



Höhengleiche Kreuzungen Strasse - Schiene, Anforderun- gen an die Signalsteuerung

**Croisements à niveau route - rail, spécifications à la
commande des signaux**

**Rail – road – crossings, specifications for traffic light
regulation**

B+S AG
Walter Schaufelberger
Bernhard Alt

RK&P Verkehrsingenieure AG
Hansruedi Müller
Christian Jobst
Hermann Kaul
Reto Wyttenbach

BÄR Bahnsicherung AG
Richard Meier

**Forschungsprojekt VSS 2011/303 auf Antrag des Schweizerischen
Verbandes der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS)**

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

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

Le contenu de ce rapport n'engage que les auteurs ayant obtenu l'appui de l'Office fédéral des routes. Cela ne s'applique pas au formulaire 3 « Clôture du projet », qui représente l'avis de la commission de suivi et qui n'engage que cette dernière.

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

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

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

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

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



Höhengleiche Kreuzungen Strasse - Schiene, Anforderun- gen an die Signalsteuerung

**Croisements à niveau route - rail, spécifications à la
commande des signaux**

**Rail – road – crossings, specifications for traffic light
regulation**

B+S AG
Walter Schaufelberger
Bernhard Alt

RK&P Verkehrsingenieure AG
Hansruedi Müller
Christian Jobst
Hermann Kaul
Reto Wytttenbach

BÄR Bahnsicherung AG
Richard Meier

**Forschungsprojekt VSS 2011/303 auf Antrag des Schweizerischen
Verbandes der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS)**

Impressum

Forschungsstelle und Projektteam

Projektleitung

Hansruedi Müller, RK&P Verkehrsingenieure AG

Mitglieder

Walter Schaufelberger, B+S AG

Bernhard Alt, B+S AG

Christian Jobst, RK&P Verkehrsingenieure AG

Hermann Kaul, RK&P Verkehrsingenieure AG

Reto Wyttenbach, RK&P Verkehrsingenieure AG

Richard Meier, BÄR Bahnsicherung AG

Federführende Fachkommission

Fachkommission 3: Verkehrstechnik

Begleitkommission

Präsident

Clemens Huber, Amt für Mobilität Kanton Basel-Stadt

Mitglieder

Ruedi Bütler, tribus verkehrsplanung ag

Philippe Burri, bcph Ingénierie

Jürg Christen, DAV Stadt Zürich

Mauro Ferella Falda, Studio d'Ingegneria Mauro Ferella Falda

Stefan Grahl, Ingenieurbüro für Systeme des Schienen- und Strassenverkehrs

Karl-Jürgen Heine, Boniswil

Patric Jegge, ASTRA

Daniel Jenzer, BAV

Georg Meng, Tiefbauamt Kanton Bern

Martin Schmid, ISV Ingenieurbüro für Strassenverkehrstechnik + Verkehrsplanung GmbH

Urs Walser, VöV

KO-Finanzierung des Forschungsprojekts

Bundesamt für Verkehr (BAV)

Antragsteller

Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS)

Bezugsquelle

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

Inhaltsverzeichnis

Impressum	4
Zusammenfassung	7
Résumé	11
Summary	15
1 Einleitung	17
1.1 Zielsetzung	17
1.2 Kriterien der Knotenvereinheitlichung	17
2 Literaturanalyse und rechtliche Grundlagen	19
2.1 Bahnübergang Basisdokumentation	19
2.1.1 Allgemeines	19
2.1.2 Inhalt und Relevanz	19
2.2 Übersicht relevante rechtliche Grundlagen der Eisenbahn	19
2.3 Übersicht relevante rechtliche Grundlagen und Normen der Strassen und Wege	19
2.4 Weitere Literatur	20
3 Unfallanalyse 2008 - 2012	23
3.1 Unfälle mit Strassenbahn- und Bahnbeteiligung in der Schweiz	23
3.2 Knoten mit Unfallhäufungen bei LSA in Betrieb	26
4 Umfrage und Ergebnisse	29
4.1 Generelles Feedback	29
4.1.1 Bernmobil	29
4.1.2 Verkehrsbetriebe Glattal	29
4.1.3 Wynental- und Suhrentalbahn	30
4.2 Sichere, kosteneffiziente Knoten	30
4.3 Knoten mit Anpassungs-, Wartungsbedarf	30
4.4 Anforderungen an LSA-Steuerungen von Knoten Strasse - Schiene	31
4.5 Neue Techniken für die Regelung, Sicherung, Signalisierung	31
4.6 Unterlagen, Richtlinien	32
4.7 Fazit	32
5 Fallbeispiele	33
5.1 Darstellung von Unfallorten, -typen und -folgen	33
5.2 Beispiele Langsamverkehr	33
5.2.1 Einflussfaktoren auf die Sicherheit an Knoten	33
5.2.2 Beispiele Fussgängerfolgequerungen	37
5.2.3 Signalgeber und Markierungen an Knoten mit LSA	39
5.2.4 Gegenmassnahmen zu Unfällen in Europa	43
5.3 Beispiele MIV	45
5.3.1 Bahnknoten	45
5.3.2 Knoten mit schnellen Strassenbahngeschwindigkeiten	48
5.3.3 Mittlere Strassenbahn-/ Bahngeschwindigkeiten	56
5.4 Massnahmen für sichere Knoten insbesondere bei schnellen Strassenbahngeschwindigkeiten	59
5.4.1 Gegenmassnahmen zu Unfällen bei der Glattalbahn	59
5.4.2 Gegenmassnahmen zu Unfällen in Europa	61
6 Knotentypisierung	67
6.1 Typisierung von Knoten Langsamverkehr - Strassenbahn	67
6.1.1 Fussgängerfolgequerungen	68

6.2	Typisierung von Knoten MIV – Strassenbahn	68
7	Entwicklung der Stossrichtungen bzgl. Vereinheitlichung und Normierung.....	71
7.1	Knotengestaltung, Signalisation und Markierung	71
7.1.1	Allgemeines	71
7.1.2	Markierungen, Anlagen und Signalisation für den Langsamverkehr	71
7.1.3	Markierungen, Anlagen und Signalisation für den MIV	73
7.1.4	Signalgeber	76
7.2	Steuerung Lichtsignalanlage / Bahnübergang.....	77
7.2.1	Formen der Steuerungen.....	77
7.2.2	Betriebssicherheit	78
7.2.3	Signalfolgen der Lichtsignale.....	80
7.2.4	Berechnung der Zwischenzeiten	84
8	Fazit und Empfehlungen	87
	Anhänge.....	91
	Glossar.....	99
	Literaturverzeichnis.....	101
	Projektabschluss	103
	Verzeichnis der Berichte der Forschung im Strassenwesen	107

Zusammenfassung

Höhengleiche Kreuzungen Strasse - Schiene stellen besondere Anforderungen an die Verkehrsregelung:

- Abwägung der Sicherheitsmassnahmen gegenüber einem flüssigen Verkehrsablauf sowohl auf Seite Schiene als auch auf Seite Strasse.
- Berücksichtigung der Eisenbahn- und der Strassenverkehrsgesetzgebung.

Die Hauptkriterien für eine einheitliche Knotengestaltung (Sicherheit, Leistungsfähigkeit und Kosten) erlauben es Planern, Projektierenden und Betreibern derartiger Anlagen in der Schweiz, Lösungen in einem strukturierten Vorgehen zu erarbeiten.

Die Schweizer Norm SN 671 512 (R RTE 25931) "Bahnübergang Basisdokumentation" wurde Ende 2012 gemeinsam vom VSS und VÖV veröffentlicht. Sie soll der Projektierung und Realisierung von Bahnübergängen in der Schweiz dienen und gilt für Kreuzungen von schienengebundenen Bahnen mit Strassen und Wegen. Sie regelt die Umsetzung der übergeordneten Vorschriften. Sie enthält Grundsätze zur Wahl des Bahnübergang-Typs, zur Signalisation und baulichen Gestaltung von Bahnübergängen. Angaben zur Signalsteuerung und den betrieblichen Abhängigkeiten zwischen Bahn- und Strassensteuerung fehlen aber ganz oder teilweise.

Auf europäischer Ebene läuft seit 2012 das länderübergreifende Projekt "Operation and safety of tramways in interaction with public space" (Betrieb und Sicherheit von Strassenbahnen in Wechselwirkung mit dem öffentlichen Raum). Das Projekt soll Ende 2015 mit Empfehlungen und einem Ausblick schliessen. Im Gegensatz zum vorliegenden Forschungsprojekt geht es dabei um Konflikte der Strassenbahnen mit anderen Verkehrsteilnehmern und Massnahmen zur Abmilderung der Auswirkungen für alle Strecken- und Knotenbereiche.

Um einen Überblick über die Sicherheitslage an Knoten Strasse - Schiene in der Schweiz zu erhalten, wurde für diesen Bericht eine Unfallanalyse der Jahre 2008 bis 2012 durchgeführt. Ein Vergleich der Unfälle Strassenbahn / Bahn mit allen Strassenverkehrsunfällen zeigt, dass die Auswirkungen bei einer Unfallbeteiligung Strassenbahn und Bahn überdurchschnittlich hoch sind, d.h. fünf mal mehr Tote und nahezu dreimal so hohe Sachschäden wie im Durchschnitt aller Strassenverkehrsunfälle. Für die gesamte Schweiz wurden signalgesteuerte Knoten mit lokalen Unfallhäufungen und Beteiligung Strassenbahn oder Bahn analysiert.

Um verschiedene Standpunkte innerhalb der Problemanalyse berücksichtigen zu können, wurde eine Umfrage in der Schweiz bei Planern, Projektierenden und Betreibern von Lichtsignalanlagen und schienengebundenen ÖV-Systemen durchgeführt. Im Ergebnis sind aus Sicht Sicherheit Schranken das Mittel der Wahl, insbesondere wenn die gefahrenen Geschwindigkeiten auf Seiten Strassenbahn / Bahn hoch sind. Aus Sicht Leistungsfähigkeit, Stadtbild, Platzbedarf und Kosten würde man auf eine Schranke gerne verzichten. Bei der Knotenvereinheitlichung ist ein Mittelweg zwischen Vereinheitlichung und Baukastenprinzip zu wählen, abhängig von den verschiedenen Einflusskriterien. Es besteht kein Bedürfnis nach zusätzlichen separaten Richtlinien.

In den Abschnitten 5.2 und 5.3 wird eine Auswahl an Knoten mit Kreuzungen Strasse - Schiene analysiert. Dabei werden auch allfällige Unfälle dargestellt. In Abschnitt 5.4 werden Massnahmen für sichere Knoten, insbesondere bei schnellen Strassenbahngeschwindigkeiten, zusammengestellt. In Kapitel 6 wird eine Typisierung von Knoten Strasse - Schiene vorgenommen. Bei der Typisierung im Hinblick auf die Knotensicherheit haben die Geschwindigkeiten der Strassenbahn einen wichtigen Einfluss.

In Kapitel 7 werden Stossrichtungen für eine Vereinheitlichung formuliert. In Kapitel 8 werden Massnahmen und nächste Schritte zusammengefasst. Im Folgenden eine gekürzte Auflistung der empfohlenen Massnahmen:

- Für den Langsamverkehr werden Haltelinien mit Mindestabständen zum Lichtraumprofil der Strassenbahn empfohlen. Für den MIV werden verbindliche Mindestabstände der Haltelinien vorgeschlagen.
- Ungeregelte Fussgängerquerungen sollten zwischen Eigentrassees/Eigenfahrstreifen der Strassenbahn und MIV-Fahrbahnen bei Neubau zumindest durch Schutzinseln unterteilt werden.
- Bei unregelmässigen Fussgängerquerungen über Strassenbahngleise wird empfohlen, zusätzlich zu Fussgängerstreifen (6.17) das Signal Strassenbahn (1.18) zu markieren. Der Fall ohne gelbe Querbalken unterscheidet sich klarer von Fussgängerstreifen gemäss heutiger Norm. Dieser Fall sollte über einen längeren Zeitraum in Pilotprojekten noch weiter geprüft werden.
- An Fussgängerquerungen von Strassenbahngleisen wird empfohlen, Signalgeber neben einer Höhe von > 2.35 m (Unterkante) in einer Höhe von 1.80 m vor dem Mast der Lichtsignalanlage zu wiederholen.
- Umlaufsperrungen werden neben Fahrradquerungen als Z – Übergang auch für eine Erhöhung der Sicherheit von Fussgängern empfohlen.
- Bei Fussgängerfolgequerungen wird empfohlen, über die Strassenbahngleise kein Grün anzuzeigen.
- Bei MIV-Querungen von Strassenbahngleisen soll soweit möglich mehr als ein Signalgeber angebracht werden (z.B. Überkopf). Diese Signalgeber müssen den Fahrstreifen eindeutig zugewiesen sein. Am selben Mast soll kein weiterer Signalgeber angebracht werden, der für eine andere Richtung gilt bzw. Grün haben könnte, wenn eine Strassenbahn / eine Bahn quert. Nach der Gleisquerung dürfen auf einer gewissen Distanz keine weiteren Signalgeber angebracht werden.
- Knoten Strasse - Schiene mit einem Eigentrasse bzw. Eigenfahrstreifen in Seitenlage sollen mindestens mit einer Lichtsignalanlage gesichert werden, da die Strassenbahn stärker vom Strassenraum abgetrennt ist als in Mittellage.
- Sind bei mittleren bis schnellen Strassenbahngeschwindigkeiten die Sichtbarkeit, ein rechtwinkliges Queren der Gleise oder Mindestabstände der Haltelinien vor dem Lichtraumprofil der Strassenbahn / Bahn nicht gegeben, sollen zusätzliche Massnahmen zur Erhöhung der Sicherheit geprüft werden.
- An geregelten Knoten mit mittleren bis schnellen Strassenbahngeschwindigkeiten und Eigentrasse bzw. Eigenfahrstreifen der Strassenbahn, an denen regelmässig Unfälle mit dem MIV auftreten, aber keine Schranken eingesetzt werden können wird empfohlen, in Pilotprojekten rote Wechselblinklichter (zusätzlich zu Rotlichtern) einzusetzen.
- Bei mittleren bis schnellen Strassenbahngeschwindigkeiten wird empfohlen, akustische Signalgeber (Gong-Warnton) einzusetzen. Hierbei sind aber generell die Belange der angrenzenden Anwohner zu prüfen.
- Bei Bahnübergängen wird empfohlen, die Steuerung des Bahnübergangs und - falls vorhanden - die Steuerung der Lichtsignalanlage mit einer unterbrechungsfreien Stromversorgung auszurüsten.
- Bei einer Lichtsignalanlage mit Bahn- oder Strassenbahnbetrieb wird empfohlen, die Signalgeber der bahnfeindlichen Spuren mit zwei Leuchtfeldern auszurüsten (z.B. Signalgeber mit Doppel-LED-Einsätzen).
- Bei einer Lichtsignalanlage mit Bahnübergang wird empfohlen, die Anforderungen an die Qualität der Steuerung genau zu definieren.
- Bei Lichtsignalanlagen mit Bahnübergang wird weiter empfohlen, Normen im Bahn- und Strassenbereich aufeinander abzustimmen, insbesondere bei den Angaben von Mindest-/Übergangszeiten im Steuerungsablauf.
- Bei einer Lichtsignalanlage mit Bahnübergang wird empfohlen, in den Ausführungsbestimmungen zur Eisenbahnverordnung (AB-EBV) die Funktionsabläufe hinsichtlich aller Verkehrsarten und bezüglich Ausfalls der Lichtsignalanlage zu ergänzen.

- Die SN 640 838 (Lichtsignalanlagen; Zwischenzeiten) weist bei der Berechnung der Zwischenzeiten von ÖV-Fahrzeugen Lücken auf, insbesondere bei der Berücksichtigung des dynamischen Fahrverhaltens, der Unterscheidungen zwischen Räumen mit Abmeldung oder Räumen ohne Abmeldung oder der Fahrzeuglänge.

Résumé

Les croisements à niveau route - rail exigent des spécifications particulières pour la régulation du traffic:

- Mise en balance des mesures de sécurité et d'un trafic fluide, aussi bien du côté rail que du côté route.
- Prise en considération de la législation sur les chemins de fer et de la législation sur la circulation routière.

Les critères principaux pour une conception cohérente (sécurité, capacité et coûts), permettent aux projeteurs, aux chargés d'étude ainsi qu'aux exploitants de tels aménagements en Suisse, d'élaborer des solutions selon un procédé structuré.

La norme suisse SN 671 512 (R RTE 25931) « Passage à niveau, Documentation de base » a été publiée conjointement par la VSS et l'UTP fin 2012. Elle doit servir à la conception et la réalisation de passage à niveaux en Suisse et elle s'applique aux croisements du trafic sur rail avec les routes et chemins. Elle règle la mise en œuvre des prescriptions du droit supérieur. Elle contient des principes pour le choix du type de passage à niveau, pour la signalisation et pour la conception de passages à niveau. Des précisions quant à la commande des signaux ainsi qu'aux dépendances de l'exploitation entre la régulation du chemin de fer et celle de la route sont cependant totalement ou partiellement absentes.

Le projet transnational "Operation and safety of tramways in interaction with public space" (Exploitation et sécurité des tramways en interaction avec l'espace urbain) est en cours au niveau européen depuis 2012. Le projet doit s'achever fin 2015 avec des recommandations et tracer des perspectives. Contrairement au présent projet de recherche, il concerne les conflits entre les tramways avec les autres usagers ainsi que l'atténuation de leurs conséquences pour tous les tronçons et carrefours.

Afin d'obtenir une vision globale de la situation en matière de sécurité au niveau des carrefours route – rail en Suisse, une analyse technique des accidents sur les 5 dernières années (de 2008 à 2012), a été réalisée dans le cadre de ce rapport. La comparaison des accidents tramway / train avec tous les accidents de la route, montre que lorsque des tramways et des trains sont impliqués, les conséquences sont supérieures à la moyenne, ce qui signifie cinq fois plus de morts et des dommages matériels presque trois fois plus important que la moyenne de tous les accidents de la route. Les carrefours régulés avec une concentration locale d'accidents et une implication tramway ou train ont été analysés pour toute la Suisse.

Afin de pouvoir tenir compte de différents points de vue dans l'analyse des problèmes, une enquête a été réalisée auprès de projeteurs, de chargés d'étude ainsi que d'exploitants d'installations de feux de circulation et de systèmes de transports publics sur rail en Suisse. En fin de compte, du point de vue de la sécurité, les barrières sont la solution de premier choix, en particulier quand la vitesse du tramway / train est très importante. Du point de vue capacité, paysage urbain, encombrement et coûts, il serait souhaitable de se passer d'une barrière. Pour la standardisation des carrefours il s'agit de trouver un compromis entre standardisation et principe modulaire, dépendant des différents critères d'influence. Il n'y a aucun besoin d'une directive distincte supplémentaire.

Dans les parties 5.2 et 5.3, une sélection de croisements route – rail est analysée. Ce faisant, les éventuels accidents ont également été représentés. Dans la partie 5.4, ont été énumérées les mesures pour des carrefours sécurisés, en particulier pour les situations où la vitesse des tramways est importante. Dans le chapitre 6, un typage des carrefours route – rail a été réalisé. Dans l'optique de la sécurité du carrefour, les vitesses du tramway ont une influence importante pour le typage.

Dans le chapitre 7, des directions pour une standardisation sont formulées. Dans le chapitre 8, des mesures et prochaines étapes sont résumées. Ci-dessous, une courte énumération des mesures préconisées :

- Pour la mobilité douce des lignes d'arrêt avec des distances minimales au gabarit sont recommandées.
- Les traversées piétonnes non-régulées devraient pour de nouveaux aménagements, au minimum être séparées par des îlots entre les voies / sites propres du tramway et celles du trafic individuel motorisé.
- En complément du passage pour piéton (6.17), il est conseillé de marquer le signal tramway (1.18) pour les traversées piétonnes non-régulées. Le cas sans bandes jaunes parallèles se différencie de façon plus évidente des passages piétons selon la norme actuelle. Ce cas devrait faire l'objet d'un examen plus approfondi sur une période plus longue, dans le cadre de projets pilotes.
- Au niveau des traversées piétonnes de voies de trams, il est conseillé de répéter des boîtes à feux placés à > 2.35 m de hauteur (bord inférieur), à une hauteur de 1.80 m devant le poteau de l'installation de feux de circulation.
- L'aménagement de chicanes tout comme celui de traversées cyclables est préconisé sous forme de passages en Z afin d'augmenter la sécurité des piétons.
- Lors de traversées piétonnes après une phase pour le tram, il est conseillé de ne pas afficher de vert par-delà la voie de tram.
- Pour des traversées de voies de tram par le trafic individuel motorisé, il faut dans la mesure du possible, installer plus d'une boîte à feux (par ex. au-dessus d'une voie de circulation). Ces boîtes à feux doivent clairement être attribuées à la voie de circulation. Aucune autre boîte à feux destinée à une autre direction ou qui pourrait indiquer du vert quand un tramway / un train passe, ne doit être installée sur le même poteau. Après un passage à niveau, aucune autre boîte à feux ne peut être apposée sur une certaine distance.
- Des carrefours route – rail avec un site propre ou une voie propre sur le côté doivent être sécurisés au minimum avec une installation de feux de circulation du fait que le tramway y est plus isolé de l'espace routier que dans le cas d'une situation centrale.
- Des mesures complémentaires pour augmenter la sécurité doivent être étudiées, dans le cas de traversées de voies du tramway, avec des vitesses moyennes à importantes du tramway, où la visibilité n'est pas garantie, où la traversée s'effectue à angle droit, ou bien où les distances minimales des lignes d'arrêt avec le gabarit ne sont pas assurées.
- Il est préconisé de mettre en place des feux rouge clignotants (en plus des feux rouge) dans le cadre de projets pilotes, au niveau des carrefours régulés avec voie propre ou site propre du tramway et des vitesses moyennes à importantes du tramway, dans lesquels des accidents avec le TIM ont lieu fréquemment, mais aucune barrière ne peut être installée.
- Quand les vitesses pratiquées par le tramway sont de moyennes à importantes, il est conseillé de mettre en place des signaux sonores (avertissement sonore Gong). Dans ce cas, il faut toutefois prendre en considération les intérêts des riverains.
- Pour les passages à niveau, il est conseillé d'équiper la régulation du passage à niveau, ainsi que s'il y en a une, la régulation de l'installation de feux de circulation, avec une alimentation sans interruption.
- Pour les installations de feux de circulation avec une exploitation ferroviaire, ou une exploitation des tramways, il est conseillé d'équiper les boîtes à feux des mouvements antagonistes au tramway de deux champs lumineux (par ex. boîte à feux avec double module LED).
- Pour les installations de feux de circulation avec passage à niveau, il est recommandé de définir de manière précise les spécifications relatives à la qualité de la régulation.
- Concernant les installations de feux de circulation avec passage à niveau, il est toujours recommandé de coordonner les normes dans le domaine ferroviaire et routier, en particulier pour indiquer les temps minimaux et transitoires dans le déroulement de la régulation.

- Concernant les installations de feux de circulation avec passage à niveau, il est conseillé de compléter dans les dispositions d'exécution de l'ordonnance sur les chemins de fer (DE-OCF), les procédures de fonctionnement tous modes de transport confondus, et concernant la défaillance de l'installation de feux de circulation.
- Le calcul des temps interverts pour les véhicules de TP montre quelques lacunes dans la SN (640 838 (Installations de feux de circulation, temps interverts). En particulier pour la prise en compte du comportement dynamique, de la différenciation entre dégagement avec annonce de départ où dégagement sans annonce de départ, ou de la longueur des véhicules.

Summary

Level Crossings (Road – Rail) have special requirements in regards to traffic regulation.

- Combining necessary safety measures with the traffic flow of both the road and rail systems
- Compliance with the road and rail regulations

The main criteria for standardised intersection design include safety, performance and cost. These criteria allow planners, project engineers and operators of such installations in Switzerland, to work out solutions with a structured approach.

The Swiss standard SN 671 512 (R RTE 25931) "level crossing basis documentation" ("Bahnübergang Basisdokumentation") was released late 2012 by VSS together with VÖV. The standard should help with the planning and implementation of level crossings in Switzerland, and applies to intersections containing rail traffic, roads and paths. It aids the implementation of higher-level regulations. It contains guidelines for selecting the appropriate type of level crossing as well as the signalling and design of level crossings. Information on traffic light signalling systems and the operational dependencies between rail and road control are either partly covered, or entirely excluded. At a European level, the transnational project "Operation and Safety of Tramways in Interaction With Public Space" has been running since 2012. The project aims to be finished by the end of 2015. Unlike the current research project, this project covers conflicts between trams and other road users, and aims to minimise the impact on intersections as well as the entire rail system.

In order to gain an overview of the safety level of level crossings in Switzerland, an accident analysis was carried out for a time period of 5 years (2008 until 2012). A comparison of accidents, tram / train, with all road traffic accidents shows that the impact of accidents involving trams and trains is more severe than average. The number of deaths caused is five times higher, and the amount of damage caused rises to almost three times the amount caused by all other road accidents. Signal controlled intersections with trams and trains were analysed at local black spots throughout Switzerland.

In order to consider the various issues that arise when conducting a problem analysis, a survey was carried out throughout Switzerland amongst planners, project engineers and operators of traffic light-signal systems and public rail transport systems. From a safety standpoint, it was concluded that barriers were the preferred design choice at intersections where trams and trains travel at high speed. From the perspective of performance, town planning, space requirements and costs, it is preferable to find a solution where barriers aren't used. When designing intersections, it's important to find the appropriate balance between the various design criteria. There is no need for additional guidelines.

In Sections 5.2 and 5.3, a selection of intersections with road - rail crossings are analysed. Included are the associated accidents. In section 5.4, data relating to safe intersections is compiled. This chapter concentrates on fast moving tramways. Chapter 6 covers a classification of road – rail intersections where intersection safety and tram velocity are the predominant design factors. In Chapter 7 proposals for further standardisation of intersections are devised. In Chapter 8 measures and next steps are listed.

Recommendations include:

- For non-motorised traffic, stop lines with minimum distances to the tramway crossing are recommended. For motorised traffic, mandatory minimum distances are proposed.
- At unregulated pedestrian crossings, roads and tramways should be divided with the help of pedestrian islands.

- At unregulated pedestrian tramway crossings, it is recommended that in addition to the marked pedestrian crossing (6.17), a tram symbol should be marked at the crossing (1.18). Crossings without marked yellow crossbeams differ from the current regulations. The effect of this modification should be further examined through longer pilot projects.
- At pedestrian crossings of tram tracks, it is recommended that in addition to existing traffic light signals (2.35m), further traffic light signals are duplicated at a height of 1.80m in front of the existing mast
- It is recommended that staggered gates / barriers are positioned at the cycle and pedestrian crossings to improve safety.
- Where a pedestrian crossings leads consecutively over a road and then railway, it is recommended that green lights are not displayed at the rail crossing.
- At tram crossings for motorised traffic, it is recommended, that when possible, only one traffic signal be assigned per signal mast. Each signal should be clearly designated to a lane. Multiple signals for more than one direction of travel should not be placed on the same signal mast. Further visible signals should be avoided at a defined distance after the tram crossing.
- Railway lines that run parallel to the side of roads are less in the focus of motorised traffic than centrally positioned railway lines. As a result such shared rail / road intersections must be fitted, at minimum with a traffic light system.
- At intersections where trams travel at medium to high speeds, where visibility be limited, a right-angled crossing can not be implemented, or the minimum stopping distance is not available, additional safety measures should be examined
- When the use of barriers at intersections where trams travel at medium to high speeds, and a high rate of accidents with motorised traffic have occurred, it is recommended that in conjunction with a pilot project, additional red flashing lights should be added to the existing traffic light system.
- At level crossings with medium to fast tram speeds, the use of acoustic signaling devices (audio warning) is recommended. It is however important to consider the neighbouring residents
- It is recommended that all control systems at level crossings be connected to a permanent power supply.
- At light-signal systems for rail or tram systems it is recommended that the signal transmitter be fitted with two light panels (e.g. signal transmitter with dual LED inserts).
- The exact requirements for light-signal systems at level should be clearly defined.
- For light-signal systems at level crossing it is recommended that the appropriate coordination between regulations (road and rail) is carried out, in particular for minimum transitional periods.
- It is recommended that the "implementation of regulations for the railways act" ("Ausführungsbestimmungen zur Eisenbahnverordnung"; AB-EBV) is amended to cover the correct procedures for all modes of transport and correct procedures in the case of a light signal system breakdown.
- The SN 640 838 (light-signal Systems; transitional periods, "Lichtsignalanlagen; Zwischenzeiten") is incomplete in regards to calculating intermediate transitional periods of public transport vehicles, in particular for driver behaviour, differences between the clearing of intersections with or without checking out, and vehicle length.

1 Einleitung

1.1 Zielsetzung

Die Kriterien für ein einheitliches Verkehrsregelungsprinzip und für eine einheitliche Knotengestaltung für höhengleiche Strasse - Schiene - Kreuzungen werden definiert. Die Kriterien erlauben es Eigentümern, Betreibern und Planern derartiger Anlagen in der Schweiz, Lösungen in einem strukturierten Vorgehen zu erarbeiten.

Das Forschungsprojekt klärt bei Eigentümern, Betreibern und Planern ab, wo Handlungsbedarf besteht und welche Anforderungen an die Signalsteuerung zu stellen sind. Welche Prozesse sind zu vereinheitlichen, welche Checklisten für Planung, Bau und Betrieb sind zu entwickeln, die in den einzelnen Phasen nach der SIA 108 (geführtes Projektmanagement, [10]) angewendet werden können? Neue Techniken bei der Lichtsignalsteuerung höhengleicher Schiene – Strasse - Kreuzungen werden einbezogen.

Höhengleiche Kreuzungen Strasse - Schiene stellen besondere Anforderungen an die Verkehrsregelung:

- Abwägung der Sicherheitsmassnahmen gegenüber einem flüssigen Verkehrsablauf sowohl auf Seite Schiene als auch auf Seite Strasse.
- Berücksichtigung der Eisenbahn- und Strassenverkehrsgesetzgebung.

Die Norm SN 671 512 (siehe Kapitel 2) „Bahnübergang Basisdokumentation“ des VSS [19] ist am 01.12.2012 in Kraft getreten. Bei der Einreichung des Forschungsgesuchs für diese Forschungsarbeit hat sie noch nicht existiert.

1.2 Kriterien der Knotenvereinheitlichung

Die Knotensicherheit kann erhöht werden:

- Mit der Wahl vergleichsweise sicherer bzw. bewährter Knoten- und Signalisationsformen abhängig von den verkehrlichen Randbedingungen.
- aufgrund der guten Wiedererkennbarkeit (einheitliche Knotenerscheinung und einheitlicher Knotenbetrieb innerhalb der Schweiz).

Die Leistungsfähigkeiten können mit intelligenter Kopplung/Abstimmung der Steuerungen Bahn/MIV erhöht werden.

Die Kosten sind bei sicheren Knoten- und Signalisationsformen aufgrund geringer Unfallkosten (Schaden, Verkehrsdienst, Stau) tief und erfordern weniger Neuprojektierungen (wenig Anpassungsbedarf).

Die Kosten können durch Standardisierung (Arbeitserleichterung/Skaleneffekte) gesenkt werden:

- bei der Projektierung von Knoten
- bei der Realisierung von Knoten
- im Betrieb wenig/einfache/präventive Wartung.

2 Literaturanalyse und rechtliche Grundlagen

2.1 Bahnübergang Basisdokumentation

2.1.1 Allgemeines

Von zentraler Bedeutung für die vorliegende Arbeit ist die Schweizer Norm SN 671 512 „Bahnübergang Basisdokumentation“ des VSS [19]. Sie erscheint gleichzeitig auch unter dem Titel „R RTE 25931 Bahnübergang Basisdokumentation“ des VöV. Die Norm dient der Projektierung und Realisierung von Bahnübergängen in der Schweiz. Sie gilt für Kreuzungen aller Arten von schienengebundenen Bahnen mit allen Strassen und Wegen. Sie bezweckt die einheitlichen Regelungen für die Projektierung und Realisierung von Bahnübergängen.

Die Norm richtet sich an Eigentümer von Bahnen, Strassen und Wegen, Projektverfasser, Gutachter sowie an Bewilligungs- und Aufsichtsbehörden. Sie regelt die Umsetzung der übergeordneten Vorschriften und verweist auf alle bahn-, strassen- und wegspezifischen Vorschriften, soweit sie für den Bau und den Betrieb von Bahnübergängen relevant sind.

