



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

Grundlagen zur Quantifizierung der Auswirkungen von Sicher- heitsdefiziten

**Principes pour la quantification des effets des déficits de
la sécurité**

Basis for the quantification of the effects of safety deficits

**ETH Zürich, Eidgenössische Technische Hochschule
Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT)
Prof. H.P. Lindenmann
N. Leemann, dipl. Bau-Ing. ETH
M. Doerfel, Dipl. Ing. TH**

**Forschungsauftrag VSS 2005/302 auf Antrag des Schweizerischen
Verbandes der Strassen- und Verkehrsfachleute**

Impressum

Forschungsstelle und Projektteam

Projektleitung

Prof. H.P. Lindenmann, IVT ETH Zürich

Mitglieder

Nicole Leemann, dipl. Bau-Ing. ETH

M. Doerfel, Dipl. Ing. TH

Michèle Leemann, Hilfsassistentin

Federführende Fachkommission

Fachkommission 3: Verkehrstechnik

Begleitkommission

Präsident

Martin Weissert

Mitglieder

Roland Allenbach

Thomas Emmerich

Franz Gerber

Christian Ary Huber

Antragsteller

Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS

Bezugsquelle

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

Inhaltsverzeichnis

Impressum	4
Inhaltsverzeichnis	5
Zusammenfassung	7
Résumé	8
Summary	9
1 Einleitung	11
1.1 Auftrag.....	11
1.1.1 Ausgangslage	11
1.1.2 Zweck	12
1.1.3 Bedarf und Notwendigkeit.....	12
1.2 Ziele.....	13
1.3 Abgrenzung	13
2 Vorgehen	14
2.1 Grundlagen.....	14
2.1.1 Fundamentalzusammenhänge MMA und AVU.....	14
2.1.2 VSS-Normen und weitere Richtlinien.....	14
2.1.3 Das Verfahren Sicherheitsaudit für Projekte von Strassenverkehrsanlagen SN 641 712	14
2.2 Methodik.....	15
2.2.1 Entwicklung der Checklisten	15
2.2.2 Anforderung an die Quantifizierungsmassstäbe	16
3 Ergebnisse	17
3.1 Vorbemerkungen und Einschränkungen.....	17
3.1.1 Grundsatz.....	17
3.1.2 Anwendungen	17
3.2 Checklisten.....	18
3.2.1 Struktur und Inhalt.....	18
3.2.2 Checklisten für 10 Bereiche	19
3.3 Quantifizierungsmassstäbe.....	46
3.3.1 Struktur und Inhalt.....	46
3.3.2 Quantifizierungsmassstäbe.....	46
4 Erkenntnisse und Folgerungen	82
4.1 Grundsätze für die Anwendung.....	82
4.1.1 Checklisten.....	82
4.1.2 Quantifizierungsmassstäbe.....	82
4.2 Folgerungen	83
4.2.1 Einsatz der Ergebnisse bei Verkehrssicherheitsüberprüfungen	83
4.2.2 Auswertung von Erfahrungen.....	83
4.2.3 Normung.....	83
4.2.4 Weitere Forschungsbedürfnisse	83
Abkürzungen	85
Literaturverzeichnis	89
Projektabschluss	93
Verzeichnis der Berichte der Forschung im Strassenwesen	97

Zusammenfassung

Anlass der Untersuchung

Mit dem Verfahren „Sicherheitsaudit für Projekte von Strassenverkehrsanlagen“ [SN 641 712, 2008] wird eine vom Projektverfasser unabhängige, ergänzende Bewertung der Auswirkungen der Veränderungen auf die Verkehrssicherheit durchgeführt. Diese Bewertung kann vereinfacht aufgrund der Expertenerfahrung erfolgen, objektiver fällt aber eine Quantifizierung hinsichtlich Auswirkungen auf Unfallhäufigkeit und Unfallschwere aus.

Dafür notwendige Zusammenhänge zwischen Anlagegrössen bzw. Veränderungen von Anlage- und Betriebsgrössen und dem Unfallgeschehen sind einerseits aus vielen einzelnen Untersuchungen, wie auch aus Sammlungen bekannt, sie sind aber oft länder- oder untersuchungsspezifisch, was den Einsatz zur Quantifizierung erschwert. Der Zweck der hier durchgeführten Forschungsarbeit bestand darin, aus bekannten Untersuchungen Werkzeuge für die Quantifizierung der Auswirkungen von sicherheitsrelevanten Differenzen und Veränderung im Zuge eines Sicherheitsaudits zu suchen, auszuwerten und zu entwickeln.

Ergebnisse

In einem ersten Schritt wurden Listen der Anlage- und Betriebsgrössen von Normen und Richtlinien, welche sicherheitsrelevant sind und zu welchen Festlegungen (Normwerte Richtwerte, Empfehlungen) vorliegen erstellt. Diese Listen wurden mit den sicherheitsrelevanten Anforderungen an die einzelnen Parameter ergänzt, so dass sie als Checklisten bei der Durchführung von Sicherheitsbeurteilung eingesetzt werden können.

Im zweiten Schritt wurden für die ermittelten sicherheitsrelevanten Parameter aus bestehenden Untersuchungen Zusammenhänge mit dem Unfallgeschehen gesucht und analysiert. Basierend darauf wurde eine erste Sammlung von Quantifizierungsmassstäben entwickelt. Diese stellt eine erste vorläufige Zusammenstellung von solchen Hilfsmitteln dar. Einerseits sind die jetzt vorhanden Massstäbe weiter zu verfeinern, andererseits besteht der Bedarf zur Ergänzung und Vervollständigung der Sammlung von Quantifizierungsmassstäben.

Checklisten

Basierend auf Normen und Empfehlungen wurden insgesamt über 300 sicherheitsrelevante Anlage- bzw. Betriebsgrössen von Strassenverkehrsanlagen zusammengestellt und in 22 Checklisten gegliedert. Diese gestatten die quantitative und qualitative Erkennung und Bewertung von Unterschieden (Differenzen) zwischen gewählten Werten von Projektgrössen und den vorgeschriebenen resp. empfohlenen Werten bzw. den Veränderungen zwischen den gewählten Werten der Projektgrössen und den vorhandenen Anlage- und Betriebsgrössen der bisher bestehenden Strassenverkehrsanlage.

Quantifizierungsmassstäbe

Die Quantifizierungsmassstäbe weisen zwei grundsätzlich verschiedene Formen auf. Einerseits konnten funktionelle Zusammenhänge zwischen Kenngrössen des Unfallgeschehens und Anlage- oder Betriebsgrössen der Strassenanlage aufgezeigt werden, welche es gestatten Aussagen von Unterschieden und Veränderungen auf die Verkehrssicherheit, d.h. die zukünftige Unfallhäufigkeit und die Unfallschwere abzuschätzen. Andererseits gibt es eine Reihe von Parametern, bei welchen Angaben zu den Auswirkungen von Veränderungen der Anlage oder des Betriebs pauschale %-Werte waren.

Bei den Angaben zu Veränderungen im Unfallgeschehen handelt es sich um generelle Durchschnittswerte die im Einzelfall aufgrund der spezifischen Situation durch entsprechende Beurteilungen (Erfahrungen) angepasst werden müssen.

Résumé

Motif de la recherche

Dans le cadre de la procédure «Audit de sécurité pour les projets d'aménagements routiers» [SN 641 712, 2008], une évaluation, complémentaire et indépendante de l'auteur du projet, des répercussions des modifications sur la sécurité routière est menée. Cette évaluation peut, d'une manière simplifiée, s'appuyer sur les expériences des experts, mais il est plus objectif de procéder à une quantification quant aux répercussions sur la fréquence des accidents et leur degré de gravité.

De nombreuses recherches individuelles et recensements font état des corrélations nécessaires entre les paramètres des infrastructures ou les modifications des paramètres des infrastructures et de l'exploitation et les accidents, mais elles sont souvent spécifiques aux pays concernés et aux recherches respectives. Il est donc difficile de les utiliser pour une quantification. En s'appuyant sur des recherches existantes, l'objectif du présent travail de recherche était de chercher, d'exploiter et de développer des outils pour la quantification des répercussions de divergences et modifications influant sur la sécurité dans le cadre d'un audit de sécurité.

Résultats

Dans un premier temps, des listes de paramètres relatifs aux infrastructures et à l'exploitation, qui sont importantes pour la sécurité et pour lesquelles il existe des indications (valeurs normatives, valeurs indicatives, recommandations), ont été établies à partir de normes et de directives. Ces listes ont été complétées avec les exigences de sécurité pour chaque paramètre afin qu'elles puissent servir de listes de contrôle lors de l'évaluation relative à la sécurité.

Dans un deuxième temps, pour les paramètres établis concernant la sécurité et en se basant sur des recherches existantes, des corrélations avec l'accident ont été cherchées et analysées, permettant ainsi d'établir une première série de critères de quantification, représentant provisoirement un premier ensemble d'aides. À présent, il faut d'une part préciser les critères existants et d'autre part, de compléter le groupe de critères de quantification.

Listes de contrôle

Sur la base de normes et de recommandations, au total plus de 300 paramètres concernant la sécurité et relatifs aux infrastructures et à l'exploitation des aménagements routiers ont été constitués et classés dans 22 listes de contrôle. Ces dernières permettent la reconnaissance et l'évaluation quantitative et qualitative de différences entre les valeurs choisies issues des paramètres du projet et celles qui sont prévues ou recommandées ainsi qu'entre les valeurs choisies issues des paramètres du projet et les paramètres existants relatifs aux infrastructures et à l'exploitation des aménagements routiers actuels.

Critères de quantification

Les critères de quantification font état de deux formes très différentes. Des corrélations d'ordre fonctionnel entre des caractéristiques des accidents et les paramètres des infrastructures et de l'exploitation des aménagements routiers ont été démontrées. Elles permettent de rendre compte de divergences et changements quant à la sécurité routière et ainsi d'estimer la fréquence et le degré de gravité futurs des accidents. Par ailleurs, il existe de nombreux paramètres dont les informations sur les répercussions de modifications de l'infrastructure ou de l'exploitation n'étaient que des pourcentages globaux.

Les données relatives aux modifications survenues dans le cadre de l'accident sont des valeurs moyennes générales qui doivent être adaptées individuellement selon des évaluations correspondantes (expériences) en raison de la situation spécifique.

Summary

Motive of the research

A road safety audit is, according to the Swiss standard [SN 641 712, 2008], an additional evaluation of the changes of the road safety which is independent from the project planning. This evaluation can be based on the experience of experts, but a quantification of the changes of the accident frequency or the accident severity is more objective.

From different research projects or collections many correlations between parameters of infrastructure or changes of parameters of infrastructure or of traffic operation and accident parameters are known, but those are often country-specific or research-specific. Therefore it is difficult to use them for quantification. The aim of this research was, based on known research reports, to search, to analyse and to develop tools for the quantification of the effects of safety-relevant differences and changes in context of a road safety audit.

Results

The first step was to make lists of safety-relevant parameters of infrastructure and of traffic operation based on standards and guidelines. The lists were completed with the safety requirements for each parameter (standard value, guideline value, recommendation) and so these lists can be used as checklists for a safety audit.

The second step was to search and to analyze correlations between the defined safety-relevant parameters and accident parameters. Based on this, a first collection of quantification tools for Switzerland was developed. This is a temporary list of such tools which has to be specified and completed in the future.

Checklists

Based on standards and guidelines, more than 300 safety-relevant parameters of road infrastructure and traffic operation were compiled and structured in 22 checklists. With these checklists a quantitative and qualitative evaluation and an assessment of the differences between the elected and standard or recommended values or between the elected values in the project and the values in the present situation is possible.

Tools for quantification

There are in principle two different types of tools for quantification. On the one hand, correlations between accident risk and parameters of infrastructure and traffic operation could be identified. With these correlations it is possible to estimate the effects on the road safety, which means the accident frequency and severity in the future. On the other hand, there are percentage-values about the influence of changing a parameter of infrastructure and traffic operation.

The stated values of the changes of accidents parameters are average values which have to be adjusted with a corresponding evaluation (experience) in every specific situation.

1 Einleitung

1.1 Auftrag

1.1.1 Ausgangslage

In den Jahren 2002 bis 2007 wurde am Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme auf Basis der Resultate der vom Fonds für Verkehrssicherheit unterstützten Studie Verkehrssicherheitsbeurteilung (Road Safety Audit) [Lindenmann, 2002] eine neue Methode zur Sicherheitsüberprüfung von Projekten von Strassenverkehrsanlagen entwickelt. Das Verfahren definiert eine Methode zur Überprüfung der Anforderungen der Strassenverkehrssicherheit für alle Arten von Projekten für Ausbau, Korrektur, Veränderung, Erhaltung und Sanierung von Strassenverkehrsanlagen. Die Anwendung des Verfahrens stellt eine vom Projektverfasser unabhängige, ergänzende Beurteilung der Veränderungen der Verkehrssicherheit durch das Projekt dar. Dabei werden die Sicherheitsgewinne aber auch allfällige vorhandene Sicherheitsdefizite aufgezeigt und bewertet. Die Bewertung erfolgt in erster Linie anhand der Expertenerfahrung qualitativ. Sie kann zusätzlich durch Einsatz entsprechender Werkzeuge und Hilfsmittel quantitativ erfolgen.

Das Verfahren der die Projektfestlegungen ergänzenden Verkehrssicherheitsbeurteilung wurde im Jahr 2008 mit der Norm Sicherheitsaudit für Projekte von Strassenverkehrsanlagen [SN 641 712, 2008] eingeführt und zur breiten Anwendung empfohlen.

In fast allen europäischen und vielen weiteren Ländern weltweit bestehen Verfahren zur Prüfung und Beurteilung der Verkehrssicherheit für Projekte von Strassenverkehrsanlagen, so genannte Road Safety Audit-Verfahren. Sie verfolgen alle den gleichen Hauptzweck des Erkennens und Aufdeckens von Verkehrssicherheitsmängeln bei Projekten (Neubau, Ausbau und Sanierungen) von Strassenverkehrsanlagen. Es geht dabei zentral um Mängel an der Anlage und im Betrieb der Verkehrsanlagen und deren ungünstigen Auswirkungen auf die Verkehrssicherheit der Verkehrsteilnehmer. Sämtliche Verfahren basieren auf den zwei Grundsätzen, dass die Bewertung und Beurteilung durch langjährig erfahrene Experten (Auditoren) erfolgt und dass dabei spezifisch entwickelte Checklisten eingesetzt werden.

In der Schweiz erfreut sich die Anwendung des Verfahrens zunehmender Akzeptanz, insbesondere infolge der Einsicht, dass solche Zweitprüfungen und -beurteilungen (second opinion) in den meisten Fällen zweckmässige und wichtige Hinweise zur Optimierung der Verkehrssicherheit von Anlage und Betrieb liefern. Dies manifestiert sich auch an den seit 2008 in der deutschen und französischen Schweiz jährlich durchgeführten Ausbildungskursen zum Verfahren des Sicherheitsaudits für Projekte von Strassenverkehrsanlagen. Im Jahr 2009 erliess die Europäische Union eine für alle Mitgliedsländer verbindliche EU-Richtlinie [PE-CONS 3652/2/08, 2008], wonach die Ländern verpflichtet sind, Road Safety Audit-Verfahren festzulegen, einzuführen und als routinemässiges Mittel zur Verbesserung der Strassenverkehrssicherheit zur Anwendung vorzuschreiben.

Schon bei der Einführung des schweizerischen Verfahrens „Sicherheitsaudit für Projekte von Strassenverkehrsanlagen“ [SN 641 712, 2008] und zunehmend mit der Anwendung des Verfahrens wurde einerseits die Bedeutung der einzelnen sicherheitsrelevanten Elemente und Aspekte der Anlage und des Betriebes von Strassenverkehrsanlagen offensichtlich. Andererseits zeigte sich auch der Bedarf anhand der Prüfung mit Checklisten festgestellten Sicherheitsgewinne und -defizite zusätzlich quantitativ zu bewerten. Eine solche Quantifizierung ermöglicht eine noch objektivere Bewertung der Veränderungen und Auswirkungen auf die Verkehrssicherheit. Die Erarbeitung von Grundlagen für die Quantifizierung von Sicherheitsgewinnen und -defiziten bilden den zentralen Gegenstand des vorliegenden Forschungsprojektes. Im Verlaufe der Bearbeitung des Forschungsauftrages zeigte sich, dass als Vorarbeit eine Entwicklung von Checklisten der sicherheitsrelevanten Elemente der Strassenverkehrsanlage und deren Betrieb zwingend erforderlich wurde. Dies aus dem einfachen Umstand, dass sich eine Zusammenstellung von Quantifizierungsmassstäben direkt auf die Art der sicherheitsrelevanten Elemente, Aspekte und deren Zusammenhänge mit den Auswirkungen beziehen muss.

1.1.2 Zweck

Das Verfahren des Road Safety Audits erlaubt eine systematische Analyse der Auswirkungen eines Projekts auf die Verkehrssicherheit. Dabei werden die Unterschiede der Projektgrößen zu den entsprechenden Größen in den Strassenverkehrsnormen (Differenzen) und die Veränderungen der Größen des Projektes gegenüber der bestehenden Anlage inkl. des Betriebs aller sicherheitsrelevanten Elemente und Aspekte der Verkehrsanlage quantitativ oder zumindest qualitativ bestimmt.

Die zweite Aufgabe eines Road Safety Audits besteht in der Folge darin, die Auswirkungen der festgestellten Differenzen (Vergleich Projekt – Norm) und Veränderungen (Vergleich Ist-Zustand – Projekt) auf die Verkehrssicherheit zu beurteilen. Dies kann vereinfacht aufgrund der Expertenerfahrung erfolgen, objektiver fällt aber eine Quantifizierung direkt hinsichtlich Auswirkungen auf Unfallhäufigkeit und Unfallschwere aus. Ihr ist wenn immer möglich der Vorzug auch deshalb zu geben, weil damit der Ermessensspielraum im Einzelnen minimiert und bei der Gesamtbeurteilung optimiert werden kann. Die Quantifizierung der Auswirkungen anhand der Unfallkenngrößen Zahl der Unfälle und Zahl der Verunfallten erlaubt zudem die immer aktueller werdende monetäre Bewertung der Veränderungen des Unfallgeschehens (volkswirtschaftliche Kosten) in Gegenüberstellung der durch die Realisierung des Projektes anfallenden Investitionen.

Der Zweck der hier durchgeführten Forschungsarbeit bestand darin, Werkzeuge für die erwähnte Quantifizierung der Auswirkungen von sicherheitsrelevanten Differenzen und Veränderungen zu suchen (Literatur), auszuwerten und zu entwickeln (Analysen von Zusammenhängen von Anlage- und Betriebsgrößen mit Unfallkenngrößen) (vgl. Ziffer 2.1). Mit solchen Werkzeugen lässt sich die Beurteilung von Sicherheitsgewinnen und Sicherheitsdefiziten bei Projekten von Strassenverkehrsanlagen objektivieren, Auditresultate erhärten und die Akzeptanz von Audits steigern.

1.1.3 Bedarf und Notwendigkeit

Nebst der heute weit verbreiteten Anwendung der Verfahren des Road Safety Audits (RSA) wurden in den letzten Jahren auch im Rahmen von Forschungsaufträgen und wissenschaftlichen Veröffentlichungen immer häufiger einzelne quantitative Zusammenhänge zwischen Anlagegrößen bzw. Veränderungen von Anlage- und Betriebsablaufgrößen und dem Unfallgeschehen (vgl. u.a. Literaturverzeichnis) und ganze Sammlungen (Beispiele [Ogden, 1996], [Handke, 1997], [Elvik, 2004], [Harkey, 2008]) erarbeitet und veröffentlicht. Diese stellen ein zweckmässiges erstes Instrumentarium dar, das allerdings oft länder- oder untersuchungsspezifische Ergebnisse zeigt, welche aber zumindest eine generelle Aussage ermöglichen. Im Rahmen der vorliegenden Forschungsarbeit wurden einige als geeignet bewertete Grundlagen aus entsprechenden Literaturquellen entnommen und in die hier erarbeitete Sammlung (vgl. Ziffer 4) einbezogen.

Der Einsatz von Grundlagen (Werkzeugen) zur Quantifizierung vor allem von ungünstigen Auswirkungen eines Projektes auf die Verkehrssicherheit im Rahmen von Sicherheitsaudits von Strassenverkehrsanlagen steht heute noch am Anfang, erfreut sich aber wachsender Beliebtheit bei Verkehrssicherheitsfachleuten.

Mittels der Quantifizierung wird es möglich, die Bedeutung einzelner Auswirkungen deutlich besser zu erkennen und zu beurteilen und damit die Aussagekraft von Ergebnissen von Sicherheitsaudits zu stärken. Die damit verbundene erwünschte Akzeptanz zur routinemässigen Anwendung von Road Safety Audits führt zu einer Steigerung der Verbreitung des Verfahrens und bewirkt zunehmend eine Ausschöpfung von Potentialen der präventiven Erhöhung der Verkehrssicherheit.

1.2 Ziele

Das Ziel der Forschungsarbeit war die Erarbeitung bzw. Aufbereitung von Grundlagen zur Quantifizierung von durch Projekte für Aus-, Umbau, Sanierungen und Umgestaltungen von Strassenverkehrsanlagen hervorgerufenen Veränderungen der Verkehrssicherheit (Sicherheitsgewinne und Sicherheitsdefizite).

Zentral ist die Entwicklung resp. Aufbereitung von einfachen und direkt in der Praxis anwendbaren Werkzeugen und Hilfsmitteln zur quantitativen Bestimmung der Auswirkungen von Unterschieden des konkreten Projekts gegenüber Normwerten für Anlage und Betrieb bzw. Veränderungen der bestehenden Situation (Anlage und Betrieb) durch das Projekt auf die zukünftige Verkehrssicherheit.

Es betrifft bei der Anlage die sicherheitsrelevanten Grössen der Geschwindigkeit, der Linienführung, des Querschnitts, der Knotengestaltung, der Ausrüstung, der Sicherheitseinrichtungen für Zweiradfahrer und Fussgänger, der Strassenraum- und Betriebsgestaltung innerorts. Beim Betrieb handelt es sich um die sicherheitsrelevanten Grössen der Leistungsfähigkeit auf der freien Strecke, des Verkehrsablaufes und der Überlastungen an Knoten.

Dazu waren vorerst als Nebenziele Listen der Anlage- und Betriebsgrössen von Normen und Richtlinien, welche sicherheitsrelevant sind und zu welchen Festlegungen (Normwerte Richtwerte, Empfehlungen) vorliegen, zu entwickeln. Das zweite Hauptziel der Forschungsarbeit war dann, zu möglichst allen diesen Anlage- und Betriebsgrössen Zusammenhänge zwischen diesen Grössen und der Verkehrssicherheit, namentlich der Unfallhäufigkeit (Unfallzahl) und der Unfallschwere (Verunfalltenzahl) quantitativ aus eigens oder anderweitig durchgeführten Untersuchungen abzuleiten bzw. aufzubereiten. Durch Anwendung solcher allgemein gültiger Gesetzmässigkeiten lassen sich Auswirkungen von Differenzen (Projekt – Norm) und Veränderungen (Ist-Zustand – Projekt) auf die Verkehrssicherheit quantitativ bestimmen und damit objektiv beurteilen.

1.3 Abgrenzung

Die unter Ziffer 3.3 dargestellten Quantifizierungswerkzeuge sind in erster Linie aus anderweitig durchgeführten Untersuchungen und Forschungsarbeiten entnommene quantitative Zusammenhänge zwischen Anlage- und Betriebsgrössen zu einzelnen sicherheitsrelevanten Elementen und Aspekten von Strassenverkehrsanlagen und dem dazugehörigen Unfallgeschehen. Sie werden entsprechend referenziert. In zweiter Linie sind Quantifizierungsmassstäbe enthalten, welche durch eigene oder anderweitig durchgeführte Untersuchungen ergänzt oder weiterentwickelt wurden. In dritter Linie fanden weitere Quantifizierungswerkzeuge hier Eingang, welche aus eigens durchgeführten Untersuchungen und Forschungsprojekten ausgewertet, aufbereitet und eine zweckmässige Form entwickelt wurden. In jedem Fall wurden die Grundlagen dazu referenziert. Keiner der aufgeführten Quantifizierungsmassstäbe entstand im Sinne einer Grundlagenforschung im Rahmen des vorliegenden Projektes. Dies hätte naturgemäss den Rahmen dieser Forschungsarbeit gesprengt.

2 Vorgehen

2.1 Grundlagen

2.1.1 Fundamentalzusammenhänge MMA und AVU

In der Verkehrssicherheitsarbeit gilt der grundsätzliche Zusammenhang zwischen charakteristischen Grössen von menschlichen Verhaltensweisen (Mensch, M), Fahrzeugeigenschaften (Maschine, M) und Anlagemerkmale (A). Ebenso als unbestritten werden Zusammenhänge zwischen der Anlage, dem Fahrverhalten und dem Unfallgeschehen betrachtet. Beide fundamentalen Zusammenhänge sind eng miteinander verknüpft. Zu beiden Zusammenhängen wurden in den letzten Jahren im Rahmen von Überlegungen zur Verkehrssicherheit viele Untersuchungen durchgeführt, die konkrete, quantitative Zusammenhänge zwischen spezifischen Grössen aufzeigen. Der Zweck der Kenntnisse von solchen Zusammenhängen besteht naturgemäss darin, veränderbare Grössen so durch verschiedene Massnahmen zu beeinflussen, dass die Verkehrssicherheit erhöht werden kann. Solche allgemeingültigen, insbesondere quantitativen Zusammenhänge oder Grössen der Anlage und des Betriebes (kollektiver Verkehrsablauf) und dem Unfallgeschehen (Unfallhäufigkeit und Unfallschwere) stellen, entsprechend aufbereitet, Grundlagen zur Bewertung der Auswirkungen von Veränderungen an Anlage und Verkehrsablauf (auch bei Projekten für Ausbau, Sanierung, Umgestaltungen etc.) auf die Verkehrssicherheit (resp. das zukünftig zu erwartende Unfallgeschehen) dar.

2.1.2 VSS-Normen und weitere Richtlinien

Zur Planung, Projektierung, Ausführung, Betrieb und Erhaltung von Strassenverkehrsanlagen besteht ein umfassendes und laufend aktualisiertes und weiterentwickeltes Normenwerk als Leitlinie und Hilfsmittel für die entsprechenden Ingenieurarbeiten mit dem Ziel nebst einer zweckmässigen Ausgestaltung der Verkehrsanlagen vor allem sichere Strassenverkehrsanlagen zu entwerfen und zu bauen. Im Rahmen einer Forschungsarbeit [Lindenmann, 2006] wurden sämtliche bestehende SN-Normen hinsichtlich der sicherheitsrelevanten Festlegungen, Richtwerten, Empfehlungen durchleuchtet und die Aktualität aller sicherheitsrelevanter Angaben überprüft. Die bei dieser Arbeit enthaltenen sicherheitsrelevanten Grössen und Aspekte bildeten eine weitere wichtige Grundlage vor allem für die Entwicklung und Erarbeitung von Checklisten (vgl. Ziffer 3.2) zur Überprüfung von Projekten für Strassenverkehrsanlagen hinsichtlich der Verkehrssicherheit. Nebst dem einschlägigen Normenwerk der SN-Normen bestehen natürlich weitere Richtlinien und Empfehlungen in grosser Fülle. Auch hier sind Regelungen und Empfehlungen vorhanden, die sicherheitsrelevante Aspekte betreffen, zum Beispiel Empfehlungen für die Beleuchtung von Strassenverkehrsanlagen. Sie bildeten weitere Grundlagen für die vorliegende Forschungsarbeit.

