



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

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

Bundesamt für Strassen
Office fédéral des routes
Ufficio federale delle Strade

Verkehrssicherheit an Tagesbaustellen und bei Anschlüssen im Baustellen- bereich von Hochleistungsstrassen

**Sécurité routière pour chantiers de courte durée et aux
jonctions dans la zone d'un chantier de route à grand débit**

**Traffic Safety on Short-term Construction Zones and on
Ramp Junctions in Construction Areas**

**ETH Zürich, Eidgenössische Technische Hochschule
Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT)
Prof. P. Spacek, dipl. Ing. ETH
C. Heil, Dipl.-Ing. TH
N. Leemann, dipl. Ing. ETH**

Kantonspolizei Zürich, Verkehrstechnische Abteilung

**Forschungsauftrag VSS 2005/303 auf Antrag des
Schweizerischen Verbandes der Strassen- und Verkehrsfachleuten (VSS)**

September 2008

1238

Vorwort

Die vorliegende Untersuchung entstand aufgrund von Empfehlungen in der Forschungsarbeit „Baustellen an Hochleistungsstrassen; Verkehrstechnische Massnahmen zur Verbesserung der Sicherheit und des Verkehrsflusses“ (Forschungsauftrag VSS 1999/127 des UVEK). Sie besteht aus zwei Untersuchungsteilen. Im beiden Teilen bildet die Verbesserung der Verkehrssicherheit bei Baustellen an Autobahnen den Schwerpunkt.

Der erste Teil der Untersuchung befasst sich mit der Sicherheitsproblematik bei Tagesbaustellen. Als Forschungsziel standen hier Massnahmen zur Verhinderung folgenschwerer Aufprallkollisionen auf die fahrbaren Signalwände bzw. auf Dienstfahrzeuge, mit denen der Baustellenbeginn abgesichert wird, im Vordergrund. In diesem Untersuchungsteil war vor allem die Wirksamkeit der im Ausland bereits länger eingesetzten Warnschwellen, die auf den gesperrten Fahrstreifen vor dem Baustellenbeginn angeordnet werden, zu überprüfen. Zu diesem Zweck wurden an Autobahnen der Kantone Zürich und Aargau entsprechende Versuche durchgeführt.

Im Zweiten Untersuchungsteil wurde das Unfallgeschehen bei Anschlüssen und Verzweigungen im Baustellenbereich, die sich als deutliche Unfallschwerpunkte erwiesen haben, analysiert. In dieser Untersuchung wurden detaillierte Analysen der Unfälle an Baustellen mit verschiedenen Betriebsformen der Verkehrsführung durchgeführt. Als Grundlagen dienten hier polizeiliche Unfallprotokolle sowie Signalisationspläne und Fotoaufnahmen der Baustellen.

An der vorliegenden Untersuchung haben neben den Autoren die Herren H. Müller und M. Weissert von der Verkehrstechnischen Abteilung (VtA) der Kantonspolizei Zürich sowie Herrn M. Laube vom IVT massgeblich mitgewirkt. Wichtige Beiträge leistete auch Herrn R. Weber, ehemaliger Chef der VtA, der die Durchführung dieser Untersuchung initiiert hat. Wesentliche Impulse haben wir auch aus dem Kreis der begleitenden Expertenkommission der VSS erhalten.

Die Forschungsgemeinschaft möchte sich an dieser Stelle bei den Verantwortlichen und Mitarbeitern der Unterhaltsdienste auf Nationalstrassen der Kantone Zürich und Aargau sowie der Kantonspolizei Aargau für die wertvolle Unterstützung bei der Versuchsdurchführung bedanken.

Prof. P. Spacek

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung.....	1
1.1.	Ausgangslage.....	1
1.2.	Auftrag.....	1
1.3.	Forschungsziele.....	2
1.4.	Untersuchungsvorgehen.....	2
Teil A:	Tagesbaustellen	5
2.	Bisherige Untersuchungen.....	7
2.1.	Untersuchungen in Deutschland.....	7
2.2.	Untersuchungen in den Niederlanden.....	8
3.	Versuch mit Warnschwelleinsatz.....	10
3.1.	Versuchsanordnung.....	10
3.2.	Anlage der Warnschwellen.....	12
3.3.	Versuchsdurchführung.....	12
4.	Datenbasis.....	14
4.1.	Unfallaufbereitung.....	14
4.2.	Tagesbaustellen.....	16
4.2.1.	<i>Begriffe</i>	16
4.2.2.	<i>Einsatzhäufigkeit der Warnschwellen</i>	17
4.3.	Erhebungen des Fahrverhaltens.....	21
5.	Auswertungen und Analysen.....	23
5.1.	Unfallauswertungen.....	23
5.1.1.	<i>Unfallgeschehen Kanton Zürich</i>	23
5.1.2.	<i>Unfallgeschehen Kanton Aargau</i>	23
5.1.3.	<i>Auswirkungen von Warnschwellen</i>	24
5.2.	Detaillierte Unfallanalyse.....	25
5.2.1.	<i>Alle Unfälle im Fahrstreifenwechselbereich</i>	26
5.2.2.	<i>Unfallkollisionen mit Abgrenzung am Baustellenbeginn</i>	27
5.2.3.	<i>Übrige Erkenntnisse</i>	28
5.2.4.	<i>Folgerungen aus detaillierter Unfallanalyse</i>	28
5.3.	Fahrverhalten.....	28
5.3.1.	<i>Fahrstreifenwechsel bei ursprünglicher Versuchsanordnung</i>	29
5.3.2.	<i>Fahrstreifenwechsel bei veränderter Versuchsanordnung</i>	30
5.4.	Betriebliche Erfahrungen mit Warnschwelleinsatz.....	31
5.4.1.	<i>Installation der Warnschwellen</i>	31
5.4.2.	<i>Warnschwelleinsatz</i>	32
5.4.3.	<i>Personalaufwand</i>	34
6.	Folgerungen und Empfehlungen.....	35
6.1.	Untersuchungsergebnisse.....	35
6.2.	Hinweise zur Normung.....	36
6.2.1.	<i>Analyse bestehender Norm</i>	36
6.2.2.	<i>Normungsempfehlungen</i>	37

