Datenstruktur abhängig. Die Einteilung erfolgt daher spezifisch für jedes Untersuchungskollektiv.

4.1.2 Vorgehen

Das Ergebnis der Datenaufbereitung ist eine Tabelle, in der zeilenweise (homogene) Abschnitte, Bereiche oder Knotenpunkte aufgelistet sind, inklusive Angaben zur Infrastrukturgestaltung, zu den vorliegenden Verkehrsmengen sowie den entsprechenden Unfallzahlen.

Klassifizierung des Netzes

Grundsätzlich wird in der Analyse zwischen den beiden Strassentypen „verkehrsorientiert“ und „siedlungsorientiert“ unterschieden. Verkehrsorientierte Strassen sollen den Verkehr möglichst bündeln und sicher in Abhängigkeit der vorhandenen Verkehrsstärke abwickeln. Es bedarf also mindestens der Angaben zum DTV (als Expositionsgrösse), welche in den meisten Fällen für diesen Strassentyp auch vorliegen. Siedlungsorientierte Strassen sollen möglichst wenig Verkehr (nur Quell- und Zielverkehr) aufweisen, um ein hohes Sicherheitsniveau bereitzustellen. Damit ist die Verwendung des DTV als Expositionsgrösse nicht zielführend, häufig liegen auch keine Angaben zum DTV für diesen Strassentyp vor. Indirekt kann das Verkehrsaufkommen in einem siedlungsorientierten Netz (z. B. Wohngebiet) auch über die Netzstruktur (z. B. Möglichkeiten für Durchgangsverkehr) abgeschätzt bzw. beschrieben werden. Aus diesen Überlegungen heraus werden:

- verkehrsorientierte Strassen linienhaft über Streckenabschnitte und Knotenpunkte und
- siedlungsorientierte Strassen über Teilnetze bzw. Flächen beschrieben, welche von verkehrsorientierten Strassen begrenzt sind.

Für Ausserortstrassen trifft nur der erste Punkt zu.

Siedlungsorientierte Teilnetze

Siedlungsorientierte Strassen werden flächenhaft durch verkehrsorientierte Strassen ein- bzw. abgegrenzt. Hierbei können sich auch sehr kleine Teilnetze ergeben, welche schwierig zu analysieren sind. Andererseits ist aber auch die Grösse eines Teilnetzes ein potenzieller Einflussfaktor des Unfallgeschehens (z. B. Attraktivität für Durchgangsverkehr). Daher werden vergleichend zwei Aggregationsstufen von Siedlungsgebieten parallel analysiert. Neben den einzelnen Siedlungsgebieten (*detailliert*) werden auch zu grösseren Gebieten aggregierte Teilnetze (*aggregiert*) analysiert.

Anschlussknoten von siedlungsorientierten an verkehrsorientierte Strassen sind kein Bestandteil der siedlungsorientierten Teilnetze, werden aber als Attribute zur Beschreibung eines Siedlungsgebietes mit herangezogen. In einem ersten Schritt können die Teilnetze automatisch abgegrenzt werden, um sie im Anschluss manuell anzupassen. Dabei sind folgende Sachverhalte zu berücksichtigen:

- (Daten-)Lücken im verkehrsorientierten Netz schliessen (Abb. 4.4 links)
- Allenfalls sehr kleiner Teilnetze zusammenfassen (Abb. 4.4 Mitte)
- Prüfen von Teilnetzen im Randbereich (Aussengrenze häufig keine verkehrsorientierte Strasse, Abb. 4.4 rechts)
- Nur Berücksichtigung von befahrbaren Strassen (Strassen, welche nur für den Lieferverkehr freigegeben sind oder Fusswege, werden ignoriert).



Abb. 4.4 Beispiel für die Aufbereitung des siedlungsorientierten Strassennetzes in Basel-Stadt

Verkehrsorientierte Strassennetze

Auf verkehrsorientierten Strassen sind grundsätzlich drei Netzbestandteile zu unterscheiden:

- freie Strecke ausserhalb von Knoten
- Knoten zwischen mindestens zwei verkehrsorientierten Strassen
- Anschlussknoten von siedlungsorientierten an verkehrsorientierte Strassen

Die freie Strecke sowie die Anschlussknoten werden zu Strassenzügen (Abschnitten) zusammengefasst und gemeinsam bewertet.

In Abb. 4.5 ist exemplarisch eine Aufbereitung des Netzes von Basel-Stadt dargestellt, welches eine entsprechende Einteilung in verkehrs- und siedlungsorientierte Netzelemente enthält. Hier ist die Kategorisierung aufgrund der Datenlage vergleichsweise einfach bzw. wurde manuell aufgrund des überschaubaren Netzes angepasst.



Abb. 4.5 Einteilung des Strassennetzes in verkehrs- und siedlungsorientierte Netzelemente

In den GVM-Netzen der Kantone Bern und Zürich muss zusätzlich eine Differenzierung der Ortslage erfolgen. Eine eindeutige Information dazu steht aber nur für das Kantonsstrassennetz zur Verfügung. Für einen Grossteil der Innerortsstrassen (es fehlten z. B. auch komplette Stadtbereiche für Zürich und Winterthur) liegen nur die Informationen aus dem GVM vor, welche aber nicht immer eine eindeutige Zuordnung zur Ortslage sowie der Einteilung verkehrs-/siedlungsorientiert zulassen. In diesen Fällen wird eine iterative Klassifizierung unter zusätzlicher Berücksichtigung des CORINE-Datensatzes vorgenommen. Im Ergebnis fallen bestimmte Strassennetzbereiche aus der Analyse heraus, da diese nicht klassifiziert werden können.

Basis des Analysenetzes in den Kantonen Bern und Zürich stellt das GVM dar. Grund ist die grössere Abdeckung. Die sehr detaillierte Abbildung des Netzes (z. B. einzelne Fahrstreifen / Fahrbeziehungen innerhalb grosser Knotenpunkte; Abbildung von Rampen, Nebenanlagen, ÖV-Strecken und Fusswegen) bedingt Ungenauigkeiten bei der Unfallzuordnung, wird aber aus Aufwandsgründen nicht weiter aufbereitet. Ein Teil dieser Ungenauigkeiten soll durch die grössere Anzahl an analysierten Strecken und Knoten (grössere Stichprobe) wieder ausgeglichen werden. Eine Abgrenzung von Siedlungsgebieten (Flächen) wird aktuell ebenfalls in Bern und Zürich nicht vorgenommen. Ein Beispiel für die Streckenklassifizierung für den Kanton Bern findet sich in Abb. 4.6.

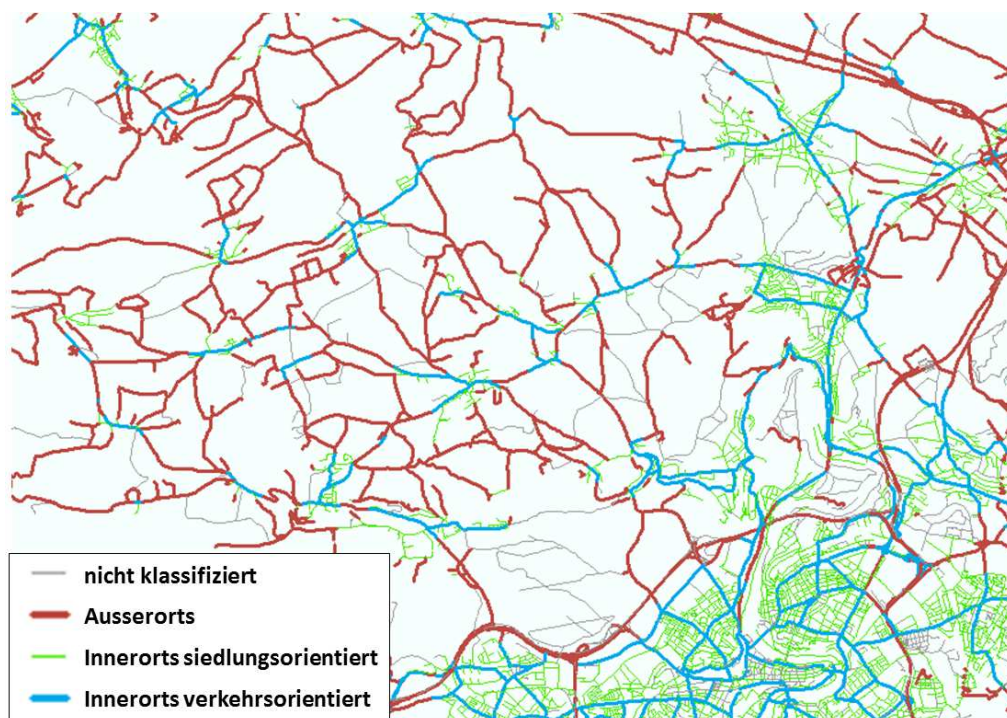


Abb. 4.6 Beispiel Analysenetz mit Streckenklassifizierung auf Basis GVM Kanton Bern

Knoten zwischen verkehrsorientierten Strassen ergeben sich, wenn mindestens drei Zufahrten als verkehrsorientierte Strassen klassifiziert sind. Wenn mindestens eine Knotenzufahrt eine Innerortsstrasse ist, wird der Knoten als Innerortsknoten klassifiziert. Ein Beispiel für die Knotenklassifizierung findet sich in Abb. 4.7. An dieser Abbildung wird auch deutlich, dass die automatisierte Klassifizierung ihre Grenzen hat. So werden beispielsweise Brücken innerorts aufgrund ihrer Attributausprägung gemäss GVM Zürich in manchen Fällen als Ausserortsstrassen klassifiziert.

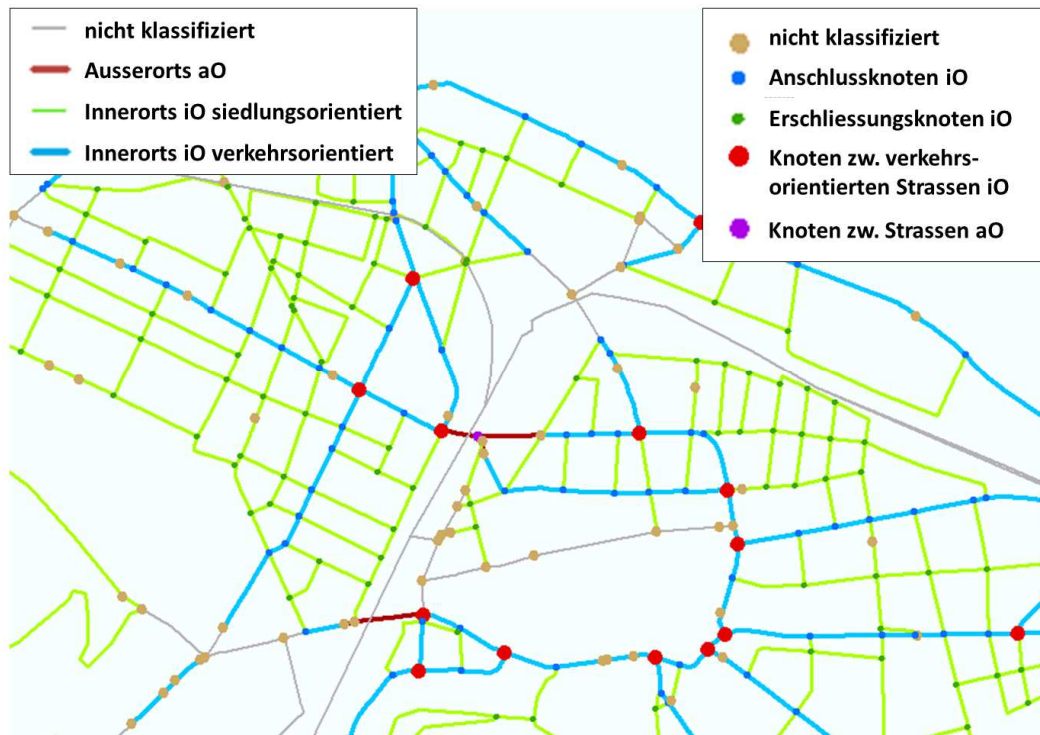


Abb. 4.7 Beispiel Analysenetz mit Knotenklassifizierung auf Basis GVM Kanton Zürich

Bildung homogener Abschnitte

Im ersten Schritt werden möglichst grosse und zusammenhängende Abschnitte gebildet, ohne Berücksichtigung weitere Infrastrukturattribute. Diese werden durch folgende Randbedingungen begrenzt:

- Innerorts durch einen Knoten zwischen verkehrsorientierten Strassen
- Ausserorts durch den Beginn einer Ortschaft oder die Maximallänge von 10 km

Ziel dieses Arbeitsschrittes ist es, möglichst lange Streckenabschnitte zu erhalten. Verfahrenstechnisch ist dies einfacher als Abschnitte unter Berücksichtigung aller Merkmale iterativ zu aggregieren. Diese Aggregation wird durch Lücken im Netz sowie die willkürliche Orientierung bzw. Digitalisierungsrichtung der Strecken im GVM erschwert. Die Optimierungsaufgabe besteht darin, möglichst ähnlich lange Abschnitte zu bilden.

Im zweiten Schritt werden alle Infrastruktur- und Verkehrsinformationen auf ein gemeinsames Analysenetz referenziert (GVM in Bern und Zürich). Durch die Überlappung wird das Netz sehr fein eingeteilt (siehe Abb. 4.8; weitere technische Ausführungen dazu in Kapitel II.5.1 im Anhang).

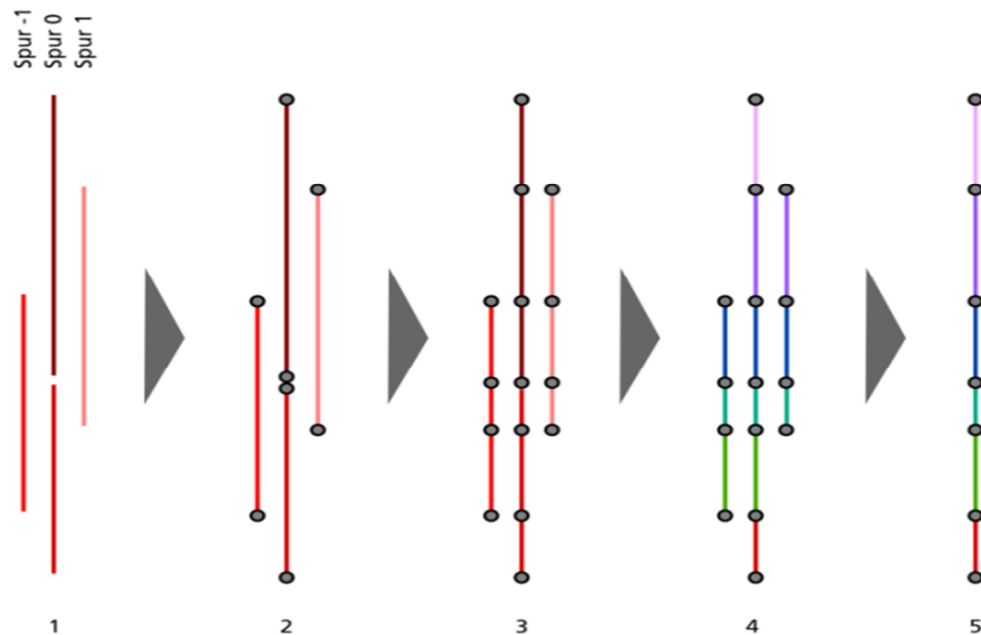


Abb. 4.8 Überlappung von Kanten mit unterschiedlichen Infrastrukturinformationen

Für die finale Einteilung des Analysenetzes werden verschiedene Infrastrukturattribute verwendet. Vorrangig sind dies Strassentyp, Zuständigkeit, Anzahl Fahrstreifen, Einbahnstrasse, Vorhandensein Radverkehrsanlagen und weitere Merkmale. Ziel ist die Bildung weitestgehend homogener Abschnitte. Der Anteil der sehr kurzen Abschnitte soll dabei möglichst gering gehalten werden. Dementsprechend kann nicht gewährleistet werden, dass alle Infrastrukturattribute innerhalb eines Abschnittes homogen sind. Dies wird dann über Mittelwertbildung (z. B. längengewichteter DTV) oder über Mindestanteilswerte (z. B. mindestens 50 % der Abschnittslänge weisen einen Radstreifen auf) abgefangen. Sehr kurze Abschnitte, welche bezogen auf die Länge anteilmässig kaum relevant sind, werden aus der Analyse ausgeschlossen. Das sind Abschnitte mit Längen von weniger als 100 m Ausserorts und von weniger als 25 m innerorts. Sehr lange Abschnitte (vorrangig auf Ausserortsstrassen) oberhalb von 3-4 km werden – soweit Knoten vorhanden sind – auch bei einer homogenen Charakteristik unterteilt.

Bildung von Analyseknöten

Die nun klassifizierten Knoten enthalten nur Informationen, welche bereits im GVM diesen zugewiesen waren. Das sind Angaben zum DTV und der Verkehrsregelung bzw. Knotenform (z. B. LSA, Kreisverkehr). Weitere Infrastrukturattribute müssen aus den Strecken, welche die Zufahrten zum Knoten bilden, abgeleitet werden. Hierzu gehören Anzahl Zufahrten, Anzahl Fahrstreifen, DTV in Haupt- und Nebenrichtung, Geschwindigkeitsbeschränkung und andere Attribute. Über die jeweiligen Zufahrten werden entsprechende Streckenattribute dem Knoten zugewiesen und in Knotenattribute überführt (z. B. Zuweisung der höchsten Geschwindigkeitsbeschränkung in einer Zufahrt an den Knoten).

Ausserdem müssen Teilknöten zu Analyseknöten zusammengefasst werden. Im GVM Bern stehen hierzu die Objekte der Oberknöten zur Verfügung. Auf dem Kantonsstrassennetz des Kantons Zürich stehen Polygone für Kreisverkehre zur Verfügung. Für den Grossteil der Knöten sind aber keine Informationen für die Aggregation vorhanden. Es werden daher Puffer um die Knöten gebildet (Ausserorts mit einem Radius von 50 m, Innerorts mit einem Radius von 25 m). Liegt ein Knoten innerhalb des Puffers eines anderen Knöten, werden beide einem Analyseknöten zugeordnet.

Referenzierung Unfälle

Im letzten Schritt werden die Unfälle den Streckenabschnitten und Analyseknöten zugewiesen.

Die Referenzierung der Unfälle auf Strecken geschieht üblicherweise über die RBBS-Attribute. Diese stehen aber nur für die Unfälle aber nicht für das (letztendlich) generierte Analysenetz zur Verfügung. Aus diesem Grund wird eine einfache räumliche Zuweisung über entsprechende Korridore (Puffer) um die Strecken vorgenommen. In Basel-Stadt liegen entsprechende Breiten für das gesamte Netz vor, welche als Ausgangspunkt für die Wahl einer passenden Puffergrösse herangezogen werden können. In Bern und Zürich werden – wo vorhanden – ebenfalls die Fahrbahnbreiten, ansonsten angepasste Puffergrößen verwendet.

Im Zusammenhang mit der Unfallzuordnung an Knoten wird immer wieder die Rolle von Annäherungs- oder Einflussbereichen diskutiert (siehe u. a. [12] oder [33]). Es wird davon ausgegangen, dass Knoten sich hinsichtlich des Unfallgeschehens bis in die Zufahrten hinein auswirken. Dieser Einfluss kann sowohl positiv (z. B. weniger Unfälle aufgrund geringerer Geschwindigkeiten) oder negativ (z. B. mehr Unfälle aufgrund querender Fussgänger im weiteren Knotenbereich oder Auffahrunfälle vor Signalgebern einer LSA) sein. Die Länge des Einflussbereiches ist von mehreren Faktoren abhängig (z. B. Geschwindigkeitsniveau, Wartepflicht, Verkehrsregelung). Die Ermittlung der Länge und des Effekts eines Einflussbereiches ist aufwändig und wird daher in Phase 1 zurückgestellt.

Unfälle werden über einfache Umkreise den Knoten zugeordnet (siehe rechtes Bild in Abb. 4.9). Innerorts werden Umkreise mit einem Radius von 25 m, ausserorts mit einem Radius von 50 m gebildet.

Es werden nur Knoten zwischen drei oder mehr verkehrsorientierten Strassen für die Unfallanalyse separat betrachtet und nur diesen Knoten werden auch Unfälle zugeordnet. Anschlussknoten bzw. deren Unfälle (innerorts zwischen verkehrsorientierten und siedlungsorientierten Strassen) werden nicht separat, sondern im Rahmen der Streckenabschnittsanalyse analysiert.

Ausnahme bilden die Knoten in Basel: Hier werden Polygone für jeden Knoten entsprechend der räumlichen Situation gebildet (siehe Abb. 4.9 links). Die Knotenpolygone werden über die Aussenkanten der Fussgängerstreifen oder die Enden der Eckausrundungen (wenn keine Markierung vorhanden) definiert.

Unfälle auf Nationalstrassen werden von vornherein aus der Analyse ausgeschlossen. Einerseits sollen diese zu einem späteren Zeitpunkt noch in einer separaten Analyse untersucht werden. Andererseits verlaufen die Nationalstrassen häufig entlang von Brückenbauwerken über das nachgeordnete Netz. Hierbei kann es bei einer einfachen räumlichen Unfallzuweisung zu fehlerhaften Referenzierungen kommen.

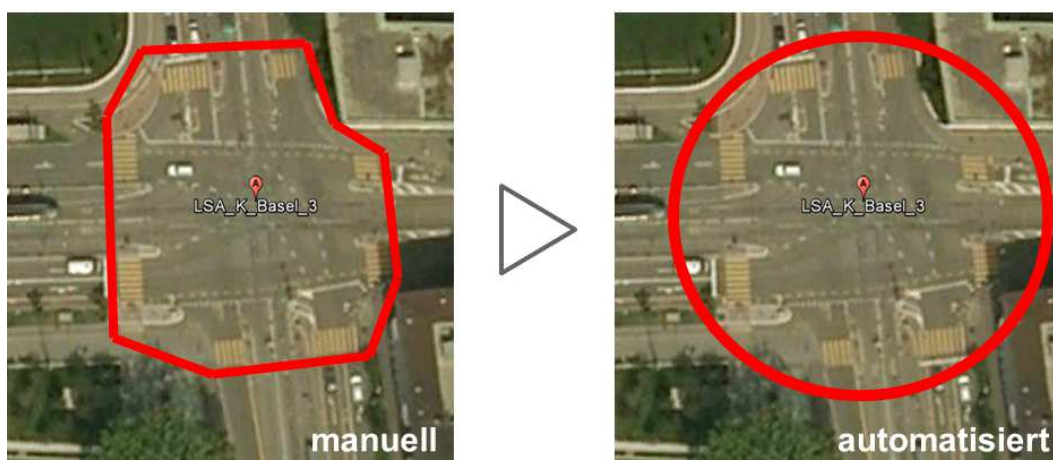


Abb. 4.9 Abgrenzung Knoten für Unfallreferenzierung nach örtlichen Gegebenheiten (links) und automatisiert (rechts) (Luftbilder google maps)

4.2 Variablen (Einflussgrössen)

Aus den aufbereiteten Daten werden Variablen für die Unfallanalyse abgeleitet. Es wird dabei zwischen metrischen und kategorialen Variablen unterschieden. Kategoriale Variablen werden dichotomisiert, d. h. in Variablen mit einer 0/1-Ausprägung (Merkmal nicht vorhanden / Merkmal vorhanden) überführt.

In Abb. 4.10 sind die zu untersuchenden potenziellen Einflussvariablen für die Streckenabschnitte aufgeführt. Diese sind nach den folgenden Variablengruppen eingeteilt:

- Unter der Gruppe *Verkehr* finden sich Kenngrössen zur Beschreibung des motorisierten Verkehrs (DTV), des Schwerverkehrs (SV) und des öffentlichen Verkehrs (OeVPers). Diese basieren nicht auf Zählraten, sondern sind aus den Modellen abgeleitet.
- Unter der Gruppe *Netz* finden sich Variablen zur Beschreibung des Netzelements bzw. der Netzcharakteristik. Die Anschlussknotendichte kann nur für Innerortsstrassen beschrieben werden. Die Hügeligkeit wird aus der Längsneigung der Teilabschnitte innerhalb eines homogenen Abschnitts berechnet (längengewichteter Mittelwert der prozentualen Längsneigungen). Die Kurvigkeit wird aus den Winkeländerungen entlang der Strecke berechnet (auf Basis der digitalen Netzgrundlage).
- Unter der Gruppe *Querschnitt* finden sich Variablen zur Beschreibung des Strassenquerschnitts. Die Anzahl der Fahrstreifen bezieht sich auf die Geradeausfahrstreifen des Querschnitts. Abbiegefahrstreifen an Knoten spielen keine Rolle. Fahrstreifenbreiten werden aus der kantonalen Fahrstreifenbreite und der Anzahl der Fahrstreifen des GVM-Netzes berechnet (Abweichungen zwischen beiden Datensätzen können Variablen verfälschen). Die Fahrstreifenbreiten werden in drei Gruppen eingeteilt. Breiten unterhalb von 3 m werden als schmale Fahrstreifen und oberhalb von 4 m als breite Fahrstreifen kategorisiert. Radverkehrsanlagen werden in Radstreifen (auf der Fahrbahn) und Radwege (neben der Fahrbahn) eingeteilt. Diese Daten können weiterhin nach ein- und beidseitiger Führung unterschieden werden, diese Differenzierung wird in der Modellierung aber meistens nicht genutzt (sehr kleine Stichprobe).
- Unter der Gruppe *Verkehrsregelung* finden sich Variablen zur Beschreibung von Geschwindigkeitsbeschränkungen. In Abhängigkeit der Ortslage wird das Tempolimit in zwei Gruppen kategorisiert: Es wurde zwischen Beschränkungen unterhalb und oberhalb des üblichen Niveaus (innerorts 50 km/h; ausserorts 80 km/h) unterschieden. Im Kanton Bern stehen keine Daten zur Verfügung, hier wurden ersatzweise die v_0 -Kennwerte aus dem GVM angesetzt. Diese sind nicht deckungsgleich mit der tatsächlichen Geschwindigkeitsbeschränkung, lassen aber zumindest eine Abschätzung dieses Attributs zu.

Abb. 4.10 Variablen zur Beschreibung der *Strecken*

Gruppe	Variable	Einheit	Beschreibung	Niveau
Verkehr	DTV	[Fz/d]	durchschnittlich täglicher Verkehr	metrisch
	SV	[%]	Schwerverkehrsanteil	metrisch
	OeVPers	[Pers/d]	Fahrgäste des ÖV pro Tag	metrisch
	Tram	[-]	Strassenbahn vorhanden	kategorial
	TramH	[Tram/h]	Strassenbahnfahrzeugmenge, Tag 6-22Uhr	metrisch
Netz	L	[km]	Länge Netzabschnitt	metrisch
	AKD	[AK/km]	Anschlussknotendichte	metrisch
	Hueg	[-]	Hügeligkeit	metrisch
	Kurv	[gon/km]	Kurvigkeit	metrisch
			Strasstyp / Zuständigkeit	
	Typ	[-]	(HLSKt - kantonale Hochleistungsstrasse, HVS - Hauptverkehrsstrasse, RVS - Regionale Verbindungsstrasse, Ge - Gemeindestrasse)	kategorial
Querschnitt	AnzFs	[-]	Anzahl Fahrstreifen am Querschnitt (<2 FS / >2 FS)	kategorial
	Einb	[-]	Einbahnstrasse	kategorial
	FSB	[m]	Fahrstreifenbreite	metrisch
		[-]	Kategorien (<3m / >4m)	kategorial
	RFS	[-]	Radfahrstreifen (einseitig / beidseitig)	kategorial
	RW	[-]	Radweg (einseitig / beidseitig)	kategorial
Verkehrsregelung	vzul	[-]	zulässige Höchstgeschwindigkeit (< 50 / > 50 bzw. <80 / >80 km/h)	kategorial

In Basel Stadt stehen zusätzliche Variablen, u. a. durch manuelle Nacherhebungen, zur Verfügung. Diese sind in der Tabelle in Abb. 4.11 aufgeführt.

- Unter der Gruppe *Umfeldnutzung* finden sich Variablen zur Beschreibung des Strassenumfelds bzw. der Randnutzung. Die hohe geschäftliche Nutzung (HGN) wird qualitativ über den Geschäftsbesatz beidseitig der Strasse definiert. Für jeden Einzelabschnitt wird festgehalten, ob dort Geschäfte (z. B. des Einzelhandels) vorhanden sind. Nach der Aggregation von Netzabschnitten ergibt sich der Anteil der Teilabschnitte mit geschäftlicher Nutzung (HGNAnt). HGN als kategoriale Grösse wird ab einem Anteil von mehr als 50 % der Teilstrecken mit geschäftlicher Nutzung definiert. Besondere punktuelle Nutzungen ergeben sich dann, wenn neben der Strasse zentrale Ziele, wie ein Spital oder eine Messe vorhanden sind. Die Variablen zur touristischen und wirtschaftlichen Bedeutung werden aus Daten von Basel-Stadt abgeleitet. Die Daten wurden als Faktoren zur Beschreibung der *mittleren* und *hohen Bedeutung* dieser Attribute kategorisiert. Eine genaue Beschreibung der Einteilung der Originaldaten steht nicht zur Verfügung.
- Unter der Gruppe *Querschnitt* finden sich zusätzliche Variablen zu Aufbau und Nutzung des Querschnitts. Unter baulicher Mitteltrennung (z. B. Mittelstreifen) sowie dem Anteil der Abschnitte mit Mittelinseln werden baulich unterstützte Querungsmöglichkeiten für Fussgänger abgebildet. Neben den bereits erwähnten Radverkehrsanlagen wird auch die Nutzung des Querschnitts durch Parkierer (einseitig oder beidseitig) beschrieben.
- Unter der Gruppe *öffentlicher Verkehr* (ÖV) finden sich Variablen zur Beschreibung der baulichen Gestaltung von Tramgleisen sowie Angaben zur Lage von Tramhaltestellen innerhalb des Querschnitts. Separat markierte Busfahrstreifen wurden ebenfalls nacherhoben, die Anzahl der Buskurse stammt aus dem gelieferten Datensatz.

Abb. 4.11 (zusätzliche) Variablen zur Beschreibung der *Strecken* in Basel-Stadt; u. a. aus manuellen Nacherhebungen

Gruppe	Variable	Einheit	Beschreibung	Niveau
Umfeldnutzung	HGNAnt	[-]	Anteil geschäftliche Nutzung	metrisch
	HGN	[%]	hohe geschäftliche Nutzung (>50%)	kategorial
	BesNutz	[-]	besondere punktuelle Nutzung (Spital, Uni etc.)	kategorial
	ToBe	[-]	erhöhte touristische Bedeutung	kategorial
	WiBe	[-]	erhöhte wirtschaftliche Bedeutung	kategorial
Querschnitt	MT	[-]	bauliche Mitteltrennung vorhanden	kategorial
	AntMi	[%]	Anteil (Teilabschnitt mit) Mittelinseln	metrisch
	RFS	[-]	Radfahrstreifen (einseitig/beidseitig)	kategorial
	RW	[-]	Radweg (einseitig/beidseitig)	kategorial
	Pein	[-]	Parkieren einseitig	kategorial
	Pbeid	[-]	Parkieren beidseitig	kategorial
ÖV	TramMV	[-]	Tram im Mischverkehr	kategorial
	TramBK	[-]	Tram auf eigenem Bahnkörper	kategorial
	HSML	[-]	Haltestelle in Mittellage	kategorial
	HSSL	[-]	Haltestelle in Seitenlage	kategorial
	Busspur	[-]	Busfahrstreifen	kategorial
	Buskurse	[B/d]	Anzahl Buskurse	metrisch

In Abb. 4.12 sind die zu untersuchenden potenziellen Einflussvariablen für die Knoten aufgeführt. Diese orientieren sich, wenn nicht anders beschrieben, an den Variablen der Strecken. Die Variablen sind nach den folgenden Variablengruppen eingeteilt:

- Der DTV wird als Summe der Knotenüberfahrten sowie getrennt nach Haupt- und der Nebenrichtung beschrieben. Die Hauptrichtung sind die vorfahrtberechtigten Zufahrten, wenn keine LSA vorhanden oder in Betrieb ist. Da entsprechende Informationen zur Beschilderung nicht vorlagen, wurde diese Klassifizierung über die Höhe des DTV in den Zufahrten abgeschätzt. Diejenigen Zufahrten mit den höchsten zufließenden Strömen des MIV werden als Hauptrichtung klassifiziert. Es wird Fälle geben, bei denen diese nicht der tatsächlichen Hauptrichtung entsprechen, was es bei der Interpretation der Resultate der Analyse zu berücksichtigen gilt. Aus den DTV der Haupt- und Nebenrichtung wurde zusätzlich noch das DTV-Verhältnis berechnet ($\text{DTV}_{\text{Hauptrichtung}} / \text{DTV}_{\text{Nebenrichtung}}$). Im Datensatz waren auch Knoten vorhanden, welche keine zufließenden motorisierten Verkehrsströme enthielten. Das ist dann der Fall, wenn z. B. eine Einbahnstrasse am Knoten anschliesst und nur Verkehr abfließen kann. In diesen Fällen wurde der DTV der Nebenrichtung auf 1 gesetzt, um auch den DTV der Nebenrichtung entsprechend im Modell berücksichtigen zu können. Das DTV-Verhältnis wurde auf Werte bis 50 beschränkt. Bei sehr kleinen zufließenden Strömen aus der Nebenrichtung resultieren entsprechend grosse Verhältnisse, welche zu Verzerrungen in der Modellierung führen können.
- Unter der Gruppe *Form / Verkehrsregelung* finden sich Variablen zur Beschreibung der baulichen Form (z. B. Kreuzung, Kreisverkehr) sowie der Verkehrsregelung (z. B. Lichtsignalanlage). Diese Informationen liegen sowohl im GVM als auch in den kantonalen Datensätzen vor und werden beide berücksichtigt. Zusätzliche Informationen zur Lichtsignalregelung werden aus dem kantonalen Datensatz abgeleitet. Es werden Knoten abgegrenzt, bei denen die Lichtsignalanlage während der Schwachlastzeiten abgeschaltet ist, die Teil einer Koordinierung sind oder bei denen Rotlichtmissachtungen überwacht werden.

- Unter der Gruppe *Zufahrten* finden sich Variablen zur Beschreibung der Charakteristik der Knotenzufahrten. Die Anzahl der Fahrstreifen der Hauptrichtung dienen als Stellvertretergrößen zur Beschreibung grösserer, komplexer Knoten. Hinsichtlich des Strassentyps bzw. der Zuständigkeit wurde jeweils die Zufahrt mit dem höchsten Rang (Reihenfolge: HLS → HVS → RVS → Ge) gewählt. Als zulässige Höchstgeschwindigkeit wird jeweils das höchste Tempolimit der Hauptrichtung ausgewählt.

Abb. 4.12 untersuchte Variablen *Knoten*

Gruppe	Variable	Einheit	Beschreibung	Niveau
Verkehr	DTV	[Fz/d]	durchschnittlich täglicher Verkehr (Knotenüberfahrten)	metrisch
	KMajQ	[Fz/d]	durchschnittlich täglicher Verkehr der Hauptrichtung	metrisch
	KMinQ	[Fz/d]	durchschnittlich täglicher Verkehr der Nebenrichtung	metrisch
	DTVverh	[-]	Verhältnis zw. DTV der Haupt- und Nebenrichtung	metrisch
	SV	[%]	Schwerverkehrsanteil (Mittelwert Knoten)	metrisch
	Tram	[-]	Strassenbahn vorhanden	kategorial
Form / Verkehrsregelung	Kr	[-]	Kreuzung (>3 Zufahrten)	kategorial
	Vf	[-]	kein KVP, kein LSA	kategorial
	KVP	[-]	Kreisverkehr (aus GVM und kt. Datensatz)	kategorial
	LSA	[-]	Lichtsignalanlage (aus GVM und kt. Datensatz)	kategorial
	LSAKDb	[-]	LSA nicht im Dauerbetrieb	kategorial
	LSAKoord	[-]	LSA innerhalb Koordinierung (aus GVM und kt. Datensatz)	kategorial
	LSAÜRot	[-]	LSA mit Überwachung Rotlichtmissachtung	kategorial
Zufahrten	AnzFs	[-]	Anzahl Fahrstreifen in Hauptrichtung (<2 FS / >2 FS)	kategorial
	RFS	[-]	Radfahrstreifen	kategorial
	RW	[-]	Radweg	kategorial
			Strassentyp / Zuständigkeit (jeweils höchstrangiger)	
	Typ	[-]	(HLSA - Anschluss Hochleistungsstrasse, HVS - Hauptverkehrsstrasse, RVS - Regionale Verbindungsstrasse, Ge - Gemeindestrasse)	kategorial
	vzul	[-]	zulässige Höchstgeschwindigkeit der Hauptrichtung (< 50 / > 50 bzw. <80 / >80 km/h)	kategorial

In Abb. 4.13 sind die zu untersuchenden, potenziellen Einflussvariablen für die Siedlungsgebiete aufgeführt. Es werden aktuell nur Siedlungsgebiete in Basel-Stadt analysiert:

- Die Netzlänge bezieht sich auf das gesamte siedlungsorientierte Strassennetz innerhalb eines Siedlungsgebietes. Ein Teilkollektiv dieses Netzes wird mit Tempo 30 betrieben. Alternativ kann das Gebiet auch über die Fläche sowie den Umfang beschrieben werden, welche aber miteinander und mit der Netzlänge stark korrelieren. Über die Anzahl an Anschlussknoten an das verkehrsorientierte Netz sowie deren Dichte soll u. a. das Potenzial für Durchgangsverkehr beschrieben werden, aber auch wie gut Ziele innerhalb des Siedlungsgebietes erreichbar sind. Gesperrte Zufahrten, welche bspw. nur für den Langsamverkehr nutzbar sind, können mit den vorhandenen Daten nicht abgegrenzt werden. Die Anzahl an Erschliessungsknoten sowie deren Dichte dient einerseits der Beschreibung der Anzahl an potenziellen Konflikten aber auch (stellvertretend) für den Grad der Geschwindigkeitsdämpfung. Der zweite Punkt resultiert aus der Überlegung, dass Erschliessungsknoten in den meisten Fällen mit Rechtsvortritt betrieben werden, durch dessen Wartepflicht in allen Zufahrten eine Geschwindigkeitsreduktion erzwungen wird. Der Anteil der bebauten Fläche wird stellvertretend als Kenngrösse zur Beschreibung des Verkehrsaufkommens – vor allem auch des Fussgängerverkehrs – im Gebiet verwendet.

Abb. 4.13 untersuchte Variablen *Siedlungsgebiete*

Gruppe	Variable	Einheit	Beschreibung	Niveau
Netz	NL	[km]	Netzlänge im Siedlungsgebiet	metrisch
	NL30	[km]	Netzlänge im Siedlungsgebiet mit Tempo 30	metrisch
	Ant30	[-]	Anteil Netzlänge mit Tempo 30 an gesamter Netzlänge	metrisch
	FL	[km ²]	Fläche des Siedlungsgebiets	metrisch
	Umf	[km]	Umfang der Fläche des Siedlungsgebiets	metrisch
	AK	[-]	Anzahl Anschlussknoten an verkehrsorientiertes Netz	metrisch
	AKD	[-]	Anschlussknotendichte bezogen auf den Umfang	metrisch
	EK	[-]	Anzahl Erschliessungsknoten zw. siedlungsorientierten Strassen	metrisch
	EKD	[-]	Erschliessungsknotendichte bezogen auf die Netzlänge	metrisch
	AntBeb	[%]	Anteil bebaute Fläche im Siedlungsgebiet	metrisch

Angaben zu spezifischen Stichprobengrössen und Bandbreiten der Variablen finden sich im Anhang im Kapitel III. Es ist dort aufgeführt, welche Variablen tatsächlich für die konkrete Ortslage und den Netzbereich in einem Kanton verwendet werden. Dort sind auch die Variablen nach unterschiedlichen Stufen kategorisiert, welche den jeweiligen (flächenhaften) Datenverfügbarkeiten entsprechen. Stufe 1 für Strecken im Kanton Zürich berücksichtigt alle in der Untersuchung klassifizierten Strassen des GVM. Stufe 3 für Strecken im Kanton Zürich berücksichtigt nur noch die Kantonsstrassen. Gemeindestrassen sowie die Städte Zürich und Winterthur werden nicht berücksichtigt. In der Unfallanalyse werden dann separate Modelle für alle Stufen berechnet.

4.3 Datenstrukturierung

Ziel der Datenstrukturierung ist es, Abhängigkeiten bzw. Korrelationen zwischen den Variablen hinsichtlich Stärke und Richtung zu identifizieren. Die Beschreibung dieser Abhängigkeiten dient dem robusterem Aufbau aber auch der verbesserten Interpretation der Unfallmodelle. Abhängigkeiten zwischen Einflussvariablen können zu folgenden Ergebnissen führen:

- **Scheinkausale Korrelationen:** Ein statistisch signifikantes Merkmal ist nicht ursächlich für einen Einfluss verantwortlich. Häufig korrelieren z. B. Fahrbahnbreite und Anzahl Fahrstreifen miteinander. Ergibt sich für ein Merkmal ein signifikanter Einfluss, kann nicht abschliessend geklärt werden, ob Veränderungen im Unfallgeschehen auf einen zusätzlichen Fahrstreifen oder auf einen breiteren Fahrstreifen zurückzuführen sind.
- **Interaktionseffekte:** Die Höhe des Einflusses wird durch Wechselwirkungen zwischen den Einflussvariablen verzerrt. Die gemeinsame Integration der z. B. stark korrelierenden Fahrbahnbreiten und die Anzahl Fahrstreifen in einem Unfallmodell kann dazu führen, dass beide einen statistisch höheren Effekt zeigen, als dies tatsächlich der Fall ist. Wird dann einer der beiden Variablen aus dem Modell entfernt, verändert sich der Einfluss des anderen vergleichsweise stark bzw. ist auch nicht mehr signifikant.

Es existieren mehrere Möglichkeiten, innere Abhängigkeit zu identifizieren bzw. auszuschliessen:

- Durch eine zielgerichtete Aufbereitung der zu untersuchenden Variablen können potenzielle Abhängigkeiten a priori vermieden werden. Aus diesem Grund wird z. B. der Querschnitt auch über die Anzahl Fahrstreifen und die Fahrstreifenbreite statt über die Fahrbahnbreite allein (=Anzahl Fahrstreifen*Fahrbahnbreite) beschrieben.

- Durch die Berechnung von Korrelationskoeffizienten zwischen allen Paarungen der Variablen und deren Darstellung in einer Korrelationsmatrix können Abhängigkeiten sowie deren Richtung gut illustriert werden. Anhand der Koeffizienten ist auch eine Abschätzung der Stärke der Abhängigkeiten möglich.
- Bei stark korrelierten Variablen können diese mit einer Faktorenanalyse strukturiert werden. Damit können zugrunde liegende (nicht berücksichtigte) Einflüsse abgeleitet werden. Es wird deutlich, welche Gruppen von Variablen ähnliche Effekte innerhalb der Stichprobe abbilden.

In dieser Untersuchung sollen vorrangig die ersten beiden Punkte zur Anwendung kommen. Faktorenanalysen bzw. Hauptkomponentenanalysen werden vorerst nicht zur Anwendung kommen.

Da die Annahme der Normalverteilung für die intervallskalierten Variablen nicht einzuhalten ist, kommt ein nicht-parametrischer bzw. verteilungsfreier Test, wie die Rangkorrelation nach Spearman, zur Anwendung. In Korrelationsmatrizen werden die Korrelationskoeffizienten Spearmans Rho und die zugehörigen Signifikanzniveaus aufgeführt.

4.4 Modellrechnung Unfallgeschehen

Ziel dieses Analyseschrittes ist die Modellierung (bzw. Erklärung) des Unfallgeschehens anhand von Verkehrs- und Infrastrukturmerkmalen. Damit stehen dann zwei wesentliche Ergebnisse der Analyse zur Verfügung:

- Beschreibung signifikanter Unterschiede im Unfallgeschehen zwischen Strassen mit unterschiedlichen Ausprägungen der Infrastruktur und des Verkehrs.
- Möglichkeiten zur Abschätzung der Höhe und von Veränderungen des Unfallniveaus allein auf Basis verkehrlichen und infrastrukturellen Merkmalen der Strasse.

Es kommen unterschiedliche Analysemethoden in Frage – von einfachen relativen Unfallkenngrößen wie z. B. Unfallraten bis hin zu komplexeren multikriteriellen Modellen.

Auf europäischer Ebene wurden die folgenden Modellformen als state-of-the-art definiert (in Anlehnung an [3]):

Strecke

(auch für Flächen möglich, wenn die innerhalb der Fläche vorhandene Netzlänge angesetzt wird)

$$\mu = \alpha \cdot L^{\beta_1} \cdot Q^{\beta_2} \cdot e^{\sum \gamma_i \cdot x_i}$$

Knoten

$$\mu = \alpha \cdot Q_{HR}^{\beta_1} \cdot Q_{NR}^{\beta_2} \cdot e^{\sum \gamma_i \cdot x_i}$$

μ Erwartungswert der Unfälle in einem Zeitraum

α Konstante

L Länge eines Streckenabschnitts

Q Verkehrsstärke

x Variablen zur Beschreibung der Infrastruktur / Situation (Risikofaktoren)

β Koeffizienten der Exposition

γ Koeffizienten der Infrastrukturattribute

i Indices

Die vorliegenden Untersuchungen stützen sich auf diesen Modellansatz ab. In diesen

Modellen werden mehrere Einflussvariablen (in diesem Sinne mögliche Risikofaktoren) gleichzeitig berücksichtigt. Ausserdem können auch nicht-lineare Zusammenhänge abgebildet werden. Dies spielt u. a. für die Beschreibung des DTV-Einflusses eine Rolle, denn in der Literatur wird immer wieder die Problematik der Verwendung von Raten diskutiert, durch welche einzig lineare Zusammenhänge beschrieben werden können. Dies kann dazu führen, dass Sicherheitsniveaus bei der Abschätzung anhand von Raten über- oder unterschätzt werden.