2.1.3 Das Verfahren Sicherheitsaudit für Projekte von Strassenverkehrsanlagen SN 641 712

Die vorliegende Forschungsarbeit hat zum Ziel Grundlagen für die Quantifizierung von Sicherheitsgewinnen und -defiziten bei Projekten von Strassenverkehrsanlagen zu erarbeiten resp. zu entwickeln. Die anvisierten Werkzeuge und Instrumente für solche Quantifizierungen sollten auf die Anwendung des Verfahrens „Sicherheitsaudit für Projekte von Strassenverkehrsanlagen“ [SN 641 712, 2008] (siehe Abb. 2.1) zugeschnitten sein. Dies hiess, dass im Vordergrund Werkzeuge darzustellen waren, welche direkt zur Bewertung von Unterschieden von Projektwerten zu entsprechenden Normwerten bzw. von Veränderungen von Anlagegrössen durch entsprechende neue Projektgrösse verwendet werden können. Aus dieser Anforderung stellte das Road Safety Verfahren nach SN 641 712 die dritte wesentliche im Rahmen der vorliegenden Forschungsarbeit zu berücksichtigende Grundlage dar.

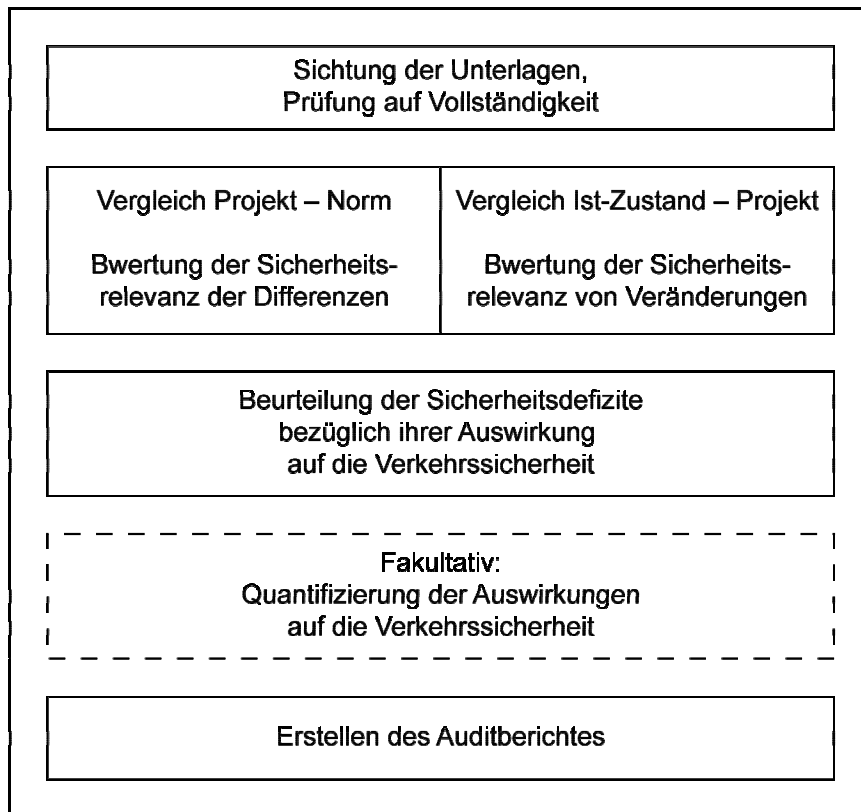


Abb. 2.1 Ablauf Verfahren Sicherheitsaudit für Projekte von Strassenverkehrsanlagen, [SN 641 712, 2008]

2.2 Methodik

2.2.1 Entwicklung der Checklisten

Während der Bearbeitung des Forschungsauftrages wurde deutlich ersichtlich, dass für die Anwendung von Quantifizierungsmassstäben im Rahmen von Sicherheitsaudits (Verfahren SN 641 712) vorab eine Sammlung der die Anlage und Betrieb gemäss Projekt beschreibenden, hier einzig und alleine sicherheitsrelevanten, Grössen und Merkmale Voraussetzung bildete. Dies erforderte vorerst eine systematische Gliederung von Anlage und Betrieb und danach die Zuordnung aller sicherheitsrelevanten Grössen. Ohne solche gegliederten Checklisten bliebe die Wahl der zu prüfenden Aspekte weitgehend dem Ermessen des Prüfers (Auditor) und auch dem Zufall überlassen. Der Einsatz von entsprechend umfassenden Checklisten hilft, dass die Sammlung der Grössen zumindest durchgearbeitet und dann die zutreffenden Aspekte möglichst vollständig zur Beurteilung herangezogen werden.

Die Anwendung der als Hauptziel der vorliegenden Forschungsarbeit gesuchten resp. zu erarbeitenden Quantifizierungsmassstäbe und -hilfsmittel benötigen zwingend qualitativ oder quantitativ bestimmte Unterschiede zwischen Projektgrössen und Normwerten bzw. Veränderungen von Werten der Anlage- und Betriebsgrössen der bestehenden Anlage und dem Projekt. Die sicherheitsmässige Bewertung dieser Unterschiede und Veränderungen erfolgt erst mit dem Quantifizierungswerkzeug und -hilfsmittel.

Die Checklisten enthalten für die sicherheitsrelevanten Grössen konkrete Richtwerte und Empfehlungen mit Angabe der Referenz (siehe Abb. 2.2). Dies musste anhand des VSS-Normenwerkes und weiterer relevanter Richtlinien und Empfehlungen erarbeitet werden.

Anlage- oder Betriebsbereich			
Sicherheitsrelevante Grösse	Anforderung allgemein	Richtwert, Grenzwert, Empfehlung	Referenz (Norm)

Abb. 2.2 Gliederung der Checklisten

2.2.2 Anforderung an die Quantifizierungsmassstäbe

Zentraler Inhalt von Quantifizierungsmassstäben sind Zusammenhänge zwischen Anlage- und Betriebsgrössen einzelner Elemente von Strassenverkehrsanlagen und dem Unfallgeschehen. Allgemein gültige Zusammenhänge und Gesetzmässigkeiten sind einerseits aus vielen, Zwecks der Erhöhung der Verkehrssicherheit, durchgeführten Untersuchungen zu einzelnen Merkmalen von Anlage und Betrieb von Strassenverkehrsanlagen bekannt. Andererseits bestehen auch Sammlungen von solchen Zusammenhängen in Büchern. In erster Linie aus diesem Fundus wurden geeignete, zweckmässige und für die Schweiz zutreffende Grundlagen herausgefiltert und teilweise neu aufbereitet. Bei der Aufarbeitung ergaben sich u.a. Schwierigkeiten der Vergleichbarkeit von verschiedenen Untersuchungen aufgrund der zeitlichen Durchführung oder auch durch die uneinheitliche Verwendung von Unfallkenngrössen. Dadurch musste z.B. die Zahl der Unfälle mit der Zahl der Unfälle mit Personenschaden verglichen werden. Einige Grundlagen konnten aus eigens durchgeführten Untersuchungen entnommen und aufbereitet werden. Schliesslich wurden aus geeigneten und relevanten Forschungsarbeiten und Untersuchungen auch einige Zusammenhänge neu entwickelt.

Sämtliche im Rahmen der vorliegenden Forschungsarbeit aufgezeigten Quantifizierungsmassstäbe und deren Grundlage sind entsprechend referenziert.

Die erarbeiteten Zusammenhänge unterscheiden sich einerseits im Detaillierungsgrad, welcher stark von den vorhandenen Quellen und Grundlagen abhängt. Andererseits unterscheiden sie sich in der Art, wie die Zusammenhänge dargestellt werden können. Dabei wurden u.a. folgende Darstellungen verwendet:

- Verlaufskurven für die Abhängigkeit des Unfallgeschehen von einer Anlage- oder Betriebsgrösse
- Balkendiagramme für die Darstellung von Unterschieden im Unfallgeschehen bei verschiedenen Werten einer Anlage- oder Betriebsgrösse
- Tabellen für Veränderungen im Unfallgeschehen in Abhängigkeit von Veränderungen an der Anlage oder im Betrieb

3 Ergebnisse

3.1 Vorbemerkungen und Einschränkungen

3.1.1 Grundsatz

Im Rahmen des vorliegenden Forschungsauftrages wurden zwei praktische Werkzeuge und Hilfsmittel für die Überprüfung von Projekten für Strassenverkehrsanlagen hinsichtlich, und hier ausschliesslich, Verkehrssicherheit erarbeitet. Es sind dies:

- 22 Checklisten für sicherheitsrelevante Elemente und Aspekte der Anlage und des Betriebs von Strassenverkehrsanlagen. Sie enthalten mehr als 300 Einzelgrössen mit Richtwerten oder Empfehlungen. Sie gestatten die quantitative und qualitative Erkennung und Bewertung von Unterschieden (Differenzen) zwischen gewählten Werten von Projektgrössen und den vorgeschriebenen resp. empfohlenen Werten bzw. den Veränderungen zwischen den gewählten Werten der Projektgrössen und den vorhandenen Anlage- und Betriebsgrössen der bisher bestehenden Strassenverkehrsanlage.
- 28 Quantifizierungsmassstäbe zur quantitativen Bestimmung der Auswirkungen von festgestellten Unterschieden bzw. Veränderungen auf das zukünftig zu erwartende Sicherheitsniveau durch die Realisierung des Projektes. Die Abschätzung wird in der Regel auf die Unfallkenngrössen Zahl der Unfälle, Zahl der Verunfallten und auch auf relative Unfallkenngrössen wie Unfallraten und Unfallziffer zurückgeführt. Damit ist auch die Voraussetzung für eine monetäre Bewertung der Auswirkungen (Volkswirtschaftliche Kosten [Sommer, 2007] geschaffen.

Die beiden im Folgenden dargestellten Grundlagen stellen einen momentanen Stand der Entwicklung und des Wissens dar. Die Entwicklung der Checklisten ist nicht abgeschlossen und ist in der Zukunft periodisch zu aktualisieren (aufgrund von Veränderungen in Normen). Die Sammlung der Quantifizierungsmassstäbe stellt eine erste Basis dar, die durch entsprechende Recherchen, Auswertungen von weiteren Untersuchungen und weiteren Auswirkungen laufend ergänzt und erweitert werden kann und sollte.

3.1.2 Anwendungen

Beide oben genannten Werkzeuge – Checklisten und Quantifizierungsmassstäbe – lassen sich unabhängig bei verschiedenen Verfahren und Methoden von Verkehrssicherheitsprüfungen und -beurteilungen einsetzen. Damit gestatten sie eine breite Anwendung bei der Sicherheitsarbeit bei Tiefbau- und Strassenverkehrsämtern sowie bei entsprechenden Dienststellen der Polizei, aber auch bei kommunalen Ämtern und Behörden, die sich mit der Sicherheitsbeurteilung von Projekten für Strassenverkehrsanlagen beschäftigen.

Ganz speziell eignen sich die beiden Werkzeuge aber zur Anwendung beim Einsatz des Verfahrens Sicherheitsaudit für Projekte von Strassenverkehrsanlagen [SN 641 712, 2008].

Die Verwendung und die Beurteilung der mit diesen Grundlagen herbeigeführten Resultate erfordert – es sei hier deutlich darauf hingewiesen – einerseits einschlägiges Fachwissen auf den Gebieten der Projektierung, Gestaltung und Betrieb von Strassenverkehrsanlagen. Andererseits ist zusätzliches Fachwissen auf dem Gebiet der Auswertung, Analyse und Beurteilung von Veränderungen im Unfallgeschehen bzw. auf dem Gebiet der Verkehrssicherheit Voraussetzung. Der Einsatz insbesondere der Quantifizierungsmassstäbe muss zur Vermeidung von Fehlschätzungen sehr sorgfältig und umsichtig durchgeführt werden und ist relativ komplex.

3.2 Checklisten

3.2.1 Struktur und Inhalt

Im Folgenden sind die erarbeiteten Checklisten zusammengestellt. Ihre Struktur ist für sämtliche zehn Bereiche einheitlich aufgebaut. Der Tabellenkopf enthält den Checkbereich der Anlage bzw. des Betriebs (Bereiche 1 bis 10). Die Bereiche sind weiter nach den jeweiligen Bedürfnissen in Unterbereiche gegliedert.

Die Checklistenstruktur enthält stets die folgenden vier Spalten, welche bei der Sicherheitsprüfung Zeile für Zeile von links nach rechts abgearbeitet werden können.

Grösse: In der ersten Spalte sind die sicherheitsrelevanten Anlage- und Betriebsgrössen in verwandte Gruppen gegliedert. Die Bezeichnungen sind weitestgehend identisch mit denjenigen, wie sie in Normen (SN-Normen), Richtlinien und Empfehlungen enthalten sind.

Anforderungen: Die zweite Spalte enthält die für die bestimmte Grösse vorhandenen Anforderungen aus Sicherheitsgründen in allgemeiner Schreibweise bzw. als Gesetzmässigkeit. In der Regel sind entsprechende Formeln resp. Gleichungen in abgekürzter Form angegeben. Wo dies nicht möglich ist, sind verbal beschriebene Anforderungen enthalten.

Richtwert / Grenzwert: Die dritte Spalte enthält die quantitativen oder qualitativen Grenz- und Richtwerte für die in der zweiten Spalte aufgezeigten Anforderungen. Dabei werden oft, wie das die Normen auch zeigen, Wertebereiche angegeben. Die Anforderung kann auch verbal umschrieben sein.

Norm, Quelle: In der vierten Spalte sind die Quellenverweise für die Angaben von Grösse, Anforderung und Richtwert / Grenzwert zusammengestellt. In der Regel sind exakte Quellenangaben (z.B. entsprechende SN-Normen) vorhanden. An verschiedenen Stellen wurden auch „Empfehlungen“ verwendet. Solche Empfehlungen sind meistens ebenfalls aus den entsprechenden Normen entnommen. Es kann sich aber auch um Erfahrungswerte der Praxis handeln, welche sich im Verlauf der Zeit als zweckmässig herausgestellt haben.

3.2.2 Checklisten für 10 Bereiche

Zur Übersicht werden im Folgenden die Struktur des Checklistenpaketes und die entsprechende Gliederung gezeigt. Im Anschluss daran sind die einzelnen Checklisten enthalten.

1. Geschwindigkeit
 - 1.1 Ausbau- und Projektierungsgeschwindigkeit, Geschwindigkeitstypen
2. Linienführung
 - 2.1 Horizontale Linienführung (HLFR)
 - 2.2 Vertikale Linienführung (VLFR)
 - 2.3 Räumliche (RLFR) und optische (OLFR) Linienführung
 - 2.4 Strassenraumgestaltung innerorts
 - 2.5 Tunnel
3. Querschnitt
 - 3.1 Geometrisches Normalprofil und Sichtfeld
4. Knoten
 - 4.1 Einmündungen, Kreuzungen, Kreisel
 - 4.2 Knoten mit Lichtsignalanlagen
 - 4.3 Kreuzungsfreie Knoten
5. Fahrbahnoberfläche
 - 5.1 Oberflächeneigenschaften
6. Strassenausrüstung
 - 6.1 Signale
 - 6.2 Markierungen
 - 6.3 Leiteinrichtungen
 - 6.4 Rückhaltesysteme
 - 6.5 Beleuchtung
 - 6.6 Tunnel
7. Verkehrsablauf
 - 7.1 Freie Strecke
 - 7.2 Knoten
8. Fussgänger- und Zweiradverkehrseinrichtungen
 - 8.1 Fussgängeranlagen
 - 8.2 Fussgängerstreifen
 - 8.3 Zweiradverkehrsanlagen
9. Zonen mit Verkehrseinschränkungen
 - 9.1 Zonen Tempo 30 und Begegnungszonen
10. Bepflanzung
 - 10.1 Bepflanzung auf Strassen ausserorts
 - 10.2 Umgebung

GESCHWINDIGKEIT		1.1
Ausbau- und Projektierungsgeschwindigkeit, Geschwindigkeitstypen		
Grösse	Anforderung	Richtwert / Grenzwert
Ausbaugeschwindigkeit	$V_A = f(\text{Streckentyp, Ortslage})$	$V_{A \text{ HLS a.o.}} = 80 - 120 \text{ km/h}$ $V_{A \text{ HLS l.o.}} = 60 - 100 \text{ km/h}$ $V_{A \text{ HVS a.o.}} = 60 - 80 \text{ km/h}$ $V_{A \text{ HVS l.o.}} = 40 - 60 \text{ km/h}$ $V_{A \text{ VS a.o.}} = 50 - 80 \text{ km/h}$ $V_{A \text{ VS l.o.}} = 40 - 60 \text{ km/h}$ $V_{A \text{ min HLS}} = 60 \text{ km/h}$
Projektierungsgeschwindigkeit	$V_{A \text{ min HLS}} = \text{minimale Höchstgeschwindigkeit}$ $V_{A \text{ max}} = f(\text{Limite})$ $V_{A \text{ max ss, Es}} = f(Q, \text{Betriebsform})$ $V_P = f(R, V_A, V_Z)$	$20 \text{ km/h} \leq V_{A \text{ max}} \leq 50 \text{ km/h}$ $V_P = \sqrt{127 \cdot R(f_r - p)}$ $V_P \geq V_A$
- Zone Tempo 30 - Begegnungszone Limiten / Generelle Höchstgeschw.	$V_{P \text{ max Zone Tempo 30}} = f(S_A)$ $V_{P \text{ max Begegnungszone}} = f(S_A)$ $V_Z = f(\text{Strassenkategorie, Ortslage})$	$S_{A \text{ min}} \geq 25 \text{ m}$ $S_{A \text{ min}} \geq 15 \text{ m}$ $V_Z \text{ Autobahn} = 120 \text{ km/h}$ $V_Z \text{ Autostrassen} = 100 \text{ km/h}$ $V_Z \text{ a.o.} = 80 \text{ km/h}$ $V_Z \text{ l.o.} = 50 \text{ km/h}$ $V_Z \text{ Tempo 30 Zonen} = 30 \text{ km/h}$ $V_Z \text{ Begegnungszonen} = 20 \text{ km/h}$
Örtlich abweichende Limiten	$V_Z \text{ abw.} = f(\text{Sicherheit, Umwelt})$	$V_Z \text{ abw. Autobahn} = 100, 90, 80, 70, 60 \text{ km/h}$ $V_Z \text{ abw. Autostr.} = 90, 80, 70, 60 \text{ km/h}$ $V_Z \text{ abw. a.o.} = 90, 80, 70, 60, 50, 40 \text{ km/h}$ $V_Z \text{ abw. l.o.} = 40, 30, 20 \text{ km/h}$
Geschwindigkeitstypen	$v\text{-Verteilung} = f(\text{Strassentyp})$ $V_{\text{empfohlen}} = V_m = S$	SN 640 080b, Ziff. 4 SN 640 080b, Ziff. 4 SN 640 080b, Ziff. 4 SN 640 080b, Ziff. 4 SN 640 080b, Ziff. 4 SN 640 080b, Ziff. 4 SSV Art. 108 VRV Art. 4a SN 640 080b, Ziff. 4 SN 640 080b, Ziff. 5 SN 640 080b, Ziff. 3 SN 640 213, Ziff. 6 SN 640 213, Ziff. 6 VRV Art. 4a VRV Art. 4a VRV Art. 4a VRV Art. 4a SSV Art. 22a SSV Art. 22b SSV Art. 108 SSV Art. 108 SSV Art. 108 SSV Art. 108 [Zuberbühler 1993] [Zuberbühler 1993]

LINIENFÜHRUNG			2.1
Horizontale Linienführung (HLFR)			
Grösse	Anforderung	Richtwert / Grenzwert	Norm, Referenz
Elemente Gerade	$L_G > L_{Gmin} = f(v_P)$ $L_G < L_{Gmax} = f(v_P)$	$L_G \leq 15 \cdot v_P$	SN 640 100a, Ziff. 3 SN 640 100a, Ziff. 3
Kreisbogen	$R > R_{min} = f(v_P)$ $R > R_{min}$ $L_R > L_{Rmin} = f(v_P)$	$R > 20m$	SN 640 100a, Ziff. 4 Empfehlung SN 640 100a, Ziff. 4
Übergangsbogen - Klothoide	$A > A_{min} = f(v_P)$ $R/3 \leq A \leq R$		SN 640 100a, Ziff. 6 SN 640 100a, Ziff. 6
- Symm. Wendelinie - Assym. Wendelinie - Korbogen - Scheitelklothoide	$R_{klein}/3 \leq A \leq R_{gross}$ $2/3 < A_1/A_2 < 3/2$ $R_{-1} < R_0 > R_1$	Vermeiden Vermeiden	SN 640 100a, Ziff. 7 SN 640 100a, Ziff. 7 Empfehlung SN 640 100a, Ziff. 9
Elementfolgen Geschwindigkeitsdifferenzen	$\Delta V_{G-R} \leq \Delta V_{G-Rmax}$	$\Delta V_{G-R} = 5km/h$ (HVS, SS) $\Delta V_{G-R} = 10km/h$ (HLS)	SN 640 080b, Ziff. 11 SN 640 080b, Ziff. 11
- Gerade – Radius	$\Delta V_{R-R} \leq \Delta V_{R-Rmax}$	$\Delta V_{R-R} = 10km/h$ (HVS, SS) $\Delta V_{R-R} = 15km/h$ (HLS)	SN 640 080b, Ziff. 11 SN 640 080b, Ziff. 11
- Radius – Radius	$D_T = f(v_1, v_2) > S_A$ $L_R : L_G \leq Q$	$0.5 \leq Q \leq 2.0$	SN 640 080b, Ziff. 11 Empfehlung
Übergangslänge Projektorungslänge Radius - Gerade			
Sichtweiten Anhaltesichtweite	$S_A = f(v_P, i, Typ)$ $S_A (ES) \geq S_{Amin} (ES)$	$V_z = 50 km/h$; $S_A (ES) \geq 25m$ $v_P = 80 km/h$; $S_{\dot{u}} = 550m$ $v_P = 100 km/h$; $S_{\ddot{u}} = 625m$	SN 640 090b, Ziff. 6 SN 640 213, Ziff. 6 SN 640 090b, Ziff. 8
Überholtsichtweite	$S_{\ddot{u}} = f(v_P)$		
Verbreiterungen Kurvenverbreiterung	$e = f(R_a, Strassentyp)$		SN 640 105b, Ziff. 6

LINIENFÜHRUNG		2.2
Vertikale Linienführung (VLFR)		
Grösse	Anforderung	Richtwert / Grenzwert
Elemente Langsneigung Randgefälle Fallliniengefälle Kuppe Wanne	$i \leq i_{\max} = f(v_A)$ $i \geq i_{\min}$ $i_R \geq i_{R\min}$ $q \leq q_{\max} = f(\text{Lage})$ mit SL: $S_{\text{vorn}} = f(R, \Delta i) \geq S_A = f(v_P, i, \text{Typ})$ ohne SL: $S_{\text{vorn}} = f(R, i) \geq S_U$ $R_{VK} > R_{VK\min} = f(v_P)$ $R_{VK} > R_{VK\text{klein}}$ $R_{VW} > R_{VW\min} = f(v_P)$ $R_{VW} > R_{VW\text{klein}}$	Norm, Referenz SN 640 110, Ziff. 4 SN 640 110, Ziff. 5 Empfehlung SN 640 120, Ziff. 9 SN 640 110, Ziff. 8 Empfehlung SN 640 110, Ziff. 7 SN 640 110, Ziff. 10 SN 640 110, Ziff. 7 SN 640 110, Ziff. 10
Elementfolge Ausrundung und konst. Gefälle Überholfahrstreifen Zusatzstreifen	Abstand Wanne - Kuppe Notwendigkeit = $f(\text{MSV}, \% \text{-LW}, i, S_U) = f(v_{LW \min})$	$i \geq 0.5\%$ $i_R \geq 0.3\%$ $R_{VK\text{klein}} \geq 20m$ $R_{VW\text{klein}} \geq 40m$ $>> 0$ Empfehlung SN 640 138b

LINIENFÜHRUNG		2.4	
Strassenraumgestaltung innerorts			
Grösse	Anforderung	Richtwert / Grenzwert	Norm, Referenz
<p><i>Strassenraumgestaltung</i></p> <p>City Städtisch Ländlich, ausserhalb Ortskerngebiet Ländlich, innerhalb Ortskerngebiet</p> <ul style="list-style-type: none"> - Einfahrtstore - Raumkammerung - Verzahnung - Signalisation und Markierung - FG-Querungsbereiche - Bepflanzung - Beleuchtung 	<p>= f(Bedürfnisse, Bebauung, Umwelt) = f(Verkehr, Umwelt) = f(Verkehr)</p> <p>Unterbruch Durchsicht $L \leq L_{min}$ Minderung Bandwirkung der Fahrbahnränder und rückseitigen Trottoirränder minimal (Vortritt, Parkierung, FG-Streifen) $B \geq B_{min}$ Raumbildung und Raumgliederung Sichtfeld einhalten (vgl. 3.1) Auf siedlungsorientierten Strassen keine durchlaufende Beleuchtung.</p>	<p>vgl. 3.1</p> <p>$L \leq 80m$, zwischen Knoten Strassenbreite minimal und verzahnte Seitenbereiche $B \geq 3m$</p>	<p>SN 640 201</p> <p>SN 640 212, Ziff. 4 Empfehlung Empfehlung</p> <p>SN 640 212, Ziff. 18 Empfehlung SN 640 212, Ziff. 14</p> <p>SN 640 212, Ziff. 19</p>

LINIENFÜHRUNG		2.5	
Tunnel	Anforderung	Richtwert / Grenzwert	Norm, Referenz
Grösse			
Geometrie und Abmessungen	gekrümmt, Blendung vermeiden		SIA 197/2, 8.2.1.2
Horizontale Linienführung	Gerade Strecken > 3 km vermeiden Tunnel mit L < 200 m in Geraden legen		SIA 197/2, 8.2.1.3
Längsneigung	$i \leq i_{\max}$	$i \leq 5\%$	SIA 197/2, 8.2.1.4
Knoten	Bei Knoten im Portalbereich Nachweis, dass kein Rückstau in Tunnel		SIA 197/2, 8.2.2.2
Bankett	$b_B \geq b_{B \min}$ $h \geq h_{\min}$ (lichte Höhe über Bankett)	$b_B \geq 1.00 \text{ m}$ $h \geq 2.00 \text{ m}$	SIA 197/2, 8.5.2.1 SIA 197/2, 8.5.2.2