Teil B: Anschlüsse im Baustellenbereich	39
7. Grundlagen.....	41
7.1. Allgemeines.....	41
7.2. Bisherige Untersuchungen	42
7.3. Datenbasis	43
8. Auswertungen und Analysen	44
8.1. Unfallverteilung.....	44
8.2. Auswahl Untersuchungsstellen.....	45
8.3. Detaillierte Unfallanalyse	46
8.3.1. Grundlagen.....	46
8.3.2. Einfahrten und Fahrbahnzusammenführungen ohne Addition eines Fahrstreifens	47
8.3.3. Ausfahrten und Fahrbahnauftrennungen mit Subtraktion eines Fahrstreifens	50
8.3.4. Ausfahrten und Fahrbahnauftrennungen ohne Subtraktion eines Fahrstreifens.....	54
9. Folgerungen und Empfehlungen.....	56
9.1. Untersuchungsergebnisse	56
9.1.1. Einfahrten und Fahrbahnzusammenführungen	56
9.1.2. Ausfahrten bzw. Fahrbahnauftrennungen	56
9.2. Hinweise zur Normung.....	57
9.2.1. Analyse bestehender Norm	57
9.2.2. Normungsempfehlungen	57
Teil C: Verzeichnisse und Anhänge	59
10. Verzeichnisse und Quellen.....	61
10.1. Literaturverzeichnis.....	61
10.2. Abbildungsverzeichnis.....	62
10.3. Tabellenverzeichnis.....	63
11. Anhänge.....	64

Zusammenfassung

Bisherige Untersuchungen über Autobahnbaustellen haben Ein- und Ausfahrten im Baustellen-Innenbereich als deutliche Unfallschwerpunkte ausgewiesen. Daneben hat sich gezeigt, dass auch Tagesbaustellen einen vordringlichen Schwerpunkt im Unfallgeschehen darstellen. Das Ziel dieser Forschungsarbeit ist die Abklärung von Umständen und möglichen Ursachen der erhöhten Unfallhäufigkeit sowie die Unterbreitung von Massnahmenvorschlägen zur Erhöhung der Verkehrssicherheit für diese zwei ausgewiesenen Schwerpunkte des Unfallgeschehens. Diese Empfehlungen sind möglichst rasch in Normempfehlungen umzusetzen.

Tagesbaustellen

Zur temporären Einrichtung der Tagesbaustellen werden – in Anlehnung an Empfehlungen in der VSS-Norm 640 885c und in der zugehörigen Beilage – mobile, übergrosse Anzeigen des Fahrstreifenabbaus, ergänzt mit einem blinkenden Pfeil eingesetzt. Diese Anzeigen werden auf Fahrzeugen befestigt, die gleichzeitig einen physischen Schutz des gesperrten Fahrstreifens bilden. Obwohl diese Anzeigen sehr auffällig und gut sichtbar sind, zeigen bisherige Unfalluntersuchungen, dass ungewöhnlich viele und in der Regel auch folgenschwere Unfälle durch Aufprall auf dieses „schützende“ Fahrzeug geschehen. Zur Verhinderung dieser Unfälle werden im Ausland bereits Warnschwellen (auch Andreasstreifen) eingesetzt, welche einerseits visuell auf die Baustelle hinweisen und andererseits bei einer Überfahrt mit einem Rütteleffekt auf den bevorstehenden Fahrstreifenabbau aufmerksam machen sollen.

Für die Forschungsarbeit wurde im Kanton Zürich in den Jahren 2006 und 2007 ein Versuch mit dem Einsatz von Warnschwellen bei Tagesbaustellen durchgeführt und anschliessend das Unfallgeschehen sowie das Fahrverhalten ausgewertet. Zusätzlich konnte das Unfallgeschehen im Kanton Aargau untersucht werden, wo Warnschwellen ebenfalls eingesetzt werden.

Die Unfallauswertung zeigt, dass sich Warnschwellen als einfach handhabbares und flexibel einsetzbares Mittel zur Verdeutlichung der Fahrstreifensperrung und somit zur Verhinderung von Anfahrten auf die Signalwand bzw. zu einer Reduktion der Unfallschwere im Fahrstreifenwechselbereich eignen. Im Zustand mit Warnschwelleneinsatz ereigneten sich während der Versuchsdauer in beiden Kantonen keine solchen Unfälle. Dagegen veränderte sich während des Versuchs an den HLS im Kanton Zürich die relative Unfallhäufigkeit im Fahrstreifenwechselbereich zwischen den Zuständen mit und ohne Warnschwelleneinsatz nicht. Es kann jedoch davon ausgegangen werden, dass durch entsprechende Aufklärungskampagnen auch in diesem Bereich Verbesserungen möglich sind.