Die abhängige Variable bzw. der durch das Modell abgeschätzte Erwartungswert wird jeweils in *Unfällen pro Jahr* ausgewiesen. Durch eine entsprechende Festlegung der Expositionsgrössen können aus den Modellen auch Unfalldichten und Unfallraten abgeleitet werden, um auf diese Weise auch mit anderen Untersuchungen vergleichbare Kenngrössen zu generieren.

In dieser Untersuchung werden die Ergebnisse der Modellierung u. a. als sogenannte „Safety Performance Functions“ in Anlehnung an das Highway Safety Manual [13] dargestellt. Dazu wird die Unfalldichte über dem DTV aufgetragen. Es können dann auch mehrere Kurven für verschiedene Einflussvariablen bzw. Risikofaktoren auf diese Weise anschaulich dargestellt werden.

Die Expositionsgrössen sind als Potenzfunktionen im Modell abgebildet. Nähern sich Verkehrsstärke oder Länge eines Abschnitts Null an, besteht kein Risiko für Unfälle (dies trifft allerdings nicht zu, wenn z. B. Unfälle zwischen Fussgängern und Radfahrern modelliert werden). Wird der DTV als Potenzfunktion abgebildet, geht bei einem DTV von Null auch der Erwartungswert der Unfallzahl auf Null. Im Gegensatz dazu werden die Risikofaktoren als Exponentialfunktion abgebildet. Weist ein Merkmal eine Ausprägung von Null auf resp. ist das Merkmal nicht vorhanden, wird der Faktor innerhalb der Modellgleichung mit Eins angesetzt. Der resultierende Erwartungswert bleibt dementsprechend unverändert.

Die (Regressions-)Koeffizienten können nur hinsichtlich ihrer Richtung direkt interpretiert werden. Positive Koeffizienten bedeuten höhere, negative Koeffizienten bedeuten niedrigere Unfallzahlen als in vergleichbaren Situationen. Bei stetigen bzw. metrisch skalierten Variablen (z. B. Länge und DTV) kann anhand des Koeffizienten die Form des Zusammenhangs abgelesen werden. Ein Koeffizient nahe eins beschreibt einen linearen Zusammenhang (proportional). Positive Koeffizienten kleiner eins beschreiben einen degressiv ansteigenden (ähnlich Wurfelfunktion), negative Koeffizienten einen progressiv ansteigenden Zusammenhang (ähnlich quadratischer Funktion). Die Höhe des Koeffizienten kann nicht direkt interpretiert werden, da dieser von der Form der beschriebenen Variable abhängig ist.

Die Ermittlung der Regressionskoeffizienten und der zugehörigen Signifikanzniveaus erfolgt anhand der Methodik der verallgemeinerten linearen Modelle (*Generalized Linear Models*). Ziel ist die Anpassung der Verteilung der Untersuchungsstichprobe auf die Wahrscheinlichkeitsverteilung der Unfälle (Poissonverteilung). Im Vergleich von z. B. verschiedenen Streckenabschnitten sollen anhand der berücksichtigten Einflussvariablen die Unterschiede zwischen den Abschnitten modelliert werden, bis nur noch „zufällige“ Abweichungen der Unfälle über die Zeit übrig sind.

Als Verteilungsfunktion wird vorrangig die negative Binomialverteilung gewählt. Diese stellt mathematisch eine Überlagerung von Poissonverteilung und Gamma-Verteilung dar. Die Poissonverteilung beschreibt die Abweichungen an einer Stelle im Strassennetz über die Zeit. Die Gammaverteilung beschreibt die Abweichungen zwischen den betrachteten Stellen oder Bereichen in einem Kollektiv und stellt damit eine Möglichkeit dar, um Überzufälligkeit zu modellieren bzw. den Einfluss der nicht berücksichtigten Variablen zu minimieren.

Die Berücksichtigung von Variablen im Modell wird auf zwei Arten überprüft:

- Test des Regressionskoeffizienten auf Verschiedenheit von Null anhand des Likelihood-Ratio-Tests (Signifikanzniveau = 0,05)
- Test auf Verbesserung der Anpassungsgüte an die Verteilungsfunktion (Reduzierung nicht-zufälliger Varianz) anhand des Vergleichs der Pearson-Chi-Quadrat-Testgrösse bei Anpassung an die Poissonverteilung im Vergleich von Alternativmodellen

Zusätzlich wird die Anpassungsgüte noch als prozentuale Veränderung zwischen Nullmodell (Modell ohne Expositionsgrössen und Risikofaktoren; analog zum Mittelwert der Stichprobe) und dem finalen Modell evaluiert. Eine Anpassungsgüte von eins bedeutet, dass nur noch zufällige Abweichungen (Varianz) im Modell enthalten sind. Eine Anpassungsgüte oberhalb von eins bedeutet Überzufälligkeit, d. h. es sind noch nicht-zufällige Abweichungen vorhanden. Dies kann dahingehend interpretiert werden, dass nicht alle relevanten Einflussvariablen berücksichtigt wurden.

Die Unfallmodelle werden anhand der Statistiksoftware R erstellt.

Eine ausführlichere Beschreibung der Modellierung sowie entsprechende statistische Hintergründe finden sich u. a. in [3, 14, 44, 103].

5 Ergebnisse

5.1 Korrelationsanalyse

Im Anhang IV.1 sind die Korrelationskoeffizienten für die untersuchten Variablen aufgeführt.

Grundsätzlich sind zwischen den Variablen vergleichsweise wenige Abhängigkeiten festzustellen, eine Faktorenanalyse wird aus diesem Grund aktuell für nicht notwendig erachtet. Ausnahme bilden verschiedene Variablen einer Variablengruppe (z. B. Anzahl Fahrstreifen und Anzahl Fahrstreifen grösser 2 bzw. Anzahl Fahrstreifen kleiner 2), diese werden aber auch nicht gemeinsam in einem Modell berücksichtigt.

Folgende Erkenntnisse lassen sich aus den Korrelationsanalysen für den Aufbau und die Interpretation der Strecken-Unfallmodelle ableiten:

- Höherrangige Strassen (HVS) weisen tendenziell eine höhere, nachrangige Strassen (Gemeindestrassen) eine tendenziell niedrigere Verkehrsbelastung (DTV) auf. Bei einer höheren Verkehrsbelastung sind häufig mehr als zwei Fahrstreifen bzw. breitere Fahrstreifen vorhanden. Auf höher belasteten Strassen ist im Vergleich zu weniger stark belasteten Strassen häufiger ein Radweg zu finden.
- Kantonale Hochleistungsstrassen weisen tendenziell eher einstreifige Querschnitte (Rampen sowie fahrtrichtungsgetrennte Fahrbahn) sowie Geschwindigkeitsbeschränkungen oberhalb von 80 km/h auf.
- Hauptverkehrsstrassen weisen tendenziell breitere Fahrstreifen (auch über 4 m), regionale Verbindungsstrassen tendenziell schmalere Fahrstreifen auf als andere Strassentypen.
- Radstreifen finden sich tendenziell auf Querschnitten mit breiten Fahrstreifen.

Folgende Erkenntnisse lassen sich aus den Korrelationsanalysen für den Aufbau und die Interpretation der Knoten-Unfallmodelle ableiten:

- Höher belastete Knoten weisen tendenziell eher eine Lichtsignalregelung auf und finden sich eher im höherrangigen Netz (HVS). Ausserdem finden sich innerorts bei höher belasteten Knoten häufiger Kreuzungen sowie Zufahrten mit mehr als einem Fahrstreifen.
- Lichtsignalregelungen finden sich häufiger an Kreuzungen sowie bei Knotenzufahrten mit mehr als zwei Fahrstreifen. Das Gegenteil trifft für Knoten ohne Lichtsignalregelungen (aber keine Kreisverkehre) zu.

Folgende Erkenntnisse lassen sich aus den Korrelationsanalysen für den Aufbau und die Interpretation der Siedlungsgebiet-Unfallmodelle ableiten:

- Netzlänge, Fläche, Umfang, Anzahl an Anschluss- und Erschliessungsknoten sowie die Erschliessungsknotendichte korrelieren sehr stark miteinander. Es kann somit nur eine dieser Variablen für die Beschreibung der Grösse eines Siedlungsgebietes herangezogen werden
- Daneben stellen nur die Anschlussknotendichte, der Anteil an Tempo-30-Strassen sowie der Anteil der bebauten Fläche weitestgehend unabhängige Variablen dar. Neben einer der im obigen Anstrich genannten Variablen werden nur diese drei potenziellen Einflussfaktoren im Unfallmodell überprüft.

Die oben skizzierten Abhängigkeiten waren zu erwarten, da sie den generellen Regeln des Strassenentwurfs entsprechen, wie z. B. bei höheren Belastungen auf Strecken einen zusätzlichen Fahrstreifen einzurichten oder am Knoten eine Lichtsignalanlage aufzustellen, um den Verkehr leistungsfähig abzuwickeln. Unabhängig davon sollen diese Erkenntnisse hier nochmals aufgeführt werden, um die Interpretation der Unfallmodelle zu erleichtern.

5.2 Unfallmodelle

5.2.1 Einleitung

Modellierungsstufen

Im Anhang in Kapitel IV.2 sind die Unfallmodelle getrennt nach Analysekanton, Ortslage sowie Strecken und Knoten aufgeführt. Die Kategorisierung der unterschiedlichen Stufen sind in Abb. 5.14 dargestellt. Die Siedlungsgebiete werden als detaillierte (kleinräumige Abgrenzung) und aggregierte (Zusammenfassung kleinerer Gebiete) Kollektive parallel zueinander analysiert.

Abb. 5.14 Abdeckung Modellierungsstufen

		Strecken		Knoten	
		Ausserorts	Innerorts	Ausserorts	Innerorts
Stufe 1	ZH	kl.Strassen im GVM	kl. / vo. Strassen im GVM	> 3 kl. Strassen im GVM	> 3 kl. / vo. Strassen im GVM
	BE	kl.Strassen im GVM	kl. / vo. Strassen im GVM	-	-
	BS	-	vo. Strassen	-	> 3 vo. Strassen & > 1 Zufahrt mit DTV
Stufe 2	ZH	ohne Gemeindestrassen	ohne Stadt Winterthur	ohne Gemeindestrassenknoten	ohne Stadt Winterthur
	BE	nur Kantonsstrassen	nur Kantonsstrassen	-	-
	BS	-	-	-	> 3 vo. Strassen & > 3 Zufahrt mit DTV
Stufe 3	ZH	ohne HLS + Gemeindestrassen	ohne Städte Zürich & Winterthur; ohne Ge-Str.	-	ohne Städte Zürich & Winterthur; ohne Ge-Str.
	BE	-	-	-	-
	BS	-	-	-	> 3 vo. Strassen & alle Zufahrt mit DTV

kl. - klassifiziert

vo. - verkehrsorientiert

Neben den Abdeckungsunterschieden umfassen die Stufen auch unterschiedliche Variablen. Für den Kanton Zürich sind z. B. in Stufe 1 vorrangig die Variablen aus dem GVM enthalten. In Stufe 2 sind je nach Stichprobe zusätzlich Angaben zu Radverkehrsanlagen oder Geschwindigkeitsbeschränkungen enthalten. In Stufe 3 sind dann alle verfügbaren Variablen enthalten – inklusive der Variablen, welche nur für die Kantonsstrassen vorliegen.

Es werden zuerst die Ergebnisse der beiden Kantone Zürich und Bern diskutiert, da diese beide auf dem GVM basieren und zumindest ähnliche Variablen aufweisen. Die Ergebnisse im Kanton Basel-Stadt werden in einem separaten Kapitel diskutiert.

Modellgleichung

Für ein besseres Verständnis der Unfallmodelle soll anhand eines Beispiels für Unfälle

mit schwerem Personenschaden $U_{(G+SV)}$ der Stufe 1 für Strecken innerorts aus der Tabelle in Abb. IV.13 eine Modellgleichung abgeleitet werden.

$$U_{(G+SV)} = e^{-6,273} \times L \times DTV^{0,526} \times e^{0,00003 \cdot OeVPers} \times e^{0,749 \cdot Tram}$$

$U_{(G+SV)}$	jährliche Anzahl an Unfällen mit schwerem Personenschaden
L	Länge des Netzabschnitts [km]
DTV	Durchschnittlich täglicher Verkehr [Fz/d]
$OeVPers$	Fahrgäste im ÖV [Pers/d]
$Tram$	Strassenbahn vorhanden – 1 / keine Strassenbahn vorhanden – 0

Anhand solcher Modellgleichungen kann die Unfallhäufigkeit für eine spezifische Strecke oder einen spezifischen Knoten abgeschätzt werden. Diese Gleichung sagt nur etwas darüber aus, dass verschiedene Unfallhäufigkeiten im Zusammenhang mit unterschiedlichen Ausprägungen der signifikanten Einflussvariablen festgestellt wurden. Inwiefern diesen Zusammenhängen kausale Wirkungsbeziehungen zugrunde liegen, kann nur bedingt mit der Regressionsanalyse beantwortet werden; die Kausalität von Beziehungen wird bei der Interpretation der jeweiligen Ergebnisse diskutiert. Nicht im Modell berücksichtigte Variablen, welche sich als nicht signifikant erwiesen haben bzw. aus anderen Gründen nicht ins Modell aufgenommen wurden (z. B. starke Korrelation mit einer anderen Variablen), können trotzdem im Zusammenhang mit dem Unfallgeschehen stehen. Es kann sein, dass z. B. die Restvarianz nicht ausreichend war, um für die hier vorliegende Stichprobe eine Abschätzung des Einflusses zu ermöglichen.

Die Länge wurde als so genannte Offsetgrösse im Modell integriert (mit Ausnahme der Siedlungsgebiete), d. h. es wird grundsätzlich ein linearer Zusammenhang mit der Unfallhäufigkeit postuliert. Vorabanalysen haben gezeigt, dass auch bei Berücksichtigung der Länge als Einflussvariable im Modell Regressionskoeffizienten im Bereich von Eins abgeschätzt wurden.

5.2.2 Strecken

Kantone Bern und Zürich

Im Ergebnis der Unfallanalyse wird für folgende Variablen ein signifikanter Zusammenhang mit dem Unfallgeschehen nachgewiesen:

- Ausserortsstrecken: DTV, Anschlussknotendichte, Anzahl Fahrstreifen, Strassentyp / Zustandigkeit, Geschwindigkeitsbeschränkung, Kurvigkeit und topografische Eigenschaften (Hügeligkeit)
- Innerortsstrecken: DTV, Schwerverkehrsanteil, Fahrgäste im ÖV, Vorhandensein einer Strassenbahn, Anschlussknotendichte, Anzahl Fahrstreifen, Fahrstreifenbreite, Strassentyp / Zustandigkeit, Geschwindigkeitsbeschränkung, Radstreifen und Radwege

Die jeweiligen Signifikanzniveaus sowie die Richtung des Zusammenhangs können aus den Tabellen in Abb. IV.11, Abb. IV.13, Abb. IV.15 und Abb. IV.16 ermittelt werden.

Die Vermutung nicht linearer Zusammenhänge zwischen DTV und Unfallhäufigkeit werden – vor allem im Kanton Zürich – bestätigt. Dort weisen alle Modelle durchweg einen degressiven Einfluss des DTV auf (siehe auch Abb. 5.15). Eine Beschreibung des Unfallgeschehens anhand von Unfallraten ist damit nur bedingt möglich. Zielführender ist eine Abschätzung des Unfallgeschehens anhand von sogenannten „Safety Performance Functions“ (bzw. von Unfalldichte-Funktionen über den DTV). In Abb. 5.15 sind diese Funktionen basierend auf vereinfachten Unfallmodellen (ausschliesslich Berücksichtigung von Länge L und DTV) für alle drei Unfallschwerekategorien bis zu einem DTV von 20.000 Fz/d übereinander aufgetragen. Es kann dort beispielsweise abgelesen werden

(Kt. Zürich), dass im Durchschnitt auf einer Ausserortsstrasse bei einem DTV von 10.000 Fz/d sich rund 0,5 Unfälle mit Personenschaden (bzw. 1 Unfall pro 2 Jahre) und 1,8 Unfälle mit ausschliesslich Sachschaden (bzw. 3,6 Unfälle in 2 Jahren) pro Kilometer und Jahr ereignen.

Es ist zu beachten, dass die dargestellten (einfachen) Modelle nur Expositionsgrössen beinhalten und die untersuchte Stichprobe beschreiben. Eine Vergleichbarkeit ist damit nur bedingt gewährleistet, die Diagramme dienen vor allem der beispielhaften Illustration. Kantonale Unterschiede im Niveau können auf die unterschiedlichen Erhebungspraktiken der Unfälle mit ausschliesslich Sachschaden zurückgeführt werden. Unterschiede in der Form des Zusammenhangs zwischen DTV und Unfallhäufigkeit lassen Abweichungen in der Struktur des Strassennetzes, des Unfallgeschehens, im Aufbau der GVMs aber auch der Erhebungspraxis vermuten. Auch die unterschiedlichen Bandbreiten der Verkehrsbelastungen in beiden Kantonen (im Kanton Bern existieren mehr (sehr) gering belastete Abschnitte) könnten eine Ursache sein. Eine abschliessende Klärung ist aktuell nicht möglich.

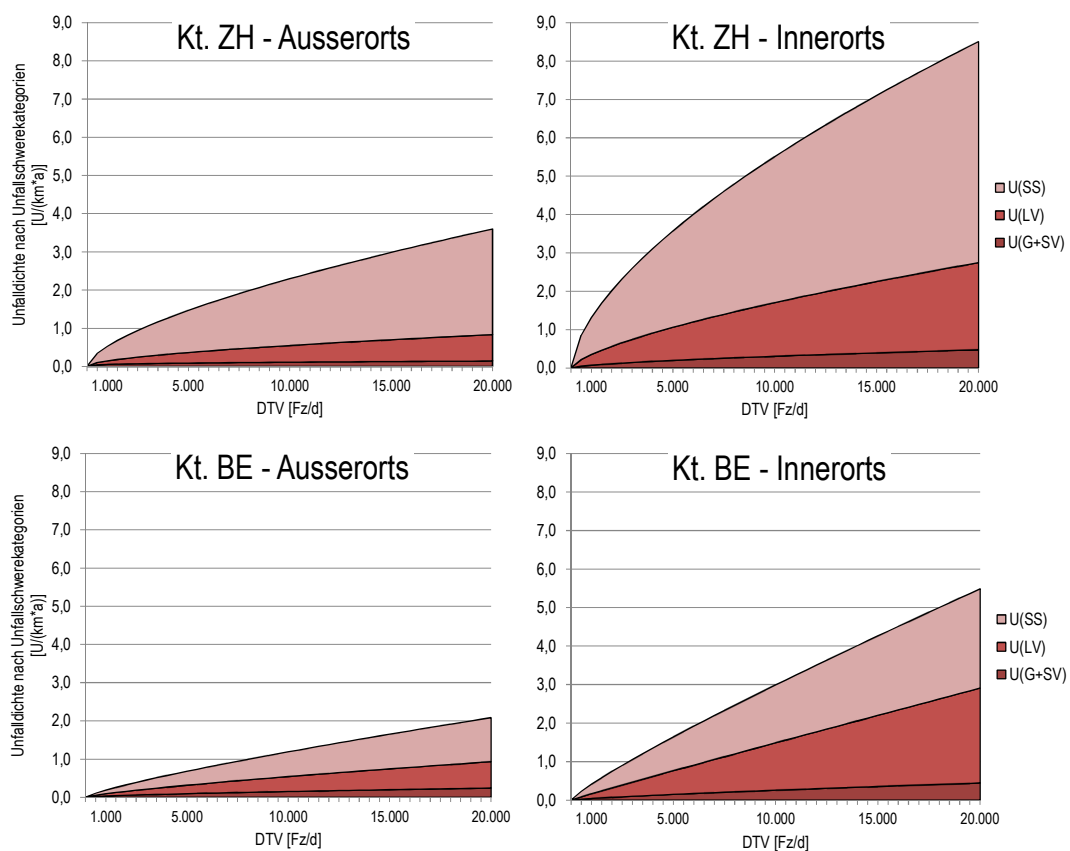


Abb. 5.15 Safety Performance Function / Unfalldichtefunktion (einfache Modelle) Strecken in den Kantonen Bern und Zürich

Um Anzahl und Schwere von Unfällen gemeinsam darzustellen, werden hilfsweise die Unfallkosten verwendet. Hierzu werden die berechneten Unfallhäufigkeiten mit den entsprechenden Unfallkostensätzen aus [4] multipliziert. Die Unfallkostendichtefunktion über den DTV ist in Abb. 5.16 dargestellt. Hier wird deutlich, dass die Unfälle mit ausschliesslich Sachschaden volkswirtschaftlich auch eine relevante Grösse darstellen. Generell kommt es in Bezug auf die gesamte Stichprobe zu einem höheren volkswirtschaftlichen Schaden auf Innerortsstrassen im Vergleich zu Ausserortsstrassen.

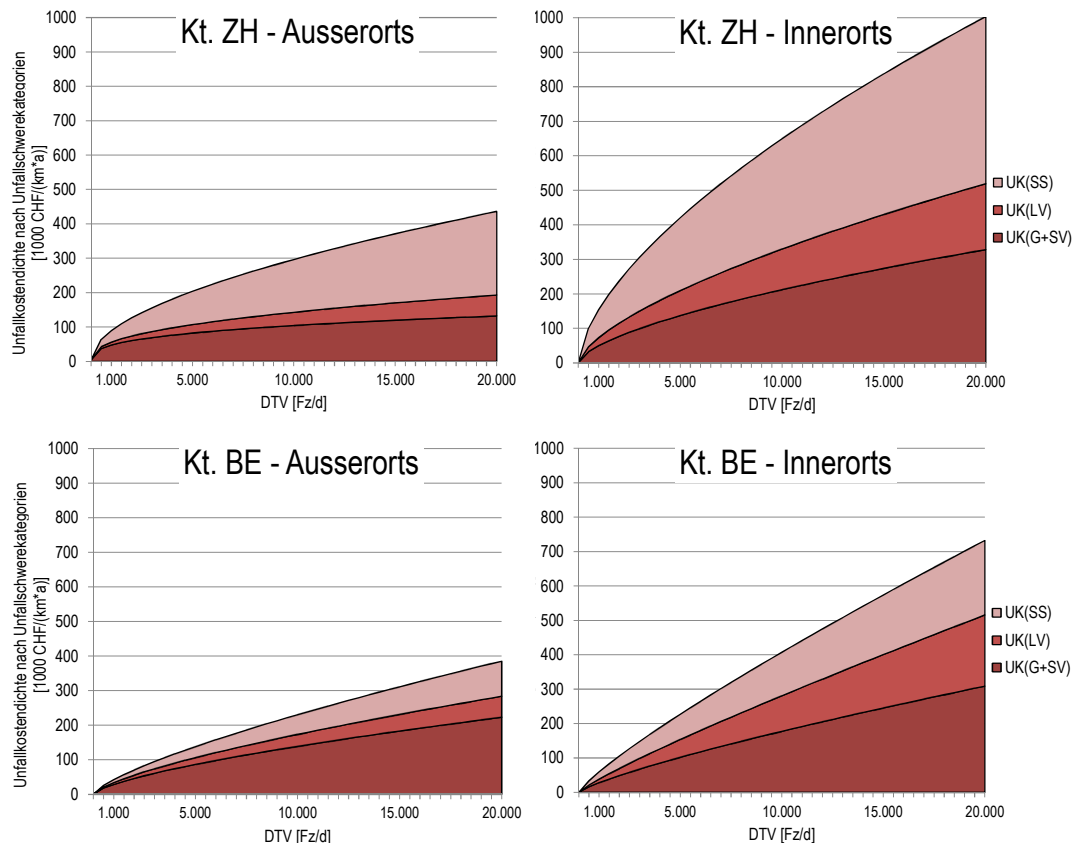


Abb. 5.16 Safety Performance Function / Unfallkostendichtefunktion (einfache Modelle)
Strecken in den Kantonen Bern und Zürich

Der bisher diskutierte Zusammenhang von Unfallhäufigkeit und DTW basiert auf der Betrachtung aller Unfälle. Werden Teilkollektive des Unfallgeschehens analysiert, ergibt sich ein differenzierteres Bild. In Abb. 5.17 sind die Unfalldichtefunktionen nach unterschiedlichen Unfalltypengruppen über dem DTW aufgetragen. Daraus wird deutlich:

- Die Unfalltypengruppe 0 (Schleuder- und Selbstunfälle) weist einen degressiven Zusammenhang mit dem DTW auf. Die Unfallhäufigkeit nimmt schon bei einer geringen Verkehrsbelastung stark zu, während bei höheren Verkehrsbelastungen dieser Anstieg abflacht. Diese Unfallsituationen werden häufig durch überhöhte Geschwindigkeiten begünstigt, welche vor allem bei geringeren Belastungen aufgrund geringerer Behinderungen ausgefahren werden können. Mit zunehmender Verkehrsbelastung wird die freie Fahrt durch andere immer mehr Fahrzeuge behindert, wodurch die Kurve nach rechts abflacht.
- Die Unfalltypengruppen 1 (Überholunfall, Fahrstreifenwechsel) und 2 (Auffahrunfall) bedingen mindestens zwei Unfallbeteiligte. Die Wahrscheinlichkeit für Fahrzeugbegegnungen am Querschnitt steigt überproportional mit einer höheren Verkehrsbelastung an. Dementsprechend lässt sich auch ein progressiver Zusammenhang zwischen DTW und Unfallhäufigkeit dieser Unfalltypen feststellen.

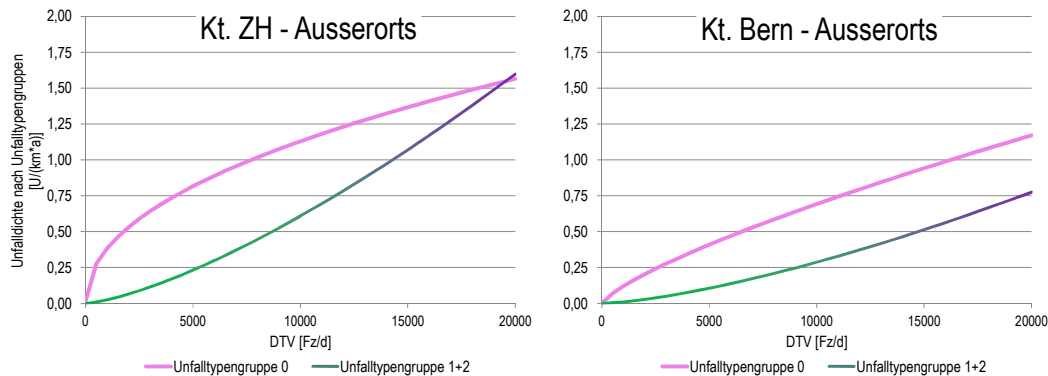


Abb. 5.17 Safety Performance Function / Unfalldichtefunktion der Unfälle mit Personen- und ausschliesslich Sachschaden $U_{(G+SV+LV+SS)}$ der Unfalltypengruppe 0 (Schleuder- oder Selbstunfall) sowie Unfalltypengruppen 1 (Überholunfall, Fahrstreifenwechsel) + 2 (Auf-fahr-unfall)

Neben den standardmässigen Expositionsgrössen Länge und DTV lassen sich folgende Erkenntnisse für die anderen Einflussvariablen aus den Modellen ableiten:

- Der Schwerververkehrsanteil wird nur für die Innerortsstrassen signifikant. Dort zeigt sich ein Rückgang der Unfälle bei steigendem Schwerverkehrsanteil. In diesem Zusammenhang wird der Schwerverkehrsanteil als Stellvertretergrösse für die Lage einer Strasse im Netz interpretiert, da u. a. bei ausschliesslicher Betrachtung der Unfälle mit Schwerverkehrsbeteiligung der Schwerverkehrsanteil nicht signifikant wird. Tendenziell höhere Anteile finden sich vor allem in Gewerbegebieten sowie zentralen und damit gut ausgebauten Einfallstrassen, welche aufgrund ihrer Ausstattung einen vergleichsweise hohen Sicherheitslevel (z. B. im Vergleich zu Geschäftsstrassen) aufweisen. Auf Ausserortsstrassen kann – mit (einer nicht erklärbaren) Ausnahme der $U_{(G+SV)}$ im Ausserortsnetz im Kanton Bern – kein signifikanter Einfluss festgestellt werden.
- Die Anzahl an Fahrgästen im ÖV sowie das Vorhandensein eines Trams wurden nur für Innerortsstrassen untersucht und zeigen dort einen fast durchweg signifikanten positiven Zusammenhang mit der Unfallhäufigkeit. Ein hoher Anteil des ÖV und vor allem des Trams auf Innerortsstrassen steht häufig im Zusammenhang mit:
 - einem erhöhten Aufkommen an Fussgängern und/oder
 - geringeren Querschnittsbreiten für andere Verkehrsteilnehmer aufgrund von Haltestellen und Tramgleisen.

Beides führt letztendlich zu einer erhöhten Unfallhäufigkeit, welche sich vor allem bei den Unfällen mit Personenschaden niederschlägt.

- Die Anschlussknotendichte führt sowohl auf Innerorts- als auch auf Ausserortsstrassen zu einer höheren Unfallhäufigkeit. Je mehr potenzielle Konflikte durch zusätzliche Knoten entstehen, umso höher ist auch die Wahrscheinlichkeit für Unfälle, was durch diese Ergebnisse bestätigt wird.
- Mehr als zwei Fahrstreifen am Querschnitt stehen im Zusammenhang mit einer höheren Unfallhäufigkeit von Sachschadensunfällen. Das sind vorrangig Fahrstreifenwechselunfälle, welche sich überhaupt erst bei mehr als einem Fahrstreifen je Richtung ereignen können. Auf Innerortsstrassen im Kanton Bern finden sich Indizien für den Einfluss der Fahrstreifenbreite auf das Geschwindigkeitsniveau. Dort stehen schmale Fahrstreifenbreiten im Zusammenhang mit geringeren, und überbreite Fahrstreifenbreiten mit erhöhten Unfallhäufigkeiten (jeweils als Folge des veränderten Geschwindigkeitsniveaus interpretiert). Die erhöhte Unfallhäufigkeit von einstreifigen und einbahnigen Querschnitten im Kanton Zürich kann noch nicht endgültig interpretiert wer-

den, auch weil sich im Kanton Bern auf den Innerortsstrassen ein gegenteiliges Ergebnis findet.

- Es werden weniger Unfälle mit Personenschaden auf kantonalen Hochleistungsstrassen ausserorts festgestellt (ZH). Dies wird auf den höheren Ausstattungsgrad dieses Strassentyps (z. B. bauliche Mitteltrennung) zurückgeführt. Die erhöhten Unfallauffälligkeiten auf regionalen Verbindungsstrassen (BE) kann vermutlich auf das dort höhere Geschwindigkeitsniveau (negative Korrelation mit v_0 in Korrelationsmatrix) zurückgeführt werden, im Vergleich mit weiter nachgeordneten Strassen (lokale Verbindungsstrassen), welche den Grossteil des Untersuchungskollektives ausmachen. Die durchweg höheren Unfallhäufigkeiten auf innerörtlichen Gemeindestrassen (ZH) oder Sammelstrassen (BE) werden darauf zurückgeführt, dass der massgebende Teil dieser Strassen innerhalb der grossen Städte (Zürich, Bern) auftreten. Ein ähnliches Ergebnis zeigt sich auch, wenn nur die Unfälle mit Fussgängern oder Radfahrern untersucht werden. Somit tritt der Strassentyp hier als Stellvertretergrösse für ein erhöhtes Aufkommen des Langsamverkehrs in grösseren Städten auf.
- Innerortsstrassen mit einer Geschwindigkeitsbeschränkung von mehr als 50 km/h stehen im Zusammenhang mit einer geringeren Unfallhäufigkeit. Dieses Ergebnis steht entgegen der Erkenntnisse aus der Literatur, allerdings wird auch dort auf diese vereinzelt vorkommenden Untersuchungsergebnisse hingewiesen. Grund ist die unterschiedliche Randnutzung und der Ausstattungsgrad solcher Strassen (dies wurde stichprobenhaft überprüft). Eine höhere Geschwindigkeitsbeschränkung als 50 km/h wird nur dann angeordnet, wenn keine oder nur geringe Randnutzungen (z. B. gewerblich/industriell) auftreten. Diese weniger „sensiblen“ Strassenräume (im Vergleich zu beispielsweise Geschäftsstrassen) vertragen auch höhere Geschwindigkeiten, ohne dass daraus eine wesentliche Verschlechterung des Unfallgeschehens resultiert. Diese Scheinkorrelation könnte durch die Berücksichtigung von entsprechenden Kenngrössen zur Beschreibung der Umfeldnutzung vermieden werden. Entsprechende Daten stehen aber aktuell nicht zur Verfügung. Die Ergebnisse für Ausserortsstrassen können ähnlich begründet werden. Für den Kanton Bern stehen Geschwindigkeitsbeschränkungen von weniger als 80 km/h (Beachte: v_0 aus GVM) im Zusammenhang mit mehr Unfällen. Auch dieses Ergebnis ist aus physikalischer Sicht und damit kausal nicht begründbar. Hier wird eine Konfundierung mit der Art der Trassierung im Lageplan vermutet. Damit finden sich niedrigere Geschwindigkeitsbeschränkungen vor allem auf eher unübersichtlichen, „eng“ trassierten Strassen. Für diese Strassensituationen werden tendenziell mehr Unfälle erwartet. Diese Argumentation wird unterstützt durch die durchweg auftretenden signifikanten Zusammenhänge zwischen einer $v_0 > 50$ km/h und niedrigeren Unfallhäufigkeiten im Kanton Bern. Die Festlegung der v_0 berücksichtigt (vermutlich) noch stärker die lokale Strassensituation als die tatsächliche Geschwindigkeitsbeschränkung.
- Eine hohe Kurvigkeit, d. h. tendenziell mehr und engere Kurven, steht im Zusammenhang mit einer erhöhten Unfallhäufigkeit auf Ausserortsstrassen. Dieses Ergebnis stimmt mit den Erkenntnissen aus der Literatur überein. Eine hohe Kurvigkeit kann auch eine Reaktion auf bewegtes Gelände sein bzw. ergeben sich in einem hügeligen Gelände vermehrt Zwangspunkte, welche durch entsprechend enge Trassierungsparameter im Lageplan (z. B. kleine Kurvenradien) ausgeglichen werden. Allerdings korreliert die Kurvigkeit nur leicht mit der Hügeligkeit, d. h. tendenziell höhere oder häufig wechselnde Längsneigungen. Im Rahmen des Modellaufbaus hat sich gezeigt, dass bei Hinzunahme der Kurvigkeit als Einflussvariable, der zuvor signifikante Zusammenhang zwischen Unfällen und der Hügeligkeit verschwand. Eine Ausnahme stellen die Ausserortsstrassen in Bern dar. Dort ergeben sich signifikante Zusammenhänge für hohe Kurvigkeiten als auch Hügeligkeiten und erhöhten Häufigkeit für Unfälle mit Personenschaden. Beide Einflüsse sollten gemeinsam interpretiert werden. Es sind vor allem die Schleuder- und Selbstunfälle betroffen (Unfalltypengruppe 0). Es wird vermutet, dass im Zusammenhang mit einer stärkeren Hügeligkeit die Sichtweiten für die Einschätzung des Strassenverlaufs abnehmen und bei stärkerer Kurvigkeit auch kleine Radien auftreten, welche bei nicht angepasster Geschwindigkeit sicherheitskritisch sein können.

- Radverkehrsanlagen zeigen vereinzelt signifikante Zusammenhänge mit dem Unfallgeschehen auf Innerortsstrassen. Hierbei sind aber die Ergebnisse von Radwegen (weniger Unfälle) und Radfahrstreifen (mehr Unfälle) entgegengesetzt gerichtet. Generell ist ohne die Berücksichtigung von Aufkommenszahlen des Radverkehrs keine abschliessende Beurteilung von Radverkehrsanlagen möglich. Der Zusammenhang zwischen Radstreifen und tendenziell mehr Unfällen (steht entgegen den Aussagen der Literatur) könnte auch durch die damit einhergehenden, grösseren Fahrbahn-/Fahrstreifenbreiten konfundiert sein, welche im jeweiligen Modell aufgrund fehlender Signifikanz nicht integriert wurden.

Kanton Basel-Stadt

Im Ergebnis der Unfallanalyse wird für folgende Variablen ein signifikanter Zusammenhang mit dem Unfallgeschehen nachgewiesen:

- DTV, Schwerververkehrsanteil, hohe geschäftliche Nutzung, erhöhte touristische Bedeutung, Tram im Mischverkehr auf der Fahrbahn, Anzahl Fahrstreifen, Parkieren am Fahrbahnrand

Die jeweiligen Signifikanzniveaus sowie die Richtung des Zusammenhangs können in der Tabelle in Abb. IV.17 nachgelesen werden.

Auch im Kanton Basel-Stadt ergeben sich ähnliche Zusammenhänge mit dem DTV wie in den anderen untersuchten Kantonen. Es werden die Sicherheitslevels von Knoten anhand von Safety Performance Functions bzw. Dichtefunktionen dargestellt (Abb. 5.18). Im Vergleich zu den Kantonen Bern und Zürich, lassen sich die Unfälle mit ausschliesslich Sachschaden wesentlich schlechter modellieren. Es ergibt sich für den DTV ein ungewöhnlich stark, nicht-linearer Zusammenhang (Regressionskoeffizient $<0,5$), welcher zusätzlich eine geringes Signifikanzniveau aufweist. Hier liegt die Vermutung nahe, dass nur ausgewählte Unfälle mit ausschliesslich Sachschaden von der Polizei erhoben werden, was zu einer Verzerrung der Stichprobe führt.

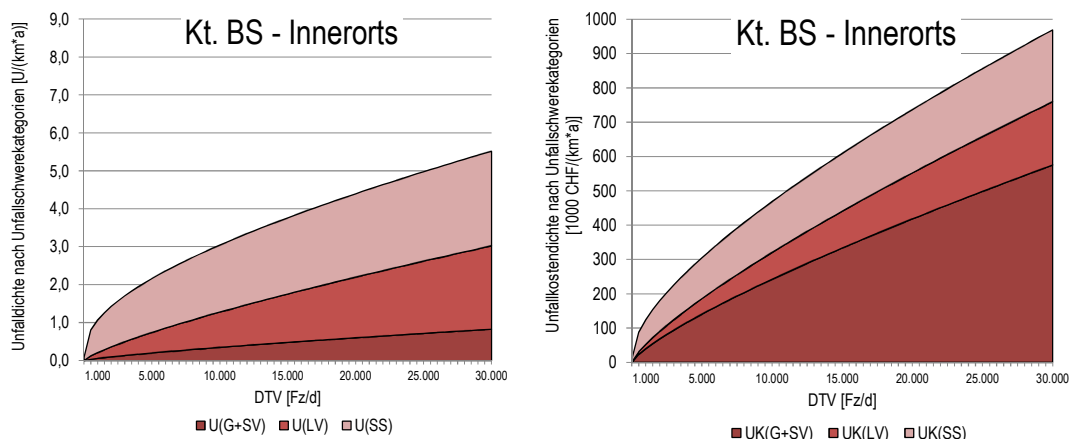


Abb. 5.18 Safety Performance Function / Unfalldichte- (links) und Unfallkostendichtefunktion (rechts) für einfache Modelle der Strecke im Kanton Basel-Stadt

Neben den standardmässigen Expositionsgrössen Länge und DTV lassen sich folgende Erkenntnisse für die anderen Einflussvariablen aus den Modellen ableiten:

- Die Randnutzung des Strassenraums, beschrieben über Variablen der hohen geschäftlichen Nutzung sowie einer erhöhten touristischen Bedeutung, weist einen tendenziell positiven Zusammenhang mit dem Unfallgeschehen auf. Die hohe geschäftliche Nutzung wird nur für die Unfälle mit Personenschaden signifikant, während die erhöhte touristische Bedeutung auch bei den Sachschadensunfällen eine Rolle spielt. Der Randnutzung wird hier eine Stellvertreterfunktion für ein erhöhtes Aufkommen des

Langsamverkehrs sowie die Überlagerung von Verbindungs- und Erschliessungsfunktion einer Strasse attestiert. Dies deckt sich mit den Erkenntnissen aus der Literatur.

- Im Gegensatz zu den anderen Analysekantonen konnte in Basel-Stadt die Tramführung im Querschnitt differenzierter beschrieben werden. Es zeigt sich, dass vor allem die Führung im Mischverkehr auf der Fahrbahn im Zusammenhang mit einem erhöhten Unfallgeschehen steht. Bei einer tiefergehenden Analyse wird deutlich, dass vor allem das Unfallgeschehen mit Beteiligung des Langsamverkehrs in Strassenräumen mit dieser Art der Tramführung betroffen ist. Dies deckt sich mit den bisherigen Ergebnissen sowie den Erkenntnissen aus der Literatur. Es bleibt dabei offen, ob vergleichbare Strassenräume, bei denen der öffentliche Verkehr komplett auf Busse verlagert wird, tatsächlich einen sichereren Verkehrsablauf ergeben würden.
- Die Anzahl an Fahrstreifen zeigen vereinzelte, leichte Zusammenhänge mit dem Unfallgeschehen. Die Zunahme der Unfälle mit ausschliesslich Sachschaden bei mehr als 2 Fahrstreifen am Querschnitt kann erneut mit den zusätzlichen Fahrstreifenwechsellösungen erklärt werden, welche nur bei diesen Querschnittsformen auftreten.
- Das Parkieren steht tendenziell im Zusammenhang mit einer erhöhten Unfallzahl – vorrangig bei den Unfällen mit ausschliesslich Sachschaden. Es ist dabei vor allem das Unfallgeschehen unter Beteiligung von Personenwagen sowie die Unfalltypengruppe 7 („Parkierunfall“) betroffen.

5.2.3 Knoten

Die Knoten können tendenziell schlechter modelliert werden bzw. die Modelle ergeben im Mittel eine schlechtere Anpassungsgüte als die Modelle für Strecken. Hier wirken sich unter Umständen die Problematik der Teilknotenpunkte, die Abschätzung von Haupt- und Nebenrichtung anhand des DTV sowie die automatisierte Abgrenzung der Knotenunfälle über einfache Umkreise bzw. Puffer auf die Analyseergebnisse aus.

Im Ergebnis der Unfallanalyse wird für folgende Variablen ein signifikanter Zusammenhang mit dem Unfallgeschehen nachgewiesen:

- Ausserortsknoten: DTV, DTV-Verhältnis von Haupt- und Nebenrichtung, Schwerverkehrsanteil, Anzahl Zufahrten, LSA-Regelung
- Innerortsstrecken: DTV, Scherverkehrsanteil, Vorhandensein eines Tram in mind. zwei Zufahrten, Anzahl Zufahrten, Kreisverkehr, Lichtsignalregelung, Anbindung an eine Rampe des Hochleistungsstrassennetzes, Radstreifen

Die jeweiligen Signifikanzniveaus sowie die Richtung des Zusammenhangs können in den Tabellen in Abb. IV.12 und Abb. IV.14 nachgelesen werden.

Auch für Knotenpunkte ergeben sich nicht-lineare Zusammenhänge mit dem DTV. Ähnlich den Strecken werden die Sicherheitslevels von Knoten anhand von Safety Performance Functions bzw. Dichtefunktionen dargestellt (Abb. 5.19). Im Vergleich zu den Strecken ist der Zusammenhang mit dem DTV (hier: Knotenüberfahrten) weniger stark degressiv bzw. stärker linear. Dies wird auch darauf zurückgeführt, dass Selbstunfälle an Knoten eine geringere Rolle spielen.

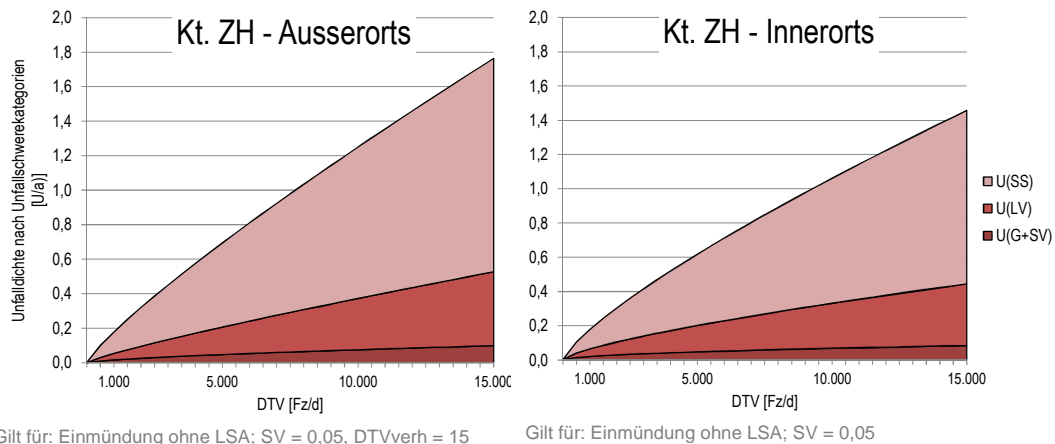


Abb. 5.19 Safety Performance Function / Unfalldichtefunktion (Modelle Stufe 1) Knoten Kanton Zürich

In Abb. 5.20 sind die Unfallkostendichtefunktionen für Knoten dargestellt. Im Vergleich der Ortslagen ist ein grösserer volkswirtschaftlicher Schaden durch Unfälle an Ausserortsknoten festzustellen. Hier ist die Vergleichbarkeit nicht vollständig gegeben, da unterschiedliche Abgrenzungen des Unfallgeschehens je nach Ortslage vorgenommen wurden und Einflussbereiche bisher nur ungenügend berücksichtigt wurden.