QUERSCHNITT			3.1
Geometrisches Normalprofil und Sichtfeld			
Grösse	Anforderung	Richtwert / Grenzwert	Norm, Referenz
<i>Geom. Normalprofil (Breiten)</i>			
Grundabmessungen	= f(Verkehrsteilnehmer)	FG,ZR: 0.6m, PW: 1.8m, LW: 2.5m	SN 640 201, Ziff. 3
Bewegungsspielraum	= f(v, Fahrzeugart)	= 0 – 0.4m	SN 640 201, Ziff. 4
Sicherheitszuschlag	= f(Fahrzeugart)	= 0.2 – 0.3m	SN 640 201, Ziff. 5
Gegenverkehrszuschlag	= f(v, Fahrzeugart)	= 0 – 0.5m	SN 640 201, Ziff. 7
Zusätzliche lichte Breite	= f(Ausrüstung (Signale, Leiteinrichtungen, ...))		SN 640 201, Ziff. 9
<i>Geom. Normalprofil (Höhen)</i>			
Allgemein	Normal, Minimal, Ausnahmetransport.-Routen	4.5m, 4.2m, 5.1m/5.5m	
Grundabmessungen	= f(Verkehrsteilnehmer)	FG,ZR: 2.0m, PW: 1.8m, LW: 4.0m	SN 640 201, Ziff. 3
Bewegungsspielraum	= f(v, Fahrzeugart)	= 0.1 – 0.3m	SN 640 201, Ziff. 4
Sicherheitszuschlag	= f(Fahrzeugart)	= 0.2 – 0.25m	SN 640 201, Ziff. 5
<i>Geom. Normalprofil (Spez. Streifen)</i>			
Standstreifen	Normal, Ausnahme, Brücken	2.5m; 2.0m; 3.0 – 3.5m	SN 640 201, Anhang 2
Ausstellbuchten	Normal, Tunnel	2.5m; 3.0m	
Parkstreifen	Normal, Minimal inkl. Markierung	1.9m, 1.8m	
Busstreifen	Normal, Minimal inkl. Markierung	3.5m; 3.0m (3.2m)	
Trennstreifen	Normal, zu Tram/Bahn	1.0m; 1.5m	
Mittelstreifen	Autobahn, ausserorts, innerorts	3.5m; 2.0m; 1.0m	
Bankett	Normal, Minimal	1.0m; 0.5m	
<i>Geom. Normalprofil (Querneigung)</i>			
Quergerfälle in Geraden	Art = f(Strasstyp, QS, Lage) p = f(ausserorts/innerorts, Art) p = f(R, Strasstyp, Lage)	p = 3.0% (2.5%) p = 7% (a.o., R ≤ 450m) p = 5% (i.o., R ≤ 90m) Normalfall: in Strassenachse 0.3%, 1.5% (bei AB 1.0%)	SN 640 120, Ziff. 4 SN 640 120, Ziff. 5 SN 640 120, Ziff. 7
Quergerfälle in Kurven			
Drehachse	= f(Strasstyp, Art Übergang)		SN 640 120, Ziff. 15
Quergerfallsänderung	= f (Art Übergang, q); Minimal, Maximal		SN 640 120, Ziff. 16
<i>Sichtfeld</i>			
freizuhaltendes Sichtfeld (B, H)	B bzw. H = f (R, S _A bzw. S _ü , i bzw. R _v)	Örtliche Bestimmung erforderliches Sichtfeld aus HLFR + VLFR	Empfehlung

KNOTEN			4.1
Einmündungen, Kreuzungen, Kreisel	Anforderung	Richtwert / Grenzwert	Norm, Referenz
Grösse			
Knoten in einer Ebene			
Fahrstreifenbreiten	$B = f(\text{Lage, Art Vorsortierung})$		SN 640 262, Ziff. 4
Knotensichtweite	$A = f(v, \text{Lage, Strassentyp, i, LW-\%})$	50km/h: $A = 50 - 70\text{m}$; 80km/h: $A = 120 - 140\text{m}$	SN 640 273, Ziff. 7
Verziehung	$L_v = f(v_p, d')$ $L_v > L_{vmin}$	Rechtsvortritt, $\leq 50 \text{ km/h}$: $A = 20 - 25\text{m}$	Empfehlung bfu
Vorsortierstreifen	$L_p = f(v_p, \text{Lage})$ $L_R = f(v_p, i)$ $L_s = f(\text{Grösse Abbiegeverkehr und vortrittsberechtigtem Gegenverkehr})$	$L_p > 20\text{m}$ $L_p = 30\text{m (20m) (a.o.)}$; $L_p = 20\text{m (i.o.)}$	SN 640 262, Ziff. 5 SN 640 262, Ziff. 5 SN 640 262, Ziff. 6 SN 640 262, Ziff. 6 SN 640 262, Ziff. 6
Geometrie der Strassenränder	$L_s \geq L_{smin}$ $R_1 : R_2 : R_3 = (2-3) : 1 : (3-5)$	$L_s \geq 12\text{m}$ $R_2 = 8 - 10 \text{ m (Rechtseinbiegen)}$; $R_2 = 10 - 12 \text{ m (Rechtsabbiegen)}$	SN 640 262, Ziff. 7
Inseln	$R > R_{min}$ Nachweis Schleppkurve $B > f(\text{Lage, Benutzer})$ $L_{Treninsel} > L_{Treninsel,min} = f(\text{Lage})$	$R_{min} = 6\text{m}$ $B_{min} = 1.20\text{m}$; $B_{min Fe} = 1.50\text{m}$ $L_{Treninsel} > 30\text{m (i.o.)}$; $L_{Treninsel} > 50\text{m (a.o.)}$	SN 640 262, Ziff. 7 SN 640 271a SN 640 262, Ziff. 11 SN 640 262, Ziff. 11 SN 640 262, Ziff. 11
	$L_{Leitinsel} > L_{Leitinsel,min}$ $L_{Schutzinsel} > L_{Schutzinsel,min}$	$L_{Leitinsel} > 3.0\text{m}$ $L_{Schutzinsel} > 4.5\text{m}$	SN 640 262, Ziff. 12 SN 640 262, Ziff. 13
Knoten mit Kreisverkehr			
Einfahrtsbereich			
- Fahrstreifenbreite	$b_e = f(v_{zufahrt} (< 30\text{km/h}))$	$b_e = 3.0 - 3.5\text{m (einstreifig)}$	SN 640 263, Ziff. 5
- Knotensichtweite	$A = f(v_{kreis}, \text{Lage, Strassentyp, i, LW-\%})$	$b_e \leq 6.0\text{m (zweistreifig)}$	SN 640 273, Ziff. 7
- Einfahrtsradius	$R_{e2} = f(\text{Lage})$	30km/h: $A = 20 - 35\text{m}$ $R_{e2} \approx 12.0\text{m (a.o.)}$; $R_{e2} \approx 10.0\text{m (i.o.)}$	SN 640 263, Ziff. 6 SN 640 263, Ziff. 7
- Einfahrtswinkel		$\alpha = 80 - 90\text{gon}$	
Kreiselfahrbahn			
- Aussendurchmesser	$b_k = f(\text{massgebende Fahrzeugart, } R_a)$	$R_a = 26 - 35\text{m (i.o.)}$; $R_a = 30 - 40\text{m (a.o.)}$	SN 640 263, Ziff. 11 SN 640 263, Ziff. 12 SN 640 263, Ziff. 13
- Breite Kreiselfahrbahn		$\beta \geq 45\text{gon}$	
- Ablenkungswinkel			
Ausfahrtsbereich			
- Fahrstreifenbreite	$b_a = f(v_{ausfahrt} (\approx 35\text{km/h}))$	$b_a = 3.5 - 4.5\text{m}$	SN 640 263, Ziff. 15
- Ausfahrtsradius	$R_{a2} = f(\text{Lage})$	$R_{a2} \approx 14.0\text{m (a.o.)}$; $R_{a2} \approx 12.0\text{m (i.o.)}$	SN 640 263, Ziff. 16

KNOTEN mit Lichtsignalanlagen			4.2
Grösse	Anforderung	Richtwert / Grenzwert	Norm, Referenz
Fahrstreifenbreiten Knotensichtweite Verziehung Stauraumlänge Geometrie der Strassenränder	$B = f(\text{Verkehrsablauf})$ $S = f(v, \text{Lage, Strassentyp, i, LW-Anteil})$ $L_y > L_{ymin}$ (ohne Ausscherbereich, Zwickel) $L_s = f(w)$ $R_1 : R_2 : R_3 = (2-3) : 1 : (3-5)$	wie signalisierter Vortritt (vgl. 4.1) $L_{ymin} = 20\text{m}$ (vgl. 7.2) $R_2 = 8 - 10 \text{ m}$ (Rechtseinbiegen); $R_3 = 10 - 12 \text{ m}$ (Rechtsabbiegen) $R_{min} = 6\text{m}$	SN 640 835, Ziff. 6 SN 640 273, Ziff. 7 SN 640 262, Ziff. 5 SN 640 262, Ziff. 7 SN 640 262, Ziff. 7 SN 640 271a
Inseln	$R > R_{min}$ Nachweis Schleppkurve In der Regel keine Inseln, Ausnahme FG-Inseln, $B > B_{min, FG}$ $L_{\text{Schutzinsel}} > L_{\text{Schutzinsel, min}}$	$B_{min, FG} = 1,50\text{m}$ $L_{\text{Schutzinsel, min}} = 4,5\text{m}$	SN 640 262, Ziff. 11 SN 640 262, Ziff. 13
Haltelinien - FG-Streifen vor Haltelinie - Vorgezogene Haltelinie (ZR) - Ausgeweitete Radstreifen	$T \geq T_{min}$ $T_{\text{auf, min}} \leq T_{\text{auf}} \leq T_{\text{auf, max}}$	$T \geq 2,0\text{m}$ $4,0\text{m} \leq T_{\text{auf}} \leq 6,0\text{m}$	SN 640 241, Ziff. 9 SN 640 252, Ziff. 6 SN 640 252, Ziff. 6

KNOTEN		Anforderung	Richtwert / Grenzwert	Norm, Referenz	4.3
Kreuzungsfreie Knoten					
Grösse					
Verzögerungstreifen		$B = f(\text{Massg. Begegnungsfall, } v = 0.75 \cdot v_P)$ $L = L_D + L_R = f(v_P, v_S, i)$		SN 640 261, Ziff. 4 SN 640 261, Ziff. 5	
Beschleunigungstreifen		$B = f(\text{Massg. Begegnungsfall, } v = 0.75 \cdot v_P)$ $L = L_A + L_M + L_E = f(v_P, v_E, i)$ $L \leq L_{\max}$	$L_{\max} = 300\text{m} (= 75\text{m} + 150\text{m} + 75\text{m})$	SN 640 261, Ziff. 4 SN 640 261, Ziff. 6 SN 640 261, Ziff. 6	
Verziehung Inseln, Sperrflächen		$L_V = f(v_P, d')$	$L_N = 50 - 100\text{m}$	SN 640 261, Ziff. 8 SN 640 261, Ziff. 11	

FAHRBAHNBEREICHEN		5.1
Oberflächeneigenschaften		
Grösse	Anforderung	Richtwert / Grenzwert
Wasserabfluss Quergerfälle Längsneigung Randgerfälle Fallliniengerfälle	$p \geq p_{min}$ $i \geq i_{min}$ $i_R \geq i_{Rmin}$ $f \geq f_{min}$	$p \geq 2.5\%$ $i \geq 0.5\%$ $i_R \geq 0.3\%$ $f \geq 0.3 * a$
Griffbarkeit dynamisch (Skiddometer, SRM)	$\mu \geq \mu_{min} = f(v_z)$	$\mu \geq 0.48$ ($v_z \leq 60\text{km/h}$); $\mu \geq 0.39$ ($60\text{km/h} < v_z \leq 100\text{km/h}$); $\mu \geq 0.32$ ($v_z > 100\text{km/h}$) $\mu \geq 65$
statisch (SRT) statisch (Ausflussmesser)	$\mu \geq \mu_{min}$ $T_{Ausfluss} \geq T_{Ausfluss, min} = f(v_z)$	$T \geq 150s$ ($v_z \leq 60\text{km/h}$); $T \geq 100s$ ($60\text{km/h} < v_z \leq 100\text{km/h}$); $T \geq 50s$ ($v_z > 100\text{km/h}$)
Fahrbaunebenheit Querebenheit (Spurrinentiefe)	$T \leq T_{max} = f(\text{Strassentyp})$	T (HLS) $\leq 4\text{mm}$ T (HVS) $\leq 5\text{mm}$ T (VS, SS, ES) $\leq 6\text{mm}$
Reflexionseigenschaften Tunnel	helle Fahrbaubeläge bzw. spiegelnde Beläge (bei Gegenstrahlleuchten)	SLG 201: 11-2005 d

STRASSENANAUSTRÜSTUNG			6.1
Signale	Anforderung	Richtwert / Grenzwert	Norm, Referenz
Grösse Art Design Format	Zeichnung = gemäss SSV = f(Strasstyp)	Autobahn: Grossformat Autostrasse: Gross- oder Zwischenformat Haupt- und Nebenstrasse: Normalformat Siedlungsorientierte Strasse: Kleinformat	SSV SSV, Art. 102 und Anhang 1
Foliengrösse Anordnung Sichtfeld Lichttraumprofil Anzahl Signale auf einem Pfosten Abstand zum Fahrbahnrand Höhe	$R_{\text{angewendet}} \geq R_{\text{vorgesehen}} = f(\text{Zweck, Strassentyp})$ Sichtfeld freihalten Lichttraumprofil freihalten - $d \geq d_{\text{min}}$, d = Distanz Fahrbahnrand - nächstliegende Kante des Signals	Zwischen 0.60 bis 3.00 m 2, in zwingenden Fällen 3 i.o.: $0.30 \geq d \geq 2.00$ m a.o.: $0.50 \geq d \geq 2.00$ m Unterkante Signal: 0.60 bis 2.50 m (HVS, VS, SS, ES); auf HLS mindestens 1.50 m; bei Überkopf-Signalisation mind. 4.50 m	SN 640 871, Ziff. 8 Empfehlung SN 640 201 SSV, Art. 101 SSV, Art. 103 SSV, Art. 103

STRASSEN- AUSRÜSTUNG										6.2
Markierungen										
Grösse	Anordnung bei folgenden Strassen					Richtwert / Grenzwert	Norm, Referenz			
	Innerorts		Ausserorts							
	Sieclungs-orientiert	Verkehrs-orientiert	Neben- strassen	Haupt- strassen	Auto- bahnen					
<i>Längsmarkierungen</i>										
Sicherheitslinie	0	0	+	+	0		SN 640 850a, Ziff. 9			
Doppelte Sicherheitslinie	-	0	0	+	0		SN 640 850a, Ziff. 9			
Leitlinie	0	+	+	+	++		SN 640 850a, Ziff. 9			
Doppellinie	-	0	+	+	0		SN 640 850a, Ziff. 9			
Vorwarnlinie	0	+	++	++	++		SN 640 850a, Ziff. 9			
Busstreifenlinie	-	+	0	0	-		SN 640 850a, Ziff. 9			
Radstreifenlinie	-	+	0	0	-		SN 640 850a, Ziff. 9			
Ununterbrochene Längslinie	+	+	+	+	-		SN 640 850a, Ziff. 9			
Randlinie	-	0	0	+	++		SN 640 850a, Ziff. 9			
Führungslinie	0	+	+	+	0		SN 640 850a, Ziff. 9			
Halteverbotslinie	0	0	0	0	-		SN 640 850a, Ziff. 9			
Halteverbotslinie bei FG-Streifen	+	+	+	+	-		SN 640 850a, Ziff. 9			
Längsstreifen für Fussgänger	0	0	-	-	-		SN 640 850a, Ziff. 9			
Ausgeweiteter Radstreifen	-	+	-	-	-		SN 640 850a, Ziff. 9			
<i>Quermarkierungen</i>										
Haltelinie	+	+	+	+	-		SN 640 850a, Ziff. 9			
Wartlinie	0	+	0	0	-		SN 640 850a, Ziff. 9			
Fussgängerstreifen	0	+	0	0	-		SN 640 850a, Ziff. 9			
Zickzacklinie	+	+	-	-	-		SN 640 850a, Ziff. 9			
Doppelte Querlinie	-	-	-	0	0		SN 640 850a, Ziff. 9			
Notfallspur	-	0	+	+	++		SN 640 850a, Ziff. 9			
<i>Sperfläche</i>	-	0	+	+	++					
<i>Markierungen für ruhenden Verkehr</i>										
Parkfeld	+	+	0	0	-		SN 640 850a, Ziff. 9			
Parkverbotsfeld	0	0	-	-	-		SN 640 850a, Ziff. 9			
Parkverbotslinie	0	0	-	-	-		SN 640 850a, Ziff. 9			
<i>Pfeile, Symbole und Schriften</i>										
Einspurpfeil	-	+	+	+	0		SN 640 850a, Ziff. 9			
Abweispfeil	-	0	0	+	+		SN 640 850a, Ziff. 9			
Fahrtrichtungspfeil	-	0	0	0	++		SN 640 850a, Ziff. 9			
Symbole	0	0	0	0	0		SN 640 850a, Ziff. 9			
Bodenschriften	0	0	0	0	0		SN 640 850a, Ziff. 9			
++ obligatorisch	+ Regel				0 Ausnahme, Sonderfall		- nicht verwenden			

STRASSEN- AUSRÜSTUNG			6.3
Leiteinrichtungen			
Grösse	Anforderung	Richtwert / Grenzwert	Norm, Referenz
Leitpfosten	Anordnung an allen Strassen $a_L \leq a_{L, \min}$	$a \leq 50\text{m}$ (Geraden), in Kurven und Kuppen verdichtet	SN 640 822, Ziff. 6
Mehrteilige Leitpfähle Einfacher Leitpfahl	Anordnung an engen Kurven ($R \leq 100\text{m}$) Anordnung bei Korbbögen, Scheitel, Klothoiden $R \leq 100\text{m}$	Grösse in Fahrtrichtung gleich gross oder zunehmend	

STRASSEN AUSRÜSTUNG			6.4
Rückhaltesysteme	Anforderung	Richtwert / Grenzwert	Norm, Referenz
Grösse			
<i>Schutzeinrichtungen</i> Notwendigkeit	bei Gefahrenstelle innerhalb krit. Abstand; krit. Abstand = f (Strassentyp, Höhenlage der Gefahrenstelle)		SN 640 561, Ziff. 7/12
Art	= f (Art der Gefahrenst., Abst. Gefahrenst.) = f (Art der Gefahrenst., DTV, Abst. Gefahrenst.) = f (Strassentyp)	HLS mit Standstr.: 0.3 m (min. 0.0 m) übrige Strassen: 0.5 (min. 0.3 m)	SN 640 561, Ziff. 9/15 SN 640 561, Ziff. 14/15 SN 640 561, Ziff. 19
Abstand zum Fahrbahnrand	= f (Strassentyp, Leistungskl. Schutzeinrichtung)	HLS: Vorbereich > 80 m übrige Strassen: Vorbereich > 40 m	SN 640 561, Ziff. 19
Länge	= Unterbrücke sind nur ausnahmsweise zulässig		SN 640 561, Ziff. 19
Anordnung			
<i>Anpralldämpfer</i> Notwendigkeit	= f (Abstand Gefahrenstelle, Höchstgeschw.) unmittelbar vor Gefahrenstelle	v > 80 km/h → krit. Abstand = 80 m	SN 640 561, Ziff. 7 SN 640 561, Ziff. 23
Lage			
<i>Schutzsysteme in Siedlungsgebieten</i> Notwendigkeit	= f (DTV, Geometrie, Häufigkeit Personensammlung bzw. Dichte FG-Verkehr) sowie bei Unfallschwerpunkten = f (Situation)	bei Fahrbahnquerungen dürfen keine Sichtbehinderungen entstehen Vorbereich = 20 m	SN 640 562, Ziff. 18 SN 640 562, Ziff. 17 SN 640 562, Ziff. 20
Eignung			
Länge			
<i>Absturzicherung f. Personen</i> Notwendigkeit	= f (Absturzhöhe) = f (Absturzhöhe, Aufprallstelle, Umgebung, FG-Verkehr) = f (Absturzhöhe, Begehrbarkeit, Umgebung, FG-Verkehr) H ≥ H _{min} = f (Einsatzbereich)	bei Absturzhöhe ≥ 1.0 m	SN 640 568, Ziff. 13 SN 640 568, Ziff. 14
- Brücken			
- Stützmauern und Felswände			
- Steilhänge			
Höhe Absturzicherung		H = 1.0 bis 1.3 m	SN 640 568, Ziff. 15 SN 640 568, Ziff. 26

STRASSEN- AUSRÜSTUNG			6.5
Beleuchtung			
Grösse	Anforderung	Richtwert / Grenzwert	Norm, Referenz
Standarder Kandelaber Freie Strecke innerorts	= f (Lichtpunkthöhe, Lichtstärke)	Abstand üblicherweise: 30 – 40m	SLG 202 + SN TR 13201-1 SN 640.271, SLG 202 + SN TR 13201-1
Kreisel	Befahrbarkeit	Je nach Zufahrten und Kreiseldurchm.	SLG 202 + SN TR 13201-1
Fussgängerstreifen	In den Quadranten der Zufahrten i.d.R. positiver Kontrast: auf jeder Strassenseite Leuchten in 0.5 – 1.0 mal Lichtpunkthöhe Distanz vom Fussgängerstreifen in Richtung herannahendem Verkehr		
Weitere Konfliktzonen - Fussgängerquerung ohne Fussgängerstreifen	Gleich beleuchtet wie ein Fussgängerstreifen		SLG 202 + SN TR 13201-1
Beleuchtungsstärken-Helligkeit Strassenoberfläche	Reflexionsfaktor Belag = f (Klassifizierung Strasse)		SLG 202 + SN TR 13201-1
Anordnung Beleuchtung Strasse ausserorts	Beleuchtung an wichtigen Knoten / Verzweigungen und entlang von Radwegen und bei Unfallschwerpunkten nachts		SLG 202 + SN TR 13201-1
Übrige Strassen			EN 13201, SLG 202 + SN TR 13201-1
Art / Ausrüstung Abschaltung	Regelmässig beleuchtet (keine dunklen Bereiche) → keine Abschaltung von Lampen, Nachtabsenkung aller Lampen auf z.B. 50% der Leistung möglich		topten.ch
Break away-Konstruktion	Kandelaber ausserorts müssen mit Break away-Konstruktion ausgerüstet sein (z.B. Gleitfussplatte, feingliedriges Tragwerk)		SN 640.569, Ziff. 9

STRASSEN AUSRÜSTUNG			6.6
Tunnel	Anforderung	Richtwert / Grenzwert	Norm, Referenz
Grösse <i>Sicherheitseinrichtungen</i> Notwendigkeit Einröhrige Tunnel	bei Tunneln mit Länge ab 300 m erforderlich SOS-Ausrüstung Hydranten Gegenüberliegende Ausstellbuchten Fluchtweg = f(i)	alle 150 m, wechselseitig alle 150, in der Regel einseitig alle 600 bis 900 m alle 300 bis 500 m (bergm. Tunnel) alle 300 m (Tagbautunnel)	SIA 197/2, 8.8.1.5 SIA 197/2, 8.8.2.1 SIA 197/2, 8.8.2.1 SIA 197/2, 8.8.2.2 SIA 197/2, 8.8.2.3
Zweiröhrige Tunnel	SOS-Ausrüstung Hydranten Fluchtwege	alle 150 m, re. Fahrbahnseite alle 150, re. Fahrbahnseite alle 300 m als begehbare Querverbindung ab 1.2 km Länge ein Fluchtweg, bei langen Tunneln jeder dritte Fluchtweg für Ereignisdienste befahrbar	SIA 197/2, 8.8.3.1 SIA 197/2, 8.8.3.1 SIA 197/2, 8.8.3.3 SIA 197/2, 8.8.3.4
Gestaltung Querverbindungen	als Rampe gestalten (Treppe nur, wenn Vorraum genügend gross)		SIA 197/2, 8.8.6.2
<i>Sonstige Ausrüstung</i> Brandnotleuchten Verkehrsfernseh-Anlage Funkanlage	erforderlich bei L > 600m erforderlich bei L > 600m	auf Seite der Ausgänge alle 500 m	SIA 197/2, 9.3.2.2 SIA 197/2, 9.6.4.1 SIA 197/2, 9.6.5.1
<i>Markierung</i> Tunnel mit Gegenverkehr	Doppelte Sicherheitslinie zwischen Gegenver- kehr Leitlinie zwischen Fahrstreifen beidseitig		SIA 197/2, 9.5.2.1
Tunnel mit Richtungsverkehr Randlinie			SIA 197/2, 9.5.2.2 SIA 197/2, 9.5.2.3

VERKEHRSABLAUF			7.1
Freie Strecke			
Grösse	Anforderung	Richtwert / Grenzwert	Norm, Referenz
Leistungsfähigkeit (VQS E) HLS	$Q \leq L_{\max} = f(\text{Typ}, i, \text{SVA}, v_z)$	$Q_{2x2} \leq 4000 \text{ Mfz/h}$ ($i < 2\%$, $\text{SVA} \leq 5\%$, $v_z = 120 \text{ km/h}$) $Q_{2x3} \leq 5800 \text{ Mfz/h}$ ($i < 2\%$, $\text{SVA} \leq 5\%$, $v_z = 120 \text{ km/h}$) $1650 \leq q_{\text{in}} \leq 1900 \text{ PWE/h}$ $Q \leq 2500 \text{ Mfz/h}$ (beide Fahrtricht.) (Steig. Kl. 1, $\text{SVA} = 0\%$, $\text{KU} = 0-75 \text{ gon/km}$)	SN 640 018 a, Ziff. 13 SN 640 019, Ziff. 5 SN 640 020, Ziff. 11
HLS-Einfahrt HVS	$q_{\text{in}} = f(q_{12} \text{ bzw. } q_{11}, q_e) \leq q_{\text{in, max}}$ $Q \leq L_{\max} = f(i, \text{SVA}, \text{KU})$		
Verkehrsfluss (VQS E) HLS	$D \leq D_{\max}$	$D_{2x2} \leq 55 \text{ Mfz/km}$ $D_{2x3} \leq 70 \text{ Mfz/km}$	Empfehlung Empfehlung
HVS	$v \geq v_{\text{min}}$ $D \leq D_{\max}$ $v \geq v_{\text{min}}$	$v \geq 70 \text{ km/h}$ $D \leq 40 \text{ Mfz/km}$ $v \geq 30 \text{ km/h}$	Empfehlung Empfehlung Empfehlung
Verkehrsfluss Steigungen (VQS E) HLS	$v_{\text{LW}} < 0.55 * v_{\text{PW}}$ nur über eine zusammenhängende Strecke $\leq 500 \text{ m}$		SN 640 138b, Ziff. 12
HVS	$v_{\text{LW}} < 0.65 * v_{\text{PW}}$ nur über eine zusammenhängende Strecke $\leq 200 \text{ m}$ $\text{MSV} \leq \text{MSV}_{\max} = f(i, \text{LW}\text{-}\%)$	$i = 4-6\%$, $\text{LW}\text{-}\% = 5$: $\text{MSV} \leq 1050 \text{ Fz/h}$ $i > 6\%$, $\text{LW}\text{-}\% = 5$: $\text{MSV} \leq 950 \text{ Fz/h}$	SN 640 138b, Ziff. 12 SN 640 138b, Ziff. 12
Streckenzüge (VQS E) Individualverkehr - Strecke - Einzelknoten	$\text{HP} \leq \text{HP}_{\max}$ $w \leq w_{\max}$ $H \leq H_{\text{min}}$ $X \leq X_{\max}$	$\text{HP} \leq 60\%$ $w \leq 100\text{s}$ $H \leq 2$ $X \leq 1.0$	Empfehlung SN 640 023, Ziff. 11 Empfehlung SN 640 023, Ziff. 11
Öffentlicher Verkehr	Beförderungsgeschwindigkeit $v_{\text{Bef.}} \geq v_{\text{Bef. min}}$ Störungswahrscheinlichkeit $S \leq S_{\max}$	$v_{\text{Bef.}} \geq 10 \text{ km/h}$ $S \leq 0.5$	Empfehlung SN 640 023, Ziff. 11 Empfehlung