2.1.2 Inhalt und Relevanz

Als Grundlage werden die drei massgebenden Bahnbetriebsarten festgelegt. Diese Unterteilung wird für die vorliegende Forschungsarbeit beibehalten.

- Eisenbahnbetrieb: Die Schienenfahrzeuge verkehren nach ortsfesten Signalen oder nach Führerstandssignalisation, die den Fahrweg aufgrund der langen Bremswege sichern.
- Strassenbahnbetrieb: Die Schienenfahrzeuge verkehren mit Fahrt auf Sicht. Die Vorschriften der Strassenverkehrsgesetzgebung gelten auch für Schienenfahrzeuge auf Strassen (SVG [2] Art. 48).

In einem ersten Kapitel geht die Norm auf die Bestimmung des Übergangstyps ein. Anhand von verschiedenen bahnseitigen und strassenseitigen Kriterien wird dabei der Typ des Bahnübergangs ausgewählt.

Für die Auswahl des Bahnübergangstyps nach den Kriterien steht ein Ablaufschema zur Verfügung. Details zum Zusammenhang zwischen Bahnübergängen und Lichtsignalanlagen werden ebenfalls beschrieben. Das Kapitel 6.2 zum Strassenbahnbetrieb ist sehr knapp gehalten und kann insbesondere im Hinblick auf eine verbesserte Sicherheit an Knoten Strasse-Schiene noch erweitert werden.

2.2 Übersicht relevante rechtliche Grundlagen der Eisenbahn

Bezüglich Eisenbahn standen insbesondere die folgenden Grundlagen zur Verfügung:

- EBG: Eisenbahngesetz [1]
- EBV: Eisenbahnverordnung [7]
- AB-EBV: Ausführungsbestimmungen zur Eisenbahnverordnung [8]
- FDV: Schweizerische Fahrdienstvorschriften [4].

2.3 Übersicht relevante rechtliche Grundlagen und Normen der Strassen und Wege

Bezüglich Strassen wurden nebst den rechtlichen Grundlagen vor allem auch die VSS-Normen beigezogen:

- a. BehiG: Behindertengleichstellungsgesetz [3]
- b. BehiV: Behindertengleichstellungsverordnung [9]
- c. SVG: Strassenverkehrsgesetz [2]
- d. VRV: Verkehrsregelverordnung [5]
- e. SSV: Signalisationsverordnung [6]
- f. VSS-Norm „Leistungsfähigkeit, Verkehrsqualität, Belastbarkeit; Knoten ohne LSA“ [11]
- g. VSS-Norm „Leistungsfähigkeit, Verkehrsqualität, Belastbarkeit; Knoten mit LSA“ [12]
- h. VSS-Norm „Knoten; Sichtverhältnisse“ [14]
- i. VSS-Norm "Fussgängerverkehr, Hindernisfreier Verkehrsraum" [13].

2.4 Weitere Literatur

Auf europäischer Ebene läuft seit 2012 das länderübergreifende Projekt "Operation and safety of tramways in interaction with public space" ([27], Betrieb und Sicherheit von Strassenbahnen in Wechselwirkung mit dem öffentlichen Raum). Das Projekt ist in 4 Arbeitspakete unterteilt:

- WP1: state of the art and context exploration (Ermittlung des Stands der Technik und des Kontexts);
- WP2: comparison / analysis / best practices (Vergleich / Analyse / Bewährte Praxis);
- WP3: prospects and recommendations (Perspektiven und Empfehlungen);
- WP4: dissemination aspects (Aspekte der Verbreitung).

Im Moment befindet sich das Projekt in der „Vergleichs- und Analysephase“. Erfolgreiche Konzepte in puncto Sicherheit und effizientem Betrieb werden gesammelt. Ende 2015 endet das Projekt mit Empfehlungen und einem Ausblick. Erste Ergebnisse der Sammelphase werden von Novales, Teixeira und Fontaine in einem Bericht [31] zusammengefasst.

Ein Schweizer Teilprojekt der ETH Zürich vergleicht insbesondere die Unterschiede, Gemeinsamkeiten, Stärken und Schwächen von Sicherheitsmassnahmen von vier Strassenbahnnetzen in der Schweiz (Zürich, Basel, Bern und Genf) und versucht, erfolgreiche Konzepte zu identifizieren. Im Gegensatz zum vorliegenden Forschungsprojekt geht es dabei um Konflikte der Strassenbahnen mit anderen Verkehrsteilnehmern und um Massnahmen zu deren Abmilderung für alle Strecken- und Knotenbereiche.

In Frankreich wird vom Umwelt-, Entwicklungs- und Energieministerium (Ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie) jährlich ein Bericht zur aktuellen Strassenbahnunfallstatistik veröffentlicht (ACCIDENTOLOGIE DES TRAMWAYS Analyse des événements déclarés, – année 2012 – évolution 2004 – 2012 [28]). Darin werden insbesondere die Kreisverkehre mit Strassenbahnquerungen (mit durchschnittlich 0.5 Unfällen pro Jahr je Kreisverkehr) und die einzelnen Verkehrsbeziehungen über Strassenbahngleise an Kreuzungen (mit durchschnittlich 0.25 Unfällen pro Jahr je Verkehrsbeziehung) als risikoreiche Elemente der Knotengestaltung ausgemacht. Als Datenbasis wurden die gemeldeten Unfälle in Frankreich der Jahre 2004 bis und mit 2012 verwendet. Grosse Kreisverkehre mit Durchmessern > 44 m weisen mit 1.01 Unfällen pro Jahr zwar mehr Unfälle auf als kleine Kreisverkehre mit Durchmessern < 28 m (0.4 Unfällen pro Jahr). Bezogen auf die Verkehrsleistung weisen kleine Kreisverkehre jedoch deutlich mehr Unfälle auf. Bei Verkehrsbeziehungen an Kreuzungen/T-Knoten über Strassenbahngleise (Geradeaus, Rechts-, Linksabbieger und andere Richtungswechsel) gibt es kaum Unterschiede über die durchschnittlichen Unfallzahlen. Die Kombination 3-Kammersignalgeber (Rot-Gelb-Grün) vor dem Knoten und das Signal Strassenbahnvortritt (siehe Abb.1) direkt vor der Gleisquerung weist eine gute Unfallrate auf (durchschnittlich 0.18 Unfälle pro Jahr und Verkehrsbeziehung). Demgegenüber schneidet die Kombination 3-Kammersignalgeber (Rot-Gelb-Grün) vor

dem Knoten und 3-Kammersignalgeber (Rot-Gelb-Grün) direkt vor der Gleisquerung mit 0.34 Unfällen pro Jahr und Verkehrsbeziehung deutlich schlechter ab. Die Kombination 3-Kammersignalgeber (Rot-Gelb-Grün) vor dem Knoten und roter Wechselblinker (vergleiche Abb.39) direkt vor der Gleisquerung weisen mit 0.33 Unfällen pro Jahr eine ähnliche Unfallrate auf. Bei der Einordnung der Unfallraten sollte allerdings beachtet werden, dass es sich hierbei um Vergleiche unterschiedlich risikobehafteter Strassenbahnquerungen handelt. Interessanter wären Vorher-/ Nachher-Vergleiche.



Abb.1 Signal zur Kennzeichnung einer Querung von Strassenbahngleisen in Frankreich (Panneau de type C20c) Analog dem Schweizer Signal 4.11: Standort eines Fussgängerstreifens. Das Signal entspricht dem 1.18 (siehe Abb. 43) in der Schweiz. In Frankreich wird diese Anordnung konsequenter umgesetzt als in der Schweiz. In der Schweiz ist es nur bei Bahnübergängen vorgeschrieben nicht aber im übrigen Strassenbahnbereich (nur Hinweis in RTE Bahnübergang [19]).

3 Unfallanalyse 2008 - 2012

Um einen Überblick über die Sicherheitslage an Knoten Strasse - Schiene in der Schweiz zu erhalten, wurde für diesen Bericht eine Unfallanalyse für die Jahre 2008 bis 2012 durchgeführt. Dazu wurden alle Strassenverkehrsunfälle der Strassenverkehrsunfall-Statistik des Bundesamts für Strassen (ASTRA) ausgewertet. Schwerpunkt bildete dabei die Analyse der Unfälle mit Strassenbahn- (Tram-) oder Bahnbeteiligung. Da die Strassenbahnnetze in der Schweiz in den letzten Jahren erweitert wurden (z.B. GlattalBahn, Tram Bern West) und auch bestehende Knoten Strasse - Schiene immer wieder erneuert/angepasst werden, macht es kaum Sinn weiter als 5 Jahre in die Vergangenheit zurückzugehen.

3.1 Unfälle mit Strassenbahn- und Bahnbeteiligung in der Schweiz

In *Tab. 1* werden die Unfallfolgen der Unfälle mit Strassenbahn- oder Bahnbeteiligung auf die beteiligten Personen und bezüglich geschätzter Sachschäden zusammengefasst.

Tab. 1 Strassenverkehrsunfälle gesamt und mit Tram- oder Bahnbeteiligung 2008 bis 2012 in der Schweiz

	Unfälle Strassenbahn (Tram) + Bahn	(Anteil [%])	Unfälle gesamt
Anzahl Unfälle	1'760	0.61%	289'335
Total Personen	4'219	0.70%	604'864
Getötete	50	2.96%	1'692
Schwerverletzte	225	1.00%	22'585
Leichtverletzte	712	0.73%	97'798
Unverletzte	3'232	0.67%	482'789
Total Objekte	3'552	0.73%	484'920
geschätzter Sachschaden [CHF]	38'336'000	1.71%	2'236'076'000

[Datenquelle: "Bundesamt für Strassen ASTRA, Strassenverkehrsunfall-Statistik"]

Ein Vergleich der Unfälle Strassenbahn/Bahn mit allen Strassenverkehrsunfällen in der Schweiz (siehe Abb.2) zeigt, dass die Auswirkungen bei einer Unfallbeteiligung Strassenbahn und Bahn überdurchschnittlich hoch sind. Die Zahl der Getöteten ist bei Unfällen Strassenbahn/ Bahn um den Faktor 5 erhöht, die resultierenden Sachschäden sind dreimal so hoch wie im Durchschnitt aller Strassenverkehrsunfälle.

Die Einteilung in die Kategorien "Tram"/"Bahn" erfolgt in der Unfallstatistik nach der Fahrzeugart und nicht nach der Betriebsart (Fahren auf Sicht/Fahren nach Signal). Somit gibt es Fälle, in denen Züge der Bahn auf Sicht fahren und sich sicherungstechnisch wie eine Strassenbahn verhalten und Fälle, in denen Strassenbahnfahrzeuge nach Signalen fahren und sicherungstechnisch besser der Bahn zugeordnet werden sollten.

Die Anzahl Getöteter ist bei Bahnunfällen gegenüber Strassenbahnunfällen um rund 30 % erhöht, die Sachschäden um rund 55 %. Die vor den Unfällen gefahrenen Geschwindigkeiten werden in der Unfallstatistik nicht erfasst, sodass die Geschwindigkeitsproportionalität zur Schwere der Unfallfolgen hier nicht dargestellt werden kann. Aufgrund der Einteilung nach Fahrzeugarten werden in der Folge Strassenbahn- und Bahnunfälle der Strassenverkehrsunfall-Statistik immer gemeinsam betrachtet.

Im Anhang I in Abb. 1, Abb. 3 und Abb. 5 wird jeweils die räumliche Verteilung der Unfälle Strassenbahn/Bahn mit lokalen Unfallhäufungen im Radius von 50 Metern dargestellt. Die meisten lokalen Unfallhäufungen (5-12 Unfälle/50 m Umkreis) finden sich in den Agglomerationen Zürich und Basel. In Abb.4 werden die eingetragenen Hauptursachen in einem Kuchendiagramm dargestellt. Bei "unbekannter Ursache" (insgesamt 56 %) und einer Zuordnung der Unfälle im Unfallprotokoll zu den Merkmalen "Tramvortritt", "LSA in Betrieb" oder "Blinklicht" wurde die Hauptursache entsprechend ergänzt, sodass nur noch 17 % der Unfälle keiner Ursache zugeordnet werden können.

Mit 37 % ist das Missachten des Vortritts der Strassenbahn die häufigste Ursache, gefolgt vom Missachten des Wechselblinklichts an Bahnübergängen (13 %) und des Rotlichts (10 %) an Lichtsignalanlagen. Die restlichen 23 % verteilen sich auf vielfältige Ursachen.

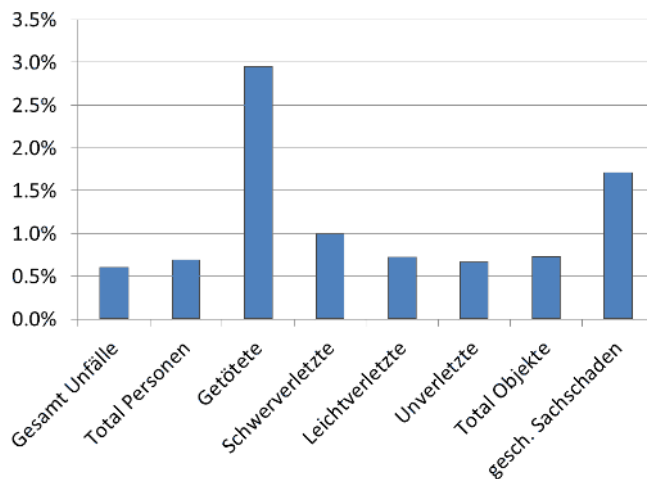


Abb.2 Anteile der Strassenbahn- oder Bahnunfälle und der entsprechenden Parameter an allen Strassenverkehrsunfällen 2008 bis 2012 in der Schweiz

[Datenquelle: "Bundesamt für Strassen ASTRA, Strassenverkehrsunfall-Statistik"]

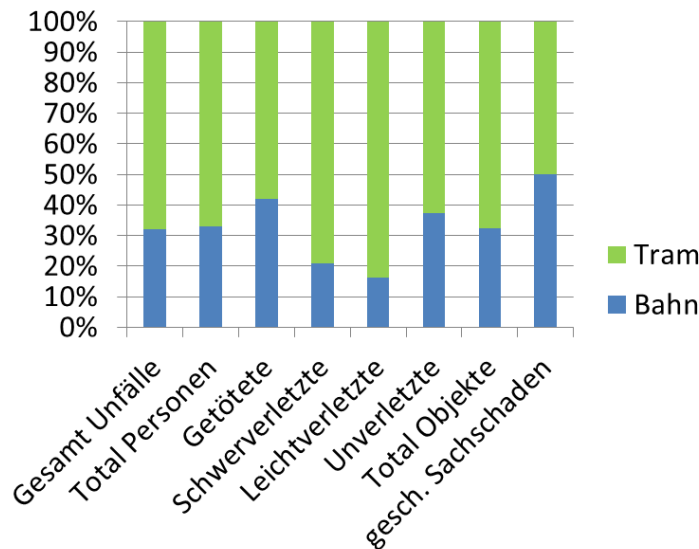


Abb.3 Prozentuale Aufteilung der Strassenbahn- oder Bahnunfälle 2008 bis 2012 in der Schweiz. Die Aufteilung Strassenbahn/Bahn erfolgt in der Unfallstatistik nach Fahrzeugart nicht nach der Betriebsart (Fahren auf Sicht/ Fahren nach Signal).

[Datenquelle: "Bundesamt für Strassen ASTRA, Strassenverkehrsunfall-Statistik"]

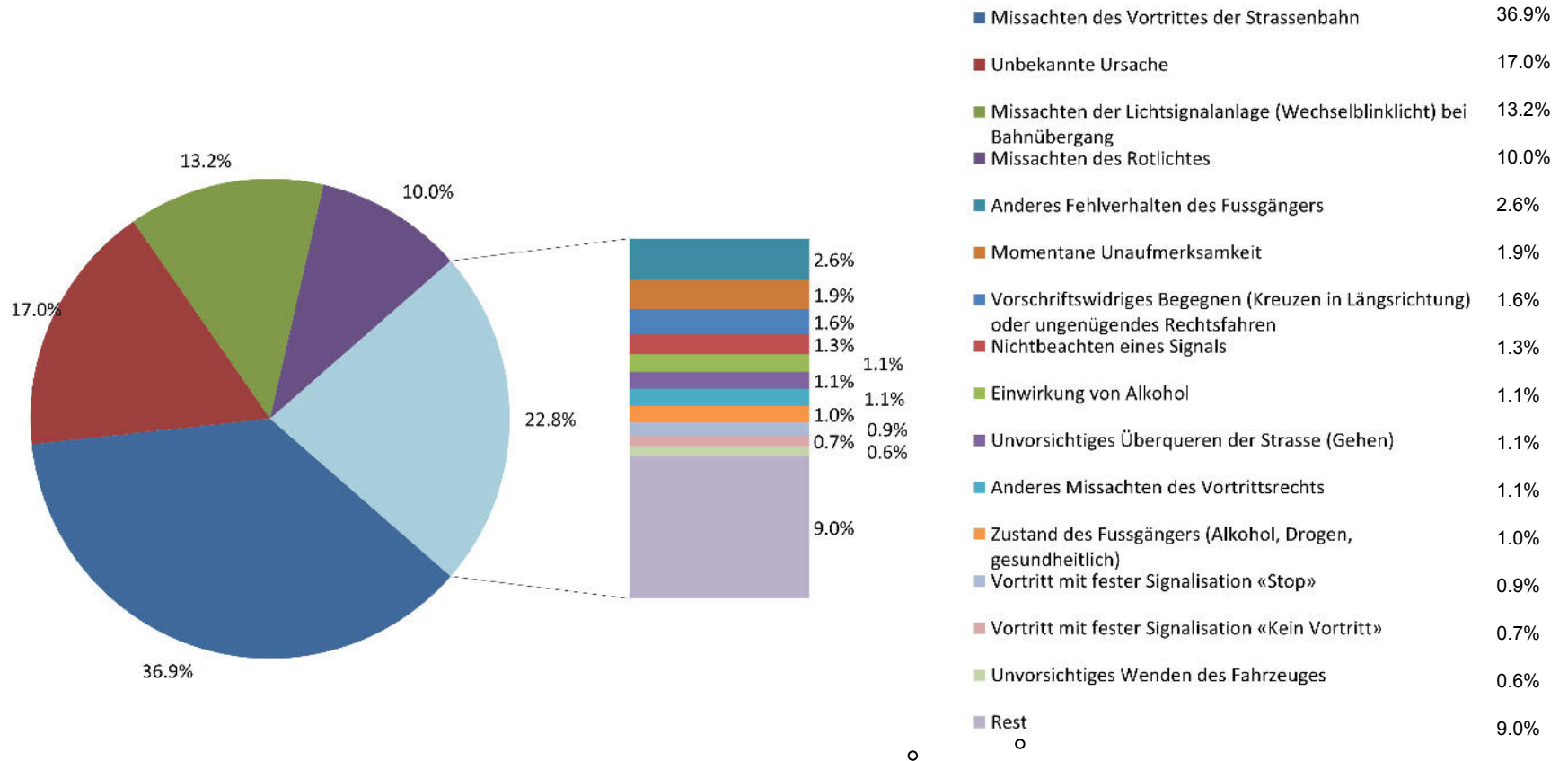


Abb.4 Eingetragene Hauptursachen. Bei "unbekannter Ursache" (insgesamt 56 %) und "Tramvortritt", "LSA in Betrieb" oder "Blinklicht" wurde die Hauptursache entsprechend ergänzt [Datenquelle: "Bundesamt für Strassen ASTRA, Strassenverkehrsunfall-Statistik"]

3.2 Knoten mit Unfallhäufungen bei LSA in Betrieb

Aus Anhang I (Abb. 1, Abb. 3 und Abb. 5) geht hervor, dass es in der Schweiz Knoten und Strecken mit einer erhöhten Unfalldichte gibt. In Abb. 2 und Abb. 4 (ebenfalls im Anhang I) werden speziell die Unfallhäufungen bei LSA in Betrieb dargestellt. In Tab. 2 sind daraus diejenigen Knoten mit drei oder mehr Unfällen in den fünf Jahren 2008 – 2012 aufgelistet.

Tab. 2 Anzahl Unfälle pro Jahr an höhengleichen Kreuzungen Strasse - Schiene mit LSA in Betrieb für die Jahre 2008 – 2012

Nr.	Bahnbetreiber, Ort	[Anzahl Unfälle/ Jahr bei LSA in Betrieb (alle mit Strassenbahnbeteiligung)]	Abschnitt (Abbildung)	Landeskoordinaten *
1	Aare Seeland mobil, Aarwangen, Kreisel Langenthal-/Jurastrasse	0.6 (0.8)		625'063 232'187
2	Aare Seeland mobil, Biel, Kreisel Rue Alfred-Aebi/ Gurnigelstrasse	0.6 (0.6)		585'418 219'887
3	Aare Seeland mobil, Solothurn, Kreisel Werkhof-/Baselstrasse	1 (1.4)	5.3.3 (Abb.29)	607'784 228'739
4	Baselland Transport AG, Arlesheim, Kreuzung Basler-/Birseckstrasse	1 (1.6)		613'609 260'996
5	Basler Verkehrsbetriebe, Basel, Kreisel Lothringerplatz	0.6 (0.6)		610'258 268'933
6	Basler Verkehrsbetriebe, Basel, Kreuzung Münchensteiner-/Brüglingerstrasse	0.8 (0.8)		612'840 265'121
7	Basler Verkehrsbetriebe, Muttenz, Kreuzung St. Jakob-/Margelackerstrasse	1.2 (1.6)	5.3.2 (Abb.22)	614'721 264'571
8	Baselland Transport AG, Reinach, Kreuzung Basler-/Sundgauerstrasse	1 (1.2)		612'340 262'130
9	Verkehrsbetriebe Glattal, Dübendorf, Kreuzung Ring-/Neugutstrasse	1.5 (1.5)***	5.4.1 (Abb.34)	688'121 250'631
10	Verkehrsbetriebe Glattal, Opfikon, Knoten Europa-/Flughofstrasse	0.75 (0.75)**		684'489 254'508
11	Verkehrsbetriebe Glattal, Opfikon, T-Knoten Flughafen- Riethofstrasse	0.75 (0.75)**	5.4.1 (Abb.32)	684'914 254'857
12	Verkehrsbetriebe Glattal, Wallisellen, T-Knoten West-/Hertistrasse	2 (2)***	5.3.2, 5.4.1 (Abb.24, Abb.26, Abb.27, Abb.47, Abb.33)	685'917 252'396
13	Verkehrsbetriebe Glattal, Zürich, Knoten, Thurgauer-/Siewerdstrasse	0.6 (0.6)**		683'906 251'860
14	Verkehrsbetriebe Zürich, Zürich, Badener-/Zypressenstrasse	0.8 (0.8)	5.3.2 (Abb.23)	681'114 247'937
15	Verkehrsbetriebe Zürich, Zürich, Bucheggplatz	0.6 (0.8)		682'651 250'242
16	Verkehrsbetriebe Zürich, Zürich, Pelikanplatz	0.6 (0.6)		682'885 247'300
17	Waldenburgerbahn AG, Niederdorf, T-Knoten Haupt-/Bennwilerstrasse	0.6 (0.6)		623'707 250'767
18	Wynental- und Suhrentalbahn, Suhr, Kränicher-/Wynemattstrasse	0.6 (0.8)		648'811 246'511

[Datenquelle: "Bundesamt für Strassen ASTRA, Strassenverkehrsunfall-Statistik"]

* Die Schweizer Landeskoordinaten (CH1903 / LV03) können z.B. unter: map.geo.admin.ch zur Lokalisierung verwendet werden.

** in Betrieb seit Ende 2010

*** in Betrieb seit Ende 2008

Für alle in Tab. 2 aufgelisteten Knoten gilt, dass die Strassenbahn (die Bahn) einen eigenen Fahrstreifen bzw. ein Eigentrassee ("Eigenfahrstreifen" und Eigentrassee siehe Glossar) besitzt. Vereinzelt kann ein Strassenbahn-Eigenfahrstreifen bzw. Eigentrassee in Mittellage auch vom MIV mitbenutzt werden (zum Überholen, Queren, Wenden z.B. Tab. 2, Knoten Nr. 1 oder Nr. 15).

Durch das Eigentrassee (siehe Glossar) sind hohe Strassenbahn-Geschwindigkeiten im Bereich von 50 km/h möglich. Eine Strassenbahn, die sich im Mischverkehr in den MIV eingliedert, stellt an LSA-Knoten demnach eine geringere Gefahr dar. Insbesondere vor Knoten hat der ÖV durch Eigentrassees jedoch die Möglichkeit am Stau vorbeizufahren. Nur so ist der ÖV in Agglomerationen eine schnelle, zuverlässige und leistungsfähige Alternative zum MIV und kann dadurch den Individualverkehr deutlich entlasten. Die durch die Eigentrassees ermöglichten kürzeren Reisezeiten und der Fahrkomfort (kein Bremsen/Beschleunigen) auch im Knotenbereich, tragen viel zum attraktiven Verkehrsangebot bei. An Kreisverkehren ist eine gesonderte Spurführung von Schienenfahrzeugen bzw. ein eigener Fahrstreifen aufgrund der dort vorliegenden engen Radien unumgänglich. Aus Sicht Sicherheit sind Knoten mit rund einem Strassenbahnunfall je Jahr unbefriedigend, zumal die Unfallfolgen bei Strassenbahnbeteiligung deutlich grösser sind als bei den durchschnittlichen Strassenverkehrsunfällen (siehe Abb.2).

Was ist an Knoten mit Strassenbahnen (Bahnen) im Eigentrassee neben den höheren Strassenbahngeschwindigkeiten anders, als wenn die Strassenbahn im Mischverkehr fährt? Für Verkehrsteilnehmende ist der MIV aufgrund der grossen Anzahl Fahrzeuge mehr präsent als die Strassenbahn. Oft ist die Strassenbahn (die Bahn) leise und schnell. Sie kommt „plötzlich“ aus ungewohnten Winkeln und Richtungen. Durch die höheren Geschwindigkeiten ist die Reaktionsmöglichkeit der Strassenbahnchauffeure noch geringer als bei tieferen. Eine Strassenbahn kann im Konfliktfall nur bremsen und warnen, aber nicht ausweichen. Alle Effekte zusammen sorgen an diesen Knoten dafür, dass die Strassenbahn übersehen wird bzw. dass bei Unfällen die Folgen grösser sind. Ein allfälliges bewusstes oder versehentliches Missachten des Rotlichts hat an solchen Knoten somit grössere Folgen als an reinen Strassenknoten.

Bezüglich Tageszeit und Wochentag ist kein einheitliches Muster erkennbar. Einzig zu den Abendspitzenstunden geschehen proportional zur Verkehrsmenge etwas mehr Unfälle als zu den Morgenspitzenstunden.

Zusätzlich zur Unfallstatistik liegen teilweise Beschreibungen für den einzelnen Unfallhergang mit Skizzen vor. In den Unfallbeschreibungen werden Ablenkung der Fahrzeuglenker und Blendung durch helles Sonnenlicht und damit Übersehen des Rotlichts explizit genannt. Ablenkungen der Fahrzeuglenker können vielfache Gründe haben. Sowohl verkehrliche als auch sonstige Ablenkungen können gemeint sein. Aus Skizzen des Unfallhergangs geht mehrfach hervor, dass nach Überqueren des Signalquerschnitts noch Fahrstreifenwechsel stattfinden (Tab. 2, Knoten Nr. 7), sodass der Fahrzeuglenker nicht mehr überprüfen kann, ob die strassenbahnfeindliche Fahrbeziehung grün hat.

Regelmässig treten Fälle von Rotlichtmissachtungen auf. In solchen Fällen kann z.B. eine zusätzliche Schranke die Zahl der Unfälle nachweisbar und deutlich reduzieren. Bei Schrankenanlagen treten in der Schweiz nur vereinzelt Unfälle auf.

4 Umfrage und Ergebnisse

Um verschiedene Standpunkte und Sichtweisen besser berücksichtigen zu können, wurde eine Umfrage bei Planern, Projektierenden und Betreibern von Lichtsignalanlagen und schienengebundenen ÖV-Systemen durchgeführt.

Insgesamt wurden 24 Fragebögen versandt. 6 Fragebögen wurden beantwortet. In einem Fall wurde zusätzlich zum Fragebogen ein Interview durchgeführt. In einem weiteren Fall wurde statt Fragebogen eine Befragung mit einem Ortstermin verbunden. Ein Fragebogen wurde in Gemeinschaftsarbeit zwischen LSA- und Strassenbahn-Betreiber ausgefüllt.

Tab. 3 Eckdaten der Umfrage

Forschungsprojekt VSS 2011/303	
Versandte Fragebögen	24
Rücklauf	6 (+1 mündlich)
COST TU1103	
Versandte Fragebögen	6
Rücklauf	3

Das Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT) der ETH Zürich hat zeitgleich eine zweite Umfrage bei Betreibern von ÖV-Systemen zu Sicherheitsfragen durchgeführt. Die ausgefüllten Fragebögen wurden unter Einwilligung der Beteiligten ausgetauscht. Die Umfrage des IVT wurde im Rahmen des europaweit durchgeführten Programms: "Operation and safety of tramways in interaction with public space" durchgeführt (siehe Kapitel 2). Insgesamt ist der Rücklauf von 10 Personen in die Auswertungen eingeflossen. Davon sind 5 Mitarbeiter bei ÖV-Betreibern, 3 Mitarbeiter bei für LSA-Anlagen zuständigen Verwaltungen und jeweils ein Mitarbeiter bei LSA-Anlagenver-/Betreibern bzw. bei einem Planungsbüro.

4.1 Generelles Feedback

4.1.1 Bernmobil

Aus Sicht ÖV-Betreiber (Strassenbahn, Bernmobil) gibt es mehrere Einflussfaktoren auf die Sicherheit an Knoten:

- „Fahrt auf Sicht“ oder „Fahrt nach Signal“.
- Fahrt im Eigenfahrstreifen/ Eigentrassee oder in Mischform.
- Reduzierte Geschwindigkeiten an Haltestellen vor/nach Querungen oder Weicheninfrastruktur im Bereich von Querungen beeinflusst die Knotenausprägung.
- Platzverhältnisse, Übersichtlichkeit, Gefälle und geografische Situation.
- Umgebungsvariablen: Schulen, Altersheime oder Behindertenheime.
- Querungsgruppen wie Blinde, Rollstuhlgängige, Alte Leute, Schulkinder, Velo, MIV.
- Einstufung der Missachtungsgefahr durch die Querenden (Fussgänger, Velo).

4.1.2 Verkehrsbetriebe Glattal

Aus Sicht ÖV-Betreiber (Strassenbahn, Verkehrsbetriebe Glattal) "zeichnet sich leider ab, dass an gewissen Stellen mit einer hohen Übertretung der Verkehrsregeln (Missachten Rotlicht) nur zusätzliche Schranken einen signifikanten Erfolg bringen. Wir haben bislang 14 Übergänge (von Beginn an) mit Schranken gesichert; dort ist noch nie ein Unfall passiert. „Leider“, weil das Tramsystem eigentlich in den Stadtraum eingebettet werden

soll und Schranken trennende Wirkung haben und somit das Tramsystem dem Umraum verfremdet wird".

4.1.3 Wynental- und Suhrentalbahn

Aus Sicht ÖV-Betreiber (Bahn, Wynental- und Suhrentalbahn): Bisher werden Bahnübergangssteuerungen [bei der Wynental- und Suhrentalbahn] mit Blinklicht und Schranken eingesetzt. Innerhalb einer "Harmonisierung" sollten alle mit "LSA und Schrankenanlagen" ausgestattet werden. "Dabei kann auch für die Fussgänger wie auch für den Strassenverkehr eine einheitliche Signalisierung angestrebt werden".

4.2 Sichere, kosteneffiziente Knoten

Fragen: Welche höhengleichen Knoten Schiene - Strasse mit LSA-Steuerung, die Sie kennen, sind gute Beispiele im Sinne der Verkehrssicherheit bzw. im Sinne der Kosteneffizienz (während Planung, Bau und Betrieb)? Welche Knoten eignen sich als Musterbeispiele für die Vereinheitlichung von Steuerung, Signalisation oder Markierungen? Was wurde besonders gut umgesetzt?

Auf Bahnseite wurden 2 Kreuzungen mit Barriere als positive Beispiele im Sinne der Verkehrssicherheit genannt (siehe *Tab. 4*), auf Strassenbahnseite gab es mehr Nennungen.