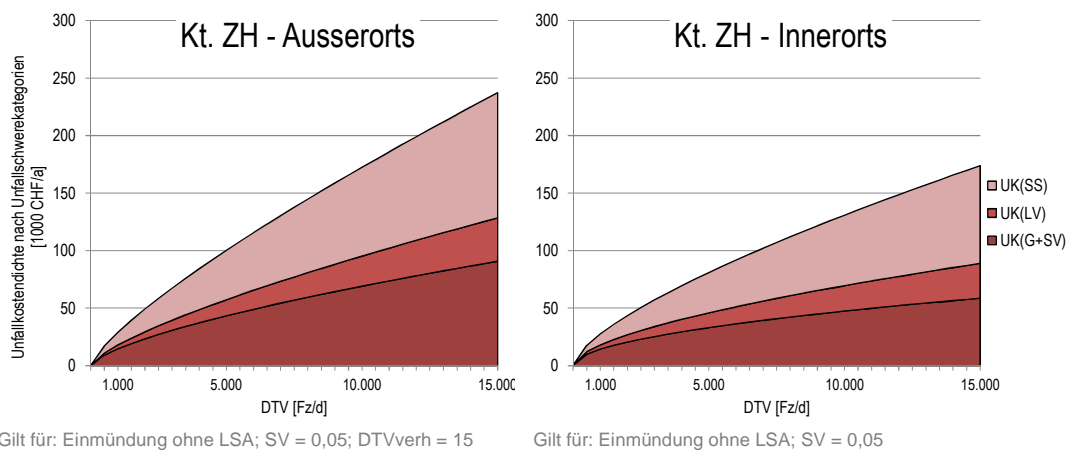


Abb. 5.20 Safety Performance Function / Unfallkostendichtefunktion (Modelle Stufe 1) Knoten im Kanton Zürich

Es wurde auch versucht, die zufließenden Ströme getrennt nach Haupt- und Nebenrichtung zu modellieren. Dies gelang nur für die Ausserortsknoten. Allerdings zeigten die Modelle unter Berücksichtigung des Gesamtknoten-DTV eine bessere Anpassungsgüte, weswegen diese Variable gewählt wird. Bei getrennter Berücksichtigung des DTV aus Haupt- und Nebenrichtung, spielt die Verkehrsbelastung in der Nebenrichtung nur eine untergeordnete Rolle bzw. ist der grösste Anstieg bei sehr kleinen Mengen an zufließenden Strömen aus der Nebenrichtung zu beobachten. Dies erscheint nur bedingt glaubhaft bzw. wäre eher ein progressiver Anstieg zu erwarten. Hier zeigt sich vermutlich erneut die nur bedingt aussagekräftige Abgrenzung von Knotenunfällen und Zuordnung von Haupt- und Nebenrichtung anhand des DTV.

Neben der standardmässigen Expositionsgrössen DTV lassen sich folgende Erkenntnisse für die anderen Einflussvariablen aus den Modellen ableiten:

- Das DTV-Verhältnis von Haupt- und Nebenrichtung zeigt entgegen den Ausführungen weiter oben einen eher nachvollziehbaren Zusammenhang. Das bedeutet, erst bei grösseren Verkehrsmengen aus der Nebenrichtung reagiert die Unfallhäufigkeit tendenziell stärker bzw. der Zusammenhang verläuft progressiv.

- Der Schwerverkehr zeigt vor allem an Innerortsknoten einen signifikanten Zusammenhang mit der Unfallhäufigkeit. Mit steigendem Anteil gehen die Unfälle zurück. Erneut tritt der Schwerverkehrsanteil hier als Stellvertretergrösse für die Lage des Knotens im Netz bzw. der Umfeldnutzung auf. Für weitere Erklärungen siehe Ausführungen zu den Strecken.
- Werden Knoten von Trams befahren, steht dies im Zusammenhang mit einer tendenziell höheren Unfallzahl. Erklärungen hierfür finden sich ebenfalls bei der Diskussion der Streckenergebnisse.
- Kreuzung, d. h. Knoten mit mehr als 3 Zufahrten, weisen tendenziell höhere Unfallhäufigkeiten auf. Dies kann mit der zusätzlichen Anzahl an Konflikten erklärt werden und steht im Einklang mit den Ergebnissen aus der Literatur.
- Die Verkehrsregelung bzw. die Knotenpunktform zeigt nur teilweise die Ergebnisse, welche aus der Literatur bekannt sind. Erst bei Betrachtung der knotentypischen Unfalltypengruppen 3+4+5 (Einbiegen, Abbiegen, Queren der Fahrbahn) zeigt sich für Knoten ausserorts ein klares Ergebnis (siehe Abb. 5.21), welches bei Betrachtung des gesamten Unfallgeschehens nur vereinzelt auftritt. Für Innerortsknoten zeigte sich ein signifikanter Zusammenhang für Kreisverkehre mit tendenziell geringeren Unfallhäufigkeiten. Knoten mit LSA unterschieden sich nicht signifikant von Kreuzung und Einmündungen ohne LSA.
- Knoten mit Zufahrten von Hochleistungsstrassen (Rampen) zeigen innerorts tendenziell geringere Unfallhäufigkeiten. Dieses Ergebnis kann aktuell noch nicht abschliessend interpretiert werden. Unter Umständen weisen diese Knoten einen höheren Ausstattungsgrad auf (z. B. inklusive standardmässig Linksabbiegerschutz in separater Phase), dies erscheint aber nur bedingt plausibel.
- Innerortsknoten mit Radstreifen zeigten einen Zusammenhang mit tendenziell mehr Unfällen mit leichtem Personenschaden. Wie bereits bei den Strecken diskutiert, ist eine abschliessende Beurteilung ohne Angaben zur Radverkehrsbelastung nicht möglich.

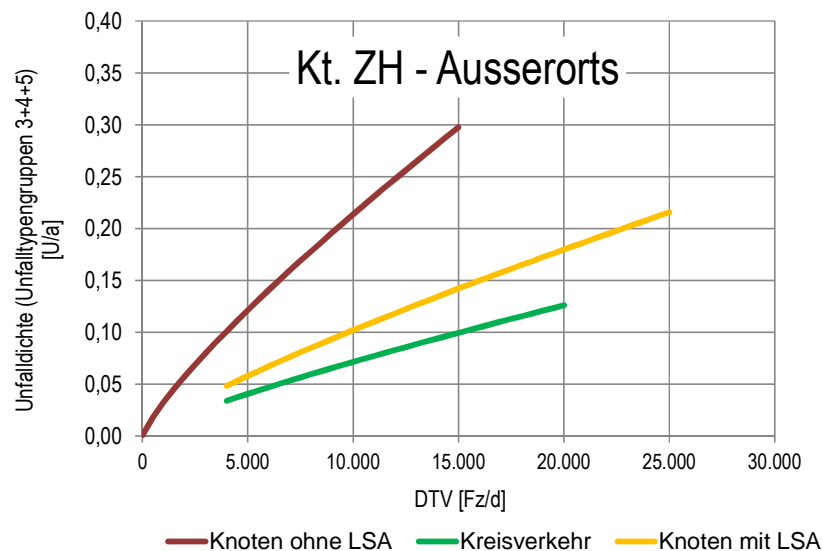


Abb. 5.21 Safety Performance Function / Unfalldichtefunktion der Unfälle mit Personenschaden $U_{(G+SV+LV)}$ der Unfalltypengruppen 3+4+5 an Knoten Ausserorts differenziert nach Knoten ohne LSA / Kreisverkehr / Knoten mit LSA (Modellgrundlagen dazu sind nicht im Anhang aufgeführt)

Kanton Basel-Stadt

Im Ergebnis der Unfallanalyse wird für folgende Variablen ein signifikanter Zusammen-

hang mit dem Unfallgeschehen nachgewiesen:

- DTV, Anzahl Zufahrten, LSA-Regelung, besondere Knotenformen (Plätze), Anzahl Fahrstreifen sowie die wirtschaftliche Bedeutung der Strassen in den Zufahrten

Die jeweiligen Signifikanzniveaus sowie die Richtung des Zusammenhangs können in der Tabelle in Abb. IV.18 nachgelesen werden. Aufgrund der geringen Unfallstichprobe wurden ausnahmsweise auch Einflussmerkmale auf dem Signifikanzniveau von < 0.1 mit dargestellt.

Auch im Kanton Basel-Stadt ergeben sich ähnliche Zusammenhänge mit dem DTV wie in den anderen untersuchten Kantonen. Es werden die Sicherheitslevels von Knoten anhand von Safety Performance Functions bzw. Dichtefunktionen dargestellt (Abb. 5.22). Zumindest für die Unfälle mit leichtem Personenschaden sowie ausschliesslich Sachschaden lässt sich im Gegensatz zu den Knoten im Kanton Zürich der DTV auch getrennt nach Haupt- und Nebenrichtung modellieren. Erwartungsgemäss sind die Fahrzeugströme aus der Nebenrichtung in höherem Masse relevant für das Unfallgeschehen.

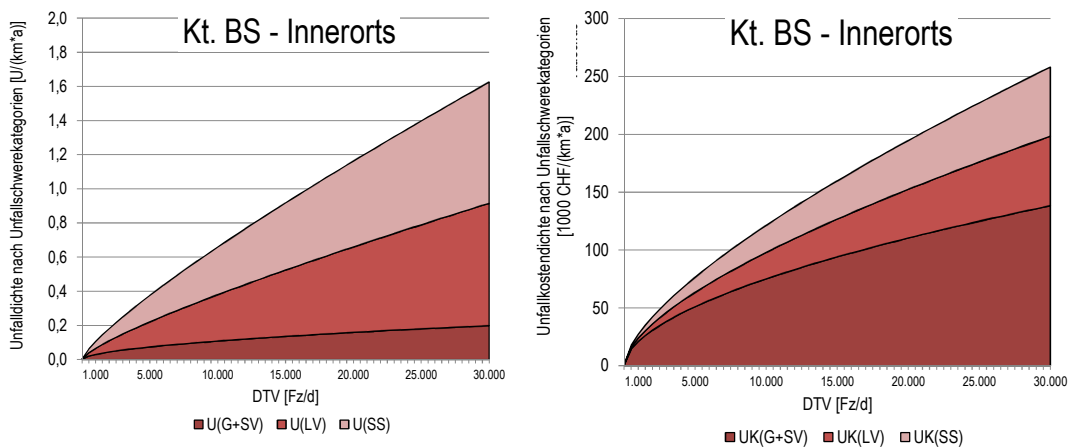


Abb. 5.22 Safety Performance Function / Unfalldichte- (links) und Unfallkostendichtefunktion (rechts) für einfache Modelle der Knoten im Kanton Basel-Stadt

Neben der standardmässigen Expositionsgrösse DTV lassen sich folgende Erkenntnisse für die anderen Einflussvariablen aus den Modellen ableiten:

- Die Anzahl der Zufahrten spielt vorrangig bei den Unfällen mit Personenschaden eine Rolle. An Kreuzungen werden tendenziell mehr Unfälle als an Einmündungen bei vergleichbarem DTV festgestellt.
- Eine LSA-Regelung steht (nur) im Zusammenhang mit den Unfällen mit ausschliesslich Sachschaden. Aufgrund der räumlichen Abgrenzung der Knotenunfälle in Basel-Stadt kann dies nicht auf Auffahrunfälle in den Zufahrten der Knoten zurückgeführt werden. LSA-Regelungen finden sich vor allem an grösseren Knoten, welche als tendenziell unübersichtlicher eingeschätzt werden. Unter Umständen führt dies zu mehr Unfällen.
- In Basel-Stadt existieren mehrere grossräumige Knoten (Plätze), welche häufig als Kreisverkehre betrieben werden. Diese Plätze wurden anhand des Merkmals *besonderer Knoten* (BesK) attribuiert. Unabhängig von der Kreisverkehrsregelung zeigen diese Knoten ein erhöhtes Unfallgeschehen, was einerseits auf den komplexeren Verkehrsablauf und andererseits auf eine Vielzahl an Konfliktpunkten (Teilknoten innerhalb des Platzes) zurückgeführt wird. Unter Umständen wären kompaktere Knotenformen mit einer LSA-Regelung hier die günstigere Gestaltung für die Verkehrssicherheit.

- Die erhöhte Anzahl von Unfällen mit ausschliesslich Sachschaden bei mehr als 2 Fahrstreifen am Knoten wurde bereits im Kanton Zürich festgestellt und auch dort diskutiert. Der Anstieg an Unfällen mit leichtem Personenschaden lässt sich nicht abschliessend interpretieren.
- Der Zusammenhang zwischen Zufahrten mit einer erhöhten wirtschaftlichen Bedeutung sowie tendenziell mehr Unfällen mit ausschliesslich Sachschaden kann bisher nicht geklärt werden.

5.2.4 Siedlungsgebiete

Das Unfallgeschehen in Siedlungsgebieten kann auf Basis der zur Verfügung stehenden Daten nur unzureichend modelliert werden. Die berücksichtigten Variablen werden fast alle aus dem digitalen Netz abgeleitet, Daten zum Parkieren, zum Querschnitt oder dem Aufkommen des Langsamverkehrs fehlen komplett. Im Gegensatz zum verkehrsorientierten Netz werden siedlungsorientierte Strassen anders sicherheitstechnisch bewertet. Während bei verkehrsorientierten Strassen eine sichere Abwicklung des bestehenden MIV das Ziel ist (DTV ist Exposition), gilt es auf siedlungsorientierten Strassen den MIV möglichst stark zu reduzieren, zu verlangsamen und den ortsfremden Verkehr vollständig fern zu halten (DTV ist keine Exposition). Der DTV stellt hier somit keine zwingende Kenngrösse für die Ableitung von Unfallmodellen dar. Die Safety Performance Functions werden dementsprechend über die Netzlänge und nicht über den DTV abgebildet (siehe Abb. 5.23).

Im Rahmen der Modellierung wird deutlich, dass sich die klar abgegrenzten Siedlungsgebiete (*detailliert*) besser anhand der Netzvariablen beschreiben lassen als die kombinierten Siedlungsgebiete (*aggregiert*). Es werden signifikante Zusammenhänge zwischen der Netzlänge, der Anschlussknotendichte sowie dem Anteil der bebauten Fläche und dem Unfallgeschehen festgestellt. Eine steigende Netzlänge und mehr Bebauung steht im Zusammenhang mit mehr Unfällen, eine steigende Anschlussknotendichte mit weniger Unfällen. Ersteres ist nachvollziehbar, wobei ein höherer Anteil an Bebauung als Stellvertretergrösse für ein erhöhtes Verkehrsaufkommen interpretiert werden kann. Warum bei einer tendenziell höheren Anschlussknotendichte weniger Unfälle auftreten, kann aktuell weder nachvollzogen noch interpretiert werden. In den Unfallfunktionen deutet sich ein nicht-linearer Zusammenhang (degressiv) zwischen Netzlänge und Unfällen an. Dies deutet darauf hin, dass grössere Siedlungsgebiete tendenziell sicherer in Relation zur Netzlänge sind. Bei Hinzunahme der anderen Variablen ergibt sich aber wieder ein linearer Zusammenhang, was diese Behauptung in Frage stellt.

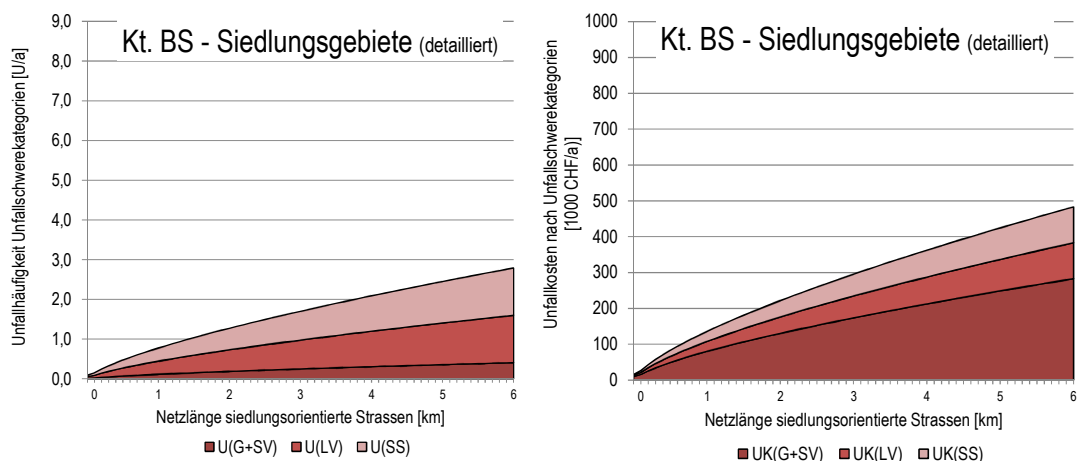


Abb. 5.23 Safety Performance Function / Unfallhäufigkeits- (links) und Unfallkostenfunktion (rechts) für einfache Modelle der Siedlungsgebiete im Kanton Basel-Stadt

Die jeweiligen Signifikanzniveaus sowie die Richtung des Zusammenhangs können in den Tabellen in Abb. IV.19 nachgelesen werden.

6 Zusammenfassung

6.1 Erkenntnisse

6.1.1 Daten

Ziel dieser Arbeit war es, verschiedene Datenquellen miteinander zu verbinden, um darauf aufbauend Analysen zum Einfluss von Infrastruktur und Situation auf das Unfallgeschehen durchzuführen. Im Gegensatz zum Unfalldatensatz liegen hierfür kaum relevante Infrastrukturdaten beim Bund vor (z. B. in MISTRA). Es war daher notwendig, die Datenlage in den verschiedenen Kantonen zu ermitteln und verfügbare Datensätze abzuholen. Bei den kantonalen Strasseneigentümern zeigte sich ein stark heterogenes Bild hinsichtlich Datenverfügbarkeit, Umfang an vorgehaltenen Datensätzen, Datenformat, Metadaten, Datenaufbereitung und Datenspeicherung.

Es kommt hinzu, dass die Art der Datenaufbereitung nicht immer den Ansprüchen der Unfallanalyse genügt, da andere Zielrichtungen verfolgt wurden (wie z. B. Prozesse im Erhaltungsmanagement). Dies erfordert eine teilweise sehr aufwändige Nachbearbeitung. Ein zentraler Fokus dieses Berichts ist die Dokumentation der Erfahrungen und Hinweise hierzu. Auch wenn nur ein vergleichsweise kleiner Teil der potenziell sicherheitsrelevanten Infrastrukturattribute von den Strasseneigentümern beschafft werden konnte, war dennoch die Beschreibung von Sicherheitslevels unterschiedlicher Netzbereiche und Strassentypen möglich. Die an vielen Stellen der Ergebnisinterpretation vermuteten Konfundierungen verdeutlichen aber, dass noch zentrale sicherheitsrelevante Variablen beim Aufbau der Unfallmodelle fehlen.

Die Gesamtverkehrsmodelle (GVM) der Kantone wurden aufgrund ihrer guten Netzabdeckung über Strassentypen unterschiedlicher Rangordnung sowie Zuständigkeiten hinweg als Basis für den Aufbau der Analysenetze gewählt. Gleichzeitig enthalten diese Modelle die wesentlichen Expositionsgrößen (Verkehrsaufkommen und Netzlänge) sowie weitere potenzielle Einflussgrößen der Infrastruktur (Anzahl Fahrstreifen, Anzahl Zufahrten und Verkehrsregelungen an Knoten) für die Unfallmodellierung. Schwierigkeiten ergaben sich, wie auch bei Netzdaten aus anderen Quellen, hinsichtlich der sehr detaillierten Abbildung z. B. von einzelnen Fahrstreifen oder Teilknotenpunkten von Kreisverkehren, welche teilweise durch aufwändige Nachbearbeitung wieder aggregiert werden mussten. Ein weiteres Problem stellten Infrastrukturattribute dar, welche als Flächenlayer (Fläche Radweg neben Fahrbahnachse) vorlagen. Diese mussten in linienhafte Attribute transformiert werden, was teilweise mit einem Informationsverlust verbunden war.

Ein zentraler Arbeitsschritt der Datenaufbereitung stellt die Netzeinteilung in homogene Bereiche (hinsichtlich der Infrastrukturcharakteristik) dar. Unterschiede im Unfallgeschehen zwischen diesen Bereichen (zu erklärende Varianz) gilt es durch den Aufbau der Unfallmodelle zu minimieren bzw. durch Infrastrukturattribute zu erklären. Aufgrund der (zuvor erwähnten) unterschiedlichen Datenquellen, Vielzahl an Attributen und deren Datenformate ergibt sich ein sehr feingliedriges Netz. Daraus resultierende sehr kurze Abschnitte lassen sich einerseits nur bedingt modellieren, andererseits prägt sich (auch in Abhängigkeit der Geschwindigkeit) ein bestimmtes Unfallgeschehen erst ab gewissen Längen aus. Hier musste ein Kompromiss gefunden werden zwischen ausreichenden Netzlängen und weitestgehend homogener Infrastrukturcharakteristik, welcher sich auch auf das Ergebnis der Modellierung auswirkt. Die Untersuchung anderer Infrastrukturmerkmale wie z. B. des Zustandes der Fahrbahnoberfläche bedingen ggf. eine andere Netzeinteilung.

Im Rahmen der ersten Phase dieses Teilprojektes wurden entsprechende Analysenetze aufgebaut und erste Analyseergebnisse ermittelt. Weitere Infrastrukturattribute für spezifische Analysen (z. B. Fussgängerstreifen) können nun mit wesentlich geringerem Aufwand in das Netz integriert und Detailanalysen unter Berücksichtigung des generellen Sicherheitslevels der vorliegenden Strassensituation durchgeführt werden.

6.1.2 Unfallanalyse

Es wurden zahlreiche Unfallmodelle differenziert nach Kanton, Ortslage, Netzbereich (Knoten, Strecke, Siedlungsgebiet) und Unfallschwerekategorie ermittelt. Die Ermittlung von Modellen für Teilkollektive des Unfallgeschehens wie z. B. für bestimmte Unfalltypengruppen oder Beteiligungsarten erfolgt nur stichprobenhaft bei der Interpretation der ersten Ergebnisse. Eine umfassende Auseinandersetzung mit den Teilkollektiven erscheint notwendig, da durch alleinige Betrachtung des gesamten Unfallgeschehens teilweise Auffälligkeiten nivelliert werden. Diese Analyse konnte in der 1. Phase nicht mehr durchgeführt werden.

Vorgängig zum Aufbau der Unfallmodelle wurden einfache Korrelationsanalysen zu Abhängigkeiten zwischen den potenziellen Einflussvariablen durchgeführt. Die Ergebnisse spiegeln letztendlich eine normgerechte Strassenplanung und Strassenprojektierung wider. Trotzdem sollen die Analysen nochmals bestimmte Zusammenhänge (prominent) verdeutlichen, um auch dem fachfremden Leser einzelne Hintergründe des Modellaufbaus sowie eine Interpretation der Ergebnisse zu ermöglichen.

Erwartungsgemäss erbringen die standardmässigen Expositionsgrössen wie Länge und DTV den grössten Anteil an erklärter Varianz in den Unfallmodellen. Die Länge ergab Regressionskoeffizienten nahe eins, eine Berücksichtigung als Offsetgrösse war damit möglich. Dies bestätigt die Vorgehensweise bei der Netzeinteilung. Der DTV ergab in den meisten Fällen Regressionskoeffizienten von kleiner eins. Diese resultieren aus einem degressiven Verlauf des Zusammenhangs zwischen DTV und Unfallhäufigkeit. Das bedeutet, dass bei kleineren Verkehrsbelastungen eine Zunahme des MIV im Vergleich grössere Auswirkungen auf das Unfallgeschehen hat als auf eher stark belasteten Strassen. Es wird somit die Planungsphilosophie unterstützt, den motorisierten Individualverkehr auf wenigen Netzachsen zu bündeln und diese entsprechend zu gestalten, auszustatten und zu betreiben. An den Knoten konnte bei Verwendung des gesamten Knoten-DTVs (Summe der zufahrenden Ströme) jeweils besser angepasste Modelle ermittelt werden. Die Alternative, die Verkehrsbelastung in der Haupt- und Nebenrichtung getrennt bzw. über deren Verhältnis zu beschreiben, war weniger gut für die Modellbildung geeignet, was aber auch auf die (eher unzureichende) Abschätzung von Haupt- und Nebenrichtung über die Höhe der Belastung zurückgeführt wird.

Aufgrund des häufig nicht linearen Zusammenhangs zwischen DTV und Unfallhäufigkeit wurden Unfalldichtefunktionen über den DTV (Safety Performance Functions) anstatt von Unfallraten bzw. Unfallziffern zur Beschreibung des Sicherheitslevels verschiedener Strassensituationen bevorzugt. Diese Funktionen können sowohl für Unfalldichten (Anzahl von Unfällen) als auch für Unfallkostendichten (Anzahl und Schwere von Unfällen) beschrieben werden. Anhand der Beschreibung des volkswirtschaftlichen Schadens durch Unfälle wurde auch deutlich, dass beispielsweise Unfälle mit ausschliesslich Sachschaden einen nicht unerheblichen Teil der volkswirtschaftlichen Kosten bei ungenügender Verkehrssicherheit erzeugen.

Die Ergebnisse der untersuchten potenziellen Einflussvariablen (Risikofaktoren) sind nicht immer eindeutig und in vielen Fällen liegt der Verdacht der Konfundierung nahe (zugrunde liegender Einfluss anderer, nicht berücksichtigter Variablen). Eine abschliessende Beurteilung ist daher nicht möglich. Während der Zusammenhang mit der Unfallhäufigkeit vergleichsweise einfach aus den Regressionskoeffizienten ableitbar ist, stellt sich diese beim Zusammenhang mit der Unfallschwere schwieriger da. Hier kann nur über den Vergleich der Teilmodelle für verschiedene Unfallschwerekategorien eine Abschätzung getroffen werden, welche aber durch die unterschiedlichen Stichprobengrössen erschwert wird (schwere Unfälle sind tendenziell seltener).

Eine Übersicht zu den Ergebnissen der multikriteriellen Analysen gibt Abb. 6.24, dort sind auch potenzielle Ergänzungen durch Daten und Analysen aus den anderen Teilprojekten dargestellt.

Netzbereich	Zielgrösse	Exposition	Variablen			TP	ggf. Relevanz für andere Einflussbereichsanalysen
			iO	aO	signifikanter Zusammenhang	mögliche Konfundierung	
Strecken verkehrsorientiert	Unfallhäufigkeit pro Jahr & Netzbereich	DTV _{Querschnitt} Länge	X	(x)	Anteil Schwerverkehr	Lage der Strasse im Netz Randnutzung	
			X		Anzahl Fahrgäste ÖV Tram vorhanden	erhöhtes Aufkommen Fussgänger geringere Querschnittsbreiten für alle Verkehrsteilnehmer	1 Verhalten in Strassen mit Tram
			X		Randnutzung (BS) erhöhte touristische Bedeutung (BS)	Aufkommen Langsamverkehr	1 Aufkommen Langsamverkehr
			X	X	Anschlussknotendichte (aO: nachgeordnete Zufahrten)		
			X	X	Anzahl Fahrstreifen		
			X		Fahrstreifenbreite		
			X	X	Strasstyp / Zuständigkeit	Geschwindigkeit Aufkommen Langsamverkehr (bei Strassentypen in grösseren Städten)	1 Verhalten auf unterschiedlichen Strassentypen 1 Zusammensetzung Fahrerkollektiv 1 Aufkommen Langsamverkehr 3 Verteilung Fahrzeugtypen im Netz (Aufkommen)
			X	X	Tempolimit	Randnutzung Ausstattungsgrad	5 differenzierte Unfallschwerebewertung nach Geschwindigkeitsniveaus
			X		Parkieren (BS)		
			X		Radverkehrsanlagen	Fahrstreifenbreite Aufkommen Radverkehr	1 Aufkommen Radverkehr
			X		Kurvigkeit	Ausstattungsgrad	
			X		Hügeligkeit		
Knoten verkehrsorientiert	Unfallhäufigkeit pro Jahr & Netzbereich	DTV _{bezogen auf Knoten-überfahrten} DTV _{diff. nach Haupt-/Nebenrichtung}	X	X	Anteil Schwerverkehr	Lage der Strasse im Netz Randnutzung	
			X		Tram vorhanden	erhöhtes Aufkommen Fussgänger geringere Querschnittsbreiten für alle Verkehrsteilnehmer	1 Aufkommen Fussgängerverkehr 1 Verhalten an Knoten mit Tram
			X		erhöhte wirtschaftliche Bedeutung (BS)	Konfundierung vermutet aber unklar	
			X	X	Anzahl Zufahrten Platzform (BS)	Unübersichtlichkeit mehr Konfliktpunkte	1 Fehlverhalten Verkehrsteilnehmer
			X	X	Verkehrsregelung (KVP, LSA)		
			X		LSA (BS)	Komplexität grosser Knoten	1 Fehlverhalten Verkehrsteilnehmer
			X		Anbindung HLS	Ausstattungsgrad	
Quartiere siedlungsorientiert	Unfallhäufigkeit pro Jahr & Gebiet	Netzlänge	X		Radstreifen	Aufkommen Radverkehr	1 Aufkommen Radverkehr
			X		Anschlussknotendichte	Lage Gebiet im Netz / der Stadt Struktur und Anzahl Einwohner im Gebiet	1 Zusammensetzung Kollektiv Unfallbeteiligter 1 Aufkommen Langsamverkehr
			X		Anteil Bebauung	Struktur und Anzahl Einwohner im Gebiet	1 Zusammensetzung Kollektiv Unfallbeteiligter 1 Aufkommen Langsamverkehr

iO - innerorts / aO - ausserorts

(BS) - nur Kt. Basel-Stadt

Abb. 6.24 Übersicht zu signifikanten Einflussmerkmalen der Unfallhäufigkeit

Abb. 6.25¹ zeigt für die zentralen Einflussgrössen die Richtung des Zusammenhangs mit der Häufigkeit und Schwere von Unfällen. Die Einordnung hinsichtlich der Unfallschwere steht in einer starken Abhängigkeit zur Unfallbeteiligung. Eine erhöhte Unfallschwere ist auch immer dann feststellbar, wenn der Langsamverkehr betroffen ist.

¹ Die Lage einer Variable im Diagramm, beschreibt dessen Zusammenhang mit der Unfallhäufigkeit und der Unfallschwere. Die Lage im jeweils positiven („+“) Quadranten bedeutet, dass entweder das Vorhandensein (kategorial) oder eine stärkere Ausprägung (stetig) eines Merkmals zu tendenziell mehr oder schwereren Unfällen führt. Eine Lage auf der Achse bedeutet, dass sich der Zusammenhang für alle Unfallschwerekategorien ähnlich nachweisen lässt. Die Entfernung vom Achsschnittpunkt steht für die Beurteilung der Signifikanz und auch der (interpretierten) Kausalität der jeweiligen Variable in ihrer Wirkung auf das Unfallgeschehen (keine Effektstärke).

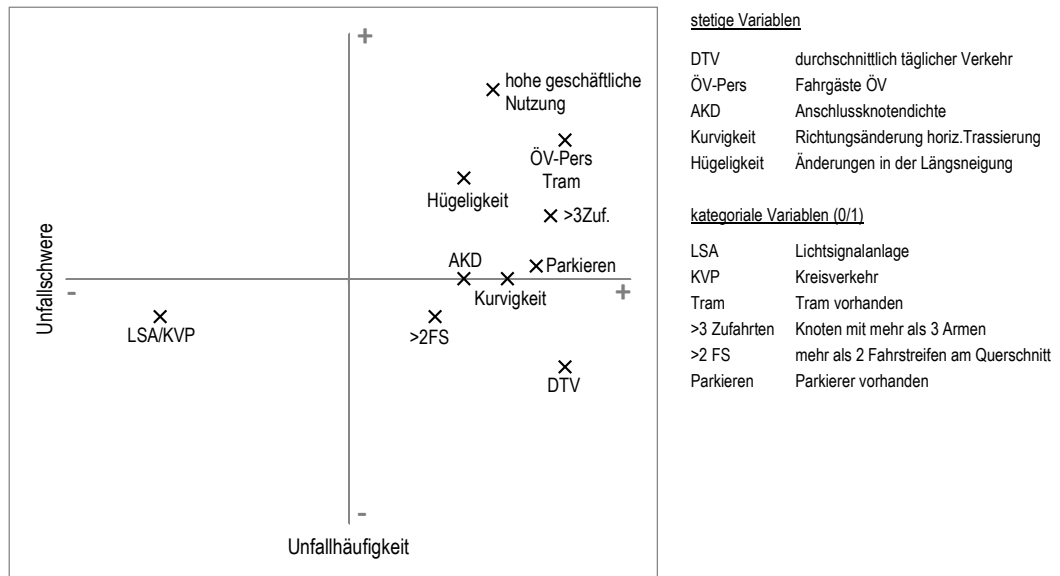


Abb. 6.25 Einordnung signifikanter Einflussgrößen in Abhängigkeit ihres Zusammenhangs mit Unfallzahl und Unfallschwere

6.2 Forschungsbedarf

6.2.1 Situation und Infrastruktur

Der vorliegende Bericht stellt die Ergebnisse der 1. Phase des Forschungsansatzes der Verkettung unterschiedlicher Datenquellen zur Analyse des Einflusses von Situation und Infrastruktur auf das Unfallgeschehen dar. Erwartungsgemäss resultierte der massgebliche Aufwand in dieser Phase aus Datenbeschaffung und Datenaufbereitung sowie dem Aufbau der Analysenetze. Tiefergehende Analysen waren aus Zeitgründen nicht im gewünschten Masse möglich. Die Analysenetze bieten eine Art Untersuchungsbasis für verschiedene spezifische Fragestellungen, welche einerseits durch bereits aufbereitete Daten und andererseits durch zur Verfügung stehende aber noch nicht integrierte Daten (in das Analysenetz) untersucht werden können. Folgende Attribute und Untersuchungsansätze werden für ggf. folgende Arbeiten mit höherer Priorität eingeschätzt:

- Aufbau von Teilmodellen für spezifische Unterkollektive des Unfallgeschehens (z. B. für Unfalltypengruppen, Unfallbeteiligungsarten und Unfälle bei bestimmten Umfeldbedingungen)
- Überprüfung unterschiedlicher Netzeinteilungen für die Untersuchung von u. a.:
 - des Einflusses von Knoten und deren Verkehrsregelung auf die Verkehrssicherheit in den Zufahrten (dadurch verbesserte Abgrenzung des Knotenunfallgeschehens und der Sicherheitsbewertung von Knoten)
 - des Einflusses verschiedener Radverkehrsanlagen, welche bisher bei der Netzeinteilung nur unzureichend berücksichtigt wurden
 - des Einflusses der Grösse von Stadt- und Agglomerationsräumen (z. B. Vergleich Ortsdurchfahrt vs. städtischer Strassenraum)
- Überprüfung des Einflusses aktuell vorhandener, aber noch nicht integrierter Merkmale wie u. a.:
 - Fussgängerstreifen inklusive vielfältiger Merkmale zur Ausgestaltung, Verkehrsregelung und Umfeld unter Berücksichtigung des Sicherheitslevels des jeweiligen Strassenraums (aus den Analysenetzen)

- Variablen des Strassenzustandes wie z. B. Griffigkeit und fiktive Wassertiefe (dies bedingt auch eine andere Einteilung des Strassennetzes)
- Verkehrsbelastungen von ein-, abbiegenden sowie querenden Strömen bzw. Konfliktpunkten an Knoten (und deren Einfluss auf die spezifischen Unfalltypengruppen 3, 4 und 5)
- Sicherheitsmassnahmen aufgrund von lokalen Auffälligkeiten im Unfallgeschehen (z. B. an Unfallschwerpunkten)
- Sozioökonomischer, wirtschaftlicher und flächennutzungsbezogener Attribute, welche in den GVMs enthalten sind (siehe hierzu die Untersuchung in z. B. [44])
- Überprüfung des Einflusses vorhandener, aber noch nicht beschaffter Merkmale wie z. B.:
 - zeitlich disaggregierte Verkehrsdaten aus Zählstellen (reale Ganglinien auf Tages-, Wochen- oder Monatsbasis)
 - Daten zu tatsächlichen Geschwindigkeitsverteilungen (z. B. aus TomTom-Datensätzen, welche teilweise in den Städten vorliegen)
 - weitere Datenquellen zur Beschreibung der Umfeldnutzung (z. B. aus Bebauungslayern oder Flächennutzungsplänen) zur stellvertretenden Abbildung von z. B. des Aufkommens von Fussgängern
 - Zähldaten zum Aufkommen des Langsamverkehrs, um aktuelle Konfundierungen in den Modellen weiter zu reduzieren
 - weitere Datensätze zu den Nationalstrassen (u. a. aus TRASSEE)

Ausserdem wird noch ein Erkenntnisnutzen bei der Kombination von Daten aus den unterschiedlichen Kantonen gesehen. Aufgrund der grösseren Stichprobe ergeben sich unter Umständen zusätzliche Erkenntnisse. Darüber hinaus wären Vergleiche zwischen den Kantonen besser möglich. Aufgrund der bisherigen starken Fokussierung auf die „deutschsprachigen“ Kantone, wäre der Einbezug von West- und Südschweizer Kantonen interessant, um ggf. unterschiedlich geprägte Gestaltungsphilosophien sowie strukturelle Rahmenbedingungen und deren Zusammenhänge mit dem Unfallgeschehen untersuchen zu können.

6.2.2 Gesamtes Forschungspaket

Im Zusammenhang mit dem Teilprojekt **Mensch und Gesellschaft** könnten die dortigen Erkenntnisse um Infrastrukturattribute ergänzt werden. Hier wären u. a. folgende Fragestellungen von Interesse:

- Altersgruppenspezifische Auffälligkeiten hinsichtlich bestimmter Strassensituationen und deren Ausgestaltung, wie z. B.:
 - Sind Senioren stärker an Knotenpunkten ohne Lichtsignalanlage aufgrund der erhöhten Anforderungen an den Verkehrsteilnehmer hinsichtlich Begreifbarkeit und Abschätzung von Geschwindigkeiten und Zeitlücken gefährdet?
 - In welchen Strassensituationen sind Fahranfänger in besonderem Masse am Unfallgeschehen beteiligt, um diese Situationen ggf. stärker bei der Fahrausbildung berücksichtigen zu können?
- Auffällige Strassensituationen bzw. dort verortete Unfälle aus denen massgeblich Administrativmassnahmen resultieren: Hiermit sollen die Grenzen zwischen dem Einflusspotenzial der Infrastruktur im Vergleich zum Einflusspotenzial von Überwachungsmassnahmen ausgelotet werden. Daraus können unter Umständen klare Überwachungsstrategien für Netzbereiche abgeleitet werden, bei denen der Einfluss der Infrastruktur auf das Verhalten eingeschränkt ist.

- Auffällige Strassensituationen hinsichtlich der Beteiligung von ortsfremden Verkehrsteilnehmern: Analyse des intuitiven Verständnisses von bestimmten Strassenraumsituationen bzw. Abweichungen davon, welche vor allem für ortsfremde Verkehrsteilnehmer u. U. sicherheitskritisch sind.

Im Zusammenhang mit dem Teilprojekt **Fahrzeugeigenschaften** ergeben sich u. a. folgende Fragestellungen von Interesse:

- Strassensituationen in denen Fahrzeuge mit Assistenzsystemen eine auffällige bzw. untergeordnete Rolle spielen: In welchen Situationen können Assistenzsysteme ihren Nutzen entfalten, wo bestehen noch Potenziale?
- Auffällige Strassensituationen für spezifische Fahrzeugarten: In welchen Situationen ergeben sich Hinweise auf eine auffällige Beteiligung von E-Bikes, um Hinweise zur Anpassung von Entwurfsvorgaben der Strasseninfrastruktur für diese ggf. wachsende Gruppe von Fahrrädern zu erhalten?

Im Zusammenhang mit dem Teilprojekt **Wetter** ergeben sich u. a. folgende Fragestellungen von Interesse:

- Können einzelne Strassensituationen mit einer erhöhten Unfallhäufigkeit auf eine ungünstige Kombination mit bestimmten Wettersituationen zurückgeführt werden (z. B. eingeschränkte Erkennbarkeit von Markierungen an komplexen Knoten aufgrund von Schneefall/-bedeckung)?
- Ab welcher Regenintensität steigt die Unfallhäufigkeit auf Strecken mit einer (zu definierenden) ungenügenden Griffigkeit?

6.3 Schlussfolgerungen für die Praxis

Ein zentraler Nutzen dieser Untersuchung (in der 1. Phase) ergibt sich aus der Zusammenstellung potenziell sicherheitsrelevanter Merkmale sowie der dazu gegenüberstehenden Verfügbarkeit von Infrastrukturdaten. Unabhängig davon, ob Zusammenhänge zwischen Infrastrukturattributen und dem Unfallgeschehen im Forschungskontext oder auf operativer Ebene (z. B. Sicherheitsanalysen von Strassennetzen) der Strasseneigentümer untersucht werden sollen, bestehen ähnliche Anforderungen. Ein wesentliches Ergebnis der hier vorliegenden Untersuchung besteht in den Hinweisen zur Datenaufbereitung, Zusammenführung unterschiedlicher Datenquellen sowie einer zielgerichteten Netzeinteilung für Unfallanalysen. Der hier gewählte Ansatz, vorrangig vorhandene Datenquellen zu nutzen (manuelle Nacherhebungen spielen untergeordnete Rolle), besitzt auch eine Relevanz für Strasseneigentümer zur Analyse von Auffälligkeiten im eigenen Netz sowie der Entwicklung der Verkehrssicherheit.

Auf Basis der bereitgestellten Unfallmodelle können verbesserte Bewertungen von Infrastruktursituationen unabhängig von Unfällen erfolgen. Dieser risikobasierte Ansatz wird zukünftig mit weiter sinkenden Unfallzahlen sowohl für den Bestand als auch die Prognose an Relevanz gewinnen. Hier sind unterschiedliche praktische Fragestellungen von Bedeutung, welche auf Basis der hier gewonnenen Erkenntnisse (zumindest in Ansätzen) beantwortet werden können:

- Abschätzung des volkswirtschaftlichen Nutzens (Unfallkosten durch vermiedene Unfälle) bei Veränderung von Strassensituationen bzw. Verkehrsbelastungen des MIV oder ÖV (z. B. Bau einer Lichtsignalanlage an einem Knoten, Reduzierung von Anschlussknoten zum Erschliessungsstrassennetz einer Innerortsstrasse oder Wegnahme eines zusätzlichen Fahrstreifens am Querschnitt).
- Optimierung der Verkehrssicherheit in einem Strassennetz durch zielgerichtete Verteilung von Verkehrsmengen des MIV (z. B. Wegweisung, verkehrsmittelbezogene Sperrung ausgewählter Strassenzüge) unter Berücksichtigung des, durch die Unfallmodel-

le abzuschätzenden, strassenraum-spezifischen Sicherheitslevels. Anhand der Unfallmodelle aus Basel-Stadt wird deutlich, dass eine Überlagerung einer intensiveren Randnutzung (hohe geschäftliche Nutzung sowie hohe touristische Bedeutung) mit hohen Verkehrsmengen des MIV zu erhöhten Unfallhäufigkeiten führt. Strassentypen mit einer Überlagerung von (im übertragenen Sinne) Erschliessungs- und Verbindungsfunktion sind daher möglichst zu reduzieren (wie z. B. Sammelstrassen, siehe Ergebnisse Innerorts im Kanton Bern).

- Überprüfung von Strategien des Sicherheitsmanagements oder netzweiter Sicherheitsmassnahmen: Priorisierung von Massnahmenprogrammen wie z. B. vermehrter Umbau zu Kreisverkehren oder Rückbau bzw. Um-Markierung von engen Fahrbahnquerschnitten durch Abschätzung der Nutzen (Effektivität) sowie Gegenüberstellung der Kosten (Effizienz).

Weiterhin wurde deutlich, dass auch durch Unfälle mit ausschliesslich Sachschaden ein relevanter volkswirtschaftlicher Schaden entsteht bzw. durch Reduzierung dieser Unfälle volkswirtschaftlicher Nutzen generiert werden kann. In vielen Kantonen fällt ein grosser Teil dieses Schadens unter die Dunkelziffer und wird damit bei Nutzen-Kosten-Analysen von Sicherheitsmassnahmen z. B. an Unfallschwerpunkten vernachlässigt (Unterschätzung des Nutzens). Generell liessen sich durch Nutzung der Erkenntnisse aus dem Teilprojekt 5 durch andere Datenquellen als polizeilich registrierte Unfälle (medizinische Statistik) unter Umständen eine Dunkelziffer für Strassensituationen oder Unfallbeteiligungen ableiten, welche dann in den Unfallmodellen integriert werden könnte. Hiermit wäre eine bessere Abschätzung des tatsächlichen Sicherheitslevels möglich.

Generell unterstützen die hier gefundenen Ergebnisse in vielen Bereichen das Vorgehen bei Planung und Projektierung. So finden sich z. B. an tendenziell höher belasteten Knoten mit mehr als 3 Zufahrten (Kreuzung) häufiger Lichtsignalregelungen, welche auch hier als sicherer eingeschätzt wurden als vergleichbare Vorfahrtsregelung nur über Beschilderung.