Die Erhebungen des Fahrverhaltens während der Versuchsphase zeigten, dass die Warnschwellen verhältnismässig häufig überfahren werden, vor allem bei der Sperrung des Überholfahrstreifens. Aus diesem Grund wurde ein Zusatzversuch mit einer angepassten Versuchsanordnung durchgeführt. Analog zur ausländischen Versuchsanordnung wurde zur Erhöhung der Aufmerksamkeit der Fahrzeuglenker ein zusätzliches Hinweissignal mit Anzeige des Fahrstreifenabbaus auf der Höhe der Warnschwellen eingesetzt. Der Vergleich der Erhebungsergebnisse zeigt, dass mit der Anordnung des zusätzlichen Signals die Häufigkeit des Überfahrens der Warnschwelle deutlich gesenkt wird. Es kann davon ausgegangen werden, dass mit dem zusätzlichen Signal nur ca. 10 % der Fahrstreifenwechsel, die auf den letzten ca. 350 m vor der Signalwand stattfinden, im letzten Bereich zwischen Warnschwellen und Signalwand erfolgen.

Die betrieblichen Erfahrungen mit dem Einsatz von Warnschwellen müssen als teilweise widersprüchlich beurteilt werden. Anders als im Kanton Aargau lehnen die Verantwortlichen für den Nationalstrassenunterhalt im Kanton Zürich den Einsatz von Warnschwellen ab. Begründet wird dies mit dem Hinweis auf den zusätzlichen Personalaufwand.

Anschlüsse im Baustellenbereich

Im zweiten Teil der vorliegenden Forschungsarbeit wurde das Unfallgeschehen bei Anschlüssen auf Hochleistungstrassen im Baustellenbereich anhand der Unfälle der Jahre 2003 bis 2006 im Kanton Zürich untersucht. Dazu konnten die Unfallprotokolle sowie die Baustellenpläne der verkehrstechnischen Abteilung der

Kantonspolizei Zürich eingesetzt werden. Mit Hilfe dieser Grundlagen wurden 14 Untersuchungsstellen ausgewählt und das Unfallgeschehen hinsichtlich Auffälligkeiten in der Unfallentstehung sowie auf Hinweise auf mögliche Unfallursachen untersucht.

Die Unfallauswertung bei *Einfahrten und Fahrbahnzusammenführungen* zeigt, dass sich rund ein Drittel der Unfälle beim Einfädelungsvorgang ereignet. Diese Vorgänge führen entweder direkt zu einer Kollision oder provozieren ein Ausweichmanöver, welches in einem Kollisionsunfall endet. Weiter ereignen sich Unfälle, welche entstehen, wenn Fahrzeuglenker mit Abbremsen oder Ausweichen einem Fahrzeug auf dem Beschleunigungsstreifen die Einfahrt ermöglichen. Bei der Auswertung bezüglich Hinweisen in der Unfallentstehung zeigt sich bei Einfahrten und Fahrbahnzusammenführungen die Problematik der Sichtbehinderungen aufgrund hoher Baken. Diese treten bei unterschiedlichen Situationen auf. Einerseits können sich Sichtbehinderungen für die einfahrenden Personenwagen bei der Verwendung von hohen Baken entlang der Einfahrt ergeben, da es sich um gekrümmte Fahrstreifenbereiche und stumpfe Betrachtungswinkel handelt. Andererseits können durch Fahrstreifenrückführungen kurz vor einer Einfahrt bzw. Fahrbahnzusammenführung Schwierigkeiten in der Überblickbarkeit des Verkehrsgeschehens entstehen.

Im Unfallgeschehen bei *Ausfahrten und Fahrbahnauftrennungen* mit und ohne Subtraktion eines Fahrstreifens sind Ähnlichkeiten zu erkennen. In beiden Situationen ergibt sich eine Häufung von Unfällen im Zusammenhang mit späten und unvorsichtigen Fahrstreifenwechseln. Daneben ereignen sich bei Ausfahrten und Fahrbahnauftrennungen mit Subtraktion eines Fahrstreifens Unfälle mit Fahrzeugen, welche in den Baustellenbereich einfahren. Bei Ausfahrten und Fahrbahnauftrennung ohne Subtraktion eines Fahrstreifens ereignen sich dagegen Unfälle mit Fahrzeugen, welche kurz vor der Ausfahrt stark abbremsen. Bezüglich der Unfallursache konnten bei Ausfahrten und Fahrbahnauftrennungen zwei Hinweise gefunden werden. Einerseits ergeben sich aufgrund der z.T. sehr hohen Verkehrsmengen Schwierigkeiten für den Fahrstreifenwechsel. Andererseits enthalten die Unfallprotokolle häufig Hinweise auf Probleme mit der Verständlichkeit der Wegweisung. Es zeigt sich, dass eine übersichtliche und für den Fahrzeuglenker bekannte Wegweisung für die Verkehrssicherheit von grosser Bedeutung ist.

Aufgrund der Untersuchungsergebnisse werden im Bericht für die beiden Teiluntersuchungen entsprechende Normempfehlungen unterbreitet.

Resumé

Les analyses effectuées jusqu'à présent sur les chantiers d'autoroute ont mis en évidence que les entrées et sorties d'autoroute dans la zone interne des chantiers constituent des points noirs nets. Par ailleurs, il a été observé que les chantiers de courte durée représentent aussi un point noir important. L'objectif de ce travail de recherche est de déterminer les situations et les causes potentielles du nombre élevé d'accidents ainsi que la soumission de propositions de mesures pour améliorer la sécurité du trafic pour ces deux points noirs dont il est fait état. Ces recommandations doivent être mises en œuvre sous forme de recommandations de normes dès que possible.