Tab. 4 Sichere, kosteneffiziente Knoten

Nr.	Bahnbetrieb (Fahrt nach Signal)	Abschnitt (Abbildung)	Landeskoordinaten *
1	Regionalbahn Bern Solothurn: Knoten Papiermühle Ittigen	5.3.1 (Abb.21)	602'888 202'576
2	Wynental- und Suhrentalbahn: Kreuzung Oberentfelden, Muhenstrasse "Bahnübergang Industrie"	5.3.1 (Abb.20)	646'158 244'445
Strassenbahnbetrieb (Fahrt auf Sicht)			
3	Bernmobil, Bern, Kreisverkehr Loryplatz	5.3.3 (Abb.30)	598'711 199'279
4	Bernmobil, Bern, Kreuzung Waldmann-/ Riedbachstrasse	5.2 (Abb.7)	595'767 199'751
5	Bernmobil, Bern, Kreuzung Waldmann-/ Murtenstrasse	5.2.1, 5.3.3 (Abb.28)	595'954 199'782
8	Verkehrsbetriebe Glattal, Dübendorf, T-Knoten Zürich-/ Hochbordstrasse	5.3.2 (Abb.25, Abb.26, Abb.27)	687'631 250'133

* Die Schweizer Landeskoordinaten (CH1903 / LV03) können z.B. unter: map.geo.admin.ch zur Lokalisierung verwendet werden.

An allen genannten Knoten gab es in den Jahren 2008 – 2012 keine Unfälle Strasse - Schiene. Auf die Beispiele wird in Kapitel 5 im Detail eingegangen.

4.3 Knoten mit Anpassungs-, Wartungsbedarf

Fragen: Bei welchen Knoten Strasse - Schiene mit LSA-Steuerung müssen Steuerung, Signalisation oder die Markierungen ständig angepasst bzw. gewartet werden (sicherheitskritische Knoten oder Risiko-Knoten im Netz)? Wo könnten die möglichen Ursachen oder Hintergründe für die Probleme liegen? Was sind Ihre Hypothesen bzw. Vermutungen?

Die in *Tab. 5* genannten Knoten bilden nur eine kleine Auswahl der Knoten in der Schweiz mit Anpassungs- oder Wartungsbedarf. Dank der Nennungen können die Probleme analysiert und behoben werden. Auf die Beispiele wird in Kapitel 5 im Detail eingegangen.

Tab. 5 Knoten mit Anpassungs-, Wartungsbedarf

Nr.	Strassenbahnbetrieb (Fahrt auf Sicht)	Abschnitt (Abbildung)	Landeskoordinaten *
1	Bernmobil, Bern, Übergang bei Kreuzung Effinger-/Seilerstrasse	(Abb.16)	599'704 199'417
2	Transports Publics Genevois, Meyrin, Kreuzung Rue de Meyrin/ Avenue de Mategnin		495'731 120'154
3	Verkehrsbetriebe Glattal, Opfikon, T-Knoten Flughafen-/Riethofstrasse	5.4.1 (Abb.32)	684'914 254'857
4	Verkehrsbetriebe Glattal, Wallisellen, Kreuzung West-/Hertistrasse	5.3.2, 5.4.1 (Abb.24, Abb.26, Abb.27, Abb.47, Abb.33)	685'917 252'396
5	Verkehrsbetriebe Glattal, Dübendorf, Ringstrasse, 3 Querungen des Strassenbahntrassees	5.4.1 (Abb.34)	688'121 250'631

* Die Schweizer Landeskoordinaten (CH1903 / LV03) können z.B. unter: map.geo.admin.ch zur Lokalisierung verwendet werden.

4.4 Anforderungen an LSA-Steuerungen von Knoten Strasse - Schiene

Fragen: Was sind die wichtigsten Anforderungen an die LSA-Steuerungen von Knoten Strasse - Schiene?

Zunächst sollten LSA Anlagen nach den Normen und Vorschriften für den Betrieb gebaut werden (RTE 25931/ SN 671 512 [19]; VSS- und EN-Normen). Sie müssen die Verkehrssicherheit gewährleisten, den Verkehrsfluss optimieren und Rückstau im Knotenbereich vermeiden.

Die Verkehrssicherheit wird durch eine übersichtliche Infrastruktur, klare Spurführung und eine einfache Signalisation hergestellt. Insbesondere Verkehrsströme, die ein Gleis queren, müssen korrekt mit Signalgebern ausgerüstet sein:

- Wenn möglich mehr als einen Signalgeber anbringen (z.B. Überkopf), der dem Fahrstreifen eindeutig zugewiesen sein muss.
- Die Signalgeber müssen aus Distanz gut sichtbar sein.
- Nach der Gleisquerung dürfen auf einer gewissen Distanz keine weiteren Signalgeber angebracht werden, um Verwechslungen in Fahrtrichtung zu vermeiden.
- Keine weiteren Signalgeber am selben Mast, die für eine andere Richtung gelten bzw. Grün zeigen können, wenn eine Strassenbahn/eine Bahn quert. Wenn zum Beispiel ein Rechtsabbiegestreifen über ein Gleis führt, so soll am Mast rechts des Abbiegestreifens kein Signalgeber für den Geradeausverkehr angebracht werden, da dieser zu Verwechslungen mit fatalen Folgen führen kann.

4.5 Neue Techniken für die Regelung, Sicherung, Signalisierung

Fragen: Setzen Sie erfolgreich neue Techniken für die Regelung/Sicherung/Signalisierung höhengleicher Kreuzungen Strasse - Schiene ein? Wenn ja, seit welchem Jahr und an welchen Knoten?

In Tab. 6 werden die in der Umfrage genannten neuen Techniken für die Signalisierung aufgelistet. Auf die Beispiele wird in Kapitel 5 im Detail eingegangen.

Tab. 6 Neue Techniken für die Regelung, Sicherung, Signalisierung

Nr.	Strassenbahnbetrieb, Vorhanden z.B. bei	Abschnitt (Abbildung)	Landeskoordinaten *
1	Basler Verkehrsbetriebe, Basel, Übergang bei Knoten Riehenstrasse/Im Surinam 1-Kammer-Signalgeber mit Strassenbahnsymbol, zusätzlich „Gleisindianer“ (kleine Signalsäule mit Blitzlicht)	5.2 (Abb.10)	613'001 268'527
2	SBB (Seetalbahn), Seon, Knoten Seetal-/Talstrasse, Drehwarnblinker, der nach LSA-Technik funktioniert	7.1.4 (Abb.46)	654'416 244'395
3	Verkehrsbetriebe Glattal, Wallisellen, Kreuzung West-/Hertistrasse, LED-Signal „BAHN“	5.4.1 (Abb.47)	685'917 252'396
4	Verkehrsbetriebe Glattal, Wallisellen, Kreuzung West-/Hertistrasse, Markante Strassenmarkierung (gelbgrüne, flächige Markierung, RAL 6018)	5.4.1 (Abb.33)	685'917 252'396
5	Verkehrsbetriebe Zürich, Zürich Bahnhofplatz, gelb blinkendes Strassenbahnsymbol bei querender Strassenbahn.	5.2.2 (Abb.12)	683'077 247'986
6	Verkehrsbetriebe Zürich, Zürich Escher-Wyss-Platz, Wechselsignal und Warnlicht bei querender Strassenbahn.	5.3.3 (Abb.31)	681'859 249'488

* Die Schweizer Landeskoordinaten (CH1903 / LV03) können z.B. unter: map.geo.admin.ch zur Lokalisierung verwendet werden.

4.6 Unterlagen, Richtlinien

Fragen: Welche Unterlagen/Richtlinien (Beurteilung, Planung, bzw. Projektierung) verwenden Sie regelmässig bzw. finden Sie hilfreich? Haben Sie eigene Unterlagen/Richtlinien? In welchem Bereich fehlen Ihnen entsprechende Regelungen, Handlungsanweisungen oder Checklisten? Wo sehen Sie Handlungs-, Aktualisierungs- bzw. Anpassungsbedarf?

In Tab. 7 werden die explizit verwendeten Unterlagen/Richtlinien genannt. Insbesondere auf Ebene Kantone werden eigene Unterlagen erarbeitet. Es besteht kein Bedürfnis nach zusätzlichen Richtlinien.

Tab. 7 Verwendung von Unterlagen, Richtlinien

Unterlagen und Richtlinien	Anwendung bei [Anzahl Nennungen]		
	Planung	Bau	Betrieb
Bahnübergang – Basisdokumentation, RTE 25931, Dez. 2012 [19]	2	2	1
Grundsätze für die Signalisation der Kreuzungen Schiene/Strasse, 2005 [25]	1		
LSA - Richtlinien 2014 [21]	1	1	1
LSA - Richtlinien – Infrastruktur 2014 [22]	1	1	
Technischen Unterlagen der Planungsbüros, in welche die Anforderungen aus den entsprechenden Richtlinien eingearbeitet werden	1		

4.7 Fazit

Aus Sicht Sicherheit sind Schranken das Mittel der Wahl, insbesondere wenn die gefahrenen Geschwindigkeiten auf Seiten Strassenbahn/Bahn hoch sind. Aus Sicht Leistungsfähigkeit, Stadtbild, Platzbedarf und Kosten würde man auf eine Barriere gerne verzichten. Bei der Knotenvereinheitlichung ist ein Mittelweg zwischen Vereinheitlichung und Baukastenprinzip zu wählen, abhängig von den verschiedenen Einflusskriterien. Es besteht kein Bedürfnis nach zusätzlichen Richtlinien.

5 Fallbeispiele

In diesem Kapitel wird eine Auswahl an Knoten mit Kreuzungen Strasse - Schiene analysiert. In Abschnitt 5.4 werden Massnahmen für sichere Knoten, insbesondere bei schnellen Strassenbahngeschwindigkeiten, dargestellt.

5.1 Darstellung von Unfallorten, -typen und -folgen

In mehreren Abbildungen des Kapitels 5 werden Unfallorte, -typen und -folgen dargestellt. Die zugehörige Legende ist in Abb.5 zu sehen.

Legende

Getötete (Tram/Bahn)

⊕ 1 - 2

.

× Fussgänger beteiligt (Tram/Bahn)

.

↑ Velo, Mofa, E-Velo beteiligt (Tram/Bahn)

Dichte Getötete/Verletzte im 50m Radius (Tram/Bahn)

○ 0

● 1

● 2 - 3

● 4 - 9

Unfalltypen (alle Unfälle)

○ Schleuder- oder Selbstunfall

○ Fahrstreifenwechsel

○ Auffahrunfall

○ Abbiegeunfall

○ Einbiegeunfall

○ Überqueren der Fahrbahn

○ Frontalkollision

○ Parkierunfall

○ Fussgängerunfall

○ Tierunfall

Abb.5 Legende zu den folgenden Abbildungen mit dargestellten Unfallorten

5.2 Beispiele Langsamverkehr

5.2.1 Einflussfaktoren auf die Sicherheit an Knoten

Die Sicherheit an Knoten Strasse - Schiene hängt von mehreren Einflussfaktoren ab (zu Beginn des Abschnitts 4.1 werden mehrere davon aufgezählt). An den Knoten des Eigentrassees entlang der Waldmannstrasse (Positiv-Beispiele innerhalb der Umfrage aus Abschnitt 4.2, siehe Abb.6) und anhand des Übergangs beim Knoten Riehenstrasse/ Im Surinam (siehe Abb.10), wird im Folgenden versucht, die Berücksichtigung dieser Faktoren innerhalb der Trasseplanung zu verdeutlichen.

Dank des Eigentrassees entlang der Waldmannstrasse kann zwischen den Knoten zügig gefahren werden, da in der Regel nicht mit Konflikten zu rechnen ist. Reduzierte Geschwindigkeiten liegen an den beiden Haltestellen Holenacker und Tscharnergut vor (siehe Abb.6). An der Kreuzung Waldmann-/Riedbachstrasse existiert zudem eine Weiche über die mit maximal 15 km/h gefahren wird. Das Eigentrassee inklusive Knoten ist übersichtlich gestaltet und weist kein Gefälle auf. Die vorhandenen Bäume befinden sich ausserhalb des gemeinsamen Lichtraumprofils von Strasse und Schiene. Direkt neben der Kreuzung Waldmann-/Riedbachstrasse befindet sich ein Behindertenheim, in dem auch blinde Menschen wohnen. Ansonsten sind in dem Bereich alle Altersklassen anzutreffen. Entlang der Waldmannstrasse und an den dortigen Knoten Strasse - Schiene gilt „Fahrt auf Sicht“. Das heisst, dass bei jeder Fahrt der Strassenbahnchauffeur die aktuelle Sicherheitslage einschätzen und seine Geschwindigkeiten anpassen muss.



Abb.6 Strassenbahn im Eigentrassee parallel zur Waldmannstrasse (Bern, Bernmobil). In Betrieb ab Ende 2010. Legende zu den Unfallorten siehe Abb.5 [Datenquelle: "Bundesamt für Strassen ASTRA, Strassenverkehrsunfall-Statistik", Bilder: © 2014 DigitalGlobe, Geozen, Kartendaten: © 2014 Google]

Kreuzung Waldmann-/ Riedbachstrasse

In den 5 untersuchten Jahren gab es insbesondere wegen der niedrigen Strassenbahngeschwindigkeiten (maximal 15 km/h) keine Unfälle Strasse - Schiene. Aufgrund des Behindertenheims soll an der Kreuzung Waldmann-/Riedbachstrasse zusätzlich zum 1-Kammer-Signalgeber mit gelb blinkendem Strassenbahnsymbol vor Strassenbahndurchfahrt versuchsweise ein akustischer Warnton eingerichtet werden.



Abb.7 Übergang bei der Kreuzung Waldmann-/Riedbachstrasse (Bern, Bernmobil, 595'767 199'751). In Betrieb ab Ende 2010 [Bild: 2014]

Merkmale:

- Bahn auf Eigentrasse in Seitenlage.
- Strassenbahn einbezogen in Knoten-LSA.
- Geschwindigkeiten Bahn/MIV: klein bis mittel/ hoch.
- LSA-Signalgeber: 3-Kammer (Rot-Gelb-Grün).
- "Strassenbahn"-Blinklicht auf der Anfahrtseite der Strassenbahn stadtauswärts (Fahrt mit Konflikt).
- Fussgänger-Streifen geregelt.
- 1-Kammer-Signalgeber mit gelb blinkendem Strassenbahnsymbol vor Strassenbahndurchfahrt für Fussgänger-Streifen über die Gleise gegenüber der Haltestelle Holenacker (siehe Abb.7 und Abb.12).
- Keine signaltechnische Absicherung oder Unterstützung auf der Seite Haltestelle Holenacker.

Die LSA reagiert auf ÖV-Anmeldung via Meldepunkte und Weichenverschlussinformation.

Kreuzung Waldmann-/ Murtenstrasse

In der Umfrage (siehe Sichere, kosteneffiziente Knoten, Abschnitt 4.2) wurde beim Langsamverkehr an der Fussgängerquerung über die Gleise (vergleiche Abb.28) darauf hingewiesen, dass wegen Schulkinder und des Behinderten- und Betagtenheims die Situation als eher heikel einzustufen sei (es gilt "Fahrt auf Sicht"). Grösste Problematik sei eine mögliche Missachtung des Rotlichts durch Schulkinder oder durch Behinderte. Eventuell ist dort über zusätzliche Massnahmen nachzudenken, da in diesem Bereich hohe Strassenbahngeschwindigkeiten vorliegen. Die MIV-Kreuzung Waldmann-/ Murtenstrasse wird in Abschnitt 5.3.2 beschrieben.

Übergang bei Haltestelle Tscharnergut

Die Übergänge bei der Haltestelle Tscharnergut (siehe Abb.8) sind ein gutes Beispiel dafür, dass es im Bereich von Haltestellen und somit bei kleinen bis mittleren Strassenbahngeschwindigkeiten nicht zwingend eine LSA braucht. Allerdings wird sowohl von Seiten der Fussgänger als auch von Seiten Strassenbahnchauffeure Übersicht und gegenseitige Aufmerksamkeit verlangt, die auch generell an Haltestellen gegeben sein sollte. Aus Übersichtlichkeitsgründen müssen die Sträucher und Bäume entsprechend gepflegt werden.

Z - Übergang Waldmannstrasse – Knospweg

Bei hohen Strassenbahngeschwindigkeiten, Veloverkehr und geringen Fussgängerfrequenzen ist ein "Z-Übergang" mit Umlaufsperrern möglich (siehe Abb.9). Damit erübrigt sich eine LSA-Regelung. Am Z - Übergang Waldmannstrasse – Knospweg sind die Umlaufsperrern aus Platzgründen etwas kurz, was noch ein direktes Queren erlaubt. Dies ist nicht optimal.

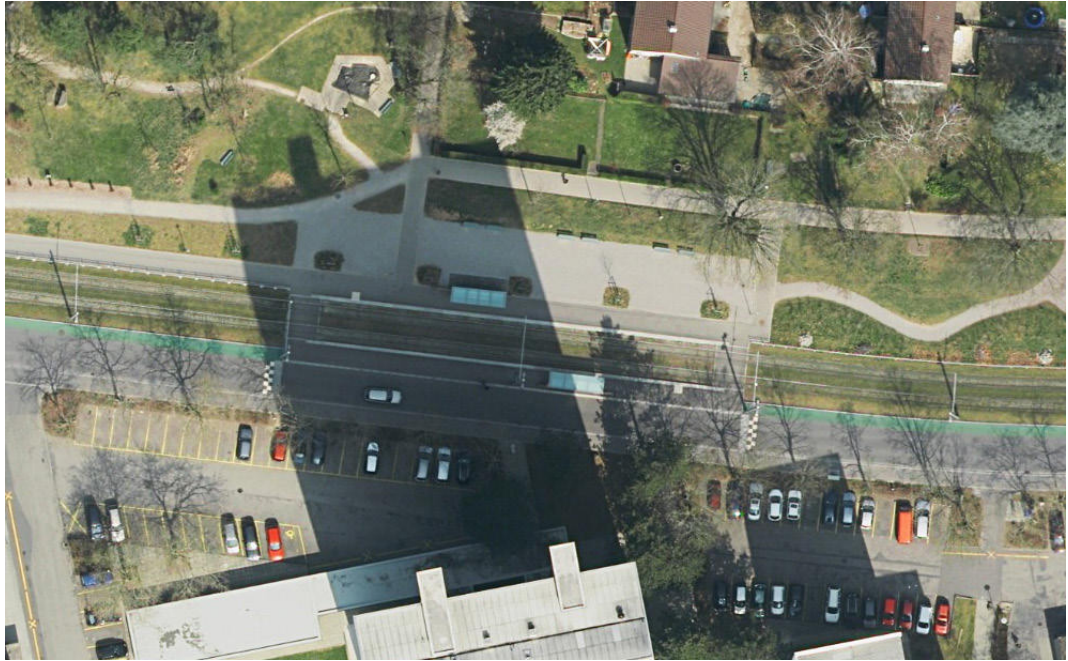


Abb.8 Übergang bei Haltestelle Tscharnergut (ohne LSA) (Bern, Bernmobil, 596'157 199'758). [Bild: © 2014 DigitalGlobe, Geozen, Kartendaten: © 2014 Google]



Abb.9 Z - Übergang Waldmannstrasse – Knospweg (ohne LSA) (Bern, Bernmobil, 596'307 199'761). [Bilder links: © 2014 DigitalGlobe, Geozen, Kartendaten: © 2014 Google, Bild rechts: 2013]

Übergang beim Knoten Riehenstrasse/ Im Surinam

Am Übergang wurde nach einem schweren Unfall zusätzlich zum 1-Kammer-Signalgeber mit Strassenbahnsymbol ein „Gleisindianer“ (kleine Signalsäule mit Blitzlicht) installiert (siehe Abb.10), da es dort nicht möglich ist, die Strassenbahnhaltestellen in beiden Richtungen vor der Fussgängerquerung anzuordnen. Zur besseren Wahrnehmung der Strassenbahndurchfahrten, insbesondere für die dort lebenden älteren Menschen, wurde für die Fussgänger im Gleisbereich ein „Gleisindianer“ installiert. Da er sich in Bodennähe befindet, wird das Blitzlicht-Signal besser erkannt als ein üblicher Signalgeber in 2,35 m Höhe.



Abb.10 1-Kammer-Signalgeber mit Strassenbahnsymbol, zusätzlich „Gleisindianer“ (kleine Signalsäule mit Blitzlicht, Übergang beim Knoten Riehenstrasse/ Im Surinam, Basel, Basler Verkehrsbetriebe, 613'001 268'527) [Bild: Google © 2014, Juni 2009, Google Street View]

5.2.2 Beispiele Fussgängerfolgequerungen

Bern, LSA (K020) Eigerplatz



Abb.11 Fussgängerfolgequerung Eigerplatz (Bern, Bernmobil, 599'430, 199'000) [Bild: 2015]

Bei der LSA (K020) Eigerplatz in Bern befindet sich die Strassenbahn in Mittellage zwischen zwei unabhängig geschalteten MIV-Spuren. Das Trasse der Strassenbahn ist unregelmäßig und wird mit einem optischen Warner ergänzt. Speziell an dieser Haltestelle sind die Rangierfahrten zum Tramdepot Eigerplatz.

Für die Fussgänger ergibt sich so eine relativ kurze Wartezeit. Die Erreichbarkeit des Gegentrams wird nur durch die MIV-Übergänge eingeschränkt. Die Sicherheit für die Fussgänger wird durch den Warnblinker beeinflusst.



Abb.12 Warnblinker Tram am Eigerplatz (Bern, Bernmobil, 599'430, 199'000)

Bern, LSA K015 Effinger-/Seilerstrasse



Abb.13 Fussgängerfolgequerung LSA (K015) Effinger-/Seilerstrasse (Bern, Bernmobil, 595'767 199'751)

Bei diesem Fussgängerübergang befindet sich die Strassenbahn in Seitenlage. Das Trassee ist nur beschränkt für den MIV befahrbar. Der MIV-Übergang ist mit einem 3-feldrigen Signalgeber geregelt. Das ÖV-Trassee ist ungeregelt und wird nur durch einen einseitig angebrachten „Strassenbahn“-Warnblinker ergänzt.

Auch hier ergeben sich kurze Wartezeiten für die Fussgänger. Die Erreichbarkeit des Gegentrams ist gewährleistet. Die Sicherheit der Fussgänger wird durch den Warnblinker unterstützt.

Bern, LSA K015 Seftigen-/Wabernstrasse



Abb.14 Fussgängerfolgequerung LSA (K125) Seftigen-/Morillonstrasse (Bern, Bernmobil, 599'744 198'221)

Bei der LSA K125 bei der Haltestelle Schöneegg befindet sich die Strassenbahn in Seitenlage. Für den MIV stehen zwei durch eine Fussgängerinsel getrennte Fahrstreifen zur Verfügung. Die Fussgängerquerungen sind unabhängig geschaltet.

Die Wartezeiten für die Fussgänger sind durch die drei unabhängig geschalteten Übergänge relativ lang. Die Erreichbarkeit des Gegentrams kann dementsprechend stark eingeschränkt sein. Durch die Regelung des ÖV-Trasses ist die Sicherheit für die Fussgänger gegeben.

5.2.3 Signalgeber und Markierungen an Knoten mit LSA

Wenn Fussgänger- oder Velostreifen in eine LSA zur Knotensteuerung eingebunden sind, dann werden für den Gleisbereich 2- bzw. 3-Kammer-Signalgeber (leuchtende Fussgänger- oder Velosymbole; Rot-Grün bzw. Rot-Gelb-Grün) oder gelbe Warnlichter bei Strassenbahnnäherung eingesetzt. Mittlerweile wird an vielen Orten der Schweiz als Warnlicht ein gelb blinkendes Strassenbahnsymbol (siehe *Abb.12*) verwendet. Bei reiner ÖV-Bevorzugung werden 2- oder 3-Kammer-Signalgeber mit roten, gelben (jeweils leuchtende Fussgänger- oder Velosymbole) und abgeschalteten Signalen (Dunkel) eingesetzt.

Mehrere hintereinander in Reihe eingesetzte Signalgeber (Fussgängerfolgequerungen, siehe *Abb.15*, oben links) bergen das Risiko, dass Signale verwechselt werden. Zu vermeiden ist insbesondere die Situation, dass über die Fahrstreifen des MIV grün angezeigt wird und über die Strassenbahngleise rot. Bei der Glattalbahn wurde eine Fussgängerfolgequerung nach einem schweren Unfall verriegelt (kein Grün für die

Fussgänger über die MIV-Fahrbahn bei gleichzeitigem Rot über die nachfolgende Querung des Strassenbahntrassees; siehe Abb.15, oben rechts). Die Strasse kann somit von Fussgängern nicht überquert werden, solange die Strassenbahnquerung auf Rot geschaltet ist.

Da die oben genannte Fussgängerquerung in einen Veloweg mündet, wurden zusätzlich zur Verriegelung von Fussgängerfolgequerungen Abschränkungen (siehe Abb.15 unten) zur Einengung des Übergangs (mit dem Hinweis: keine Radwegquerung) installiert. Durch die Verengung soll den Radfahrenden deutlich gemacht werden, dass es sich nicht um eine Radwegquerung handelt.



Abb.15 Verriegelung Fussgängerfolgequerung (oben), Abschränkungen zur Einengung des Übergangs (unten). Übergang beim T-Knoten West-/Hertistrasse (Wallisellen, Verkehrsbetriebe Glattal, 685'917 252'396). [Bilder: © tribus verkehrsplanung ag]

In Zürich und Bern weisen Fussgängerquerungen über Strassenbahn-/Bahngleise neben allfälligen Randstreifen (Leitlinien) keine speziellen Markierungen auf. Handelt es sich allerdings um einen Mischverkehrsstreifen mit Strassenbahn und MIV der überquert wird, dann wird der Vortritt der Fussgänger vor dem MIV mit gelben Querstreifen verdeutlicht. Die Strassenbahn hat jedoch wiederum Vortritt vor den Fussgängern. Werden die Gleise nur von Strassenbahnen und Bussen des öffentlichen Verkehrs befahren, gibt es unterschiedliche Markierungsstrategien.

Fallbeispiel Fussgängerstreifenkonzept in Bern (innerhalb der Umfrage durch Bernmobil genannt, Knoten mit Anpassungs- und Wartungsbedarf, Abschnitt 4.3):

- Fussgängerquerungen über Strassenbahngleise sollten nicht mit gelben Querstreifen markiert werden, die einen falschen Vortritt vortäuschen. Ausnahme sind Situationen mit Strassenbahn im Mischverkehr, mit von Strassenbahnen befahrenen Busstreifen oder mit offenen Strassenbahnstreifen (die z.B. vom MIV zum Überholen genutzt werden können).
- Über Strassenbahngleise (wo bei Strassenbahnstreifen und Eigentrassees gemäss Konzept keine Querstreifen markiert werden) soll dennoch mit weissen Leitlinien die korrekte Fussgängerquerung angezeigt werden.

Etwa 15 Übergänge auf dem Berner Strassenbahn-Netz wurden so ummarkiert. Beispielhaft sei hier die Fussgängerquerung bei der Kreuzung Effinger-/Seilerstrasse genannt (siehe Abb.16), an der es 2011 einen schweren Unfall gab (vergleiche Abschnitt 4.3).

In Zürich wird der von Bus und Strassenbahn gemeinsam genutzte eigene Fahrstreifen durch einen gelben Schriftzug "BUS" gekennzeichnet (siehe Abb.38, unten).

Unter Regie des ASTRA wurde in Basel-Stadt und in Zürich ein Forschungsversuch durchgeführt [32]. An ausgewählten Fussgängerquerungen wurde zur Verdeutlichung des Strassenbahnvortritts über gelben Querstreifen das Symbol 1.18 (Strassenbahn) markiert (siehe Abb.17 und Abb. 42). Die Markierung des Warnsignals Strassenbahn erfolgte sowohl bei eigenem Fahrstreifen der Strassenbahn als auch bei Strassenbahn im Mischverkehr, bzw. gemeinsamen Strassenbahn- und Busfahrstreifen.

Bei der Glattbahn wurden zwischenzeitlich nach mehreren Unfällen testweise Warnsignal Strassenbahn (1.18, siehe Abb.18) zusammen mit der Einfärbung des Strassenbahntrassees in gelbgrüner Farbe (RAL 6018, siehe auch Abb.32) auf dem Boden im Bereich der Fussgängerquerung markiert. In Zukunft werden diese Knoten aufgrund weiterer Unfälle durch Schranken abgesichert (vergleiche Abschnitt 5.4.1).

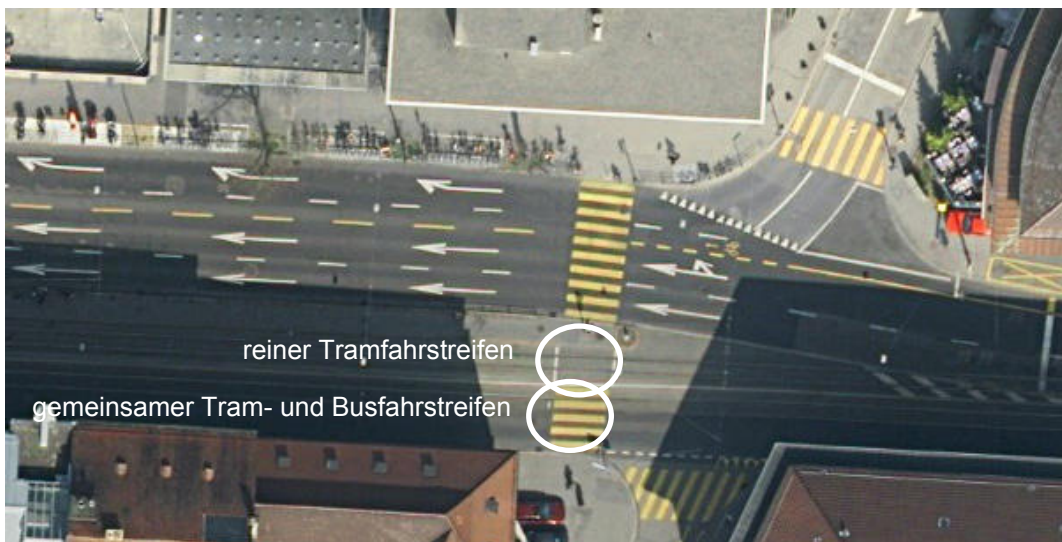


Abb. 16 Ummarkierter Übergang bei der Kreuzung Effinger-/Seilerstrasse. Die gelben Querstreifen wurden im Bereich des reinen Strassenbahnfahrstreifens entfernt und durch seitliche Leitlinien ersetzt (Bern, Bernmobil, 599'704 199'417) [Bild: Stadtplan, Stadt Bern]



Abb.17 Warnsignal Strassenbahn (1.18) an Fussgängerquerungen über die gelben Querstreifen markiert. Basel, Basler Verkehrsbetriebe



Abb.18 Warnsignal Strassenbahn (1.18) teilweise auf dem Boden im Bereich der Fussgängerquerung zusammen mit der Einfärbung des Strassenbahntrassees in gelbgrüner Farbe markiert. Knoten Flughafen- /Riethofstrasse (Opfikon, Verkehrsbetriebe Glattal, 684'914 254'857). [Bild: Juli 2013 Verkehrsbetriebe Glattal]

5.2.4 Gegenmassnahmen zu Unfällen in Europa

Deutschland, Stuttgart: Warnung der Fussgänger vor der Stadtbahn mit gelben Wechselblinkern mit Strassenbahnsymbol an Z-Übergängen mit Umlaufsperr (siehe *Abb.19*), in der Regel an Haltestellen. In Stuttgart sind annähernd alle Fussgängerübergänge über Strassenbahngleise mit diesen "Springlichtern" ausgerüstet. Dabei handelt es sich um 2-Kammer-Signalgeber (Gelb-gelb mit Strassenbahn-Symbol), die abwechselnd mit einer Frequenz von 1Hz blinken. Die Ansteuerung der Springlichter erfolgt verkehrabhängig. Die Vorblickzeiten werden exakt berechnet, sodass immer die gleiche Vorblickzeit bis zum Eintreffen der Stadtbahn am Übergang eingehalten wird.

Baulich sind die Fussgängerübergänge als sogenannte Z-Übergänge ausgeführt. Die Z-Übergänge haben vergleichsweise die Funktion einer Umlaufsperr, d.h., die Blickrichtung der Fussgänger wird - soweit möglich - in Richtung des sich nähernden Schienenfahrzeugs gelenkt. Im Beispiel gilt dies für die Fussgänger, die vom Fahrbahnrand in Richtung Haltestelle resp. Z-Übergang laufen. Die Fussgänger, die von der Haltestelle in Richtung Z-Übergang laufen, haben die sich nähernde Strassenbahn von der Haltestelle im Rücken. Dies ist vertretbar, da zum einen der Blick in Richtung der Strassenbahn von freier Strecke kommend gerichtet wird, zum anderen die Strassenbahn aus der Haltestelle eine geringere Geschwindigkeit aufweist. Die Z-Übergänge sind in der Regel mit Sehbehindertenausrüstung (Vibra) ausgestattet. Zudem ist die Freigabe der Springlichter (Zustand Dunkel) über die Signalsicherung mit der Freigabe für die Strassenbahn verriegelt, sodass sichergestellt ist, dass der Zustand Freigabe Strassenbahn und Freigabe Z-Übergang (Dunkel) nicht auftreten kann und vom Steuergerät (Signalsicherung) überwacht wird.