Anhänge

I	Sicherheitsrelevante Merkmale	65
I.1	Infrastruktur.....	65
I.2	Situation.....	67
II	Daten	68
II.1	Datenquellen	68
II.2	Datenstruktur und Datenmodelle	73
II.3	Datendokumentation	73
II.4	Datenfehler	73
II.5	Datenaufbereitung	79
III	Variablen	81
III.1	Strecken.....	81
III.2	Knoten.....	86
III.3	Siedlungsgebiete	89
IV	Statistik	90
IV.1	Korrelationsmatrizen	90
IV.2	Unfallmodelle	99

I Sicherheitsrelevante Merkmale

I.1 Infrastruktur

Abb. I.1 Merkmale zur Beschreibung des Netzes

Netz			Priorisierung		
			1.	2.	3.
Kategorisierung	Zuständigkeit	Bund / Kanton / Gemeinde		X	
	Typologie SN 64040b	HLS / HVS / VS / SS / ES	X		
	Funktion (verkehrs-/siedlungsorientiert)	verkehr- / siedlungsorientiert	X		
Ortslage		Inner- / Ausserorts	X		
Netzbereich		Knoten / Strecke / Siedlungsgebiet	X		
Gemeindetypologie des ARE				X	

Abb. I.2 Merkmale zur Beschreibung der Gestaltung

Gestaltung			Priorisierung		
			1.	2.	3.
Querschnitt	Anzahl Fahrstreifen		X		
	Anzahl Fahrbahnen			X	
	Fahrstreifenbreite			X	
	Fahrbahnbreite			X	
	Art der Mitteltrennung		X		
	Mittelinseln			X	
	Seiten-/Standstreifen			X	
	Randstreifen			X	
	Überholfahrstreifen		X		
	Radverkehrsanlagen	Velostreifen / Veloweg	X		
		Breiten		X	
	Tramführung	Mischverkehr / eigenständiger Bahnkörper	X		
	Sonderfahrstreifen	z. B. Bus, Taxi		X	
	ÖV-Haltestellen	Mittellage / Seitenlage	X		
Trassierung	Parkierungsstreifen	Aufstellungsart		X	
		Breiten		X	
	Gerade / Kurve			X	
	Kuppe / Wanne				X
	Kurvenradius			X	
	Kurvigkeit		X		
Knoten	Längsneigung		X		
	Querneigung			X	
	Niveau	Kreuzungsfrei / Niveaugleich	X		
	Form	Kreuzung / Einmündung / Kreisverkehr	X		
	Anzahl Zufahrten		X		
	Anzahl Fahrstreifen (LA, RA, GF)			X	
	Länge Einfädel-/Ausfädestreifen				X
	Fahrbahnteiler in Zufahrten			X	
	Veloführung			X	
	nur Kreisverkehr	Durchmesser		X	
		Anzahl Fahrstreifen Kreisfahrbahn		X	
		Bypass			X
		Querungshilfen Fg			X
sonstiges	Dreiecksinseln			X	
	Tunnel	Tunnel / Galerie	X		

Abb. I.3 Merkmale zur Beschreibung der Ausstattung

Ausstattung		Priorisierung		
		1.	2.	3.
Rückhaltesysteme			X	
Lärmschutzwände				X
Beleuchtung (vorrangig Querungsstellen)				X
Massnahmen Geschwindigkeitsdämpfung			X	

Abb. I.4 Merkmale zur Beschreibung der Signalisation

Signalisation			Priorisierung		
			1.	2.	3.
Markierung	Mittelmarkierung	Art		X	
		Breite			X
	Randmarkierung	Art		X	
		Breite			X
	Markierung Querungsstellen				X
	Markierung Sonderfahrstreifen				X
	Markierung Velostreifen			X	
Beschilderung	Markierung am Knoten			X	
	sonstige Markierung (z. B. Piktogramme)				X
	zulässige Höchstgeschwindigkeit			X	
	Überholverbot			X	
	Parkierungsverbote			X	
	Ortschaft			X	
	Knoten	Vorfahrtsbeschilderung	X		
LSA		Abbiegeverbote		X	
	am Knoten	Vollständig / Teilsignalisierung	X		
		gesicherter Linksabbieger	X		
		Umlaufzeit		X	
		verkehrsabhängig / Festzeit		X	
		ÖV-Beschleunigung		X	
		Koordinierung			X
		Zeitvorsprung Fg/Velo(ja/nein)		X	
	an Querungsstellen Fg			X	
	an Haltestellen des ÖV	(z. B. Springlicht, Gelb-blinken, LSA)		X	
	Nachtabstaltung / Dauerbetrieb		X		
sonstige Verkehrsbeeinfl.	Streckenbeeinflussungsanlage				X
Betriebsform (z.B. Kraftfahrstrasse)				X	

Abb. I.5 Merkmale zur Beschreibung des Zustandes

Zustand		Priorisierung		
		1.	2.	3.
Fahrbahnoberfläche	Griffigkeit	X		
	Längenebenheit		X	
	Fiktive Wassertiefe / Spurrinnen		X	
	sonstiges			X

I.2 Situation

Abb. I.6 Merkmale zur Beschreibung von Verkehr und Verhalten

Verkehr & Verhalten			Priorisierung		
			1.	2.	3.
Verkehrsstärke	MIV		X		
	Fahrräder				X
	Fussgänger	quer		X	
		längs			X
	Schwerverkehrsanteil		X		
Ganglinien Verkehrsstärke	Tag			X	
	Woche				X
	Monat				X
	Jahr				X
Knotenstromplan				X	
Parkierer					X
ÖV-Takt				X	
Fahrgastzahlen an ÖV-Haltestellen					X
tatsächliche Geschwindigkeiten	Mittelwert		X		
	v85			X	
Fahrbahnbenutzung	(z. B. Gehweg-/Fahrbahnseitenbenutzung Velos)			X	
Zeit-/Weglücken MIV					X
Rotlichtmissachtung					X

Abb. I.7 Merkmale zur Beschreibung des Umfeldes und sonstiger Ereignisse

Umfeld & sonstige Ereignisse			Priorisierung		
			1.	2.	3.
Seitenraum	ungeschützte Hindernisse	(z. B. Bäume, Widerlager etc.)		X	
Rand-/Umfeldnutzung innerorts	Flächennutzungsplan		X		
	Entwurfssituation				X
	Geschäftsbesatz			X	
	Geschosszahl				X
	Art der Nutzung			X	
	Zentrale Ziele	(z. B. Bahnhof, Krankenhaus)		X	
Sicherverhältnisse	ggf. Modellrechnungen				X
Baustellen	Zeitraum		X		
	Ausdehnung			X	
	Baustellenführung				X
	Umleitung				X

II Daten

II.1 Datenquellen

II.1.1 Unfalldaten

Die Unfalldaten stammen aus MISTRA-Fachapplikation VUGIS. Die anonymisierten und georeferenzierten Unfalldaten von 2009 bis 2012 wurden durch das ASTRA zur Verfügung gestellt (Unfall-, Objekt- und Personendatenblatt).

II.1.2 Infrastrukturdaten

Die Infrastrukturdaten stammen von den kantonalen und kommunalen Strasseneigentümern sowie von der Polizei. Die verwendeten Daten wurden folgenden Quellen entnommen bzw. wurden über folgende Kontakte bezogen:

- Lukas Zurbuchen, GIS-Beauftragter Tiefbauamt Kanton Zürich
- Marcel Keller; Fachstelle GIS / Applikationsentwicklung, Tiefbauamt Stadt Zürich
- Markus Baumann, Fachstelle Geoinformation, Department Bau, Stadt Winterthur
- Urs Bachmann, GIS-Verantwortlicher Tiefbauamt Kanton Bern, vor allem Daten aus dem Strasseninformationssystem Logo des Kanton Bern
- Daniel Michel, Tiefbauamt Stadt Bern
- Tiefbauamt Basel-Stadt

In den folgenden Abbildungen sind die von den Kantonen und anderen Institutionen bereitgestellten Datensätze aufgelistet.

Abb. II.1 Datenbestand Nationalstrassen (aus Projekt „Netscreening“ im Rahmen des Stabsmandats Vollzug StFV ASTRA)

Nationalstrassen

Gruppe	Merkmale	Datensatz	Beschreibung
Netz	Knoten		Ein- / Ausfahrt
Gestaltung	Anzahl Fahrstreifen bauliche Mitteltrennung Tunnel		+ Zusatzmerkmale (z. B. Längsneigung)
Ausstattung	Fahrzeugrückhaltesystem		H1 / H2 / Böschung / Einschnitt / Leitmauer
Verkehr	DWV Schwerverkehrsanteil Anteil Gefahrguttransporte am SV		
Umfeld	Wohnbevölkerung / Arbeitsplätze im Abstand zur Strasse		

Abb. II.2 Daten Kanton Basel-Stadt

Kanton Basel-Stadt

Gruppe	Merkmale	Datensatz	Beschreibung
Netz	Typologie SN 64040b		
	Zuständigkeit		
	Touristische Bedeutung		keine / mittel / hoch / besonders hoch
	Wirtschaftliche Bedeutung		wenig / mittel / hoch / sehr hoch / extrem hoch
Gestaltung	Anzahl Fahstreifen		
	Fahrbahnbreite		
	Einbahnstrasse	Access-	
	Mitteltrennung	Datenbank	
	Radverkehrsanlagen	Tiefbauamt	
	Tram vorhanden	Basel-Stadt	
	Fahstreifen ÖV		
Signalisation	zulässige Höchstgeschwindigkeit		
Verkehr	DTV		
	Schwerverkehrsanteil		
	Anzahl Buskurse		

Abb. II.3 Daten Kanton Bern
Kanton Bern

Gruppe	Merkmale	Datensatz	Beschreibung
Netz	Typologie SN 640 040b	Logo	nur für Kantonsstrassen
		GVM	inklusive Kategorie anbaufrei / angebaut
	Zuständigkeit	Logo	
	Ortslage	Logo	nur für Kantonsstrassen
	Knoten	GVM	
Gestaltung	Anzahl Fahstreifen	GVM	
	Einbahnstrasse	GVM	
	Fahrbahnbreite	Logo	nur für Kantonsstrassen*
	Radverkehrsanlagen	Logo	nur für Kantonsstrassen*
	Längsneigung	Logo	nur für Kantonsstrassen
	Kreisverkehrsplatz	GVM	
Signalisation	zulässige Höchstgeschwindigkeit	GVM	entspricht nur bedingt tats. Tempolimit
	LSA-Regelung Knotenpunkt	GVM	
	Fussgängerstreifen ⁺	ASTRA	Vielzahl an Zusatzattribute zur Beschreibung
	Leitlinien	Logo	nur für Kantonsstrassen*
	Markierung Kernfahrbahn	Logo	nur für Kantonsstrassen*
Zustand	Index 1-4 ⁺	Logo	
Fahrbahn- oberfläche	Wassertiefe ⁺	Logo	nur für Hauptverkehrsstrassen im kantonalen Strassennetz
	SFC (Griffigkeit) ⁺	Logo	
Verkehr	DWV	GVM	Analyseperiode 2007
	Schwerverkehrsanteil	GVM	

* Bestandteile des Querschnitts über Polygone beschrieben (Fahrbahn, Gehweg, Radweg, etc.)

⁺ aktuell nicht in der Untersuchung verwendet

Abb. II.4 Daten Kanton Zürich

Kanton Zürich

Gruppe	Merkmale	Datensatz	Beschreibung
Netz	Typologie SN 640 040b	Logo	nur für Kantonsstrassen
	Typologie	GVM	sehr detailliert, fahrtrichtungsbezogen
		GVM	querschnittbezogen, ähnlich SN 640 040b
	Zuständigkeit	Logo	
	Ortslage	Logo	nur für Kantonsstrassen
Gestaltung	Knoten	GVM	
	Anzahl Fahstreifen	GVM	
	Einbahnstrasse	GVM	
	Fahrbahnbreite	Logo	nur für Kantonsstrassen
	Radverkehrsanlagen	Logo	nur für Kantonsstrassen + Stadt Zürich
	Rad- / Gehweg auf Nebenstreifen	Logo	nur für Kantonsstrassen*
	Tram vorhanden		
	Längsneigung	Logo	Kantonsstrassen + Stadt Zürich / Winterthur
	Kreisverkehrsplatz	Logo	als Polygon hinterlegt, nur Kt.-Str.
Signalisation	zulässige Höchstgeschwindigkeit	GVM	entspricht nur bedingt tats. Tempolimit
		Logo	nur für Kantonsstrassen
	LSA-Regelung Knotenpunkt	Logo	als Punkt hinterlegt, Zusatzmerkmale, nur Kt.-Str.
		GVM	
Verkehr	DTV	GVM	Analyseperiode 2011
	Fahrgastzahlen ÖV	GVM	
	Schwerverkehrsanteil	GVM	
	Tram/h zw. 6-22 Uhr	Logo	Kantonsstrassen + Stadt Zürich / Winterthur

* Bestandteile des Querschnitts über Polygone beschrieben (Fahrbahn, Gehweg/Radweg, etc.)

Abb. II.5 Manuelle Nacherhebung zu Daten für den Kanton Basel-Stadt

Kanton Basel-Stadt (Nacherhebung)

Gruppe	Merkmale	Beschreibung
Netz	Knotenabgrenzung	Polygon (ausserkanten Fg-Streifen, Eckausrundungen)
Gestaltung	Anzahl Fahstreifen	
	Fahrbahnbreite	
	Einbahnstrasse	
	Mitteltrennung	bauliche Mitteltrennung / Bahnkörper
	Mittelinseln	
	Radverkehrsanlagen	Radweg / Radfahrstreifen; einseitig / beidseitig
	Tram vorhanden	
	Tramführung	Bahnkörper / Mischverkehr
	Tram-Haltestellen	Mittellage / Seitenlage
	Busfahrstreifen	
Umfeld	hohe geschäftliche Nutzung	
	besondere Ziele	Uni, Schule / grosse Firma / Behörde / Messe / Spital
Verkehr	Parkierer	einseitig / beidseitig

Abb. II.6 Datenlieferung Sicherheitsmassnahmen

Massnahme	Kt.	Hauptproblem	Nebenproblem
1	ZH	Fussgängerstreifen	Tempo-30-Zone
2	AG	Fussgängerstreifen	
3	LU	Fussgängerstreifen	Schulwegsicherung
4	BE	Fussgängerstreifen	
5	ZH	Geschwindigkeitsbeschränkung	Sanierung (Gefahrenstelle)
6	BE	Geschwindigkeitsbeschränkung	Sanierung (Gefahrenstelle)
7	GR	Geschwindigkeitsbeschränkung	Umgestaltung (z.B. Ortsdurchfahrten)
8	BE	Sanierung (Gefahrenstelle)	
9	BE	Sanierung (Gefahrenstelle)	
10	GR	Sanierung (Gefahrenstelle)	Ausbau/Rückbau
11	GR	Sanierung (Gefahrenstelle)	Umgestaltung (z.B. Ortsdurchfahrten)
12	ZH	Sanierung (Gefahrenstelle)	Ausbau/Rückbau
13	BE	Schulwegsicherung	
14	ZH	Schulwegsicherung	
15	AG	Tempo-30-Zone	
16	BE	Tempo-30-Zone	
17	AG	Tempo-30-Zone	

Aktuell stehen auch Daten des Mikrozensus zur Verfügung, welche aber noch nicht im Rahmen der Analysen verwendet wurden:

- Bundesamt für Statistik BFS; Bundesamt für Raumentwicklung ARE (2012). Mobilität in der Schweiz, Ergebnisse des Mikrozensus Mobilität und Verkehr 2010

II.1.3 Verkehrsdaten

Die Verkehrsdaten stammen entweder aus den kantonalen Gesamtverkehrsmodellen

oder waren bereits in den Datenbanken der Infrastrukturdaten vorhanden:

- Gesamtverkehrsmodell Kanton Bern (GVM Bern)
- Gesamtverkehrsmodell Kanton Zürich (GVM Zürich)
- Verkehrsdaten Basel (Datenbank des Tiefbauamtes Basel-Stadt)

II.2 Datenstruktur und Datenmodelle

Die Datenmodelle der Kantone sind stark unterschiedlich. Verkehrsinfrastrukturdaten haben bisher noch wenig Standardisierung erfahren. Einzig bei den Daten aus Verkehrsmodellen ergeben sich Ansätze von interkantonomaler Kohärenz aufgrund der verwendeten Infrastruktur (Software) für die operative Nutzung.

Die verwendeten Datenstrukturen sind ebenfalls heterogen. Daten liegen in Form von Excel-Tabellen (BE), DBF-Tabellen (BE) und Tabellen in Microsoft Access-Datenbanken (BS) vor. Geodaten wurden im Esri Shapefile-Format abgegeben, was unter anderem zu Problemen mit Attributnamen führt (Begrenzung von Attributnamen auf 8 Zeichen durch Abschneiden überschüssiger Zeichen). Die Verkehrsmodelle wurden von den Datenlieferanten als VISUM-Dateien ausgeliefert und für die Weiterverwendung in GIS-kompatible Formate konvertiert.

II.3 Datendokumentation

Die Vorhaltung von Metadaten ist in den Analysekantonen unterschiedlich gelöst.

Zürich lieferte in der Regel begleitende PDF-Dateien mit Datenbeschreibungen, welche aus dem Zürcher Metadatenportal (GeoLion) exportiert werden. Diese Metadaten waren in der Regel von guter Qualität.

Der Kanton Bern lieferte Metadaten in Form von begleitenden Excel-Dateien mit knappen Beschreibungen der Attribute in Datensätzen. In der Regel waren diese Angaben genügend. In manchen Fällen werden in den Metadaten verwaltungsinterne Kürzel und nicht deklarierte Kategorien verwendet. Eine nachträgliche Klärung war hier notwendig.

Der Kanton Basel lieferte nur rudimentäre und teilweise unvollständige Metadaten in Form von kurzen Attributbeschreibungen in einer Microsoft Access-Datenbank. Auch hier ergab sich infolge der Metadatenlage einiger Klärungsbedarf, um die Qualität der GIS-Arbeiten sicherzustellen. Die Bedeutung der restlichen Attribute musste erfragt oder anhand der Attributnamen und Datenbankbezüge zwischen einzelnen Datensätzen rekonstruiert werden.

Aktuell enthalten die vorhandenen Metadaten in der Regel keine Angaben bezüglich allfälliger Datenaufbereitungs- bzw. Veredelungsschritte durch die Datenherren bzw. Datenlieferanten. Eine vollständige Daten- und Prozessierungshistorie (*Lineage*) im Sinn einer *Best Practice* der Metadatenerhebung wäre hilfreich. Durch das Fehlen dieser Informationen ist a priori nicht klar, wie zum Beispiel mit fehlenden Daten umgegangen wurde, oder ob für gewisse Erhebungen Wertebereiche für die Gültigkeit von Daten definiert (und durchgesetzt) wurden. Im Rahmen der Arbeiten zur Qualitätssicherung (siehe Datenqualitätsbericht) konnten aber zahlreiche Datensätze final beurteilt werden.

II.4 Datenfehler

II.4.1 Defekte oder ungenügende Topologie

Für die Bildung verkehrsortientierter Analysenetze sind Daten mit korrekter Topologie hilfreich. Zielführend ist eine Netzwerkstruktur bei der jede Kante (Strecke, Abschnitt) von zwei Knoten begrenzt ist. An den Schnittpunkten mehrere Kanten ist immer ein Knoten vorhanden. Nach der Klassierung von Netzwerkanten in Strassentypen (z.B. „verkehrs-

orientiert“, „siedlungsorientiert“) kann diese verwendet werden, um den Netzwerknoten verschiedene Klassen oder Typen zuzuweisen. Dieser Schritt fällt deutlich einfacher mit einer korrekten Topologie. Ebenso vereinfacht sich die Klassierung von Unfällen in Knoten- und Kantenunfälle mit einer korrekten Netzwerkstruktur.

Die Grundlagedaten des Kantons Basel-Stadt wurden im Gegensatz zu den anderen Analysenetzen – aufgrund der Grösse – mit einem höheren Aufwand aufbereitet. Die Analysenetze von Zürich und Bern können aufgrund des Umfangs nur bedingt in dem diesem Detaillierungsgrad aufbereitet werden. Aus diesem Grund werden hier vorrangig die Beispiele aus Basel-Stadt aufgeführt. Das Strassennetz im Kanton Basel-Stadt weist folgende Datenlücken auf:

- Knoten (Bezugspunkte) sind nicht an allen Kreuzungen vorhanden (vgl. Abb. II.7 und Abb. II.8).
- Linear auf Strassenachsen referenzierte Attributdaten sind lückenhaft, sie decken nicht alle Strassenachsen vollständig ab. Als Konsequenz reichen bei Kreuzungssituationen jeweils nicht alle Kanten bis ins Zentrum der Kreuzung. Teilweise fehlen auch längere Abschnitte auf Achsen (vgl. Abb. II.7 und Abb. II.8).
- Bisweilen existieren (durch oben genannte oder auch andere Umstände) Lücken im Netz der siedlungsorientierten Strassen, welche eine manuelle Bearbeitung der Zonen des siedlungsorientierten Analysenetzes notwendig machen (vgl. Abb. 4.4).
- Als Spezialität liegen auf manchen Strassenabschnitten überlappende lineare Referenzen vor. Es können also für eine Achse zwei, drei oder mehr parallele Abschnitte vorliegen. Das sind zum Beispiel zwei Fahrbahnen, welche durch eine bauliche Mittel-trennung getrennt sind sowie eine zusätzlich parallele Erschliessungsstrasse, nahe der verkehrsorientierten Strasse (vgl. Abb. II.9). Dieser Umstand machte für Querschnittsbetrachtungen von Achsen eine zusätzliche Aggregation und fallweise das Treffen von Annahmen nötig.
- In Basel-Stadt sind ungenügende Knoteninformationen vorhanden, weshalb Knoten automatisch abgeleitet werden. Das erfolgte im GIS durch geometrische Überlagerung von allen Strassen im Kanton Basel-Stadt. Bei topologischen Problemen mussten Knoten manuell erstellt werden (vgl. auch nachträglich erstellte Knoten in Abb. II.8). Insbesondere wurde zum Beispiel an jeder Einfahrt eines Kreisels ein Knoten gebildet und es war aufgrund der Daten nicht bekannt, welche solche Knoten zu einem Oberknoten zusammengefasst gehören (vgl. Abb. II.10). Diese Aggregation wurde manuell vorgenommen. Diese Faktoren bedingten eine zweite Phase für die Nachbearbeitung, welche die Aggregation von Knoten zu Oberknoten sowie vereinzelt Umklassierungen der Knotentypen umfassten. Dazu wurden die Daten unter anderem mit Luftbildern verglichen.



Abb. II.7 Beispiel für einen Hauptverkehrsstrassenknoten in Basel-Stadt, bei dem zwei der vorhandenen Zufahrten nicht bis zum Knoten reichen

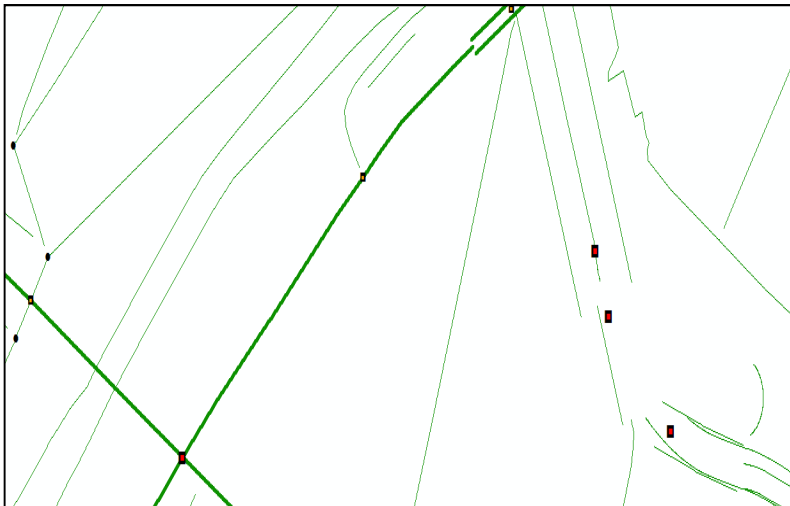


Abb. II.8 Strassenabschnitte aus einem Rohdatensatz von Basel-Stadt

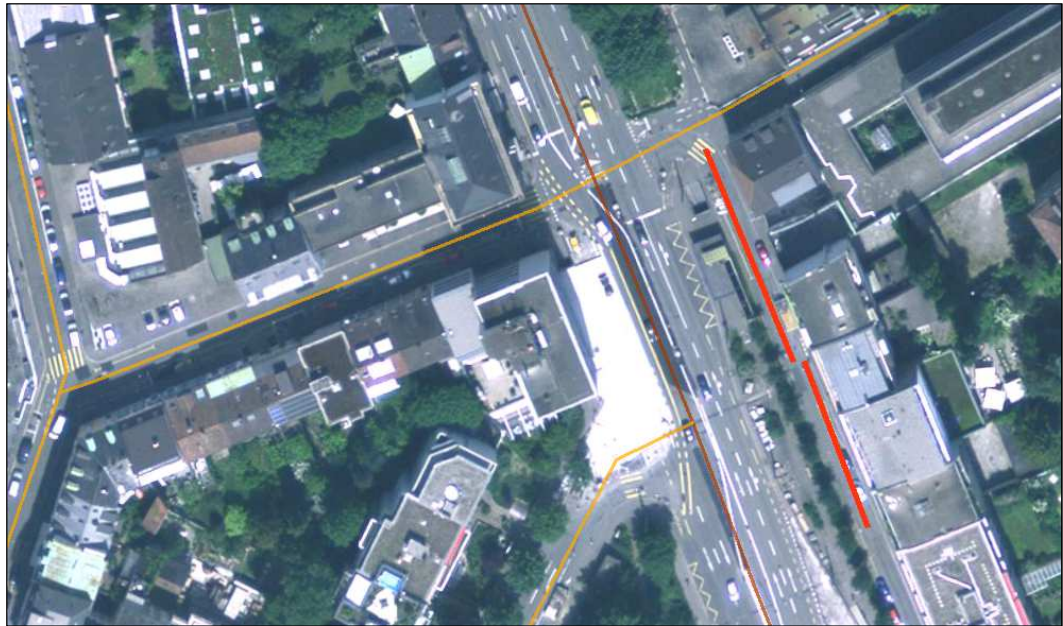


Abb. II.9 Beispiel für eng zur verkehrsorientierten Strasse parallel verlaufende Erschliessungsstrassen (rot) in Basel-Stadt, welche räumlich gleich referenziert sind.

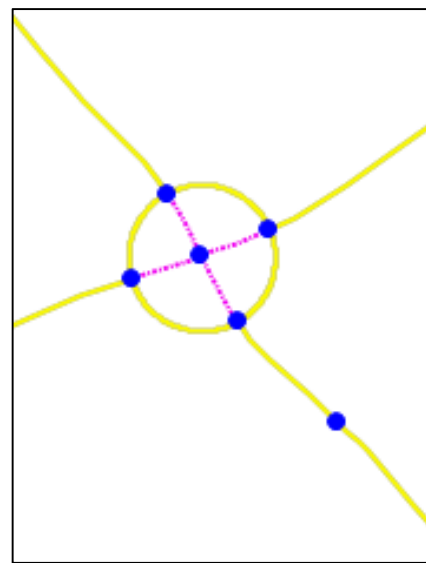
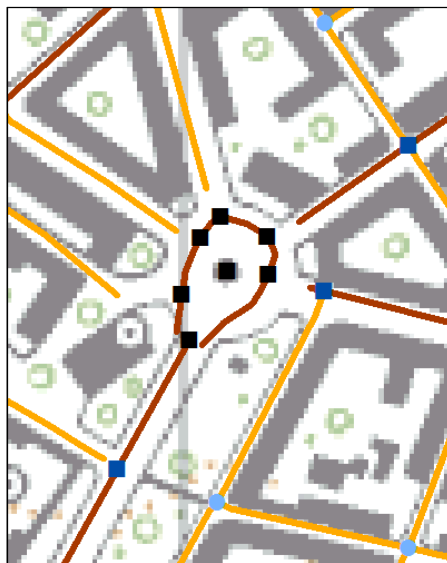


Abb. II.10 Diverse Einzelknoten an einem Kreisel (links: Basel-Stadt; rechts: GVM)

In den GVM-Netzen von Zürich und Bern ergeben sich zum Teil andere Schwierigkeiten bei der Datenaufbereitung zur Erstellung der Analysenetze:

- Hohe Auflösung von Knotenpunkten – auch ausserhalb von Kreiseln – in eine Vielzahl von Teilknoten auch in den Zufahrten, wenn beispielsweise längere Mittelinseln oder Dreiecksinseln vorhanden sind (siehe Abb. II.11). In der Unfallanalyse ist – auch aus Gründen der Vergleichbarkeit mit anderen Formen – der Knoten als Ganzes zu betrachten, im GVM ist der Knoten aber über sieben unterschiedliche Teilknoten abgebildet.
- Im Vergleich der beiden GVM zeigt sich für den Kanton Zürich eine geringere Abdeckung des siedlungsorientierten Netzes. Anschlussknoten sind zwar vollständig dargestellt, Strecken/Kanten innerhalb der z. B. Quartiere fehlen aber.

- Keine eindeutigen Informationen zur Ortslage. Die Beschreibung der Geschwindigkeit anhand v_0 ist nur bedingt zielführend, da z. B. $v_0=50$ km/h und weniger auch im Ausserortsbereich auftreten.

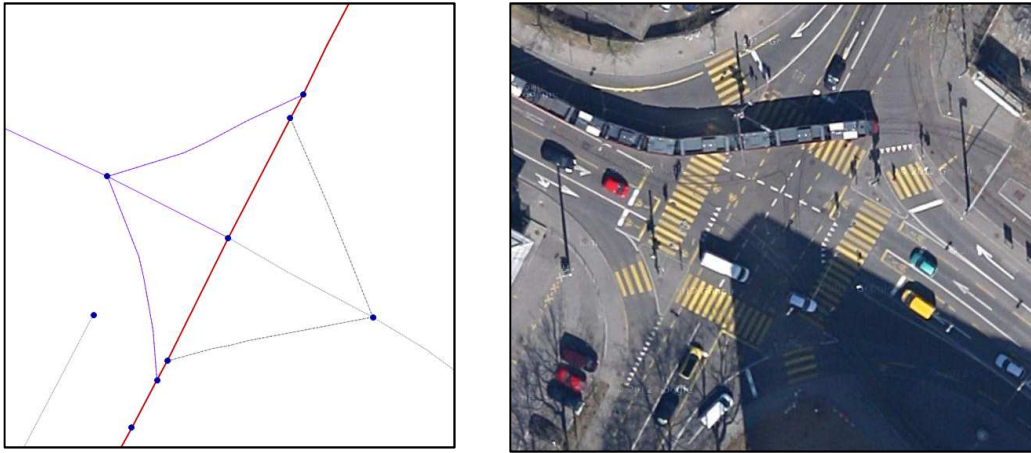


Abb. II.11 Abbildung eines Knotens im GVM-Netz (rechts) und zugehöriger Knoten als Luftbilddarstellung (Quelle: google maps)

In den Kantonen Bern und Zürich liegen weiterhin Daten mit unterschiedlicher flächenhafter Ausbreitung vor. Im Kanton Zürich bspw. lassen sich folgende Stufen ableiten:

- Eine nahezu komplette Netzabdeckung (mit Ausnahme einiger Erschliessungsstrassen) bietet das GVM und die dort abgelegten Daten.
- Der Datensatz zu den Radverkehrsanlagen (Radwege und Radstreifen) deckt das gesamte Netz mit Ausnahme der Stadt Winterthur ab.
- Der kantonale Datensatz zu Geschwindigkeitsbeschränkungen deckt nur Kantonsstrassen ab. Gemeindestrassen sowie fast alle Strassen in den Städten Zürich und Winterthur fehlen.

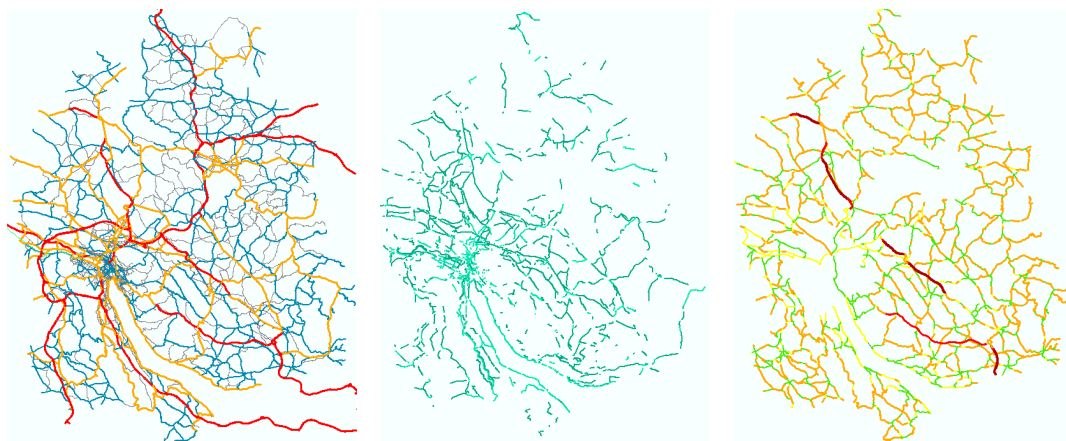


Abb. II.12 unterschiedliche Netzabdeckungen der von Infrastrukturattributen im Kanton Zürich

II.4.2 Inkongruenzen

Die geometrische Inkongruenz muss bei dem Matching von Netzen berücksichtigt werden.

Ein wesentliches Problem stellt die Überlagerung von Netzdaten aus unterschiedlichen Datenquellen dar. Kritisch ist in diesem Zusammenhang vor allem die Überlagerung von

Daten aus dem Verkehrsmodell und den Strassenachsen der Strasseneigentümer. Es zeigt sich, dass die Achsen einerseits andere Strassenbereiche abdecken und andererseits eine räumliche Überlagerung nur bedingt möglich ist. Dies wird erschwert, da beide Datenquellen häufig unterschiedliche Referenzierungsinformationen aufweisen (z. B. Abschnittsnummern). Abb. II.13 zeigt schematisch zwei solche inkongruenten Strassennetze, wie sie in mehreren Kombinationen von Datenlayern in den Kantonen Bern und Zürich auftraten.

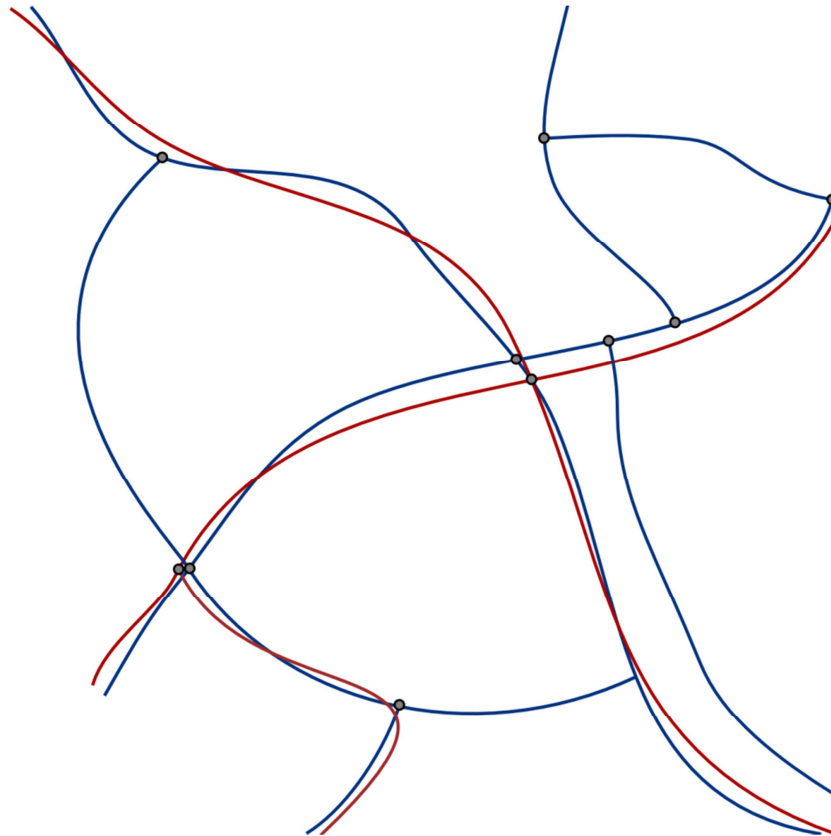


Abb. II.13 Überlagerung kantonaies Strassennetz mit dem Netz des GVM

Für den Zusammenzug von Attributen aus solchen Netzwerken konnten nicht exakte räumliche Zuordnungen vorgenommen werden. Stattdessen wurde die räumliche Zusammenführung („Spatial Joins“) oftmals mit „weichen“ (fuzzy) Kriterien bzw. mit Toleranzen durchgeführt. Dies führt zu potenziellen Schwierigkeiten bei notwendigen Aggregationschritten und der Einschätzung der Korrektheit der Aggregations-Resultate (im Fall einer Aggregation, bei dem eine Eingangsgeometrie einer Resultatgeometrie entsprechen soll; „one-to-one-Join“ in Esri-Terminologie). Bei einer räumlichen Aggregation, die eine Eingangsgeometrie in potenziell mehrere Resultatgeometrien aufzährt („one-to-many-Join“ in Esri-Terminologie) ist die Vervielfachung von Geometrien bzw. Objekten selbst problematisch. Diese müssen später wieder aggregiert werden bzw. aus diesen muss die korrekte Lösung herausgefiltert werden.

Je nach Datenstruktur und relativer Lage der zu referenzierenden Datensätze wurden unterschiedliche Methoden der räumlichen Aggregation („Spatial Join-Modi“) verwendet – teilweise mit räumlichen Toleranzen (z. B. „have their center in“, „closest“, „share a line segment with“).

Die Vorgehensweise bedingt eine umfassende Beurteilung und Qualitätssicherung vor und nach jeder komplexen GIS-Operation. Bisweilen wird sich auch in einem iterativen Vorgehen an die beste Vorgehensmethodik herangetastet. Beispielsweise sind minimale und potenziell räumlich isolierte Abweichungen von Geometrien untereinander schwierig zu eruieren. Dies ist aber nötig für die korrekte Wahl eines Vorgehens bei der Zuordnung von Netzen.

II.5 Datenaufbereitung

II.5.1 Selbstüberlappung

Diverse Infrastrukturdatensätze in den Kantonen Bern und Zürich wiesen (vom Datenherrn gewollte und ungewollte) nicht-evidente Selbst-Überlappungen auf. Eine Überprüfung von Selbst-Überlappungen wurde nach Erkennen der Problematik standardmässig für die linienhaften Datensätzen mit der GIS-Funktion „Intersect“ durchgeführt. Anschliessend erfolgte eine Triage:

- Selbstüberlappungen infolge fehlerhafter (z. B. falsch linear referenzierter) Daten: Mehrfach vorhandene Abschnitten müssen möglichst vermieden werden. Durch Verschneidung mit anderen abschnittbasierten Infrastrukturdaten pflanzen sich solche überlappenden Abschnitte durch den Arbeitsablauf fort. Das Vorgehen wurde fallweise definiert: In manchen Fällen gelang das Entfernen von Überlappungen durch einfaches Herausfiltern gewisser Objekte. In anderen Fällen mussten Objekte aber auch in ihrer räumlichen Ausdehnung eigens editiert werden.
- Gewollte (im Datenmodell vorgesehene) Selbstüberlappungen: In manchen infrastrukturbezogenen Datensätzen sind Selbst-Überlappungen explizit vorgesehen. Das betrifft z. B. Daten, welche fahstreifen- oder fahrbahnbezogene Charakteristika speichern (z. B. zu Breiten oder Nutzungen). In einem solchen Datensatz sind an einer Stelle mit mehreren parallel verlaufenden Fahrbahnen (z. B. Fahrbahn für MIV und Radweg) mehrere, sich zumindest partiell überlappende Datenobjekte erfasst (vgl. Abb. 4.8, Situation (1)). Für diesen Fall wurde eigens ein Arbeitsablauf entwickelt. Die vorhandenen Informationen in einem Datenobjekt (pro Stelle) werden in mehreren Attributen abgebildet. Dieser Arbeitsablauf wird im Folgenden detailliert beschrieben.

Die Auflösung überlappender Daten lässt sich anhand Abb. 4.8 aufzeigen:

Für jedes Segment werden der Anfangs- und der Endpunkt abgeleitet (Schritt 2 in Abb. 4.8).

Dieser Datensatz enthält fast alle Punkte zumindest doppelt (an derselben Stelle liegt der Anfangspunkt eines Segments und der Endpunkt eines anschliessenden Segments), an Kreuzungen sogar mehrfach. Die Menge der Endpunkte wird deshalb dadurch ausgedünnt, dass doppelt vorhandene Punkte in einem weiteren Verarbeitungsschritt (3) aus dem Datensatz entfernt werden.

Anschliessend werden die ausgedünnten Punkte benutzt, um alle sie durchquerenden Segmente an den Punkten zu durchtrennen (4). Dieser Schritt ist nötig, um räumlich exakt kongruente Segmente detektieren zu können. Mit den sich nur teilweise überlappenden Segmenten in Schritt (1) wäre die Vereinigung der Attribute nicht durchzuführen.

In den derart feiner segmentierten Daten werden dann geometrisch identische Segmente gesucht, identifiziert und einander mittels einer Gruppen-Identifikationsnummer zugeordnet (5).

Auf den derart vorbereiteten Eingangsdaten kann dann schliesslich eine sogenannte Pivot-Operation vorgenommen werden, welche die gruppierten Segmente in ein Segment zusammenfasst und bei diesem Schritt das interessierende Attribut in fahrbahnspezifische Attribute umwandeln kann. Konkret wird ein Datenmodell, welches Daten in einem Objekt pro Fahrbahn abspeichert, umgewandelt in eines, welches pro Lokalität nur ein Objekt aufweist, welches dann aber mehrere Attribute enthält um die Fahrbahn-Daten abzuspeichern (vgl. Abb. II.14).

Segment_ID	Fahrbahn	Attribut
1120904	-1	x
1120904	0	y
1120904	1	z
1125646	1	a

Segment_ID	Attribut_Bahn-1	Attribut_Bahn-0	Attribut_Bahn-1
1120904	x	y	z
1125646	NULL	NULL	a

Abb. II.14 Umwandlung der Datenmodelle bei der Pivot-Operation (oben: vorher, unten: nachher)

II.5.2 CORINE-Datensatz

Der Datensatz „CORINE Land Cover 2006“ wurde im GIS auf die Fläche der Schweiz beschnitten und in das Schweizer Landeskoordinatensystem reprojiziert (mit einer Versatz-Korrektur). Anschliessend wurden die relevanten Klassen ausgeschieden, welche Siedlungsgebiet charakterisieren (zum Beispiel „Continuous urban fabric“, „Discontinuous urban fabric“, etc.) und diese räumlich vereinigt. Der resultierende Datensatz besiedelter Gebiete wurde anschliessend subsidiär zu offiziellen Daten verwendet, um die Ortslage von Strassenabschnitten in den Kantonen Bern und Zürich zu charakterisieren.