VERKEHRSABLAUF			7.2
Knoten	Anforderung	Richtwert / Grenzwert	Norm, Referenz
Grösse Leistungsfähigkeit (VQS E) allgemein Einmündung Kreuzung Kreisel		$R \geq 50\text{Fz/h}$ $Q \leq 1200\text{Fz/h}$ $Q \leq 1400\text{Fz/h}$ $Q \leq 2500\text{Fz/h}$ (einstreifig) $Q \leq 3500\text{Fz/h}$ (zweistreifig)	SN 640 022, Ziff. 16 Empfehlung Empfehlung Empfehlung Empfehlung
Verkehrsfluss (VQS E) Einmündung, Kreuzung Kreisel	$w \leq w_{\max}$ $\text{Rückstau} \leq \text{Rückstau}_{\max}$ $w \leq w_{\max}$ $\text{Rückstau} \leq \text{Rückstau}_{\max}$	$w \leq 45-60\text{s}$ Rückstau $\leq 10-15\text{Fz}$ $w \leq 45-60\text{s}$ Rückstau $\leq 10-15\text{Fz}$	SN 640 022, Ziff. 17 Empfehlung SN 640 024a, Ziff. 12 Empfehlung
Knoten mit Lichtsignalanlage - Individualverkehr - Öffentlicher Verkehr	$w \leq w_{\max}$ $H \leq H_{\max}$ $X \leq X_{\max}$ Verlustzeit $\leq \text{Verlustzeit}_{\max}$	$w \leq 100\text{s}$ $H \leq 2$ $X \leq 1.0$ Verlustzeit $\leq 60\text{s}$ (Stadt) Verlustzeit $\leq 100\text{s}$ (Agglomeration)	SN 640 023, Ziff. 11 Empfehlung SN 640 023, Ziff. 11 Empfehlung Empfehlung
Auslastungsgrad Einmündung, Kreuzung, Kreisel Knoten mit Lichtsignalanlage	$X \leq X_{\max}$ $X \leq X_{\max}$	$X \leq 0.85$ $X \leq 1.0$	Empfehlung SN 640 023, Ziff. 11

FUSSGÄNGER- UND ZWEIRADVERKEHRSEINRICHTUNGEN			8.1
Fussgängeranlagen			Norm, Referenz
Grösse	Anforderung	Richtwert / Grenzwert	
<i>GNP</i> Lichte Breite	$B = f$ (Massg. Begegnungsfall, zus. lichte Breite)	Gehweg: $B \geq 2.00\text{m}$ lokale Verengung: $B \geq 1.50\text{m}$ min. lokale Vereng.: $B = 1.00\text{m}$ (passierbarkeit Rollstuhl, Kinderwagen)	SN 640 201, Ziff. 6 Empfehlung Empfehlung Empfehlung
Lichte Höhe	$H \geq H_{\min}$	$H \geq 2.35\text{m}$	SN 640 201, Ziff. 6
<i>Querungen</i> Querungstyp	$= f$ (Örtlichkeit, Art und Bedeutung Querungsnachfrage)		SN 640 240, Ziff. 12
<i>Fussgängerlängsstreifen</i> Ausrüstung Breiten	In der Regel mit Pfosten gesichert	Dist. zw. Pfosten: 10 – 30m Pfosten mit retro-reflektierendem Element Dist. Pfosten – Fassade/Mauer $\geq 1.00\text{m}$ Dist. Pfosten – Beginn Markierung FG-Längsstreifen = 0.30 m (innerorts)	Empfehlung SN 640 822, SSV Empfehlung Empfehlung

FUSSGÄNGER- UND ZWEIRADVERKEHRSEINRICHTUNGEN			8.2
Grösse	Anforderung	Richtwert / Grenzwert	Norm, Referenz
Fussgängerstreifen			
<i>Anlage</i>			
Lage	Ausserorts ist auf Fussgängerstreifen möglichst zu verzichten		
Anzahl Fahrstreifen	$N_{Fs} \leq N_{Fs, min}$	Freie Strecke: $N_{Fs} \leq 2$ Knotenbereich: $N_{Fs} \leq 3$ (Ausnahme LSA)	SN 640 241, Ziff. 5 SN 640 241, Ziff. 6 Empfehlung
Querungsbreite	$B \leq B_{max}$	$B \leq 9.0m$	SN 640 241, Ziff. 11
Schutzinsel	$B \geq B_{min}$	$B \geq 1.5$	SN 640 241, Ziff. 7
Warteraumbreite	$T \geq T_{min}$	$T \geq 1.5m$	SN 640 241, Ziff. 7
Abstand zu nächstem FG-Streifen	$D \geq D_{min}$	$D \geq 50m$	SN 640 241, Ziff. 11
Sichtweite	$S \geq S_A = f(v, i, \mu)$ S nach links und rechts	$S = 100m$	SN 640 090b, Ziff. 5 SN 640 241, Ziff. 6 und Empfehlung bfu
	$S \geq S_{min}$	$S_{min} = f(v_{65})$ $S_{min} = 40m$ für $v_{65} = 30km/h$ $S_{min} = 40m$ für $v_{65} = 40km/h$ $S_{min} = 55m$ für $v_{65} = 50km/h$	Empfehlung bfu SN 640 241, Ziff. 6 SN 640 241, Ziff. 6
<i>Verkehrsfärken</i>			
Fussgänger	$M_{FG} \geq M_{FG, min}$	$M_{FG} \geq 30FG/h$	SN 640 241, Ziff. 6
Motorfahrzeuge	$M_{Fz} \geq M_{Fz, min}$	$M_{Fz} \geq 100 Fz/h$	SN 640 241, Ziff. 6
<i>Signalisierung / Markierung</i>			
Signalisierung (Signal 4.11)	$S \geq S_{min}$	$S \geq 100m$	SN 640 241, Ziff. 7
Markierung	$B_{Balken, max} \geq B_{Balken} \geq B_{Balken, min}$	$4.0m \geq B_{Balken} \geq 3.0m$	SN 640 241, Ziff. 7
Halteverbotslinie	Anordnung ausserhalb von Knoten		SN 640 241, Ziff. 7
Zusatzmassnahmen (HMB)	$L \geq L_{min}$	$L \geq 10m$ Anordnung HMB-Reflektoren bei Ortseinfahrt über ein Fahrstreifen (mit Insel) oder beide Fahrstreifen (ohne Insel)	Empfehlung
<i>Betrieb</i>			
Lichtsignalanlage	$t_{grün} \geq t_{grün, min}$ $t_{gelb} = f(L)$	$t_{grün} \geq 4s$ $2s \leq t_{gelb} \leq 8s$	SN 640 837, Ziff. 6 SN 640 837, Ziff. 4
Beleuchtung	$t_m \geq t_{m, min}$	$t_{m, min} = t_{m, Strecke} + 1$ Stufe	Empfehlung

FUSSGÄNGER- UND ZWEIRADVERKEHRSEINRICHTUNGEN			8.3
Zweiradverkehrsanlage			
Grösse	Anforderung	Richtwert / Grenzwert	Norm, Referenz
GNP			
Lichte Breite	$B = f(\text{Massgebender Begegnungsfall, } i)$ Vergrösserung Bewegungsspielraum in Kurven	Radstreifen: $B \geq 1.20\text{m}$ Radweg: $B \geq 2.50\text{m}$ (Gegenverkehr) $B \geq 2.00\text{m}$ (Einrichtungsverk.) $H \geq 2.25\text{m}$	SN 640 201, Ziff. 6 SN 640 201, Ziff. 6 SN 640 201, Anhang 2 SN 640 201 SN 640 201 SN 640 201, Ziff. 6 SN 640 201, Ziff. 6
Lichte Höhe	$H \geq H_{\min}$		
Zusätzliche lichte Breite			
Linienführung			
Kurvenradius	$R \geq R_{\min} = f(v)$ $R_{\text{Knoten}} \geq R_{\text{Knoten, min}}$ $S_A = f(v_P, i)$	$v = 30\text{km/h}$; $R \geq 30\text{m}$ $R_{\text{Knoten}} \geq 4.00\text{m}$	SN 640 060, Ziff. 7 SN 640 060, Ziff. 7 SN 640 060, Ziff. 8
Anhaltesichtweite			
Anordnung			
Radstreifen		Innerorts	SN 640 060, Ziff. 11
Radweg		Ausserorts	SN 640 060, Ziff. 11
Führung Knoten ohne Kreisverkehr			
Markierung Radstreifen	Auf vortrittsberechtigtem Knotenast durchgehend markieren. Auf vortrittsbelastetem Knotenast (ohne LSA und Vorsortierstreifen) sollte Markierung ca. 25–30m vor dem Knoten enden. Auf stark befahrenen Strassen empfohlen		SN 640 252, Ziff. 6 SN 640 252, Ziff. 6
Querungshilfen			
- Mittelinsel	$L \geq L_{\min}$ $B \geq B_{\min}$	$L \geq 20 - 25\text{m}$ $B \geq 2.00\text{m}$ (innerorts) $B \geq 2.50\text{m}$ (ausserorts)	SN 640 252, Ziff. 6 SN 640 252, Ziff. 6 SN 640 262, Ziff. 11 SN 640 262, Ziff. 11 SN 640 262, Ziff. 11
- Linksabbiegehilfe	$B \geq B_{\min}$		
Vorgezogene Haltelinien	$T \geq T_{\min}$		
Ausgeweitete Radstreifen	$T_{\text{aus, min}} \leq T_{\text{aus}} \leq T_{\text{aus, max}}$	$4.00\text{m} \leq T_{\text{aus}} \leq 6.00\text{m}$	SN 640 252, Ziff. 6
Verflechtungsstrecken	$L \geq L_{\min}$	$L \geq 30\text{m}$ bei $v = 50\text{ km/h}$	SN 640 060, Ziff. 6
Führung Knoten mit Kreisverkehr			
Markierung Radstreifen	Bei $D_a < 34\text{m}$ keine Radstreifen markieren.		SN 640 252, Ziff. 8
Aufhebung Radstreifen	Radstreifen ca. 20 – 25m vor dem Kreislaufheben.		SN 640 252, Ziff. 8

ZONEN MIT VERKEHRSEINSCHRÄNKUNGEN			9.1
Zonen Tempo 30 und Begegnungszonen			
Grösse	Anforderung	Richtwert / Grenzwert	Norm, Referenz
<p><i>Zonen Tempo 30</i> Anordnung und räuml. Abgrenzung</p> <p>Signalisierung (Signal 2.59.1) Betriebliche Ausrüstung</p> <ul style="list-style-type: none"> - Vortrittsregelung - Fussgängerstreifen <p>Bauliche Ausrüstung</p> <ul style="list-style-type: none"> - Einfahrtszone - Zusätzliche Massnahmen 	<p>Quartiere und Siedlungsbereiche Nachweis Sicherheitsdefizite $v_{min} \leq v_{50\%} \leq v_{min}$ Signale bei Eintritt/Austritt</p> <p>Rechtsvortritt, Ausnahmen nur aus Gründen der Verkehrssicherheit gestattet Keine FG-Streifen, Ausnahmen bei besonderen Vortrittsbedürfnissen, z.B. Schulen und Heime</p> <p>Kontrastreiche Gestaltung, Tor Bauliche und verkehrst. Massnahmen zur Einhaltung angeordnete Höchstgeschwindigkeit</p>	<p>25km/h $\leq v_{50\%} \leq 35$km/h</p>	<p>SSV, Art. 22a und SSV, Art. 108 Empfehlung SSV, Art. 22a</p> <p>SR 741.213.3, Art. 4</p> <p>SR 741.213.3, Art. 4</p> <p>SR 741.213.3, Art. 5 SR 741.213.3, Art. 5</p>
<p><i>Begegnungszonen</i> Anordnung und räuml. Abgrenzung</p> <p>Signalisierung (Signal 2.59.5) Betriebliche Ausrüstung</p> <ul style="list-style-type: none"> - Vortrittsregelung - Parkieren <p>Bauliche Ausrüstung</p> <ul style="list-style-type: none"> - Einfahrtszone - Verkehrsflächen - Zusätzliche Massnahmen 	<p>Wohn- und Geschäftsbereiche, wo Fussgänger und Fahrzeuge auf gleicher Fläche Nachweis Sicherheitsdefizite Signale bei Eintritt/Austritt</p> <p>Rechtsvortritt, Ausnahmen nur aus Gründen der Verkehrssicherheit gestattet Fussgänger haben Vortritt Parkieren nur in markierten Flächen gestattet</p> <p>Kontrastreiche Gestaltung, Tor Gleiches Fahrbahnniveau Bauliche und verkehrst. Massnahmen zur Einhaltung angeordnete Höchstgeschwindigkeit</p>		<p>SSV, Art. 22b und SSV, Art. 108</p> <p>Empfehlung SSV, Art. 22b</p> <p>SR 741.213.3, Art. 4</p> <p>SSV, Art. 22b SSV, Art. 22b</p> <p>SR 741.213.3, Art. 5 Empfehlung SR 741.213.3, Art. 5</p>

BEPFLANZUNG Bepflanzung auf Strassen ausserorts		10.1
	Anforderung	Richtwert / Grenzwert Norm, Referenz
Grösse <i>Bepflanzung</i> Kurven	Bepflanzung auf Kurvenaussenseite Bepflanzung mit wachsender Grösse zum Kurvenscheitel	SN 640 660b, E. Empfehlung
Geraden	Bepflanzung bei langen Geraden mit wechselnder Grösse	Empfehlung
Kuppen	Bepflanzung mindestens einseitig (Aussenseite), Mittel- bis Hochstämme	Empfehlung
Knoten	Bepflanzung Querstrasse, bis Sichtfeldgrenze Einmündung: Bepflanzung gegenüber Einmündung	Empfehlung SN 640 660b, E.
<i>Sichtfeld</i>	Sichtfeld einhalten (vgl. 3.1)	

BEPFLANZUNG			10.2
Umgebung			
Grösse	Anforderung	Richtwert / Grenzwert	Norm, Referenz
Randelemente Randlinien Bankette	bei HVS beidseitig durchgehend bei HVS unbefestigt, unbewachsen		Empfehlung Empfehlung
Seitenraum HLS	Seitenraum ohne feste Hindernisse, Aufschüt- tungen und Schutzeinrichtungen bis krit. Abstand (vgl. 6.4)		SN 640 560, Ziff. 11
übrige Strassen	Seitenraum ohne feste Hindernisse bis krit. Abstand (vg. 6.4), oder Elem. der Strassenrüstung umfahrbare, oder Anordnung von Schutzeinrichtung prüfen	Seitenraum frei bis 10.0m (ab Fahrbahn- rand, seitl. Leitplanken)	Empfehlung bfu SN 640 560, Ziff. 12
Böschungsgestaltung Einschnitt Damm	Kurveninnenseite: flache Böschung Kurvenaussenseite: steile Böschung Kurvenaussenseite: Böschung mit Bepflanzung	Seitenraum frei bis 6.0m (ab Fahrbahn- r.)	Empfehlung bfu Empfehlung Empfehlung

3.3 Quantifizierungsmaassstäbe

3.3.1 Struktur und Inhalt

Im Folgenden sind die aufbereiteten bzw. entwickelten Quantifizierungsmaassstäbe zusammengestellt. Die Reihenfolge ist auf die Struktur und Gliederung der Checklisten abgestimmt, womit ihre Handhabung vereinfacht wird. Eine vollständige Übereinstimmung ist in der vorliegenden Forschungsarbeit nicht erreichbar, da längst nicht zu allen Sicherheitsaspekten resp. Kenngrössen entsprechende, quantitative Zusammenhänge mit dem Unfallgeschehen bekannt sind bzw. gefunden oder entwickelt werden konnten.

Bei der Struktur der Quantifizierungsmaassstäbe bestehen grundsätzlich zwei Formen. Einerseits können Zusammenhänge zwischen Unfallkenngrössen in Funktion von Projektierungskenngrössen abgebildet werden. Unfallkenngrössen sind sowohl absolute Grössen wie die Zahl der Unfälle und Verunfallten, als auch relative Unfallkenngrössen wie die Unfallrate, die Verunfalltenrate, die Unfallkostenrate, etc. Die Projektgrössen entsprechen in den meisten Fällen direkt denjenigen Grössen, wie sie in den Checklisten vorliegen. Andererseits sind Quantifizierungsmaassstäbe zu vielen Sicherheitsdifferenzen resp. Veränderungen vorhanden, welche quantifizierte Werte im Mit-Ohne-Vergleich einer Massnahme angeben.

In der ersten Gruppe werden in der Regel funktionelle Zusammenhänge zwischen Kenngrössen des Unfallgeschehens und Anlage- oder Betriebsgrössen der Strassenanlage aufgezeigt, welche es gestatten Aussagen von Unterschieden und Veränderungen auf die Verkehrssicherheit, d.h. die zukünftige Unfallhäufigkeit (Veränderung der Zahl der Unfälle) und die Unfallschwere (Veränderung der Zahl der bei Unfällen Verletzten oder Zahl der Verunfallten) quantitativ abzuschätzen. Die zweite Gruppe mit Angaben zu Auswirkungen von Unterschieden und Veränderungen auf die Verkehrssicherheit gibt pauschale %-Wert zu den zukünftig zu erwartenden Abnahmen der Zahl der Unfälle resp. Unfälle mit Verunfallten oder Verunfalltenzahlen an. Es sind dies generelle Durchschnittswerte die im Einzelfall aufgrund der spezifischen Situation durch entsprechende Beurteilungen (Erfahrungen) angepasst werden müssen.

Für sämtliche Quantifizierungsmaassstäbe sind Quellenangaben vorhanden, wo möglich mit Primär- und Sekundärquellen. Bei den Quantifizierungsmaassstäben, welche neu erarbeitet wurden, sind die dafür verwendeten Untersuchungen auf der jeweiligen Seite als Grundlagen aufgeführt. Bei den Quantifizierungsmaassstäben, welche aus anderen Untersuchungen unverändert übernommen wurden, ist die jeweilige Untersuchung als Quelle angegeben. Die Anwendungsbereiche der einzelnen Quantifizierungsmaassstäbe sind bei den jeweiligen Abbildungen bzw. Tabellen aufgeführt (kursiv).

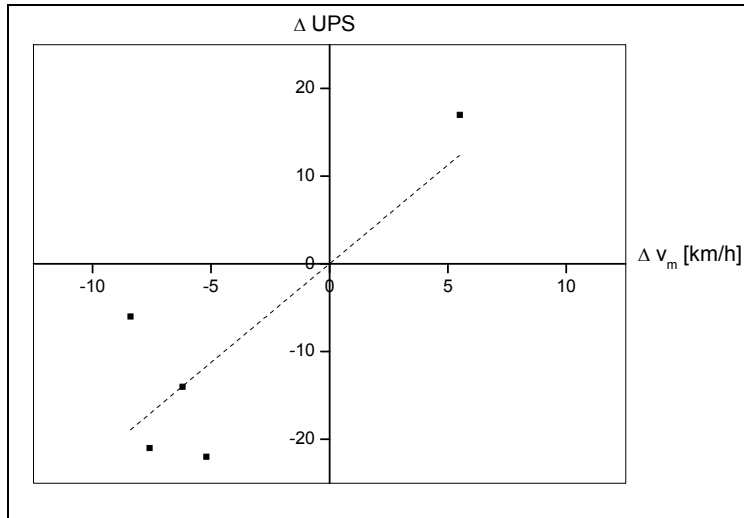
3.3.2 Quantifizierungsmaassstäbe

Zur Übersicht wird im Folgenden die Struktur der Quantifizierungsmaassstäbe gezeigt. Im Anschluss sind die einzelnen Quantifizierungsmaassstäbe dargestellt.

1. Geschwindigkeit und Unfallgeschehen
 - 1.1 Autobahnen
 - 1.2 Strassen ausserorts
 - 1.3 Strassen innerorts
 - 1.4 Tempo 30-Zonen
2. Linienführung und Unfallgeschehen
 - 2.1 Kurvenradius (horizontal)
 - 2.2 Kurvigkeit
 - 2.3 Geschwindigkeitsdifferenz (ausserorts)
 - 2.4 Längsneigung
3. Querschnitt und Unfallgeschehen
 - 3.1 Fahrbahnbreite, ausserorts
 - 3.2 Fahrbahnbreite, innerorts
 - 3.3 Strassenraumbreite, innerorts
4. Knoten und Unfallgeschehen
 - 4.1 Betriebsform
 - 4.2 Knotenausbaugrad
 - 4.3 Kreiselanlagen
 - 4.4 Knotenausrüstung
5. Fahrbahnoberfläche und Unfallgeschehen
 - 5.1 Griffigkeit
 - 5.2 Oberflächenverbessernde Massnahmen
6. Strassenausrüstung und Unfallgeschehen
 - 6.1 Markierungen, Leiteinrichtungen
 - 6.2 Beleuchtung
7. Verkehrsablauf und Unfallgeschehen
 - 7.1 Autobahnen
 - 7.2 Verkehrsbeeinflussung auf Autobahnen
 - 7.3 Strassen innerorts
 - 7.4 Knoten
 - 7.5 Zweiradverkehrsanlagen
8. Fussgänger- /Zweiradverkehrsanlagen und Unfallgeschehen
 - 8.1 Fussgängerverkehrsanlagen
 - 8.2 Zweiradverkehrsanlagen
9. Zoneneinrichtungen und Unfallgeschehen
 - 9.1 Zonen Tempo 30
10. Bepflanzung und Unfallgeschehen
 - 10.1 Strassenraumgestaltung

GESCHWINDIGKEIT UND UNFALLGESCHEHEN Autobahnen	1.1
---	------------

• $\Delta\text{UPS} = f(\Delta v_m)$



v_m : mittlere Geschwindigkeit
 UPS: Unfälle mit Personenschaden

Anwendungsbereich:
 Autobahnen

Grundlage: - [Elvik, 2004]
 - Regressionsgerade FA 2005/302

• $\Delta V = f(\Delta v_m)$

Δv_m	ΔV
-5 km/h	-7.9 %

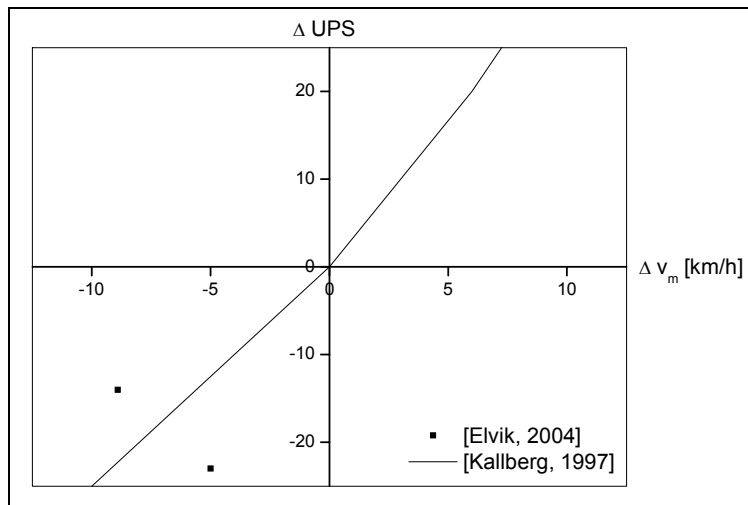
v_m : mittlere Geschwindigkeit
 V: Verunfallte

Anwendungsbereich:
 Autobahnen

Quelle: - [Dietrich, 1988]

GESCHWINDIGKEIT UND UNFALLGESCHEHEN Strassen ausserorts	1.2
--	------------

• $\Delta UPS = f(\Delta v_m)$



UPS: Unfälle mit Personenschaden

Anwendungsbereich:
Strassen ausserorts

Grundlagen: - [Kallberg, 1997]
- [Elvik, 2004]

• $\Delta V = f(\Delta v_m)$

Δv_m	ΔV
-8.5 km/h	-10.1 %

v_m : mittlere Geschwindigkeit

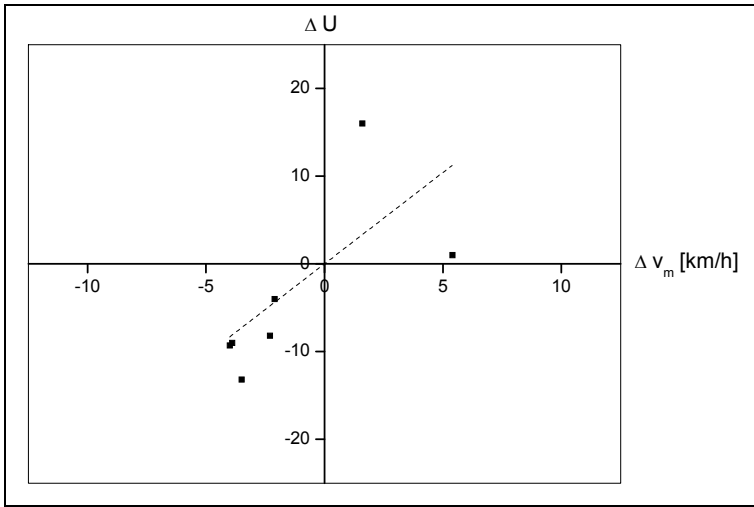
V: Verunfallte

Quelle: - [Dietrich, 1988]

Anwendungsbereich:
Strassen ausserorts

GESCHWINDIGKEIT UND UNFALLGESCHEHEN Strassen innerorts	1.3
---	------------

• $\Delta U = f(\Delta v_m)$

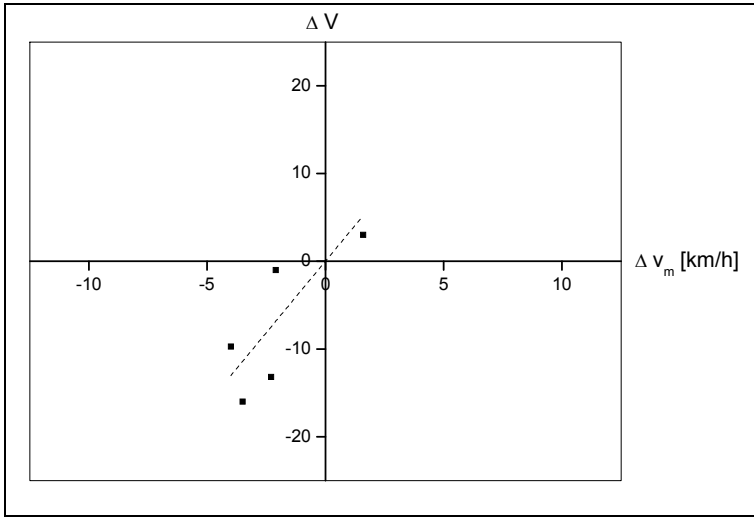


v_m : mittlere Geschwindigkeit
 U : Unfälle

Anwendungsbereich:
 Strassen innerorts

- Grundlagen:
- [Arbeitsgruppe Verkehrssicherheit, 1983]
 - [Stadtpolizei Zürich Abteilung für Verkehr, 1982]
 - [Hoppe, 1982]
 - [Behrendt, 1989]
 - [Elvik, 2004]
 - Regressionsgerade FA 2005/302