Der Vorrang der Strassenbahn wird dem Fussgänger zusätzlich durch ein statisches Signal verdeutlicht. Für die Z-Übergänge existieren Regelzeichnungen.



Abb.19 Springlichter an Z-Übergang (Deutschland, Bad Cannstatt, bei Haltestelle Friedrich-List-Heim)

5.3 Beispiele MIV

5.3.1 Bahnknoten

Kreuzung Muhenstrasse in Oberentfelden

Die Kreuzung Muhenstrasse ("Bahnübergang Industrie", siehe Abb.20) wurde in der Umfrage (siehe Abschnitt 4.2) als sicherer, kosteneffizienter Knoten genannt. Sie ist aus Sicht Wynental- und Suhrentalbahn (WSB) besonders positiv in Bezug auf die Räumung des Bahnübergangs mittels Raumüberwachung und in Bezug auf die Signalisierung durch 2-Kammer-Signalgeber. Innerhalb einer Harmonisierung sollten aus Sicht WSB alle Bahnübergangssteuerungen mit LSA und Schrankenanlagen (statt Blinklicht und Schranke) ausgestattet werden (vergleiche Abschnitt 4.1). Dabei könne sowohl für den Langsamverkehr wie auch für den MIV eine einheitliche Signalisierung erreicht werden. Die Kreuzung selber könne in Bezug zum Strassenverkehr mit der Signalisierung noch besser gestaltet werden.

Sowohl auf der Strasse als auch auf dem Eigentrassee der Bahn in Seitenlage wird mit hohen Geschwindigkeiten gefahren. Aufgrund der Voll-Schrankenanlage mit Raumüberwachung werden trotz den hohen Bahn-/MIV-seitigen Geschwindigkeiten Unfälle erfolgreich verhindert (vergleiche Unfallorte in Abb.20). Die meisten Unfälle passieren beim Queren der Muhenstrasse.



Abb.20 Kreuzung, Muhenstrasse ("Bahnübergang Industrie", Oberentfelden, Wynental- und Suhrentalbahn, 646'158 244'445). Legende zu den Unfallorten siehe Abb.5, [Datenquelle: "Bundesamt für Strassen ASTRA, Strassenverkehrsunfall-Statistik", Bild oben: Google, © 2014 DigitalGlobe, Kanton Solothurn, unten 2014]

Merkmale:

- Bahn auf Eigentrassee in Seitenlage.
- Bahnbevorzugung durch LSA (MIV-Knoten Vorfahrtsgeregelt).
- Bahnübergang mit Voll-Schrankenanlage und Raumüberwachung.
- Geschwindigkeiten Bahn/MIV: hoch/hoch.
- LSA-Signalgeber: 2-Kammer (Rot-Gelb, Grundstellung Dunkel).

Die Steuerung ist eine Bahnübergangssteuerung mit Schranken und 2-Kammer-Signalgeber Rot-Gelb für die Sperrung der bahnfeindlichen Fahrstreifen sowie für die Sperrung aller Fahrstreifen bei erforderlicher Räumung des Bahnübergangs (Raumüberwachung).

Knoten Papiermühle in Ittigen

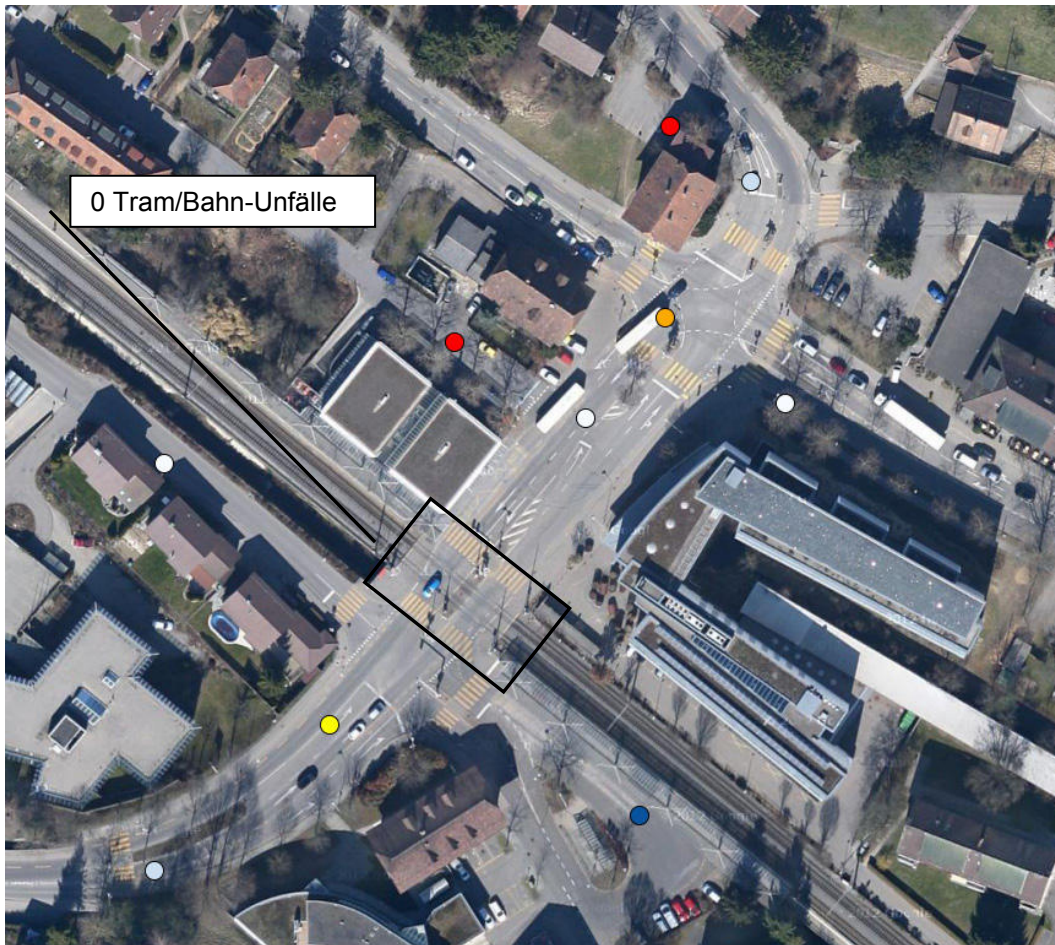


Abb.21 Knoten Papiermühle (Ittigen, Regionalbahn Bern Solothurn, 602'888 202'576).
Legende zu den Unfallorten siehe Abb.5 [Datenquelle: "Bundesamt für Strassen ASTRA, Strassenverkehrsunfall-Statistik", Bilder Google © 2014, oben: DigitalGlobe, Geozen, unten: Juni 2009, Google Street View]

Der Knoten Papiermühle (siehe Abb.21) wurde in der Umfrage (siehe Abschnitt 4.2) als sicherer, kosteneffizienter Knoten genannt. Auf der Strasse wird mit hohen Geschwindigkeiten gefahren (zulässige Höchstgeschwindigkeit 50 km/h). Die Bahn hat in beiden Richtungen hinter dem Bahnübergang eine Haltestelle und fährt daher im mittleren Geschwindigkeitsbereich. Aufgrund der Voll-Schrankenanlage mit Raumüberwachung werden trotz den hohen Geschwindigkeiten Unfälle erfolgreich verhindert

(vergleiche Unfallorte in Abb.21). Bei der Leistungsfähigkeit stellt die Schranke eine spürbare Einschränkung für den MIV dar. Sie verursacht zu den Spitzenstunden Rückstau, insbesondere wenn zwei Züge zeitversetzt den Knoten überqueren und sich die Schranke zwischendurch nicht öffnet (Tiefhalten). Die geschlossenen Schranken verhindern dann teilweise, dass Fahrgäste, die ein- oder umsteigen wollen, ihren Zug noch rechtzeitig erreichen.

Merkmale:

- Bahn auf Eigentrassee in Seitenlage (bezüglich Nebenstrasse).
- Bahnbevorzugung und Knotensteuerung durch LSA.
- Bahnübergang mit Voll-Schrankenanlage.
- Geschwindigkeiten Bahn/MIV: mittel/hoch.
- Haltestelle in beiden Fahrtrichtungen jeweils nach der Kreuzung.
- LSA-Signalgeber: 3-Kammer (Rot-Gelb-Grün).

Die Steuerung des Knotens besteht aus einer Lichtsignal- und einer Bahnübergangsteuerung mit Schranken. Zwischen beiden Steuerungen gibt es eine Schnittstelle, die unter anderem die Sperrung der bahnfeindlichen Fahrstreifen sicherstellt. Die Bahn hat oberste Priorität.

5.3.2 Knoten mit schnellen Strassenbahngeschwindigkeiten

Kreuzung St. Jakob-/Margelackerstrasse (Rennbahnkreuzung) in Muttenz

Die Kreuzung St. Jakob-/Margelackerstrasse (siehe Abb.22) („Rennbahnkreuzung“) ist ein Knoten mit Unfallhäufungen bei LSA in Betrieb (siehe Abschnitt 3.2). Sowohl auf der Strasse als auch auf dem Eigentrassee der Bahn in Seitenlage wird mit hohen Geschwindigkeiten gefahren (zulässige Höchstgeschwindigkeit 50 km/h). Der abgesetzte Fussgängerübergang über die Strassenbahngleise ist mit Disziplinierungsschranken abgesichert. Regelmässig kam es zu Unfällen (1.2 Unfälle pro Jahr, vergleiche Unfallorte in Abb.22). Ursachen waren ein Übersehen/Missachten des Rotlichts und ein Übersehen der Strassenbahn. Es kann zu Verwechslungen beim Lesen der Signalgeber kommen, wenn die strassenbahnfeindlichen Fahrstreifen Rot haben, für andere Fahrstreifen aber mit Grün freie Fahrt signalisiert wird. Des Weiteren kam es zweifach zum Überqueren der Gleise, obwohl zuvor ein anderer Fahrstreifen gewählt wurde (nachträglicher Fahrstreifenwechsel). Sobald die Signalbrücke durchfahren wurde, gibt es keinen Hinweis mehr auf die nahende Strassenbahn.

Aufgrund der auf MIV-Seite an dieser Kreuzung geforderten hohen Leistungsfähigkeiten stellt sich die Frage, ob es eine leistungsfähigere Lösung als die Schranke zur zukünftigen Verhinderung weiterer Unfälle gibt.

Hinweis: Ende 2014 wurde die Kreuzung saniert. In diesem Zusammenhang wurde die Spurführung in der Margelackerstrasse und in der Birsfelderstrasse und daraus resultierend der Phasenablauf angepasst. Die Anpassung erfolgte auf Grund Optimierungen hinsichtlich Verkehrsbelastung und Leistungsfähigkeit.

Merkmale:

- Strassenbahn auf Eigentrassee in Seitenlage.
- ÖV-Bevorzugung (Strassenbahn, Bus) und Knotensteuerung durch LSA.
- Geschwindigkeiten Strassenbahn/MIV: hoch/hoch.
- LSA-Signalgeber: 3-Kammer (Rot-Gelb-Grün).
- Fussgänger-Streifen über die Gleise geregelt mit Disziplinierungsschranken (inkl. Umlaufsperrung und Signalgeber Rot-Gelb).

Die Lichtsignalsteuerung ist voll verkehrabhängig. Die Absicherung der Strassenbahn ist in die Lichtsignalsteuerung integriert (keine eigene Bahnübergangssteuerung).

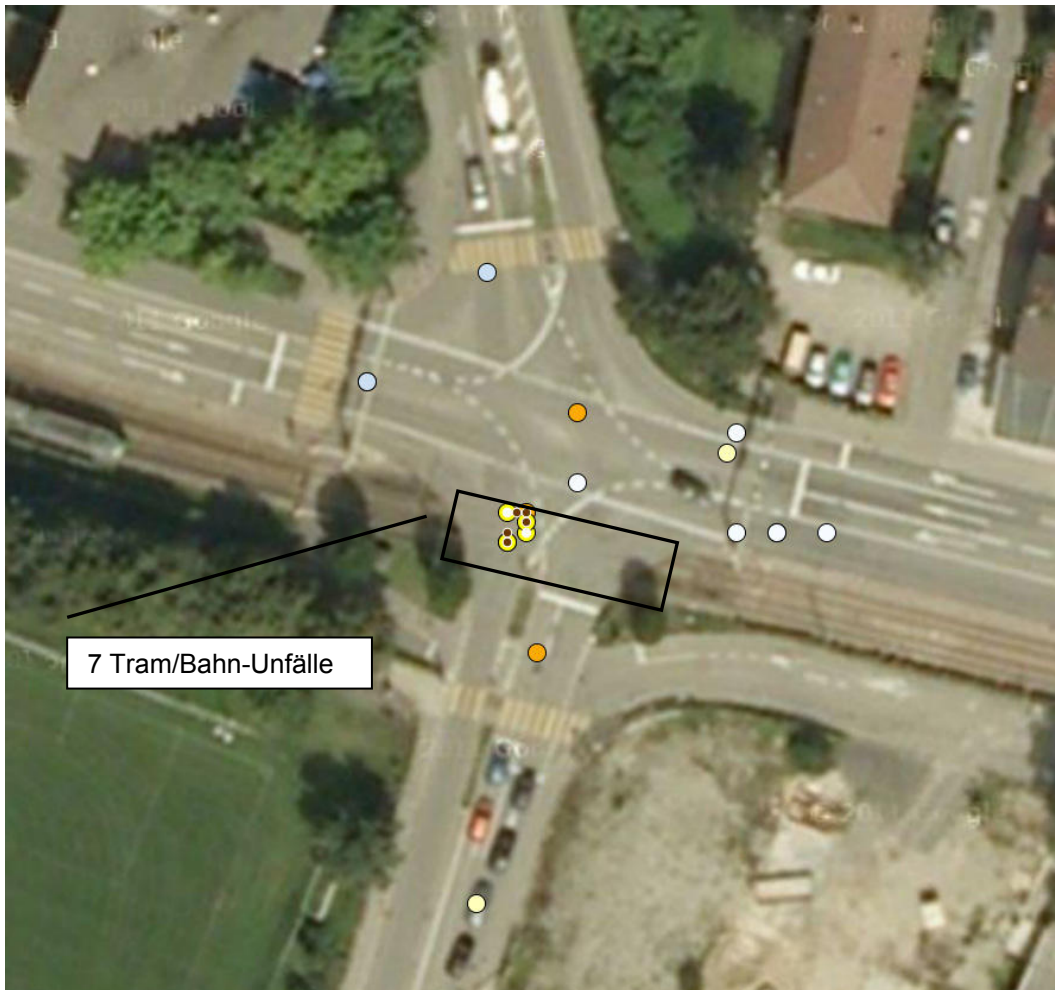


Abb.22 Kreuzung St. Jakob-/Margelackerstrasse (Muttensz, Basler Verkehrsbetriebe, 614'721 264'571). Legende zu den Unfallorten siehe Abb.5, [Datenquelle: "Bundesamt für Strassen ASTRA, Strassenverkehrs-unfall-Statistik", Bilder Google © 2014, unten: Juni 2009, Google Street View]

Kreuzung Badener-/Zypressenstrasse in Zürich

Die Kreuzung Badener-/Zypressenstrasse (siehe Abb.23) ist ein Knoten mit Unfallhäufungen bei LSA in Betrieb (siehe Abschnitt 3.2). Sowohl auf der Strasse als auch auf dem Eigentrassee der Strassenbahn in Mittellage wird mit hohen Geschwindigkeiten gefahren (zulässige Höchstgeschwindigkeit 50 km/h). Es kam regelmässig zu Unfällen (0.8 Unfälle pro Jahr, vergleiche Unfallorte in Abb.23). Ursachen waren ein Übersehen/Missachten des Rotlichts und anschliessend ein Übersehen der Strassenbahn. Es kann zu Verwechslungen beim Lesen der Signalgeber kommen, wenn der strassenbahnfeindliche Linksabbiegestreifen Rot hat, für den Geradeaus- und Rechtsabbiegestreifen aber mit Grün freie Fahrt signalisiert wird. Sobald die Signalbrücke durchfahren wird, gibt es keinen Hinweis mehr auf die nahende Strassenbahn. Der Linksabbieger sorgt auch für Unfälle MIV-MIV.

Hier stellt sich die Frage, ob die Linksabbiegebeziehung nicht aufgehoben werden bzw. über andere Knoten umgeleitet werden kann, sodass über die Strassenbahngleise nur noch ein Kreuzen und Einbiegen in die Badenerstrasse möglich ist (kein Abbiegen von der Badenerstrasse aus). Alternativ kann auch über eine klarere Signalisierung nachgedacht werden, allerdings ist der vorhandene Platz sehr beschränkt.

Merkmale:

- Strassenbahn auf Eigentrassee in Mittellage.
- ÖV-Bevorzugung (Strassenbahn) und Knotensteuerung durch LSA.
- Geschwindigkeiten Strassenbahn/MIV: hoch/hoch.
- LSA-Signalgeber: 3-Kammer (Rot-Gelb-Grün).
- Fussgänger-Streifen mit LSA (Rot-Gelb-Grün) geregelt.

Die Lichtsignalsteuerung ist voll verkehrsabhängig. Die Absicherung der Strassenbahn ist in die Lichtsignalsteuerung integriert (keine eigene Bahnübergangssteuerung).

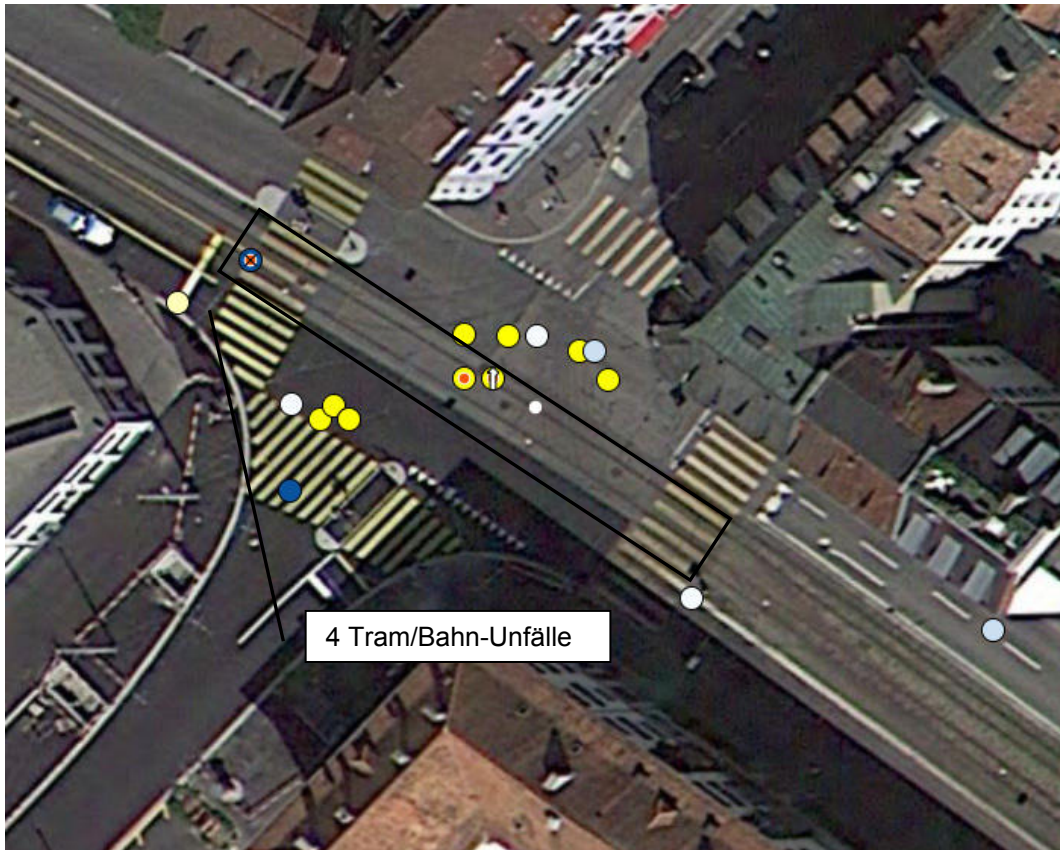


Abb.23 Kreuzung Badener-/Zypressenstrasse (Zürich, Verkehrsbetriebe Zürich, 681'114 247'937). Legende zu den Unfallorten siehe Abb.5, [Datenquelle: "Bundesamt für Strassen ASTRA, Strassenverkehrsunfall-Statistik", Bilder Google © 2014, unten: Mai 2009, Google Street View]

T-Knoten West-/Hertistrasse in Wallisellen

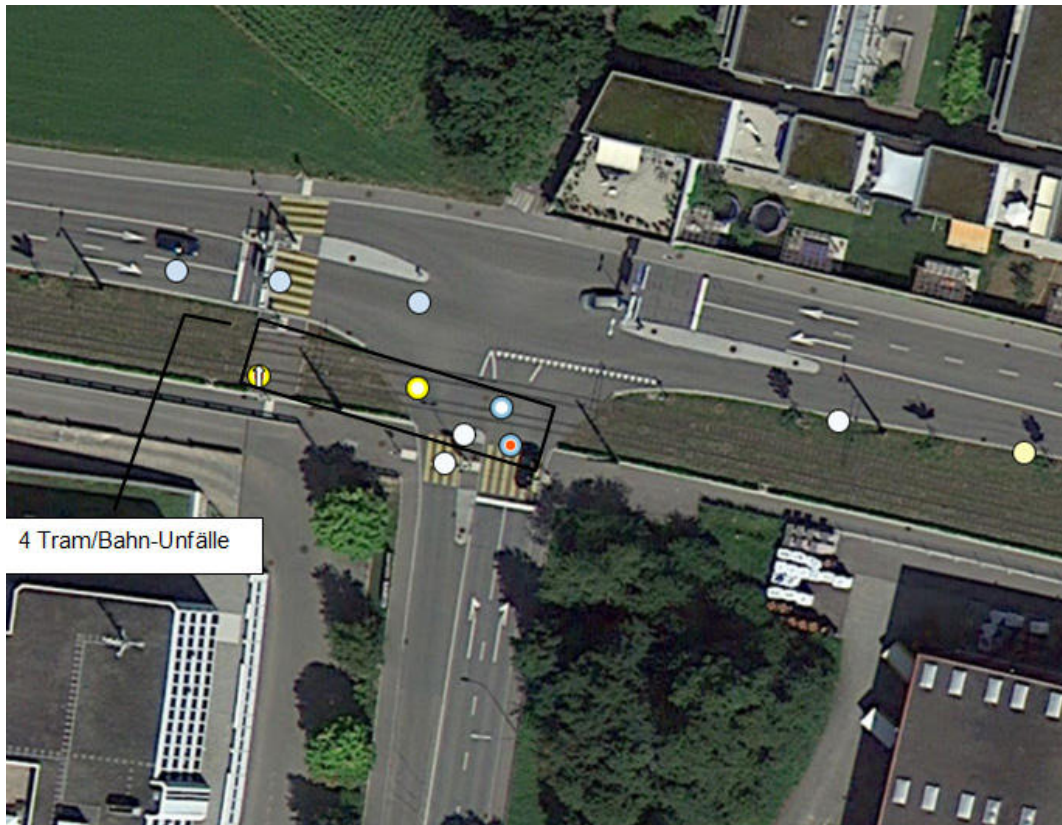


Abb.24 T-Knoten, West-/Hertistrasse (Wallisellen, Verkehrsbetriebe Glattal 685'917 252'396). Legende zu den Unfallorten siehe Abb.5 [Datenquelle: "Bundesamt für Strassen ASTRA, Strassenverkehrsunfall-Statistik", Bilder: © Google, 2014]

Die Kreuzung West-/Hertistrasse (siehe Abb.24, bzw. Abb.27 unten) ist ebenfalls ein Knoten mit Unfallhäufungen bei LSA in Betrieb (siehe Abschnitt 3.2). Sowohl auf der Strasse als auch auf dem Eigentrassee der Strassenbahn in Seitenlage wird mit hohen Geschwindigkeiten gefahren (zulässige Höchstgeschwindigkeit 50 km/h, Strassenbahn bis 60 km/h). In den zwei untersuchten Jahren 2011 und 2012 kam es zu vier Unfällen (2 Unfälle pro Jahr, vergleiche Unfallorte in Abb.24). Ein Unfall betrifft allerdings einen Velofahrer, der, vom Veloweg her kommend, die Fussgängerquerung fahrend überquerte. Die Unfallursachen waren ein Übersehen/Missachten des Rotlichts und anschliessend ein Übersehen der Strassenbahn. Sobald die Signalbrücke durchfahren wird, gibt es keinen Hinweis mehr auf die nahende Strassenbahn.

Merkmale:

- Strassenbahn auf Eigentrassee in Seitenlage.
- ÖV-Bevorzugung (Strassenbahn) und Knotensteuerung durch LSA.
- Geschwindigkeiten Strassenbahn/MIV: hoch/hoch.
- LSA-Signalgeber: 3-Kammer (Rot-Gelb-Grün).
- Fussgänger-Streifen mit LSA (Rot-Gelb-Grün) geregelt.

Die Lichtsignalsteuerung ist voll verkehrsabhängig. Die Absicherung der Strassenbahn ist in die Lichtsignalsteuerung integriert (keine eigene Bahnübergangssteuerung).

Vergleich der T-Knoten West-/Hertistrasse und Zürich-/Hochbordstrasse (in Wallisellen bzw. Dübendorf)

Ein Knoten, der in der Umfrage als sicherer, kosteneffizienter Knoten benannt wurde (siehe Abschnitt 4.2) ist der T-Knoten Zürich-/Hochbordstrasse (siehe Abb.25). Die Bushaltestelle im Knotenbereich wird von der Strassenbahn nicht bedient.

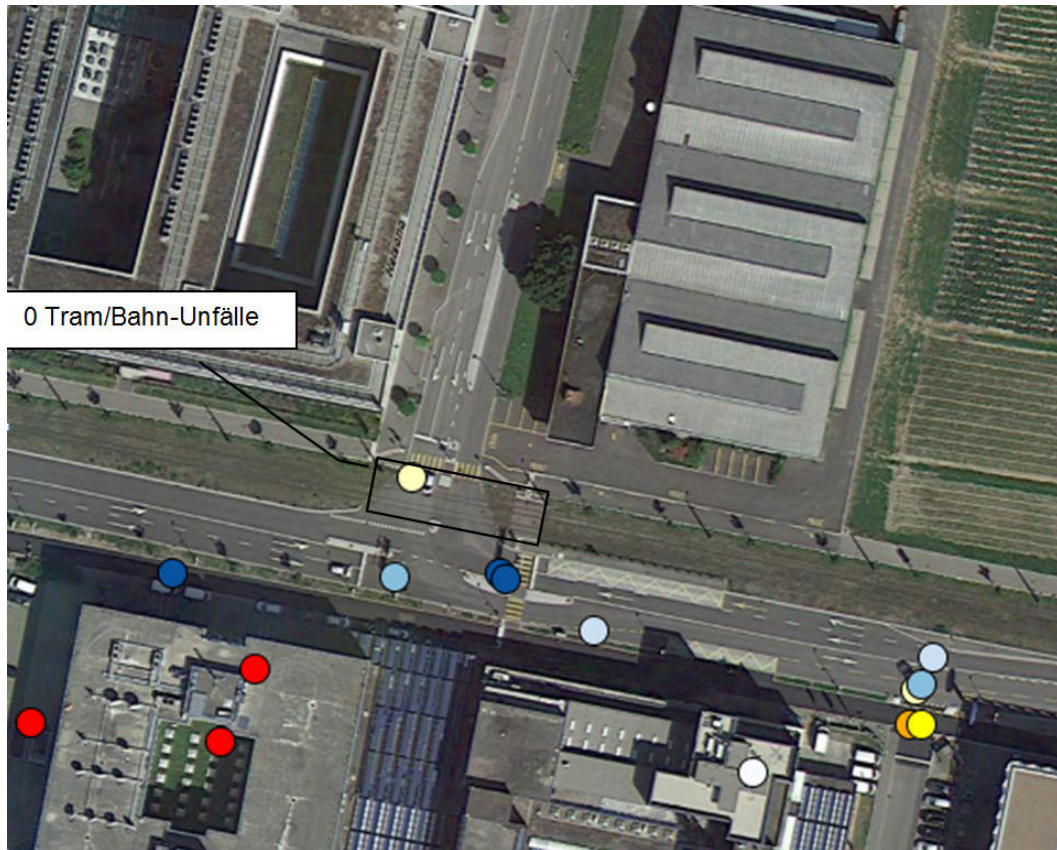


Abb.25 T-Knoten, Zürich-/Hochbordstrasse (Dübendorf, Verkehrsbetriebe Glattal 687'631 250'133). Legende zu den Unfallorten siehe Abb.5 [Datenquelle: "Bundesamt für Strassen ASTRA, Strassenverkehrsunfall-Statistik", Bild: © Google, 2014]

Merkmale:

- Strassenbahn auf Eigentrasse in Seitenlage.
- ÖV-Bevorzugung (Strassenbahn) und Knotensteuerung durch LSA.
- Geschwindigkeiten Strassenbahn/MIV: hoch/hoch.
- LSA-Signalgeber: 3-Kammer (Rot-Gelb-Grün).
- Fussgänger-Streifen mit LSA (Rot-Gelb-Grün) geregelt.

Die Lichtsignalsteuerung ist voll verkehrsabhängig. Die Absicherung der Strassenbahn ist in die Lichtsignalsteuerung integriert (keine eigene Bahnübergangssteuerung).

Laut Umfrage (siehe Abschnitt 4.2) wies der Knoten seit Inbetriebnahme der Glattalbahn keine Unfälle Strasse/ Schiene auf [im Juli 2014 gab es dort dann doch einen Unfall]. Von den 24 Knoten entlang der Glattalbahn hatten 11 andere auch keine offiziell registrierten Unfälle. Die Übersichtlichkeit der Signalisation ist gut.



Abb.26 Knotenvergleich Verkehrsbetriebe Glattal I: Dübendorf, Zürich-/Hochbordstrasse (687'631 250'133) und Wallisellen, West-/Hertistrasse (685'917 252'396) [Bilder: © 2014, DigitalGlobe, GeoContent, Kartendaten: © Google]



Dübendorf, Zürich-/Hochbordstrasse



Zürichstrasse → Zürich

Foto vom: 10.03.2011

Wallisellen, West-/Hertistrasse,



Fotomontage

Abb.27 Knotenvergleich Verkehrsbetriebe Glattal II: Dübendorf, Zürich-/Hochbordstrasse(687'631 250'133) und Wallisellen, West-/Hertistrasse (685'917 252'396) [Bilder: links, 2011 Kantonales Zürcher Tiefbauamt, rechts Fotomontage mit dem neuen, bei Strassenbahnannäherung leuchtenden LED-Schriftzug "Bahn" (rotes Oval): © tribus Verkehrsplanungs AG]

Schaut man sich den Knoten näher an, fallen jedoch viele Ähnlichkeiten mit dem Knoten West-/Hertistrasse auf (vergleiche Abb.24, Abb.25, Abb.26 und Abb.27), bei dem eine Häufung von Unfällen vorliegt:

- Hohe Geschwindigkeiten Strassenbahn (zwischen 50 und 60 km/h).
- Fahrstreifenaufteilung
- Haltebalken

- 3-Kammer-Signalgeber (siehe Abb.27)
- Fussgängerquerung
- Fehlende Warnsignale Strassenbahn (1.18) für die strassenbahnfeindlichen von der Hauptachse abbiegenden Verkehrsbeziehungen

Unterschiede:

- Die Weststrasse liegt zwischen zwei Autobahnanschlüssen.
- Die Weststrasse nähert sich aufgrund der Kurve der Strassenbahn schleichend an.
- Die Baumreihe beim Knoten West-/Hertistrasse befindet sich zwischen Strassenbahngleisen und Strasse (nicht am Rand beider Lichtraumprofile, siehe Abb.26) und trennt beide optisch voneinander.
- Die Strassenbahn am Knoten West-/Hertistrasse aus Richtung Zürich kommend hat ein Vorsignal (solch ein Vorsignal darf in künftigen Strassenbahnprojekten bei Fahrt auf Sicht nicht mehr verwendet werden).