III Variablen

III.1 Strecken

III.1.1 Kanton Zürich

Abb. III.1 Beschreibung analysierte Variablen für Strecken Ausserorts im Kanton Zürich

Kanton Zürich		Ausserorts			
		Strichproben- grösse	Bandbreite		
			Ø	Min	Max
Anzahl Abschnitte Stufe 1 [-]		1.566			
Netzlänge L	[km]	1.125	0,719	0,100	2,939
DTV	[Fz/d]		5.453	10	39.270
Schwerverkehrsanteil SV	[%]		0,10	0,00	1,00
Anschlussknotendichte AKD	[AK/km]		0,1	0,0	0,5
Anzahl Fahrstreifen am Querschnitt AnzFS	< 2 FS	42 2,7%			
	2 FS	1.478 94,4%			
	> 2 FS	46 2,9%			
Einbahnstrasse Einb	[-]	75 4,8%			
Kurvigkeit Kurv	gon/km		202	0	1.247
Strassentyp / Zuständigkeit	HLS Kanton	108 6,9%			
	HVS	340 21,7%			
	RVS	687 43,9%			
	Gemeinde	431 27,5%			
Anzahl Abschnitte Stufe 2* [-]		1.102			
Netzlänge L	[km]	789	0,716	0,100	2,939
zul. Höchstgeschwindigkeit vzul	[km/h]				
	<80	129 11,7%			
	80	903 81,9%			
	>80	70 6,4%			
Anzahl Abschnitte Stufe 3** [-]		990			
Netzlänge	[km]	719	0,726	0,100	2,677
Fahrstreifenbreite FSB	[m]		3,73	1,50	14,00
	< 3,00	48 4,8%			
	> 4,00	194 19,6%			
Radverkehrs- anlage RVA	Radweg RW	einseitig	310 31,3%		
		beideitig	17 1,7%		
	Radfahrstreifen RFS	einseitig	29 2,9%		
		beidseitig	32 3,2%		
Hügeligkeit (Längsneig.) Hueg		[%]	2,13	0	11,3

* keine Gemeindestrassen

** keine Gemeindestrassen, keine Hochleistungsstrassen

Abb. III.2 Beschreibung analysierte Variablen für Strecken innerorts im Kanton Zürich

Kanton Zürich		Innerorts			
		Strichproben- grösse	Bandbreite		
			Ø	Min	Max
Anzahl Abschnitte Stufe 1	[-]	4.475			
Netzlänge L	[km]	898	0,201	0,025	1,868
DTV	[Fz/d]		7.392	1	61.883
Schwerverkehrsanteil SV	[%]		0,09	0,00	1,00
Fahrgäste ÖV ÖVPers	[Pers/d]		2.140	0,00	56.914
Tram		332 7%			
Tramh	[Tram/h]		1,46	0,00	83,80
Anschlussknotendichte AKD	[AK/km]		3,6	0,0	57,0
Anzahl Fahrstreifen am Querschnitt AnzFS	< 2 FS	268 6,0%			
	2 FS	3.929 87,8%			
	> 2 FS	278 6,2%			
Einbahnstrasse Einb	[-]	170 3,8%			
Strassentyp / Zuständigkeit	HVS	1485 33,2%			
	RVS	2027 45,3%			
	Gemeinde	963 21,5%			
Anzahl Abschnitte Stufe 2*	[-]	3.822			
Netzlänge L	[km]	761	0,199	0,025	1,868
Radverkehrs- anlage RVA	Radweg RW	einseitig	541 14,2%		
		beidseitig	48 1,3%		
	Radfahrstreifen RFS	einseitig	323 8,5%		
		beidseitig	433 11,3%		
Anzahl Abschnitte Stufe 3**	[-]	2.455	0,209	0,025	1,868
Netzlänge	[km]	513			
zul. Höchstgeschwindigkeit vzul	[km/h]				
	<50	35 1,4%			
	50	1.883 76,7%			
Fahrstreifenbreite FSB	[m]		4,07	2,50	10,50
	< 3,00	51 2,1%			
	> 4,00	905 36,9%			

* ohne Grossraum Winterthur

** ohne Grossraum Winterthur, Stadt Zürich, keine Gemeindestrassen

III.1.2 Kanton Bern

Abb. III.3 Beschreibung analysierte Variablen für Strecken Ausserorts im Kanton Bern

Kanton Bern		Ausserorts			
		Strichproben- grösse	Bandbreite		
			Ø	Min	Max
Anzahl Abschnitte Stufe 1	[-]	5.177			
Netzlänge L	[km]	3.346	0,646	0,100	4,880
DTV	[Fz/d]		1.963	1.960	21.160
Schwerverkehrsanteil SV	[%]		0,02	0,00	0,27
Anschlussknotendichte AKD	[AK/km]		3,0	0,0	24,7
Anzahl Fahrstreifen am Querschnitt AnzFS*	< 2 FS 2 FS	125 2,4% 5.052 97,6%			
Einbahnstrasse Einb	[-]	107 2,1%			
Kurvigkeit Kurv	[gon/km]		295	0	2.000
Strassentyp / Zuständigkeit	HVS	515 9,9%			
	RVS	350 6,8%			
	lokaleVS	2.451 47,3%			
	sonstige (ES)	1861 35,9%			
zul. Höchstgeschwindigkeit vzul (v ₀ aus GVM)	[km/h]		59	30	80
	<80	4349 84,0%			
	80	828 16,0%			
Anzahl Abschnitte Stufe 2*	[-]	1.944			
Netzlänge	[km]	1.214	0,624	0,100	4,880
Fahrstreifenbreite FSB	[m]		3,40	2,00	9,50
	< 3,00	369 19,0%			
	> 4,00	242 12,4%			
Radverkehrs- anlage RVA	Radweg RW	30 1,5%			
	Radfahrstreifen RFS	190 9,8%			
Hügeligkeit (Längsneig.) Hueg	[%]		2,62	0,00	11,43

* Wert aus GVM, FS > 2 nicht korrekt abgebildet

** nur Kantonsstrassen (keine "sonstigen" Strassentypen)

Abb. III.4 Beschreibung analysierte Variablen für Strecken Innerorts im Kanton Bern

Kanton Bern		Ausserorts			
		Strichproben- grösse	Bandbreite		
			Ø	Min	Max
Anzahl Abschnitte Stufe 1	[-]	5.844			
Netzlänge L	[km]	1.215	0,208	0,025	2,319
DTV	[Fz/d]		3.837	10	25.780
Schwerverkehrsanteil SV	[%]		0,02	0,00	0,53
Anschlussknotendichte AKD	[AK/km]		7,0	0,0	57,4
Anzahl Fahrstreifen am Querschnitt AnzFS*	< 2 FS 2 FS	608 10,4% 5.236 89,6%			
Einbahnstrasse Einb	[-]	428 7,3%			
Strassentyp / Zustandigkeit	HVS	1134 19,4%			
	RVS	673 11,5%			
	lokaleVS	3897 66,7%			
	SS	140 2,4%			
zul. Höchstgeschwindigkeit	[km/h]		52	25	80
vzul (v ₀ aus GVM)	<50 50 >50	103 1,8% 4.094 70,1% 1.647 28,2%			
Anzahl Abschnitte Stufe 2**	[-]	3.449			
Netzlänge	[km]	699	0,203	0,025	2,319
Fahrbahnbreite FBBr	[m]		8	3	38,5
	< 6,00	422 12,2%			
	> 8,00	778 22,6%			
	> 12,00	202 5,9%			
Fahrstreifenbreite FSB	[m]		4,47	1,50	32,00
	< 3,00	413 12,0%			
	> 4,00	866 25,1%			
Radverkehrs- anlage RVA	Radweg RW	97 2,8%			
	Trottoir Radfahrer frei RfFrei	124 3,6%			
	Radfahrstreifen RFS	544 15,8%			
Mehrzweckfahrstreifen	MzwFS	86 2,5%			

* Wert aus GVM, FS > 2 nicht korrekt abgebildet

** nur Kantonsstrassen (keine "sonstigen" Strassentypen)

III.1.3 Kanton Basel-Stadt

Abb. III.5 Beschreibung analysierte Variablen für Strecken im Kanton Basel-Stadt

Kanton Basel-Stadt		Innerorts			
		Strichproben- grösse	Bandbreite		
			Ø	Min	Max
Anzahl Abschnitte Stufe 1	[-]	265			
Netzlänge L	[km]	93,0	0,351	0,027	1,497
DTV	[Fz/d]		10.620	465	30.000
Schwerverkehrsanteil SV	[%]		0,04	0,01	0,10
Anschlussknotendichte AKD	[AK/km]		9,1	0,0	37,0
Anzahl Fahrstreifen am Querschnitt AnzFS*	< 2 FS	16 6,0%			
	2 FS	217 81,9%			
	> 2 FS	32 12,1%			
bauliche Mitteltrennung	MT	26 9,8%			
Anteil Abschnitte mit Mitteninseln	Miln		0,28	0	1,00
Einbahnstrasse Einb	[-]	25 9,4%			
Tram	vorhanden Tram	99 37,4%			
	im Mischerverkehr TramMV	70 70,7%			
	auf Bahnkörper TramBK	27 27,3%			
	Haltestelle TramHS	48 18,1%			
	HS Mittellage TramHSML	34 70,8%			
	HS Seitenlage TramHSSL	14 29,2%			
Busfahrstreifen	Busspur	22 8,3%			
	Buskurse		99	0	529
Strassentyp / Zuständigkeit	HVS	208 78,5%			
	VS	44 16,6%			
	SS	13 4,9%			
zul. Höchstgeschwindigkeit vzul (v ₀ aus GVM)	[km/h]		50	30	60
	<50	15 5,7%			
	50	239 90,2%			
	>50	11 4,2%			
Radverkehr	Radweg RW	17 6,4%			
	Radfahrstreifen RFS	80 30,2%			
Parken	einseitig Pein	88 33,2%			
	beidseitig Pbeid	48 18,1%			
hohe geschäftliche Nutzung	HGNAnt		0,1761	0	1
	HGN>50%	45 17,0%			
hohe touristische Bedeutung	tourBed	49 18,5%			
hohe wirtschaftliche Bedeutung	wirtBed	99 37,4%			
Anzahl Abschnitte Stufe 2**	[-]	226			
Netzlänge	[km]	82	0,361	0,027	1,497
Fahrbahnbreite FBBr	[m]		10	4,5	29,5
	< 6,00	9 4,0%			
	> 8,00	154 68,1%			
	> 12,00	44 19,5%			
Fahrstreifenbreite FSB	[m]		4,90	1,50	20,00
	< 3,00	23 10,2%			
	> 4,00	135 59,7%			

III.2 Knoten

III.2.1 Kanton Zürich

Abb. III.6 Beschreibung analysierte Variablen für Knoten Ausserorts im Kanton Zürich

Kanton Zürich		Ausserorts			
		Strichproben- grösse	Bandbreite		
			Ø	Min	Max
Anzahl Knoten Stufe 1	[-]	278			
DTV	[Fz/d]		7.894	269	46.240
DTVHR	[Fz/d]		4.982	232	37.270
DTVNR	[Fz/d]		1.247	(1)	10.420
DTVverh	[Fz/d]		13,8	1,3	50,0
Schwerverkehrsanteil SV	[%]		0,11	0,01	0,45
Kreuzung Kr		51 18%			
Strassentyp / Zuständigkeit Typ	HLSAnschluss	53 19,1%			
	HVS	73 26,3%			
	RVS	126 45,3%			
	Gemeinde	26 9,4%			
Verkehrsregelung / Form	Vorfahrt	228 82,0%			
	KVP	21 7,6%			
	LSA	29 10,4%			
	LSAKoord	9 31,0%			
Anzahl Abschnitte Stufe 2*	[-]	233			
Radverkehrs- anlage	Radweg RW	66 28,3%			
	Radfahrstreifen RFS	12 5,2%			
Kantonsdatensatz	Vorfahrt	190 81,5%			
	KVP	20 8,6%			
	LSA	23 9,9%			
LSA kein Dauerbetrieb	LSAkDb	7 30,4%			
LSA Koordinierung	LSAKoord	13 56,5%			
LSA Überwachung Rotlicht	LSAÜRot	22 95,7%			

* ohne Gemeindestrassen

kategoriale Variablen mit weniger als zwei Merkmalsausprägungen werden nicht aufgeführt

Abb. III.7 Beschreibung analysierte Variablen für Knoten Innerorts im Kanton Zürich

Kanton Zürich		Innerorts			
		Strichproben- grösse	Bandbreite		
			Ø	Min	Max
Anzahl Knoten Stufe 1	[-]	892			
DTV	[Fz/d]		12.487	182	63.285
DTVHR	[Fz/d]		10.343	153	61.880
DTVNR	[Fz/d]		2.145	(1)	19.160
DTVverh	[Fz/d]		5,4	1,0	50,0
Schwerverkehrsanteil SV	[%]		0,09	0,00	0,57
Tram		72 8%			
Kreuzung Kr		276 31%			
Anzahl Fahrstreifen HR am Querschnitt AnzFS	2 FS	763 85,5%			
	> 2 FS	129 14,5%			
Strassentyp / Zuständigkeit Typ	HLS Anschluss	33 3,7%			
	HVS	387 43,4%			
	RVS	384 43,0%			
	Gemeinde	88 9,9%			
Verkehrsregelung / Form	Vorfahrt	503 56,4%			
	KVP	96 10,8%			
	LSA	293 32,8%			
	LSAKoord	102 34,8%			
Anzahl Abschnitte Stufe 2*	[-]	830			
Radverkehrs- anlage	Radweg RW	95 11,4%			
	Radfahrstreifen RFS	151 18,2%			
Anzahl Abschnitte Stufe 3**	[-]	597			
zul. Höchstgeschwindigkeit vzul (Maximalwert der Hauptrichtungen)	<50	10 1,7%			
	50	423 70,9%			
	>50	164 27,5%			
Kantonsdatensatz	Vorfahrt	425 71,2%			
	KVP	84 14,1%			
	LSA	88 14,7%			
LSA kein Dauerbetrieb	LSAkDb	39 44,3%			
LSA Koordinierung	LSAKoord	40 45,5%			
LSA Überwachung Rotlicht	LSAÜRot	83 94,3%			

* ohne Grossraum Winterthur

** ohne Grossraum Winterthur, Stadt Zürich

III.2.2 Kanton Basel-Stadt

Abb. III.8 Beschreibung analysierte Variablen für Knoten im Kanton Basel-Stadt

Kanton Basel-Stadt			Stufe 1*				Stufe 2*				Stufe 3*			
			Strichproben- grösse	Bandbreite			Strichproben- grösse	Bandbreite			Strichproben- grösse	Bandbreite		
				Ø	Min	Max		Ø	Min	Max		Ø	Min	Max
Anzahl Knoten Stufe 1 [-]			149				87				70			
	DTV	[Fz/d]		15.310	500	42.000		19.360	3.051	38.990		19.730	3.051	36.000
	KMajQ	[Fz/d]						14.260	2.300	31.500		14.240	2.300	26.000
	KMinQ	[Fz/d]						5.097	232	16.860		5.495	232	16.860
	DTVverh	[Fz/d]						5,5	1,0	86,2		5,4	1,0	86,2
Kreuzung Kr			61 41%				46 53%				28 40%			
Verkehrsregelung / Form	Vorfahrt		81 54,4%				37 42,5%				32 45,7%			
	KVP		11 7,4%				9 10,3%				6 8,6%			
	LSA		57 38,3%				41 47,1%				32 45,7%			
"grosser Knotenpunkt" (z. B. Platz) BesKP			10 6,7%				7 8,0%				6 8,6%			
max. Anzahl FS > 2			37 24,8%				23 26,4%				17 24,3%			
Strassenbahn vorhanden Tram			79 53,0%				55 63,2%				46 65,7%			
vzul > 50km/h			12 8,1%				9 10,3%				7 10,0%			
Radverkehr	Radweg RW		24 16,1%				20 23,0%				17 24,3%			
	Radfahrstreifen RFS		76 51,0%				52 59,8%				40 57,1%			
hohe geschäftliche Nutzung HGN			80 53,7%				57 65,5%				39 55,7%			
hohe touristische Bedeutung tourBed			45 30,2%				26 29,9%				22 31,4%			
hohe wirtschaftliche Bedeutung wirtBed			73 49,0%				44 50,6%				32 45,7%			

* mind.DTV in einer Zufahrt

** mind. DTV in 3 Zufahrten

*** mind. DTV in allen Zufahrten

III.3 Siedlungsgebiete

III.3.1 Kanton Basel-Stadt

Abb. III.9 Beschreibung analysierte Variablen für Siedlungsgebiete im Kanton Basel-Stadt

Kanton Basel-Stadt		detailliert				aggregiert			
		Strichproben- grösse	Bandbreite			Strichproben- grösse	Bandbreite		
			Ø	Min	Max		Ø	Min	Max
Anzahl Abschnitte Stufe 1	[-]	85				39			
Netzlänge NL	[km]	172,2	2,026	0,141	6,371	244,4	6,268	1,585	15,460
Netzlänge mit vzul=30km/h NL30	[km]	144,5	1,700	0,000	6,076	187,0	4,794	0,596	9,549
Anteil NL30/NL Ant30	[-]		0,824	0,000	1,000		0,806	0,068	0,981
Fläche FL	[km²]		0,235	0,034	0,911		0,857	0,223	3,775
Umfang Umf	[km]		2,125	1,558	4,336		4,163	2,106	8,714
Anzahl AK	[AK]		10,9	1,0	27,0		23,6	11,0	43,0
Anschlussknotendichte AKD	[AK/km]		5,3	0,9	10,4		6,1	2,2	11,4
Anzahl EK	[AK]		10,6	0,0	55,0		36,9	5,0	153,0
Anschlussknotendichte EKD	[AK/km]		4,6	0,0	13,9		5,3	1,9	11,2
Anteil Bebauung AntBeb	[%]		28,1	3,2	55,3		24,2	5,2	43,5

IV Statistik

IV.1 Korrelationsmatrizen

In den folgenden Tabellen sind die Korrelationskoeffizienten (Spearman-Rho) sowie die zugehörigen Signifikanz (p-Werte) aufgeführt. Korrelationskoeffizienten grösser 0,3 / 0,5 / 0,7 sind entsprechend rot unterlegt.

Abb. IV.1 Korrelationsmatrix Analysestichprobe Knoten Ausserorts Kanton Zürich

	DTV	SV	KMajQ	KMinQ	DTV verh	Kr	GVM LSA	LSA Koord	GVM Vf	GVM KVP	HLSA	HVS	RVS	Ge	RW	RFS	Kt KVP	Kt LSA	KtLSA NaAb	KtLSA Koord	KtLSA ÜRot
DTV		0,09	0,99	0,70	-0,13	0,28	0,41	0,28	-0,43	0,15	0,22	0,44	-0,35	-0,36	0,25	0,12	0,15	0,36	0,18	0,28	0,35
SV	0,125		0,09	0,09	-0,02	0,08	-0,02	-0,06	0,02	-0,01	0,10	0,09	-0,05	-0,19	0,01	0,04	-0,05	-0,07	-0,03	-0,04	-0,08
KMajQ	0,000	0,127		0,61	-0,01	0,24	0,40	0,29	-0,40	0,12	0,22	0,45	-0,36	-0,36	0,25	0,12	0,12	0,35	0,17	0,28	0,34
KMinQ	0,000	0,152	0,000		-0,72	0,39	0,25	0,08	-0,36	0,23	0,11	0,26	-0,17	-0,25	0,24	0,10	0,22	0,25	0,14	0,13	0,23
DTVverh	0,033	0,793	0,921	0,000		-0,01	-0,10	0,02	0,22	-0,20	-0,02	0,04	-0,03	0,02	-0,06	-0,06	-0,19	-0,14	-0,08	-0,02	-0,13
Kr	0,000	0,158	0,000	0,000	0,000		0,17	0,12	-0,29	0,22	0,46	-0,09	-0,24	-0,06	0,12	0,20	0,19	0,20	0,04	0,11	0,17
GVM LSA	0,000	0,692	0,000	0,000	0,105	0,004		0,54	-0,73	-0,10	0,19	0,17	-0,24	-0,11	-0,09	0,04	-0,11	0,86	0,43	0,64	0,84
LSAKoord	0,000	0,328	0,000	0,190	0,692	0,040	0,000		-0,39	-0,05	0,22	0,03	-0,17	-0,06	-0,06	-0,04	-0,05	0,53	0,26	0,72	0,55
GVM Vf	0,000	0,683	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		-0,61	-0,11	-0,23	0,22	0,12	-0,06	-0,03	-0,63	-0,60	-0,30	-0,45	-0,59
GVM KVP	0,010	0,891	0,048	0,000	0,001	0,000	0,105	0,385	0,000		-0,07	0,14	-0,04	-0,05	0,19	0,00	1,00	-0,10	-0,05	-0,07	-0,10
HLSA	0,000	0,096	0,000	0,078	0,758	0,000	0,001	0,000	0,076	0,249		-0,29	-0,44	-0,16	0,07	0,13	-0,09	0,28	0,09	0,24	0,26
HVS	0,000	0,137	0,000	0,000	0,531	0,123	0,004	0,625	0,000	0,021	0,000		-0,54	-0,19	0,11	-0,05	0,14	0,04	0,05	0,01	0,05
RVS	0,000	0,425	0,000	0,005	0,593	0,000	0,000	0,005	0,000	0,491	0,000	0,000		-0,29	-0,04	-0,01	-0,06	-0,27	-0,12	-0,20	-0,26
Ge	0,000	0,002	0,000	0,000	0,701	0,348	0,068	0,329	0,049	0,454	0,009	0,001	0,000		-0,20	-0,07					
RW	0,000	0,903	0,000	0,000	0,360	0,070	0,144	0,336	0,390	0,004	0,265	0,078	0,533	0,002		-0,01	0,17	-0,07	-0,07	-0,01	-0,07
RFS	0,060	0,586	0,072	0,118	0,332	0,002	0,507	0,511	0,600	1,000	0,048	0,424	0,859	0,249	0,843		0,01	-0,08	-0,04	-0,06	-0,08
Kt KVP	0,018	0,476	0,067	0,001	0,003	0,003	0,106	0,413	0,000	0,000	0,193	0,032	0,384		0,012	0,939		-0,10	-0,05	-0,07	-0,10
Kt LSA	0,000	0,275	0,000	0,000	0,031	0,002	0,000	0,000	0,000	0,123	0,000	0,536	0,000		0,309	0,262	0,123		0,53	0,73	0,98
KtLSANaAb	0,006	0,704	0,011	0,039	0,205	0,553	0,000	0,000	0,000	0,413	0,163	0,421	0,060		0,301	0,543	0,413	0,000		0,29	0,55
KtLSAKoord	0,000	0,540	0,000	0,055	0,797	0,082	0,000	0,000	0,000	0,257	0,000	0,898	0,002		0,900	0,400	0,257	0,000	0,000		0,75
KtLSAÜRot	0,000	0,252	0,000	0,000	0,053	0,009	0,000	0,000	0,000	0,132	0,000	0,439	0,000		0,309	0,262	0,132	0,000	0,000	0,000	

Spearman-Rho

p-Wert

Abb. IV.2 Korrelationsmatrix Analysestichprobe Strecken Ausserorts Kanton Zürich

	L	AKD	DTV	SV	AnzFS	AnzFS <2	AnzFS >2	Einb	HLS Kt	HVS	RVS	Ge	vzul	vzul >80	vzul <80	FSB	FSB <3m	FSB >4m	RVA	RW	RW eins	RW beids	RFS	RFS eins	RFS beids	Hueg	Kurv
L		-0,01	-0,18	-0,03	0,06	-0,20	-0,10	-0,14	-0,10	-0,12	0,08	0,08	0,24	0,00	-0,31	-0,25	0,08	-0,25	-0,11	-0,10	-0,09	-0,06	-0,04	-0,04	-0,02	0,11	-0,01
AKD	0,747		0,01	-0,03	0,00	-0,08	-0,08	-0,11	-0,15	0,02	0,03	0,03	-0,10	-0,13	0,03	0,03	-0,05	0,01	-0,01	-0,01	-0,01	0,01	0,01	-0,03	0,04	0,07	0,16
DTV	0,000	0,581		0,23	0,18	-0,06	0,20	0,07	0,24	0,52	-0,10	-0,50	-0,02	0,23	0,20	0,61	-0,25	0,40	0,32	0,30	0,27	0,12	0,10	0,03	0,10	-0,24	-0,33
SV	0,294	0,181	0,000		0,04	0,02	0,07	0,07	0,11	0,15	0,06	-0,27	0,05	0,07	-0,01	0,12	-0,12	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,07	-0,04	-0,12	-0,18
AnzFS	0,009	0,919	0,000	0,125		-0,70	0,73	-0,52	-0,19	0,08	0,03	0,01	-0,07	-0,04	0,05	0,00	0,04	-0,02	0,04	0,05	0,03	0,07	0,00	0,02	-0,01	0,05	-0,14
AnzFS <2	0,000	0,002	0,025	0,534	0,000		-0,03	0,74	0,48	-0,03	-0,14	-0,10	0,14	0,26	0,00	0,08	-0,01	0,09	-0,07	-0,06	-0,06	-0,01	-0,02	-0,02	-0,02	-0,12	0,08
AnzFS >2	0,000	0,002	0,000	0,006	0,000	0,258		-0,02	0,20	0,08	-0,09	-0,09	0,03	0,15	0,07	0,03	0,04	0,00	0,01	0,03	0,00	0,08	-0,01	0,01	-0,03	-0,02	-0,12
Einb	0,000	0,000	0,005	0,009	0,000	0,000	0,411		0,66	-0,06	-0,17	-0,14	0,31	0,51	-0,03	0,05	-0,01	0,09	-0,04	-0,03	-0,03	-0,01	-0,03	-0,02	-0,02	-0,15	0,00
HLS Kt	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		-0,15	-0,24	-0,17	0,56	0,88	-0,09	0,06	-0,01	0,06	-0,02	-0,02	-0,02	0,00	-0,01	-0,01	-0,01	-0,02	-0,10
HVS	0,000	0,327	0,000	0,000	0,002	0,242	0,001	0,018	0,000		-0,46	-0,32	-0,27	-0,17	0,22	0,48	-0,14	0,32	0,16	0,12	0,11	0,06	0,12	0,04	0,12	-0,18	-0,22
RVS	0,002	0,263	0,000	0,015	0,267	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		-0,54	-0,06	-0,32	-0,15	-0,45	0,13	-0,30	-0,11	-0,08	-0,06	-0,05	-0,10	-0,03	-0,11	0,18	-0,02
Ge	0,001	0,203	0,000	0,000	0,830	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		-0,02	-0,04	-0,01	-0,07	0,02	-0,04	-0,13	-0,12	-0,11	-0,02	-0,04	-0,03	-0,03	-0,01	0,28
vzul	0,000	0,001	0,463	0,080	0,023	0,000	0,374	0,000	0,000	0,000	0,040	0,501		0,63	-0,83	-0,25	0,07	-0,29	-0,05	-0,03	-0,02	-0,03	-0,06	0,00	-0,08	0,09	-0,07
vzul > 80	0,994	0,000	0,000	0,013	0,168	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,157	0,000	0,000		-0,10	0,06	-0,01	0,06	-0,02	-0,02	-0,02	0,00	-0,01	-0,01	-0,01	-0,02	-0,16
vzul <80	0,000	0,257	0,000	0,655	0,074	0,935	0,018	0,272	0,003	0,000	0,000	0,837	0,000	0,001		0,26	-0,07	0,30	0,06	0,03	0,02	0,03	0,06	0,00	0,08	-0,09	-0,02
FSB	0,000	0,303	0,000	0,000	0,911	0,013	0,360	0,091	0,081	0,000	0,000	0,028	0,000	0,081	0,000		-0,37	0,70	0,26	0,16	0,13	0,11	0,24	0,11	0,22	-0,31	-0,17
FSB <3m	0,010	0,154	0,000	0,000	0,222	0,751	0,238	0,653	0,823	0,000	0,000	0,555	0,030	0,823	0,028	0,000		-0,11	-0,11	-0,09	-0,08	-0,03	-0,06	-0,04	-0,04	0,14	0,18
FSB >4m	0,000	0,802	0,000	0,636	0,453	0,004	0,895	0,006	0,045	0,000	0,000	0,219	0,000	0,045	0,000	0,000	0,000		0,16	0,06	0,04	0,05	0,26	0,07	0,29	-0,27	-0,11
RVA	0,000	0,737	0,000	0,994	0,166	0,027	0,754	0,180	0,437	0,000	0,000	0,000	0,079	0,437	0,076	0,000	0,001	0,000		0,89	0,85	0,18	0,33	0,23	0,23	-0,18	-0,27
RW	0,001	0,702	0,000	0,973	0,084	0,049	0,393	0,310	0,488	0,000	0,013	0,000	0,411	0,488	0,409	0,000	0,006	0,072	0,000		0,96	0,20	-0,09	-0,01	-0,11	-0,18	-0,28
RW eins	0,005	0,654	0,000	0,960	0,290	0,059	0,901	0,369	0,507	0,001	0,041	0,000	0,600	0,507	0,601	0,000	0,011	0,170	0,000	0,000		-0,09	-0,08	-0,01	-0,11	-0,16	-0,27
RW beids	0,077	0,839	0,000	0,958	0,017	0,697	0,011	0,648	0,891	0,051	0,100	0,462	0,288	0,891	0,280	0,001	0,351	0,108	0,000	0,000	0,003		-0,04	-0,02	-0,02	-0,07	-0,05
RFS	0,229	0,748	0,002	0,528	0,932	0,465	0,743	0,391	0,797	0,000	0,001	0,167	0,069	0,797	0,065	0,000	0,066	0,000	0,000	0,003	0,007	0,258		0,68	0,71	-0,02	-0,01
RFS eins	0,229	0,397	0,272	0,017	0,544	0,617	0,671	0,557	0,860	0,228	0,397	0,345	0,994	0,860	0,990	0,000	0,213	0,019	0,000	0,679	0,847	0,439	0,000		-0,03	0,08	0,06
RFS beids	0,630	0,207	0,001	0,150	0,637	0,606	0,389	0,544	0,856	0,000	0,000	0,329	0,013	0,856	0,012	0,000	0,190	0,000	0,000	0,000	0,000	0,424	0,000	0,304		-0,11	-0,06
Hueg	0,000	0,036	0,000	0,000	0,105	0,000	0,628	0,000	0,432	0,000	0,000	0,803	0,006	0,432	0,005	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,029	0,454	0,013	0,001		0,35
Kurv	0,820	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003	0,000	0,956	0,000	0,000	0,426	0,000	0,017	0,000	0,519	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,093	0,852	0,067	0,042	0,00	

Spearman-Rho

p-Wert

Abb. IV.3 Korrelationsmatrix Analysesichprobe Knoten innerorts Kanton Zürich

	DTV	SV	KMajQ	KMinQ	DTV verh	Kr	GVM LSA	LSA Koord	GVM Vf	GVM KVP	Typ	HLSA	HVS	RVS	Ge	HR AnzFS	HRAnz FSg2	RW	RFS	HR vzul	KtKVP	KtLSA	KtLSA NaAb	KtLSA Koord	KtLSA ÜRot	Tram
DTV		0,02	0,98	0,63	-0,13	0,30	0,52	0,39	-0,53	0,05	0,50	0,11	0,47	-0,38	-0,22	0,47	0,47	0,12	0,18	0,25	0,10	0,35	0,19	0,29	0,34	0,18
SV	0,602		0,01	0,04	-0,04	-0,07	-0,10	0,03	0,09	0,01	0,03	0,01	-0,03	0,11	-0,15	0,05	0,04	0,12	-0,12	0,00	-0,07	0,01	-0,01	0,05	0,00	-0,16
KMajQ	0,000	0,663		0,50	0,04	0,24	0,51	0,39	-0,50	0,04	0,51	0,12	0,48	-0,39	-0,22	0,47	0,47	0,13	0,18	0,27	0,08	0,32	0,18	0,29	0,31	0,18
KMinQ	0,000	0,272	0,000		-0,77	0,34	0,35	0,21	-0,35	0,03	0,23	0,03	0,22	-0,15	-0,13	0,26	0,26	0,07	0,11	0,13	0,08	0,34	0,19	0,24	0,33	0,10
DTVverh	0,000	0,198	0,272	0,000		0,04	-0,09	-0,02	0,11	-0,04	0,06	0,03	0,06	-0,08	0,01	-0,03	-0,03	0,00	-0,01	0,04	-0,07	-0,16	-0,08	-0,08	-0,14	0,01
Kr	0,000	0,035	0,000	0,000	0,000		0,32	0,13	-0,37	0,12	0,16	0,15	0,10	-0,14	-0,03	0,24	0,24	-0,05	0,08	0,15	0,18	0,19	0,06	0,12	0,16	0,14
GVM LSA	0,000	0,002	0,000	0,000	0,005	0,000		0,51	-0,80	-0,24	0,22	0,01	0,25	-0,22	-0,06	0,44	0,45	0,02	0,17	0,24	-0,22	0,73	0,46	0,50	0,71	0,23
LSAKoord	0,000	0,428	0,000	0,000	0,545	0,000	0,000		-0,41	-0,12	0,19	0,04	0,19	-0,17	-0,06	0,43	0,42	0,06	-0,02	0,22	-0,13	0,45	0,33	0,73	0,46	0,05
GVM Vf	0,000	0,007	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000		-0,39	-0,27	-0,03	-0,27	0,22	0,11	-0,34	-0,34	-0,05	-0,16	-0,22	-0,48	-0,51	-0,33	-0,35	-0,51	-0,16
GVM KVP	0,110	0,734	0,277	0,337	0,247	0,000	0,000	0,000	0,000		0,10	0,03	0,07	-0,02	-0,09	-0,13	-0,13	0,05	-0,01	0,01	0,92	-0,16	-0,09	-0,11	-0,15	-0,09
Typ	0,000	0,394	0,000	0,000	0,065	0,000	0,000	0,000	0,000	0,004		0,36	0,82	-0,61	-0,56	0,22	0,22	0,13	0,11	0,28	0,05	0,27	0,18	0,19	0,27	-0,07
HLSA	0,001	0,757	0,001	0,439	0,428	0,000	0,662	0,215	0,351	0,408	0,000		-0,17	-0,17	-0,06	0,16	0,16	0,11	-0,03	0,24	0,03	0,17	0,11	0,21	0,15	-0,06
HVS	0,000	0,427	0,000	0,000	0,053	0,003	0,000	0,000	0,042	0,000	0,000	0,000		-0,76	-0,29	0,16	0,15	0,06	0,13	0,15	0,03	0,18	0,12	0,07	0,19	-0,04
RVS	0,000	0,001	0,000	0,000	0,015	0,000	0,000	0,000	0,468	0,000	0,000	0,000	0,000		-0,29	-0,17	-0,16	-0,04	-0,09	-0,25	-0,05	-0,25	-0,16	-0,16	-0,25	0,02
Ge	0,000	0,000	0,000	0,000	0,745	0,305	0,099	0,074	0,001	0,007	0,000	0,053	0,000	0,000		-0,08	-0,07	-0,10	-0,06	0,01	0,04	-0,03	-0,02	-0,02	-0,03	0,05
HRAnzFS	0,000	0,164	0,000	0,000	0,366	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,025		1,00	0,02	0,04	0,28	-0,13	0,17	0,05	0,29	0,17	0,11
HRAnzFS>2	0,000	0,198	0,000	0,000	0,360	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,032	0,000		0,02	0,04	0,29	-0,13	0,18	0,05	0,30	0,18	0,11
RW	0,000	0,000	0,000	0,055	0,955	0,137	0,665	0,100	0,164	0,121	0,000	0,002	0,110	0,295	0,003	0,582	0,606		-0,01	0,23	0,02	0,09	0,12	0,11	0,10	-0,10
RFS	0,000	0,001	0,000	0,001	0,726	0,026	0,000	0,493	0,000	0,833	0,001	0,437	0,000	0,009	0,110	0,276	0,285	0,717		0,07	0,03	-0,01	-0,04	-0,08	-0,01	0,11
HRvzul	0,000	0,959	0,000	0,001	0,355	0,000	0,000	0,000	0,808	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,833	0,000	0,000	0,000	0,082		0,00	0,16	0,07	0,23	0,16	-0,08
KtKVP	0,011	0,070	0,055	0,054	0,068	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,269	0,440	0,436	0,219	0,337	0,001	0,001	0,565	0,420	0,917		-0,17	-0,11	-0,11	-0,16	-0,06
KtLSA	0,000	0,890	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,471	0,000	0,000	0,031	0,837	0,000	0,000		0,64	0,64	0,97	-0,04
KtLSANaAb	0,000	0,834	0,000	0,000	0,045	0,156	0,000	0,000	0,000	0,029	0,000	0,007	0,003	0,000	0,647	0,260	0,217	0,005	0,349	0,071	0,009	0,000		0,47	0,66	0,00
KtLSAKoord	0,000	0,241	0,000	0,000	0,053	0,004	0,000	0,000	0,000	0,007	0,000	0,000	0,067	0,000	0,642	0,000	0,000	0,007	0,057	0,000	0,008	0,000	0,000		0,65	0,00
KtLSAÜRot	0,000	0,972	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,486	0,000	0,000	0,014	0,776	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		-0,03
Tram	0,000	0,000	0,000	0,002	0,827	0,000	0,000	0,146	0,000	0,007	0,031	0,083	0,294	0,456	0,108	0,001	0,001	0,005	0,002	0,053	0,113	0,373	0,983	0,996	0,413	

Spearman-Rho

p-Wert

Abb. IV.4 Korrelationsmatrix Analysestichprobe Strecken innerorts Kanton Zürich

	L	AKD	DTV	SV	OeV Pers	Tram h	Tram	AnzFS	AnzFS <2	AnzFS >2	Einb	HVS	RVS	Ge	vzul	vzul <50	vzul >50	FSB	FSB <3m	FSB >4m	RVA	RW	RW eins	RW beids	RFS	RFS eins	RFS beids
L		0,27	-0,07	0,00	-0,06	-0,07	-0,07	0,07	-0,18	-0,08	-0,14	-0,04	-0,01	0,06	0,08	-0,04	0,07	-0,10	0,00	-0,11	0,02	0,01	0,02	0,01	0,02	0,07	-0,05
AKD	0,000		0,02	0,03	0,08	0,02	0,02	-0,05	0,02	-0,05	-0,03	-0,02	0,07	-0,06	-0,03	-0,03	-0,04	-0,04	0,01	-0,04	-0,02	0,01	0,01	0,01	-0,03	-0,02	-0,02
DTV	0,000	0,309		0,10	0,30	0,16	0,16	0,29	-0,09	0,33	-0,01	0,54	-0,23	-0,34	0,30	-0,11	0,29	0,54	-0,14	0,43	0,23	0,15	0,08	0,13	0,16	0,13	0,09
SV	0,857	0,069	0,000		-0,05	-0,12	-0,12	0,09	-0,08	0,05	-0,03	0,07	0,08	-0,18	-0,01	0,01	-0,01	0,00	-0,08	-0,04	0,05	0,12	0,02	0,12	-0,05	-0,04	-0,03
OeV Pers	0,000	0,000	0,000	0,000		0,30	0,37	0,12	-0,07	0,10	-0,13	0,02	0,00	-0,01	-0,05	-0,06	-0,07	0,21	-0,08	0,16	0,07	-0,04	-0,01	-0,03	0,11	0,06	0,09
Tramh	0,000	0,298	0,000	0,000	0,000		1,00	0,03	0,05	0,09	-0,01	-0,01	-0,04	0,07	-0,04	-0,02	-0,05	0,03	-0,01	0,01	-0,02	-0,10	-0,03	-0,09	0,06	-0,03	0,13
Tramh	0,000	0,298	0,000	0,000	0,000	0,000		0,03	0,05	0,09	-0,01	-0,01	-0,04	0,07	-0,04	-0,02	-0,05	0,03	-0,01	0,01	-0,02	-0,10	-0,03	-0,09	0,06	-0,03	0,13
AnzFS	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,050	0,033		-0,72	0,74	-0,34	0,10	-0,04	-0,04	0,19	-0,02	0,20	-0,04	0,00	-0,01	0,06	0,05	0,05	0,03	0,02	0,03	-0,01
AnzFS <2	0,000	0,188	0,000	0,000	0,000	0,001	0,002	0,000		-0,06	0,48	0,08	-0,07	-0,04	0,06	-0,02	0,06	0,17	-0,02	0,13	-0,08	-0,06	-0,01	-0,06	-0,04	-0,08	0,04
AnzFS >2	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		-0,02	0,22	-0,14	-0,09	0,26	-0,03	0,26	0,06	-0,01	0,07	0,00	0,00	0,06	-0,02	0,00	-0,03	0,03
Einb	0,000	0,043	0,598	0,023	0,000	0,425	0,436	0,000	0,000	0,249		0,11	-0,07	-0,05	0,07	-0,01	0,07	0,10	-0,01	0,07	-0,05	-0,04	0,03	-0,05	-0,03	-0,07	0,03
HVS	0,004	0,260	0,000	0,000	0,282	0,538	0,531	0,000	0,000	0,000	0,000		-0,64	-0,37	0,29	-0,07	0,29	0,41	-0,06	0,35	0,17	0,08	0,06	0,07	0,14	0,14	0,04
RVS	0,654	0,000	0,000	0,000	0,832	0,004	0,004	0,003	0,000	0,000	0,000	0,000		-0,47	-0,30	0,07	-0,29	-0,41	0,06	-0,35	0,00	0,07	-0,01	0,08	-0,06	-0,07	0,00
Ge	0,000	0,000	0,000	0,000	0,484	0,000	0,000	0,019	0,016	0,000	0,001	0,000	0,000								-0,19	-0,17	-0,05	-0,16	-0,09	-0,08	-0,04
vzul	0,000	0,164	0,000	0,484	0,005	0,029	0,030	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000			-0,26	0,98	0,30	-0,11	0,26	0,19	0,18	0,13	0,15	0,07	0,07	0,01
vzul < 50	0,041	0,076	0,000	0,480	0,001	0,431	0,431	0,416	0,421	0,158	0,526	0,000	0,000	0,000		0,000	-0,06	-0,12	0,19	-0,06	-0,06	-0,05	-0,01	-0,05	-0,03	-0,02	-0,02
vzul > 50	0,000	0,067	0,000	0,565	0,000	0,013	0,014	0,000	0,004	0,000	0,000	0,000	0,000		0,000	0,001		0,28	-0,07	0,26	0,18	0,18	0,13	0,15	0,06	0,07	0,01
FSB	0,000	0,026	0,000	0,960	0,000	0,212	0,212	0,064	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000		0,000	0,000	0,000		-0,27	0,84	0,32	0,10	0,07	0,08	0,32	0,30	0,12
FSB <3m	0,934	0,518	0,000	0,000	0,000	0,702	0,702	0,988	0,406	0,586	0,531	0,002	0,002		0,000	0,000	0,000	0,000		-0,12	-0,11	-0,07	-0,02	-0,07	-0,07	-0,06	-0,04
FSB >4m	0,000	0,025	0,000	0,045	0,000	0,512	0,512	0,549	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000		0,000	0,002	0,000	0,000	0,000		0,26	0,08	0,06	0,06	0,26	0,26	0,08
RVA	0,227	0,280	0,000	0,001	0,000	0,172	0,186	0,000	0,000	0,741	0,000	0,000	0,877	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000		0,61	0,17	0,58	0,70	0,51	0,43
RW	0,450	0,317	0,000	0,000	0,018	0,000	0,000	0,002	0,000	0,833	0,011	0,000	0,000	0,000	0,000	0,009	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000		0,27	0,95	-0,10	-0,13	0,00
RW eins	0,293	0,720	0,000	0,105	0,586	0,042	0,042	0,001	0,532	0,000	0,024	0,000	0,412	0,001	0,000	0,487	0,000	0,001	0,415	0,005	0,000	0,000		-0,04	-0,04	-0,04	-0,02
RW beids	0,656	0,356	0,000	0,000	0,022	0,000	0,000	0,031	0,000	0,288	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,013	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,000	0,007		-0,09	-0,12	0,01
RFS	0,272	0,026	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,135	0,014	0,826	0,039	0,000	0,000	0,000	0,001	0,116	0,003	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,004	0,000		0,73	0,62
RFS eins	0,000	0,137	0,000	0,008	0,000	0,023	0,027	0,021	0,000	0,055	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,267	0,001	0,000	0,004	0,000	0,000	0,000	0,018	0,000	0,000		-0,09
RFS beids	0,000	0,125	0,000	0,042	0,000	0,000	0,000	0,635	0,010	0,060	0,043	0,008	0,776	0,013	0,532	0,319	0,770	0,000	0,040	0,000	0,000	0,879	0,143	0,530	0,000	0,000	

Spearman-Rho

p-Wert

Abb. IV.5 Korrelationsmatrix Analysestichprobe Strecken Ausserorts Kanton Bern

	L	AKD	DTV	SV	AnzFS	AnzFS <2	Einb	HVS	RVS	lokVS	sonst. Typ	GVM v0	GVM v0 K	v0 < 80	FBBR	FSB	FSB 3m	FSB < 4	RVA	RW	RFS	Hueg	Kurv
L		0,04	-0,10	-0,03	0,16	-0,16	-0,14	-0,05	-0,07	0,04	0,03	0,08	0,07	-0,01	-0,15	-0,18	0,08	-0,18	-0,10	-0,01	-0,08	0,10	0,07
AKD	0,001		0,09	0,06	0,02	-0,02	-0,02	0,08	0,01	0,00	-0,06	0,01	0,02	-0,04	0,06	0,06	-0,03	0,05	0,09	0,03	0,08	0,01	0,08
DTV	0,000	0,000		0,57	-0,12	0,12	0,11	0,43	0,30	0,20	-0,62	0,57	0,62	-0,52	0,58	0,56	-0,41	0,27	0,32	0,10	0,29	-0,19	-0,39
SV	0,021	0,000	0,000		-0,07	0,07	0,06	0,34	0,21	0,09	-0,40	0,38	0,41	-0,37	0,32	0,30	-0,30	0,10	0,06	0,03	0,06	-0,06	-0,25
AnzFS	0,000	0,108	0,000	0,000		-1,00	-0,91	-0,19	-0,05	0,03	0,11	-0,12	-0,12	0,12	-0,03	-0,24	0,07	-0,37	-0,10	0,02	-0,09	0,06	-0,02
AnzFS < 2	0,000	0,108	0,000	0,000	0,000		0,91	0,19	0,05	-0,03	-0,11	0,12	0,12	-0,12	0,03	0,24	-0,07	0,37	0,10	-0,02	0,09	-0,06	0,02
Einb	0,000	0,146	0,000	0,000	0,000	0,000		0,17	0,05	-0,03	-0,10	0,11	0,11	-0,12	0,04	0,18	-0,05	0,29	0,09	-0,01	0,08	-0,05	0,03
HVS	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		-0,08	-0,30	-0,25	0,41	0,41	-0,63	0,43	0,43	-0,25	0,22	0,19	0,03	0,23	-0,12	-0,13
RVS	0,000	0,317	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		-0,24	-0,21	0,28	0,28	-0,41	0,19	0,19	-0,19	0,07	0,01	-0,03	0,01	-0,07	-0,16
lokVS	0,007	0,834	0,000	0,000	0,021	0,021	0,014	0,000	0,000		-0,72	0,34	0,40	0,26	-0,49	-0,49	0,34	-0,22	-0,16	0,01	-0,19	0,16	-0,13
sonst. Typ	0,034	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		-0,74	-0,80	0,32	-0,05	-0,05	0,05	-0,04	-0,05	-0,02	-0,04	-0,03	0,33
GVM v0	0,000	0,401	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		0,98	-0,67	0,35	0,34	-0,25	0,15	0,14	0,00	0,15	-0,07	-0,29
GVM v0 K	0,000	0,126	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		-0,68	0,34	0,33	-0,25	0,15	0,13	0,00	0,14	-0,06	-0,32
v0 < 80	0,400	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		-0,42	-0,40	0,30	-0,17	-0,15	0,00	-0,17	0,11	0,24
FBBR	0,000	0,006	0,000	0,000	0,121	0,121	0,060	0,000	0,000	0,000	0,030	0,000	0,000	0,000		0,97	-0,69	0,52	0,35	0,05	0,36	-0,24	-0,13
FSB	0,000	0,007	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,020	0,000	0,000	0,000	0,000		-0,70	0,59	0,36	0,05	0,37	-0,25	-0,12
FSB < 3m	0,001	0,259	0,000	0,000	0,003	0,003	0,038	0,000	0,000	0,000	0,033	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		-0,19	-0,16	-0,05	-0,14	0,19	0,13
FSB > 4m	0,000	0,040	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003	0,000	0,073	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		0,39	0,00	0,48	-0,15	-0,06
RVA	0,000	0,000	0,000	0,008	0,000	0,000	0,000	0,000	0,549	0,000	0,024	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		0,28	0,75	-0,12	-0,16
RW	0,558	0,220	0,000	0,220	0,399	0,399	0,520	0,242	0,171	0,809	0,457	0,897	0,900	0,935	0,022	0,037	0,025	0,905	0,000		-0,04	-0,06	-0,07
RFS	0,000	0,001	0,000	0,004	0,000	0,000	0,000	0,000	0,716	0,000	0,049	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,072		-0,08	-0,10
Hueg	0,000	0,505	0,000	0,003	0,001	0,001	0,006	0,000	0,000	0,000	0,118	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,013	0,000		0,32
Kurv	0,000	0,000	0,000	0,000	0,132	0,132	0,019	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,014	0,000	0,001	0,000	0,00	