Chantiers de courte durée

Pour l'aménagement temporaire des chantiers de courte durée, des panneaux de signalisation mobiles, très grands indiquant la suppression de voies de circulation sont placés et accompagnés d'une flèche clignotante – en s'appuyant sur les recommandations figurant dans la norme VSS 640 885c et dans les annexes qui ont fait partie. Ces panneaux de signalisation sont fixés sur des véhicules qui constituent également une protection physique de la voie de circulation fermée. Bien que ces panneaux de signalisation soient ostentatoires et donc bien visibles, les analyses des accidents menées jusqu'à présent montrent qu'un nombre anormalement élevé d'accidents – et en règle générale aussi avec des incidences graves – qui se produisent sont dus au fait que ce véhicule "protecteur" est heurté. Afin d'empêcher des accidents de ce type, des dos d'âne d'alerte sont déjà utilisés à l'étranger. Ils attirent l'attention d'une part de manière visuelle sur le chantier et, d'autre part, sur la suppression de voies de circulation à venir avec un cahotement lorsque l'on roule dessus.

Pour le travail de recherche, une expérience a été menée en 2006 et 2007 dans le canton de Zurich en installant des dos d'âne d'alerte pour des chantiers de jour ; les accidents ainsi que le comportement de conduite ont ensuite été analysés. Des dos d'âne d'alerte ont également été utilisés en Argovie et les accidents analysés.

L'analyse des accidents montre que les dos d'âne d'alerte constituent un moyen simple et flexible à mettre en place et sont appropriés pour mettre en évidence la fermeture de voies de circulation et ainsi éviter les collisions avec le panneau de signalisation, resp. diminuer la gravité des accidents dans la zone de changement de voie de circulation. Dans les cas où les dos d'âne ont été utilisés, de tels accidents n'ont pas eu lieu pendant la durée de l'expérience dans les deux cantons. En revanche, lors de l'expérience sur les routes à grand débit dans le canton de Zurich, la fréquence relative des accidents dans la zone de changement de voie de circulation entre les états avec et sans l'utilisation de dos d'âne d'alerte ne s'est pas modifiée. Il peut toutefois être supposé que grâce à des campagnes de sensibilisation, des améliorations sont aussi possibles dans ce domaine.

Les enregistrements du comportement de conduite pendant la phase d'expérience ont montré que les véhicules roulent proportionnellement souvent sur les dos d'âne d'alerte, surtout lorsque la voie de dépassement est fermée. C'est pourquoi une expérience supplémentaire avec une mise en œuvre adaptée a été menée. A l'instar de la mise en œuvre à l'étranger, un signal supplémentaire indiquant la suppression de voies de circulation a été mis en place à la hauteur des dos d'âne d'alerte afin d'augmenter l'attention des conducteurs. La comparaison des résultats met en évidence que grâce à la mise en place du signal supplémentaire, la fréquence à laquelle les véhicules roulent sur les dos d'âne d'alerte baisse nettement. Il peut être supposé qu'avec le signal supplémentaire, seulement 10% environ des changements de voie de circulation qui ont lieu sur les derniers 350 mètres environ avant le panneau de signalisation se produisent dans la dernière zone entre les dos d'âne d'alerte et le panneau.

Les expériences opérationnelles faites avec l'utilisation de dos d'âne d'alerte doivent être jugées comme partiellement contradictoires. Contrairement au canton d'Argovie, les personnes responsables de l'entretien des routes nationales dans le canton de Zurich ont refusé l'utilisation de dos d'âne d'alerte en argumentant que cela engendrerait des dépenses liées au personnel supplémentaires.

Jonctions dans la zone d'un chantier

Dans la deuxième partie du présent travail de recherche, les accidents survenus à des jonctions sur des routes à grand débit dans la zone d'un chantier ont été analysés sur la base des accidents qui se sont produits durant les années 2003 à 2006 dans le canton de Zurich. Pour ce faire, les constats d'accident et les plans de chantiers du service compétent du canton de Zurich ont pu être utilisés. En se servant de ces bases, 14 endroits ont été choisis pour effectuer les expériences et les accidents ont été analysés du point de vue des éléments frappants dans leur survenance ainsi que des causes éventuelles des accidents.

L'exploitation des résultats relatifs aux accidents aux *entrées et points de convergence* montre que près d'un tiers des accidents se produisent lors du processus d'insertion dans une file. Ces processus provoquent, soit directement une collision, soit une manœuvre de rabattement qui se termine par une collision. En outre, des accidents se produisent lorsque les conducteurs permettent, en freinant ou en se rabattant, à un véhicule d'entrer sur la voie d'accélération. L'évaluation au sujet des causes des accidents a mis en évidence le problème du manque de visibilité dû à des balises hautes aux entrées et points de convergence. Ce phénomène se produit dans différentes situations. D'une part, les conducteurs de voitures de tourisme qui entrent sur la voie peuvent avoir un manque de visibilité lorsque de hautes balises sont utilisées le long de l'entrée, puisqu'il s'agit de zones de voies de circulation courbées et d'angles d'observation obtus. D'autre part, des voies de retour sur la chaussée juste avant une entrée ou un point de convergence des chaussées peuvent engendrer des difficultés de visibilité du trafic.

Des similitudes sont constatées pour les accidents survenant aux *sorties et points de divergence* avec ou sans soustraction d'une voie de circulation. Dans les deux situations il en résulte une accumulation d'accidents dus à un changement de voie de circulation tardif ou imprudent. Par ailleurs, aux sorties et points de divergence avec soustraction d'une voie de circulation, des accidents surviennent avec des véhicules qui roulent dans la zone d'un chantier. En revanche, aux sorties et points de divergence sans soustraction d'une voie de circulation des accidents se produisent avec des véhicules qui freinent fortement juste avant la sortie. Deux éléments permettent d'expliquer les causes des accidents aux sorties et points de divergence. D'une part, le volume de trafic parfois très élevé peut engendrer des difficultés pour changer de voie de circulation. D'autre part, les constats d'accident font souvent mention des problèmes de compréhension de la signalisation de direction. Il a été mis en évidence qu'il est très important pour la sécurité du trafic d'utiliser des signalisations claires et simples et connues des conducteurs.