Die Lage des Knotens West-/Hertistrasse zwischen den Autobahnanschlüssen, die stärkere Trennwirkung zwischen Schiene und Strasse durch Bäume und Kurve und die etwas schnelleren Strassenbahngeschwindigkeiten aufgrund des Vorsignals machen den Unterschied und sorgen für deutlich mehr Unfälle (4 statt 0) innerhalb des betrachteten Zeitraums von 2 Jahren (2011 und 2012).

In der Umfrage (siehe 4.3) wurden (bezogen auf den Knoten Flughafen-/Riethofstrasse, siehe Abb.32) als mögliche Unfallursachen (Hypothesen/Vermutungen) genannt:

- Parallele Verkehrsführung von Bahn und Strasse bei Strassenbahntrasse in (wenig prominenter) Seitenlage.
- Die Strassenbahn ist leise und schnell [und kommt oft im toten Winkel von hinten].
- Autofahrer sind sich der Gefahr „nahende Strassenbahn“ zu wenig bewusst und missachten das Rotlicht [absichtlich].
- Autofahrer sind in verkehrsarmen Zeiten zu stark abgelenkt und konzentrieren sich zu wenig auf die Strasse (schwache Verkehrslast des MIV).

T-Knoten Waldmann-/Murtenstrasse in Bern

Der T-Knoten Waldmann-/Murtenstrasse (siehe Abb.28) wurde in der Umfrage als sicherer, kosteneffizienter Knoten benannt (siehe Abschnitt 4.2). Seit der Inbetriebnahme Ende 2010 bis 2012 traten keine Unfälle Strasse - Schiene auf.

Merkmale:

- Strassenbahn auf Eigentrassee in Seitenlage.
- Strassenbahnbevorzugung durch LSA (alle Fahrbeziehungen sind bei Rot gesperrt).
- Geschwindigkeiten Strassenbahn/MIV: hoch/mittel (Zone 30).
- LSA-Signalgeber: 2-Kammer (Rot-Gelb, Grundstellung Dunkel).
- Fussgänger-Streifen mit 2-Kammer-Signalgeber Rot-Gelb geregelt.

Diese Kreuzung ist eine sogenannte Strassenbahnsicherungsanlage (TSA). In der Grundstellung (ohne Strassenbahneingriff) ist der Knoten Dunkel. Bei Strassenbahnankunft werden die strassenbahnfeindlichen Fahrstreifen gesperrt und die Strassenbahn kann gesichert den Knoten befahren. Die Strassenbahn- An- und -Abmeldungen erfolgen via Meldepunkte. Als Notanmeldung sind Induktionsschleifen vorgesehen.



Abb.28 T-Knoten Waldmann-/Murtenstrasse (Bern, Bernmobil, 595'954 199'782). In Betrieb seit Ende 2010. [Kartendaten: © 2014 Google]

5.3.3 Mittlere Strassenbahn-/ Bahngeschwindigkeiten

Kreisel Werkhof-/Baselstrasse in Solothurn

Der Kreisel Werkhof-/Baselstrasse in Solothurn (siehe Abb.29) ist ein Knoten mit Unfallhäufungen bei LSA in Betrieb (siehe Abschnitt 3.2). Sowohl auf der Strasse als auch auf dem Eigentrassee der Bahn in Seiten- und Mittellage wird aufgrund Haltestelle und Kurve mit mittleren Geschwindigkeiten gefahren (ca. 30 km/h). In den Jahren 2008 bis 2012 kam es zu sieben Unfällen (1.4 Unfälle pro Jahr). Ursachen: Übersehen/ Missachten des Rotlichts, Übersehen der Strassenbahn. In einem Fall wird das Rotlicht explizit aufgrund Sonnenlichts von vorne nicht gesehen. Ein Missachten des Rotlichts wird vom Triebwagenführer teils spät erkannt. Der Triebwagen kann in Folge der eingleisigen Strecke aus beiden Richtungen kommen. Aufgrund der mittleren Geschwindigkeiten gab es bei allen 7 Unfällen keine Verletzten. Der zweistreifige Kreisverkehr weist neben den Strasse - Schiene-Unfällen viele Unfälle bei Fahrstreifenwechsel auf.

Merkmale:

- Bahn auf Eigentrassee in Seiten- und Mittellage.
- Strassenbahnbevorzugung durch LSA.
- Geschwindigkeiten Bahn/ MIV: mittel/ mittel.
- LSA-Signalgeber: 3-Kammer (Rot-Gelb-Gelb, Grundstellung gelb-blinkend in der unteren Kammer).

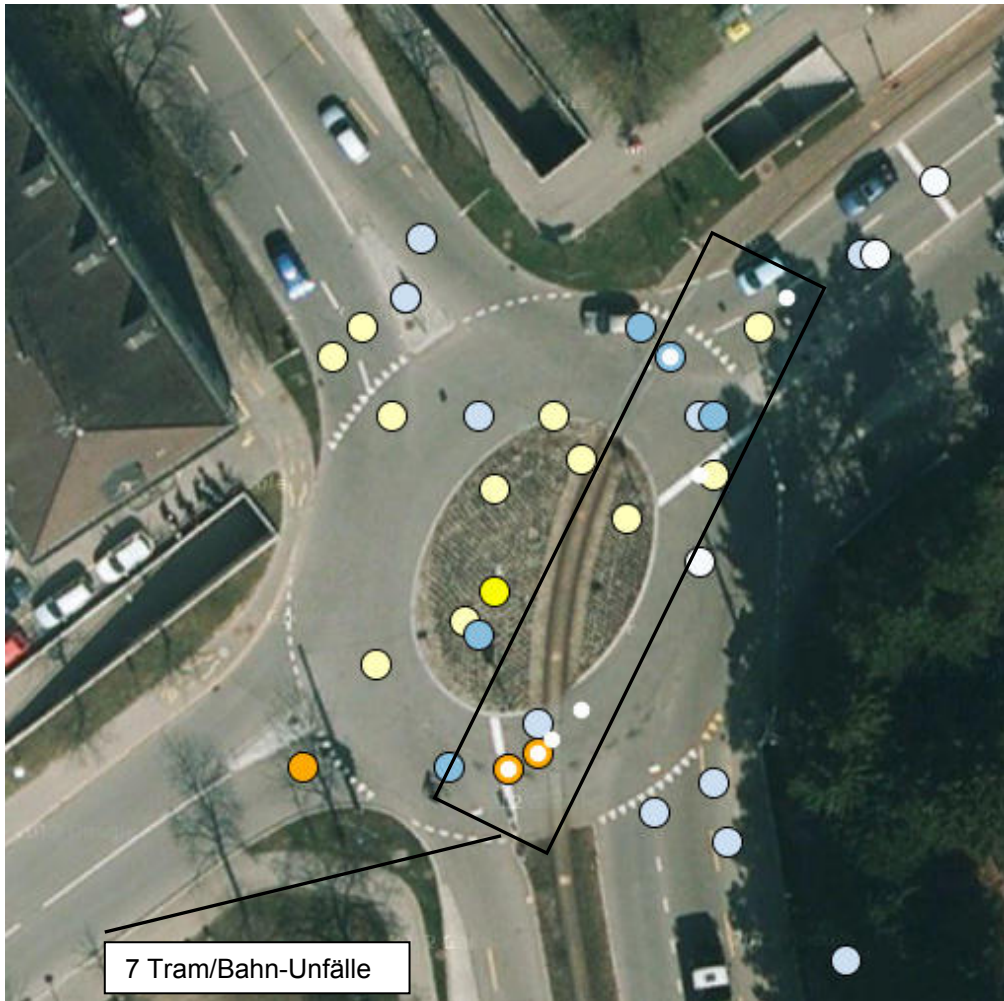


Abb.29 Kreisel Werkhof-/Baselstrasse (Solothurn, Aare Seeland mobil, 607'784 228'739).
Legende zu den Unfallorten siehe Abb.5 [Datenquelle: "Bundesamt für Strassen ASTRA, Strassenverkehrsunfall-Statistik", Bilder: oben © 2014 Kanton Solothurn, Kartendaten: © Google, unten: © Google, Juni 2009, Google Street View]

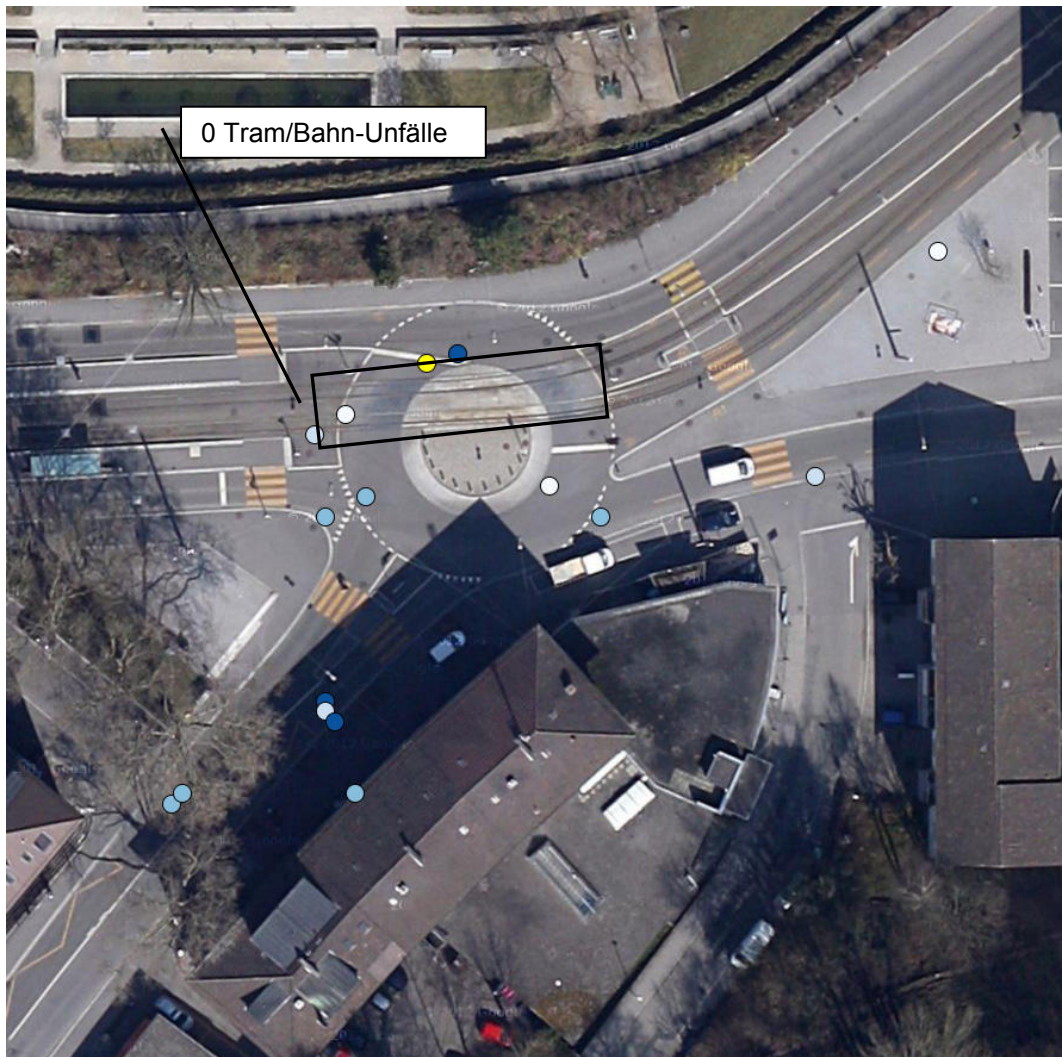


Abb.30 Kreisverkehr Loryplatz (Bern, Bernmobil, 598'711 199'279). In Betrieb seit Ende 2010. Legende zu den Unfallorten siehe Abb.5 [Datenquelle: "Bundesamt für Strassen ASTRA, Strassenverkehrsunfall-Statistik", Kartendaten: © Google]

Kreisverkehr Loryplatz in Bern

Der Kreisverkehr Loryplatz (siehe Abb.30) wurde in der Umfrage als sicherer, kosteneffizienter Knoten benannt (siehe Abschnitt 4.2). Seit der Inbetriebnahme Ende 2010 bis 2012 traten keine Unfälle Strasse - Schiene auf.

Merkmale:

- Strassenbahn auf Eigentrasse in Mittellage (ein Ast im Mischverkehr).
- Strassenbahnsicherung durch LSA.
- Geschwindigkeiten Bahn/ MIV: mittel/ mittel.
- LSA-Signalgeber: 2-Kammer (Rot-Gelb, Grundstellung Dunkel).
- Fussgänger-Streifen ungeregelt.

Wechselsignal und Warnlicht bei querender Strassenbahn in Zürich

Am Escher-Wyss-Platz (siehe Abb.31) wurde eine neuartige Kombination (vergleiche Abschnitt 4.5) von einem Warnlicht und einem Wechselsignal 1.18 (Warnung vor Strassenbahn) in fünffacher Ausführung installiert. Im Knotenbereich wird aufgrund

Haltestelle und Kurven im mittleren Geschwindigkeitsbereich gefahren. Teilweise kommt es jedoch zu Rückstau, sodass Fahrzeuge des MIV die Gleise der Strassenbahn blockieren. Die Wechselsignale sollen solche Gleisblockaden reduzieren. Eine Erfolgskontrolle auf Grundlage von Beobachtungen des Verkehrsablaufs und aus Gesprächen mit Strassenbahnchauffeuren ergab, dass alle Wechselsignale am Escher-Wyss-Platz Sinn machen (vergleiche [24]). "Sie helfen sowohl den Strassenbahnchauffeuren wie auch den Fahrzeuglenkern, die im „ungeregelten“ Bereich des Escher-Wyss-Platzes stecken bleiben, damit sie sicher weiterfahren können" [24]. Diese Wirkung wird allerdings in Kombination mit der bestehenden LSA erzielt.

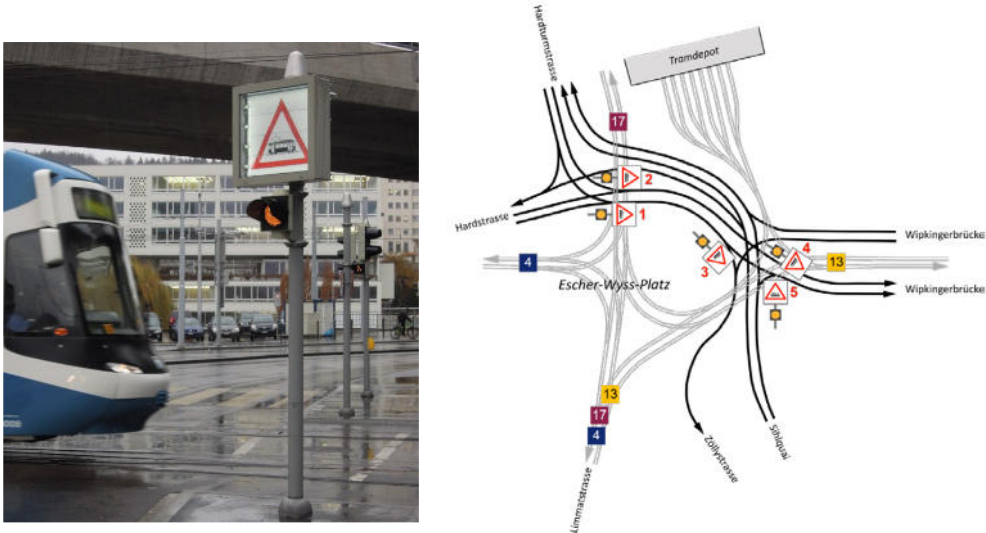


Abb.31 Wechselsignal und Warnlicht bei querender Strassenbahn, (Escher-Wyss-Platz, Zürich, Verkehrsbetriebe Zürich, 681'859 249'488, Bilder aus [24])

5.4 Massnahmen für sichere Knoten insbesondere bei schnellen Strassenbahngeschwindigkeiten

5.4.1 Gegenmassnahmen zu Unfällen bei der Glattalbahn

An den Knoten mit Unfallhäufungen der Glattalbahn wurden bis Mitte 2013 folgende Gegenmassnahmen als Feldversuch umgesetzt:

- Warnsignal Strassenbahn (1.18, siehe Abb.32) auch für die strassenbahnfeindlichen von der Hauptachse abbiegenden Verkehrsbeziehungen.
- Gestrichelte Linie am Boden zur Markierung des Lichtraumprofils der Strassenbahn.
- Einfärbung des Strassenbahntrassees in gelbgrüner Farbe (RAL 6018, siehe Abb.27 und Abb.32).
- bei Strassenbahnannäherung leuchtender LED-Schriftzug "Bahn" über dem Rotlicht (siehe Abb.27 und Abb.32).
- Abweissignal und Mittelpfosten zwischen den Gleisen (gegen versehentliches Einfahren des MIV in das Eigentrassee, siehe Abb.34).

Die Auswertung der Massnahmen ist noch nicht abgeschlossen. Unerwünschte Nebeneffekte sind bislang nicht bekannt. Es haben sich aber auch mit diesen Massnahmen Unfälle ereignet, sodass Mitte 2014 beschlossen wurde, an fünf Knoten der Glattalbahn mit Unfallhäufungen Schranken zu installieren. Die Kosten werden pro Kreuzung auf 300'000.- bis 600'000.- CHF veranschlagt. Bis die Schranken in frühestens zwei Jahren installiert sind, werden die Strassenbahnen an den fünf Knoten mit maximal 36 km/h fahren, was zu Fahrzeitverlusten und allfälliger Instabilität des Fahrplans inkl. Anschlussbeziehungen führen kann.



Abb.32 Gegenmassnahmen zu den Unfällen bei der Glattalbahn am Knoten Flughafen-/ Riethofstrasse (Opfikon, Verkehrsbetriebe Glattal, 684'914 254'857). Die zunächst getroffenen Massnahmen sind durch rote Ovale gekennzeichnet. Mitte 2013 wurden weitere Massnahmen ergänzt; blaue Ovale [Bild: Juli 2013 Verkehrsbetriebe Glattal]



Abb.33 Einfärbung des Strassenbahntrassees in gelbgrüner Farbe (RAL 6018) T-Knoten West-/Hertistrasse (Wallisellen, Verkehrsbetriebe Glattal, 685'917 252'396) [Bild: © tribus verkehrsplanungs ag]

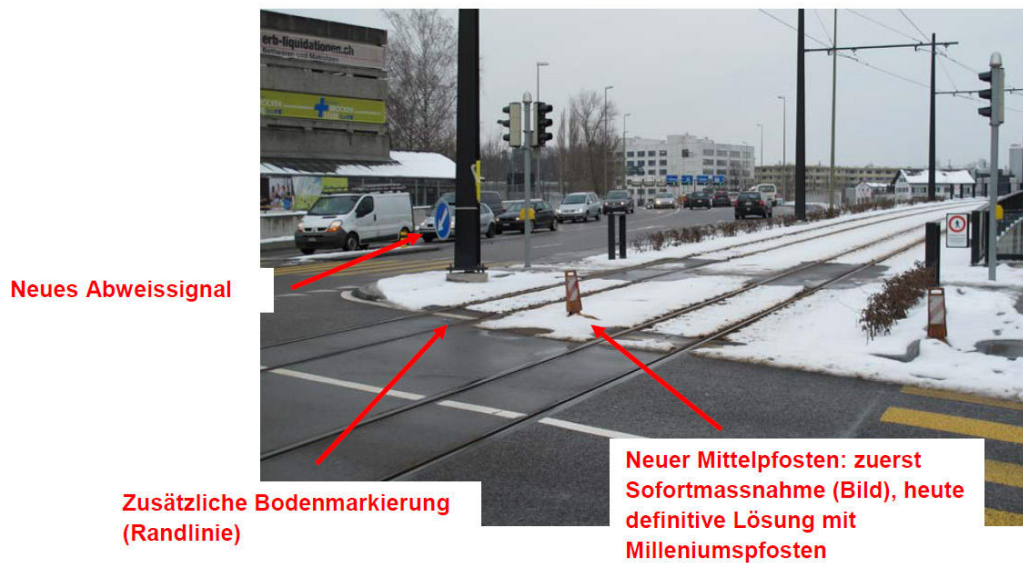


Abb.34 Zusätzliche Randlinie, zusätzliches Abweissignal und Mittelpfosten zwischen Gleisen (Kreuzung Ring-/ Neugutstrasse, Verkehrsbetriebe Glattal, Dübendorf, 688'121 250'631). [Bild: Verkehrsbetriebe Glattal]

5.4.2 Gegenmassnahmen zu Unfällen in Europa

Novales et al. [31] führen zwei Beispiele für vergleichsweise sichere Linksabbieger über Strassenbahngleise im Eigentrassee (Mittellage) auf:

- 5 m vorversetzte Haltelinie für die strassenbahnfeindliche Verkehrsbeziehung (Montpellier, siehe Abb.35).
- Durch Grünfläche erzeugter rechteckiger Übergang (Porto, siehe Abb.36).

Die vorversetzte Haltelinie bei Fahrstreifen über Strassenbahngleise hat zur Folge, dass vor dem entsprechenden Haltebalken nur noch die der Querung zugeordneten Signalgeber zu sehen sind. Zusätzlich „animieren“ auf benachbarten Fahrstreifen anfahrende Fahrzeuge andere Verkehrsteilnehmenden nicht gleichfalls zum Anfahren. Bei rechteckigen Kreuzen der Strassenbahngleise wird die Strassenbahn besser gesehen, als wenn sie von schräg hinten kommt.

Beide Massnahmen wurden an einem Knoten in Zürich für den Linksabbieger und U-Turn kombiniert (siehe Abb.37 und Abb.38). In den 5 Jahren 2008 – 2012 traten dort an dem LSA-geregelten Linksabbieger keine Unfälle mit der Strassenbahn auf. Die 11 Strassenbahnunfälle ereigneten sich dort alle an ungeregelten Verkehrsbeziehungen des Knotens.

Bei der Strassenbahn in Toulouse werden an mehreren Knoten zusätzlich zum 3-Kammer-Signalgeber (Rot-Gelb-Grün) rote Wechselblinker eingesetzt (siehe Abb.39). Einer der beiden Signalgeber befindet sich direkt auf Augenhöhe von Velofahrenden oder von Personenwagenlenkern. Da das Signal in Frankreich neu ist, wird teilweise mit Tafeln darauf hingewiesen, dass das rote Blinken zum Halten verpflichtet.



Abb.35 5 m vorversetzte Haltelinie für die strassenbahnfeindlich Verkehrsbeziehung (Montpellier, Lattes, Route de Carnon/ Avenue de l'Agau). [Bilder: © 2014 Google, Mai 2014, Google Street View] (Die Distanz zum Fussgängerstreifen ist sehr klein).

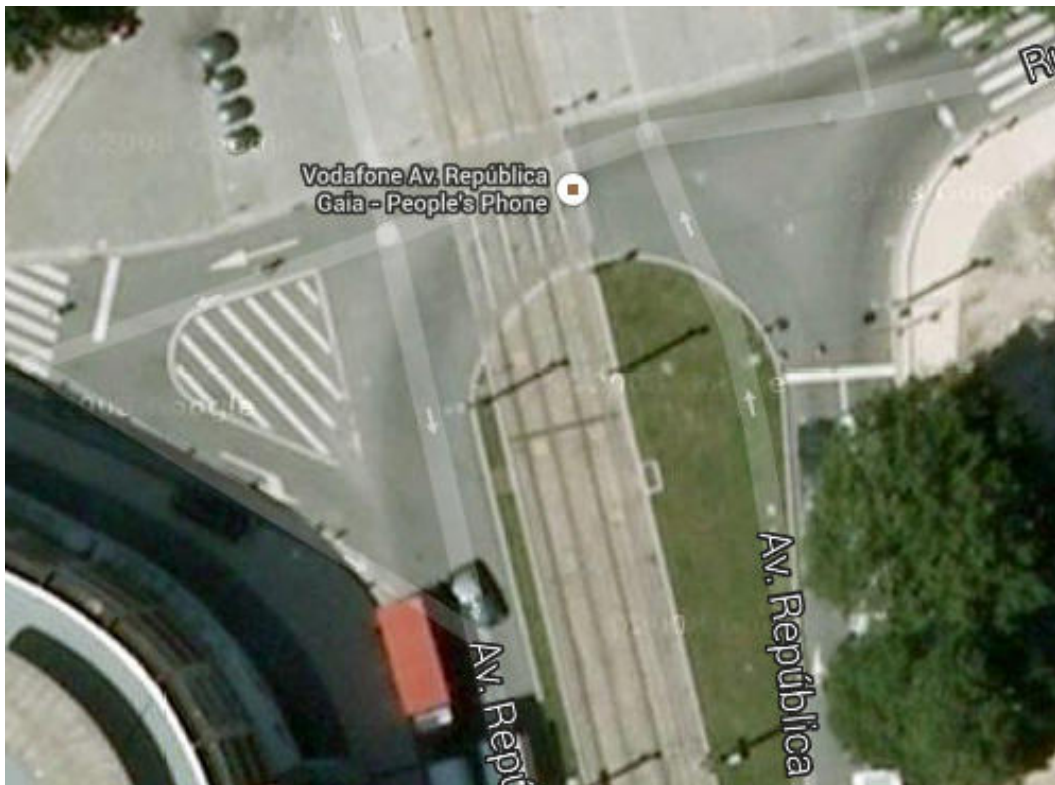


Abb.36 Durch Grünfläche erzeugter rechtwinkliger Übergang (Porto, Vila Nova de Gaia, Av. República/ R. Rodrigues de Freitas). [Kartendaten: © 2014 Google]

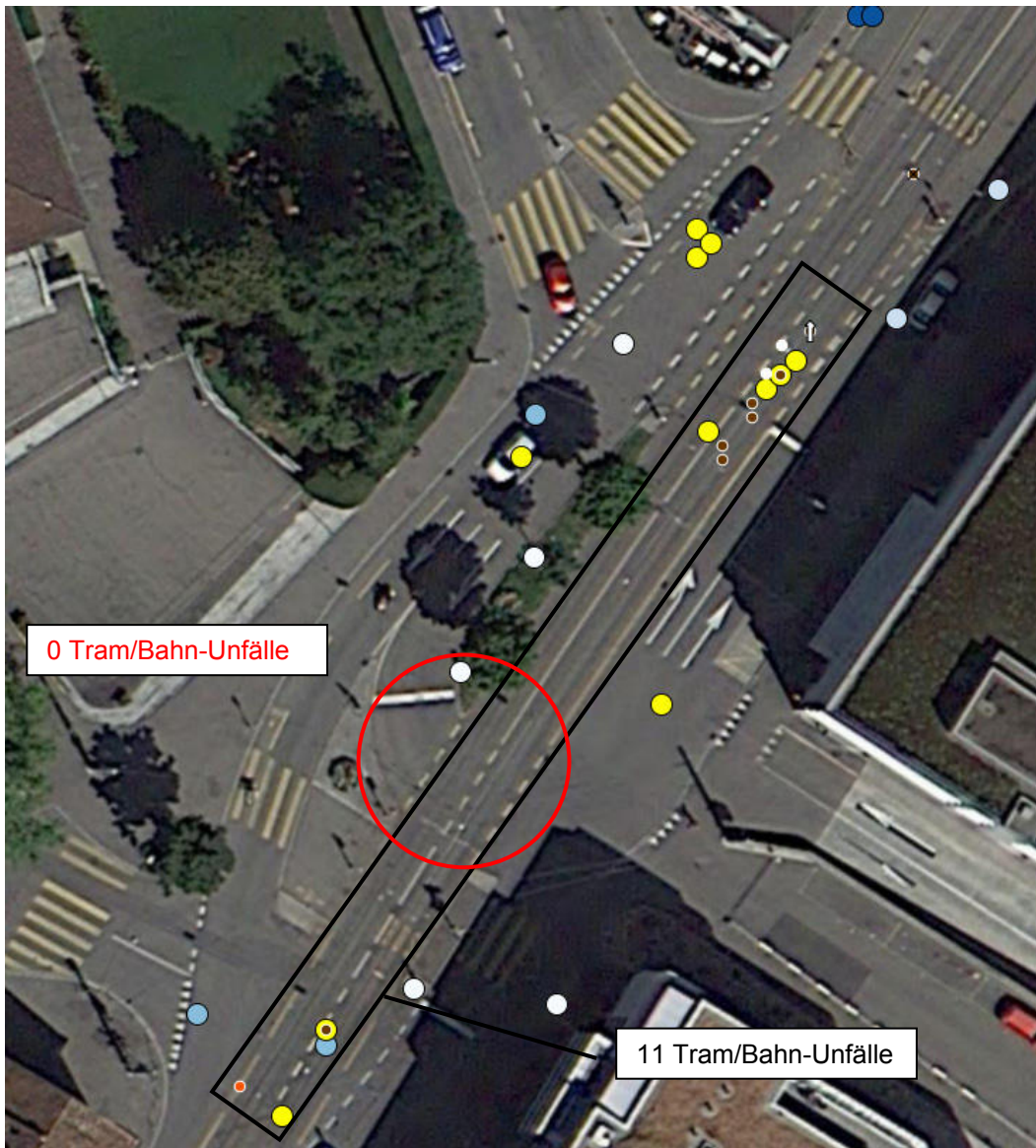


Abb.37 Separate Haltelinie bei Fahrt über Strassenbahngleise und durch Grünfläche erzeugter rechtwinkliger Übergang (rotes Oval, Zufahrt Migros-Parkhaus und 180°-Wende, Knoten Schaffhauser-/Seebacherstrasse, Zürich, Verkehrsbetriebe Zürich, 683'695 252'650) I. Legende zu den Unfallorten siehe Abb.5 [Datenquelle: "Bundesamt für Strassen ASTRA, Strassenverkehrsunfall-Statistik", Bild: © 2014 Google]



Abb.38 Separate Haltelinie bei Fahrt über Strassenbahngleise und durch Grünfläche erzeugter rechtwinkliger Übergang (Zufahrt Migros-Parkhaus und 180°-Wende, Knoten Schaffhauser-/Seebacherstrasse, Zürich, Verkehrsbetriebe Zürich, 683'695 252'650) II. [Bilder: © 2015 Google, März 2009, Google Street View]



Abb.39 Zusätzlicher roter Wechselblinker zum Rotlicht in Frankreich (R24 – Signal d'arrêt), rechts vor Gleisquerung (Toulouse, Allée Paul Feuga/ Boulevard du Maréchal). [Bilder: © 2014 Google, Juni 2014, Google Street View]

6 Knotentypisierung

6.1 Typisierung von Knoten Langsamverkehr - Strassenbahn

Anhand der in Abschnitt 5.2 beschriebenen Fallbeispiele zu den Knoten Langsamverkehr – Strassenbahn (Fahrt auf Sicht) wurde gezeigt, dass verschiedenen Risikosituationen mit unterschiedlichen Massnahmen begegnet wird. Dies ist insbesondere abhängig von den Geschwindigkeiten der Strassenbahn.

In Abb.40 werden die Fussgängerquerungen typisiert:

- Bei Fahrt im Mischverkehr werden in der Regel keine Schranken eingesetzt. Hier sind Schranken verzichtbar, da für die Verkehrsteilnehmenden der MIV aufgrund der grossen Anzahl Fahrzeuge sehr präsent ist. Abgesehen von ihrem Vortrittsrecht verhält sich die Strassenbahn im Mischverkehr ähnlich wie die übrigen Fahrzeuge. Die Fussgängerquerungen werden in der Regel mit einer Lichtsignalanlage (teilweise mit Akustik) oder bei geringerem Gefährdungspotential nur mit Markierung/Signalisation gesichert. Auf eine Umlaufsperrung wird je nach örtlichen Verhältnissen verzichtet.
- Bei hohen Geschwindigkeiten der Strassenbahn (mehr als 50 km/h) wird die Kreuzung Strasse - Schiene in der Regel mit Fahren nach Signal betrieben, was die Absicherung der Bahn mit Schranken erfordert. Ausschliessliche Absicherung mit LSA ist kaum anzutreffen.
- Bei kleineren bis mittleren Geschwindigkeiten wird die Kreuzung Strasse - Schiene (KSS) in der Regel mit Fahren auf Sicht betrieben. Die Strassenbahn hat einen deutlich kürzeren Bremsweg. Auf eine Absicherung mit Schranken wird häufig verzichtet. Ist die KSS in einen LSA-geregelten Knoten eingebunden, sind auch die Fussgängerquerungen über die Schiene durch eine LSA geregelt – auf Anmeldung mit taktilen Signalgebern (eventuell Akustik) für Sehbehinderte. Ist der Übergang unregelt, dient eine Umlaufsperrung zur Lenkung des Blickes des Fussgängers in die Richtung der Strassenbahn.