• $\Delta V = f(\Delta v_m)$

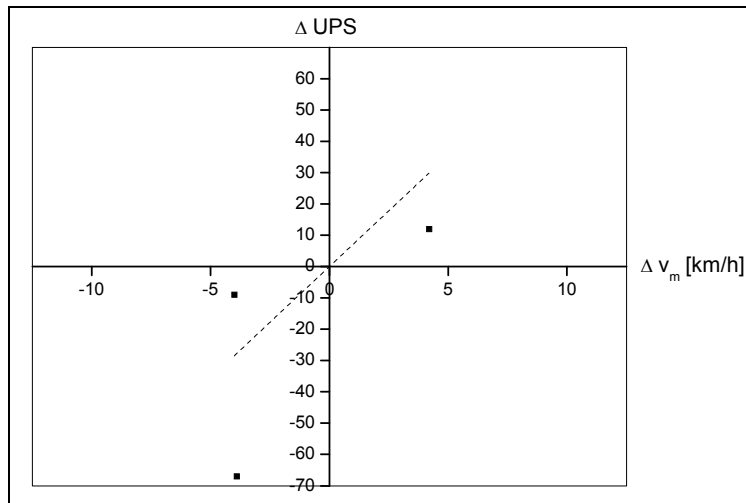


v_m : mittlere Geschwindigkeit
 V : Verunfallte

Anwendungsbereich:
 Strassen innerorts

- Grundlagen:
- [Arbeitsgruppe Verkehrssicherheit, 1983]
 - [Stadtpolizei Zürich Abteilung für Verkehr, 1982]
 - [Hoppe, 1982]
 - [Behrendt, 1989]
 - Regressionsgerade FA 2005/302

• $\Delta \text{UPS} = f(\Delta v_m)$



v_m : mittlere Geschwindigkeit
UPS: Unfälle mit Personenschaden

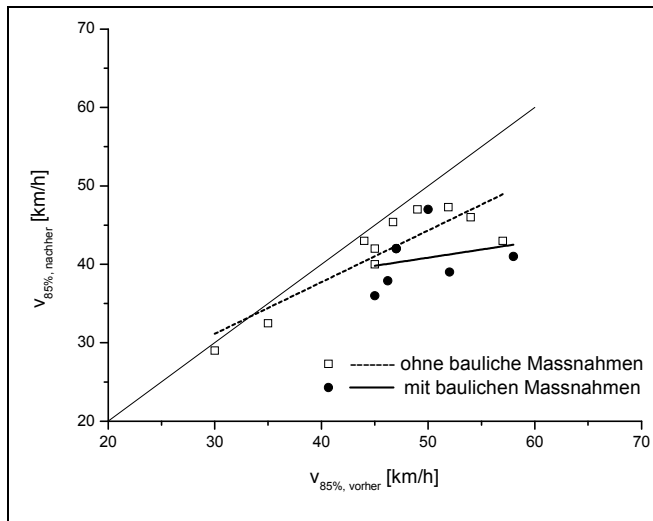
Anwendungsbereich:
Strassen innerorts

Grundlage: - [Elvik, 2004]
- Regressionsgerade FA 2005/302

GESCHWINDIGKEIT UND UNFALLGESCHEHEN
Tempo 30-Zonen

1.4

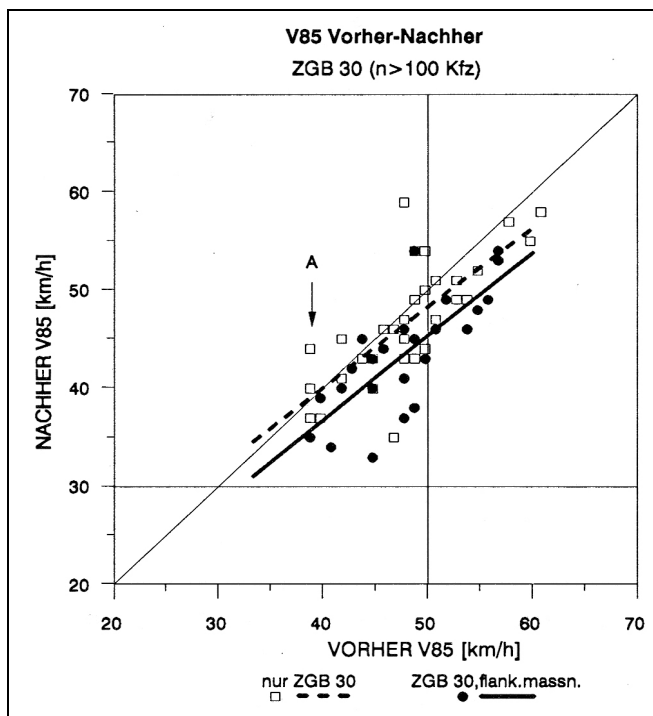
• $V_{85\%,\text{nachher}} = f(V_{85\%,\text{vorher}}, \text{Massnahmen})$



$V_{85\%,\text{vorher}}$: 85% Geschwindigkeit vor Einrichtung Tempo 30-Zone
 $V_{85\%,\text{nachher}}$: 85% Geschwindigkeit nach Einrichtung Tempo 30-Zone

Anwendungsbereich:
 Tempo 30-Zonen

- Grundlagen:
- [Lindenmann, 2000]
 - [Thoma, 1991]
 - [Hehlen, 1990]
 - [Behrendt, 1989]
 - Regressionsgeraden FA 2005/302



ZGB 30: Zonengeschwindigkeitsbeschränkung 30 km/h

Vorher v85: 85% Geschwindigkeit vor Einrichtung der Zonengeschwindigkeitsbeschränkung

Nachher v85: 85% Geschwindigkeit nach Einrichtung der Zonengeschwindigkeitsbeschränkung

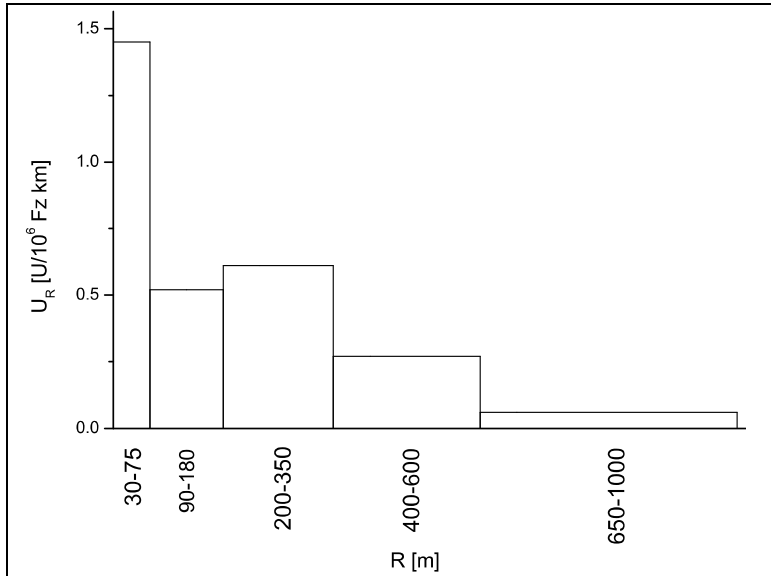
Anwendungsbereich:
 Tempo 30-Zonen

Quelle: - [Verband der Autoversicherer, 1990]

LINIENFÜHRUNG UND UNFALLGESCHEHEN
Kurvenradius (horizontal)

2.1

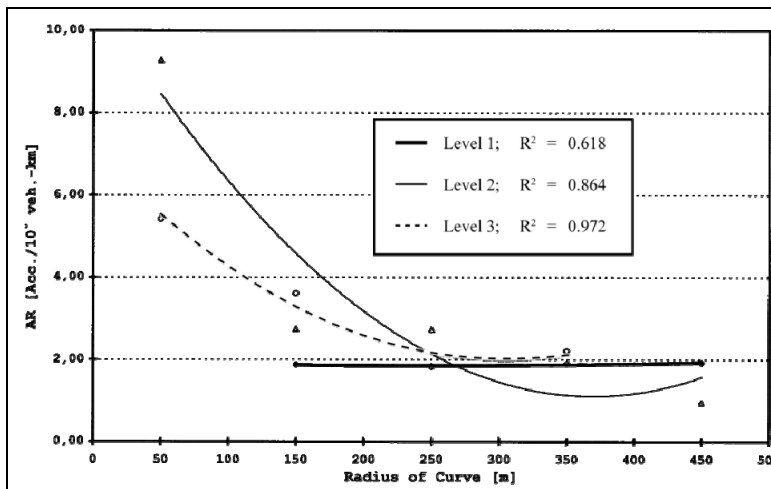
• $U_R = f(R)$



R: Kurvenradius
 U_R: Unfallrate

Anwendungsbereich:
 Strassen ausserorts

Grundlagen: - [Spacek, 1987]



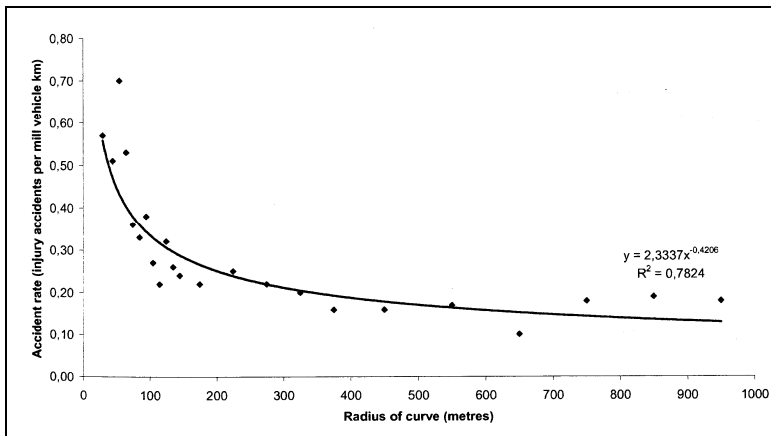
A_R: Accident rate = Unfallrate

Ausrüstung:
 Level 1: Markierungen
 Level 2: Markierungen und Gefahrensignale
 Level 3: Markierungen, Gefahrensignale und Kurvenschranken (Kurvenleitpfeile)

Anwendungsbereich:
 Strassen ausserorts

Quelle: - [Lamm, 2007]

• $U_R(UPS) = f(R)$

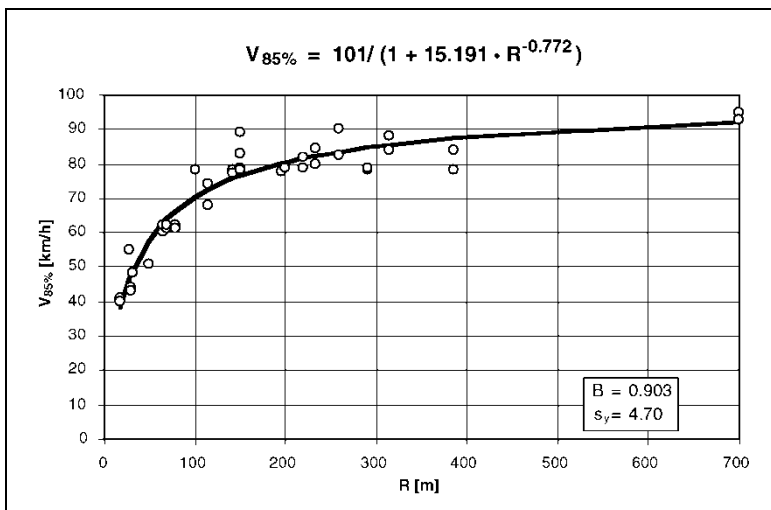


R: Kurvenradius
 $U_R(UPS)$: Rate der Unfälle mit Personenschaden

Anwendungsbereich:
 alle Strassen

Quelle: - [Elvik, 2004]

• $v_{85\%} = f(R)$



R: Kurvenradius
 $v_{85\%}$: 85% Geschwindigkeit

Anwendungsbereich:
 Strassen ausserorts

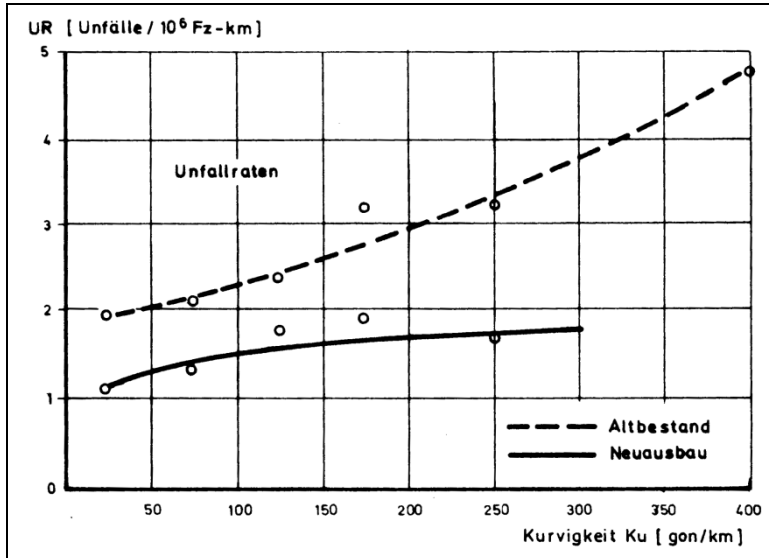
Quelle: - [Belopitov, 1999]

LINIENFÜHRUNG UND UNFALLGESCHEHEN

Kurvigkeit

2.2

• $U_R = f(KU)$

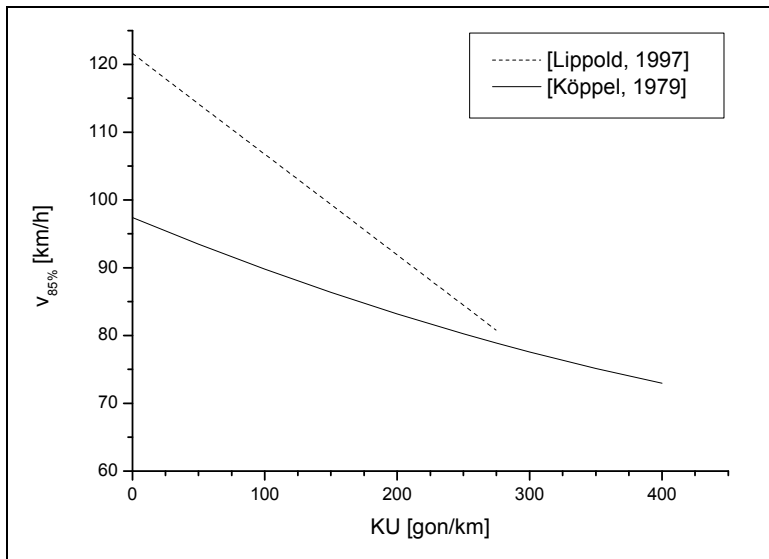


KU: Kurvigkeit
UR: Unfallrate

Anwendungsbereich:
Strassen ausserorts

Quelle: - [Hiersche, 1984]

• $v_{85\%} = f(KU)$



KU: Kurvigkeit
V_{85%}: 85% Geschwindigkeit

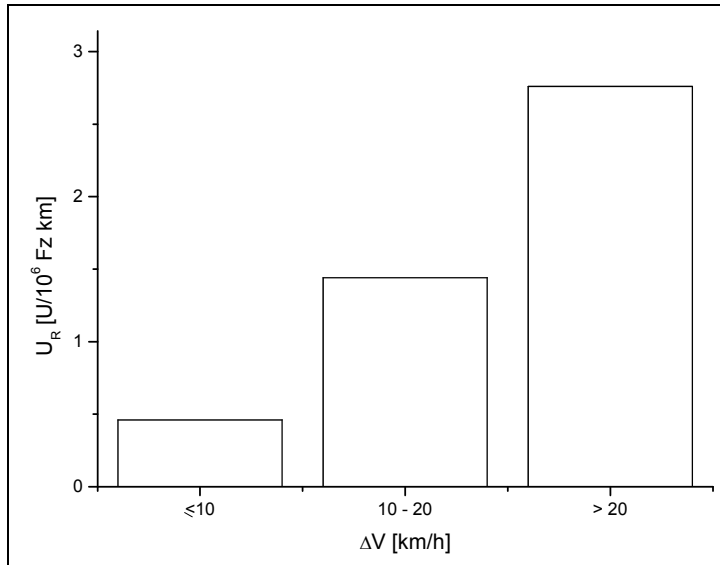
Anwendungsbereich:
Strassen ausserorts

Grundlagen: - [Lippold, 1997]
- [Köppel, 1979]

LINIENFÜHRUNG UND UNFALLGESCHEHEN
Geschwindigkeitsdifferenz (ausserorts)

2.3

- $U_R = f(\Delta V)$



ΔV : Geschwindigkeitsdifferenz zwischen zwei aufeinander folgenden Elementen der horizontalen Linienführung

U_R : Unfallrate

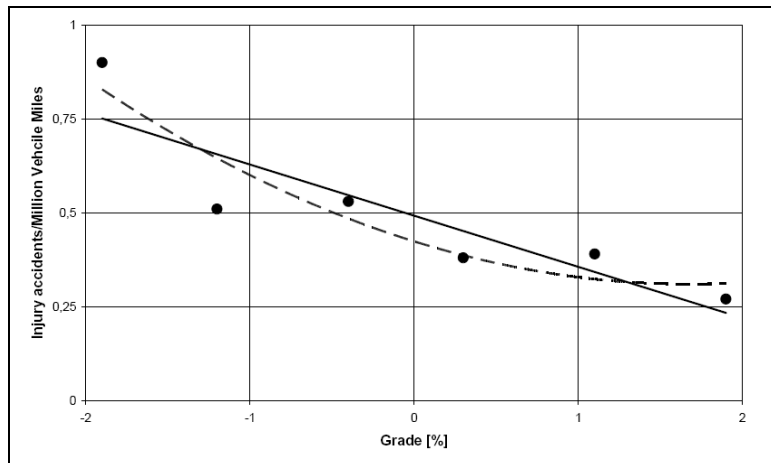
Anwendungsbereich:
Strassen ausserorts

Quelle: - [Anderson, 1999]

LINIENFÜHRUNG UND UNFALLGESCHEHEN
Längsneigung

2.4

• $U_R(UPS) = f(i)$

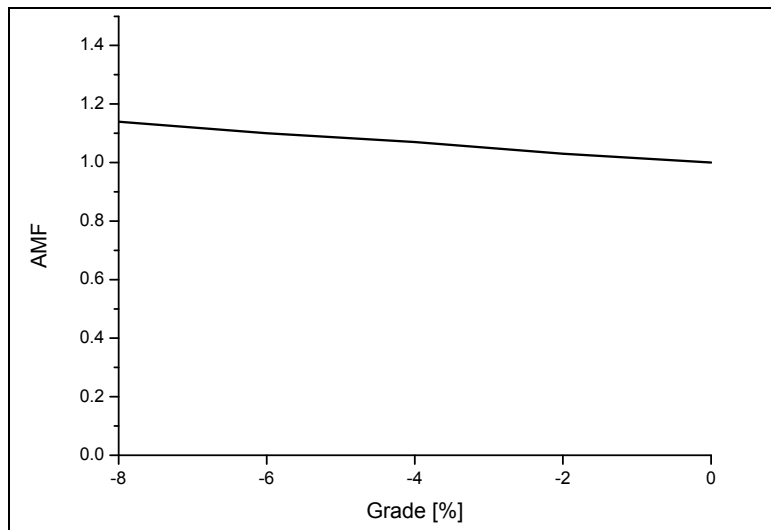


i = Grade: Längsneigung
 $U_R(UPS)$: Rate der Unfälle mit Personenschaden

Anwendungsbereich:
 Strassen ausserorts

Quelle: - [Dietze, 2008]

• $\Delta U = f(i)$



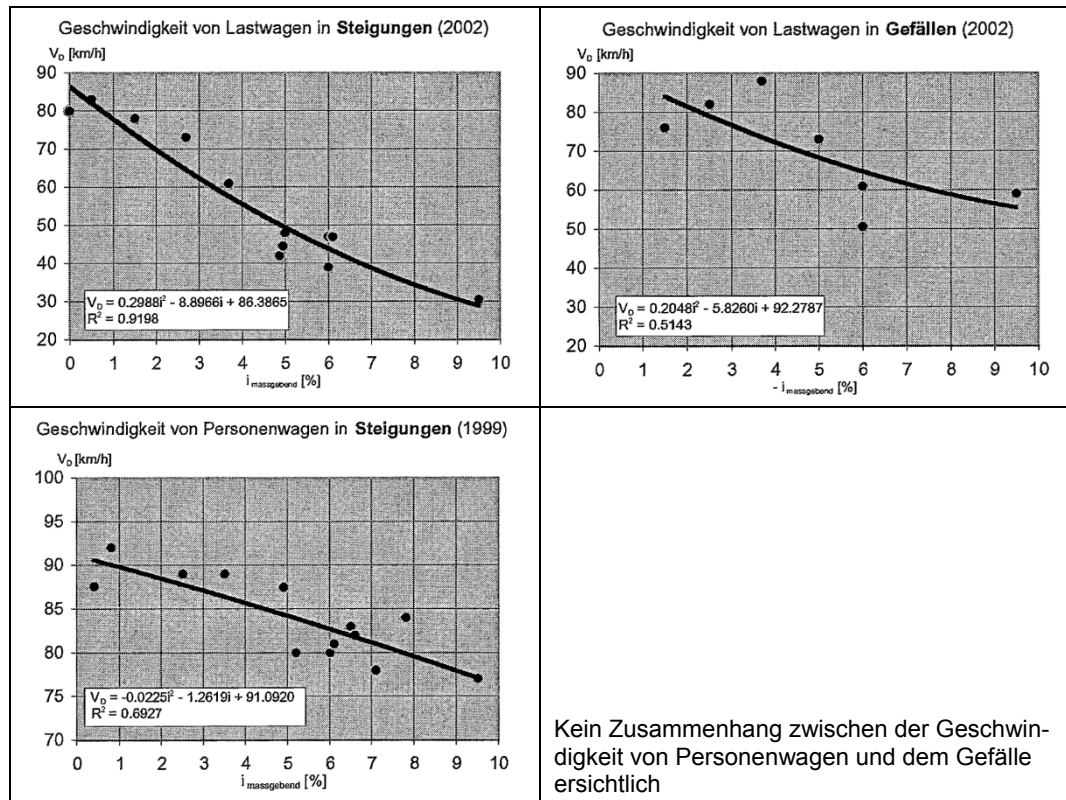
i = Grade: Längsneigung
 AMF: Accident modification function,

$$AMF = 1 - \frac{\text{Reduktion}[\%]}{100\%}$$

Anwendungsbereich:
 Strassen ausserorts

Quelle: [Harkey, 2008]

- $V_{85\%} = f(i)$

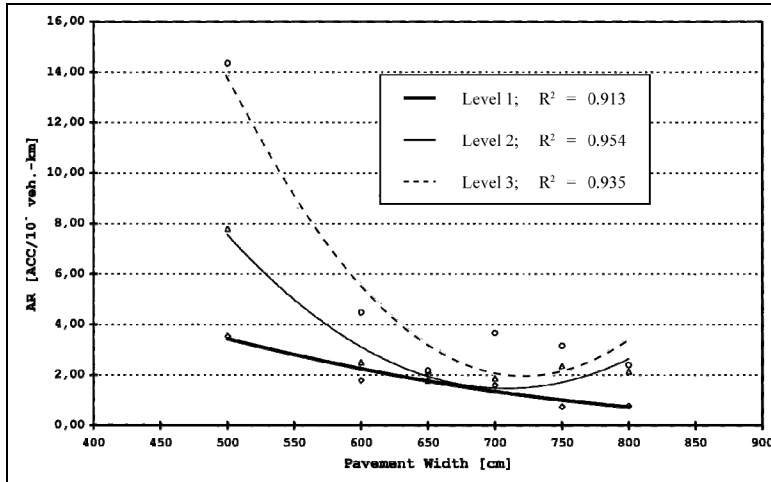


Quelle: - [Koy, 2003]

Anwendungsbereich:
 Strassen ausserorts

QUERSCHNITT UND UNFALLGESCHEHEN Fahrbahnbreite, ausserorts	3.1
--	------------

• $U_R = f(B_{FB})$



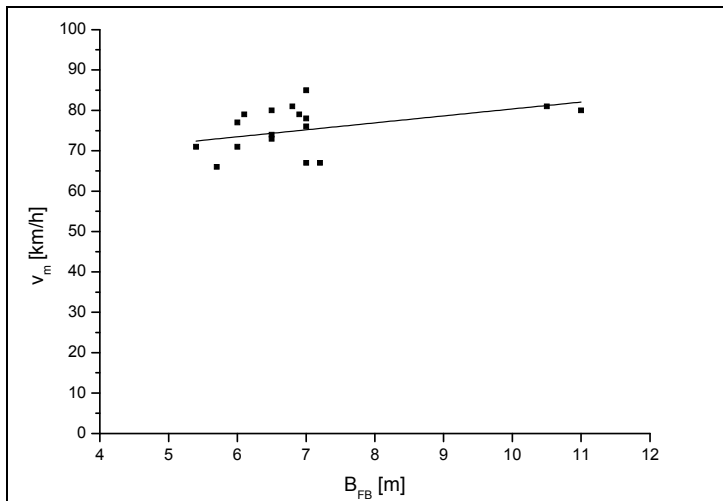
B_{FB} : Fahrbahnbreite
 U_R : Unfallrate

- Ausrüstung:
 Level 1: Markierungen
 Level 2: Markierungen und Gefahrensignale
 Level 3: Markierungen, Gefahrensignale und Kurvenschranken (Kurvenleitpfeile)

Anwendungsbereich:
Strassen ausserorts

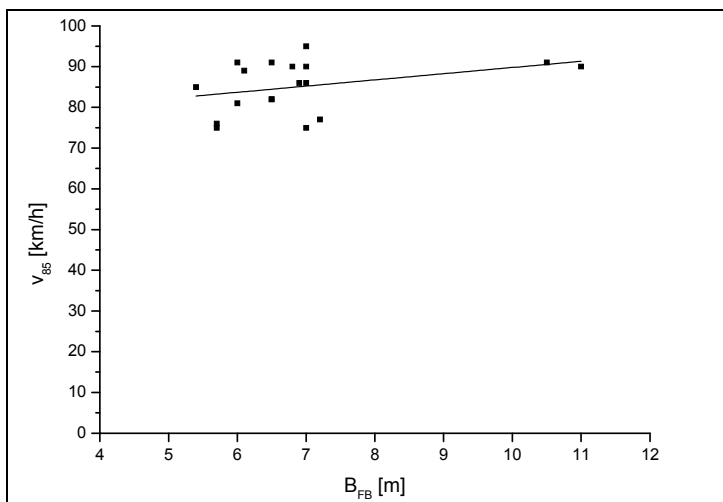
Quelle: - [Lamm, 2007]

• $v_m / v_{85\%} = f(B_{FB})$



B_{FB} : Fahrbahnbreite
 v_m : mittlere Geschwindigkeit
 $v_{85\%}$: 85% Geschwindigkeit