Sur la base des résultats des analyses, des recommandations de norme sont soumises dans le rapport pour chacune des deux analyses partielles.

Abstract

Previous research into construction zones on freeway has revealed exits and entrances of motorways within construction zones as accident black spots. Besides it showed up that short-term construction zones represent a dangerous accident black spots as well. The objective of the research work is the clarification of circumstances and possible causes of the increased accident frequency as well as the submission of measure suggestions to increase the traffic safety at these two proven accident black spots.

Short-term construction zones

For the temporary installation of the short-term construction zones – following the recommendations in the Swiss standard 640 885c and in the associated attachment – mobile, extra large signs of the lane closure in combination with a flashing arrow are used. These signs are fixed on vehicles which form also a physical protection for the closed lane. Previous investigations indicated that, although the signs are conspicuous and well visible, an unusually high number of collisions with the protecting vehicles occurs and that these accidents are normally fatal. For the prevention of these accidents warning ramps (also “Andreas strips”) as a visual and also a tactile warning are already used abroad.

For the research work a trial with the warning ramps at short-term construction zones was arranged in canton Zurich 2006 and 2007. Afterwards the accident occurrence and the driving behaviour were analysed. Additionally the accident occurrence in canton Aargau, where rumble strips also are used, was evaluated.

The analyse of the accident occurrence reveals that the warning ramps constitute a flexible aid to sign the lane closure and therefore to prevent collisions with the vehicle mounted sign respectively to reduce the accident severity in the lane change zone. During the trial no accident occurred in both cantons when warning ramps were used at the short-term site. In contrast the accident frequency in the lane change zone in canton Zurich didn't change with the use of the warning ramps. It is assumed that with a corresponding information campaign improvements should be possible also in this field.

The collection of the driving behaviour during the trial figured that warning ramps have been passed over frequently, specially when the offside lane was closed. Therefore an additional trial with a changed setup was arranged. According to the installation of the short-term construction zones abroad an additional sign with the advice of the lane closure was installed adjacent of the warning ramps to increase the attention of the drivers. The comparison of the results showed a clear reduction of the number of vehicles passing over the warning ramps with the installation of the extra sign. It is assumed that with this additional sign only approximately 10 % of the lane changes which take place in the last 350 m before the vehicle mounted sign are situated in the range between the warning ramps and the vehicle mounted sign.

The operational experience of the use of the warning ramps are inconsistent. Unlike to the canton Aargau the people responsible for the maintenance of the federal highways in canton Zurich oppose the use of the warning ramps because of the additional personnel cost.

Ramp Junctions in Construction Areas

In the second part of the research work, the traffic safety at entrances, exits and ramp junctions within construction zones was investigated with the database of the accidents in canton Zurich in the years 2003 to 2006. For this investigation the accident reports and the plans of the constructions zones of the traffic engineering department of the police of the canton Zurich were available. With this database 14 constructions zones were selected for the detailed analyse of the accident occurrence concerning the origin and possible accident causes.

The analyse of the accident occurrence at entries and points of convergence reveals that about a third of the accidents happens in connection with merging processes. These processes end directly with a collision or provoke somebody to change the lane what ends finally also with a collision. Furthermore there are accidents with vehicles which change the lane or decelerate to allow somebody at the acceleration lane to merge. The analyse of the references to possible accident causes shows the problem of visibility because of high guidance at different situations. Problems with visibility could occur for drivers of cars which use the

entrance when there are high guidance at the side of the entry lane because there are curving lane alignments and obtuse viewing angles. Furthermore a lane recirculation near to an entrance or a lane merging make it difficult to sum up the situation of the traffic flow.

The accident occurrence at exits and points of divergence with and without lane reduction has some similarities. There is an accumulation of accidents in conjunction with a late or careless lane change in both situations. At exits and points of divergence with a lane reduction there are also accidents with vehicles which drive into the construction zones. At exits and points of divergence without a lane reduction occur accidents with vehicles which decelerate short before the exit. Furthermore the analyse of the accident occurrence at exits and points of divergence figures two possible accident causes. On the one hand there are difficulties with the lane change because of the high traffic volumes. On the other hand the accident reports indicate problems with the comprehensibility of the direction signing. It showed up that a familiar direction signing is very important for the traffic safety.

Due to the results of this research work the report contains recommendations for the standards for both parts of the work.

1. Einleitung

1.1. Ausgangslage

Im Rahmen der abgeschlossenen Forschungsarbeit „Baustellen an Hochleistungsstrassen; Verkehrstechnische Massnahmen zur Verbesserung der Sicherheit und des Verkehrsflusses“ (FA VSS 1999/127) wurden von SPACEK et al. (2005) die *Ein- und Ausfahrten im Baustellen-Innenbereich*¹ als deutliche Unfallschwerpunkte ausgewiesen. Die dortigen Auswertungen der Baustellenunfälle haben gezeigt, dass bei beiden Unfallschwerpunkten ein hoher Handlungsbedarf besteht: In Anschluss- und Verzweigungsbereichen, die sich im Baustellen-Innenbereich befinden, resultieren bis zu fünffach höhere Unfallraten, als im Baustellen-Innenbereich ohne Anschlüsse oder Verzweigungen. Dabei ist von Bedeutung, dass die Baustellen-Innenbereiche gemäss SPACEK et al. (2005) keine, gegenüber dem Zustand ohne Baustelle erhöhten Unfallhäufigkeiten aufweisen, wenn sich darin keine Anschlüsse oder Verzweigungen befinden. Allerdings war in der erwähnten Arbeit die Datenstichprobe und -qualität nur beschränkt, sodass detaillierte Unfallsauswertungen nicht möglich waren. In der Zwischenzeit konnte die verkehrstechnische Abteilung der Kantonspolizei Zürich eine umfangreiche und ausführliche Datensammlung aller Unfälle an Autobahnbaustellen im Kanton über mehrere Jahre aufbereiten. Diese Datenbasis sollte die Abklärung von Umständen und möglichen Ursachen der erhöhten Unfallhäufigkeit ermöglichen.