Fussgängerstreifen

	Geschwindigkeiten ÖV	Schranke	LSA/ Ton Vibration	Umlaufsperrung	Markierung/ Beschilderung
Mischverkehr	mittel bis hoch	-	✓	✓	✓
	hoch	✓	✗	✗	✗
ÖV im Eigentrassee	mittel	✓	✓	✓	✗
	klein - mittel	-	✓	✓	✓

Legende: ✓ auftretende Formen, ✗ auftretende und kritische Formen - nicht vorhanden/ Exoten

Unterpunkte:

- Sichtweiten, Haltestelle im Knotenbereich, Fussgängeraufkommen, Markierung/ Orientierung für Blinde, Bewegungsmelder für Grünphasenverlängerung, 3-Kammer oder 2-Kammer Signalgeber, Frequenzen ÖV, Belastungen MIV, Anzahl zur querender Fahrstreifen, Tramwarnsignale (-dreiecke), Lichtverhältnisse, Fahrbahnverhältnisse

Abb.40 Typisierung von Knoten Langsamverkehr - Strassenbahn

Je nach Einschätzung der Einflussfaktoren (Vergleiche Abb.40, Unterpunkte und Abschnitt 4.1) auf die Sicherheit an Knoten können die Sicherheitselemente zusammengestellt werden. So wird mit einem gelben Blitzlicht im Gleisbereich, zusätzlich zur gelblinkenden Strassenbahn als Warnlicht (siehe Abb.10), allenfalls eine Schranke überflüssig.

6.1.1 Fussgängerfolgequerungen

Fussgängerfolgequerungen bezeichnen nachfolgende Übergänge von MIV-Spuren und ÖV-Spuren.

Bezüglich Lage des Trams kann die folgende Einteilung gemacht werden:

- Tram in Mittellage
 - 2 Inseln
- Tram in Seitenlage
 - 1 Insel
 - 2 Inseln

Die Übergänge lassen sich bezüglich der Regelung des ÖV-Trasses folgendermassen typisieren:

- Ungeregelte Übergänge
 - Ohne Warner
 - Mit Warner (Optisch / Optisch und Warnton / nur Warnton)
 - Berücksichtigung des unregelmässigen Teilübergangs im geregelten MIV-Teilübergang
- Geregelte Übergänge
 - 3-feldrige Signalgeber
 - Unabhängig geschaltet
 - Gemeinsam geschaltet (Fahrbahn nicht grün und Eigentrassee rot)
 - 2-feldrige Signalgeber
 - Unabhängig geschaltet
 - Gemeinsam geschaltet (Fahrbahn nicht grün und Eigentrassee rot).

Die geregelten Übergänge können jeweils noch mit einer Ausrüstung für Sehbehinderte (Vibra/Akustik) kombiniert werden.

Bei der Berücksichtigung des unregelmässigen Teilübergangs im geregelten MIV-Teilübergang wird die Zwischenzeit des unregelmässigen Teilübergangs mit einbezogen. Damit steigt die Sicherheit. Der geregelte Teilübergang bleibt rot, wenn ein Gegentram einfährt. Dies führt aber zu längeren Rotzeiten, und damit verbunden wahrscheinlich auch zu einer Missachtung der zusätzlichen Rotzeiten. Problematisch ist, dass dann das Tram von den Fussgängern nicht mehr erreicht werden kann.

6.2 Typisierung von Knoten MIV – Strassenbahn

Anhand der in Abschnitt 5.3 beschriebenen Fallbeispiele zu den Knoten MIV – Strassenbahn (Strassenbahn und Bahn bei Fahrt auf Sicht) wurde wie beim Langsamverkehr (vergleiche Abschnitt 6) gezeigt, dass verschiedenen Risikosituationen bei der Querung mit unterschiedlichen Massnahmen begegnet wird, abhängig insbesondere von den Geschwindigkeiten der Strassenbahn bzw. der Bahn.

In Abb.41 werden die Knoten MIV - Strassenbahn typisiert. Auch hier haben die gefahrenen Geschwindigkeiten Strassenbahn bzw. Bahn/MIV einen entscheidenden Einfluss:

- In Kreisverkehren kann die Strassenbahn aufgrund der engen Radien nicht mit dem MIV im Mischverkehr fahren. Bei Kreisverkehren parallel zur Strassenbahnachse erlaubt der eigene Fahrstreifen in Mittellage höhere Leistungsfähigkeiten für den MIV. Deshalb wird das Eigentrassee in Seitenlage kaum mit Kreisverkehren kombiniert. Der MIV fährt in Kreisverkehren im mittleren Geschwindigkeitsbereich (um 30 km/h).
- Die Knoten Strasse - Schiene mit einem Eigenfahrstreifen/Eigentrassee in Seitenlage werden in der Regel mit LSA (Knotensteuerung oder reine Strassenbahn-/Bahn-Sicherung) gesichert, da die Strassenbahn dort stärker vom Strassenraum abgetrennt ist als in Mittellage. Eine Strassenbahn in Mittellage wirkt ähnlich wie ein zusätzlicher Fahrstreifen je Richtung für den MIV und birgt daher für die übrigen

Verkehrsteilnehmenden weniger Überraschungsmomente. Bei Flankenfahrten (z.B. beim Linksabbiegen und sich nähernder Strassenbahn von hinten) ist dennoch eine besondere Gefahrensituation gegeben.

- Die Knoten Strasse - Schiene mit Strassenbahn im eigenen Fahrstreifen sind insbesondere bei hohen Strassenbahngeschwindigkeiten gefährlicher für die strassenbahnfeindlichen Verkehrsbeziehungen als bei vergleichbaren Knoten. Deshalb ist für strassenbahnfeindliche Verkehrsbeziehungen ein höherer Sicherheitsmassstab anzulegen als für andere Verkehrsbeziehungen.
- Bei sehr hohen Geschwindigkeiten wird Fahren nach Signal angewandt und die Kreuzung Strasse - Schiene als Bahnübergang mit Schranken abgesichert. Wahlweise kann der Strassenknoten - abhängig von der Verkehrsbelastung - mit oder ohne Lichtsignalanlage ausgerüstet sein

Basis-Knotenformen (mit Fussgängerstreifen) bei mittleren bis hohen Tramgeschwindigkeiten

	Kreisverkehr		Kreuzung/Einmündung		Eigentrasse->Mischverkehr	
	LSA vor Kreis	LSA im Kreis	mit LSA	ohne LSA	mit LSA	ohne LSA
Mischverkehr	-	-	✓	✓	-	-
Eigentrasse in Mittellage	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Eigentrasse in Seitenlage	-	-	✓	-	✓	-

Legende: ✓ auftretende Formen, - nicht vorhanden/ Exoten

Unterpunkte:

- Schranke, Räumung erschwert/jederzeit möglich, Sichtweiten, zulässige/ gefahrene Geschwindigkeiten ÖV/ MIV, Abbiegeverbote, Haltestelle im Knotenbereich, 3-Kammer oder 2-Kammer Signalgeber, Frequenzen ÖV, Belastungen MIV, Anzahl Fahrstreifen/ Bypässe, Tramwarnsignale (-dreiecke), Lichtverhältnisse, Fahrbahnverhältnisse
- Mit/ohne Fussgängerstreifen, Fussgängeraufkommen, Vibrationssignal/ Warnton für Blinde, Markierung/Orientierung für Blinde, Bewegungsmelder für Grünphasenverlängerung
- Velostreifen, Vorgezogene Haltebalken für Velo, Veloaufkommen

Abb.41 Typisierung von Knoten MIV – Strassenbahn

Je nach Einschätzung der Einflussfaktoren (Vergleiche Abb.41, Unterpunkte und Abschnitt 4.1) auf die Sicherheit an Knoten, können die Sicherheitselemente zusammengestellt werden. So ist ein Linksabbiegen über einen Eigenfahrstreifen/ein Eigentrassee in Mittellage mit einer eindeutigen Anordnung der Signalgeber, einer guten Sicht und einem eher rechtwinkligen queren des Strassenbahntrassees (siehe Abb.37 und Abb.38) vergleichsweise sicher, ohne zusätzliche Absicherung mit Schranke.

7 Entwicklung der Stossrichtungen bzgl. Vereinheitlichung und Normierung

7.1 Knotengestaltung, Signalisation und Markierung

7.1.1 Allgemeines

Wie generell an Strassenknoten kommt auch bei Kreuzungen Strasse - Schiene einer übersichtlichen und klaren Gestaltung eine grosse Bedeutung zu. Bei den bahn-/strassenbahnfeindlichen Verkehrsströmen (Langsamverkehr und MIV) ist aufgrund des erhöhten Unfallrisikos und der schwerwiegenden Unfallfolgen (vergleiche Abschnitt 3.1) eine übersichtliche Infrastruktur, klare Spurführung und eine eindeutige Signalisierung besonders wichtig. Folgende Faktoren haben seitens Knotengestaltung einen positiven Effekt auf die Sicherheit an Knoten Strasse - Schiene:

- Gute Sichtverhältnisse zwischen den Verkehrsteilnehmenden Strasse - Schiene ermöglichen erst eine gegenseitige Wahrnehmung und damit eine wirksame Unfallprävention.
- Ein rechtwinkliges Queren ermöglicht eine gute Sicht der Verkehrsteilnehmenden in beide Richtungen des Schienenverlaufs.
- Die Haltelinie vor einer LSA sollte einen Mindestabstand vor dem Lichtraumprofil der Strassenbahn in der ungefähren Länge eines Verkehrsteilnehmenden haben
 - Empfehlung Fussgänger: 0.5 m (Absatz/ taktile Bereich vor Gefahrenbereich analog Abb.19). Sind Umlaufsperrn vorhanden, gilt der Mindestabstand von 1.3 m [19], um auch zwischen Sperre und Strassenbahn einen Sicherheitsbereich für Notfälle anzubieten.
 - Empfehlung Velo: 2 m (wenn eine Strasse/ ein Veloweg gerade in eine Schienen-Querung übergeht). Sonst und bei Mittelinseln: 0.5 m wie bei Fussgängern.
 - MIV 4 m/ MIV bei Tempo 30 km/h und weniger: 3 m (in Kreisverkehren muss aufgrund des kleinen Radius in der Regel auch auf < 30 km/h abgebremst werden).

Mit diesem Abstand kann der Strassenbahnchauffeur besser abschätzen, ob andere Verkehrsteilnehmende anhalten bzw. genug Abstand wahren. Im Zweifelsfall kann er warnen. Bei Glätte, später Reaktion oder unpräzisen Bremsen wird teilweise über die Haltelinie hinausgefahren. An LSA für reine Strassenknoten werden die Haltelinien in der Regel 4 m vor seitlich angebrachten Signalgebern gezogen und 5 m vor Signalgebern über Kopf. Der Platz zwischen Haltelinie MIV und Strassenbahntrasse kann, wie es bereits gängige Praxis ist, dafür genutzt werden, eine vorgezogene Haltelinie für Velos und einen Fussgängerstreifen parallel zur Strassenbahn anzuordnen. Insbesondere bei Kreisverkehren mit LSA im Kreis, wird dieser Abstand aus Gründen der Leistungsfähigkeit des MIV heute teilweise nicht eingehalten.

Ist einer der drei vorher genannten Faktoren nicht erfüllt, oder erfordert das Umfeld des Knotens besondere Massnahmen (insbesondere bezüglich Langsamverkehr), sind geeignete zusätzliche Vorkehrungen (vergleiche Abschnitte 7.1.3 und 7.1.4) eine Schranke oder das Drosseln der Strassenbahngeschwindigkeit notwendig.

7.1.2 Markierungen, Anlagen und Signalisation für den Langsamverkehr

Markierung von Fussgängerquerungen über Strassenbahngleise

Für die Markierung von Fussgängerquerungen über Strassenbahngleise gibt es mehrere Varianten (vergleiche Abschnitt 5.2.2). Aufgrund der Unfallanalyse für die Jahre 2008 bis 2012 (siehe Kapitel 3) lässt sich keine der Varianten priorisieren, da bis auf Zürich die entsprechenden Neumarkierungen erst am Ende oder nach der betrachteten Periode

umgesetzt wurden und Unfälle auf Fussgängerquerungen mit Strassenbahnbeteiligung relativ selten auftreten.

Den Fussgängerquerungen in Bern und Zürich liegt momentan der Grundsatz zu Grunde, Fussgängerquerungen über Strassenbahngleise nicht mit gelben Querstreifen zu markieren, da dadurch ein falscher Vortritt vorgetäuscht würde. Anstelle der Querstreifen werden die Fussgängerquerungen durch weisse Leitlinien (als Randabschluss) markiert (vergleiche *Abb.13*). Werden die Strassenbahngleise auch vom MIV im Mischverkehr mitbenutzt, gilt die Ausnahme, dass an Fussgängerquerungen gelbe Querstreifen auch im Bereich der Lichtraumprofile der Strassenbahnen auf den Boden markiert werden.

Eine zusätzliche Einfärbung des Strassenbahneigenstrassees in gelbgrüner Farbe, zusammen mit einem auf dem Boden markierten Warnsignal Strassenbahn (1.18, siehe *Abb.18*), wurde durch ein einjähriges Monitoring des Tiefbauamts des Kantons Zürich untersucht. Die Auswertung der Videoüberwachung mit einem Vergleich Vorher-Nachher ergab, dass eine nur unwesentliche Verhaltensänderung eingetreten ist. Beim Langsamverkehr wurde vorher wie nachher eine hohe Missachtungsquote bei der Einhaltung der Verkehrsregeln festgestellt [30].

Demgegenüber kommt eine Arbeit von Nübold und Schneider im Auftrag des ASTRA [32] aufgrund einer Befragung (Vorher/Nachher) und von Beobachtungen vor Ort zum Ergebnis, dass ein auf dem Boden markiertes Warnsignal Strassenbahn (1.18) zusätzlich zu den gelben Querstreifen (vergleiche *Abb. 42* und *Abb.17*) bei unregelmässigen LSA gut verstanden wird. Eine deutliche visuelle Unterscheidung von Fussgängerquerungen über Strassenbahntrassees mit Strassenbahnen im eigenen Fahrstreifen (*Abb. 42*, mitte) und im Mischverkehr wird als nicht notwendig erachtet, obgleich das Verständnis der Situation bei dieser Lösung gleichfalls gut war. Einer einheitlichen Markierung, ob im Eigenstrasse (Abb. 42, links) oder im Mischverkehr (*Abb. 42*, rechts), wird der Vorzug gegeben und diese Lösung zur Weiterverfolgung empfohlen.

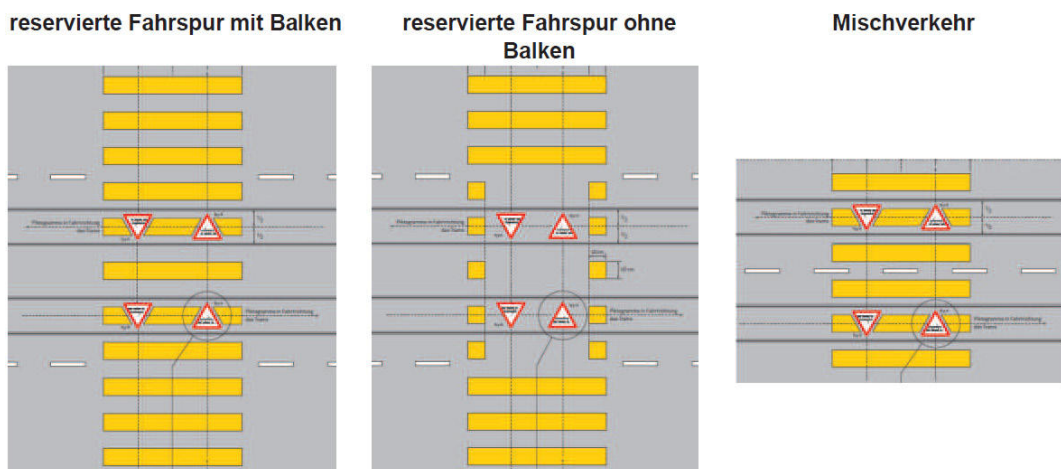


Abb. 42 Von Nübold und Schneider im Feldversuch getestete Massnahmenvarianten [Quelle: Nübold und Schneider [32]]

Unregelmässige Fussgängerquerungen über Eigenfahrstreifen/Eigenstrassees der Strassenbahn und über MIV-Fahrstreifen sollen zwischen den Eigenfahrstreifen/Eigenstrassees und der MIV-Querung zumindest bei einem Neubau durch Schutzinseln unterteilt werden.

Anordnung der Signalgeber

An Fussgängerquerungen von Strassenbahngleisen sind Signalgeber in einer Höhe von 2.35 m und höher oft problematisch, da Radfahrer und Fussgänger sich eher nach unten orientieren. Deshalb kann eine Wiederholung des Rotlichts in einer Höhe von 1.80 m zu einer besseren Wahrnehmung führen. Es ist zu beachten, dass die Sicht zum Signalgeber nicht durch Verkehrsteilnehmer verdeckt wird. Damit solch ein tief

angebrachter Signalgeber nicht zu zusätzlichen Unfällen führt, ist solch eine Lösung nur möglich, wenn der Signalgeber direkt am bzw. integriert im LSA-Mast angebracht wird oder sich um den Mast keine Verkehrsfläche befindet.

Umlaufsperr

Grundsätzlich ist bei Fussgängerquerungen über eigene Fahrstreifen der Strassenbahn der Einsatz von Umlaufsperrn für Fussgänger zu prüfen. So wird ein direktes Überqueren eingeschränkt und der Blick des Fussgängers in Richtung des sich nähernden Schienenfahrzeugs gelenkt. Bei besonderen baulichen Situationen wie Haltestellen, in deren Bereich die Strassenbahn mit kleinen bis mittleren Geschwindigkeiten fährt, kann aus städtebaulichen Gesichtspunkten auf eine Umlaufsperr verzichtet werden. Gute Sichtverhältnisse auf das sich nähernde Schienenfahrzeug sind jedoch zu gewährleisten.

Fussgängerfolgequerung

Bei Ausstattung von Fussgängerfolgequerungen (siehe Abb.15, oben links) mit einer LSA, ist bei eigenem Fahrstreifen der Strassenbahn und bei mittleren bis hohen Strassenbahngeschwindigkeiten zu vermeiden, dass über den Strassenbahnfahrstreifen rot angezeigt wird und über die MIV-Fahrbahn grün. Damit können Verwechslungen beim Lesen der Signalgeber ausgeschlossen werden. Damit verbunden kann jedoch ein Komfortverlust (erhöhte Wartezeiten) für den Fussgänger durch die steuerungstechnische Verriegelung der Fussgängerfolgequerung auftreten, was beim Fussgänger zum Eindruck von unplausiblen Wartezeiten, resp. Steuerungsabläufen führen kann. Und im ungünstigsten Fall zu Rotlichtmissachtungen führt. Eine mögliche Alternative zum Verriegeln der Fussgängerfolgequerung ist ein seitlicher Versatz der Fussgängerquerungen, realisiert in Form einer Umlaufsperr.

7.1.3 Markierungen, Anlagen und Signalisation für den MIV

Visualisierung des Lichtraumprofils der Strassenbahn

Eine Markierung des Strassenbahntrassees (vergleiche Abb.30, Abb.32, Abb.32, Abb.33 und Abb.34) ist hilfreich entlang von Strecken, damit andere Verkehrsteilnehmende einschätzen können, wieviel Platz die Strassenbahn neben ihnen beansprucht. Markierungen helfen auch dem ruhenden Verkehr, beim Parkieren das Lichtraumprofil der Strassenbahn frei zu halten.

Bei komplizierten Knotengeometrien können Markierungen verdeutlichen, wo mit Strassenbahnen zu rechnen ist, bzw. welche Knotenäste dem schienengebundenen Verkehr vorbehalten sind (eigene Fahrstreifen). Zur konkreten Warnung vor einer nahenden Strassenbahn sind in den Boden eingelassene Lichter/Leuchtbänder geeignet, wenn sie durch Aufleuchten/Blinken die Strassenbahn ankündigen. Signalgeber auf Augenhöhe der Verkehrsteilnehmenden sind jedoch für diese besser sichtbar als am Boden (und auch besser sauber/schneefrei und damit sichtbar zu halten).

Warnsignal Strassenbahn 1.18



Abb. 43 Warnsignal Strassenbahn 1.18

Das Signal Strassenbahn (1.18, SSV Art. 10) ist zunächst für unregelmässige Knoten Strasse - Schiene gedacht. Gemäss Signalisationsverordnung [6] müssen sich die

Verkehrsteilnehmenden aufgrund des Signals 1.18 "selbst vergewissern, dass kein Schienenfahrzeug naht und der Übergang frei ist". Auch bei Ausfall einer LSA kann das Signal 1.18 die Verkehrsteilnehmenden vor der Strassenbahn warnen. Im Gegensatz zur Schweiz wird das entsprechende Signal in Frankreich (siehe Abb.1) auch bei LSA konsequent angewandt.

In Genf wurde das Signal Strassenbahn (1.18) zu einem Wechselblinker abgewandelt (siehe Abb.44), bei dem vor einer Strassenbahndurchfahrt wechselweise der Strassenbahn-Umriss (weiss) und der Rahmen (rot) blinkt. Dieses dezente Blinken macht die MIV-Teilnehmer bei langsamen bis mittleren Strassenbahngeschwindigkeiten auf die Schienen-Querung aufmerksam.



Abb.44 Warnsignal Strassenbahn als Wechselblinker (Genf, bei Haltestelle 499'895 118'180)

[Bild: © 2014 Google, April 2009, Google Street View]

Eindeutige Anordnung der Signalgeber

In der Umfrage (siehe Abschnitt 4.4) wird auf die Wichtigkeit einer übersichtlichen und eindeutigen Signalisation hingewiesen: "Insbesondere die Verkehrsströme, die ein Gleis queren, müssen korrekt mit Signalgebern ausgerüstet sein". Hier werden nochmals die drei wichtigsten Punkte genannt:

- Wenn möglich, soll mehr als ein Signalgeber angebracht werden (z.B. Überkopf), die den Fahrstreifen eindeutig zugewiesen sein müssen.
- Keine weiteren Signalgeber am selben Mast, die für eine andere Richtung gelten bzw. Grün haben können, wenn eine Strassenbahn/eine Bahn quert. Wenn zum Beispiel ein Rechtsabbiegestreifen über ein Gleis führt, so soll am Mast rechts des Abbiegestreifens kein Signalgeber für den Geradeausverkehr angebracht werden, da dieser zu Verwechslungen mit fatalen Folgen führen kann.
- Nach der Gleisquerung dürfen auf einer gewissen Distanz keine weiteren Signalgeber angebracht werden, um Verwechslungen in Fahrtrichtung zu vermeiden.

Separate, vorversetzte Haltelinien

Sind die Bedingungen an Knoten gemäss Abschnitt 7.1.1 nicht voll erfüllt, kann eine vorversetzte Haltelinie bei Fahrstreifen über Strassenbahngleise (siehe Abb.35) über eine eindeutige Anordnung der Signalgeber (siehe oben) hinaus die Sicherheitslage weiter verbessern. Vor dem entsprechenden Haltebalken sind nur noch die der Querung zugeordneten Signalgeber zu sehen.

Wechselblinklichter (oder ähnliches) zusätzlich zum Rotlicht

Wie in der Unfallanalyse gezeigt werden konnte (siehe Abschnitt 3.2), treten beim MIV regelmässig Rotlichtmissachtungen auf. In solchen Fällen kann z.B. eine zusätzliche Schranke die Häufigkeit von Unfällen deutlich senken. Allenfalls gibt es neben einer

Schranke noch weitere Möglichkeiten, die Zahl der Unfälle zwischen Strassenbahn und MIV mit teils schweren Folgen weiter zu senken.

Erste Überlegungen gingen in Richtung einer optisch-/akustischen Warnung beim Überfahren eines entsprechenden Haltebalkens oder bei der Einfahrt in einen kritischen Bereich. Damit würden auch die Anwohner nur gestört, wenn es wirklich zu einer Rotlichtmissachtung kommt. Im Detail hat diese Idee allerdings die Schwäche, dass zunächst die notwendigen Bremswege bzw. Ausweichmöglichkeiten vorhanden sein müssten. Zusätzlich müsste die Signalkette bis zur Reaktion der betroffenen Verkehrsteilnehmenden äusserst schnell ablaufen. Bei Umsetzung mit einer herkömmlichen LSA (Steuerzyklus im Sekundentakt) und aufgrund der Reaktionszeit der Verkehrsteilnehmer gehen wichtige Sekundenanteile verloren. Somit würde eine Warnung nach Rotlichtmissachtung in vielen Fällen seine Wirkung verfehlen. Bei einer Einführung einer direkten Kommunikation zwischen Fahrzeug und Infrastruktur (Car to X) wären kritische Kreuzungen Strasse – Schiene für erste Anwendungen prädestiniert. Damit könnten die gemachten Überlegungen wieder aufgegriffen werden.

Zusätzlich zum Rotlicht kann auch ein Blinklicht direkt vor einer Querung von Strassenbahngleisen eine zusätzliche Warnfunktion übernehmen (vergleiche Labonnefon und Passelaigue [28] bzw. Abb.39). Dabei ist wichtig, dass das Blinklicht jeweils zeitnah (in der Regel kürzer als das Rotlicht) die Durchfahrt der Strassenbahn ankündigt. Ist die Strassenbahnfront am Ende der zu querenden Strasse angekommen, könnte es schon wieder abschalten. Da sich die Verkehrsteilnehmenden seitens MIV aus unterschiedlichen Richtungen einer Strassenbahnquerung nähern, ist ein Mast mit mehreren blinkenden Signalgebern (vergleiche Abb.39) oder ein Rundumblinklicht (vergleiche Abb.46) erforderlich. An Knoten mit mittleren bis schnellen Strassenbahngeschwindigkeiten und eigenem Strassenbahnstreifen, an denen z.B. aufgrund ungenügender Platzverhältnisse keine Schranken eingesetzt werden können, sollten solche Wechselblinklichter (zusätzlich zu Rotlichtern) in Pilotprojekten mit entsprechendem Monitoring getestet werden. Die Farbe der Wechselblinklichter ist vorteilhafterweise in Anlehnung an das Wechselblinklicht (SSV 3.20, siehe Abb.45) rot zu wählen, um keinen halbverbindlichen Charakter der reinen Warnung zu suggerieren. Allerdings führt dieser Vorschlag mit einer doppelten Signalisation auch zu mehr Signalen und somit zu einer gewissen Unübersichtlichkeit.



Abb.45 Rotes Wechselblinklicht (SSV 3.20)



Abb.46 Drehwarnblinker, der nach LSA-Technik funktioniert (Seon, Knoten Seetal-/Talstrasse, SBB (Seetalbahn), 654'417 244'394) [Bild: 2014]

7.1.4 Signalgeber

Akustische Signalgeber

Für Fussgängerquerungen über eigene Strassenbahn-Fahrstreifen bei mittleren bis schnellen Strassenbahngeschwindigkeiten soll der Konflikt mit der Strassenbahn zusätzlich zu Lichtsignalen durch ein akustisches Signal (Gong-Warnton) verdeutlicht werden. Hierbei sind generell die Belange der angrenzenden Anwohner zu prüfen, weil die Akustik eine zusätzliche Lärmbelastung für die Umgebung, insbesondere im städtischen Wohngebiet, darstellt.

1-Kammer-Signalgeber mit gelb blinkendem Strassenbahnsymbol

Das gelb blinkende Strassenbahnsymbol (siehe Abb.12) warnt den Langsamverkehr vor einer querenden Strassenbahn. Genauso könnte auch das Warnsignal 1.18 und ein zusätzlicher gelb blinkender Signalgeber eingesetzt werden. Das gelb blinkende Strassenbahnsymbol wird an mehreren Fussgängerquerungen über Strassenbahngleise in der Schweiz erfolgreich eingesetzt. In der Unfallanalyse wurden keine Auffälligkeiten von Fussgängerquerungen mit gelb blinkendem Strassenbahnsymbol gegenüber sonstigen Fussgängerquerungen mit LSA festgestellt. Innerhalb der Steuerung muss der Blinker wie ein Rotlicht behandelt und überwacht werden. Ein Nachteil ist, dass solch ein Blinklicht rechtlich nicht verbindlich ist. Ein gelbes Blinklicht mahnt gemäss Signalisationsverordnung [6] "den [Fahrzeug-] Führer zu besonderer Vorsicht".

Kleine Signalsäule mit Blitzlicht („Gleisindianer“)

Ein „Gleisindianer“ (kleine Signalsäule mit Blitzlicht, siehe Abb.10) wird bei Fussgängerquerungen über Strassenbahngleise zusätzlich zum 1-Kammer-Signalgeber mit Strassenbahnsymbol (das sich in 2.5 m Höhen befindet) eingesetzt. Sein Funktionieren ist wie das des 1-Kammer-Signalgebers mit Strassenbahnsymbol zu

überwachen. Er soll insbesondere die Sicherheit von Kindern und alten Menschen erhöhen, deren Aufmerksamkeit sich eher auf Objekte in Augenhöhe oder tiefer richtet. Somit kommt ein „Gleisindianer“ zur zusätzlichen Sicherung von Querungen im Umfeld von Kindergärten, Primarschulen und Alterswohnungen in Frage. Im Sinne der Anwohner sollte sichergestellt sein, dass sich die Helligkeit des Blitzlichts der Umgebungsbeleuchtung anpasst.

LED-Signal „BAHN“



Abb.47 LED-Signal „BAHN“, T-Knoten West-/Hertistrasse (Wallisellen, Verkehrsbetriebe Glattal, 685'917 252'396) [Bild: Keystone/Steffen Schmidt]

Das LED-Signal „BAHN“ über einem 3-Kammer-Signalgeber informiert über den Grund des Rotlichts, insbesondere bei längeren Wartezeiten in Folge der Strassenbahn- bzw. Bahnphase. Für eine zusätzliche Warnung vor dem Tam ist es nicht auffällig genug und in der Regel nicht nah genug am Konfliktpunkt.

7.2 Steuerung Lichtsignalanlage / Bahnübergang

Im vorliegenden Kapitel werden steuerungstechnische Aspekte vorgestellt, die dazu beitragen, die Sicherheit an der Kreuzung Strasse - Schiene zu erhöhen und zu einer Vereinheitlichung der Systemlandschaft beitragen.

Die vorgestellten Stossrichtungen beziehen sich sowohl auf Bahnbetrieb, d.h., "Fahren nach Signal" als auch auf Strassenbahnbetrieb, d.h., "Fahren auf Sicht".

7.2.1 Formen der Steuerungen

Die Fallbeispiele im Kapitel 5 zeigen folgendes Spektrum an Knoten resp. Steuerungsarten:

Fahren nach Signal:

- Knoten mit Lichtsignalanlage und Bahnübergang mit Schranken.
- Knoten ohne Lichtsignalanlage und Bahnübergang mit Schranken
 - Mit 2-Kammer-Signalgeber Rot-Gelb, inklusive Signalgeber für Räumphase.

- Mit Wechselblinklichtsignal (3.20) oder einfachem Blinklichtsignal (3.21).

Fahren auf Sicht:

- Knoten mit Lichtsignalanlage ohne Schranken.
- Knoten mit Lichtsignalanlage mit Schranken (Disziplinierungsschranken).

7.2.2 Betriebssicherheit

Die Betriebssicherheit an Knoten Strasse - Schiene wird entscheidend durch die Verfügbarkeit der Steuerung - sei es eine Lichtsignal- oder Bahnübergangssteuerung - beeinflusst.

Eine ausgefallene Steuerung stellt ein erhöhtes Sicherheitsrisiko für Verkehrsteilnehmende dar. Dem entgegengewirkt wird mit entsprechenden Regelungen in den Fahrdienstvorschriften. (Schweizerische Fahrdienstvorschriften (FDV) oder Fahrdienstvorschriften der Betreiber, wie z.B. die Fahrdienstvorschriften der Baselland Transport AG/Basler Verkehrs-Betriebe).

In den FDV der Baselland Transport AG/Basler Verkehrs-Betriebe heisst es zu ausgefallenen Steuerungen oder Störungen an den Anlagen:

- Halt vor dem entsprechenden Signal.
- Meldung an die Leitstelle (Notruf).
- Befahren nur auf Weisung der Leitstelle.
- Bei Bahnübergängen: Höchstgeschwindigkeit von 5 km/h mit akustischem Signal.