Anwendungsbereich:
Strassen ausserorts



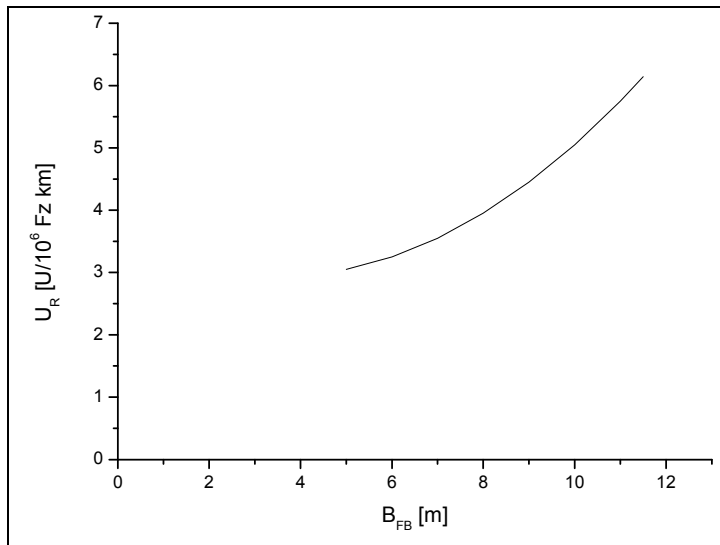
Anwendungsbereich:
Strassen ausserorts

Grundlagen: - [Zuberbühler, 1993]

QUERSCHNITT UND UNFALLGESCHEHEN
Fahrbahnbreite, innerorts

3.2

$$\bullet U_R = f(B_{FB})$$

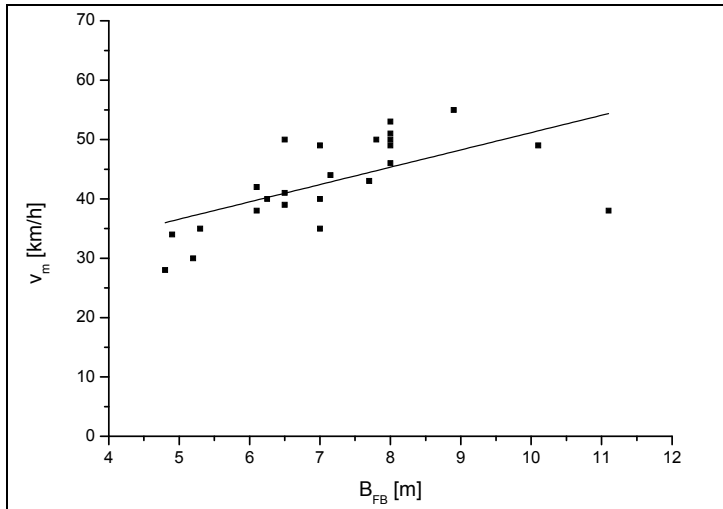


B_{FB} : Fahrbahnbreite
 U_R : Unfallrate

Anwendungsbereich:
Strassen innerorts

Quelle: - [Taubmann, 1987]

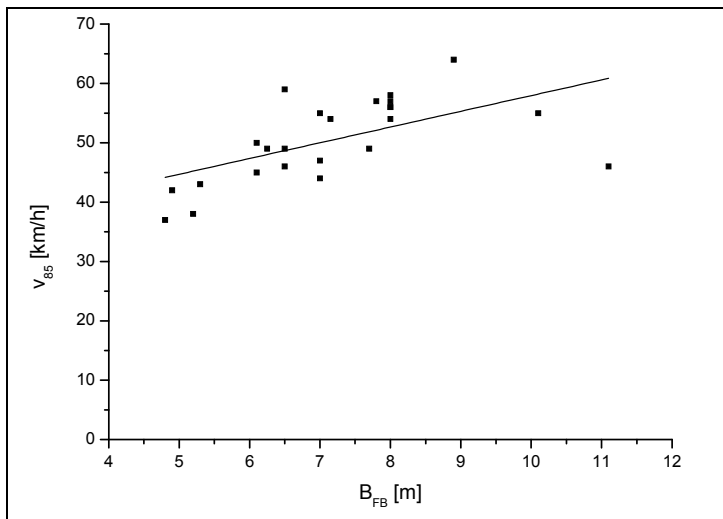
• $v_m / v_{85\%} = f(B_{FB})$



B_{FB} : Fahrbahnbreite
 v_m : mittlere Geschwindigkeit
 $v_{85\%}$: 85% Geschwindigkeit

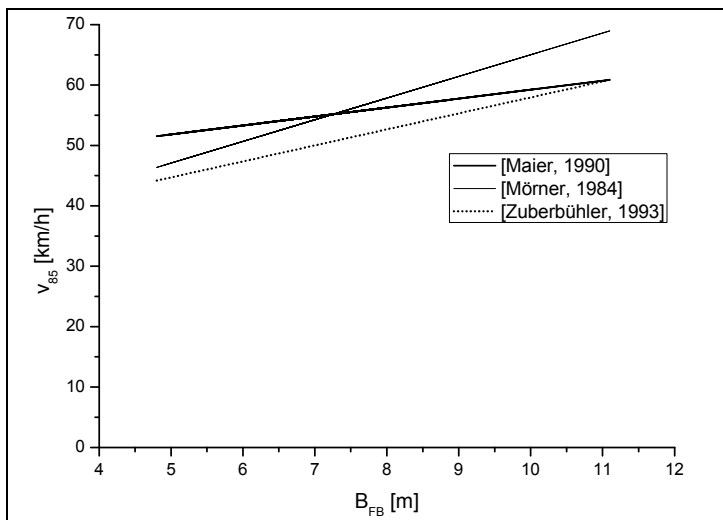
Anwendungsbereich:
 Strassen innerorts

Grundlagen: - [Zuberbühler, 1993]



Anwendungsbereich:
 Strassen innerorts

Grundlagen: - [Zuberbühler, 1993]



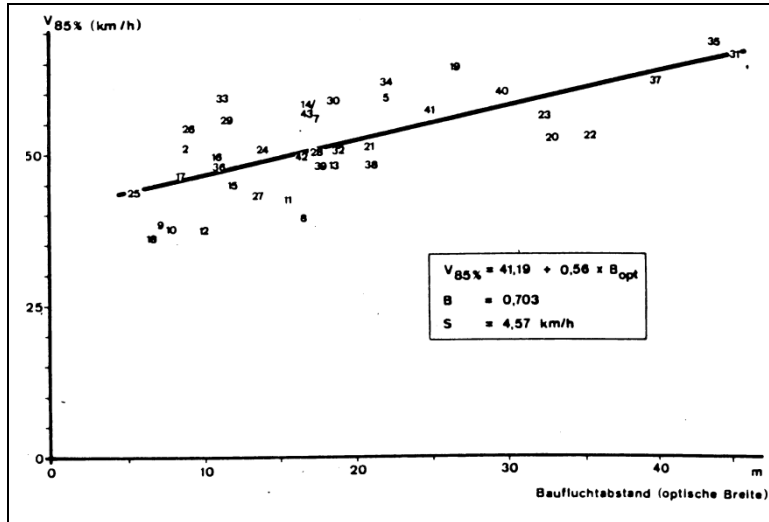
Anwendungsbereich:
 Strassen innerorts

Grundlagen: - [Zuberbühler, 1993]
 - [Maier, 1990]
 - [Mörner, 1984]

QUERSCHNITT UND UNFALLGESCHEHEN
Strassenraumbreite, innerorts

3.3

- $v_{85\%} = f(\text{optischer Breite})$



v_{85%}: 85% Geschwindigkeit

Anwendungsbereich:
 Strassen innerorts

Grundlagen: - [Mörner, 1984]

KNOTEN UND UNFALLGESCHEHEN Betriebsform	4.1
--	------------

• $U_z / UK_z = f(\text{Betriebsform}), \text{ Schweiz}$

Betriebsform	U_z [U/10 ⁶ Fz]	UK_z [CHF/10 ³ Fz]
Einmündung	0.73	113.7
Einmündung mit LSA	0.39	33.3
Kreuzung	0.78	65.6
Kreuzung mit LSA	0.78	34.3
Kreisel 3-armig	0.37	109.3
Kreisel 4-armig	0.71	73.4
Kreisel 5-armig	0.94	98.5

U_z : Unfallziffer
 UK_z : Unfallkostenziffer

Anwendungsbereich:
Knoten innerorts und
ausserorts

Quelle: - [Matthews, 2009]

Betriebsform	U_z [U/10 ⁶ Fz]
Kreisel zweistreifig	0.42

Anwendungsbereich:
Knoten innerorts und ausserorts

Quelle: - [Lindenmann, 2009]

• $U_z = f(\text{Betriebsform}), \text{ Deutschland}$

Betriebsform	U_z [U/10 ⁶ Fz]
Kreuzung mit Vorfahrtregelung durch Verkehrszeichen	1.70
Signalgeregelte Kreuzungen mit zweiphasiger Steuerung	1.73
Signalgeregelte Kreuzungen mit dreiphasiger Steuerung und mehr	1.20
Teilplanfreie Kreuzungen	1.16
Halbe Kleeblätter	0.98
Kreuzungen mit ortsfester Geschwindigkeitsüberwachung	0.52
Kreisel	0.90
Einmündungen mit Vorfahrtregelung durch Verkehrszeichen	0.91
Einmündung mit zweiphasiger Steuerung	0.91
Einmündung mit dreiphasiger Steuerung	0.66

Quelle: - [Meewes, 2003]

Anwendungsbereich:
Knoten ausserorts

KNOTEN UND UNFALLGESCHEHEN Knotenausbaugrad
--

4.2

- $\Delta U / \Delta UPS = f(\text{Ausbaugrad Knoten})$

Ausbaumassnahme Knoten ohne LSA	ΔU	ΔUPS
Linksabbiegestreifen, Einmündung innerorts	-20 %	-21 %
Linksabbiegestreifen, Kreuzung innerorts	-19 %	-15 %
Linksabbiegestreifen, Einmündung ausserorts	-30 %	-
Linksabbiegestreifen, Kreuzung ausserorts	-23 %	-
Kanalisierung, vollständig, baulich	-	-11 %
Installation LSA, Einmündung innerorts	-14 %	-
Installation, LSA, Kreuzung innerorts	-23 %	-
Installation LSA, Knoten ausserorts	-44 %	-
Verbesserung Sichtverhältnisse	-	-3 %

U: Unfälle
 UPS: Unfälle mit
 Personenschaden
 US: Unfälle mit
 Sachschaden

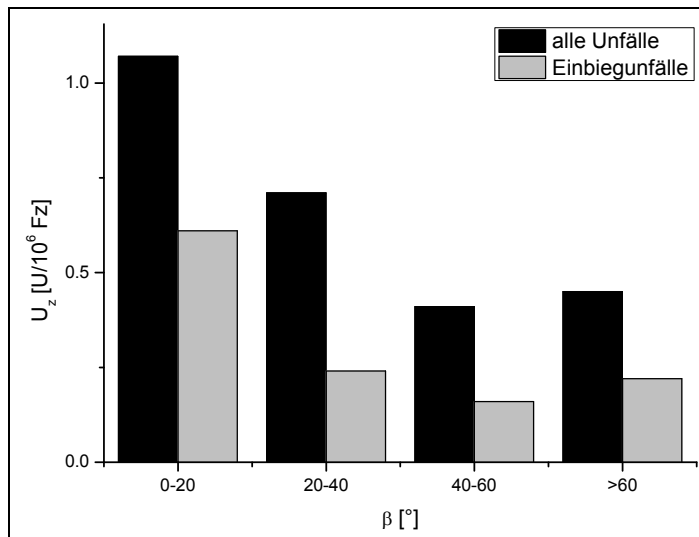
Quellen: - [Elvik, 2004]
 - [Harkey, 2008]

KNOTEN UND UNFALLGESCHEHEN

Kreiselanlagen

4.3

- U_z (Kreiselast) = $f(\beta)$



β : Ablenkungswinkel der Mittelinsel
 U_z (Kreiselast): Unfallziffer, für jeden Kreiselast einzeln berechnet

Anwendungsbereich:
 Knoten innerorts und ausserorts

Quelle: - [Bühlmann, 1997]

KNOTEN UND UNFALLGESCHEHEN Knotenausrüstung	4.4
--	------------

- $\Delta U / \Delta UPS / \Delta US = f(\text{Installation LSA})$

Installation / Uppgrading LSA	ΔU	ΔUPS	ΔUS
Installation LSA, Einmündung	-	-15 %	-15 %
Installation LSA, Kreuzung	-	-30 %	-35 %
Optimierung LSA, Konfliktfrei	-	-75 %	-25 %
Optimierung LSA, Verbesserung Phasenablauf (Länge, Reihenfolge)	-	-55 %	+15 %
Optimierung LSA, Verbesserung Markierung und Kanalisierung	-15 %	-	-
Optimierung LSA, verkehrsabhängige Steuerung	-25 %	-	-

Quellen: - [Elvik, 2004]

*Anwendungsbereich:
Knoten innerorts und ausserorts*

U: Unfälle

UPS: Unfälle mit Verunfallten

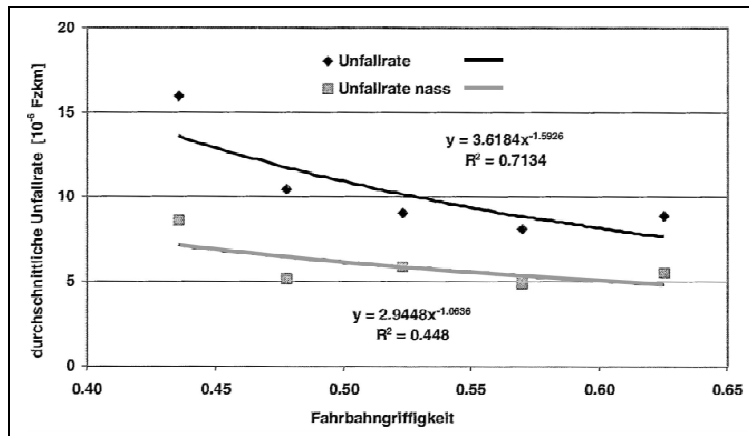
US: Unfälle mit Sachschaden

FAHRBAHNOBERFLÄCHE UND UNFALLGESCHEHEN

Griffigkeit

5.1

- $U_R / U_R(\text{nass}) = f(\text{Griffigkeit})$



Anwendungsbereich:
Strassen ausserorts

Quelle: - [Dumont, 2006]

FAHRBAHNOBERFLÄCHE UND UNFALLGESCHEHEN Oberflächenverbessernde Massnahmen	5.2
--	------------

• $\Delta\text{UPS} / \Delta\text{US} = f(\text{Oberflächenverbessernde Massnahmen})$

Massnahme	ΔUPS	ΔUS	
Erneuerung Fahrbahnoberfläche	+6 %	+3 %	UPS: Unfälle mit Verunfallten US: Unfälle mit Personenschaden
Ebenheitsanforderungen wiederherstellen	+10 %	+10 %	
Griffigkeit kritisch verbessern um 0.1 bei Griffigkeitsniveau um 0.7 (trocken)	-15 % (Nassunf.)	-15 % (Nassunf.)	Anwendungsbereich: alle Strassen

Quelle: - [Elvik, 2004]

STRASSEN AUSRÜSTUNG UND UNFALLGESCHEHEN Markierungen, Leiteinrichtungen	6.1
--	------------

• $\Delta U / \Delta UPS / \Delta V / \Delta US = f$ (Markierungen, Leiteinrichtungen)

	ΔU	ΔUPS	ΔV (Abkommens-U)	ΔUS
Markierung bzw. Installation von ...				
Markierung Randlinie	-	-3 %	-	-3 %
Markierung Rand- und Mittellinie	-	-24 %	-	-
Markierung Randlinie + Installation Kurvenleitpfeile	-	-19 %	-	-
Installation Leitplanken	-	-	-47 %	-
Installation Kurvenleitpfeil	-69 %	-	-	-
Installation Gefahrensignale vor Kurven	-	-30 %	-	-8 %

Quellen: - [Elvik, 2004]
- [Hebenstreit, 1993]

Anwendungsbereich:
Strassen ausserorts

U: Unfälle
 UPS: Unfälle mit Verunfallten
 V (Abkommensunfälle): Verunfallte bei Abkommensunfällen
 US: Unfälle mit Sachschaden

STRASSENAUSRÜSTUNG UND UNFALLGESCHEHEN Beleuchtung	6.2
---	------------

• $\Delta U / \Delta UPS = f(\text{Beleuchtung})$

Installation von ...	Unfalltypen	ΔU	ΔUPS
Installation Beleuchtung, allgemein	Nachtunfälle	-	-28 %
Installation Beleuchtung, Strecke	Nachtunfälle	-20 %	-29 %
	Alle Unfälle	-6 %	-8 %
Installation Beleuchtung, Knoten	Nachtunfälle	-21 %	-29 %
	Alle Unfälle	-4 %	-6 %
Installation Beleuchtung, Fussgängerstreifen	Unfälle mit FG	-25 %	-

Quellen: - [Elvik, 2004]
- [Ogden, 1996]
- [Harkey, 2008]

*Anwendungsbereich:
Strassen innerorts*

U: Unfälle

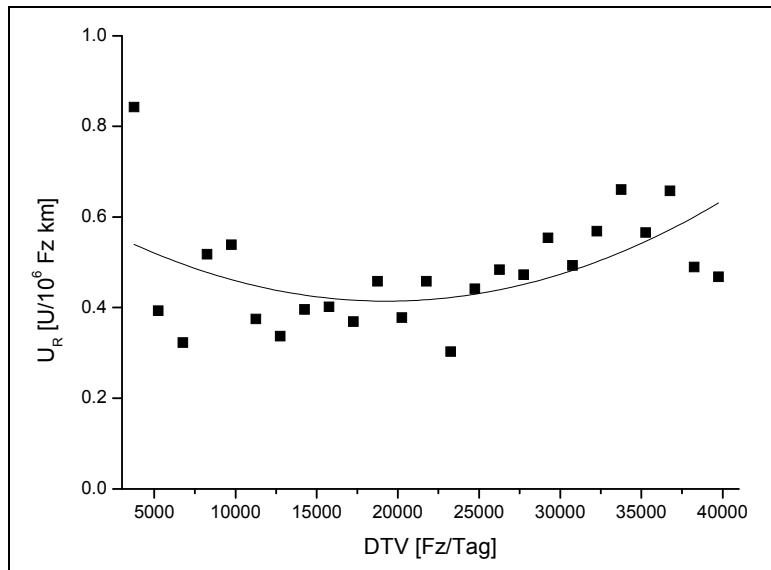
UPS: Unfälle mit Personenschaden

FG: Fussgänger

VERKEHRSABLAUF UND UNFALLGESCHEHEN Autobahnen
--

7.1

- $U_R = f(DTV)$



Anwendungsbereich:
Autobahnen

Grundlagen: - [Lindenmann, 2003]

DTV: Durchschnittlicher täglicher Verkehr

U_R : Unfallrate

VERKEHRSABLAUF UND UNFALLGESCHEHEN Verkehrsbeeinflussung auf Autobahnen	7.2
--	------------

- $\Delta U / \Delta U_R = f(\text{Stau- und Unfallwarnanlagen})$

	ΔU	ΔU_R	ΔV
Schweiz, A1 Grauholz	-20 %	-28 %	-
Schweiz, A1 Limmattal, Richtung Bern	-50 %	-	-
Schweiz, A1 Limmattal, Richtung Zürich	-40 %	-	-
Deutschland	-27 %	-30 %	-30 %

Quellen: - [Rudolf Keller & Partner Verkehrsingenieure, 1998]
 - [Werdin, 1998]
 - [Balz, 1995]

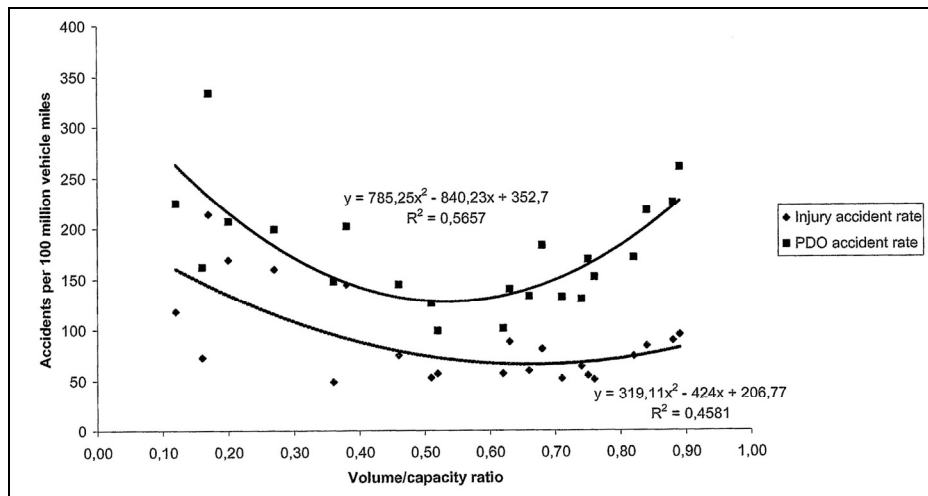
Anwendungsbereich:
Autobahnen

U: Unfälle
 U_R: Unfallraten
 V: Verunfallte

VERKEHRSABLAUF UND UNFALLGESCHEHEN
Strassen innerorts

7.3

- $\Delta U_{R^*} = f(X)$



Quelle: - [Elvik, 2004]

Anwendungsbereich:
Strassen innerorts

X: Auslastungsgrad = Verkehrsbelastung / Kapazität (Volume / Capacity ratio)

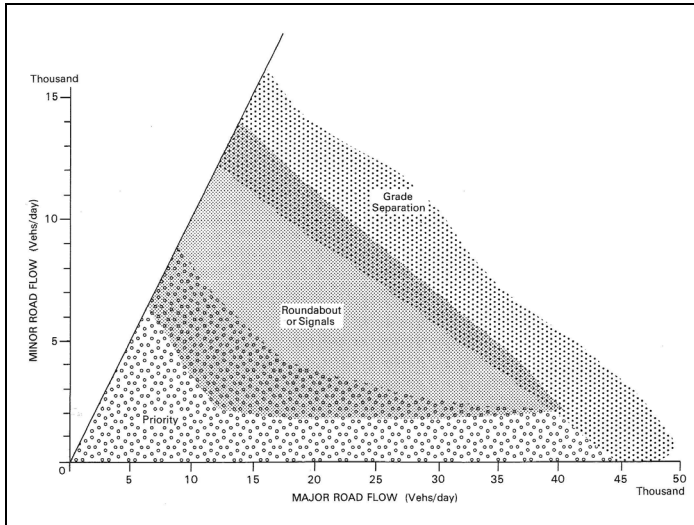
 U_{R^*} : Unfallraten mit Bezugsgrösse Fz-Meilen (Accident per 100 million vehicle miles)

Injury accident rate: Rate der Verunfallten

PDO accident rate: Rate der Unfälle mit Sachschaden

VERKEHRSABLAUF UND UNFALLGESCHEHEN Knoten	7.4
--	------------

• **Knotenbetriebsform = f(Q_H, Q_N)**

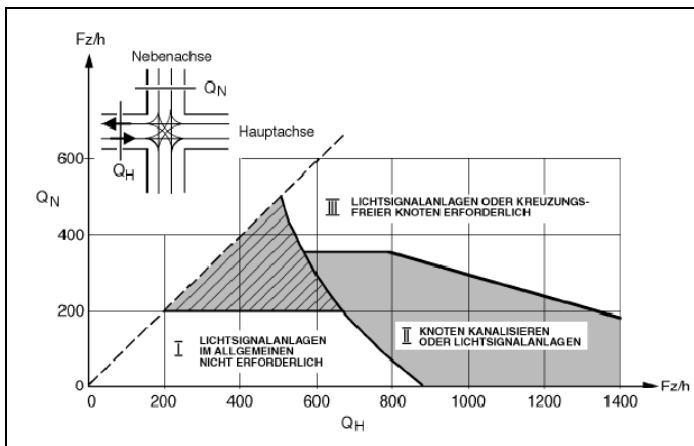


Q_H: Verkehrsmenge Hauptrichtung (major road flow)
 Q_N: Verkehrsmenge Nebenrichtung (minor road flow)

- Priority: Signal geregelter Knoten
- Roundabout: Kreisverkehr
- Signal: Lichtsignalgesteuerter Knoten
- Grade Separation: Kreuzungsfreier Knoten

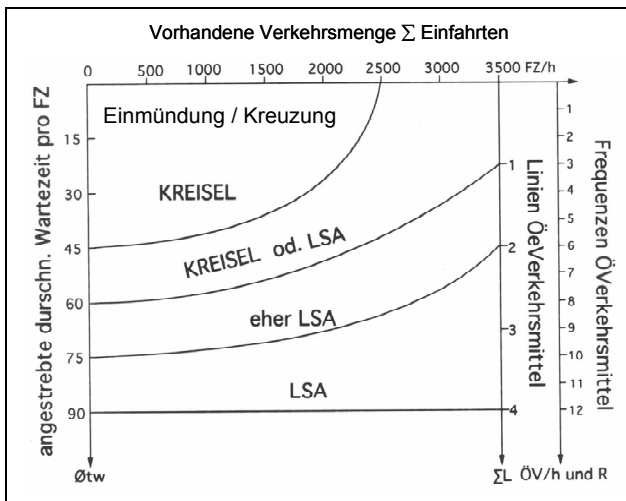
Anwendungsbereich:
 Knoten innerorts

Quelle: - [Institution of Highways and Transportation, 1987]



Anwendungsbereich:
 Knoten innerorts und ausserorts

Quelle: - [Dietrich, 1982]



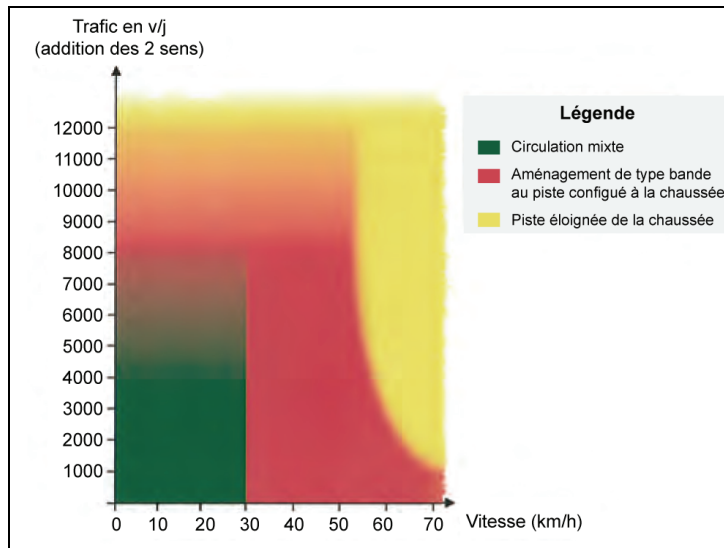
Anwendungsbereich:
 Knoten innerorts und ausserorts

Eigene Darstellung

VERKEHRSABLAUF UND UNFALLGESCHEHEN
Zweiradverkehrsanlagen

7.5

• **Art Zweiradverkehrsanlage = f (v, Q)**



Anwendungsbereich:
 Strassen innerorts

Quelle: - [Certu, 2008]

Vitesse: Geschwindigkeit
 Trafic en v/j (addition des 2 sens): Verkehr in FZ/Tag (in beide Richtungen)

Circulation mixte: Mischstreifen (grün)
 Aménagement de type bande au piste configuré à la chaussée: Radstreifen (rot)
 Piste éloignée de la chaussée: Radweg (gelb)

FG- / ZR-ANLAGEN UND UNFALLGESCHEHEN Fussgängerverkehrsanlagen	8.1
---	------------