In der erwähnten Aufbereitung von Unfalldaten an Autobahnbaustellen im Kanton Zürich hat sich zusätzlich gezeigt, dass einer der vordringlichen Schwerpunkte im Unfallgeschehen die sogenannten *Tagesbaustellen* bilden. Es ist davon auszugehen, dass diese Erkenntnis auch für andere Kantone zutrifft. Zur temporären Einrichtung und Absicherung der Tagesbaustellen werden – in Anlehnung an Empfehlungen in der VSS-Norm SN 640 885c und in der zugehörigen Beilage – mobile, übergrosse Anzeigen des Fahrstreifenabbaus, ergänzt mit blinkendem Pfeil eingesetzt. Diese Anzeigen werden auf Fahrzeugen befestigt, die gleichzeitig einen physischen Schutz des gesperrten Fahrstreifens bilden. Obwohl diese Anzeigen sehr auffällig und gut sichtbar sind, haben die ersten Unfallsauswertungen gezeigt, dass ungewöhnlich viele und in der Regel auch folgenschwere Unfälle durch Aufprall auf diese „schützenden“ Fahrzeuge geschehen. Von allen Unfällen an Tagesbaustellen ereignen sich fast 40 % im Einfädungsbereich des Fahrstreifenabbaus. Bei fast 60 % dieser Unfälle erfolgt ein Aufprall auf die an einem Unterhaltsfahrzeug befestigte Signalwand, die auf dem gesperrten Fahrstreifen zur Absicherung des Baustellenarbeitsbereichs aufgestellt wird. Dementsprechend sind solche Unfälle in der Regel folgenschwer. Die in der Norm empfohlene Anordnung zur Absicherung von Tagesbaustellen hat sich in der Praxis nicht bewährt. Diese ungünstige Situation stellt die Zweckmässigkeit der empfohlenen Baustelleneinrichtung in Frage. Es ist somit angezeigt, und aus der Sicht der Verantwortlichen auch vordringlich, die Ursachen dieser erhöhten Unfallhäufigkeit zu untersuchen.

Die oben beschriebene Problematik bei Tagesbaustellen wurde bereits in den 1990er Jahren auch im Ausland, wo ähnliche Baustellenabsicherungen wie in der Schweiz eingesetzt wurden, erkannt. Dazu wurden vor allem in Holland und Deutschland umfangreiche Untersuchungen an Tagesbaustellen durchgeführt (vgl. u.a. STEINAUER et al. (2004)). Dabei hat man bei Feldversuchen alternative Formen des Fahrstreifenabbaus eingesetzt und die Auswirkungen untersucht. Eines der eingesetzten Absicherungssysteme (sogenannte Warnschwellen) hat eine deutliche Reduktion des Unfallgeschehens bewirkt und wurde deshalb in die entsprechenden Richtlinien aufgenommen.

1.2. Auftrag

Aufgrund dieser Ausgangslage wurde die Forschungsgemeinschaft

- Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT) an der ETH Zürich (Federführung) und
- Verkehrstechnische Abteilung der Kantonspolizei Zürich

beauftragt, Auswertungen und Analysen des Unfallgeschehens bei Ein- und Ausfahrten im Baustellen-Innenbereich sowie bei Tagesbaustellen durchzuführen. Aufgrund der gewonnenen Erkenntnisse über die Entstehung der Unfälle sind geeignete Massnahmenvorschläge zu erarbeiten. Dabei sollen auch Ergebnisse ausländischer Untersuchungen berücksichtigt werden. Zu diesem Zweck sollen an Tagesbaustellen an Autobahnen in der Schweiz im Rahmen eines befristeten Versuchs die sogenannten Warnschwellen eingesetzt und ihre Auswirkungen auf das Unfallgeschehen untersucht werden. Die aus dieser Untersuchung resultierenden Ergebnisse sind in geeignete Normungsempfehlungen umzusetzen.

¹ Streckenabschnitt mit eingeeengten Fahrstreifenbreiten, der sich zwischen Fahrstreifenüberleitung und -rückleitung bzw. zwischen Fahrstreifenverschnenkungen befindet.

In Erweiterung des Auftrags hat die Forschungsgemeinschaft auch das Fahrverhalten im Bereich des Fahrstreifenabbaus an Tagesbaustellen untersucht. Zu diesem Zweck wurden entsprechende Videoaufnahmen des Verkehrsablaufs an Tagesbaustellen mit Einsatz von Warnschwellen durchgeführt und ausgewertet.

1.3. Forschungsziele

Die Forschungsarbeit dient zur Erhöhung der Verkehrssicherheit an Autobahnbaustellen. Das *Ziel der Forschungsarbeit* ist die Abklärung von Umständen und möglichen Ursachen der erhöhten Unfallhäufigkeit bei den Ein- und Ausfahrten im Baustellen-Innenbereich und bei den Tagesbaustellen sowie die Unterbreitung von entsprechenden Massnahmenvorschlägen zur Erhöhung der Verkehrssicherheit bei diesen zwei ausgewiesenen Schwerpunkten des Unfallgeschehens. Diese Vorschläge sind möglichst rasch in Normempfehlungen umzusetzen.