Ein wesentlicher Punkt zur Erhöhung der Sicherheit ist zunächst die Sicherstellung der Verfügbarkeit der Steuerung, d.h., die Vermeidung eines Ausfalls. Folgende Punkte können Ursachen für einen Ausfall der Steuerung sein:

- Ausfall der Spannungsversorgung.
- Störungsblinken infolge Ausfall sicherheitsrelevanter Rotlampen (primäre Störung).
- Ausfall infolge Unfallschaden (z.B. Umfahren Mast).
- Ausfall Verkehrsabhängigkeit (gestörte Steuerung).

Zur Erhöhung der Sicherheit können folgende Massnahmen ergriffen werden:

- Ausrüstung Steuergerät mit unterbrechungsfreier Stromversorgung (USV).
- Mindestens zwei rotleuchtende Signallichter für die bahnfeindlichen Fahrstreifen (z.B. zwei Signalgeber seitlich und/oder seitlich/Überkopf; oder Signalgeber mit Doppel-LED-Einsätzen).
- Gewährleistung einer sicheren und plausiblen Steuerung der Strassenbahn, auch für den Fall einer Störung der Verkehrsabhängigkeit.

In den nachfolgenden Abschnitten werden die einzelnen Punkte näher erläutert.

Unterbrechungsfreie Stromversorgung:

- Die Bahnübergangssteuerung (Bahnübergang mit Fahren nach Signal) ist in der Regel mit einer USV ausgestattet. Die USV muss entsprechend gross dimensioniert sein, dass die Anforderungen des Bahn- resp. Strassenbetreibers hinsichtlich Überbrückungszeit eingehalten werden kann.
- Bei der Kombination aus Lichtsignalanlage mit Bahnübergang muss zwischen folgenden Betriebsformen unterschieden werden:

- a. Das System verfügt über drei Steuergeräte: Bahnsteuerung, Lichtsignalsteuerung, Ersatzbetrieb. Im Störfall stellt der Ersatzbetrieb die Ansteuerung der bahnfeindlichen Fahrstreifen und somit den Betrieb des Bahnübergangs sicher.
 - b. Steuergerät der Lichtsignalanlage steuert sowohl im Normalbetrieb als auch im Störfall die bahnfeindlichen Signale an (kein separates Steuergerät als Ersatzbetrieb). Die Schranken werden weiterhin von der Bahnsteuerung angesteuert.
- Bei Fall a. ist im Minimum die Bahnsteuerung mit einer USV auszurüsten. Für einen sicheren Betrieb ist auch die Steuerung des Ersatzbetriebes mit einer USV auszurüsten. Hierbei ist es möglich, die Bahnsteuerung und die Steuerung des Ersatzbetriebes an die gleiche USV anzuschliessen.
 - Bei Fall b. ist zwingend das Steuergerät der Lichtsignalanlage, das auch den Ersatzbetrieb sicherstellt, mit einer USV auszurüsten.

Rotlampen der bahnfeindlichen Fahrstreifen:

Bei einem Bahnübergang sind nach AB-EBV [8] je bahnfeindlichen Fahrstreifen zwei Signalgeber mit rotem Leuchtfeld (vorzugsweise in LED-Technik) vorzusehen. Damit wird zum einen die Sichtbarkeit auf den Konflikt Strasse - Schiene erhöht, zum anderen die Verfügbarkeit der Bahnsteuerung.

Bei einer Lichtsignalanlage sind je bahnfeindlichen Fahrstreifen ebenfalls zwei Signalgeber mit rotem Leuchtfeld vorzusehen. Bei Ausfall eines Rotlichts läuft die Anlage normal weiter (kein Störungsblinker). Die Anlage setzt eine Störungsmeldung ab. Die gestörten Komponenten sind unverzüglich auszutauschen. Hierfür müssen entsprechende Regelungen getroffen werden.

Gewährleistung einer sicheren Steuerung (bei Fahrt auf Sicht)

Die nachfolgenden Ausführungen gelten für Lichtsignalanlagen bei Fahren auf Sicht. Eine Störung der verkehrsabhängigen Steuerung kann unter anderem dazu führen, dass das Tram keine Freigabe erhält. In der Regel schaltet die Steuerung im Fall einer Störung nach einer definierten Zeit (Umlaufüberwachung) eine Rückfallebene. Die Rückfallebene kann - je nach Anwendungsfall - unterschiedlich realisiert sein:

- Kein Festzeitprogramm:
Die Steuerung verfügt über kein Festzeiterstprogramm, sodass bei Störung der Verkehrsabhängigkeit die Anlage in Störungsblinker schaltet. Es gelten die Vortrittsregeln nach Signalisationsverordnung [6] sowie die Verhaltensregeln der Fahrdienstvorschriften.
- Festzeitprogramm (VAaus):
Die Steuerung verfügt über ein Festzeitprogramm, in dem der ÖV ein fixes Freigabefenster hat.
- Teilverkehrsabhängiges Programm (IVaus):
Im teilverkehrsabhängigen Programm kann der ÖV seine Freigabe verkehrsabhängig schalten. Der Ablauf für die Fahrzeug-, Velostreifen und Fussgängerquerungen erfolgt nach Daueranmeldung und Dauerverlängerung.

Die Lichtsignalsteuerung muss sorgfältig montiert und ausreichend getestet werden, so dass grundsätzlich kaum Störungen der Verkehrsabhängigkeit auftreten. Demzufolge können erst gar nicht die genannten Gefährdungspotentiale auftreten.

In der Lichtsignalsteuerung ist ein teilverkehrsabhängiges Signalprogramm vorzusehen, in dem der ÖV verkehrsabhängig sein Freigabefenster schalten kann (IVaus). Dies setzt jedoch voraus, dass die ÖV-An- und -Abmeldemittel störungsfrei funktionieren.

Als zweite Rückfallebene ist ein Festzeitenplan mit fixen ÖV-Freigabefenstern vorzusehen(VAaus), dass bei Störungen der ÖV-Detektionsmittel zu schalten ist.

7.2.3 Signalfolgen der Lichtsignale

In diesem Abschnitt wird auf die Signalfolge (Farbfolge der Signalgeber der Lichtsignalanlage, Übergangsbilder usw.) eingegangen.

Die Grundlagen resp. Vorgaben für die Signalfolgen sind in folgenden Richtlinien und Normen geregelt:

- a. VSS SN 640 837 Lichtsignalanlagen, Übergangs- und Mindestzeiten [15].
- b. AB-EBV (Ausführungsbestimmung Eisenbahnverordnung [8]).

Bei der Betrachtung der Signalfolgen sind wieder die vorher genannten Typen von Knotenpunkten zu berücksichtigen:

Bahnübergang:

- Knoten ohne Lichtsignalanlage:
 - es gelten die Vorgaben nach AB-EBV [8], insbesondere Art. 37c, Tabelle 1 bis Tabelle 5.
- Knoten mit Lichtsignalanlage:
 - es gelten die Vorgaben nach AB-EBV [8].
 - zusätzlich gelten die Vorgaben nach SN 640 837 Lichtsignalanlagen, Übergangs- und Mindestzeiten [15].

Die AB-EBV [8] und die SN 640 837 [15] weisen jedoch gewisse Widersprüche resp. fehlende Angaben bei dem Typ Bahnübergang mit Lichtsignalanlage (3 Farben Rot Gelb Grün) auf. Im Folgenden werden diese Punkte näher erläutert. Zu berücksichtigen ist die abgeschlossene Überarbeitung der SN 640 837 [15].

- Öffnungszeit: Bei der Öffnung der Schranken geht das Lichtsignal von Rot über 3s RotGelb auf Grün. Die 3s Rot Gelb widersprechen der SN 640 837 [15], die 1s RotGelb für Fahrzeug-Signalgeber und Velo-Signalgeber (getrennt geführt) vorgibt.
- Die AB-EBV [8] unterscheidet bei den Angaben zum Funktionsablauf nicht zwischen den unterschiedlichen Verkehrsarten. In der SN 640 837 [15] sind die Übergangszeiten für jede Verkehrsart (Fahrzeug, Fussgänger, Fahrräder usw.) angegeben.
- Die AB-EVB [8] gibt keine expliziten Angaben darüber, welche Signalfolge bei Ausfall der Lichtsignalsteuerung, z.B. Störungsblinker und Ansteuerung der bahnfeindlichen Signale über die Rückfallebene, zu verwenden ist. Vorzugsweise gelten bei Störung der Anlage die Angaben für "Lichtsignale ohne Grün".

Zu den genannten Punkten wird jeweils eine Handlungsempfehlung für den Soll-Zustand abgegeben.

- AB-EBV [8], Öffnungszeit: 1s rot-gelb anschliessend grün:
Sowohl im Normalablauf - ohne Bahneingriff - als auch während der Bahnphase gelten die Übergangs- und Mindestzeiten, die im Steuergerät der Lichtsignalanlage versorgt sind.
- Die AB-EBV [8] wird ergänzt mit Angaben zu den verschiedenen Verkehrsarten. Dabei ist zwingend darauf zu achten, dass die Angaben der AB-EBV [8] mit den Angaben der SN 640 837 [15] korrespondieren.
- Die AB-EBV [8] weist explizit darauf hin, welche Signalfolge bei Störung der Lichtsignalsteuerung gilt.

Lichtsignalanlage mit Vollregelung der Kreuzung Strasse - Schiene

Bei einer Kreuzung Strasse - Schiene mit Lichtsignalanlage (Fahren auf Sicht, kein Bahnübergang) gelten die Vorgaben der SN 640 837 [15]. Ergänzend dazu kann der Betreiber der Lichtsignalanlage weiterführende Angaben vorgeben, wie zum Beispiel die Projektierungs- und Ausführungsrichtlinie des Bau- und Verkehrsdepartements des Kantons Basel-Stadt [21] und [22].

Das Tram ist in die Lichtsignalsteuerung integriert. Die Signalfolgen und Übergangszeiten sind in der SN 640 837 [15] geregelt.

Die Signalgeber sowie die Signalfolgen sind je nach Betreiber unterschiedlich geregelt. Die gesetzlichen Grundlagen oder Normen definieren die ÖV-Signalgeber nicht abschliessend.

Anzustreben für einen Soll-Zustand ist eine einheitliche Signalisation für die Fahrzeuge des öffentlichen Verkehrs. Heute werden folgende Signalgeber-Typen verwendet (siehe Abb.48 und Abb.49).

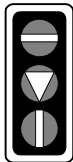


Abb.48 3-feldige Signalgeber, z.B. Basel-Stadt und Basel-Landschaft

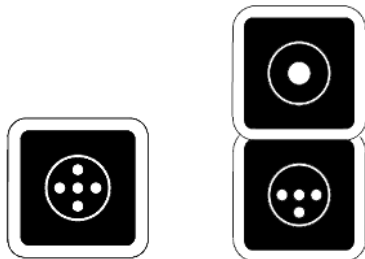
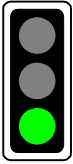
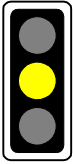
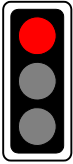
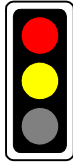
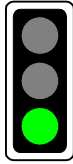
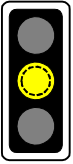
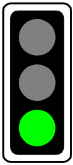
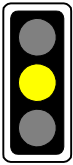
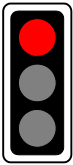
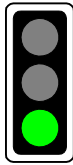
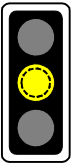


Abb.49 ÖV-4-Punkt-Signal, wahlweise mit integriertem fünften Punkt oben als Quittierungslampe (links) oder mit separater Quittierungslampe (rechts)

Empfehlung: weiterführende Abklärungen zu Erfahrungen mit 3-feldigem Signalgeber und ÖV-4-Punkt-Signal.

Signalfolgen der IV- und Fussgänger-Signalgeber (siehe Abb.50):

Motorfahrzeug 3-feldig, rot-gelb-grün, Durchmesser 200mm, Überkopf 300mm					
frei (Grundzustand)	Übergang frei → sperren	gesperrt	Übergang sperren → frei	frei	Störung / Aus-Zustand
					
grün	3s gelb ¹	rot	1s rot-gelb	grün	gelb-blinkend

Fussgänger 3-feldig, rot-gelb-grün, Durchmesser 200mm					
frei (Grundzustand)	Übergang frei → sperren	gesperrt	Übergang sperren → frei	frei	Störung / Aus-Zustand
			-		
grün	2s bis 8s gelb ²	rot	-	grün	gelb-blinkend

oder

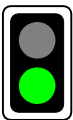
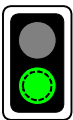
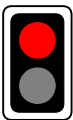
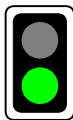
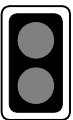
Fussgänger 2-feldig, rot-grün, Durchmesser 200mm					
frei (Grundzustand)	Übergang frei → sperren	gesperrt	Übergang sperren → frei	frei	Störung / Aus-Zustand
			-		
grün	2s bis 8s grün-blinkend 2Hz ³	rot	-	grün	dunkel oder gelb-blinkend

Abb.50 Signalfolgen der IV- und Fussgänger-Signalgeber

¹ Übergangszeit von Frei nach Gesperrt ist abhängig von der Geschwindigkeit.

² Übergangszeit von Frei nach Gesperrt ist abhängig von der Länge des Fussgängerübergangs.

³ Übergangszeit von Frei nach Gesperrt ist abhängig von der Länge des Fussgängerübergangs.

Tramsicherungsanlage:

Eine Tramsicherungsanlage (TSA) regelt ausschliesslich den Konflikt Kreuzung Strasse - Schiene. Häufig wird eine TSA an Kreisverkehren oder bei Verschwenkungen des Trams (z.B. von Mittel- in Seitenlage) verwendet.

Heute gibt es verschiedene Realisierungen von Tramsicherungsanlagen. Aufgrund der Vielfältigkeit der Lösungen ist die nachfolgende Aufzählung als nicht abschliessend anzusehen:

- 2-feldige Signalgeber Rot-Gelb
 - Grundzustand ist Dunkel
 - Grundzustand ist Gelb-Blinkend
- 3-feldige Signalgeber Rot-Gelb-Gelb
 - Grundzustand ist Gelb-Blinkend in der unteren Kammer
 - Grundzustand ist Gelb-Blinkend in der mittleren Kammer.

Für den Soll-Zustand ist eine einheitliche Realisierung anzustreben, sodass für Verkehrsteilnehmende - unabhängig vom jeweiligen Betreiber - eine einheitliche Signalisation anzutreffen ist. Beispielhaft sind in der folgenden Abbildung (siehe Abb.51) die Signalfolgen von 2- und 3-feldigen Signalgebern für Motorfahrzeuge, die 3-feldigen Signalgeber für den ÖV (Tram/Bus) sowie die Signalfolge der ÖV-4-Punkt-Signale (am Beispiel der Lichtsignale für den öffentlichen Bus- und Tramverkehr, Handbuch Lichtsignalanlagen, Stadt Bern, Direktion für Tiefbau, Verkehr und Stadtgrün, V1.0 [23]) dargestellt.

Motorfahrzeug 3-feldig, rot-gelb-gelb, Durchmesser 200mm, Überkopf 300mm					
frei (Grundzustand)	Übergang frei → sperren	gesperrt	Übergang sperren → frei	frei	Störung / Aus-Zustand
			-		
gelb-blinkend	3s gelb-stehend	rot	-	gelb-blinkend	gelb-blinkend
			-		
dunkel	5s gelb-blinkend 3s gelb-stehend	rot	-	dunkel	gelb-blinkend

ÖV 3-feldig, Durchmesser 200mm					
gesperrt (Grundzustand)	Übergang sperren → frei	frei	Übergang frei → sperren	gesperrt	Störung / Aus-Zustand
Signal L 0 (Halt)	Signal L 4 (2s)	Signal L 1 (Fahr- freigabe)	Signal L 2 (5s)	Signal L 0 (Halt)	Signal L 3 (blinkend)

oder

ÖV 4-Punkt-Signal					
gesperrt (Grundzustand)	Übergang sperren → frei	frei	Übergang frei → sperren	gesperrt	Störung / Aus-Zustand
	-				
Signal L0 (Halt)	-	Signal F2 (Fahr- freigabe)	Signal F8 (Blinken 2Hz)	Signal L0 (Halt)	Signal F10 (blinkend 1Hz)

Anmerkung: Für Freigabe gibt es in Abhängigkeit von der Fahrtrichtung auch das Signal F3 (Fahrt nach rechts: rechter und unterer Punkt leuchtend) und das Signal F4 (Fahrt nach links, linker und unterer Punkt leuchtend).

Abb.51 Signalfolgen von 2- und 3-feldigen Signalgebern für Motorfahrzeuge, die 3-feldigen Signalgeber für den ÖV (Tram/Bus) sowie die Signalfolge der ÖV-4-Punkt-Signale

7.2.4 Berechnung der Zwischenzeiten

Die Berechnung der Zwischenzeiten erfolgt nach SN 640 838 [16] Lichtsignalanlagen, Zwischenzeiten. Die Norm ist seit über 20 Jahren gültig und weist bei der Berechnung

der Zwischenzeiten von ÖV-Fahrzeugen Lücken auf. Einige Betreiber von Lichtsignalanlagen haben diese Lücken durch ergänzende Projektierungsrichtlinien ergänzt, wie z.B. das Bau- und Verkehrsdepartement des Kantons Basel-Stadt [21]. In der Richtlinie wird das dynamische Fahrverhalten der ÖV-Fahrzeuge realitätsgetreuer abgedeckt. Des Weiteren berücksichtigt die Richtlinie die detaillierte Berechnung der Zwischenzeit für den Fall des räumenden ÖV-Fahrzeugs.

Die SN 640 838 [16] betreffend der Berechnung der Zwischenzeiten an Lichtsignalanlagen muss überarbeitet werden und den neuen Erkenntnissen anzupassen, insbesondere sind die kantonalen Projektierungsrichtlinien in die Norm aufzunehmen.

8 Fazit und Empfehlungen

In Tab. 8 werden ausgewählte Massnahmen für die Realisierung vorgeschlagen und die, für eine erste Etablierung notwendigen Schritte aufgelistet. Die Reihenfolge der vorgeschlagenen Massnahmen orientiert sich am vorangegangenen Kapitel.

Tab. 8 *Vorgeschlagene Massnahmen und die dafür notwendigen Schritte*

Nr.	Massnahmen	Notwendige Schritte
1	An Fussgängerquerungen von Strassenbahngleisen mit mittleren bis hohen Strassenbahngeschwindigkeiten wird empfohlen einen Absatz taktilen weissen Bereich (analog Abb.19) mindestens 0.5 m vor dem Lichtraumprofil der Strassenbahn einzurichten.	Als Empfehlung in die R, RTE 25931 / SN 671 512 "Bahnübergang – Basisdokumentation" [19] aufnehmen
2	Wenn ein Radstreifen/Veloweg gerade in eine Querung von Strassenbahngleisen mit mittleren bis hohen Strassenbahngeschwindigkeiten übergeht, wird empfohlen, eine Haltelinie mindestens 2 m vor dem Lichtraumprofil der Strassenbahn einzurichten, sonst und bei Mittelinseln: mindestens 0.5 m davor (siehe Massnahme Nr. 1).	Als Empfehlung in die R, RTE 25931 / SN 671 512 "Bahnübergang – Basisdokumentation" [19] aufnehmen
3	Bei einer höhengleichen Kreuzung Strasse – Schiene und mittleren bis hohen Strassenbahngeschwindigkeiten ist eine Haltelinie mindestens 4 m vor dem Lichtraumprofil der Strassenbahn einzurichten (bei MIV-Geschwindigkeiten von 30 km/h und weniger mindestens 3 m davor, dabei ist eine gute Sicht auf die zugeordneten Signalgeber zu gewährleisten).	In die R, RTE 25931 / SN 671 512 "Bahnübergang – Basisdokumentation" [19] aufnehmen
4	Ungeordnete Fussgängerquerungen über Eigenfahrstreifen/ Eigentrassees der Strassenbahn und über MIV-Fahrstreifen sollen zwischen den Eigenfahrstreifen/ Eigentrassees und der MIV-Querung zumindest bei Neubau durch Schutzinseln unterteilt werden.	In die R, RTE 25931 / SN 671 512 "Bahnübergang – Basisdokumentation" [19] aufnehmen
5	Bei ungeordneten Fussgängerquerungen über Tramgleise wird empfohlen, zusätzlichen zu gelben Querstreifen, das Signal Strassenbahn (1.18) zu markieren (vergleiche Nübold und Schneider [32]). Der Fall ohne gelbe Querbalken unterscheidet sich klarer von Fussgängerstreifen gemäss heutiger Norm. Dieser Fall sollte über einen längeren Zeitraum in Pilotprojekten noch weiter geprüft werden.	Damit wird eine Aufnahme neben SN 640 241, "Fussgängerverkehr; Fussgängerstreifen" und/oder SN 640 851 "Besondere Markierungen" auch in die R, RTE 25931 / SN 671 512 "Bahnübergang – Basisdokumentation" [19] empfohlen. Durchführen von Pilotprojekten zum Fall ohne Balken.
6	An Fussgängerquerungen von Strassenbahngleisen wird empfohlen, Signalgeber neben einer Höhe von > 2.35 m (Unterkante) in einer Höhe von 1.80 m (bezogen auf das Rotlicht) direkt am/vor dem LSA-Mast zu wiederholen.	Als Empfehlung in die R, RTE 25931 / SN 671 512 "Bahnübergang – Basisdokumentation" [19] aufnehmen
7	Umlaufsperrn sind als Z – Übergang (siehe Abb.9) auch für eine Erhöhung der Sicherheit von Fussgängern gut geeignet.	Es wird empfohlen, Z- Querungen ergänzend zu den Umlaufsperrn für Radfahrer in die R, RTE 25931 / SN 671 512 "Bahnübergang – Basisdokumentation" [19] aufzunehmen
8	Bei Fussgängerfolgequerungen wird empfohlen, über die Strassenbahngleise kein Grün anzuzeigen. Bei mittleren bis hohen Strassenbahngeschwindigkeiten können 2-Kammer-Signalgeber Rot Gelb Dunkel eingesetzt werden. Weitergehende Massnahmen, wie eine Verriegelung, sind situativ zu prüfen. Sie darf jedoch <u>keine</u> vermehrte Rotlichtmissachtung provozieren.	Problematisches in die R, RTE 25931 / SN 671 512 "Bahnübergang – Basisdokumentation" [19] aufnehmen
9	Bei MIV-Querungen von Strassenbahngleisen soll, wenn möglich, mehr als ein Signalgeber angebracht werden (z.B. Überkopf). Diese Signalgeber müssen dem Fahrstreifen eindeutig zugewiesen sein. Am selben Mast soll kein weiterer Signalgeber angebracht werden, der für eine andere Richtung gilt bzw. Grün haben könnte, wenn eine Strassenbahn/ eine Bahn quert. Nach der Gleisquerung dürfen auf einer gewissen	In die R, RTE 25931 / SN 671 512 "Bahnübergang – Basisdokumentation" [19] aufnehmen

	Distanz keine weiteren Signalgeber angebracht werden.	
10	Knoten Strasse - Schiene mit einem Eigenstrasse bzw. Eigenfahrstreifen in Seitenlage sollen mindestens mit einer LSA (Knotensteuerung oder reine Strassenbahn-/Bahn-Sicherung) gesichert werden, da die Strassenbahn dort stärker vom Strassenraum abgetrennt ist als in Mittellage.	In die R, RTE 25931 / SN 671 512 "Bahnübergang – Basisdokumentation" [19] aufnehmen
11	Sind bei mittleren bis schnellen Strassenbahngeschwindigkeiten die Sichtbarkeit, ein rechtwinkliges Queren der Gleise oder Mindestabstände der Haltelinien vor dem Lichtraumprofil der Strassenbahn/ Bahn nicht gegeben, sollen zusätzliche Massnahmen zur Erhöhung der Sicherheit geprüft werden: eine Schranke, eine separate/vorversetzte Halteline, Wechselblinklichter zusätzlich zum Rotlicht (zunächst als Pilotversuch, siehe Massnahme Nr. 12), tiefe bis mittlere Strassenbahngeschwindigkeiten.	Als Empfehlung in die R, RTE 25931 / SN 671 512 "Bahnübergang – Basisdokumentation" [19] aufnehmen
12	An Knoten mit mittleren bis schnellen Strassenbahngeschwindigkeiten und eigenem Strassenbahnstreifen, an denen regelmässig Unfälle mit dem MIV auftreten aber keine Schranken eingesetzt werden können, wird empfohlen, rote Wechselblinklichter (zusätzlich zu Rotlichtern) einzusetzen.	Das ASTRA unterstützt Pilotprojekte mit entsprechendem Monitoring
13	Bei mittleren bis schnellen Strassenbahngeschwindigkeiten wird empfohlen, akustische Signalgeber (Gong-Warnton) einzusetzen. Hierbei sind generell die Belange der angrenzenden Anwohner zu prüfen.	Als Empfehlung in die R, RTE 25931 / SN 671 512 "Bahnübergang – Basisdokumentation" [19] aufnehmen
14	Bei Bahnübergängen wird empfohlen, die Steuerung des Bahnübergangs sowie - falls vorhanden - die Steuerung der Lichtsignalanlage - mit einer unterbrechungsfreien Stromversorgung auszurüsten.	Als Empfehlung in die R, RTE 25931 / SN 671 512 "Bahnübergang – Basisdokumentation" [19] aufnehmen
15	Bei einer Lichtsignalanlage mit Bahn- oder Strassenbahnbetrieb wird empfohlen, die Signalgeber der bahnfeindlichen Spuren mit zwei Leuchtfeldern (vorzugsweise in LED-Technik) auszurüsten, z.B. Signalgeber mit Doppel-LED-Einsätzen.	Als Empfehlung in die R, RTE 25931 / SN 671 512 "Bahnübergang – Basisdokumentation" [19] aufnehmen
16	Bei einer Lichtsignalanlage mit Bahnübergang gelten besonders hohe Anforderungen an die Qualität der verkehrabhängigen Steuerung. Es wird empfohlen, die Anforderungen an die Qualität der Steuerung genau zu definieren.	In die R, RTE 25931 / SN 671 512 "Bahnübergang – Basisdokumentation" [19] aufnehmen
17	Bei Lichtsignalanlagen mit Bahnübergang wird empfohlen, die Angaben gemäss AB-EBV [8] und SN 640 837 [15] aufeinander abzustimmen, insbesondere bei den Angaben zu Schrankenöffnung und Übergang von gesperrt (rot) nach frei (grün)	AB-EBV [8] ergänzen bzw. überarbeiten und die Angaben der SN 640 837 [15] beachten
18	Bei einer Lichtsignalanlage mit Bahnübergang unterscheidet die AB-EBV [8] bei den Angaben zum Funktionsablauf nicht zwischen unterschiedlichen Verkehrsarten, wie z.B. Fussgänger oder Radfahrer. Es wird empfohlen, die Funktionsabläufe in der AB-EBV [8] hinsichtlich aller Verkehrsarten zu ergänzen.	Als Ergänzung in die AB-EBV [8] Angaben zu allen Verkehrsarten aufnehmen.
19	Bei einer Lichtsignalanlage mit Bahnübergang fehlen in der AB-EBV [8] Angaben zum Funktionsablauf bei Ausfall der Lichtsignalanlage, z.B. bei Störungsblinken. Es wird empfohlen, die AB-EBV [8] dementsprechend zu ergänzen.	Als Ergänzung in die AB-EBV [8] Angaben zu allen Verkehrsarten aufnehmen.
21	Bei Tramsicherungsanlagen gibt es keine einheitliche Art der Ausführung der Lichtsignalanlage. Es wird empfohlen, die Ausführung von Tramsicherungsanlagen zu vereinheitlichen.	In einer weiteren Untersuchung ist die Art der Ausführung zu prüfen und zu definieren. Der Zustand "gelb-blinkend" als Freigabe, z.B. bei Haltestellenüberwachungen, ist in die Signalisationsverordnung [6] aufzunehmen.
22	Die SN 640 838 [16] weist bei der Berechnung der Zwischenzeiten von ÖV-Fahrzeugen Lücken auf, insbesondere bei der Berücksichtigung des dynamischen Fahrverhaltens, der Unterscheidungen zwischen Räumen mit Abmeldung oder Räumen ohne Abmeldung oder der	In einer weiteren Untersuchung sind die Inhalte zu prüfen und zu definieren.

tatsächlichen Fahrzeuglänge.

Es wird empfohlen, die SN 640 838 [16] mit den genannten
Inhalten zu ergänzen.