Spearman-Rho

p-Wert

Abb. IV.6 Korrelationsmatrix Analysestichprobe Strecken Innerorts Kanton Bern

	L	AKD	DTV	SV	Anz FS	Anz FS < 2	Einb	HVS	RVS	lokVS	SS	GVM v0	GVM v0 KI	v0<50k m/h	v0>50k m/h	FBBr	FBBr <6m	FBBr >8m	FBBr >12m	FSB	FSB < 3 m	FSB > 4m	Mzw FS	RVA	RW	RFS	RfFrei
L		0,31	0,08	0,02	0,28	-0,28	-0,20	-0,03	0,02	0,00	0,01	-0,03	-0,06	-0,15	-0,10	-0,08	-0,04	-0,16	-0,20	-0,12	-0,04	-0,23	-0,05	-0,08	-0,08	-0,03	-0,05
AKD	0,000		0,03	0,00	0,03	-0,03	-0,01	-0,03	0,01	-0,01	0,07	-0,24	-0,28	0,05	-0,28	0,00	-0,03	-0,01	0,00	-0,01	-0,02	-0,04	-0,02	-0,07	-0,05	-0,04	-0,05
DTV	0,000	0,039		0,41	-0,20	0,20	0,16	0,45	0,25	-0,57	0,06	0,34	0,18	0,08	0,17	0,61	-0,39	0,39	0,17	0,60	-0,39	0,37	0,16	0,37	0,13	0,33	0,07
SV	0,072	0,979	0,000		-0,09	0,09	0,04	0,33	0,17	-0,37	-0,09	0,25	0,11	0,01	0,09	0,21	-0,21	0,05	0,03	0,21	-0,21	0,07	0,01	0,05	0,02	0,04	0,03
Anz FS	0,000	0,025	0,000	0,000		-0,20	-0,81	-0,29	-0,06	0,30	-0,05	-0,04	0,00	-0,29	-0,05	-0,41	0,10	-0,45	-0,50	-0,54	0,13	-0,60	-0,14	-0,25	-0,19	-0,21	0,02
Anz FS < 2	0,000	0,025	0,000	0,000	0,000		0,81	0,29	0,06	-0,30	0,05	0,04	0,00	0,29	0,05	0,41	-0,10	0,45	0,50	0,54	-0,13	0,60	0,14	0,25	0,19	0,21	-0,02
Einb	0,000	0,403	0,000	0,001	0,000	0,000		0,20	0,05	-0,23	0,07	0,02	0,01	0,19	0,04	0,28	-0,07	0,30	0,33	0,37	-0,09	0,42	0,09	0,16	0,14	0,13	-0,03
HVS	0,055	0,053	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		-0,18	-0,69	-0,08	0,34	0,17	0,13	0,16	0,45	-0,23	0,35	0,17	0,46	-0,22	0,36	0,11	0,27	0,07	0,28	0,00
RVS	0,107	0,396	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		-0,51	-0,06	0,23	0,06	0,03	0,04	0,11	-0,14	0,03	0,06	0,11	-0,15	0,02	0,02	0,01	0,03	-0,02	0,05
lokVS	0,790	0,433	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		-0,22	-0,39	-0,15	-0,14	-0,13	-0,49	0,31	-0,33	-0,20	-0,50	0,31	-0,34	-0,11	-0,26	-0,08	-0,23	-0,04
SS	0,433	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		-0,15	-0,10	0,04	-0,10												
GVM v0	0,021	0,000	0,000	0,000	0,006	0,006	0,157	0,000	0,000	0,000	0,000		0,86	-0,24	0,83	0,18	-0,14	0,11	0,00	0,16	-0,14	0,10	0,04	0,16	0,05	0,13	0,07
GVM v0 KI	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000	1,000	0,650	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		-0,28	0,97	0,06	-0,06	0,06	-0,03	0,04	-0,05	0,04	0,02	0,11	0,03	0,08	0,07
v0<50km/h	0,000	0,000	0,000	0,398	0,000	0,000	0,000	0,000	0,056	0,000	0,003	0,000	0,000		-0,08	0,18	-0,05	0,20	0,26	0,22	-0,05	0,24	0,00	0,07	0,02	0,07	-0,01
v0>50km/h	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		0,05	-0,03	0,07	0,00	0,03	-0,03	0,06	0,01	0,10	0,03	0,07	0,06
FBBr	0,000	0,978	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		0,000	0,000	0,000	0,007		-0,57	0,73	0,41	0,97	-0,57	0,71	0,18	0,43	0,13	0,44	-0,01
FBBr <6m	0,013	0,139	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,040	0,000		-0,20	-0,09	-0,55	0,99	-0,20	-0,06	-0,15	-0,04	-0,15	-0,02
FBBr >8m	0,000	0,413	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,141	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000		0,46	0,70	-0,20	0,93	0,23	0,44	0,15	0,46	-0,04
FBBr >12m	0,000	0,883	0,000	0,055	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,785	0,043	0,000	0,842	0,000	0,000	0,000		0,40	-0,09	0,43	0,13	0,28	0,17	0,26	-0,02
FSB	0,000	0,511	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,011	0,000	0,040	0,000	0,000	0,000	0,000		-0,57	0,76	0,18	0,43	0,16	0,42	-0,01
FSB < 3 m	0,027	0,182	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,002	0,070	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		-0,21	-0,06	-0,16	-0,06	-0,15	-0,02
FSB > 4m	0,000	0,037	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,233	0,000	0,000	0,000	0,015	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		0,22	0,43	0,16	0,44	-0,05
Mzw FS	0,005	0,205	0,000	0,443	0,000	0,000	0,000	0,000	0,339	0,000	0,030	0,221	0,860	0,510	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000		0,20	0,09	0,19	0,00
RVA	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,479	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		0,32	0,81	0,36
RW	0,000	0,008	0,000	0,222	0,000	0,000	0,000	0,000	0,126	0,000	0,002	0,093	0,146	0,040	0,000	0,031	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000		-0,07	-0,03
RFS	0,106	0,026	0,000	0,029	0,000	0,000	0,000	0,000	0,153	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		-0,08
RfFrei	0,005	0,002	0,000	0,102	0,194	0,194	0,127	0,892	0,003	0,018	0,000	0,000	0,000	0,722	0,001	0,729	0,244	0,009	0,204	0,518	0,278	0,003	0,957	0,000	0,054	0,000	

Spearman-Rho

p-Wert

Abb. IV.7 Korrelationsmatrix Analysestichprobe Strecken Kanton Basel-Stadt

	L	AKD	DTV	SV	HVS	VS	SS	AnzFS	FS < 2	FS > 2	Einb	FBB	FBB <6m	FBB >6m	FBB >12m	FSB	FSB <3m	FSB >4m	vzul	vzul < 50	vzul > 50	Tram	Tram MV	Tram BK	Tram HS	Tram HSML	Tram HSSL	MT	Milln	Bus spur	Bus Kurse	RVA	RFS	RW	P	Pein	Pbeid	HGN Ant	HGN >50%	ToBe	WiBe
L		-0,37	-0,09	-0,05	-0,14	0,13	0,05	-0,14	0,00	-0,17	-0,05	-0,05	0,03	0,02	-0,04	0,03	-0,11	0,06	0,01	0,16	0,19	-0,11	-0,08	-0,02	-0,06	-0,09	0,03	-0,32	0,03	0,00	0,12	-0,06	-0,10	0,09	0,07	-0,02	-0,05	-0,09	-0,16	-0,10	-0,23
AKD	0,000		-0,03	-0,08	0,02	-0,06	0,08	-0,03	0,05	-0,01	0,10	0,04	0,05	-0,05	0,10	0,10	0,03	0,05	-0,17	0,03	-0,23	0,13	0,21	-0,09	0,17	0,14	0,08	0,08	-0,05	0,09	-0,04	-0,20	-0,16	-0,17	0,15	0,04	0,08	0,34	0,35	0,02	-0,13
DTV	0,154	0,669		0,76	0,48	-0,39	-0,25	0,31	-0,12	0,31	-0,13	0,05	0,04	0,03	0,06	-0,15	0,14	-0,15	0,34	-0,32	0,15	0,19	0,11	0,18	0,14	0,19	-0,03	0,12	0,21	0,06	0,21	0,28	0,24	0,13	-0,19	-0,14	-0,06	0,19	0,14	0,26	0,12
SV	0,400	0,188	0,000		0,31	-0,27	-0,12	0,29	-0,17	0,24	-0,24	0,07	0,02	0,04	0,08	-0,14	0,17	-0,13	0,25	-0,21	0,15	0,18	0,09	0,19	0,15	0,18	-0,02	0,07	0,20	-0,03	0,14	0,19	0,15	0,10	-0,20	-0,12	-0,11	0,22	0,15	0,24	0,09
HVS	0,023	0,803	0,000	0,000		0,48	-0,43	0,21	-0,10	0,19	0,04	-0,08	0,05	-0,05	-0,05	-0,16	0,14	-0,13	0,36	-0,47	0,02	0,12	0,00	0,18	0,08	0,12	-0,04	0,11	0,15	0,09	0,10	0,26	0,22	0,14	-0,27	-0,16	-0,11	0,00	0,02	0,13	0,18
VS	0,041	0,306	0,000	0,000	0,000		-0,10	-0,16	0,06	-0,17	-0,04	0,07	-0,03	0,04	0,09	0,13	-0,11	0,11	-0,17	0,24	0,01	-0,07	0,03	-0,15	-0,05	-0,11	0,08	-0,08	-0,09	-0,10	-0,05	-0,19	-0,16	-0,12	0,23	0,16	0,11	-0,03	-0,04	-0,11	-0,16
SS	0,424	0,197	0,000	0,049	0,000	0,100		-0,11	0,09	-0,08	-0,01	0,04	-0,05	0,02	-0,06	0,08	-0,08	0,06	-0,39	0,47	-0,05	-0,10	-0,06	-0,08	-0,06	-0,03	-0,05	-0,07	-0,13	-0,01	-0,10	-0,16	-0,15	-0,06	0,12	0,03	0,03	0,05	0,04	-0,06	-0,07
AnzFS	0,028	0,572	0,000	0,000	0,001	0,008	0,062		-0,61	0,84	-0,37	-0,03	0,01	-0,02	-0,02	-0,47	0,35	-0,38	0,12	-0,08	0,10	0,00	-0,09	0,13	-0,09	-0,08	-0,03	0,17	0,15	-0,20	0,12	0,00	-0,03	0,10	-0,25	-0,15	-0,10	-0,12	-0,14	0,19	0,04
FS < 2	0,968	0,375	0,056	0,005	0,109	0,354	0,148	0,000		-0,09	0,62	0,08	-0,04	-0,01	0,07	0,32	-0,07	0,17	-0,04	0,01	-0,05	-0,10	-0,04	-0,09	0,00	0,00	0,01	-0,08	-0,20	0,21	0,04	0,12	0,14	-0,07	0,08	0,16	-0,04	0,02	0,05	0,00	0,07
FS > 2	0,006	0,881	0,000	0,000	0,002	0,007	0,172	0,000	0,127		-0,04	0,01	-0,01	-0,03	0,02	-0,37	0,36	-0,35	0,13	-0,09	0,10	-0,07	-0,14	0,10	-0,11	-0,04	0,15	0,06	-0,11	0,18	0,08	0,06	0,09	-0,26	-0,09	-0,14	-0,13	-0,14	0,24	0,10	
Einb	0,395	0,104	0,030	0,000	0,483	0,518	0,826	0,000	0,000	0,513		0,07	0,02	0,01	0,08	0,20	0,05	0,13	-0,03	-0,02	-0,07	-0,09	-0,02	-0,11	-0,02	-0,01	-0,02	-0,11	-0,25	0,23	0,07	0,04	0,07	-0,08	-0,02	0,10	-0,08	-0,08	-0,04	-0,05	0,15
FBB	0,420	0,560	0,464	0,325	0,221	0,310	0,560	0,684	0,224	0,877	0,266		-0,34	0,81	0,69	0,80	-0,32	0,64	-0,02	0,05	0,03	-0,02	-0,01	0,01	-0,05	-0,11	0,08	-0,04	0,03	0,08	0,09	0,02	0,05	-0,03	-0,01	-0,02	-0,03	0,08	0,03	0,06	0,13
FBB <6m	0,665	0,492	0,598	0,732	0,467	0,688	0,491	0,904	0,535	0,906	0,808	0,000		-0,30	-0,10	-0,31	0,61	-0,25	0,08	-0,05	0,06	0,04	-0,01	0,07	0,09	0,13	-0,05	0,08	-0,09	-0,06	0,00	-0,10	-0,08	-0,05	-0,15	-0,14	-0,04	0,06	0,10	0,15	-0,11
FBB >6m	0,715	0,453	0,668	0,511	0,490	0,569	0,739	0,764	0,923	0,642	0,853	0,000	0,000		0,34	0,64	-0,30	0,77	0,05	0,03	0,11	0,00	-0,02	0,06	0,01	-0,07	0,12	-0,08	0,08	0,10	0,03	0,02	0,03	0,03	0,00	-0,04	-0,01	0,01	-0,02	-0,04	0,06
FBB >12m	0,537	0,145	0,379	0,244	0,446	0,171	0,375	0,811	0,286	0,781	0,215	0,000	0,133	0,000		0,54	-0,17	0,31	-0,01	0,00	-0,01	-0,04	-0,01	-0,03	-0,05	-0,04	-0,02	0,02	-0,04	0,06	0,10	-0,04	-0,03	-0,09	-0,02	0,01	-0,05	0,18	0,10	0,13	0,05
FSB	0,610	0,141	0,025	0,036	0,015	0,043	0,257	0,000	0,000	0,000	0,003	0,000	0,000	0,000	0,000		-0,52	0,85	-0,10	0,10	-0,05	-0,02	0,09	-0,13	0,00	-0,01	0,01	-0,15	-0,01	0,23	0,00	0,00	0,03	-0,04	0,08	0,00	0,04	0,13	0,11	-0,05	0,06
FSB <3m	0,110	0,660	0,040	0,010	0,040	0,110	0,254	0,000	0,305	0,000	0,457	0,000	0,000	0,000	0,013	0,000		-0,41	0,10	-0,09	0,06	0,02	-0,09	0,16	0,04	0,01	0,05	0,13	-0,04	-0,10	0,05	0,07	0,03	0,09	-0,19	-0,11	-0,08	-0,07	-0,02	0,12	-0,07
FSB >4m	0,381	0,448	0,021	0,043	0,048	0,096	0,370	0,000	0,012	0,000	0,053	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		-0,07	0,07	-0,02	-0,03	0,10	-0,14	0,04	0,02	0,03	-0,17	0,05	0,21	-0,02	-0,02	0,01	0,00	0,06	-0,05	0,07	0,10	0,08	-0,10	0,00
vzul	0,893	0,005	0,000	0,000	0,000	0,006	0,000	0,001	0,522	0,036	0,670	0,813	0,247	0,480	0,930	0,119	0,119	0,294		-0,78	0,67	0,16	0,03	0,21	0,02	0,02	0,01	0,02	0,10	0,16	0,14	0,06	-0,21	-0,17	-0,01	0,01	-0,04	0,05	0,16		
vzul < 50	0,011	0,578	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,222	0,917	0,141	0,707	0,450	0,417	0,657	0,957	0,148	0,179	0,268	0,000		-0,05	-0,19	-0,15	-0,08	-0,12	-0,09	-0,06	-0,08	-0,08	-0,07	-0,21	-0,17	-0,16	-0,06	0,14	0,17	-0,07	-0,05	-0,02	-0,12	-0,16
vzul > 50	0,002	0,000	0,012	0,018	0,785	0,886	0,444	0,103	0,392	0,115	0,276	0,605	0,377	0,097	0,912	0,440	0,370	0,720	0,000	0,409		0,03	-0,12	0,24	-0,10	-0,08	-0,05	-0,07	0,07	-0,06	-0,09	0,05	0,03	0,02	-0,17	-0,07	-0,10	-0,04	-0,09	-0,05	0,07
Tram	0,079	0,031	0,002	0,003	0,052	0,242	0,094	0,957	0,113	0,251	0,148	0,728	0,585	0,954	0,537	0,745	0,730	0,697	0,008	0,002	0,572		0,78	0,44	0,59	0,47	0,31	0,22	-0,01	-0,03	-0,37	-0,05	-0,10	-0,02	-0,04	-0,18	0,12	0,26	0,27	-0,03	0,05
Tram MV	0,195	0,001	0,086	0,155	0,985	0,608	0,357	0,137	0,475	0,020	0,775	0,851	0,905	0,791	0,841	0,168	0,200	0,133	0,623	0,017	0,043	0,000		-0,20	0,54	0,51	0,16	0,03	0,02	0,04	-0,22	-0,10	-0,13	-0,02	0,10	-0,15	0,25	0,29	0,30	-0,09	0,05
Tram BK	0,688	0,126	0,004	0,002	0,004	0,014	0,215	0,032	0,166	0,088	0,077	0,831	0,278	0,373	0,644	0,044	0,015	0,033	0,000	0,181	0,000	0,000	0,001		0,17	0,02	0,26	0,31	-0,03	-0,10	-0,24	0,08	0,05	0,06	-0,17	-0,05	-0,16	0,01	0,01	-0,10	-0,03
Tram HS	0,333	0,005	0,018	0,015	0,198	0,400	0,319	0,142	0,946	0,064	0,774	0,487	0,194	0,873	0,481	0,942	0,550	0,543	0,699	0,061	0,112	0,000	0,000	0,007		0,82	0,50	0,21	0,05	0,11	-0,16	-0,04	-0,07	0,00	-0,01	-0,10	0,06	0,39	0,39	0,00	0,00
Tram HSML	0,148	0,023	0,002	0,003	0,054	0,072	0,572	0,181	0,968	0,081	0,897	0,106	0,044	0,293	0,517	0,828	0,865	0,717	0,753	0,127	0,195	0,000	0,000	0,746	0,000		-0,09	0,29	0,06	0,17	-0,09	-0,01	-0,03	-0,01	-0,05	-0,13	0,08	0,34	0,31	0,02	0,01
Tram HSSL	0,622	0,169	0,596	0,764	0,511	0,218	0,384	0,600	0,859	0,562	0,764	0,246	0,471	0,073	0,802	0,847	0,447	0,617	0,846	0,348	0,426	0,000	0,007	0,000	0,000	0,141		-0,08	0,00	-0,07	-0,14	-0,06	-0,08	0,01	0,06	0,01	-0,02	0,18	0,21	-0,03	-0,01
MT	0,000	0,187	0,050	0,244	0,071	0,200	0,224	0,006	0,175	0,014	0,084	0,559	0,224	0,209	0,773	0,028	0,053	0,010	0,787	0,190	0,266	0,000	0,598	0,000	0,001	0,000	0,206		-0,21	-0,05	-0,04	0,09	0,11	-0,03	-0,09	0,01	-0,09	0,02	0,05	0,07	0,01
Milln	0,599	0,458	0,001	0,001	0,012	0,127	0,034	0,013	0,001	0,355	0,000	0,687	0,191	0,253	0,541	0,848	0,555	0,472	0,101	0,208	0,272	0,856	0,711	0,608	0,435	0,355	0,971	0,000		0,14	0,12	0,17	0,16	0,03	-0,02	-0,13	0,08	0,10	0,06	0,05	-0,05
Bus spur	0,942	0,125	0,357	0,640	0,140	0,113	0,935	0,001	0,001	0,070	0,000	0,215	0,370	0,151	0,356	0,001	0,138	0,002	0,805	0,232	0,310	0,577	0,550	0,100	0,082	0,005	0,249	0,388	0,018		0,23	0,22	0,22	0,03	0,06	0,11	-0,07	0,10	0,12	0,00	0,05
Bus Kurse	0,051	0,474	0,001	0,020	0,091	0,375	0,092	0,049	0,498	0,003	0,265	0,172	0,969	0,606	0,121																										

Abb. IV.8 Korrelationsmatrix Analysestichprobe Knoten Innerorts Kanton Basel-Stadt

	VF	KVP	LSA	DTV	KMajQ	KMinQ	DTV verh	Kr	FS	vzul	Tram	RFS	RW	HGN	ToBe	WiBe	BesK
VF		-0,30	-0,85	-0,46	-0,38	-0,38	-0,20	-0,43	-0,47	-0,21	-0,20	-0,26	-0,18	0,01	-0,08	-0,17	-0,13
KVP	0,000		-0,22	0,17	0,13	0,21	0,06	0,18	0,02	-0,03	0,01	0,07	0,23	-0,03	0,06	-0,12	0,54
LSA	0,000	0,006		0,36	0,30	0,26	0,16	0,36	0,48	0,24	0,19	0,25	0,03	-0,02	0,02	0,25	-0,16
DTV	0,000	0,042	0,000		0,94	0,74	0,44	0,24	0,29	0,28	0,34	0,34	0,21	0,22	0,24	0,15	0,17
KMajQ	0,000	0,108	0,000	0,000		0,30	0,36	0,14	0,28	0,25	0,32	0,33	0,20	0,24	0,26	0,15	0,14
KMinQ	0,000	0,012	0,001	0,000	0,000		0,66	0,32	0,13	0,19	0,28	0,20	0,25	0,16	0,10	0,07	0,16
DTV verh	0,014	0,440	0,047	0,000	0,000	0,000		0,16	0,03	0,15	0,19	0,19	0,18	0,08	-0,08	0,06	0,02
Kr	0,000	0,026	0,000	0,003	0,097	0,000	0,058		0,14	0,00	0,07	0,19	-0,03	0,20	0,01	0,15	-0,01
FS	0,000	0,854	0,000	0,000	0,000	0,111	0,687	0,093		0,16	-0,07	0,18	0,11	-0,10	0,10	0,06	-0,13
vzul	0,009	0,732	0,004	0,000	0,002	0,019	0,070	0,966	0,053		0,20	0,24	0,11	0,00	0,10	0,20	-0,03
Tram	0,014	0,917	0,022	0,000	0,000	0,001	0,021	0,378	0,397	0,014		0,18	0,05	0,42	-0,01	0,12	0,14
RFS	0,001	0,387	0,002	0,000	0,000	0,016	0,023	0,022	0,027	0,003	0,028		0,17	-0,06	-0,18	0,32	-0,01
RW	0,029	0,006	0,710	0,009	0,014	0,003	0,028	0,711	0,166	0,173	0,572	0,034		0,04	0,05	0,12	0,03
HGN	0,866	0,673	0,822	0,006	0,003	0,052	0,355	0,016	0,244	0,987	0,000	0,449	0,647		0,11	0,26	0,13
ToBe	0,347	0,462	0,796	0,003	0,002	0,222	0,342	0,915	0,218	0,241	0,911	0,024	0,575	0,186		-0,02	0,15
WiBe	0,042	0,146	0,002	0,076	0,063	0,415	0,497	0,069	0,484	0,013	0,136	0,000	0,137	0,001	0,763		-0,10
BesK	0,121	0,000	0,058	0,044	0,088	0,049	0,827	0,951	0,116	0,744	0,078	0,948	0,731	0,108	0,072	0,223	

Spearman-Rho

p-Wert

Abb. IV.9 Korrelationsmatrix Analysestichprobe Siedlungsgebiete (detailliert) Kanton Basel-Stadt

	FL	NL	NL30	AnzAK	AnzEK	Beb	Ant Beb	Umf	AKD	EKD	Ant30	FdivU	Spearman-Rho
FL		0,89	0,76	0,72	0,86	0,82	-0,39	0,96	-0,04	0,59	-0,25	0,96	
NL	0,000		0,92	0,82	0,94	0,84	-0,25	0,86	0,20	0,55	-0,20	0,85	
NL30	0,000	0,000		0,82	0,89	0,69	-0,27	0,75	0,32	0,53	0,05	0,71	
AnzAK	0,000	0,000	0,000		0,76	0,68	-0,14	0,73	0,59	0,44	0,06	0,65	
AnzEK	0,000	0,000	0,000	0,000		0,89	-0,31	0,84	0,12	0,78	-0,17	0,83	
Beb	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		0,08	0,75	0,15	0,40	-0,27	0,84	
Ant Beb	0,000	0,007	0,004	0,133	0,001	0,389		-0,45	0,36	-0,30	0,04	-0,31	
Umf	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		-0,05	0,59	-0,21	0,86	
AKD	0,708	0,031	0,000	0,000	0,218	0,113	0,000	0,617		-0,08	0,35	-0,03	
EKD	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,407		-0,10	0,57	
Ant30	0,007	0,038	0,572	0,512	0,070	0,004	0,688	0,025	0,000	0,294		-0,25	
FdivU	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,791	0,000	0,007		
p-Wert													

Abb. IV.10 Korrelationsmatrix Analysestichprobe Siedlungsgebiete (aggregiert) Kanton Basel-Stadt

	FL	NL	NL30	AnzAK	AnzEK	Beb	Ant Beb	Umf	FdivU	AKD	EKD	Ant30	AKD2	Spearman-Rho
FL		0,62	0,39	0,38	0,53	0,54	-0,52	0,91	0,87	-0,54	0,44	-0,48	-0,56	
NL	0,000		0,75	0,53	0,87	0,44	-0,28	0,53	0,57	-0,45	0,37	-0,26	-0,16	
NL30	0,014	0,000		0,47	0,67	0,13	-0,47	0,40	0,29	-0,01	0,00	0,17	-0,04	
AnzAK	0,016	0,001	0,002		0,35	0,32	-0,16	0,40	0,28	0,00	-0,06	-0,05	0,42	
AnzEK	0,000	0,000	0,000	0,028		0,67	-0,43	0,52	0,48	-0,31	0,61	-0,10	-0,30	
Beb	0,000	0,005	0,434	0,050	0,229		0,29	0,32	0,69	-0,60	0,20	-0,59	-0,09	
Ant Beb	0,001	0,088	0,002	0,335	0,007	0,072		-0,67	-0,27	-0,03	-0,26	-0,11	0,53	
Umf	0,000	0,001	0,012	0,012	0,001	0,049	0,000		0,62	-0,39	0,43	-0,35	-0,59	
FdivU	0,000	0,000	0,070	0,082	0,002	0,000	0,101	0,000		-0,60	0,43	-0,54	-0,42	
AKD	0,000	0,004	0,950	0,990	0,058	0,000	0,844	0,013	0,000		-0,52	0,95	0,44	
EKD	0,005	0,021	0,995	0,703	0,000	0,211	0,112	0,006	0,007	0,001		-0,40	-0,52	
Ant30	0,002	0,106	0,297	0,772	0,544	0,000	0,509	0,031	0,000	0,000	0,011		0,33	
AKD2	0,000	0,333	0,812	0,008	0,063	0,605	0,001	0,000	0,008	0,005	0,001	0,038		
p-Wert														

IV.2 Unfallmodelle

IV.2.1 Kanton Zürich

Ausserorts

Abb. IV.11 Unfallmodelle für Strecken Ausserorts im Kanton Zürich

Kt. ZH (Strecken ausserorts)		U _(G+SV)			U _(LV)			U _(SS)		
Unfälle / 4a		347	290	280	1.010	774	683	4.057	3.235	2.644
		Stufe 1	Stufe 2	Stufe 3	Stufe 1	Stufe 2	Stufe 3	Stufe 1	Stufe 2	Stufe 3
<i>Koeffizienten*</i>										
Konstante		-5,618 ***	-6,247 ***	-6,353 ***	-8,451 ***	-8,111 ***	-7,946 ***	-6,409 ***	-6,643 ***	-6,626 ***
In(DTV)		0,362 ***	0,437 ***	0,450 ***	0,801 ***	0,748 ***	0,729 ***	0,710 ***	0,735 ***	0,736 ***
AKD					0,063 **	0,074 ***	0,067 **	0,051 ***	0,036 **	
AnzFS	< 2 FS				1,265 ***					
	> 2 FS	0,705 *						0,475 ***	0,445 **	0,589 **
Einb								0,467 ***		
Typ / Zuständig- keit	HLS Kt.	-1,337 ***	-1,539 ***		-0,820 ***	-0,625 ***				
	Ge	-0,835 ***								
Kurv		0,0016 ***	0,0016 ***	0,0016 ***	0,0013 ***	0,0015 ***	0,0016 ***	0,0015 ***	0,0017 ***	0,0019 ***
erklärte Varianz		61%	91%	84%	47%	60%	56%	73%	75%	77%
Anpassungs- güte**	Nullmodell	1,557	1,566	1,576	2,523	2,489	2,286	7,327	7,915	7,281
	Modell	1,216	1,052	1,093	1,812	1,592	1,563	2,716	2,728	2,425

* Schätzung auf Basis der angepassten negativen Binomialverteilung; * < 0.05, ** < 0.01, *** < 0.001

Länge und Zeitraum (4 Jahre) sind als Offsetgrösse im Modell enthalten

** Schätzung auf Basis der Poissonverteilung

Abb. IV.12 Unfallmodelle für Knoten Ausserorts im Kanton Zürich

Kt. ZH (Knoten ausserorts)		U _(G+SV)		U _(LV)		U _(SS)	
Unfälle / 4a		48	43	287	234	850	754
		Stufe 1	Stufe 2	Stufe 1	Stufe 2	Stufe 1	Stufe 2
<i>Koeffizienten*</i>							
Konstante		-8,457 ***		-9,177 ***	-8,395 ***	-7,931 ***	-7,375 ***
In(DTV)		0,674 ***		0,901 ***	0,810 ***	0,847 ***	0,801 ***
DTVVerh				-0,022 **	-0,036 ***		-0,009 *
SV		-6,924 *					
Kreuzung					0,473 *	0,350 *	
Verkehrs- regelung / Form	Kt-LSA				-0,654 *		0,390 *
	Kt-KVP						
erklärte Varianz		86%	0%	59%	59%	64%	61%
Anpassungs- güte**	Nullmodell	1,165		3,045	2,966	4,849	4,755
	Modell	1,023		1,829	1,798	2,398	2,450

* Schätzung auf Basis der angepassten negativen Binomialverteilung; * < 0.05, ** < 0.01, *** < 0.001

Zeitraum (4 Jahre) ist als Offsetgrösse im Modell berücksichtigt

** Schätzung auf Basis der Poissonverteilung

keine ausreichende Stichprobengrösse

Innerorts

Abb. IV.13 Unfallmodelle für Strecken Innerorts im Kanton Zürich

Kt. ZH (Strecken innerorts)		U _(G+SV)			U _(LV)			U _(SS)	
Unfälle / 4a		803	754	340	3.549	3.107	1.361	9.571	8.208
		Stufe 1	Stufe 2	Stufe 3	Stufe 1	Stufe 2	Stufe 3	Stufe 1	Stufe 2
<i>Koeffizienten*</i>									
Konstante		-6,273 ***	-6,755 ***	-7,751 ***	-6,205 ***	-6,436 ***	-7,256 ***	-4,050 ***	-3,983 ***
ln(DTV)		0,526 ***	0,577 ***	0,666 ***	0,692 ***	0,718 ***	0,785 ***	0,557 ***	0,557 ***
SV					-1,885 ***	-1,941 ***	-1,831 **		
OeVPErs		3,E-05 ***	3,E-05 ***	2,E-04 ***	4,E-05 ***	4,E-05 ***	1,E-04 ***	2,E-05 ***	2,E-05 ***
Tram		0,749 ***	0,640 ***		0,306 **	0,324 **			
AKD					0,014 ***	0,016 ***		0,007 *	0,007 *
AnzFS					0,499 ***	0,412 **		0,500 ***	0,479 ***
> 2 FS				-0,775 *				0,226 **	0,305 ***
FSB									
< 3 m									
> 4 m							0,248 **		0,343 ***
Typ / Zuständig-keit								0,122 **	
HVS									
Ge			0,353 **		0,299 ***	0,443 ***		0,286 ***	0,426 ***
vzul									
< 50 km/h									
> 50 km/h							-0,298 ***		-0,253 ***
RVA									
RFS			0,196 *			1,282 *			
RW						-2,127 **		-0,197 ***	-0,119 *
erklärte Varianz		85%	85%	97%	54%	56%	75%	28%	26%
Anpassungs-Nullmodell		1,513	1,525	1,403	3,266	3,255	2,707	5,55	5,170
güte**Modell		1,079	1,079	1,013	2,035	1,982	1,423	4,26	4,065
									2,389

* Schätzung auf Basis der angepassten negativen Binomialverteilung; * < 0.05, ** < 0.01, *** < 0.001

Länge und Zeitraum (4 Jahre) sind als Offsetgrösse im Modell berücksichtigt

** Schätzung auf Basis der Poissonverteilung

Abb. IV.14 Unfallmodelle für Knoten innerorts im Kanton Zürich

Kt. ZH (Knoten innerorts)		U _(G+SV)			U _(LV)			U _(SS)	
Unfälle / 4a		232	224	135	1.216	1.083	611	3.316	2.901
		Stufe 1	Stufe 2	Stufe 3	Stufe 1	Stufe 2	Stufe 3	Stufe 1	Stufe 2
Koeffizienten*									
Konstante		-7,172 ***	-7,014 ***	-7,978 ***	-8,339 ***	-7,668 ***	-8,992 ***	-7,756 ***	-7,756 ***
ln(DTV)		0,522 ***	0,497 ***	0,617 ***	0,775 ***	0,690 ***	0,804 ***	0,808 ***	0,826 ***
DTVverh									-0,006 *
SV		-6,398 ***	-5,697 **	-6,580 **	-2,634 **	-2,239 *			
Tram			0,428 *		0,324 **	0,352 **	0,666 **		
Kreuzung		0,308 *	0,306 *		0,544 ***	0,544 ***	0,387 **	0,254 ***	0,206 **
Verkehrs- regelung / Form	GVM-LSA								
	GVM-KVP				-0,284 *	-0,358 **			
	Kt-LSA						-0,325 *		
	Kt-KVP								
Typ / Zuständig- keit	HLSA				-0,504 *	-0,584 *	-0,644 *		0,422 **
	HVS								
	Ge								
RVA	RFS					0,299 **	0,356 **		
	RW								
erklärte Varianz		45%	52%	34%	52%	61%	66%	55%	63%
Anpassungs- güte**	Nullmodell	1,276	1,267	1,354	2,544	2,544	2,252	5,840	5,757
	Modell	1,150	1,128	1,233	1,735	1,609	1,423	3,154	2,741

* Schätzung auf Basis der angepassten negativen Binomialverteilung; * < 0.05, ** < 0.01, *** < 0.001

Zeitraum (4 Jahre) ist als Offsetgrösse im Modell berücksichtigt

** Schätzung auf Basis der Poissonverteilung

IV.2.2 Kanton Bern

Ausserorts

Abb. IV.15 Unfallmodelle für Strecken Ausserorts im Kanton Bern

Kt. BE (Strecken ausserorts)		U _(G+SV)		U _(LV)		U _(SS)	
Unfälle / 4a		535	426	1.141	892	1.849	1.435
		Stufe 1	Stufe 2	Stufe 1	Stufe 2	Stufe 1	Stufe 2
<i>Koeffizienten*</i>							
Konstante		-8,354 ***	-8,591 ***	-9,389 ***	-10,040 ***	-9,025 ***	-9,366 ***
ln(DTV)		0,650 ***	0,672 ***	0,891 ***	0,998 ***	0,894 ***	0,944 ***
SV		7,097 ***	5,273 **				
AKD						0,033 ***	0,026 **
AnzFS	< 2			-0,863 *			
FSB	< 3 m						-0,380 **
	> 4 m						
Typ /	HVS						
Zuständig-	RVS	0,433 **		0,431 ***	0,309 **	0,289 **	
keit	sonstige						
v0	< 80km/h			0,213 *	0,315 **	0,206 *	0,339 ***
Hueg			0,117 ***		0,056 **		
Kurv		0,0007 **	0,0007 **	0,0007 ***	0,0009 ***	0,0007 ***	0,0014 ***
erklärte Varianz		100%	97%	78%	78%	74%	79%
Anpassungs-	Nullmodell	1,854	1,951	2,373	2,455	3,251	3,444
güte**	Modell	0,979	1,029	1,300	1,326	1,576	1,524

* Schätzung auf Basis der angepassten negativen Binomialverteilung; * < 0.05, ** < 0.01, *** < 0.001

Zeitraum (4 Jahre) sind als Offsetgrösse im Modell enthalten

** Schätzung auf Basis der Poissonverteilung

Innerorts

Abb. IV.16 Unfallmodelle für Strecken Innerorts im Kanton Bern

Kt. BE (Strecken innerorts)		U _(G+SV)		U _(LV)		U _(SS)	
Unfälle / 4a		585	392	2.594	1.661	3.498	2.180
		Stufe 1	Stufe 2	Stufe 1	Stufe 2	Stufe 1	Stufe 2
<i>Koeffizienten*</i>							
Konstante		-9,115 ***	-8,792 ***	-9,460 ***	-8,929 ***	-7,016 ***	-6,964 ***
ln(DTV)		0,851 ***	0,796 ***	1,037 ***	0,968 ***	0,790 ***	0,795 ***
SV		-5,211 *		-3,124 *			-2,983 *
AKD		0,026 ***	-0,397 **	0,035 ***	0,030 ***	0,029 ***	0,025 ***
Einb		-0,755 **			-0,784 ***		
FSB	< 3 m				-0,733 ***		-0,620 ***
	> 4 m				0,268 ***		0,145 *
Typ / Zuständig- keit	HVS						
	SS			0,571 ***		0,492 ***	
vzul	< 50 km/h						
	> 50 km/h	-0,528 ***	-0,397 **	-0,468 ***	-0,427 ***	-0,479 ***	-0,459 *
erklärte Varianz		100%	93%	74%	82%	74%	76%
Anpassungs- güte**	Nullmodell	1,410	1,382	3,716	3,561	3,669	3,212
	Modell	0,982	1,025	1,719	1,466	1,697	1,538

* Schätzung auf Basis der angepassten negativen Binomialverteilung; * < 0.05, ** < 0.01, *** < 0.001

Länge und Zeitraum (4 Jahre) sind als Offsetgrösse im Modell berücksichtigt

** Schätzung auf Basis der Poissonverteilung

IV.2.3 Kanton Basel-Stadt

Abb. IV.17 Unfallmodelle für Strecken im Kanton Basel-Stadt

Kt. BS (Strecken innerorts)	$U_{(G+SV+LV)}$	$U_{(SP)}$	$U_{(LV)}$	$U_{(SS)}$
Unfälle / 4a	461	128	333	594
	Stufe 1	Stufe 1	Stufe 1	Stufe 1
<i>Koeffizienten*</i>				
Konstante	-6,234 ***	-6,449 ***	-7,287 ***	-2,458 **
ln(DTV)	0,647 ***	0,531 ***	0,738 ***	0,247 *
HGNAnt	0,491 *		0,554 **	
HGN >50%		0,445 *		
tourBed	0,391 *	0,658 **		0,608 ***
TramMV	0,464 **	0,803 ***	0,316 *	0,459 **
AnzFS	< 2 FS	-0,796 *		
	> 2 FS			0,532 *
Parken	vorhanden	0,331 *	0,316 *	
	einseitig			0,623 ***
	beidseitig			0,838 ***
erklärte Varianz	67%	97%	67%	41%
Anpassungs- güte**	Nullmodell	3,625	1,711	2,847
	Modell	1,879	1,018	1,607
				2,333

* Schätzung auf Basis der angepassten negativen Binomialverteilung; * < 0.05, ** < 0.01, *** < 0.001

Länge und Zeitraum (4 Jahre) sind als Offsetgrösse im Modell berücksichtigt

** Schätzung auf Basis der Poissonverteilung

Abb. IV.18 Unfallmodelle für Knoten im Kanton Basel-Stadt

Kt. BS (Knoten innerorts)	$U_{(G+SV)}$		$U_{(LV)}$			$U_{(SS)}$		
Unfälle / 4a	77	***	230	164	129	235	235	117
	Stufe 1	Stufe 2/3	Stufe 1	Stufe 2	Stufe 3	Stufe 1	Stufe 2	Stufe 2
<i>Koeffizienten*</i>								
Konstante	-5,819 *		-8,703 ***	-12,712 ***	-10,063 ***	-7,080 ***	-7,864 **	-10,215 **
ln(DTV)	0,338 .		0,784 ***	1,196 ***		0,567 ***	0,619 *	
KMajQ					0,621 .			0,646 .
KMinQ					0,395 *			0,343 *
Kreuzung	0,793 **		0,312 .	0,495 *				
LSA						0,361 .	0,711 **	0,484 *
BesK	1,082 **		0,700 *		0,697 *	0,703 *	0,984 *	
AnzFS	< 2 FS							
	> 2 FS			-0,564 *	-0,502 .	0,731 ***	0,687 **	
WiBe						0,131 *	0,173 *	
erklärte Varianz	80%	0%	47%	53%	68%	69%	74%	34%
Anpassungs- güte**	Nullmodell	1,820	2,210	2,062	2,023	3,120	3,480	2,232
	Modell	1,161	1,644	1,501	1,328	1,652	1,650	1,808

* Schätzung auf Basis der angepassten negativen Binomialverteilung; . < 0.10, * < 0.05, ** < 0.01, *** < 0.001

Zeitraum (4 Jahre) sind als Offsetgrösse im Modell berücksichtigt

** Schätzung auf Basis der Poissonverteilung

*** zu geringe Stichprobe für Modellierung

Abb. IV.19 Unfallmodelle für Siedlungsgebiete (detailliert) im Kanton Basel-Stadt

Kt. BS (Siedlungsgebiete)	detailliert			aggregiert		
	$U_{(G+SV)}$	$U_{(LV)}$	$U_{(SS)}$	$U_{(G+SV)}$	$U_{(LV)}$	$U_{(SS)}$
Unfälle / 4a	60	174	1.136	96	291	1.592
<i>Koeffizienten*</i>						
Konstante	-1,965 ***	-0,939 *	0,540 *	-4,302 ***	-1,680 *	-0,207 n.s.
ln(NL)	0,936 ***	0,941 ***	0,924 ***	1,472 ***	1,242 ***	1,004 ***
AKD	-0,238 **	-0,200 **	-0,126 **			
BebAnt	0,030 *	0,026 .	0,026 ***	0,039 **		0,027 **
erklärte Varianz	23%	8%	49%	69%	47%	66%
Anpassungs- güte**						
Nullmodell	1,714	4,477	14,026	5,769	15,482	37,128
Modell	1,553	4,183	7,704	2,465	8,634	13,302

* Schätzung auf Basis der angepassten negativen Binomialverteilung: .<0.10, *<0.05, **<0.01, ***<0.001

Zeitraum (4 Jahre) ist als Offsetgrösse im Modell berücksichtigt

** Schätzung auf Basis der Poissonverteilung

Abkürzungen

Begriff	Bedeutung
ADMAS	Register der Administrativmassnahmen
AK	Anschlussknoten
AKD	Anschlussknotendichte
Ant30	Anteil Netzlänge mit Tempo 30
AntBeb	Anteil bebauter Fläche im Siedlungsgebiet
AntMi	Anteil der Teilabschnitte mit Mittelinseln
AnzFS	Anzahl Fahrstreifen am Querschnitt
ASTRA	Bundesamt für Strassen
aO	Ausserorts
BesNutz	Besondere punktuelle Nutzung am Strassenrand (z. B. Spital, Messe)
BFS	Bundesamt für Statistik
bfu	Beratungsstelle für Schadenverhütung
Busspur	Sonderfahrstreifen für Busse
DTV	Durchschnittlicher täglicher Verkehr
DTVverh	Verhältnis des DTV in Haupt und Nebenrichtung am Knoten
DWV	Durchschnittlicher Werktagerverkehr
Einb	Einbahnstrasse
EK	Erschliessungsknoten
EKD	Erschliessungsknotendichte
FABER	Fahrberechtigungsregister
FBB	Fahrbahnbreite
FSB	Fahrstreifenbreite
Fg	Fussgänger
FL	Fläche
FSB	Fahrstreifenbreite
Fz	Fahrzeug
Ge	Gemeindestrasse
GIS	Geografisches Informationssystem
GVM	Gesamtverkehrsmodell
HGN	Hohe geschäftliche Nutzung am Strassenrand
HGNAnt	Anteil der geschäftlichen Nutzung am Strassenrand
HLS	Hochleistungsstrasse
HLSA	Anschluss Hochleistungsstrasse
HLSKt	Kantonale Hochleistungsstrasse
HSML	Haltestelle in Mittellage
HSSL	Haltestelle in Seitenlage
Hueg	Hügeligkeit
HVS	Hauptverkehrsstrasse
iO	innerorts
Kt	Kanton
KmajQ	durchschnittlich täglicher Verkehr in der Hauptrichtung
KMinQ	durchschnittlich täglicher Verkehr in der Nebenrichtung
Kr	Kreuzung
Vf	Vorfahrtreglung über Beschilderung (keine LSA, kein KVP)
KVP	Kreisverkehr

Begriff	Bedeutung
Kurv	Kurvigkeit
L	Länge
LSA	Lichtsignalanlage
LSAkDb	LSA nicht im Dauerbetrieb
LSAKoord	LSA innerhalb einer Koordinierung
LSAÜRot	LSA mit Überwachung der Rotlichtmissachtung
MIV	Motorisierter Individualverkehr
MISTRA	Managementinformationssystem Strasse und Strassenverkehr
MOFIS	Fahrzeug- und Halterdatenregister
MT	Bauliche Mitteltrennung
MTR	Motorrad
NL	Netzlänge
NL30	Netzlänge mit Tempo 30
Pein	Einseitiges Parkieren am Strassenrand
Pbeid	Beidseitiges Parkieren am Strassenrand
ÖV	Öffentlicher Verkehr
OeVPers	Fahrgäste im ÖV pro Tag
PW	Personenwagen
Rf	Radfahrer
RFS	Radstreifen / Radfahrstreifen
RQ	Regelquerschnitt
RVS	Regionale Verbindungsstrasse
RW	Radweg
SNF	Schweres Nutzfahrzeug
SV	Schwerverkehrsanteil
ToBe	Erhöhte touristische Bedeutung
TRA	MISTRA-Fachapplikation Trasse
TramMV	Tram im Mischverkehr
TramBK	Tram auf eigenem Bahnkörper
TramH	Strassenbahnfahrzeugmenge, Tag 6-22 Uhr
U	Unfälle
U _G	Unfälle mit Getöteten
U _{SV}	Unfälle mit Schwerverletzten aber keinen Getöteten
U _{LV}	Unfälle mit Leichtverletzten aber keinen Schwerverletzten oder Getöteten
U _{SS}	Unfälle mit ausschliesslich Sachschaden
UK	Unfallkosten [CHF]
Umf	Umfang
UTG	Unfalltypengruppe
VMON	MISTRA-Fachapplikation Verkehrsmonitoring
VU	Strassenverkehrsunfall-Register
V _{zul}	Zulässige Höchstgeschwindigkeit
VUGIS	MISTRA-Fachapplikation Verkehrsunfälle – Auswertung mit GIS
WiBe	Erhöhte wirtschaftliche Bedeutung