Bei den *Ein- und Ausfahrten*, die im Bereich der Baustellen betrieben werden müssen, sind die Verkehrsführung und Ausgestaltung, unter Berücksichtigung der Struktur des Unfallgeschehens zu untersuchen. In der Forschungsarbeit VSS 1999/127 wurde durch SPACEK et al. (2005) darauf hingewiesen, dass sie oft mit einer im Vergleich zu den Über- bzw. Rückleitungen auffallend kleineren Sorgfalt eingerichtet werden. Zudem wird dort auf die Problematik der auch bei Ein- und Ausfahrten verwendeten hohen Leitbaken hingewiesen, die sich vor allem bei Dunkelheit oft als Sichthindernisse erweisen.

Bei den *Tagesbaustellen* stehen Empfehlungen zur Verhinderung folgenschwerer Aufprallkollisionen auf die fahrbaren Signalwände bzw. auf Dienstfahrzeuge am Ende des Fahrstreifenabbaus im Vordergrund. In diesem Untersuchungsteil ist vor allem die Wirksamkeit der im Ausland bereits eingesetzten Warnschwellen, die auf den gesperrten Fahrstreifen angeordnet werden, zu überprüfen.

1.4. Untersuchungsvorgehen

Für die Bearbeitung des Forschungsvorhabens war es vorgesehen, Verbesserungsvorschläge aufgrund der Unfallauswertungen unter Berücksichtigung der baulichen und betrieblichen Ausprägungen der zwei zu untersuchenden Schwerpunkte „Anschlüsse im Baustellenbereich“ und „Tagesbaustellen“ abzuleiten.

Der Untersuchungsteil „Tagesbaustellen“ musste zeitlich vorgezogen werden, weil hier in einem ersten Schritt Versuche mit dem Einsatz von Warnschwellen durchzuführen waren. Bei diesem Einsatz handelt es sich um eine neuartige, für viele Fahrzeuglenker ungewohnte Massnahme, die sich u. U. negativ auf das Fahrverhalten auswirken könnte. In Erweiterung des Auftrags und nach Absprache mit den Unterhaltungsdiens-ten wurde deshalb der Verkehrsablauf in Zufahrtsbereichen zu Tagesbaustellen, an welchen Warnschwellen eingesetzt wurden, mit Hilfe von Videoaufnahmen überwacht.

Die Bearbeitung des Forschungsvorhabens wurde in folgende Arbeitsschritte unterteilt:

→ *Schritt 1: Bisherige Erkenntnisse*

In diesem Schritt werden die wichtigsten Erkenntnisse aus der Fachliteratur zusammengestellt. Bzgl. der Anschluss- und Verzweigungsbereiche im Baustellen-Innenbereich können sie dem Forschungsauftrag VSS 1999/127 weitgehend entnommen werden, für die Tagesbaustellen müssen sie aufbereitet werden.

→ *Schritt 2: Durchführung der Versuche an Tagesbaustellen*

Nach der Erteilung der entsprechenden Genehmigung durch das Bundesamt für Strassen (ASTRA) werden parallel zum Schritt 1 die oben angesprochenen Versuche durchgeführt. Nach der Auswertung der ersten Videoaufnahmen des Fahrverhaltens musste eine Versuchsmodifikation vorgenommen werden.

→ *Schritt 3: Generelle Auswertungen und Analysen*

In diesem Schritt werden aufgrund der Unfalldaten das Sicherheitsniveau der Tagesbaustellen eingegrenzt und die charakteristischen Ausprägungen des Unfallgeschehens der beiden zu untersuchenden Unfallschwerpunkte (Tagesbaustellen und Anschluss-/Verzweigungsbereiche) in Abhängigkeit der betrieblichen und baulichen Merkmale ermittelt. Bei den Tagesbaustellen muss auch die Einsatzhäufigkeit der Warnschwellen mitberücksichtigt werden.

→ *Schritt 4: Detaillierte Auswertungen und Analysen*

In diesem Schritt werden die Umstände und mögliche Ursachen der Unfallentstehung abgeklärt. Zusätzlich werden in dieser Phase Vergleiche zwischen Tagesbaustellen ohne und mit Einsatz der neuartigen Absperreinrichtung durchgeführt und detailliert analysiert.

→ *Schritt 5: Erarbeitung von Vorschlägen und Berichterstattung*

In diesem letzten Arbeitsschritt werden aufgrund der Erkenntnisse aus den Arbeitsschritten 1 bis 4 Vorschläge für Massnahmen erarbeitet und Empfehlungen für die Normung unterbreitet.

Sowohl bei der Durchführung der Untersuchung als auch bei der Berichterstattung werden die beiden Teile Tagesbaustelle und Anschlüsse im Baustellenbereich getrennt voneinander behandelt.

Die folgende Abbildung zeigt schematisch das Untersuchungsverfahren, welches weitgehend der Gliederung des Berichts entspricht.