• **Überquerungsrisiko = f (Querungsart)**

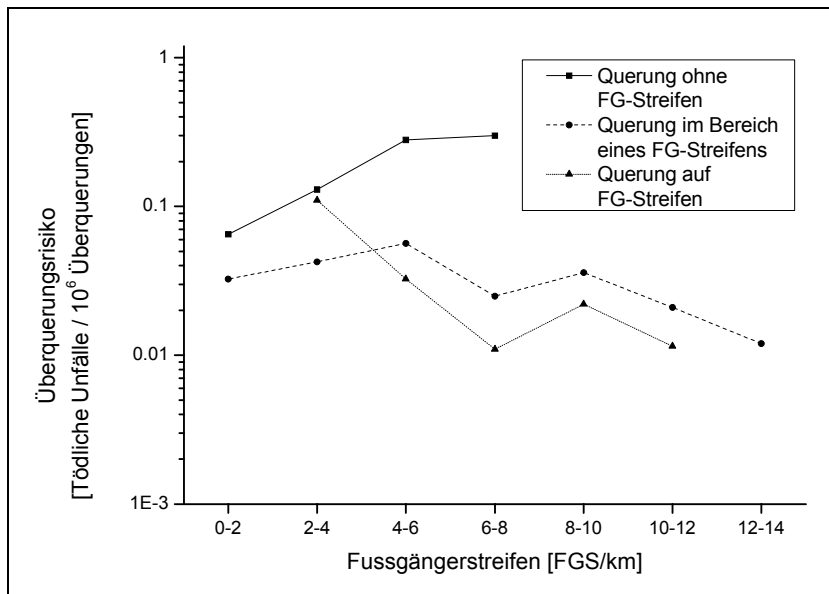
	Überquerungsrisiko [tödliche Unfälle / 10 ⁶ Querungen]	Faktor
Querung ohne Fussgängerstreifen	10	1.00*
Querung im Bereich eines Fussgängerstreifens	3	0.33
Querung auf Fussgängerstreifen	2	0.20
Querung auf Fussgängerstreifen mit Mittelinsel	1	0.10
Querung auf Fussgängerstreifen mit LSA	1	0.10

Grundlagen: - [Ernst Basler & Partner AG, 1983]
 - [Weber, 1997]
 - [Riedel, 1987]

Anwendungsbereich:
 HVS, ausserhalb
 Knotenbereiche

*: Basiswert

• **Überquerungsrisiko = f (Querungsart, FG-Streifendichte)**



Anwendungsbereich:
 HVS, ausserhalb
 Knotenbereiche

Quelle: - [Ernst Basler & Partner AG, 1983]

• **ΔUPS = f (Erstellung FG-Mittelinsel)**

	Unfalltypen	ΔUPS
Erstellung FG-Mittelinsel	FG-Unfälle	-12 %
	Fz-Unfälle	-2 %
	Alle Unfälle	-7 %

UPS: Unfälle mit Personenschaden

Anwendungsbereich:
 HVS, ausserhalb Knotenbereiche

Quelle: - [Elvik, 2004]

- **U = f (DTV, FG)**

Querungstyp	U [Unfälle pro Jahr]	
Ohne FG-Streifen	$U = 1.9 \cdot 10^{-2} \cdot DTV^{0.5} \cdot e^{\frac{-D}{100}}$	für $581 \leq DTV \leq 13'356$ Fz/Tag und $5 \leq D \leq 150$ m
Auf FG-Streifen	$U = 3 \cdot 10^{-4} \cdot DTV$	für $1'406 \leq DTV \leq 8'364$ Fz/Tag
Auf FG-Streifen mit LSA	$U = 3 \cdot 10^{-3} \cdot DTV^{0.6} \cdot P^{0.2} \cdot T$	für $1'599 \leq DTV \leq 14'755$ Fz/Tag und $42 < P < 8279$ FG/Tag

Quelle: - [Ogden, 1996]

Anwendungsbereich:
HVS, ausserhalb Knotenbereiche

DTV: Durchschnittlicher täglicher Verkehr [Fz/Tag]

D: Abstand zum nächsten Knoten [m]

P: Tägliches Fussgängeraufkommen [FG/Tag]

T: Parameter für Grösse der Stadt,

T = 1 bei mehr als 1 Mio. Einwohner, T = 0.6 bei weniger als 1 Mio. Einwohner

FG- / ZR-ANLAGEN UND UNFALLGESCHEHEN Zweiradverkehrsanlagen	8.2
--	------------

• $\Delta U = f(\text{Betriebsform Zweiradverkehrsanlage})$

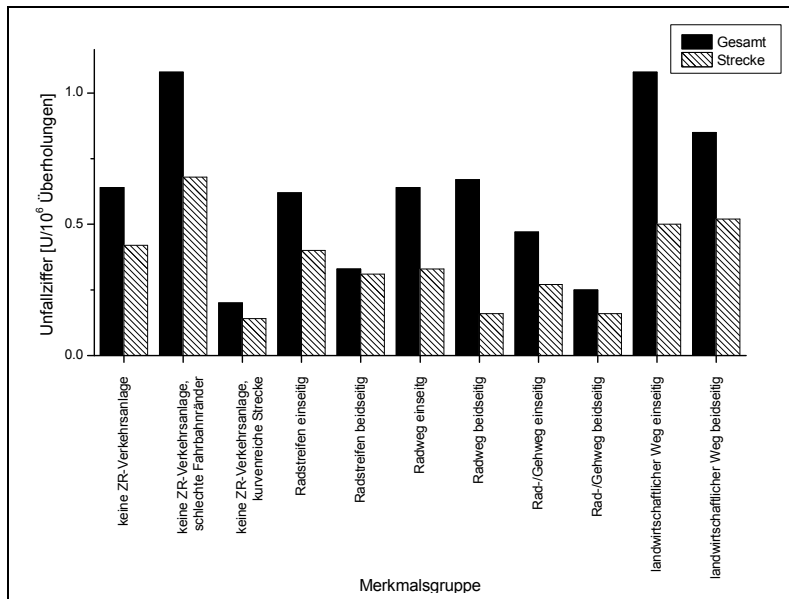
Einfluss Erstellung Zweiradverkehrsanlage	Unfalltyp	ΔU
Radweg entlang Strecke	ZR- Unfälle	-30 %
	Alle Unfälle	-7 %
Radstreifen entlang Strecke	ZR- Unfälle	-2 %
	Alle Unfälle	-4 %
Radstreifen im Knoten	ZR- Unfälle	-12 %
	Fz-Unfälle	+39 %
	Alle Unfälle	+14 %

Grundlagen: - [Elvik, 2004]

*Anwendungsbereich:
Strassen innerorts und
ausserorts*

U: Unfälle

• $U / U (\text{Strecke}) = f(\text{Betriebsform Zweiradverkehrsanlage, Anlagemerkmale})$



*Anwendungsbereich:
Strassen ausserorts*

Quelle: - [Koehler, 1981]

• $\Delta U = f(\text{Betriebsform Zweiradverkehrsanlage, ausserorts})$

Einfluss Erstellung Zweiradverkehrsanlage	$\Delta U / 10^6$ Überholungen		
	Alle Unfälle	Streckenunfälle	Knotenunfälle
Radstreifen beidseitig	-48 %	-26 %	-91 %
Radweg einseitig	0 %	-21 %	+41 %
Radweg beidseitig	+5 %	-62 %	+132 %

Grundlagen: - [Koehler, 1981]

*Anwendungsbereich:
Strassen ausserorts*

U: Unfälle

• $\Delta U_R = f$ (Betriebsform Zweiradverkehrsanlage, innerorts)

Einfluss Erstellung Zweiradverkehrsanlage	$\Delta U_R = \Delta(U / Fz \cdot FR \cdot km \cdot 10^9)$	
	Alle Unfälle	Streckenunfälle
Radweg einseitig	-5 %	-6 %
Radweg beidseitig	-16 %	-24 %

Grundlagen: - [Knoche, 1981]

Anwendungsbereich:
Strassen innerorts

U: Unfälle
U_R: Unfallrate

ZONENEINRICHTUNGEN UND UNFALLGESCHEHEN Tempo 30- Zonen	9.1
---	------------

• $\Delta U / \Delta V / \Delta UPS = f$ (Einrichtung Tempo 30-Zone)

Massnahme	ΔU	ΔV	ΔUPS	ΔUS
Tempo 50 → Tempo30-Zonen (Schweiz)	-15 %	-27 %	-	-
Einrichtung Tempo 30-Zonen mit baulichen Massnahmen (Ausland)	-	-	-27 %	-16 %

Quellen: - [Lindenmann, 2000]
- [Elvik, 2004]

Anwendungsbereich:
Tempo-30 Zonen

U: Unfälle

V: Verunfallte

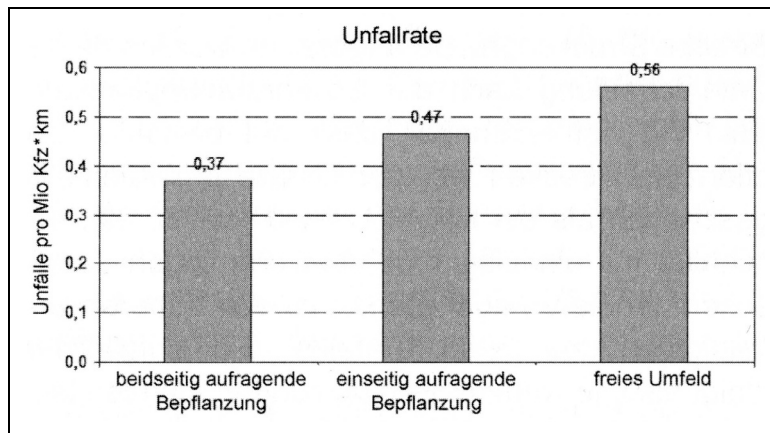
UPS: Unfälle mit Personenschaden

US: Unfälle mit Sachschaden

BEPFLANZUNG UND UNFALLGESCHEHEN
Strassenraumgestaltung

10.1

$$U_R = f(\text{Bepflanzung})$$



Anwendungsbereich:
Strassen ausserorts

Quellen: - [Lippold, 2009]

4 Erkenntnisse und Folgerungen

4.1 Grundsätze für die Anwendung

4.1.1 Checklisten

Die in Ziffer 3.2 enthaltenen Checklisten eignen sich direkt für den Einsatz bei Verkehrssicherheitsprüfungen und Sicherheitsaudits für Projekte von Strassenverkehrsanlagen. Die Anwendung erlaubt das quantitative Bestimmen von Differenzen von Projektgrössen im Vergleich mit festgelegten bzw. empfohlenen Normgrössen (Vergleich Projekt – Norm) und von Projektgrössen in Gegenüberstellung zu den entsprechenden Grössen der vorhandenen Strassenverkehrsanlage.

Die Checklisten stellen eine weitreichende Zusammenstellung sicherheitsrelevanter Kenngrössen von Anlage, Ausrüstung und Betrieb von Strassenverkehrsanlagen dar. Diese kann naturgemäss nicht abschliessend und nicht immerwährend sein. Vielmehr gilt es bei Kenntnis neuer wichtiger sicherheitsrelevanter Aspekte diese zu beschreiben und nach Möglichkeit zu quantifizieren und die vorliegenden Checklisten zu ergänzen. Im Weiteren müssen die Checklisten aufgrund der Weiterentwicklung des Normenwerkes und neuer Erkenntnisse aus der Verkehrssicherheitsforschung von Zeit zu Zeit aktualisiert, angepasst und ergänzt werden.

4.1.2 Quantifizierungsmassstäbe

Die in Ziffer 3.3 vorgelegten Quantifizierungsmassstäbe stellen eine erste Sammlung zumindest für alle in den Checklisten vorhandenen Bereiche dar. Sie entstanden als subjektive Auswahl der Verfasser aus der zu diesen Belangen relevanten Literatur. Die weltweite Literatur enthält eine grosse Fülle von Grundlagen zur Quantifizierung von Sicherheitsaspekten von Anlagen und Betrieb und Massnahmen für Strassenverkehrsanlagen.

Die vorliegende Sammlung ist gezielt auf die in den Checklisten behandelten zehn Bereiche ausgelegt, enthält aber zu einzelnen Bereichen mehrere zweckmässigen Angaben, zu anderen wiederum nur wenige. Die Auswahl ergab sich aufgrund der subjektiven Beurteilung der Eignung der Quantifizierungsmassstäbe für den direkten Einsatz bei Verkehrssicherheitsprüfungen.

Es sei an dieser Stelle auf eine grundsätzliche sehr wichtige Problematik bei der Anwendung hingewiesen. Es besteht generell die Gefahr, die durch Quantifizierungsmassstäbe resultierenden Auswirkungen mehrerer Unterschiede und Veränderungen auf das Unfallgeschehen (Unfallhäufigkeit und Unfallschwere) zu kumulieren resp. zu summieren, was in der Regel zu fehlerhaften bzw. falschen Gesamtbeurteilungen führen wird. Vor allem bei der Anwendung von globalen Mittelwerten bei Unterschieden und Veränderungen ist hinsichtlich dieser Problematik zu beachten, dass bei vielen dieser Angaben keine exakte Differenzierung der verschiedenen Einzelgrössen der Kenngrösse oder Massnahme auf das Unfallgeschehen möglich war. Diese Separation ergibt sich häufig bei solchen Untersuchungen resp. Ergebnissen und ist entsprechend zu berücksichtigen. D.h. bei der Anwendung sind in der Regel die Auswirkungen nicht allein Folge der erwähnten Veränderung der Massnahme. Demzufolge können auch beträchtliche Abweichungen (\pm) bei den angegebenen Werten im Einzelfall auftreten. Aus diesen Gründen ist eine sorgfältige Beurteilung und ein vorsichtiger Umgang mit diesen Quantifizierungsmassstäben notwendig.

Besonders in allen Fällen, wo aufgrund der quantitativ bestimmten Veränderungen im Unfallgeschehen eine zusätzliche, monetäre Bewertung vorgenommen wird, ist die kumulative Beurteilung mit grosser Vorsicht durchzuführen.

4.2 Folgerungen

4.2.1 Einsatz der Ergebnisse bei Verkehrssicherheitsüberprüfungen

Die vorliegenden Ergebnisse der Checklisten und der Quantifizierungsmassstäben stellen konkrete und direkte bei Sicherheitsüberprüfungen und Sicherheitsaudits von Projekten von Strassenverkehrsanlagen anwendbare Hilfsmittel und Werkzeuge dar. Sie wurden neu und vor allem im Lichte der Anforderungen von Sicherheitsaudits der VSS-Norm SN 641 712 entwickelt.

Während die Checklisten einen relativ hohen Vollständigkeitsgrad aufweisen, muss die vorliegende Sammlung von Quantifizierungsmassstäben als erste, vorläufige Zusammenstellung taxiert werden. Im Rahmen des vorliegenden Forschungsauftrags konnten aber zumindest allen in den Checklisten behandelten Bereichen einige wenige bis mehrere konkrete Quantifizierungsmassstäbe aufbereitet oder entwickelt werden. Hier besteht indessen ein weiterer Bedarf zur Ergänzung und Vervollständigung der Sammlung.

4.2.2 Auswertung von Erfahrungen

Die hier entwickelten beiden Hilfsmittel Checklisten und Quantifizierungsmassstäbe können sofort bei allen Verkehrssicherheitsprüfungen und Sicherheitsaudits eingesetzt werden. Erste „Feuerproben“ haben sie bereits bestanden, einerseits durch den Einsatz in drei Ausbildungskursen der neuen Norm SN 641 712 „Sicherheitsaudits für Projekte von Strassenverkehrsanlagen“ an der ETH Zürich (2008 und 2009) und an der EPF Lausanne (2010) sowie im Rahmen einer Diplomarbeit am IVT der ETH Zürich [Leemann, 2007]. Erste Erkenntnisse daraus konnten bereits für die Auslegung der vorliegenden Forschung berücksichtigt werden. Es scheint indessen nötig und zweckmässig weitere Erfahrungen, vor allem bei Anwendungen der Checklisten bei Auditoren privater Ingenieurbüros, Tiefbauämter und Polizeistellen in der nächsten Zeit systematisch zu sammeln und auszuwerten.

4.2.3 Normung

Die Checklisten eignen sich sehr gut für eine Normung, weil sie ein konkretes Hilfsmittel für die Verwendung in der Praxis darstellen. Es wäre möglich – und war ursprünglich so angedacht – die Checklisten als neuen Anhang zur SN 641 712 „Sicherheitsaudits für Projekte von Strassenverkehrsanlagen“ zu erlassen. In diesem Zusammenhang wäre zu prüfen, ob der Satz der Checklisten in etwa der vorliegenden Fassung gestaltet werden sollte oder ob noch erst die weiteren Erfahrungen mit der Anwendung abgewartet und allfällige Erkenntnisse berücksichtigt werden sollten. Die vorliegende Sammlung von Quantifizierungsmassstäben erscheint als nicht bzw. noch nicht geeignet für einen Normanhang. Wie sie allenfalls für die Normung verwendet resp. aufbereitet werden könnten, müsste noch eingehend weiter von den zuständigen Experten (VSS Expertenkommission 3.04 „Strassenverkehrssicherheit“) geprüft werden.

4.2.4 Weitere Forschungsbedürfnisse

Aufgrund der Erfahrungen der Durchführung des vorliegenden Forschungsauftrages erscheint zurzeit kein sehr dringlicher weiterer Forschungsbedarf vorhanden. Allerdings bleiben – wie bereits oben erläutert und begründet – die folgenden zwei Aspekte noch offen, welche nach einiger Erfahrungszeit noch zu erarbeiten wären.

Es erscheint einerseits nötig und zweckmässig, die Erfahrungen sowohl mit den Checklisten als auch mit den Quantifizierungsmassstäben eine gewisse Zeit lang systematisch zu erfassen und auszuwerten um diese als Grundlage für Ergänzungen und Anpassungen der hier vorliegenden Fassung der Checklisten verwenden zu können.

Andererseits wäre eine weitere und vertiefte Forschungsarbeit zur Ergänzung, Erweiterung und Vervollständigung der Sammlung der Quantifizierungsmaßstäbe erforderlich. Dabei wäre auch zu prüfen, ob zusätzlich zu den Quantifizierungsmaßstäben eine Umrechnung in den heute weitverbreiteten Accident Modification Factor (AMF), wie er vor allem in der amerikanischen Verkehrssicherheitsforschung propagiert wird, vorgenommen werden sollte. Damit wäre eine Harmonisierung zum internationalen Standard möglich.

Abkürzungen

Begriff	Bedeutung
A	Klothoidenparameter
a	Abstand Drehsachse – Fahrbahnrand
a.o.	Ausserorts
a _L	Abstände Leitpfosten
AMF	Accident modification factor
B	Breite
b _a	Breite des Fahrstreifens im Ausfahrtsbereich eines Kreisverkehrs
b _B	Bankettbreite
b _e	Breite des Fahrstreifens im Einfahrtsbereich eines Kreisverkehrs
b _k	Breite Kreisfahrbahn
D	Verkehrsdichte
d'	Aufweitungsbreite
D _a	Aussendurchmesser
D _T	Übergangslänge der Beschleunigungs- oder Verzögerungsstrecke
DTV	Durchschnittlicher Täglicher Verkehr
e	Kurvenverbreiterung
ES	Erschliessungsstrassen
FG	Fussgänger
f _R	Radialer Anteil am Reibungskoeffizient
GNP	Geometrisches Normalprofil
H	Höhe
HLFR	Horizontale Linienführung
HLS	Hochleistungsstrassen
HP	Halteprozentsatz
HVS	Hauptverkehrsstrassen
i	Neigung
i.o.	Innerorts
i _R	Randneigung
KU	Kurvigkeit
L	Länge
L _A	Beschleunigungsbereich
L _D	Länge des Ausscherbereichs
L _E	Einfädelungsbereich
L _G	Geradenlänge
L _M	Manövrierbereich
L _N	Abstand physische Nase – geometrische Nase
L _R	Kurvenlänge
L _S	Länge Stauraum
LSA	Lichtsignalanlage
L _V	Verziehungslänge
LW	Lastwagen
MFG	Verkehrsstärke Fussgänger

Begriff	Bedeutung
Mfz	Motorfahrzeug
MSV	Massgebender stündlicher Verkehr
N_{Fs}	Anzahl Fahrstreifen
OLFR	Optische Linienführung
p	Querneigung
PW	Personenwagen
PWE	Personenwageneinheiten
Q	Verkehrsstärke
q	Fallliniengefälle
q_1	Verkehrsstärke des linken Fahrstreifens der Hauptfahrbahn (HLS)
q_{12}	Gesamtverkehrsstärke der Hauptfahrbahn (HLS)
q_e	Verkehrsstärke der Einfahrt (HLS)
q_m	Verkehrsstärke des linken Fahrstreifens nach der Einfahrt (HLS)
QS	Querschnitt
R	Kurvenradius
R_a	Aussenradius
R_{a2}	Ausfahrtsradius Kreisverkehr
R_{e2}	Einfahrtsradius Kreisverkehr
RLFR	Räumliche Linienführung
R_v	vertikaler Radius
R_{vK}	Kuppenradius
R_{vW}	Wannenradius
s	Standardabweichung
S	Sichtweite
S_A	Anhaltesichtweite
S_L	Sicherheitslinie
SRM	Skid Resistance Tester
SRT	Stuttgarter Reibungsmesser
SS	Sammelstrassen
$S_{\bar{u}}$	Überholsichtweite
SVA	Schwerverkehrsanteil
$S_{\text{vorh.}}$	Vorhandene Sichtweite
T	Abstand
T_{aus}	Länge des ausgeweiteten Radstreifens
t_v	Tangentenlänge
U	Unfälle
UK_z	Unfallkostenziffer
UPS	Unfälle mit Personenschaden (entspricht in der Schweiz Unfälle mit Verunfallten)
U_R	Unfallrate
US	Unfälle mit Sachschaden
U_z	Unfallziffer
V	Verunfallte
v	Geschwindigkeit
v_A	Ausbaugeschwindigkeit
v_E	Geschwindigkeit bei der geometrischen Nase

Begriff	Bedeutung
VLFR	Vertikale Linienführung
v_m	Mittlere Geschwindigkeit
v_P	Projektierungsgeschwindigkeit
VQS	Verkehrsqualitätsstufe
VS	Verbindungsstrassen
v_s	Geschwindigkeit am Ende des Verzögerungsbereichs
v_Z	Zulässige Höchstgeschwindigkeit
$v_{Z\text{ abw.}}$	Abweichende Höchstgeschwindigkeit
w	Wartezeit
X	Auslastungsgrad
ZR	Zweirad
α	Einfahrtswinkel Kreisverkehr
β	Ablenkungswinkel Kreisverkehr
μ	Reibungskoeffizient

Literaturverzeichnis

[Anderson, 1999]	Anderson, I. B., et al. (1999) Relationship to Safety of Geometric Design Consistency Measures for rural Two-lane Highways, Transportation research record, 1658 pp. 43-51
[Arbeitsgruppe Verkehrssicherheit, 1983]	Arbeitsgruppe Verkehrssicherheit (1983) Versuch Tempo 50, Schlussbericht, Bern
[Balz, 1995]	Balz, W. (1995) Wirkung kollektiver Verkehrsbeeinflussungsanlagen, Strassenverkehrstechnik, Heft 7
[Behrendt, 1989]	Behrendt, J., et al. (1989) Zonen-Geschwindigkeitsbeschränkungen, Bundesanstalt für Strassenwesen, Arbeitsgruppe "Zonen-Geschwindigkeitseinschränkungen", Bergisch Gladbach
[Belopitov, 1999]	Belopitov, I. und P. Spacek (1999) Geschwindigkeiten in Kurven, Schriftenreihe 420, Schlussbericht VSS 01/96, Bundesamt für Strassen, UVEK, Bern
[Bühlmann, 1997]	Bühlmann, F. und P. Spacek (1997) Unfallgeschehen und Geometrie der Kreiselanlagen, Schriftenreihe Schlussbericht 17/93, Bundesamt für Strassen ASTRA, UVEK, Bern
[Certu, 2008]	Certu (2008) savoirs de base en sécurité routière, fiches n°7, Les cyclistes, Lyon
[Dietrich, 1988]	Dietrich, K., et al. (1988) Auswirkungen von Tempo 80/120 auf die Verkehrssicherheit, Schlussbericht, Schweizerische Beratungsstelle für Unfallverhütung, IVT ETH Zürich, Bern
[Dietrich, 1982]	Dietrich, K., M. Rotach und E. Boppart (1982) Strassenprojektierung, Institut für Verkehrsplanung und Transporttechnik, ETH Zürich, Zürich
[Dietze, 2008]	Dietze, M., et al. (2008) Safety Performance Function, Final Report, RiP-CORD-iSEREST, Darmstadt
[Dumont, 2006]	Dumont, A. G., L. Arnaud und P. Chenevière (2006) Besoin en adhérence des revêtements de chaussées, publications sérielles rapport final VSS 200/360, Office Fédéral des Routes, DETEC, Berne
[Elvik, 2004]	Elvik, R. (2004) The handbook of road safety measures, Elsevier, Amsterdam
[Ernst Basler & Partner AG, 1983]	Ernst Basler & Partner AG (1983) Einfluss der Anzahl von Fussgängerstreifen auf das Unfallgeschehen mit Fussgängern, Schweizerische Beratungsstelle für Unfallverhütung bfu, Zürich
[Handke, 1997]	Handke, N., K. Seitz und R. Schnüll (1997) Sicherheitswirksamkeit ausgewählter Strassenbaumassnahmen im Lande Brandenburg, Berichte der Bundesanstalt für Strassenwesen, Strassenbau Heft 16, Wirtschaftsverlag NW, Bremerhaven
[Harkey, 2008]	Harkey, D. L., et al. (2008) Accident modification factors for traffic engineering and ITS improvements, NCHRP Report 617, Transportation Research Board, Washington, D.C.
[Hebenstreit, 1993]	Hebenstreit, B. v., et al. (1993) Hilfsmittel zur Verdeutlichung der optischen Linienführung, Teilabschnitt Kurvenschranken, Teil II, Schriftenreihe 263, Schlussbericht VSS 33/89, Bundesamt für Strassenbau, UVEK, Bern
[Hehlen, 1990]	Hehlen, P., et al. (1990) Zonensignalisation: Tempo 30, Vorläufige Empfehlungen, Beratungsstelle für Unfallverhütung bfu, Bern
[Hiersche, 1984]	Hiersche, E.-U., et al. (1984) Auswirkungen von Ausbaumassnahmen gemäss den RAL-L auf die Verkehrssicherheit zweispuriger Strassen, Forschung Strassenbau und Strassenverkehrstechnik Heft 431, Bonn-Bad Godesberg
[Hoppe, 1982]	Hoppe, K. (1982) Tempo 50 innerorts Satellitversuch Stadt Bern, Schlussbericht, Bern