Literaturverzeichnis

-
- [1] Bodenmann, B.R. (2012). Verkehrssicherheitsgewinne aus Erkenntnissen aus Datapooling und strukturierten Datenanalysen. Bern: ASTRA, Forschungsauftrag SVI 2011/001
-
- [2] ASTRA (2005). Via sicura; Handlungsprogramm des Bundes für mehr Sicherheit im Strassenverkehr. Bern: Bundesamt für Strassen (ASTRA)
-
- [3] Reurings, M.; Janssen, T.; Eenink, R.; Elvik, R.; Cardoso, J.; Stefan, C. (2005). Accident Prediction Models and Road safety Impact assessment: a state-of-the-art. Schlussbericht zum RIPCORDER-IPROEST-Projekt – URL: <http://ripcorder.bast.de/> (05.06.2008)
-
- [4] SNR 641 721 (2013). Strassenverkehrssicherheit; Folgeabschätzung
-
- [5] Ewert, U.; Eberling, P. (2009). Sicherheit auf Ausserortsstrassen. Bern: bfu-Report 61 der Schweizerischen Beratungsstelle für Schadenverhütung
-
- [6] Matthews, W. (2009). Unfall- und Unfallkostenraten im Strassenverkehr. Bern: Bundesamt für Strassen ASTRA
-
- [7] Hubacher, M.; Allenbach, R. (2002). Lichtsignalanlagen – Anlagenspezifische Untersuchung sicherheitsrelevanter Aspekte von vierarmigen Kreuzungen im Innerortsbereich. Bern: Schweizerische Beratungsstelle für Unfallverhütung (bfu-Report R48)
-
- [8] Greibe, P. (2003). Accident prediction models for urban roads. In: *Accid. Anal. & Prev.*, 35, S. 273-285
-
- [9] Baier, R.; Maier, R.; Aurich, A.; Klemp, A. (2007). Sicherheitsgrad von Stadtstrassen mit und ohne schienengebundenen ÖPNV. Unveröffentlichter Schlussbericht zum Forschungsprojekt des GDV. Aachen/Dresden: BSV Büro für Stadt- und Verkehrsplanung / Lehrstuhl Strassenverkehrstechnik der TU Dresden
-
- [10] SNR 641 721 (2006). Strassenverkehrssicherheit; Lokalisierung und Rangierung von Unfallschwerpunkten
-
- [11] SN 641 824 (2010). Kosten-Nutzen-Analysen im Strassenverkehr; Unfallraten und Unfallkostensätze
-
- [12] Maier, R.; Berger, R.; Schüller, H. (2013). Bewertungsmodell für die Verkehrssicherheit von Landstrassen. Bergisch Gladbach: Bundesanstalt für Strassenwesen (Berichte der BAST, Verkehrstechnik, Heft V226)
-
- [13] AASHTO American Association of State Highway and Transportation Officials (2009). Highway Safety Manual (HSM) – 1st Edition.
-
- [14] Schüller, H. (2010). Modelle zur Beschreibung des Geschwindigkeitsverhaltens auf Stadtstrassen und dessen Auswirkungen auf die Verkehrssicherheit auf Grundlage der Strassengestaltung. Dresden: Technische Universität Dresden, Fakultät Verkehrswissenschaften „Friedrich List“, (Dissertationsschrift am Lehrstuhl Strassenverkehrstechnik mit Fachbereich Theorie der Verkehrsplanung)
-
- [15] Elvik, R.; Vaa, T. (2004). The Handbook of Road Safety Measures. Oxford: ELSEVIER Ltd.
-
- [16] Pfundt, K.; Meewes, V. (1986): Verkehrserschliessung von Wohnbereichen: Umgestaltung, Neuplanung. Empfehlungen Nr. 6, Beratungsstelle für Schadenverhütung, Köln
-
- [17] Touring Club Schweiz (2002). Sicherheit in den Quartieren; Eine Informationsschrift über Strassengestaltung und Verkehrsmassnahmen.
-
- [18] Brannolte, U.; Barth, H.-B.; Schwarzmann, R.; Junkers, W.; Liu, Y.; Sigthorsson, H. ET AL. (1993): Sicherheitsbewertung von Querschnitten ausserörtlicher Strassen. Bergisch Gladbach: Bundesanstalt für Strassenwesen (Berichte der BAST, Verkehrstechnik V5)
-
- [19] Lamm, R.; Beck, A.; Zumkeller, K. (1999). Analyse von Zusammenhängen zwischen Verkehrssicherheit und Strassenentwurf auf Ausserortsstrassen. In: Strassen- und Tiefbau; Heft
-

-
- 12, S. 6 – 12
-
- [20] Leutzbach, W.; Zoellmer, J. (1989). Zusammenhang zwischen der Verkehrssicherheit und den Elementen des Strassenentwurfs. Bonn-Bad Godesberg: Bundesministerium für Verkehr (Forschung Strassenbau und Strassenverkehrstechnik, Heft 545)
-
- [21] Dietze, M.; Ebersbach, D.; Lippold, CH.; Mallschützke, K.; Gatti, G.; Wieczniensky, A. (2008). Safety Performance Function. Schlussbericht zum RIPCORDER-PROJEKT – URL: <http://ripcorder.bast.de> (05.06.2008)
-
- [22] Vieten, M.; Dohmen, R.; Dürhager, U.; Legge, K. (2010). Quantifizierung der Sicherheitswirkungen verschiedener Bau-, Gestaltungs- und Betriebsformen auf Landstrassen. Bergisch Gladbach: Bundesanstalt für Strassenwesen (Bast-Bericht V201)
-
- [23] Salvisberg, U. et al. (2004). Verkehrssicherheit in Autobahn- und Autostrassentunneln des Nationalstrassennetzes. Bern: Beratungsstelle für Umweltverhütung (Bfu-Report 51)
-
- [24] Milton, J.C.; Mannering, F.L. (1996). The relationships between highway geometrics, traffic related elements and motor vehicle accidents. Seattle: Washington State Department of Transportation in cooperation with FHWA
-
- [25] Pöppel-Decker, M.; Schepers, A.; Kossmann, I. (2003). Grundlagen streckenbezogener Unfallanalysen auf Bundesautobahnen. Bergisch Gladbach: Bundesanstalt für Strassenwesen (Berichte der BAST, Heft M153)
-
- [26] Arnold, M. (2001). Verfahren zur Wirtschaftlichkeitsuntersuchung einer befristeten Umnutzung von Standstreifen an BAB für Zwecke des fließenden Verkehrs. Schriftenreihe „Forschung Strassenbau und Strassenverkehrstechnik“, Heft 820. Bonn
-
- [27] Harwood, D. W.; Council, F. M.; Hauer, E.; Hughes, W.E.; Vogt, A. (2000). Prediction of the Expected Safety Performance of Rural Two-Lane Highways. Report No. FHWA-RD-99-207. Federal Highway Administration, Washington, D.C
-
- [28] Taylor, M. C.; Baruya, A.; Kennedy, J.V. (2002). The relationship between speed and accidents on rural single-carriageway roads. Crowthorne: Transport Research Laboratory (TRL Report 511)
-
- [29] Lippold, C. (1997). Weiterentwicklung ausgewählter Entwurfsgrundlagen von Landstrassen. Darmstadt: Fachbereich Wasser und Verkehr der TU Darmstadt (Dissertationsschrift)
-
- [30] Hasan, M.; Sayed, T.; Hassan, Y. (2005). Influence of vertical alignment on horizontal curve perception: Effect of spirals and position of vertical curve. In: Can. J. Civ. Eng., 32: 204-212.
-
- [31] Krebs, H. G.; Klöckner, H. J. (1977). Untersuchungen über Unfallraten in Abhängigkeit von Strassen- und Verkehrsbedingungen ausserhalb geschlossener Ortschaften. Bonn-Bad Godesberg: Bundesministerium für Verkehr (Forschung Strassenbau und Strassenverkehrstechnik, Heft 223)
-
- [32] Hautzinger, H.; Pfeiffer, M.; Spahn, V. (2010) Unfallauswertungen für verkehrszeichengeregelte Landstrassenkreuzungen und -einführungen. In: Z. f. Strassenverkehrssicherheit 56 (2010) Nr. 3, S 123
-
- [33] Eckstein, K.; Meewes, V. (2002) Sicherheit von Landstrassen-Knotenpunkten; Köln: Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e. V., Mitteilungen des Instituts für Strassenverkehr Köln (ISK), Heft Nr. 40
-
- [34] Allenbach, R.; Hubacher, M. (1998). Analyse von gefährlichen Kreuzungen und Einführungen mit Lichtsignalanlagen. Bern: Pilotstudie der Schweizerischen Beratungsstelle für Schadenverhütung bfu
-
- [35] Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen – FGSV (2002). Empfehlungen für das Sicherheitsaudit von Strassen. Köln: FGSV-Verlag
-
- [36] Scaramuzza, G.; Ewert, U. (1997). Sicherheitstechnische Analyse von Fussgängerstreifen, Empfehlungen zu Bau und Betrieb. Bern: bfu (bfu-Report 33)
-

-
- El-Basyouny, K.; Sayed, T. (2009). Urban Arterial Accident Prediction Models with Spatial Effects; In: Transportation Research Record, No. 2102, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D. C., Seiten 27-33
-
- Füsser, K.; Jacobs, A.; Steinbrecher, J. (1993). Sicherheitsbewertung von Querungshilfen für den Fussgängerverkehr. Bergisch-Gladbach: Bundesanstalt für Strassenwesen (Verkehrstechnik Heft V4)
-
- Alrutz, D.; Bohle, W.; Müller, H.; Pralow, H.; Hacke, U., Lohmann, G. (2009). Unfallrisiko und Regelakzeptanz von Radfahrern. Bergisch-Gladbach: Bundesanstalt für Strassenwesen (Verkehrstechnik Heft V184)
-
- Böttcher, M.; Otta, K. (2006) Untersuchung der Konflikte zwischen Fahrgästen und Radfahrern an Haltestellen des ÖPNV auf der Basis von Unfalldaten. Dresden: Studienarbeit am Lehrstuhl für Strassenverkehrstechnik der TU Dresden
-
- Baier, R.; Maier, R.; Aurich, A.; Klemps, A. (2007). Sicherheitsgrade von Stadtstrassen mit und ohne schienenengebundenen ÖPNV; Aachen: Schlussbericht des Forschungsprojekts im Auftrag des Gesamtverbands der Versicherungswirtschaft e.V. (unveröffentlicht)
-
- Schüller, H.; Schäfer, K.-H. (2007). Sicherheitspotenziale von unterschiedlichen Haltestellenformen. Strassenverkehrstechnik Heft 9/2007 und Heft 10/2007, S.468-473 und S.528-534. 2007
-
- Bonneson, J. A., K. Zimmerman, and K. Fitzpatrick (2005). Roadway Safety Design 2802 Synthesis. Report No. FHWA/TX-05/0-4703--1, Texas Department of 2803 Transportation, November
-
- Aurich, A. (2012). Modell zur Beschreibung der Verkehrssicherheit innörtlicher Hauptverkehrsstrassennetze unter besonderer Berücksichtigung der Umfeldnutzung. Dresden: Lehrstuhl für Strassenverkehrstechnik der TU Dresden (Dissertationsschrift)
-
- Dohmen, R.; Vieten, M.; Kestin, T.; Dürhager, U.; Funke-Akbiyik, R. (2011). Bewertung von Ortsumgehungen aus Sicht der Verkehrssicherheit. Bergisch Gladbach: Bundesanstalt für Strassenwesen (BAST-Bericht V203)
-
- Bondzio, L.; Ortlepp, J.; Scheit, M.; Voss, H.; Weinert, R. (2012). Verkehrssicherheit innerörtlicher Kreisverkehre. Berlin: Unfallforscher der Versicherer des GDV (Forschungsbericht VI 05)
-
- Lindenmann, H.P.; Spacek, P.; Leeman, N.; Belopitov, I.; Shojaati, M.; Brilon, W.; Geppert, A. (2009). Leistungsfähigkeit zweistreifiger Kreisel. Schlussbericht zum Forschungsauftrag VSS 2005/301
-
- Bühlmann, F., Spacek, P. (1997). Unfallgeschehen und Geometrie der Kreiselanlagen, VSS Forschungsauftrag 17/93 , Zürich
-
- Meewes, V.; Kuler, H. (2001): Abstand von Bäumen zum Fahrbahnrand. Köln: Institut für Strassenverkehr Köln ISK (Mitteilung Nr. 39)
-
- Ortlepp, J: Unfallforschung Kommunal Nr. 5 - Zebrastreifen. Berlin: Unfallforscher der Versicherer – UDV
-
- Webster, D.C.; Mackie, A.M. (1996). Review of traffic calming schemes in 20mph zones. Crowthorne: Transportation Research Laboratory, 1996 (TRL Report 215)
-
- Meewes, V. (1989). Geschwindigkeiten in Erschliessungsstrassen: Möglichkeiten der Dimensionierung. In: Strassenverkehrstechnik, 33 (2), S. 48-58
-
- Gan, A.; Shen, J.; Rodriguez, A. (2005). Update of Florida Crash Reduction Factors and Countermeasures to improve the Development of District Safety Improvement Projects. Miami, Florida: Lehman Center for Transportation Research
-
- Carlson, P.J.; Park, E.S.; Aandersen, C.K. (2009). The Benefits of pavement markings: A renewed perspective based on recent and ongoing research. (Paper No. 09-0488) Washington, D.C.: TRB 88th Annual Meeting
-

-
- [55] Gates, T. J.; Hawkins, H. G. (2002). The use of wider longitudinal pavement markings. College Station, Texas: Texas Transportation Institute (Research Report 0024-1)
-
- [56] Russel, H.R.; Rys, M.J. (2005). Centerline Rumble Strips – A synthesis of highway practice. Washington D.C.: Transportation Research Board
-
- [57] Brühning, E. (1999). Mehr Sicherheit durch Fahrbahnmarkierung. In: Fahrbahnmarkierungen – FGSV-Kolloquium am 28. und 29. Mai 1998 in Darmstadt., S. 28-32 (Tagungsband der FGSV)
-
- [58] Pfaffert, I.; Huguenin, R.D. (1994). Adaption nach Einführung von Sicherheitsmassnahmen In: Z. f. Verkehrssicherheit, 2, S. 71-83
-
- [59] Wolf, S. (2006). Untersuchung der Verkehrsunsicherheit von Radfahrern hinsichtlich Einbiegen-/Kreuzen-Unfällen an Knotenpunkten am Beispiel der Stadt Dresden. Dresden: Diplomarbeit am Lehrstuhl für Strassenverkehrstechnik der TU Dresden
-
- [60] Goth, A. (2005). Untersuchung der Verkehrsunsicherheit von Radfahrern infolge abbiegender Fahrzeuge unter besonderer Berücksichtigung des Schwerverkehrs an Knotenpunkten. Dresden: Diplomarbeit am Lehrstuhl für Strassenverkehrstechnik der TU Dresden. 2005
-
- [61] VTT Communities & Infrastructure (1998). MASTER: Managing Speeds of Traffic on European Roads. VTT Finland (Final Report des MASTER Projektes; European Commission under the Transport RTD Programme of the 4th Framework Programme)
-
- [62] Transportation Research Board - TRB, Committee for Guidance on Setting and Enforcing Speed Limits (1998). Managing Speed: Review of Current Practice of Setting and Enforcing Speed Limits. Washington, D.C: National Academy Press
-
- [63] Kloeden, C.N.; Woolley, J.E.; McLean, A.J. (2004). Evaluation of South Australian default 50 km/h speed limit. Adelaide: The University of Adelaide, Centre for Automotive Safety Research
-
- [64] Lindenmann, H.P.; Koy, T. (2000). Beurteilung der Auswirkungen von Zonensignalisation (Tempo 30) in Wohngebieten auf die Verkehrssicherheit. Zürich: ETH, Institut für Verkehrsplanung, Transporttechnik, Strassen- und Eisenbahnbau
-
- [65] Siegner, W.; Träger, K.; Martin, K.; Beck, T. (2000). Unfallgeschehen im Bereich von Streckenbeeinflussungsanlagen unter besonderer Berücksichtigung der Verkehrsbelastung. Bonn: Bundesministerium für Verkehr (Forschung Strassenbau und Strassenverkehrstechnik, Heft 787)
-
- [66] Pischner, T.; Hangleiter, S.; Lambacher, U.; et al. (2003). Ermittlung und Bewertung der Nutzenkomponenten von Streckenbeeinflussungsanlagen im Hinblick auf den Verkehrsablauf. Bonn: Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, Abteilung Strassenbau, Strassenverkehr, 2003 (Forschung Strassenbau und Strassenverkehrstechnik Heft 866)
-
- [67] Department for Transport (2006). Economic Assessment of Road Schemes, The COBA Manual: Part 2 The Valuation of Costs and Benefits. London
-
- [68] Eckstein, K.; Meewes, V. (2002). Sicherheit von Landstrassenknotenpunkten, Knotenpunktgrundformen, Verkehrsregelung, Zufahrten. Köln: Mitteilungen des ISK Nr. 40
-
- [69] Spahn, V. (2009). Ist der Kreisverkehr sicherer als die Lichtsignalanlage. In: Strassenverkehrstechnik, 53 (5).
-
- [70] Frost, U.; Schulze, W. (2008). Nutzen und Kosten nicht vollständiger Signalisierung unter besonderer Beachtung der Verkehrssicherheit. Bergisch-Gladbach: Bundesanstalt für Strassenwesen (Verkehrstechnik Heft V168).
-
- [71] Viner, H. E.; Sinhal, R.; Parry, A. R. (2008). Link-ing Road Traffic Accidents With Skid Resistance – Recent UK Developments. In: International Conference on Surface Friction of Roads and Runways. Christchurch, New Zealand
-
- [72] Davies, R. B.; Cenek, P. D.; Henderson, R. J. (2008). The Effect of Skid Resistance and Texture on Crash Risk. In: International conference on Surface Friction of Roads and Run-
-

-
- ways. Christ-church, New Zealand
-
- [73] Dumont, A.G.; Arnaud, L.; Cheneviere, PH. (2006). Griffigkeitsbedarf von Strassenbelägen. Lausanne: EPFL (Forschungsarbeit des UVEK/ASTRA)
-
- [74] Mayora, J. M. P.; Pina, R. J. (2009). An assessment of the skid resistance effect on traffic safety under wet-pavement conditions. In: Accident Analysis and Prevention, 41 (2009), S. 881-886
-
- [75] Lindenmann, H. P. (2006). New findings regarding the significance of pavement skid resistance for road safety on Swiss freeways. In: Accident Analysis and Prevention, 37 (2006), S. 395-400
-
- [76] Teekman, E. (2011). The determination of the relationship between friction and traffic accidents. Hasselt: University of Hasselt (Dissertationsschrift)
-
- [77] Graves, S.; Rochowiak, D. (2005). Mining and analysis of traffic safety and roadway condition data. Alabama: UTCA (UTCA report 04310)
-
- [78] Ihs, A.; Gustafsson, M; Eriksson, O. et al. (2011). Road user effect models – the influence of rut depth on traffic safety. Linköping: VTI and Finnish Transport Agency
-
- [79] Christensen, P.; Rognoy, A. (2006). The condition of the road surface and safety. Oslo: Institute of Transport Economics.
-
- [80] Bester, C. J. (2003). The effect of road roughness on safety. In: TRB 2003 Annual Meeting
-
- [81] Lord, D; Manar, A.; Vizioli, A. (2005). Modeling crash-flow-density and crash-flow-V/C ratio relationships for rural and urban freeway segments. In: Accid. Anal. & Prev., 37, S. 185-199
-
- [82] Bindra, S.; Ivan, J. N.; Jonsson, T. (2009): Predicting Segment-Intersection Crashes with Land Development Data; In: Transportation Research Record, No. 2102, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D. C., Seiten 9-17
-
- [83] Körner, M. (2007). Ansätze für ein differenziertes Berechnungsverfahren zur Knotenpunktsicherheit. Dresden: Diplomarbeit am Lehrstuhl für Strassenverkehrstechnik der TU Dresden
-
- [84] Wang, X.; Abdel-Aty, M.; Almonte, A. M.; Darwiche, A. L. (2009): Incorporating Traffic Operation Measures in Safety Analysis at Signalized Intersections; In: Transportation Research Record, No. 2103, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D. C., Seiten 98-107
-
- [85] Hauer, E.; Council, F. M.; Mohammedshah, Y. (2004): Safety Models for Urban Four-Lane Undivided Segments; In: Transportation Research Record, No. 1897, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D. C., Seiten 96-105
-
- [86] Lyon, C.; Persaud, B. N. (2002): Pedestrian Collision Models for Urban Intersections; In: Transportation Research Record, No. 1818, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D. C., Seiten 89-93
-
- [87] Shala, F.; Shalaby, A. S.; Persaud, B. N.; Hadayeghi, A. (2009): Analysis of Transit Safety at Signalized Intersections in Toronto, Ontario, Canada; In: Transportation Research Record, No. 2102, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D. C., Seiten 108-114
-
- [88] Monse, A. (2008): Untersuchung der Zusammenhänge zwischen Randnutzung, Sicherheit und nicht motorisiertem Verkehr im städtischen Hauptverkehrsstrassennetz; Dresden: Studienarbeit an der Professur Strassenverkehrstechnik der TU Dresden
-
- [89] Summersgill, I; Layfield, R. E. (1996a): Non-junction accidents on urban single-carriageway roads; Crowthorne: Transportation Research Laboratory, TRL Report 183
-
- [90] Alrutz, D.; Bohle, W. (1999). Flächenansprüche von Fussgängern. Bergisch Gladbach: Bundesanstalt für Strassenwesen (Reihe Verkehrstechnik, V71)
-
- [91] Taylor, M.C.; Lynam, D.A.; Baruya, A. (2000). The effects of drivers' speed on the frequency of road accidents. Crowthorne: Transport Research Laboratory (TRL Report 421)
-

-
- [92] Aarts, L.; Schagen, I. van (2006). Driving Speed and the risk of road crashes. In: *Accid. Anal. & Prev.*, 38 (2), S. 215-224
-
- [93] Elvik, R.; Christensen, P.; Amundsen, A. (2004). Speed and road accidents: An evaluation of the Power Model. Oslo: Institute of Transport Economics (TOI report 740/2004)
-
- [94] Dijkstra, A. et al. (2010). Do Calculated Conflicts in Microsimulation Model Predict Number of Crashes? In: *Transportation Research Record No. 2147*. Washington, D.C.: TRB
-
- [95] Federal Highway Administration FHWA (2008). Surrogate Safety Assessment Model and Validation: Final Report. McLean, VA: Turner-Fairbank Highway Research Center
-
- [96] Seeck, A.; Schmidt, E.A. (2012) Naturalistische Fahrverhaltensbeobachtungen - ein neues Instrument der Unfallforschung? Baden-Baden: Vortrag der BAST zum ADAC/BAST-Symposium "Sicher Fahren in Europa"
-
- [97] Sawalha, Z.; Sayed, T. (2001): Evaluating Safety of Urban Arterial Roadways; In: *Journal of Transportation Engineering*, Vol. 127, No. 2, Seiten 151-158
-
- [98] Lindenmann, H.P.; Leemann, N.; Doerfel, M. (2011). Grundlagen zur Quantifizierung der Auswirkungen von Sicherheitsdefiziten. Zürich: Forschungsauftrag des VSS 2005/302
-
- [99] Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen – FGSV (2002). Empfehlungen für das Sicherheitsaudit von Strassen, ESAS. Köln: FGSV-Verlag
-
- [100] Fischer, L.; Brannolte U. (2006). Sicherheitsbewertung von Massnahmen zur Trennung des Gegenverkehrs in Arbeitsstellen. Bergisch Gladbach: Bundesanstalt für Strassenwesen (Berichte der Bast, Heft V142)
-
- [101] Freeman, M.; Mitchell, J.; Coe, G.A. (2004). Safety performance of traffic management at major motorway road works. *Transportation Research Laboratory* (TRL Report TRL 595)
-
- [102] Spacek, P.; Heil, C.; Leemann, N. (2008). Verkehrssicherheit an Tagesbaustellen und bei Anschlüssen im Baustellenbereich von Hochleistungsstrassen. Zürich: Forschungsauftrag VSS 2005/303
-
- [103] Lord, D., Mannering, F. (2010). The statistical analysis of crash-frequency data: A review and assessment of methodological alternatives. *Transportation Research Part A* 44(5), 291-305
-
- [104] Robatsch, L.; Nussbaumer, C. (2005). Sicherheitsvergleich von Tunnels. Wien: Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (Heft 552)
-
- [105] Zulauf, Ch.; Locher, P.; Steinauer, B.; Mayer, G.; Zimmermann, U.; Baltzer, W. et al. (2007). Bewertung der Sicherheit von Strassentunneln. Bundesanstalt für Strassenwesen BAST, Schlussbericht zum FE 03.0378/2004/FRB
-
- [106] IHS, A. (2004). The influence of road surface condition on traffic safety and ride comfort. In: 6th International Conference on Managing Pavements, TRB
-
- [107] Sommer, H.; Lieb, Chr.; van Riewkoop, R.; Maibach, M.; Schreyer, Chr.; Sutter, D. et al. (2008). Externe Kosten des Verkehrs in der Schweiz, Aktualisierung für das Jahr 2005 mit Bandbreiten, Schlussbericht. Bern: ARE, Bundesamt für Raumentwicklung; BAFU, Bundesamt für Umwelt
-

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

Version vom 09.10.2013

Formular Nr. 3: Projektabschluss

erstellt / geändert am: 14.02.2014

Grunddaten

Projekt-Nr.: SVI 2012/03
Projekttitel: Forschungspaket VeSPA, Teilprojekt 2: Einflüsse von Situation und Infrastruktur auf das Strassenunfallgeschehen
Enddatum: 28.02.2014

Texte

Zusammenfassung der Projektergebnisse:

Es wurden Daten aus verschiedenen Quellen der Strasseneigentümer, der Polizei und anderen Institutionen auf Kantonsebene ermittelt. Es zeigte sich ein stark heterogenes Bild hinsichtlich Datenverfügbarkeit, Umfang an vorgehaltenen Datensätzen, Datenformat, Metadaten, Datenaufbereitung und Datenspeicherung. Die Art der dort praktizierten Datenaufbereitung genügt in vielen Fällen nicht den Ansprüchen der Unfallanalyse, da andere Ziele wie z. B. die Unterstützung des Erhaltungsmanagements verfolgt wurden. Eine aufwändige Nachbearbeitung war aus diesem Grund notwendig. Als Ergebnis der Datenaufbereitung wurden potenziell relevante Daten in einem Analysenetz zusammengeführt. Hinweise und Erfahrungen zum Aufbau der Analysenetze für die Kantone Basel-Stadt, Bern und Zürich wurden ausführlich dokumentiert. Weiterführende Hinweise finden sich im Datenqualitätsbericht dieses Forschungspakets.

Die Datenaufbereitung wurde durch die Netzeinteilung in homogene Bereiche hinsichtlich der Infrastrukturcharakteristik komplettiert. Es wurden separate Analysedatensätze für Innerorts und Ausserorts, Strecken und Knoten sowie verkehrsorientierte und siedlungsorientierte Netze aufbereitet.

Trotz der Berücksichtigung eines vergleichsweise geringen Anteils der potenziell sicherheitsrelevanten Infrastrukturattribute war dennoch die Beschreibung von Sicherheitslevels unterschiedlicher Netzbereiche und Strassentypen möglich. Es wurden einfache Safety Performance Functions (Unfalldichte- und Unfallkostendichtefunktionen über den DTV) sowie komplexere Unfallmodelle inklusive weiterer, signifikanter Infrastrukturattribute bereitgestellt. Eine abschliessende Bewertung von Risikofaktoren der Infrastruktur und Situationen hinsichtlich ihres kausalen Einflusses auf die Verkehrssicherheit ist aktuell nicht möglich. Es wurden aber verschiedene signifikante Zusammenhänge von DTV, ÖV-Verkehrsaufkommen, (Netz-)Länge, Randnutzung, Anzahl Zufahrten und Verkehrsregelung am Knoten, Kurvigkeit, Hügeligkeit (Längsneigung), Anzahl Fahrstreifen, Anschlussknotendichte sowie Parkieren am Strassenrand und dem Unfallgeschehen ermittelt.



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

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

Zielerreichung:

Die Ziele der Phase 1 betrafen die Identifizierung möglicher Datenquellen für Informationen zu Infrastruktur und Verkehr, deren Aufbereitung und Zusammenführung auf einem Analysenetze sowie die Quantifizierung von Einflüssen der Infrastruktur und Situation auf das Unfallgeschehen. Aufgrund der eingeschränkten Datenlage in MISTRA sowie der heterogenen Datenlage bei den Kantonen war die Datenbeschaffung und Datenaufbereitung sehr aufwändig. Es wurden für die drei Kantone Basel-Stadt, Bern und Zürich Analysenetze unter Berücksichtigung des kompletten Strassennetzes erstellt (Teilziel erreicht). Auf Basis der Analysedatensätze wurde multivariate Analysen durchgeführt und zahlreiche Unfallmodelle entwickelt. Offen ist noch die Analyse der Knoten im Kanton Bern sowie detaillierte Analysen zu ausgewählten Themen (z. B. Fussgängerstreifen). Hierfür steht aber jetzt eine umfangreiche Datengrundlage zur Verfügung (Teilziel weitestgehend erreicht).

Folgerungen und Empfehlungen:

In Phase 1 wurden umfangreiche Datengrundlagen für Unfallanalysen bereitgestellt. Diese sind einerseits noch nicht vollumfänglich ausgewertet und andererseits stehen der Forschungsstelle weitere Datensätze zur Verfügung, welche vglw. einfach in die bestehenden Analysenetze integriert und ausgewertet werden könnten. Somit ist es möglich spezifische Fragestellungen zur Infrastruktursicherheit (z. B. ausgewählter Gestaltungselemente) immer unter Berücksichtigung der anliegenden Strassenraumsituation zu analysieren. Praktische Fragestellungen zu Sicherheitsmassnahmen sowie zur Abwägung unterschiedlicher Einflussfelder der Sicherheitsarbeit (Themen der anderen Teilprojekte) hinsichtlich ihres Nutzens für die Reduzierung von Zahl und Schwere von Unfällen sollten auf Basis der nun zur Verfügung stehenden Datengrundlagen (TP1, 3, 4 & 5) weiter analysiert werden. Es wird empfohlen die theoretischen Erklärungsmodelle aus TP1 und TP2 zusammenzuführen und auch die restlichen Themenbereiche (TP3 und 4) dort zu integrieren. Über die Einzelunfälle können die Daten aus allen Teilprojekten harmonisiert und für übergreifende Analysen genutzt werden. Ausgehend von dieser Datenbasis sollten dann Massnahmenansätze aus den Bereichen Verhalten, Infrastruktur, Verkehrsmanagement, Fahrzeugtechnik und Gesetzgebung/Überwachung/Sanktionierung bewertet werden.

Publikationen:

-

Der Projektleiter/die Projektleiterin:

Name: Schüller

Vorname: Hagen

Amt, Firma, Institut: PTV Transport Consult GmbH

Unterschrift des Projektleiters/der Projektleiterin:

Hagen Schüller



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

Formular Nr. 3: Projektabschluss

Beurteilung der Begleitkommission:

Beurteilung:

Der Forschungsgestelle ist es in einem ersten, sehr aufwändigen Schritt gelungen, die Infrastrukturdaten für ausgewählte Kantone auf ein Analysenetz zu bringen. Da dieser erste Schritt sehr viel Zeit beanspruchte, war die Zeit für die Modellierung knapp. Nichtsdestotrotz konnte die Forschungsstelle erste spannende Modelle schätzen. So konnte sie zum Beispiel belegen, dass der Zusammenhang zwischen Verkehrsaufkommen und Unfallgeschehen nicht linear ist.

Umsetzung:

Die Forschungsstelle überzeugte die BK insbesondere mit ihrem breiten Fachwissen und der Beharrlichkeit bei der Aufbereitung der Daten. Die Fokussierung der Forschungsstelle auf eine Person führte aber zu Verzögerungen bei der Abgabe von Inputs.

weitergehender Forschungsbedarf:

Fortführung in Phase 2

Einfluss auf Normenwerk:

-

Der Präsident/die Präsidentin der Begleitkommission:

Name: Simma

Vorname: Anja

Amt, Firma, Institut: Bundesamt für Strassen ASTRA, Abteilung Strassenverkehr

Unterschrift des Präsidenten/der Präsidentin der Begleitkommission:

Anja Simma

Anja Si

Verzeichnis der Berichte der Forschung im Strassenwesen

Stand: 31.10.2013

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
1422	ASTRA 2011/006_OBF	Fracture processes and in-situ fracture observations in Gipskeuper	2013
1421	VSS 2009/901	Experimenteller Nachweis des vorgeschlagenen Raum- und Topologiemodells für die VM-Anwendungen in der Schweiz (MDATrafo)	2013
1420	SVI 2008/003	Projektierungsfreiräume bei Strassen und Plätzen	2013
1419	VSS 2001/452	Stabilität der Polymere beim Heisseinbau von PmB-haltigen Strassenbelägen	2013
1416	FGU 2010/001	Sulfatwiderstand von Beton: verbessertes Verfahren basierend auf der Prüfung nach SIA 262/1, Anhang D	2013
1415	VSS 2010/A01	Wissenslücken im Infrastrukturmanagementprozess "Strasse" im Siedlungsgebiet	2013
1414	VSS 2010/201	Passive Sicherheit von Tragkonstruktionen der Strassenausstattung	2013
1413	SVI 2009/003	Güterverkehrsintensive Branchen und Güterverkehrsströme in der Schweiz Forschungspaket UVEK/ASTRA Strategien zum wesensgerechten Einsatz der Verkehrsmittel im Güterverkehr der Schweiz Teilprojekt B1	2013
1412	ASTRA 2010/020	Werkzeug zur aktuellen Gangliniennorm	2013
1411	VSS 2009/902	Verkehrstelematik für die Unterstützung des Verkehrsmanagements in ausserordentlichen Lagen	2013
1410	VSS 2010/202_OBF	Reduktion von Unfallfolgen bei Bränden in Strassentunneln durch Abschnittsbildung	2013
1409	ASTRA 2010/017_OBF	Regelung der Luftströmung in Strassentunneln im Brandfall	2013
1408	VSS 2000/434	Viellissement thermique des enrobés bitumineux en laboratoire	2012
1407	ASTRA 2006/014	Fusion des indicateurs de sécurité routière : FUSAIN	2012
1406	ASTRA 2004/015	Amélioration du modèle de comportement individuel du Conducteur pour évaluer la sécurité d'un flux de trafic par simulation	2012
1405	ASTRA 2010/009	Potential von Photovoltaik an Schallschutzmassnahmen entlang der Nationalstrassen	2012
1404	VSS 2009/707	Validierung der Kosten-Nutzen-Bewertung von Fahrbahn-Erhaltungsmassnahmen	2012
1403	SVI 2007/018	Vernetzung von HLS- und HVS-Steuerungen	2012
1402	VSS 2008/403	Witterungsbeständigkeit und Durchdrückverhalten von Geokunststoffen	2012
1401	SVI 2006/003	Akzeptanz von Verkehrsmanagementmassnahmen-Vorstudie	2012
1400	VSS 2009/601	Begrünte Stützgitterböschungssysteme	2012
1399	VSS 2011/901	Erhöhung der Verkehrssicherheit durch Incentivierung	2012
1398	ASTRA 2010/019	Environmental Footprint of Heavy Vehicles Phase III: Comparison of Footprint and Heavy Vehicle Fee (LSVA) Criteria	2012
1397	FGU 2008/003_OBF	Brandschutz im Tunnel: Schutzziele und Brandbemessung Phase 1: Stand der Technik	2012
1396	VSS 1999/128	Einfluss des Umhüllungsgrades der Mineralstoffe auf die mechanischen Eigenschaften von Mischgut	2012
1395	FGU 2009/003	KarstALEA: Wegleitung zur Prognose von karstspezifischen Gefahren	2012

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
		ren im Untertagbau	
1394	VSS 2010/102	Grundlagen Betriebskonzepte	2012
1393	VSS 2010/702	Aktualisierung SN 640 907, Kostengrundlage im Erhaltungsmanagement	2012
1392	ASTRA 2008/008_009	FEHRL Institutes WIM Initiative (Fiwi)	2012
1391	ASTRA 2011/003	Leitbild ITS-CH Landverkehr 2025/30	2012
1390	FGU 2008/004_OBF	Einfluss der Grundwasserströmung auf das Quellverhalten des Gipskeupers im Belchentunnel	2012
1389	FGU 2003/002	Long Term Behaviour of the Swiss National Road Tunnels	2012
1388	SVI 2007/022	Möglichkeiten und Grenzen von elektronischen Busspuren	2012
1387	VSS 2010/205_OBF	Ablage der Prozessdaten bei Tunnel-Prozessleitsystemen	2012
1386	VSS 2006/204	Schallreflexionen an Kunstbauten im Strassenbereich	2012
1385	VSS 2004/703	Bases pour la révision des normes sur la mesure et l'évaluation de la planéité des chaussées	2012
1384	VSS 1999/249	Konzeptuelle Schnittstellen zwischen der Basisdatenbank und EMF-, EMK- und EMT-DB	2012
1383	FGU 2008/005	Einfluss der Grundwasserströmung auf das Quellverhalten des Gipskeupers im Chienbergtunnel	2012
1382	VSS 2001/504	Optimierung der statischen Eindringtiefe zur Beurteilung von harten Gussasphaltsorten	2012
1381	SVI 2004/055	Nutzen von Reisezeiteinsparungen im Personenverkehr	2012
1380	ASTRA 2007/009	Wirkungsweise und Potential von kombinierter Mobilität	2012
1379	VSS 2010/206_OBF	Harmonisierung der Abläufe und Benutzeroberflächen bei Tunnel-Prozessleitsystemen	2012
1378	SVI 2004/053	Mehr Sicherheit dank Kernfahrbahnen?	2012
1377	VSS 2009/302	Verkehrssicherheitsbeurteilung bestehender Verkehrsanlagen (Road Safety Inspection)	2012
1376	ASTRA 2011/008_004	Erfahrungen im Schweizer Betonbrückenbau	2012
1375	VSS 2008/304	Dynamische Signalisierungen auf Hauptverkehrsstrassen	2012
1374	FGU 2004/003	Entwicklung eines zerstörungsfreien Prüfverfahrens für Schweissnähte von KDB	2012
1373	VSS 2008/204	Vereinheitlichung der Tunnelbeleuchtung	2012
1372	SVI 2011/001	Verkehrssicherheitsgewinne aus Erkenntnissen aus Datapooling und strukturierten Datenanalysen	2012
1371	ASTRA 2008/017	Potenzial von Fahrgemeinschaften	2011
1370	VSS 2008/404	Dauerhaftigkeit von Betonfahrbahnen aus Betongranulat	2011
1369	VSS 2003/204	Rétention et traitement des eaux de chaussée	2012
1368	FGU 2008/002	Soll sich der Mensch dem Tunnel anpassen oder der Tunnel dem Menschen?	2011
1367	VSS 2005/801	Grundlagen betreffend Projektierung, Bau und Nachhaltigkeit von Anschlussgleisen	2011
1366	VSS 2005/702	Überprüfung des Bewertungshintergrundes zur Beurteilung der Strassengriffigkeit	2010
1365	SVI 2004/014	Neue Erkenntnisse zum Mobilitätsverhalten dank Data Mining?	2011
1364	SVI 2009/004	Regulierung des Güterverkehrs Auswirkungen auf die Transportwirtschaft Forschungspaket UVEK/ASTRA Strategien zum wesensgerechten Einsatz der Verkehrsmittel im Güterverkehr der Schweiz TP D	2012
1363	VSS 2007/905	Verkehrsprognosen mit Online -Daten	2011
1362	SVI 2004/012	Aktivitätenorientierte Analyse des Neuverkehrs	2012

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
1361	SVI 2004/043	Innovative Ansätze der Parkraumbewirtschaftung	2012
1360	VSS 2010/203	Akustische Führung im Strassentunnel	2012
1359	SVI 2004/003	Wissens- und Technologietransfer im Verkehrsbereich	2012
1358	SVI 2004/079	Verkehrsanbindung von Freizeitanlagen	2012
1357	SVI 2007/007	Unaufmerksamkeit und Ablenkung: Was macht der Mensch am Steuer?	2012
1356	SVI 2007/014	Kooperation an Bahnhöfen und Haltestellen	2011
1355	FGU 2007/002	Prüfung des Sulfatwiderstandes von Beton nach SIA 262/1, Anhang D: Anwendbarkeit und Relevanz für die Praxis	2011
1354	VSS 2003/203	Anordnung, Gestaltung und Ausführung von Treppen, Rampen und Treppenwegen	2011
1353	VSS 2000/368	Grundlagen für den Fussverkehr	2011
1352	VSS 2008/302	Fussgängerstreifen (Grundlagen)	2011
1351	ASTRA 2009/001	Development of a best practice methodology for risk assessment in road tunnels	2011
1350	VSS 2007/904	IT-Security im Bereich Verkehrstelematik	2011
1349	VSS 2003/205	In-Situ-Abflussversuche zur Untersuchung der Entwässerung von Autobahnen	2011
1348	VSS 2008/801	Sicherheit bei Parallelführung und Zusammentreffen von Strassen mit der Schiene	2011
1347	VSS 2000/455	Leistungsfähigkeit von Parkieranlagen	2010
1346	ASTRA 2007/004	Quantifizierung von Leckagen in Abluftkanälen bei Strassentunneln mit konzentrierter Rauchabsaugung	2010
1345	SVI 2004/039	Einsatzbereiche verschiedener Verkehrsmittel in Agglomerationen	2011
1344	VSS 2009/709	Initialprojekt für das Forschungspaket "Nutzensteigerung für die Anwender des SIS"	2011
1343	VSS 2009/903	Basistechnologien für die intermodale Nutzungserfassung im Personenverkehr	2011
1342	FGU 2005/003	Untersuchungen zur Frostkörperbildung und Frosthebung beim Gefrierverfahren	2010
1341	FGU 2007/005	Design aids for the planning of TBM drives in squeezing ground	2011
1340	SVI 2004/051	Aggressionen im Verkehr	2011
1339	SVI 2005/001	Widerstandsfunktionen für Innerorts-Strassenabschnitte ausserhalb des Einflussbereiches von Knoten	2010
1338	VSS 2006/902	Wirkungsmodelle für fahrzeugseitige Einrichtungen zur Steigerung der Verkehrssicherheit	2009
1337	ASTRA 2006/015	Development of urban network travel time estimation methodology	2011
1336	ASTRA 2007/006	SPIN-ALP: Scanning the Potential of Intermodal Transport on Alpine Corridors	2010
1335	VSS 2007/502	Stripping bei lärmmindernden Deckschichten unter Überrollbeanspruchung im Labormassstab	2011
1334	ASTRA 2009/009	Was treibt uns an? Antriebe und Treibstoffe für die Mobilität von Morgen	2011
1333	SVI 2007/001	Standards für die Mobilitätsversorgung im peripheren Raum	2011
1332	VSS 2006/905	Standardisierte Verkehrsdaten für das verkehrsträgerübergreifende Verkehrsmanagement	2011
1331	VSS 2005/501	Rückrechnung im Strassenbau	2011
1330	FGU 2008/006	Energiegewinnung aus städtischen Tunneln: Systemevaluation	2010
1329	SVI 2004/073	Alternativen zu Fussgängerstreifen in Tempo-30-Zonen	2010
1328	VSS 2005/302	Grundlagen zur Quantifizierung der Auswirkungen von Sicherheitsdefiziten	2011
1327	VSS 2006/601	Vorhersage von Frost und Nebel für Strassen	2010
1326	VSS 2006/207	Erfolgskontrolle Fahrzeugrückhaltesysteme	2011