Anhänge

I	Räumliche Verteilung der Unfälle Tram/ Bahn.....	93
---	---	-----------

I Räumliche Verteilung der Unfälle Tram/ Bahn

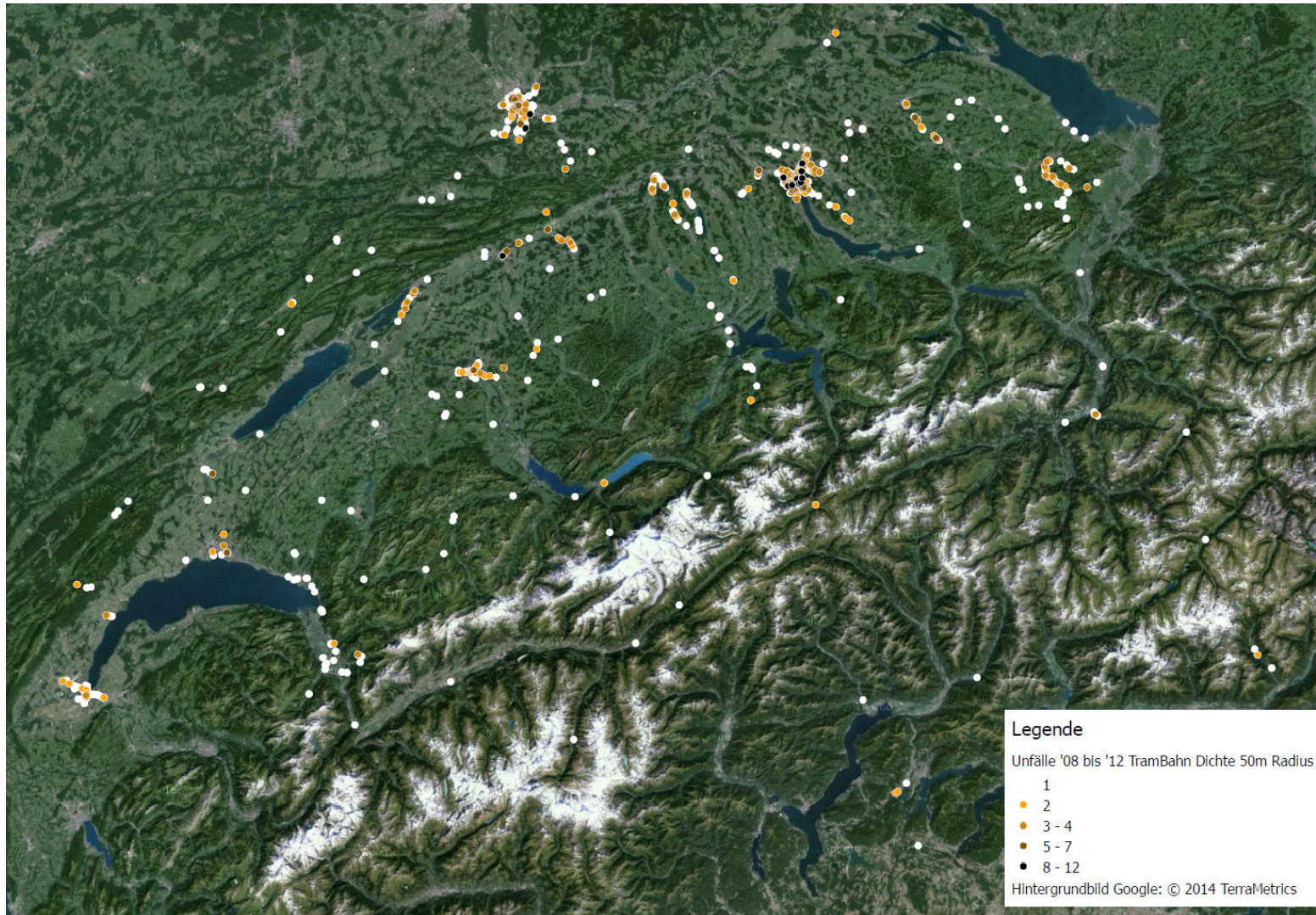


Abb. 1 Anzahl Unfälle mit Tram- oder Bahnbeteiligung im 50m-Radius. Datengrundlage: 2008 bis 2012 in der Schweiz
[Datenquelle: "Bundesamt für Strassen ASTRA, Strassenverkehrsunfall-Statistik"]

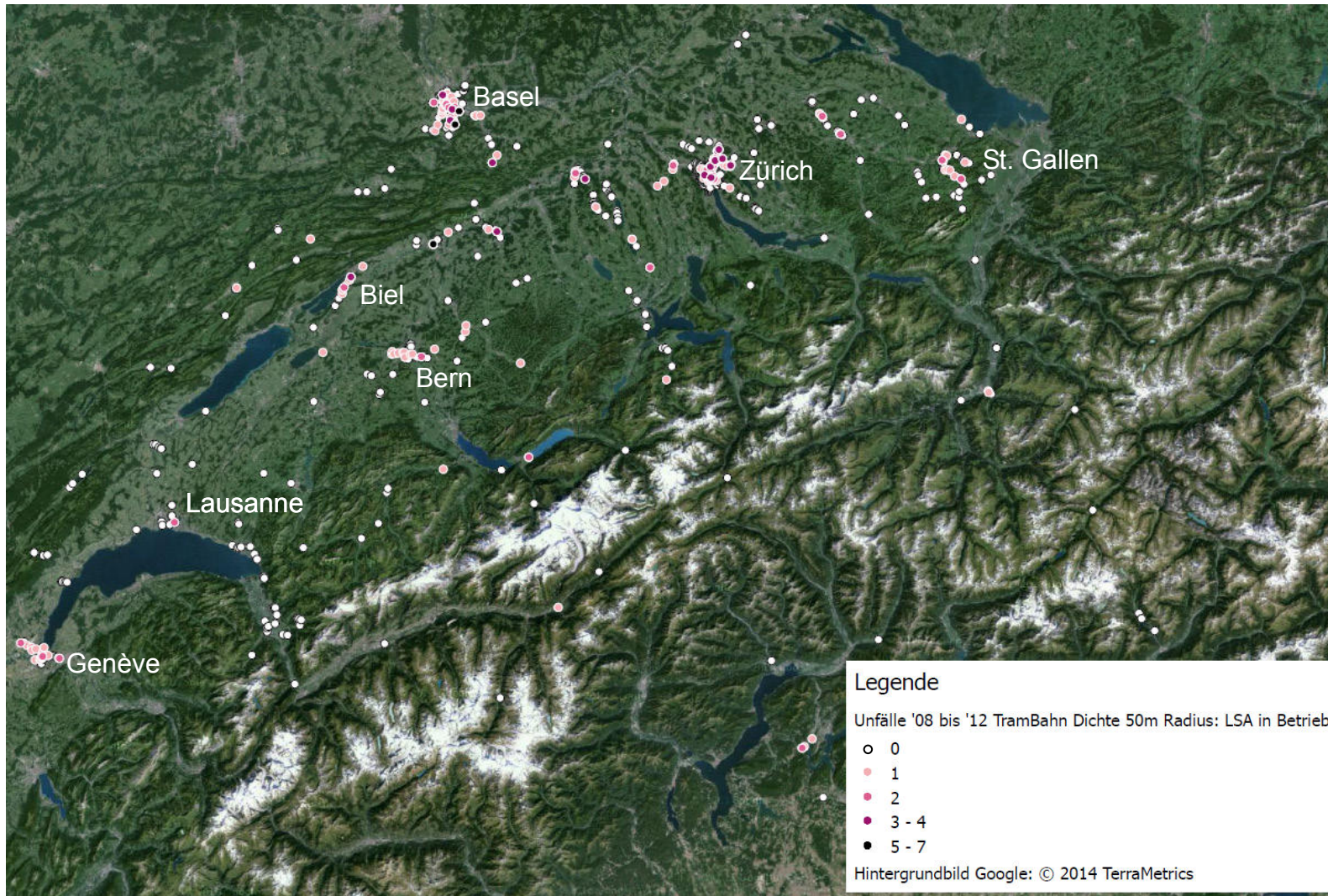


Abb. 2 Anzahl Unfälle mit Tram- oder Bahneteiligung im 50m-Radius und LSA in Betrieb. Datengrundlage: 2008 bis 2012 in der Schweiz [Datenquelle: "Bundesamt für Strassen ASTRA, Strassenverkehrsunfall-Statistik"]

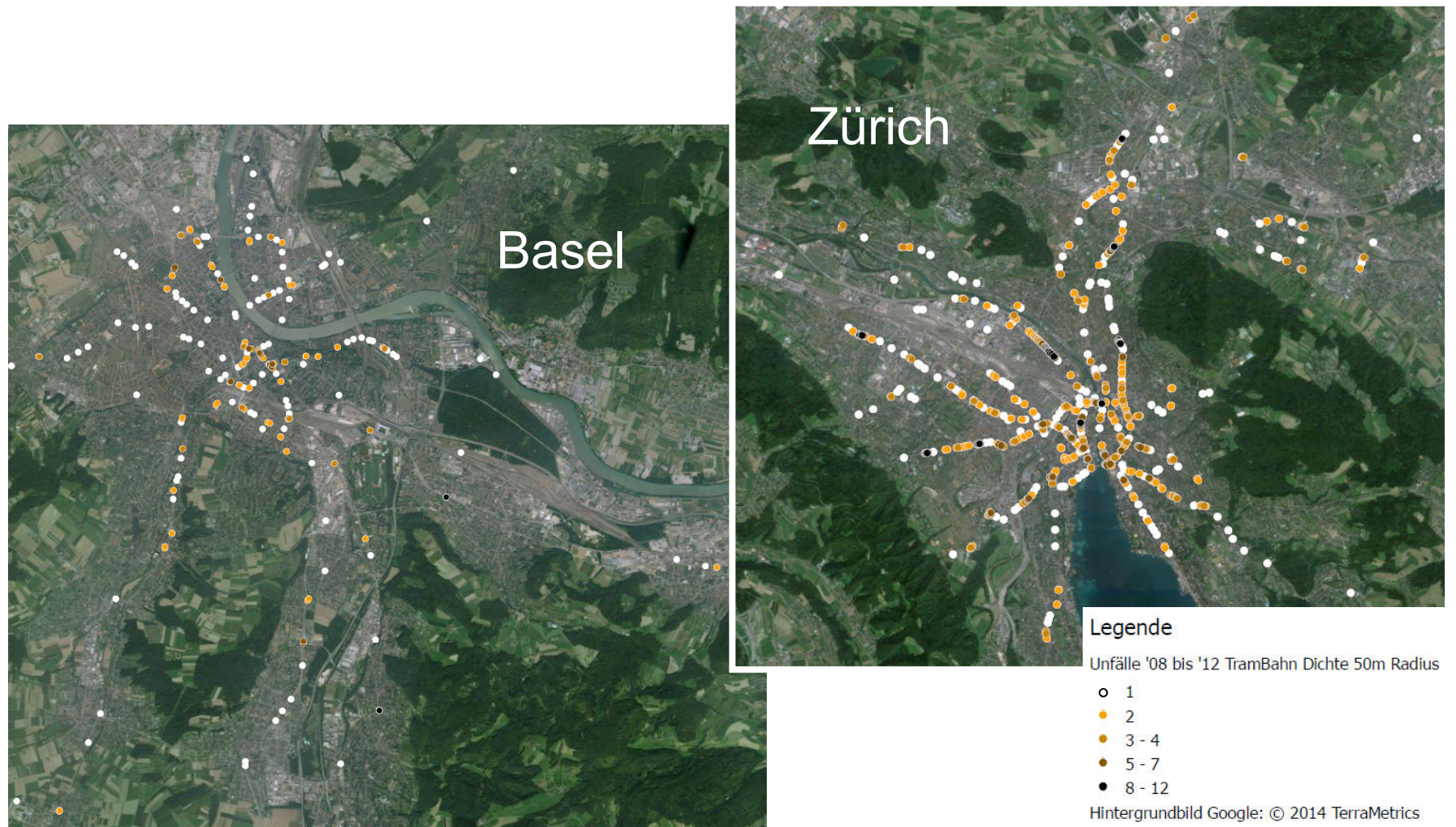


Abb. 3 Anzahl Unfälle mit Tram- oder Bahnbeteiligung im 50m-Radius (Agglomerationen Basel und Zürich). Datengrundlage: 2008 bis 2012 in der Schweiz [Datenquelle: "Bundesamt für Strassen ASTRA, Strassenverkehrsunfall-Statistik"]

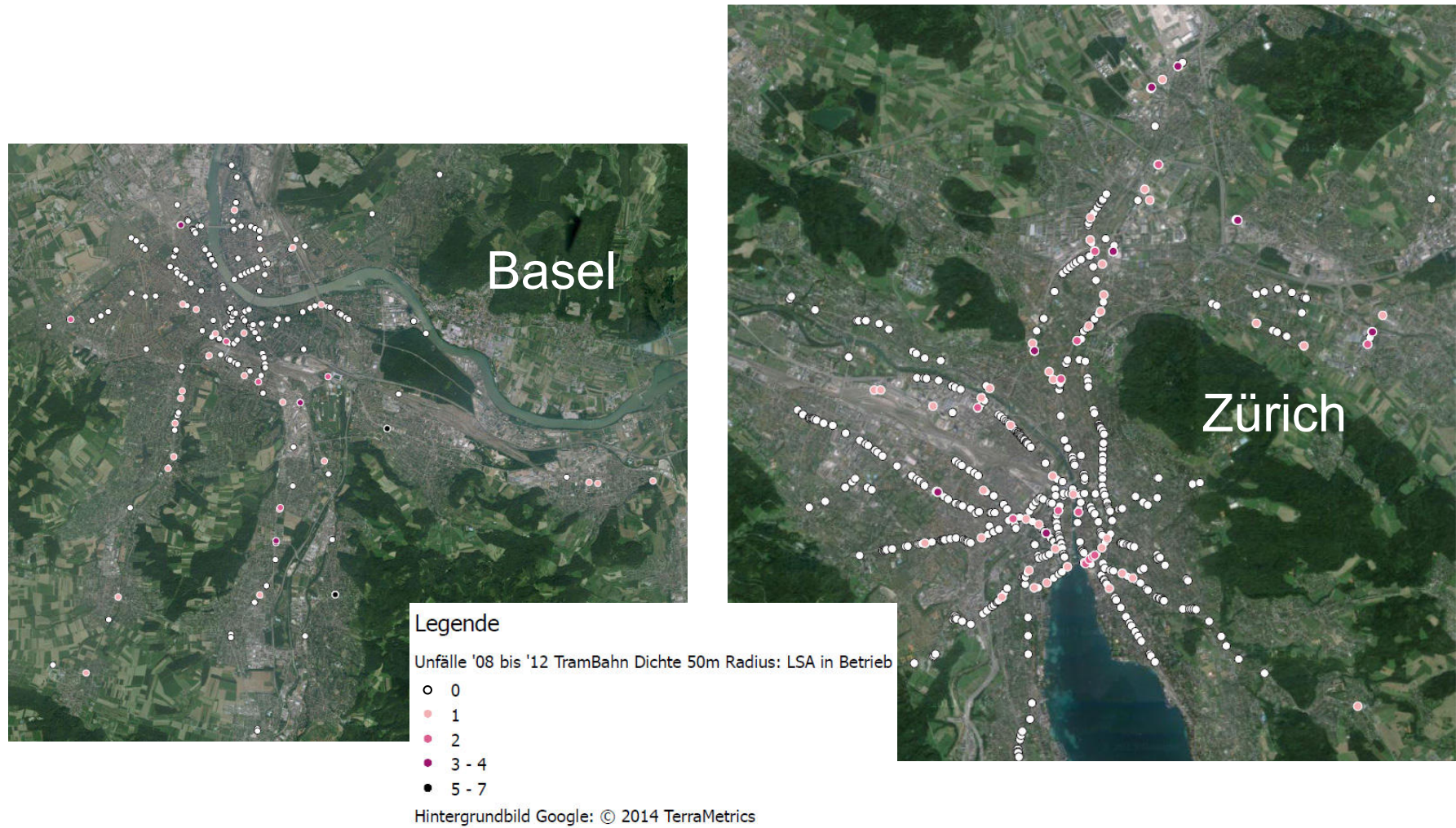


Abb. 4 Anzahl Unfälle mit Tram- oder Bahneteiligung im 50m-Radius und LSA in Betrieb (Agglomerationen Basel und Zürich). Datengrundlage: 2008 bis 2012 in der Schweiz [Datenquelle: "Bundesamt für Strassen ASTRA, Strassenverkehrsunfall-Statistik"]

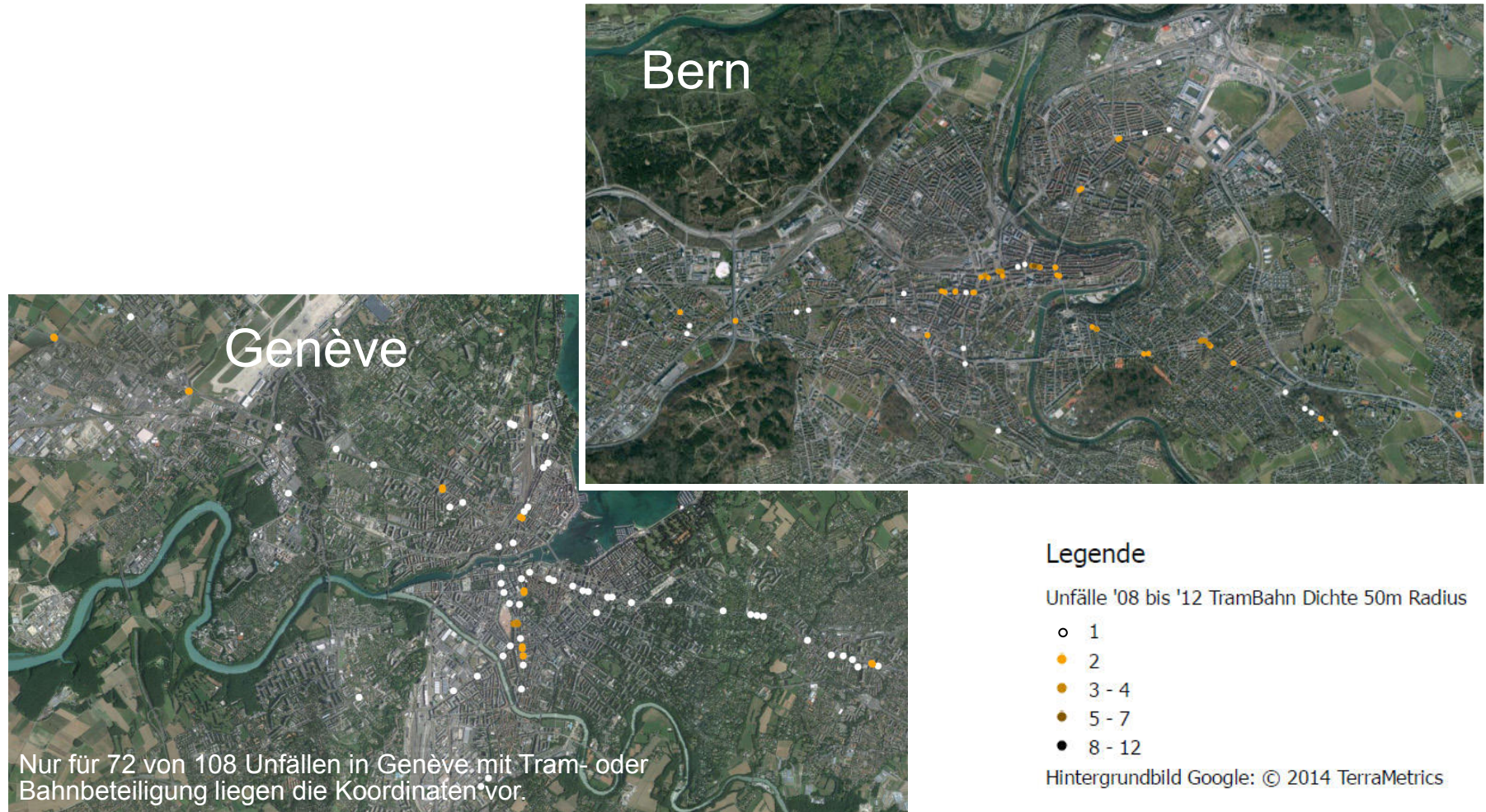


Abb. 5 Anzahl Unfälle mit Tram- oder Bahn beteiligung im 50m-Radius (Agglomerationen Bern und Genf; für 36 (von 108) Tram-/Bahnunfälle in Genf liegen keine Koordinaten vor). Datengrundlage: 2008 bis 2012 in der Schweiz [Datenquelle: "Bundesamt für Strassen ASTRA, Strassenverkehrsunfall-Statistik"]

Glossar

Begriff	Bedeutung
ASTRA	Bundesamt für Strassen
BSA	Bahnsicherungsanlage
Eigenfahrstreifen	Eigener Fahrstreifen, nur durch physisch überfahrbare Elemente (z.B. Markierungen) von der restlichen MIV-Fahrbahn getrennt.
Eigenrassee	eigener und physisch (z.B. durch einen hohen Bordstein) von der MIV Fahrbahn abgetrennter Fahrstreifen.
EN	Europäische Normen
ETH Zürich	Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
FDV	Fahrdienstvorschriften
Festzeitprogramm	Signalprogramm einer Lichtsignalsteuerung, in dem alle Fahrstreifen (Signalgruppen) je Umlauf mindestens ein fixes Freigabefenster erhalten.
Fussgängerfolgequerung	Eine Fussgängerquerung, die mehrere Fahrbahnen MIV/ Tram überquert und durch Inseln verschiedener Grösse unterteilt ist (oder: "hintereinanderliegende Fussgängerquerungen", siehe auch Abschnitt 6.1.1).
IVT	Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme
KSS	Kreuzung Strasse - Schiene
LED	Light emission diode (Leuchtdiode)
LRT	Light rail transit (Tram)
LSA	Lichtsignalanlage
MIV	Motorisierter Individualverkehr
RTE	Regelwerk Technik Eisenbahn
SN	Schweizer Norm (SN)
Tram	In der Schweiz wird die Strassenbahn auch als Tram bezeichnet
Umlaufsperr	Gemäss RTE 25931 / SN 671 512 [19] ist eine Umlaufsperr eine "Strassenseitige bauliche Anlage, welche an nicht mit Motorfahrzeugen gequerten Bahnübergängen angeordnet wird und verhindern soll, dass insbesondere Radfahrer einen Bahnübergang unachtsam befahren. Eine Umlaufsperr bildet mit Hilfe von Geländern einen horizontalen Versatz (vgl. auch [19], Ziffer 7.3.5)"
USV	Unterbrechungsfreie Stromversorgung
VSS	Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS)

Literaturverzeichnis

Bundesgesetze

-
- [1] Schweizerische Eidgenossenschaft (1957), „**Eisenbahngesetz vom 20. Dezember 1957 (EBG)**“, SR 742.101, www.admin.ch
-
- [2] Schweizerische Eidgenossenschaft (1958), „**Strassenverkehrsgesetz vom 19. Dezember 1958 (SVG)**“, SR 741.01, www.admin.ch
-
- [3] Schweizerische Eidgenossenschaft (2002), „**Bundesgesetz über die Beseitigung von Benachteiligungen von Menschen mit Behinderung (Behindertengleichstellungsgesetz, BehiG) vom 13. Dezember 2002**“, SR 151.3, www.admin.ch
-

Verordnungen

-
- [4] Bundesamt für Verkehr (2012), „**Schweizerische Eisenbahnen, Schweizerische Fahrdienstvorschriften FDV**“, SR 742.173.001, www.admin.ch
-
- [5] Schweizerische Eidgenossenschaft (1962), „**Verkehrsregelverordnung vom 13. November 1962 (VRV)**“, SR 741.11, www.admin.ch
-
- [6] Schweizerische Eidgenossenschaft (1979), „**Signalisationsverordnung vom 5. September 1979 (SSV)**“, SR 741.21, www.admin.ch
-
- [7] Schweizerische Eidgenossenschaft (1983), „**Verordnung über Bau und Betrieb der Eisenbahnen vom 23. November 1983 (EBV)**“, SR 742.141.1, www.admin.ch
-
- [8] Schweizerische Eidgenossenschaft (1983), „**Ausführungsbestimmungen zur Eisenbahnverordnung (AB-EBV), Stand am 1. Juli 2014**“, SR 742.141.11, www.admin.ch
-
- [9] Schweizerische Eidgenossenschaft (2003), „**Verordnung über die Beseitigung von Benachteiligungen von Menschen mit Behinderung (Behindertengleichstellungsverordnung, BehiV) vom 19. November 2003**“, SR 151.31, www.admin.ch
-

Normen

-
- [10] Schweizerischer Ingenieur und Architektenverein SIA (2014) „**Ordnung für Leistungen und Honorare der Ingenieurinnen und Ingenieure der Bereiche Gebäudetechnik, Maschinenbau und Elektrotechnik**“, SIA 108
-
- [11] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS (1999) „**Leistungsfähigkeit, Verkehrsqualität, Belastbarkeit; Knoten ohne Lichtsignalanlagen**“, SN 640 022
-
- [12] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS (2008) „**Leistungsfähigkeit, Verkehrsqualität, Belastbarkeit; Knoten mit Lichtsignalanlagen**“, SN 640 023
-
- [13] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS (2014) „**Fussgängerverkehr Hindernisfreier Verkehrsraum**“, SN 640 075
-
- [14] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS (2010) „**Knoten; Sichtverhältnisse**“, SN 640 273
-
- [15] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS (2015) „**Lichtsignalanlagen; Übergangszeiten und Mindestzeiten**“, SN 640 837
-
- [16] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS (1992) „**Lichtsignalanlagen; Zwischenzeiten**“, SN 640 838
-
- [17] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS (abgelöst durch [19]) „**Höhengleiche Kreuzung Schiene-Strasse: Signalisation und Betrieb**“, SN 671 510
-
- [18] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS (abgelöst durch [19]) „**Höhengleiche Kreuzungen Schiene-Strasse: Bau**“, SN 671 511
-
- [19] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS, Verband öffentlicher Verkehr VÖV (2012) „**Bahnübergang – Basisdokumentation**“, SN 671 512 (R, RTE 25931)
-

- [20] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS (2012) „**Schiene - Strasse Parallelführung und Annäherung, Abstand und Schutzmassnahmen**“, SN 671 520
-

Richtlinien

- [21] Bau- und Verkehrsdepartement des Kantons Basel-Stadt (2014) „**LSA-Richtlinien**“, Verfasser: Seiler, F.; Pöllendorfer, D.
-
- [22] Bau- und Verkehrsdepartement des Kantons Basel-Stadt (2014) „**LSA-Richtlinien - Infrastruktur**“, Abteilung Verkehrssteuerung.
-
- [23] Stadt Bern (2012) „**Handbuch Lichtsignalanlagen**“, V 1.0
-

Dokumentation

- [24] Amstad, Daniel; Güntensperger, Matthias (2013) "**Kurzbericht Escher-Wyss-Platz, Beurteilung Wechselsignale Tram**", Kurzbericht, Dienstabteilung Verkehr (DAV) der Stadt Zürich
-
- [25] Baerlocher, Daniel; Liesch, Johannes (2011) "**Grundsatzpapier - Konzept LSA, Kreiselssteuerung**", Rudolf Keller & Partner Verkehrsingenieure AG, Tram Region Bern, Querschnittsmandat LSA
-
- [26] Bütler, R.; Aeppli, K. (2006) "**Betriebssicherheit von Lichtsignalanlagen – Projektierung, Bau, Betrieb, Unterhalt**", Marty + Partner AG im Auftrag der Kantone LU/ AG/ BE/ SO/ TG/ ZG
-
- [27] COST TU1103 (2014) "**WP1 Report**", <http://www.tram-urban-safety.eu>
-
- [28] de Labonnefon, Valérie; Passelaigue, Jean-Michel (2014) "**ACCIDENTOLOGIE DES TRAMWAYS Analyse des événements déclarés, – année 2012 – évolution 2004 – 2012**", Ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie, RAPPORTS MEDDE – DGITM, Service Technique des Remontées Mécaniques et des Transports Guidés (STRMTG); http://www.strmtg.equipement.gouv.fr/IMG/pdf/Rapport_accidents_tramway_2012_vd1.pdf
-
- [29] Kropf, Ch.; Bleile, U.; Roana, S.; Schaub, Ch.; Müller, P.; Schirato, P.; Meury, R.; Monnat, C.; Widmer, P.; Stingelin, R.; Vuille, J. (2005) "**Grundsätze für die Signalisation der Kreuzungen Schiene/Strasse**", Arbeitsgruppe Tram-/Bahnübergänge, Kanton Basel-Land
-
- [30] Muff, Felix (2014) "**Wirkung der Sofortmassnahmen**", Präsentation, Kanton Zürich, Baudirektion, Tiefbauamt
-
- [31] Navales, Margarita; Teixeira, Manuel; Fontaine, Laetitia (2014) "**LRT urban insertion and safety: European experiences**", TRB 2014, Annual Meeting
-
- [32] Nübold, Nicola; Schneider, Stefan (2014) "**Sicherheit auf Fussgängerstreifen über Gleisanlagen**", Forschungsprojekt, Bundesamt für Strassen (ASTRA)
-

Projektabschluss



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

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

FORSCHUNG IM STRASSENWESEN DES UVEK

Version vom 09.10.2013

Formular Nr. 3: Projektabschluss

erstellt / geändert am: 02.12.2015

Grunddaten

Projekt-Nr.: VSS 2011 / 303
 Projekttitel: Höhengleiche Kreuzungen Strasse - Schiene, Anforderungen an die Signalsteuerung
 Enddatum: Dezember 2015

Texte

Zusammenfassung der Projektergebnisse:

Höhengleiche Kreuzungen Strasse - Schiene stellen wie erwartet besondere Anforderungen an die Verkehrsregelung:
 - Abwägung der Sicherheitsmassnahmen gegenüber einem flüssigen Verkehrsablauf sowohl auf Seite Schiene als auch auf Seite Strasse.
 - Berücksichtigung der Eisenbahn- und der Strassenverkehrsgesetzgebung.

Die Hauptkriterien für eine einheitliche Knotengestaltung (Sicherheit, Leistungsfähigkeit und Kosten) erlauben es Planern, Projektierenden und Betreibern derartiger Anlagen in der Schweiz, Lösungen in einem strukturierten Vorgehen zu erarbeiten.

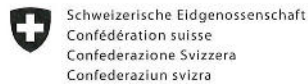
Um einen Überblick über die Sicherheitslage an Knoten Strasse - Schiene in der Schweiz zu erhalten, wurde für diesen Bericht eine Unfallanalyse der Jahre 2008 bis 2012 durchgeführt. Ein Vergleich der Unfälle Strassenbahn / Bahn mit allen Strassenverkehrsunfällen zeigt, dass die Auswirkungen bei einer Unfallbeteiligung Strassenbahn und Bahn überdurchschnittlich hoch sind. Für die gesamte Schweiz wurden signalgesteuerte Knoten mit lokalen Unfallhäufungen und Beteiligung Strassenbahn oder Bahn analysiert.

Um verschiedene Standpunkte innerhalb der Problemanalyse berücksichtigen zu können, wurde eine Umfrage in der Schweiz bei Planern, Projektierenden und Betreibern von Lichtsignalanlagen und schienenengebundenen ÖV-Systemen durchgeführt. Im Ergebnis sind aus Sicht Sicherheit Schranken das Mittel der Wahl, insbesondere wenn die gefahrenen Geschwindigkeiten auf Seiten Strassenbahn / Bahn hoch sind. Aus Sicht Leistungsfähigkeit, Stadtbild, Platzbedarf und Kosten würde man auf eine Schranke gerne verzichten. Bei der Knotenvereinheitlichung ist ein Mittelweg zwischen Vereinheitlichung und Baukastenprinzip zu wählen. Es besteht kein Bedürfnis nach zusätzlichen separaten Richtlinien.

In den Abschnitten 5.2 und 5.3 wird eine Auswahl an Knoten mit Kreuzungen Strasse - Schiene analysiert. In Abschnitt 5.4 werden Massnahmen für sichere Knoten, insbesondere bei schnellen Strassenbahngeschwindigkeiten, zusammengestellt. In Kapitel 6 wird eine Typisierung von Knoten Strasse - Schiene vorgenommen. Bei der Typisierung im Hinblick auf die Knotensicherheit haben die Geschwindigkeiten der Strassenbahn einen wichtigen Einfluss.

In Kapitel 7 werden Stossrichtungen für eine Vereinheitlichung formuliert. In Kapitel 8 werden Massnahmen und nächste Schritte zusammengefasst.

ku



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

Zielerreichung:

Die Ziele des ursprünglichen Forschungsgesuchs konnten grösstenteils erreicht werden. Insbesondere gab es dazu einen Dialog zwischen den verschiedenen Beteiligten von solchen Anlagen. Die Unfallanalyse hat deutlich einige Schwachstellen der bestehenden Anlagen aufgezeigt. Diese Schwachstellen konnten weiter analysiert werden, und es konnten konkrete Ideen und Massnahmen für eine generelle Verbesserung vorgeschlagen werden. Dabei haben sich allerdings auch die unterschiedlichen Auffassungen von Seite Schiene und Strasse deutlich gezeigt.

Folgerungen und Empfehlungen:

Im Kapitel 7 konnten Stossrichtungen für eine Vereinheitlichung formuliert werden. Im Kapitel 8 werden Massnahmen und nächste Schritte zusammengefasst. Dies betrifft insbesondere Anpassungen der bestehenden Normen. Diese Anpassungen müssen nun noch weiter geprüft werden.

Weiteren Untersuchungsbedarf gibt es insbesondere bei den Tramsicherungsanlagen, wo die Art der Ausführung noch vertieft zu prüfen und zu definieren ist.

Publikationen:

Forschungsbericht: VSS 2011 / 303 Höhengleiche Kreuzungen Strasse - Schiene,
Anforderungen an die Signalsteuerung

Der Projektleiter/die Projektleiterin:

Name: Müller

Vorname: Hansruedi

Amt, Firma, Institut: Rudolf Keller & Partner Verkehrsingenieure AG / B+S AG

Unterschrift des Projektleiters/der Projektleiterin:



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

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

FORSCHUNG IM STRASSENWESEN DES UVEK

Formular Nr. 3: Projektabschluss

Beurteilung der Begleitkommission:

Beurteilung:

Die Bearbeitung des Forschungsauftrages hat sich von der Einreichung des Forschungsgesuchs, zum Start der Projektbearbeitung bis zum Projektabschluss über einen längeren Zeitraum hingezogen. Dies war geprägt von Wechseln beim Bearbeitungsteam. Dabei hat sich auch das Projektumfeld stark geändert. Dies betrifft insbesondere die Norm SN 671 512 "Bahnübergang Basisdokumentation" des VSS (bzw. R RTE 25931 des VöV), welche in der Zwischenzeit erneuert wurde.

Trotzdem konnten die Ziele der Forschungsarbeit grösstenteils erreicht werden. Die Methode und das Vorgehen sind zweckmässig und praxisbezogen. Auf eine zu vertiefte wissenschaftliche Betrachtung wurde zugunsten des Praxisbezugs weitgehend verzichtet. Die Resultate sind verständlich dargestellt.

Umsetzung:

Die im Forschungsbericht vorgeschlagenen Massnahmen, insbesondere allfällige Anpassungen der Normen, werden nun weiter geprüft und beurteilt.

weitergehender Forschungsbedarf:

Es laufen bereits weitere Forschungsarbeiten zur weiter gefassten Thematik Sicherheit Strasse - Schiene, welche beim ASTRA und auch auf europäischer Ebene noch in Bearbeitung sind. Weiteren Forschungsbedarf gibt es allenfalls bei der Ausführung von Tramsicherungsmassnahmen gemäss Massnahme Nr. 21 und der Berechnung der Zwischenzeiten von ÖV-Fahrzeugen in der Norm SN 640 838.

Einfluss auf Normenwerk:

Die im Forschungsbericht vorgeschlagenen Massnahmen, insbesondere allfällige Anpassungen der Norm, werden nun weiter geprüft und beurteilt.

Der Präsident/die Präsidentin der Begleitkommission:

Name: Huber

Vorname: Clemens

Amt, Firma, Institut: Amt für Mobilität Kanton Basel-Stadt

Unterschrift des Präsidenten/der Präsidentin der Begleitkommission:

Verzeichnis der Berichte der Forschung im Strassenwesen

Das Verzeichnis der Berichte der Forschung im Strassenwesen kann unter www.astra.admin.ch /Dienstleistungen/Forschung im Strassenwesen/Downloads/Formulare heruntergeladen werden.