[Institution of Highways and Transportation, 1987]	Institution of Highways and Transportation (1987) Roads and traffic in urban areas, HMSO Publications Centre, London
[Kallberg, 1997]	Kallberg, V.-P. (1997) Speed can endanger your health, Nordic Road & Transport Research, 9 (2) 9-12
[Knoche, 1981]	Knoche, G. (1981) Einfluss von Radwegen auf die Verkehrssicherheit, Band 2, Radfahrerunfälle auf Stadtstrassen, Forschungsberichte der Bundesanstalt für Strassenwesen, Bereich Unfallforschung, Köln
[Koehler, 1981]	Koehler, R. und B. Leutwein (1981) Einfluss von Radwegen auf die Verkehrssicherheit, Band 1, Untersuchung von Ausserortsunfällen, Forschungsberichte der Bundesanstalt für Strassenwesen, Bereich Unfallforschung, Köln
[Köppel, 1979]	Köppel, G. und H. Bock (1979) Fahrgeschwindigkeit in Abhängigkeit von der Kurvigkeit, Forschung Strassenbau und Strassenverkehrstechnik Heft 269, Bonn-Bad Godesberg
[Koy, 2003]	Koy, T. und P. Spacek (2003) Geschwindigkeiten in Steigungen und Gefällen, Schriftenreihe 1054, Schlussbericht 1998/079, Bundesamt für Strassen ASTRA, UVEK, Bern
[Lamm, 2007]	Lamm, R. (2007) How to make two-lane rural roads safer, WIT Press, Southampton
[Leemann, 2007]	Leemann, N. (2007) Analyse von Zusammenhängen zwischen Veränderungen an Anlage und Verkehrsablauf und dem Unfallgeschehen – Ableitung von Quantifizierungswerkzeugen zur Beurteilung der Verkehrssicherheit, Diplomarbeit, Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme, ETH Zürich
[Lindenmann, 2006]	Lindenmann, H.-P. und L. Seiler-Scherer (2006) Überprüfung der VSS-Normen hinsichtlich Relevanz und Defiziten bezüglich Verkehrssicherheit, Schriftenreihe 1166, Schlussbericht ASTRA 2004/009, Bundesamt für Strassen, UVEK, Bern
[Lindenmann, 2002]	Lindenmann, H. P. und M. Doerfel (2002) Verkehrssicherheitsbeurteilung (VSB) (Safety Audit), IVT ETH Zürich, Fonds für Verkehrssicherheit, Zürich
[Lindenmann, 2000]	Lindenmann, H. P. und T. Koy (2000) Beurteilung der Auswirkungen von Zonensignalisationen (Tempo 30) in Wohngebieten auf die Verkehrssicherheit, IVT ETH Zürich, Fonds für Verkehrssicherheit, Zürich
[Lindenmann, 2003]	Lindenmann, H. P., et al. (2003) Zustandserfassung und -bewertung Nationalstrassen (Fahrbahnen) ZEB-NS (1999-2002) Schlussbericht, Bundesamt für Strassen ASTRA, Zürich
[Lindenmann, 2009]	Lindenmann, H. P., et al. (2009) Leistungsfähigkeit zweistreifiger Kreisell, Schriftenreihe Schlussbericht VSS 2005/301, UVEK, Bern
[Lippold, 1997]	Lippold, C. (1997) Weiterentwicklung ausgewählter Entwurfgrundlagen von Landstrassen, Dissertation Technische Hochschule Darmstadt, Darmstadt
[Lippold, 2009]	Lippold, C. und R. Schulz (2009) Einfluss der Strassenseitenraumbepflanzung auf Fahrverhalten und Verkehrssicherheit, Forschung Strassenbau und Strassenverkehrstechnik Heft 1018, Bonn
[Maier, 1990]	Maier, R. und V. Meewes (1990) Fahrbahnbreite und Geschwindigkeitsverhalten, Strassenverkehrstechnik, Heft 2
[Matthews, 2009]	Matthews, W. (2009) Unfall- und Unfallkostenraten im Strassenverkehr, Grundlagen zum Schlussbericht VSS 2000/343, PTV SWISS AG, Bern (unveröffentlicht)
[Meewes, 2003]	Meewes, V. (2003) Sicherheit von Landstrassen-Knotenpunkten, Strassenverkehrstechnik, Heft 4 und 5
[Mörner, 1984]	Mörner, J. v., P. Müller und H. H. Topp (1984) Entwurf und Gestaltung innerörtlicher Strassen, Forschung Strassenbau und Strassenverkehrstechnik Heft 425, Bonn-Bad Godesberg
[Ogden, 1996]	Ogden, K. W. (1996) Safer roads: a guide to road safety engineering, Avebury Technical, Aldershot

[PE-CONS 3652/2/08, 2008]	PE-CONS 3652/2/08 (2008) Richtlinie des europäischen Parlaments und des Rates über ein Sicherheitsmanagement für die Strassenverkehrsinfrastruktur, Brüssel
[Riedel, 1987]	Riedel, H., J. Thoma und H.-P. Lindenmann (1987) Fussgänger-Lichtsignalanlagen, Schweizerische Beratungsstelle für Unfallverhütung bfu, Institut für Verkehrsplanung, Transporttechnik, Strassen- und Eisenbahnbau IVT, Baudirektion Kanton Basel-Landschaft, Bern
[Rudolf Keller & Partner Verkehrsingenieure, 1998]	Rudolf Keller & Partner Verkehrsingenieure (1998) N1 VBS Grauholz, Wirksamkeitsanalyse, Verkehrs- und Energiedirektion des Kantons Bern Bau-, Tiefbauamt, Basel
[SN 641 712, 2008]	SN 641 712 (2008) Sicherheitsaudit für Projekte von Strassenverkehrsanlagen, Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS), Zürich
[Sommer, 2007]	Sommer, H., et al. (2007) Volkswirtschaftliche Kosten der Nichtberufsunfälle in der Schweiz Strassenverkehr: Sport, Haus und Freizeit, bfu-Report 58, Beratungsstelle für Unfallverhütung BfU, Bern
[Spacek, 1987]	Spacek, P. (1987) Quergefälle in Geraden und Kurven, Schriftenreihe 127, Schlussbericht 22/79, Bundesamt für Strassenbau, Eidgenössischen Departements des Innern, Bern
[Stadtpolizei Zürich Abteilung für Verkehr, 1982]	Stadtpolizei Zürich Abteilung für Verkehr (1982) Versuch Tempo 50 Satellit Stadt Zürich, Schlussbericht, Zürich
[Taubmann, 1987]	Taubmann, A. (1987) Unfallgeschehen innerhalb bebauter Gebiete in Abhängigkeit von Strassen- und Verkehrsbedingungen, Veröffentlichungen Heft 34, Institut für Strassenbau und Eisenbahnwesen der Universität Karlsruhe (TH), Karlsruhe
[Thoma, 1991]	Thoma, J. und H.-P. Lindenmann (1991) Zonensignalisation in Wohngebieten Tempo 30, Pilotstudie Stadt Bern, IVT ETH Zürich, Beratungsstelle für Unfallverhütung bfu, Zürich
[Verband der Autoversicherer, 1990]	Verband der Autoversicherer (1990) Tempo 30-Zonen Auswahl und Einrichtung, Empfehlungen der Beratungsstelle für Schadenverhütung Nr. 8, Köln
[Weber, 1997]	Weber, R. und M. Weissert (1997) Sicherheitsaspekte bei Fussgängerüberwegen, VTA No. 27, Kantonspolizei Zürich, Verkehrstechnische Abteilung, Zürich
[Werdin, 1998]	Werdin, H. und A. Fellmann (1998) Einsatzmöglichkeiten und Wirksamkeit von Verkehrssystem-Management-Massnahmen in der Schweiz, Schriftenreihe 401, Schlussbericht VSS 19/96, Bundesamt für Strassen, UVEK, Bern
[Zuberbühler, 1993]	Zuberbühler, R. und H. P. Lindenmann (1993) Geschwindigkeitsniveaus auf verschiedenen Strassentypen, Institut für Verkehrsplanung Transporttechnik Strassen- und Eisenbahnbau, ETH Zürich, Zürich

Projektabschluss



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

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

FORSCHUNG IM STRASSENWESEN DES UVEK

ARAMIS SBT

Formular Nr. 3: Projektabschluss

erstellt / geändert am:

Grunddaten

Projekt-Nr.:

Projekttitel:

Enddatum:

Texte:

Zusammenfassung der
Projektresultate:

In einem ersten Schritt wurden Listen der Anlage- und Betriebsgrößen von Strassenverkehrsanlagen, welche sicherheitsrelevant sind und zu welchen Festlegungen vorliegen erstellt. Basierend auf Normen und Empfehlungen wurden insgesamt über 300 sicherheitsrelevante Anlage- bzw. Betriebsgrößen von Strassenverkehrsanlagen zusammengestellt und in 22 Checklisten gegliedert. Diese gestatten die quantitative und qualitative Erkennung und Bewertung von Unterschieden (Differenzen) zwischen gewählten Werten von Projektgrößen und den vorgeschriebenen resp. empfohlenen Werten bzw. den Veränderungen zwischen den gewählten Werten der Projektgrößen und den vorhandenen Anlage- und Betriebsgrößen der bisher bestehenden Strassenverkehrsanlage. Diese Checklisten können bei der Durchführung von Sicherheitsbeurteilungen eingesetzt werden.

Im zweiten Schritt wurden für die ermittelten sicherheitsrelevanten Parameter aus bestehenden Untersuchungen (Literatur) Zusammenhänge mit dem Unfallgeschehen gesucht und analysiert. Basierend darauf wurde eine erste Sammlung von 50 Quantifizierungsmaßstäben entwickelt. Diese stellt eine erste, vorläufige Zusammenstellung von solchen Hilfsmitteln dar.

Die Quantifizierungsmaßstäbe weisen zwei grundsätzlich verschiedene Formen auf. Einerseits konnten funktionelle Zusammenhänge zwischen Kenngrößen des Unfallgeschehens und Anlage- oder Betriebsgrößen der Strassenanlage aufgezeigt werden, welche es gestatten Auswirkungen von Unterschieden und Veränderungen auf die Verkehrssicherheit, d.h. die zukünftige Unfallhäufigkeit und die Unfallschwere



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

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

	<p>abzuschätzen. Andererseits konnten eine Reihe von Zusammenhängen gefunden und dargestellt werden, bei welchen Angaben zu den Auswirkungen von Veränderungen der Anlage oder des Betriebs als pauschale %-Wert bezüglich des Unfallgeschehens vorliegen.</p>
Zielerreichung:	<p>Mit der Erarbeitung bzw. Sammlung und Darstellung von Quantifizierungsmaßstäben von Auswirkungen von Sicherheitsdefiziten bei Projekten wurde die vorgegebene Zielsetzung des Forschungsauftrages erreicht. Dabei ist zu bemerken, dass einerseits die jetzt vorhandenen Maßstäbe weiter zu verfeinern sind, andererseits zukünftig ein Bedarf zur Ergänzung und Vervollständigung der Sammlung von Quantifizierungsmaßstäben bestehen bleibt.</p> <p>Zusätzlich zu den erbrachten Resultaten wurden anwendungsfreundliche Checklisten zur Ermittlung von Sicherheitsdefiziten entwickelt, welche direkt in der Praxis eingesetzt werden können.</p>
Folgerungen und Empfehlungen:	<p>Die Checklisten eignen sich direkt für den Einsatz bei Verkehrssicherheitsprüfungen und Sicherheitsaudits für Projekte von Strassenverkehrsanlagen. Die Anwendung erlaubt das quantitative Bestimmen von Differenzen von Projektgrößen im Vergleich mit festgelegten bzw. empfohlenen Normgrößen (Vergleich Projekt – Norm) und von Projektgrößen in Gegenüberstellung zu den entsprechenden Größen der vorhandenen Strassenverkehrsanlage.</p> <p>Die Quantifizierungsmaßstäbe stellen eine erste Sammlung zumindest für alle in den Checklisten vorhandenen Bereiche dar. Sie enthält zu einzelnen Bereichen mehrere zweckmässige Angaben, zu anderen wiederum nur wenige. Die Auswahl ergab sich aufgrund der subjektiven Beurteilung der Eignung der Quantifizierungsmaßstäbe für den direkten Einsatz bei der Verkehrssicherheitsprüfung.</p> <p>Es sei an dieser Stelle auf eine grundsätzliche sehr wichtige Problematik bei der Anwendung hingewiesen. Es besteht generell die Gefahr, die durch Quantifizierungsmaßstäbe resultierenden Auswirkungen mehrerer Unterschiede und Veränderungen auf das Unfallgeschehen (Unfallhäufigkeit und Unfallschwere) zu kumulieren resp. zu summieren, was in der Regel zu fehlerhaften bzw. falschen Gesamtbeurteilungen führen wird. Vor allem bei der Anwendung von globalen Mittelwerten von Unterschieden und Veränderungen ist hinsichtlich dieser Problematik zu beachten, dass bei vielen dieser Angaben keine exakte Differenzierung der verschiedenen Einzelgrößen der Kenngröße oder Massnahme auf das Unfallgeschehen möglich war. Diese Separation ergibt sich häufig bei solchen Untersuchungen resp. Ergebnissen und ist entsprechend zu berücksichtigen. D.h. bei der Anwendung sind in der Regel die Auswirkungen nicht allein Folge der erwähnten Veränderung der Massnahme. Demzufolge können auch beträchtliche Abweichungen (\pm) bei den angegebenen Werten im Einzelfall auftreten. Aus diesen Gründen ist eine sorgfältige Beurteilung und ein vorsichtiger Umgang mit diesen Quantifizierungsmaßstäben notwendig.</p> <p>Die hier entwickelten beiden Hilfsmittel Checklisten und Quantifizierungsmaßstäbe können sofort bei allen Verkehrssicherheitsprüfungen und Sicherheitsaudits eingesetzt werden. Erste Erkenntnisse aus dem Einsatz bei Sicherheitsaudits konnten bereits für die Auslegung der vorliegenden Forschung berücksichtigt werden. Es scheint indessen nötig und zweckmässig weitere Erfahrungen, vor allem bei der Anwendung der Checklisten durch die Auditoren privater Ingenieurbüros, Tiefbauämter und Polizeistellen, in der nächsten Zeit zu sammeln und auszuwerten.</p>
Publikationen:	<p>Lindenmann, H.P., Leemann, N., Doerfel, M. (2010) Grundlagen zur Quantifizierung der Auswirkungen von Sicherheitsdefiziten, Schlussbericht VSS 2005/302, Schriftenreihe, Nr. noch offen, Bundesamt für Strassen, UVEK, Bern</p>



Beurteilung der Begleitkommission:

Diese Beurteilung der Begleitkommission ersetzt die bisherige separate fachliche Auswertung.

Beurteilung:	<p>Im Rahmen der vorliegenden Forschungsarbeit wurden zwei neue Grundlagen für die praktische Anwendung bei Sicherheitsaudits für Projekte von Strassenverkehrsanlagen erarbeitet:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Werkzeuge und Hilfsmittel zur Quantifizierung der Auswirkung von Sicherheitsdefiziten und -gewinnen von bei Sicherheitsaudits festgestellten Mängeln und Fehlern in Projekten. Dabei konnten 50 konkrete Quantifizierungsmassstäbe teilweise eigens, teilweise gesammelt aus anderweitigen Quellen aufbereitet werden. 2. Checklisten als Hilfsmittel zum Lokalisieren, Erkennen und Bewerten von Projektstörungen und -fehlern an der Strassenverkehrsanlage bzw. zu erwartenden Veränderungen im Verkehrsablauf infolge Realisierung des Projekts. Dabei wurden über 300 sicherheitsrelevante Checkpunkte in 22 Checklisten aus den Anforderungen an die Verkehrssicherheit der entsprechenden Normen des VSS-Normenwerks zusammengetragen und aufbereitet. Diese zusätzliche Arbeit hat sich deshalb aufgedrängt, weil sich dadurch eine zielgerichtete Suche nach zugehörigen Quantifizierungswerkzeugen ermöglichte. <p>Damit liess sich die Zielsetzung gemäss Forschungsauftrag vollständig erfüllen und zudem wurde zusätzlich eine praktische Grundlage für die Durchführung von Sicherheitsaudits für Projekte von Strassenverkehrsanlagen erarbeitet.</p> <p>Wie im Schlussbericht zum Forschungsauftrag festgehalten, kann die Sammlung der Quantifizierungswerkzeuge im Moment nicht abschliessend vollständig sein, vielmehr soll sie durch neue Erkenntnisse laufend ergänzt werden.</p>
Umsetzung:	<p>Während bei den Checklisten eine gute Grundlage zur Normung, z.B. als Anhang zur Norm SN 641 712 vorliegt, muss die Frage der Normung von Quantifizierungswerkzeugen im jetzigen Zeitpunkt noch eher als zu früh beurteilt werden, soll aber in der zuständigen VSS-Expertenkommission 3.04 geprüft werden.</p>
weitergehender Forschungsbedarf:	<p>Folgende zwei Aspekte bleiben nach der Durchführung der Forschungsarbeit noch offen. Diese zwei Aspekte wären nach einiger Erfahrungszeit noch zu erarbeiten.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Es erscheint einerseits nötig und zweckmässig, die Erfahrungen sowohl mit den Checklisten als auch mit den Quantifizierungsmassstäben eine gewisse Zeit lang systematisch zu erfassen und auszuwerten um diese als Grundlage für Ergänzungen und Anpassungen der hier vorliegenden Fassung der Checklisten verwenden zu können. - Andererseits wäre eine weitere und vertiefte Forschungsarbeit zur Ergänzung, Erweiterung und Vervollständigung der Sammlung der Quantifizierungsmassstäbe erforderlich. Dabei wäre auch zu prüfen, ob zusätzlich zu den Quantifizierungsmassstäben eine Umrechnung in den heute weitverbreiteten Accident Modification Factor (AMF), wie er vor allem in der amerikanischen Verkehrssicherheitsforschung propagiert wird, vorgenommen werden sollte. Damit wäre eine Harmonisierung zum internationalen Standard möglich.
Einfluss auf Normenwerk:	<p>Gesamthalt kann das Ergebnis der Forschungsarbeit einerseits hinsichtlich des Ergebnisses bezüglich der Grundlagen für die Normungsarbeit ergiebig und andererseits auch hinsichtlich der weiteren Entwicklung der breiten Durchführung von Sicherheitsaudits für Projekte von Strassenverkehrsanlagen wertvoll gewertet werden.</p>



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

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

Präsident Begleitkommission:

Name:	Weissert	Vorname:	Martin
Amt, Firma, Institut:	Kantonspolizei Zürich, VTA		
Strasse, Nr.:	Postfach		
PLZ:	8021	Email:	weis@kapo.zh.ch
Ort:	Zürich	Telefon:	044 247 37 33
Kanton, Land:	Schweiz	Fax:	044 247 37 34

Unterschrift, Präsident Begleitkommission:

Verzeichnis der Berichte der Forschung im Strassenwesen

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Datum
1265	VSS 2005/701	Zusammenhang zwischen dielektrischen Eigenschaften und Zustandsmerkmalen von bitumenhaltigen Fahrbahnbelägen (Pilotuntersuchung) <i>Relation entre les propriétés diélectriques des revêtements routiers et leur condition</i> <i>A relationship between the dielectric properties of asphalt pavements and the present condition of the road</i>	2009
1267	VSS 2007/902	MDAinSVT Einsatz modellbasierter Datentransfernormen (INTERLIS) in der Strassenverkehrstelematik <i>Utilisation des standards d'échange de données basés modélisation pour la télématique des transports routiers à l'exemple des données de trafic</i> <i>Use of modal driven data transfer standards in the road transport telematic exemplified by traffic data</i>	2009
1268	ASTRA 2005/007	PM10-Emissionsfaktoren von Abriedspartikeln des Strassenverkehrs (APART) <i>PM10 emission factors of abrasion particles from road traffic</i> <i>Facteurs d'émission des particules d'abrasion dues au trafic routiers</i>	2009
1269	VSS 2005/201	Evaluation von Fahrzeurückhaltesystemen im Mittelstreifen von Autobahnen <i>Evaluation of road restraint systems in central reserves of motorways</i> <i>évaluation de dispositifs de retenue de véhicule sur le terre-plein central des autoroutes</i>	2009
1270	VSS 2005/502	Interaktion Strasse Hangstabilität: Monitoring und Rückwärtsrechnung <i>Interaction route - stabilité des versants: Monitoring et calcul à rebours</i> <i>Road-landslide interactions: Monitoring and inverse stability analysis</i>	2009
1271	VSS 2004/201	Unterhalt von Lärmschirmen <i>Entretien des écrans antibruit</i> <i>Maintenance of noise reducing devices</i>	2009
1274	SVI 2004/088	Einsatz von Simulationswerkzeugen in der Güterverkehrs- und Transportplanung <i>Applications des modèles simulations dans le domaine de planification en transport marchandises</i> <i>Application of simulation tools in freight traffic and transport planning</i>	2009

1275	ASTRA 2006/016	Dynamic Urban Origin - Destination Matrix - Estimation Methodology <i>Méthodologie pour l'estimation de matrices origine-destination dynamiques en réseau urbain</i> <i>Methode zur Ermittlung dynamischer Quell-Ziel-Matrizen für städtische Netzwerke</i>	2009
1278	ASTRA 2004/016	Auswirkungen von fahrzeuginternen Informationssystemen auf das Fahrverhalten und die Verkehrssicherheit - Verkehrstechnischer Teilbericht <i>Influence des systèmes d'information embarqués sur le comportement de conduite et la sécurité routière</i> <i>Rapport partiel d'ingénierie de la circulation</i> <i>Influence of In-Vehicle Information Systems on driver behaviour and road safety</i> <i>Report part of traffic engineering</i>	2009
1279	VSS 2005/301	Leistungsfähigkeit zweistreifiger Kreisel <i>Capacité des giratoires à deux voies de circulation</i> <i>Capacity of two-lane roundabouts</i>	2009
1285	VSS 2002/202	In-situ Messung der akustischen Leistungsfähigkeit von Schallschirmen <i>Mesures in-situ des propriétés acoustiques des écrans anti-bruit</i> <i>In-situ measurement of the acoustical properties of noise barriers</i>	2009
1287	VSS 2008/301	Verkehrsqualität und Leistungsfähigkeit von komplexen ungesteuerten Knoten: Analytisches Schätzverfahren <i>Procédure analytique d'estimation de la capacité et du niveau de service de carrefours sans feux complexes</i> <i>Analytic procedure to estimate capacity and level of service at complex uncontrolled intersections</i>	2009
1299	VSS 2008/502	Projet initial - Enrobés bitumineux à faibles impacts énergétiques et écologiques <i>Initial Projekt - Asphalt-Mischgut mit geringer energetischer und ökologischer Belastung</i> <i>Initial Project - Bituminous mixture with low energy and ecological impacts</i>	2009
1301	SVI 2007/006	Optimierung der Strassenverkehrs- unfallstatistik durch Berücksichtigung von Daten aus dem Gesundheitswesen <i>Affinement des statistiques des accidents de la route par la prise en compte des données de la santé publique</i> <i>Optimization of road traffic accident statistics by consideration of public health care data</i>	2009
617	AGB 2005/100	Sicherheit des Verkehrssystems Strasse und dessen Kunstbauten Synthesebericht <i>Rapport de synthèse</i> <i>Synthesis report</i>	2010
619	2005/103	Sicherheit des Verkehrssystems / Strasse und dessen Kunstbauten / Ermittlung des Netzrisikos <i>Estimation du risque pour le réseau</i> <i>Estimation of the network risk</i>	2010

624	AGB 2005/108	Sicherheit des Verkehrssystems / Strasse und dessen Kunstbauten / Risikobeurteilung für Kunstbauten <i>Appréciation des risques pour les ouvrages d'art</i> <i>Risk assessment for highway structures</i>	2010
630	AGB 2002/016	Korrosionsinhibitoren für die Instandsetzung chloridverseuchter Stahlbetonbauten <i>Inhibiteurs de corrosion pour la remise en état des ouvrages en béton armé, contaminés par des chlorures</i> <i>Corrosion inhibitors for the rehabilitation of chloride contaminated reinforced concrete structures</i>	2010
632	AGB 2008/201	Sicherheit des Verkehrssystem Strasse und dessen Kunstbauten Testregion - Methoden zur Risikobeurteilung Schlussbericht <i>Région test - Méthodes pour l'appréciation des risques Rapport final</i> <i>Test region - Methods of risk assessment Final report</i>	2010
640	AGB 2003/011	Nouvelle méthode de vérification des ponts mixtes à âme pleine <i>Neue Bemessungsmethode für Stahlbetonverbundbrücken mit Vollwandträger</i> <i>New method for design of steel-concrete composite plate girder bridges</i>	2010
645	AGB 2005/021	Grundlagen für die Verwendung von Recyclingbeton aus Betongranulat <i>Bases pour l'utilisation du béton de recyclage en granulats de béton</i> <i>Fundamentals for the use of recycled concrete comprised of concrete material</i>	2010
1272	VSS 2007/304	Verkehrsregelungssysteme - behinderte und ältere Menschen an Lichtsignalanlagen <i>Aménagement des feux de signalisation pour les personnes a mobilité réduite ou âgées</i> <i>Traffic control systems - Handicapped and older people at signalized intersections</i>	2010
1277	SVI 2007/005	Multimodale Verkehrsqualitätsstufen für den Strassenverkehr – Vorstudie <i>Niveaux de service multimodales de la circulation routière - études préliminaires</i> <i>Multimodal level of service of road traffic - preliminary study</i>	2010
1282	VSS 2004/715	Massnahmenplanung im Erhaltungsmanagement von Fahrbahnen: Zusatzkosten infolge Vor- und Aufschub von Erhaltungsmaßnahmen <i>Coûts supplémentaires engendrés par l'exécution anticipée ou retardée des mesures d'entretien</i> <i>Additional costs caused by bringing forward or delaying of standard interventions for road maintenance</i>	2010
1284	VSS 2004/203	Evacuation des eaux de chaussée par les bas-cotés <i>Entwässerung über das Bankett</i> <i>Road runoff on road sides</i>	2010

1288	ASTRA 2006/020	Footprint II- Long Term Pavement Performance and Environmental Monitoring on A1 <i>Footprint II- Langzeit Belag Performance und Umwelt Monitoring an der A1</i> <i>Footprint II- Long terme performance des chaussées et à la surveillance de l'environnement A1</i>	2010
1289	VSS 2005/505	Affinität von Gesteinskörnungen und Bitumen, nationale Umsetzung der EN <i>Affinité entre granulat et bitume, mise en application nationale de la EN</i> <i>Affinity between aggregate and bitumen, national implementation of the EN</i>	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 <i>Modèles de conduite sur autoroutes surchargées</i> <i>Speed patterns on congested highways</i>	2010
1293	VSS 2005/402	Détermination de la présence et de l'efficacité de dope dans les bétons bitumineux <i>Bestimmung der Anwesenheit und Wirksamkeit von Haftmittel im Asphaltbeton</i> <i>Determination of the presence and efficiency of adhesion agent in asphalt concrete</i>	2010
1294	VSS 2007/405	Wiederhol- und Vergleichspräzision der Druckfestigkeit von Gesteinkörnungen am Haufwerk <i>Répétabilité et reproductibilité de la résistance à la compression des granulats en vrac</i> <i>Repeatability and Reproducibility of the compressive Strength on the Stack</i>	2010
1295	VSS 2005/305	Entwurfgrundlagen für Lichtsignalanlagen und Leitfaden <i>Base de projet pour installations de feux de circulation et guide</i> <i>Design basics for traffic light systems and guidelines</i>	2010
1298	ASTRA 2007/012	Griffigkeit auf winterlichen Fahrbahnen <i>Adhérence sur les chaussées hivernales</i> <i>Skid resistance of winter road surfaces</i>	2010
1303	ASTRA 2009/010	Geschwindigkeiten in Steigungen und Gefällen; Überprüfung <i>Speed on upgrades and downgrades; revision</i> <i>Les vitesses dans les rampes et les pentes; vérification</i>	2010