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
1325	SVI 2000/557	Indices caractéristiques d'une cité-vélo. Méthode d'évaluation des politiques cyclables en 8 indices pour les petites et moyennes communes.	2010
1324	VSS 2004/702	Eigenheiten und Konsequenzen für die Erhaltung der Strassenverkehrsanlagen im überbauten Gebiet	2009
1323	VSS 2008/205	Ereignisdetektion im Strassentunnel	2011
1322	SVI 2005/007	Zeitwerte im Personenverkehr: Wahrnehmungs- und Distanzabhängigkeit	2008
1321	VSS 2008/501	Validation de l'oedomètre CRS sur des échantillons intacts	2010
1320	VSS 2007/303	Funktionale Anforderungen an Verkehrserfassungssysteme im Zusammenhang mit Lichtsignalanlagen	2010
1319	VSS 2000/467	Auswirkungen von Verkehrsberuhigungsmassnahmen auf die Lärmimmissionen	2010
1318	FGU 2006/001	Langzeitversuche an anhydritführenden Gesteinen	2010
1317	VSS 2000/469	Geometrisches Normalprofil für alle Fahrzeugtypen	2010
1316	VSS 2001/701	Objektorientierte Modellierung von Strasseninformationen	2010
1315	VSS 2006/904	Abstimmung zwischen individueller Verkehrsinformation und Verkehrsmanagement	2010
1314	VSS 2005/203	Datenbank für Verkehrsaufkommensraten	2008
1313	VSS 2001/201	Kosten-/Nutzenbetrachtung von Strassenentwässerungssystemen, Ökobilanzierung	2010
1312	SVI 2004/006	Der Verkehr aus Sicht der Kinder: Schulwege von Primarschulkindern in der Schweiz	2010
1311	VSS 2000/543	VIABILITE DES PROJETS ET DES INSTALLATIONS ANNEXES	2010
1310	ASTRA 2007/002	Beeinflussung der Luftströmung in Strassentunneln im Brandfall	2010
1309	VSS 2008/303	Verkehrsregelungssysteme - Modernisierung von Lichtsignalanlagen	2010
1308	VSS 2008/201	Hindernisfreier Verkehrsraum - Anforderungen aus Sicht von Menschen mit Behinderung	2010
1307	ASTRA 2006/002	Entwicklung optimaler Mischgüter und Auswahl geeigneter Bindemittel; D-A-CH - Initialprojekt	2008
1306	ASTRA 2008/002	Strassenglätte-Prognosesystem (SGPS)	2010
1305	VSS 2000/457	Verkehrserzeugung durch Parkieranlagen	2009
1304	VSS 2004/716	Massnahmenplanung im Erhaltungsmanagement von Fahrbahnen	2008
1303	ASTRA 2009/010	Geschwindigkeiten in Steigungen und Gefällen; Überprüfung	2010
1302	VSS 1999/131	Zusammenhang zwischen Bindemittleigenschaften und Schadensbildern des Belages?	2010
1301	SVI 2007/006	Optimierung der Strassenverkehrsunfallstatistik durch Berücksichtigung von Daten aus dem Gesundheitswesen	2009
1300	VSS 2003/903	SATELROU Perspectives et applications des méthodes de navigation pour la télématique des transports routiers et pour le système d'information de la route	2010
1299	VSS 2008/502	Projet initial - Enrobés bitumineux à faibles impacts énergétiques et écologiques	2009
1298	ASTRA 2007/012	Griffigkeit auf winterlichen Fahrbahnen	2010
1297	VSS 2007/702	Einsatz von Asphaltbewehrungen (Asphalteinlagen) im Erhaltungsmanagement	2009
1296	ASTRA 2007/008	Swiss contribution to the Heavy-Duty Particle Measurement Programme (HD-PMP)	2010
1295	VSS 2005/305	Entwurfsgrundlagen für Lichtsignalanlagen und Leitfaden	2010
1294	VSS 2007/405	Wiederhol- und Vergleichspräzision der Druckfestigkeit von Gesteinskörnungen am Haufwerk	2010

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
1293	VSS 2005/402	Détermination de la présence et de l'efficacité de dope dans les bétons bitumineux	2010
1292	ASTRA 2006/004	Entwicklung eines Pflanzenöl-Blockheizkraftwerkes mit eigener Ölmühle	2010
1291	ASTRA 2009/005	Fahrmuster auf überlasteten Autobahnen Simultanes Berechnungsmodell für das Fahrverhalten auf Autobahnen als Grundlage für die Berechnung von Schadstoffemissionen und Fahrzeitgewinnen	2010
1290	VSS 1999/209	Conception et aménagement de passages inférieurs et supérieurs pour piétons et deux-roues légers	2008
1289	VSS 2005/505	Affinität von Gesteinskörnungen und Bitumen, nationale Umsetzung der EN	2010
1288	ASTRA 2006/020	Footprint II - Long Term Pavement Performance and Environmental Monitoring on A1	2010
1287	VSS 2008/301	Verkehrsqualität und Leistungsfähigkeit von komplexen ungesteuerten Knoten: Analytisches Schätzverfahren	2009
1286	VSS 2000/338	Verkehrsqualität und Leistungsfähigkeit auf Strassen ohne Richtungstrennung	2010
1285	VSS 2002/202	In-situ Messung der akustischen Leistungsfähigkeit von Schallschirmen	2009
1284	VSS 2004/203	Evacuation des eaux de chaussée par les bas-côtés	2010
1283	VSS 2000/339	Grundlagen für eine differenzierte Bemessung von Verkehrsanlagen	2008
1282	VSS 2004/715	Massnahmenplanung im Erhaltungsmanagement von Fahrbahnen: Zusatzkosten infolge Vor- und Aufschub von Erhaltungsmassnahmen	2010
1281	SVI 2004/002	Systematische Wirkungsanalysen von kleinen und mittleren Verkehrsvorhaben	2009
1280	ASTRA 2004/016	Auswirkungen von fahrzeuginternen Informationssystemen auf das Fahrverhalten und die Verkehrssicherheit Verkehrspsychologischer Teilbericht	2010
1279	VSS 2005/301	Leistungsfähigkeit zweistreifiger Kreisel	2009
1278	ASTRA 2004/016	Auswirkungen von fahrzeuginternen Informationssystemen auf das Fahrverhalten und die Verkehrssicherheit - Verkehrstechnischer Teilbericht	2009
1277	SVI 2007/005	Multimodale Verkehrsqualitätsstufen für den Strassenverkehr - Vorstudie	2010
1276	VSS 2006/201	Überprüfung der schweizerischen Ganglinien	2008
1275	ASTRA 2006/016	Dynamic Urban Origin - Destination Matrix - Estimation Methodology	2009
1274	SVI 2004/088	Einsatz von Simulationswerkzeugen in der Güterverkehrs- und Transportplanung	2009
1273	ASTRA 2008/006	UNTERHALT 2000 - Massnahme M17, FORSCHUNG: Dauerhafte Materialien und Verfahren SYNTHESE - BERICHT zum Gesamtprojekt "Dauerhafte Beläge" mit den Einzelnen Forschungsprojekten: - ASTRA 200/419: Verhaltensbilanz der Beläge auf Nationalstrassen - ASTRA 2000/420: Dauerhafte Komponenten auf der Basis erfolgreicher Strecken - ASTRA 2000/421: Durabilité des enrobés - ASTRA 2000/422: Dauerhafte Beläge, Rundlaufversuch - ASTRA 2000/423: Griffigkeit der Beläge auf Autobahnen, Vergleich zwischen den Messergebnissen von SRM und SCRIM - ASTRA 2008/005: Vergleichsstrecken mit unterschiedlichen ober-	2008

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
		ren Tragschichten auf einer Nationalstrasse	
1272	VSS 2007/304	Verkehrsregelungssysteme - behinderte und ältere Menschen an Lichtsignalanlagen	2010
1271	VSS 2004/201	Unterhalt von Lärmschirmen	2009
1270	VSS 2005/502	Interaktion Strasse Hangstabilität: Monitoring und Rückwärtsrechnung	2009
1269	VSS 2005/201	Evaluation von Fahrzeugrückhaltesystemen im Mittelstreifen von Autobahnen	2009
1268	ASTRA 2005/007	PM10-Emissionsfaktoren von Abriebspartikeln des Strassenverkehrs (APART)	2009
1267	VSS 2007/902	MDAinSVT Einsatz modellbasierter Datentransfernormen (INTERLIS) in der Strassenverkehrstelematik	2009
1266	VSS 2000/343	Unfall- und Unfallkostenraten im Strassenverkehr	2009
1265	VSS 2005/701	Zusammenhang zwischen dielektrischen Eigenschaften und Zustandsmerkmalen von bitumenhaltigen Fahrbahnbelägen (Pilotuntersuchung)	2009
1264	SVI 2004/004	Verkehrspolitische Entscheidfindung in der Verkehrsplanung	2009
1263	VSS 2001/503	Phénomène du dégel des sols gélifs dans les infrastructures des voies de communication et les pergélisols alpins	2006
1262	VSS 2003/503	Lärmverhalten von Deckschichten im Vergleich zu Gussasphalt mit strukturierter Oberfläche	2009
1261	ASTRA 2004/018	Pilotstudie zur Evaluation einer mobilen Grossversuchsanlage für beschleunigte Verkehrslastsimulation auf Strassenbelägen	2009
1260	FGU 2005/001	Testeinsatz der Methodik "Indirekte Vorauserkundung von wasserführenden Zonen mittels Temperaturdaten anhand der Messdaten des Lötschberg-Basistunnels	2009
1259	VSS 2004/710	Massnahmenplanung im Erhaltungsmanagement von Fahrbahnen - Synthesebericht	2008
1258	VSS 2005/802	Kaphaltestellen Anforderungen und Auswirkungen	2009
1257	SVI 2004/057	Wie Strassenraumbilder den Verkehr beeinflussen Der Durchfahrtswiderstand als Arbeitsinstrument bei der städtebaulichen Gestaltung von Strassenräumen	2009
1256	VSS 2006/903	Qualitätsanforderungen an die digitale Videobild-Bearbeitung zur Verkehrsüberwachung	2009
1255	VSS 2006/901	Neue Methoden zur Erkennung und Durchsetzung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit	2009
1254	VSS 2006/502	Drains verticaux préfabriqués thermiques pour la consolidation in-situ des sols	2009
1253	VSS 2001/203	Rétention des polluants des eaux de chaussées selon le système "infiltrations sur les talus". Vérification in situ et optimisation	2009
1252	SVI 2003/001	Nettoverkehr von verkehrsintensiven Einrichtungen (VE)	2009
1251	ASTRA 2002/405	Incidence des granulats arrondis ou partiellement arrondis sur les propriétés d'adhérence des bétons bitumineux	2008
1250	VSS 2005/202	Strassenabwasser Filterschacht	2007
1249	FGU 2003/004	Einflussfaktoren auf den Brandwiderstand von Betonkonstruktionen	2009
1248	VSS 2000/433	Dynamische Eindringtiefe zur Beurteilung von Gussasphalt	2008
1247	VSS 2000/348	Anforderungen an die strassenseitige Ausrüstung bei der Umwidmung von Standstreifen	2009
1246	VSS 2004/713	Massnahmenplanung im Erhaltungsmanagement von Fahrbahnen: Bedeutung Oberflächenzustand und Tragfähigkeit sowie gegenseitige Beziehung für Gebrauchs- und Substanzwert	2009
1245	VSS 2004/701	Verfahren zur Bestimmung des Erhaltungsbedarfs in kommunalen Strassennetzen	2009

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
1244	VSS 2004/714	Massnahmenplanung im Erhaltungsmanagement von Fahrbahnen - Gesamtnutzen und Nutzen-Kosten-Verhältnis von standardisierten Erhaltungsmassnahmen	2008
1243	VSS 2000/463	Kosten des betrieblichen Unterhalts von Strassenanlagen	2008
1242	VSS 2005/451	Recycling von Ausbauspalt in Heissmischgut	2007
1241	ASTRA 2001/052	Erhöhung der Aussagekraft des LCPC Spurbildungstests	2009
1240	ASTRA 2002/010	L'acceptabilité du péage de congestion : Résultats et analyse de l'enquête en Suisse	2009
1239	VSS 2000/450	Bemessungsgrundlagen für das Bewehren mit Geokunststoffen	2009
1238	VSS 2005/303	Verkehrssicherheit an Tagesbaustellen und bei Anschlüssen im Baustellenbereich von Hochleistungsstrassen	2008
1237	VSS 2007/903	Grundlagen für eCall in der Schweiz	2009
1236	ASTRA 2008/008_07	Analytische Gegenüberstellung der Strategie- und Tätigkeitsschwerpunkte ASTRA-AIPCR	2008
1235	VSS 2004/711	Forschungspaket Massnahmenplanung im EM von Fahrbahnen - Standardisierte Erhaltungsmassnahmen	2008
1234	VSS 2006/504	Expérimentation in situ du nouveau drainomètre européen	2008
1233	ASTRA 2000/420	Unterhalt 2000 Forschungsprojekt FP2 Dauerhafte Komponenten bitumenhaltiger Belagsschichten	2009
651	AGB 2006/006_OBF	Instandsetzung und Monitoring von AAR-geschädigten Stützmauern und Brücken	2013
650	AGB 2005/010	Korrosionsbeständigkeit von nichtrostenden Betonstählen	2012
649	AGB 2008/012	Anforderungen an den Karbonatisierungswiderstand von Betonen	2012
648	AGB 2005/023 + AGB 2006/003	Validierung der AAR-Prüfungen für Neubau und Instandsetzung	2011
647	AGB 2004/010	Quality Control and Monitoring of electrically isolated post-tensioning tendons in bridges	2011
646	AGB 2005/018	Interactin sol-structure : ponts à culées intégrales	2010
645	AGB 2005/021	Grundlagen für die Verwendung von Recyclingbeton aus Betongranulat	2010
644	AGB 2005/004	Hochleistungsfähiger Faserfeinkornbeton zur Effizienzsteigerung bei der Erhaltung von Kunstbauten aus Stahlbeton	2010
643	AGB 2005/014	Akustische Überwachung einer stark geschädigten Spannbetonbrücke und Zustandserfassung beim Abbruch	2010
642	AGB 2002/006	Verbund von Spanngliedern	2009
641	AGB 2007/007	Empfehlungen zur Qualitätskontrolle von Beton mit Luftpermeabilitätsmessungen	2009
640	AGB 2003/011	Nouvelle méthode de vérification des ponts mixtes à âme pleine	2010
639	AGB 2008/003	RiskNow-Falling Rocks Excel-basiertes Werkzeug zur Risikoermittlung bei Steinschlagschutzgalerien	2010
638	AGB2003/003	Ursachen der Rissbildung in Stahlbetonbauwerken aus Hochleistungsbeton und neue Wege zu deren Vermeidung	2008
637	AGB 2005/009	Détermination de la présence de chlorures à l'aide du Géoradar	2009
636	AGB 2002/028	Dimensionnement et vérification des dalles de roulement de ponts routiers	2009
635	AGB 2004/002	Applicabilité de l'enrobé drainant sur les ouvrages d'art du réseau des routes nationales	2008
634	AGB 2002/007	Untersuchungen zur Potenzialfeldmessung an Stahlbetonbauten	2008
633	AGB 2002/014	Oberflächenschutzsysteme für Betontragwerke	2008
632	AGB 2008/201	Sicherheit des Verkehrssystem Strasse und dessen Kunstbauten Testregion - Methoden zur Risikobeurteilung Schlussbericht	2010
631	AGB 2000/555	Applications structurales du Béton Fibré à Ultra-hautes Performances aux ponts	2008

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
630	AGB 2002/016	Korrosionsinhibitoren für die Instandsetzung chloridverseuchter Stahlbetonbauten	2010
629	AGB 2003/001 + AGB 2005/019	Integrale Brücken - Sachstandsbericht	2008
628	AGB 2005/026	Massnahmen gegen chlorid-induzierte Korrosion und zur Erhöhung der Dauerhaftigkeit	2008
627	AGB 2002/002	Eigenschaften von normalbreiten und überbreiten Fahrbahnübergängen aus Polymerbitumen nach starker Verkehrsbelastung	2008
626	AGB 2005/110	Sicherheit des Verkehrssystems Strasse und dessen Kunstbauten: Baustellensicherheit bei Kunstbauten	2009
625	AGB 2005/109	Sicherheit des Verkehrssystems Strasse und dessen Kunstbauten: Effektivität und Effizienz von Massnahmen bei Kunstbauten	2009
624	AGB 2005/108	Sicherheit des Verkehrssystems / Strasse und dessen Kunstbauten / Risikobeurteilung für Kunstbauten	2010
623	AGB 2005/107	Sicherheit des Verkehrssystems Strasse und dessen Kunstbauten: Tragsicherheit der bestehenden Kunstbauten	2009
622	AGB 2005/106	Rechtliche Aspekte eines risiko- und effizienzbasierten Sicherheitskonzepts	2009
621	AGB 2005/105	Sicherheit des Verkehrssystems Strasse und dessen Kunstbauten Szenarien der Gefahrenentwicklung	2009
620	AGB 2005/104	Sicherheit des Verkehrssystems Strasse und dessen Kunstbauten: Effektivität und Effizienz von Massnahmen	2009
619	AGB 2005/103	Sicherheit des Verkehrssystems / Strasse und dessen Kunstbauten / Ermittlung des Netzrisikos	2010
618	AGB 2005/102	Sicherheit des Verkehrssystems Strasse und dessen Kunstbauten: Methodik zur vergleichenden Risikobeurteilung	2009
617	AGB 2005/100	Sicherheit des Verkehrssystems Strasse und dessen Kunstbauten Synthesebericht	2010
616	AGB 2002/020	Beurteilung von Risiken und Kriterien zur Festlegung akzeptierter Risiken in Folge aussergewöhnlicher Einwirkungen bei Kunstbauten	2009

SVI Publikationsliste

Forschungsberichte auf Antrag der Vereinigung Schweizerischer Verkehrsingenieure (SVI) / Rapports de recherche sur proposition de l'Association suisse des ingénieurs en transports

Die Liste kann bei der SVI bezogen werden.

- 1980 **Velo- und Mofaverkehr in den Städten**
(R. Müller)
- 1980 **Anleitung zur Projektierung einer Lichtsignalanlage**
(Seiler Niederhauser Zuberbühler)
- 1981 **Güternahmeverkehr, Gesetzmässigkeiten**
(E. Stadtmann)
- 1981 **Optimale Haltestellenabstände beim öffentlichen Verkehr**
(Prof. H. Brändli)
- 1982 **Entwicklung des schweizerischen Strassenverkehrs ***
(SNZ Ingenieurbüro AG)
- 1983 **Lichtsignalanlagen mit oder ohne Uebergangssignal Rot-Gelb**
(Weber Angehrn Meyer)
- 1983 **Güternahmeverkehr, Verteilungsmodelle**
(Emch + Berger AG)
- 1983 **Modèle Transyt 8: Traffic Network Study Tool; Programme Pretrans**
(...)
- 1983 **Parkraumbewirtschaftung als Mittel der Verkehrslenkung ***
(Glaser + Saxer)
- 1984 **Le rôle des taxis dans les transports urbains (franz. Ausgabe)**
(Transitec)
- 1984 **Park and Ride in Schweizer Städten ***
(Balzari & Schudel AG)
- 1986 **Verträglichkeit von Fahrrad, Mofa und Fussgänger auf gemeinsamen Verkehrsflächen ***
(Weber Angehrn Meyer)
- 1986 **Transyt 8 / Pretrans; Modell Programmsystem für die Optimierung von Signalplänen von städtischen Strassennetzen**
(...)
- 1987 **Verminderung der Umweltbelastungen durch verkehrsorganisatorische und -technische Massnahmen ***
(Metron AG)
- 1987 **Provisorischer Behelf für die Umweltverträglichkeits-Prüfung von Verkehrsanlagen ***
(Büro BC, Jenni + Gottardi AG, Scherrer)
- 1988 **Bestimmungsgrössen der Verkehrsmittelwahl im Güterverkehr ***
(Rapp AG)
- 1988 **EDV-Anwendungen im Verkehrswesen**
(IVT, ETH Zürich)
- 1988 **Forschungsvorschläge Umweltverträglichkeitsprüfung von Verkehrsanlagen**
(Büro BC, Jenni & Gottardi AG, Scherrer)
- 1989 **Vereinfachte Methode zur raschen Schätzung von Verkehrsbeziehungen ***
(P. Widmer)
- 1990 **Planungsverfahren bei Ortsumfahrungen**
(Toscano-Bernardi-Frey AG)
- 1990 **Anteil der Fahrzeugkategorien in Abhängigkeit vom Strassentyp**
(Abay & Meyer)
- 1991 **Busbuchten, ja oder nein?***
(Zwicker und Schmid)
- 1991 **EDV-Anwendung im Verkehrswesen, Katalog 1990**
(IVT, ETH Zürich)
- 1991 **Mofa zwischen Velo und Auto**
(Weber Angehrn Meyer)
- 1991 **Erhebung zum Güterverkehr**
(Abay & Meier, Albrecht & Partner AG, Holinger AG, RAPP AG, Sigmaplan AG)

- 1991 **Mögliche Methoden zur Erstellung einer Gesamtbewertung bei Prüfverfahren***
(Basler & Partner AG)
- 1992 **Parkierungsbeschränkungen mit Blauer Zone und Anwohnerparkkarte**
(Jud AG)
- 1992 **Einsatzkonzepte und Integrationsprobleme der Elektromobile***
(U. Schwegler)
- 1992 **UVP bei Strassenverkehrsanlagen, Anleitung zur Erstellung von UVP-Berichten***
(Büro BC, Jenni & Gottardi AG, Scherrer)
erschieden auch als Mitteilungen zur UVP Nr. 7/Mai 1992 des BUWAL
- 1992 **Von Experten zu Beteiligten - Partizipation von Interessierten und Betroffenen beim Entscheiden über Verkehrsvorhaben***
(J. Dietiker)
- 1992 **Fehlerrechnung und Sensitivitätsanalyse für Fragen der Luftreinhaltung: Verkehr - Emissionen - Immissionen ***
(INFRAS)
- 1993 **Indikatoren im Fussgängerverkehr ***
(RAPP AG)1993
- 1993 **Velofahren in Fussgängerzonen***
(P. Ott)
- 1993 **Vernetztes bzw. ganzheitliches Denken bei Verkehrsvorhaben**
(Jauslin + Stebler, Rudolf Keller AG)
- 1993 **Untersuchung des Zusammenhanges von Verkehrs- und Wandermobilität**
(synergo, Jenni + Gottardi AG)
- 1993 **Einsatzmöglichkeiten und Grenzen von flexiblen Nutzungen im Strassenraum**
(Sigmaphan AG)
- 1993 **EIE et infrastructures routières, Guide pour l'établissement de rapports d'impact ***
(Büro BC, Jenni + Gottardi AG, Scherrer)
erschieden als Mitteilungen zur UVP Nr. 7(93) / Juli 1993 des BUWAL/paru comme informations concernant l'étude de l'impact sur l'environnement EIE No. 7(93) / juillet 1993 de l'OFEFP
- 1993 **Handlungsanleitung für die Zweckmässigkeitsprüfung von Verkehrsinfrastrukturprojekten, Vorstudie**
(Jenni + Gottardi AG)
- 1994 **Leistungsfähigkeit beim Fahrstreifenabbau auf Hochleistungsstrassen**
(Rutishauser, Mögerle, Keller)
- 1994 **Perspektiven des Freizeitverkehrs, Teil 1: Determinanten und Entwicklungen***
(R + R Burger AG, Büro Z)
- 1995 **Verkehrsentwicklungen in Europa, Vergleich mit den schweizerischen Verkehrsperspektiven**
(Prognos AG / Rudolf Keller AG)
erschieden als GVF-Auftrag Nr. 267 des GS EVED Dienst für Gesamtverkehrsfragen / paru au SG DFTCE Service d'étude des transports No. 267
- 1996 **Einfluss von Strassenkapazitätsänderungen auf das Verkehrsgeschehen**
(SNZ Ingenieurbüro AG)
- 1997 **Zweckmässigkeitsbeurteilung von Strassenverkehrsanlagen ***
(Jenni + Gottardi AG)
- 1997 **Verkehrsgrundlagen für Umwelt- und Verkehrsuntersuchungen**
(Ernst Basler + Partner AG)
- 1998 **Entwicklungsindices des Schweizerischen Strassenverkehrs ***
(Abay + Meier)
- 1998 **Kennzahlen des Strassengüterverkehrs in Anlehnung an die Gütertransportstatistik 1993**
(Albrecht & Partner AG / Symplan Map AG)
- 1998 **Was Menschen bewegt. Motive und Fahrzwecke der Verkehrsteilnahme**
(J. Dietiker)
- 1998 **Das spezifische Verkehrspotential bei beschränktem Parkplatzangebot ***
(SNZ Ingenieurbüro AG)
- 1998 **La banque de données routières STRADA-DB somme base de modèles de trafic**
(Robert-Grandpierre et Rapp SA / INSER SA / Rosenthaler & Partner AG)
- 1998 **Perspektiven des Freizeitverkehrs. Teil 2: Strategien zur Problemlösung**
(R + R Burger und Partner, Büro Z)
- 1998 **Kombinierte Unter- und Überführung für FussgängerInnen und VelofahrerInnen**
(Büro BC / Pestalozzi & Stäheli)
- 1998 **Kostenwirksamkeit von Umweltschutzmassnahmen**
(INFRAS)
- 1998 **Abgrenzung zwischen Personen- und Güterverkehr**
(Prognos AG)
- 1999 **Gesetzmässigkeiten im Strassengüterverkehr und seine modellmässige Behandlung**
(Abay & Meier / Ernst Basler + Partner AG)

- 1999 **Aktualisierung der Modal Split-Ansätze**
(P. Widmer)
- 1999 **Management du trafic dans les grands ensembles**
(Transportplan SA)
- 1999 **Technology Assessment im Verkehrswesen : Vorstudie**
(RAPP AG Ing. + Planer Zürich)
- 1999 **Verkehrstelematik im Management des Verkehrs in Tourismusgebieten**
(ASIT / IC Infraconsult AG)
- 1999 **„Kernfahrbahnen“ Optimierte Führung des Veloverkehrs an engen Strassenquerschnitten ***
(Metron Verkehrsplanung und Ingenieurbüro AG)
- 2000 **Sensitivitäten von Angebots- und Preisänderungen im Personenverkehr**
(Prognos AG)
- 2000 **Dephi-Umfrage Zukunft des Verkehrs in der Schweiz**
(P. Widmer / IPSO Sozial-, Marketing- und Personalforschung)
- 2000 **Der Wert der Zeit im Güterverkehr**
(Jenni + Gottardi AG)
- 2000 **Floating Car Data in der Verkehrsplanung**
(Rudolf Keller & Partner Verkehrsingenieure AG + Rosenthaler + Partner AG)
- 2000 **Verlässlichkeit als Entscheidungsvariable: Experimente mit verschiedenen Befragungssätzen**
(IVT - ETHZ)
- 2001 **Aktivitätenorientierte Personenverkehrsmodelle, Vorstudie**
(P. Widmer und K.W. Axhausen)
- 2001 **Zeitkostenansätze im Personenverkehr**
(G. Abay und K.W. Axhausen)
- 2001 **Véhicules électriques et nouvelles formes de mobilité**
(Transitec Ingénieurs-Conseils SA)
- 2001 **Besetzungsgrad von Personenwagen: Analyse von Bestimmungsgrössen und Beurteilung von Massnahmen zu dessen Erhöhung**
(RAPP AG Ingenieure + Planer)
- 2001 **Grobkonzept zum Aufbau einer multimodalen Verkehrsdatenbank**
(INFRAS)
- 2001 **Ermittlung der Gesamtleistungsfähigkeit (MIV + ÖEV) bei lichtsignalgeregelten Knoten**
(büro S-ce Simon-consulting-engineering)
- 2001 **Besteuerung von Autos mit einem Bonus/Malus-System im Kanton Tessin**
(U. Schwegler Büro für Verkehrsplanung)
- 2001 **GIS als Hilfsmittel in der Verkehrsplanung**
(büro widmer)
- 2001 **Umgestaltung von Strassen im Zuge von Erneuerungen**
(Infraconsult AG + Zeltner + Maurer AG)
- 2001 **Piloterhebung zum Dienstleistungsverkehr und zum Gütertransport mit Personenwagen**
(Prognos AG, Emch+Berger AG, IVU Traffic Technologies AG)
- 2002 **Parkplatzbewirtschaftung bei publikumsintensiven Einrichtungen - Auswirkungenanalyse**
(Metron AG, Neosys AG, Hochschule Rapperswil)
- 2002 **Probleme bei der Einführung und Durchsetzung der im Transportwesen geltenden Umweltschutzbestimmungen; unter besonderer Berücksichtigung des Vollzugs beim Strassenverkehrslärm**
(B+S Ingenieur AG)
- 2002 **Nachhaltigkeit und Koexistenz in der Strassenraumplanung**
(Berz Hafner + Partner AG)
- 2002 **Warum steht P. Müller lieber im Stau als im Tram?**
(Planungsbüro Jürg Dietiker / MOVE RAUM P. Regli / Landert Farago Davatz & Partner / Dr. A. Zeyer)
- 2002 **Nachhaltigkeit im Verkehr**
(Jenni + Gottardi AG)
- 2002 **Massnahmen zur Erhöhung der Akzeptanz längerer Fuss- und Velostrecken**
(Arbeitsgemeinschaft Büro für Mobilität / V. Häberli / A. Blumenstein / M. Wältli)
- 2002 **Carreiseverkehr: Grundlagen und Perspektiven**
(B+S Ingenieur AG / Gare Routière de Genève)
- 2002 **Potentielle Gefahrenstellen**
(Basler & Hofmann / Psychologisches Institut der Universität Zürich)
- 2003 **Evaluation kurzfristiger Benzinpreiserhöhungen**
(Infras / M. Peter / N. Schmidt / M. Maibach)
- 2002 **Verlässlichkeit als Entscheidungsvariable, Vorstudie**
(ETH Zürich, Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme IVT)
- 2002 **Mischverkehr MIV / ÖV auf stark befahrenen Strassen**
(Verkehrsingenieurbüro TEAMverkehr)

- 2003 **Vorstudie zu den Wechselwirkungen Individualverkehr – öffentlicher Verkehr infolge von Verkehrstelematik-Systemen**
(Abay & Meier, Zürich)
- 2003 **Strassen mit Gemischtverkehr: Anforderungen aus der Sicht der Zweiradfahrer**
(WAM Partner, Planer und Ingenieure, Solothurn)
- 2003 **Erfolgskontrolle von Umweltschutzmassnahmen bei Verkehrsvorhaben**
(Metron Landschaft AG, Brugg / Quadra GmbH, Zürich / Metron Verkehrsplanung AG, Brugg)
- 2004 **Perspektiven für kurze Autos**
(Ingenieur- und Planungsbüro Bühlmann, Zollikon)
- 2004 **Lange Planungsprozesse im Verkehr**
(BINARIO TRE, Windisch)
- 2004 **Auswirkungen von Personal Travel Assistance (PTA) auf das Verkehrsverhalten**
(Ernst Basler und Partner AG, Zürich)
- 2004 **Methoden zum Erstellen und Aktualisieren von Wunschlinienmatrizen im motorisierten Individualverkehr**
(ETH Zürich, Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme IVT)
- 2004 **Zeitkostenansätze im Personenverkehr**
(ETH Zürich, Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme IVT / Rapp Trans AG, Zürich)
- 2004 **Determinanten des Freizeitverkehrs: Modellierung und empirische Befunde**
(ETH Zürich, Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme IVT)
- 2004 **Verfahren von Technology Assessment im Verkehrswesen**
(Rapp Trans AG, Zürich / IKAÖ, Bern / Interface, Luzern)
- 2004 **Mobilitätsdatenmanagement für lokale Bedürfnisse**
(SNZ, Zürich / TEAMverkehr, Cham / Büro für Verkehrsplanung, Fischingen)
- 2004 **Auswirkungen neuer Arbeitsformen auf den Verkehr - Vorstudie**
(INFRAS, Bern)
- 2004 **Standards für intermodale Schnittstellen im Verkehr**
(synergo, Zürich / ILS NRW, Dortmund)
- 2005 **Verkehrsumlegungs-Modelle für stark belastete Strassennetze**
(büro widmer, Frauenfeld)
- 2005 **Wirksamkeit und Nutzen der Verkehrsinformation**
(B+S Ingenieure AG, Bern / Ernst Basler + Partner AG, Zürich / Landert Farago Partner, Zürich)
- 2005 **Spezialisierung und Vernetzung: Verkehrsangebot und Nachfrageentwicklung zwischen den Metropolitanräumen des Städtesystems Schweiz**
(synergo, Zürich)
- 2005 **Wirkungsketten Verkehr - Wirtschaft**
(ECOPLAN, Altdorf und Bern / büro widmer, Frauenfeld)
- 2005 **Cleaner Drive**
Hindernisse für die Markteinführung von neuen Fahrzeug-Generationen
(E'mobile, der Schweizerische Verband für elektrische und effiziente Strassenfahrzeuge, Urs Schwegler)
- 2005 **Spezifische Anforderungen an Autobahnen in städtischen Agglomerationen**
(Ingenieur- und Planungsbüro Dr. Walter Berg, Zürich)
- 2005 **Instrumente für die Planung und Evaluation von Verkehrssystem-Management-Massnahmen**
(Jenni + Gottardi AG, Zürich / Universität Karlsruhe)
- 2005 **Trafic de support logistique de grandes manifestations (Betriebsverkehr von Grossanlässen)**
(Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, EPFL)
- 2005 **Verkehrsdosierungsanlagen, Strategien und Dimensionierungsgrundsätze**
(Ingenieurbüro Walter Berg, Zürich)
- 2005 **Angebote und Erfolgskriterien im nächtlichen Freizeitverkehr**
(Planungsbüro Jud, Zürich)
- 2005 **Vor- und Nachlauf im kombinierten Ladungsverkehr**
(Rapp Trans AG, Zürich)
- 2005 **Finanzielle Anreize für effiziente Fahrzeuge - Eine Wirkungsanalyse der Projekte VEL2 (Tessin) und NewRide in Basel und Zürich**
(Rapp Trans AG, Zürich / Interface, Luzern)
- 2006 **Reduktionsmöglichkeiten externer Kosten des MIV am Beispiel des Förderprogramms VEL2 im Kanton Tessin**
(Università della Svizzera Italiana, Lugano / Eidgenössische Technische Hochschule, Zürich)
- 2006 **Nachhaltigkeit im Verkehr**
Indikatoren im Bereich Gesellschaft
(Ernst Basler + Partner AG, Zollikon / Landert Farago Partner, Zürich)
- 2006 **Früherkennung von Entwicklungstrends zum Verkehrsangebot**
(Interface - Institut für Politikstudien, Luzern)
- 2006 **Publikumsintensive Einrichtungen PE: Planungsgrundlagen und Gesetzmässigkeiten**
(Metron Verkehrsplanung AG, Brugg / Transitec Ingenieurs-Conseils SA, Lausanne / Fussverkehr Schweiz, Zürich)

- 2006 **Erhebung des Fuss- und Veloverkehrs**
(IRAP, Hochschule für Technik, Rapperswil / Fussverkehr Schweiz, Zürich / Pestalozzi & Stäheli, Basel / Daniel Sauter, Urban Mobility Research, Zürich)
- 2006 **Verkehrstechnische Beurteilung multimodaler Betriebskonzepte auf Strassen innerorts**
(S-ce Simon consulting experts, Zürich)
- 2006 **Beurteilung von Busbevorzugungsmassnahmen**
(Metron Verkehrsplanung AG, Brugg)
- 2006 **Error Propagation in Macro Transport Models**
(Systems Consult, Monaco / B+S Ingenieur AG, Bern)
- 2007 **Fussgängerstreifenlose Ortszentren**
(Ingenieurbüro Ghielmetti, Winterthur / IAP, Zürich)
- 2007 **Kernfahrbahnen auf Ausserortsstrecken**
(Frossard GmbH, Zürich)
- 2007 **Road Pricing Modelle auf Autobahnen und in Stadtregionen**
(INFRAS, Zürich / Rapp Trans AG, Basel)
- 2007 **Entkopplung zwischen Verkehrs- und Wirtschaftswachstum**
(INFRAS, Zürich / Università della Svizzera Italiana, Lugano)
- 2007 **Genderfragen in der Verkehrsplanung Vorstudie**
(SNZ Ingenieure und Planer AG, Zürich)
- 2007 **Konfliktanalyse beim Mischverkehr**
(Sigmaplan AG, Bern)
- 2007 **Verfahren zur Berücksichtigung der Zuverlässigkeit in Evaluationen**
(Ernst Basler + Partner AG, Zürich / Eidgenössische Technische Hochschule, Zürich)
- 2007 **Überlegungen zu einem Marketingansatz im Fuss- und Veloverkehr**
(Büro für Mobilität AG, Bern/Burgdorf / büro für utopien, Burgdorf/Berlin / LP Ingenieure AG, Bern / Masciardi communication & design AG, Bern)
- 2008 **Einbezug von Reisekosten bei der Modellierung des Mobilitätsverhaltens**
(Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT) ETH, Zürich / TRANSP-OR EPF Lausanne, Lausanne / IRE USI, Lugano)
- 2008 **Ausgestaltung von multimodalen Umsteigepunkten**
(Metron AG, Brugg / Universität Zürich Sozialforschungsstelle, Zürich)
- 2008 **Überbreite Fahrstreifen und zweistreifige Schmalfahrbahnen**
(IRAP HSR Hochschule für Technik, Rapperswil)
- 2008 **Fahrten- und Fahrleistungsmodelle: Erste Erfahrungen**
(Hesse+Schwarze+Partner, Zürich / büro widmer, Frauenfeld)
- 2008 **Quantitative Auswirkungen von Mobility Pricing Szenarien auf das Mobilitätsverhalten und auf die Raumplanung**
(Verkehrsconsulting Fröhlich, Zürich / TransOptima GmbH, Olten / Ernst Basler + Partner AG, Zürich)
- 2008 **Organisatorische und rechtliche Aspekte des Mobility Pricing**
(Ernst Basler + Partner AG)
- 2008 **Forschungspaket "Güterverkehr", Initialprojekt "Bestandesaufnahme und Konkretisierung des Forschungspakets"**
(Eidgenössische Technische Hochschule, Zürich - ETH / Università della Svizzera Italiana / Universität St. Gallen)
- 2008 **Freizeitverkehr innerhalb von Agglomerationen**
(Hochschule Luzern - Wirtschaft, Luzern / ISOE, Frankfurt am Main / Interface Politikstudien, Luzern)
- 2008 **Gesetzmässigkeiten des Anlieferverkehrs**
(Sigmaplan AG / Rudolf Keller & Partner Verkehrsingenieure AG)
- 2009 **Modal Split Funktionen im Güterverkehr**
(Rapp Trans AG, Zürich / IVT ETH, Zürich)
- 2009 **Mobilitätsmuster zukünftiger Rentnerinnen und Rentner: eine Herausforderung für das Verkehrssystem 2030?**
(büro widmer Frauenfeld / Institut für Psychologie, Universität Bern)
- 2008 **Mobilitätsmanagement in Berieben - Motive und Wirksamkeit**
(synergo, Zürich / Tensor Consulting AG, Bern)
- 2009 **Monitoring und Controlling des Gesamtverkehrs in Agglomerationen**
(Ecoplan, Altdorf und Bern / Ernst Basler + Partner, Zürich)
- 2009 **Wie Strassenraumbilder den Verkehr beeinflussen**
(Zürcher Hochschule für angewandte Wissenschaften zhaw, Winterthur / Jenni + Gottardi AG, Thalwil)
- 2009 **Nettoverkehr von verkehrsintensiven Einrichtungen (VE)**
(Berz Hafner + Partner AG, Bern / Hornung Wirtschafts- und Sozialstudien, Bern / Künzler Bossert + Partner GmbH, Bern / Roduner BSB + Partner AG, Schliern)
- 2009 **Verkehrspolitische Entscheidungsfindung in der Verkehrsplanung**
(synergo, Mobilität - Politik - Raum, Zürich / Institut für Politikwissenschaft/Uni Bern, Bern / Büro Vatter, Bern / Büro für Mobilität AG, Bern)

- 2009 **Einsatz von Simulationswerkzeugen in der Güterverkehrs- und Transportplanung**
(Rapp Trans AG, Zürich / ZHAW, Wädenswil, IAS Institut für Angewandte Simulation)
- 2009 **Multimodale Verkehrsqualitätsstufen für den Strassenverkehr - Vorstudie**
(Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT), ETH Zürich)
- 2010 **Optimierung der Stassenverkehrsfallstatistik durch Berücksichtigung von Daten aus dem Gesundheitswesen**
(Rapp Trans AG, Zürich)
- 2010 **Systematische Wirkungsanalysen von kleinen und mittleren Verkehrsvorhaben**
(B.S.S. Volkswirtschaftliche Beratung AG, Basel / Basler & Hofmann AG, Zürich)
- 2011 **Zeitwerte im Personenverkehr: Wahrnehmungs- und Distanzabhängigkeit**
(Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT), ETH Zürich)
- 2011 **Hindernisfreier Verkehrsraum - Anforderungen aus Sicht von Menschen mit Behinderung**
(Pestalozzi & Stäheli, Basel / Schweiz. Fachstelle für behindertengerechtes Bauen, Zürich)
- 2011 **Der Verkehr aus Sicht der Kinder: Schulwege von Primarschulkindern in der Schweiz**
(Interfakultäre Koordinationsstelle für Allgemeine Ökologie (IKAÖ), Bern / Interface Politikstudien Forschung und Beratung, Luzern / verkehrsteiner, Bern)
- 2011 **Alternativen zu Fussgängerstreifen in Tempo-30-Zonen**
(Ingenieurbüro Ghielmetti, Chur / Pestalozzi & Stäheli, Basel / verkehrsteiner, Bern)
- 2011 **Standards für die Mobilitätsversorgung im peripheren Raum**
(Ecoplan, Bern / Metron, Brugg)
- 2011 **Widerstandsfunktionen für Innerorts-Strassenabschnitte ausserhalb des Einflussbereiches von Knoten**
(büro widmer ag, Frauenfeld / Rudolf Keller & Partner AG, Muttlenz)
- 2011 **Indices caractéristiques d'une cité-vélo. Méthode d'évaluation des politiques cyclables en 8 indices pour les petites et moyennes communes**
(ROLAND RIBI & ASSOCIES SA, Genève)
- 2011 **Aggressionen im Verkehr**
(Basler & Hofmann AG, Zürich / Psychologischer Dienst der Psychiatrischen Universitätsklinik PUK, Basel)
- 2011 **Einsatzbereiche verschiedener Verkehrsmittel in Agglomerationen**
(IVT, ETH Zürich)
- 2012 **Kooperation an Bahnhöfen und Haltestellen**
(Ernst Basler + Partner AG, Zürich / Innovationszentrum für Mobilität und gesellschaftlichen Wandel (InnoZ) GmbH, Berlin / ETH Zürich - Institut für Umweltentscheidungen, Zürich)
- 2012 **Unaufmerksamkeit und Ablenkung: Was macht der Mensch am Steuer?**
(Universität Zürich, Zürich / Planungsbüro Jud AG, Zürich / Boss et Partenaires SA, Neuchâtel)
- 2012 **Aktivitätenorientierte Analyse des Neuverkehrs**
(IVT, ETH Zürich)
- 2012 **Innovative Ansätze der Parkraumbewirtschaftung**
(Rapp Trans AG)
- 2012 **Neue Erkenntnisse zum Mobilitätsverhalten dank Data Mining?**
(Büro Widmer AG, Frauenfeld / Institut für Datenanalyse und Prozessdesign (idp) Zürcher Hochschule, Winterthur)
- 2012 **Verkehrsanbindung von Freizeitanlagen**
(Hochschule Luzern - Wirtschaft (HSLU), Luzern / Hochschule für Technik (HSR), Rapperswil)
- 2012 **Wissens- und Technologietransfer im Verkehrsbereich**
(Hochschule Luzern, Luzern / Planungsbüro Jud, Zürich)
- 2012 **Regulierung des Güterverkehrs**
(INFRAS, Zürich / Rapp Trans AG, Zürich / Moll Advokatur, Bern)
- 2012 **Auswirkungen auf die Transportwirtschaft**
(INFRAS, Zürich / Rapp Trans AG, Zürich / Moll Advokatur, Bern)
- 2012 **Verkehrssicherheitsgewinne aus Erkenntnissen aus Datapooling und strukturierten Datenanalysen**
(regioConcept AG, Herisau)
- 2013 **Nutzen von Reisezeiteinsparungen im Personenverkehr**
(Metron Verkehrsplanung AG / Sozialforschungsstelle Universität Zürich)
- 2013 **Mehr Sicherheit dank Kernfahrbahnen?**
(ZHAW Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften, IAP Institut für Angewandte Psychologie, Winterthur / Frossard GmbH, Zürich / verkehrsteiner AG, Bern)
- 2013 **Vernetzung von HLS- und HVS-Steuerungen**
(B+S AG, Bern)
- 2013 **Akzeptanz von Verkehrsmanagementmassnahmen – Vorstudie**
(Zentrum für integrierte Verkehrssysteme GmbH / SNZ Ingenieure und Partner AG / Institut für Verkehrspsychologie Aachen)
- 2013 **Güterverkehrsintensive Branchen und Güterverkehrsströme in der Schweiz**
(Lehrstuhl für Logistikmanagement – Universität St Gallen / Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme – ETH Zürich)

- 2013 **Möglichkeiten und Grenzen von elektronischen Busspuren**
(Rapp Trans AG, Basel)
- 2013 **Projektierungsfreiräume bei Strassen und Plätzen**
(ewp AG, Effretikon / Planungsbüro Jürg Dietiker)
- 2013 **Branchenspezifische Logistikkonzepte und Güterverkehrsaufkommen sowie deren Trends**
(ProgTrans AG, Basel)
- 2013 **Einschätzungen der Infrastrukturnutzer zur Weiterentwicklung des Regulativs**
(ProgTrans AG, Basel / Neiger GmbH, Basel)
- 2014 **Ortsbezogene Massnahmen zur Reduktion der Auswirkungen des Güterverkehrs – Teil 1**
(Infras AG, Zürich / SBB AG, Bern / PTV, Karlsruhe / Heinz Steven, Heinsberg)
- 2014 **Ortsbezogene Massnahmen zur Reduktion der Auswirkungen des Güterverkehrs – Teil 2**
(Infras AG, Zürich / SBB AG, Bern / PTV, Karlsruhe / Heinz Steven, Heinsberg)
- 2014 **Konzept zur effizienten Erfassung und Analyse der Güterverkehrsdaten**
(Rapp Trans AG, Zürich / Lehrstuhl für Logistikmanagement, Universität St. Gallen / Prog Trans AG, Basel)
- 2014 **Begegnungszonen – eine Werkschau mit Empfehlungen für die Realisierung**
(verkehrsteiner AG, Bern)

* vergriffen: Diese Exemplare können auf Wunsch nachkopiert werden
*épuisé: Selon désir, ces rapports peuvent être copiés

Die Berichte können bezogen werden bei / Les rapports peuvent être commandés au:
VSS, Sihlquai 255, 8005 Zürich,
Tel. 044 / 269 40 20, Fax. 044 / 252 31 30, info@vss.ch