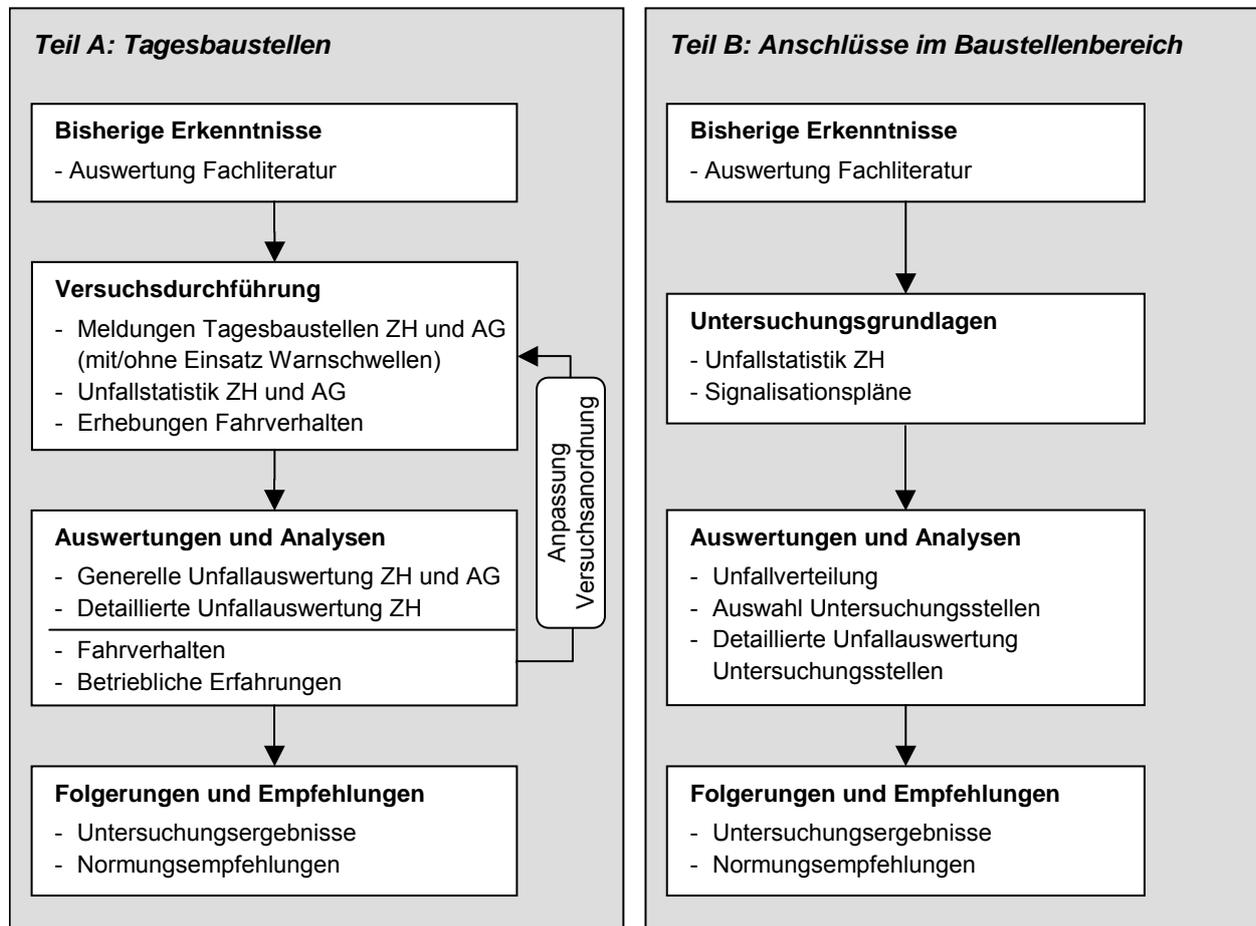


Abbildung 1: Schematische Darstellung des Untersuchungsverfahrens

Teil A: Tagesbaustellen

2. Bisherige Untersuchungen

Im Gegensatz zu den Dauerbaustellen auf Hochleistungsstrassen (HLS) wurden in der Schweiz zum Thema Absicherung von Tagesbaustellen bisher noch keine Forschungsarbeiten durchgeführt. Die Kantonspolizei Zürich hat jedoch gezielte Unfallauswertungen im Bereich von Tagesbaustellen an HLS des Kantons durchgeführt².

Die Auswertung der Unfälle im Kanton Zürich der Jahre 2003 und 2004 zeigt, dass Tagesbaustellen auf Hochleistungsstrassen zu den Schwerpunkten im Unfallgeschehen zählen. In den zwei Jahren wurden 89 Unfälle bei dieser Örtlichkeit verzeichnet. Dies entspricht 17,3 % aller Baustellenunfälle. Mehr als ein Drittel (32) dieser Unfälle ereignete sich im Zusammenhang mit der Fahrstreifenreduktion. Von diesen Unfällen im Bereich des Fahrstreifenabbaus endeten zudem mehr als die Hälfte (18 Unfälle) mit einer, in der Regel folgenschweren Kollision mit der Signalwand, welche auf einem den Baustellenbereich schützenden Unterhaltsfahrzeug angeordnet ist. Allein der Sachschaden bei den Kollisionen mit der Signalwand betrug über 1.2 Mio. Franken.

Die folgende Tabelle enthält eine Übersicht der Unfälle im Bereich der Fahrstreifenreduktion sowie der Kollisionen mit der Signalwand bei Tagesbaustellen im Kanton Zürich der Jahre 2003 und 2004.

	Anzahl Unfälle	Kollisionen mit der Signalwand
Fahrstreifenabbau rechts	11	7
Fahrstreifenabbau links	21	11
Total	32	18

Tabelle 1: Unfallgeschehen bei der Fahrstreifenreduktion vor Tagesbaustellen in den Jahren 2003 und 2004

Für die beiden Varianten Fahrstreifenabbau rechts bzw. links existieren deutliche Unterschiede bezüglich der Unfallbeteiligten an den Kollisionen mit der Signalwand. Beim Abbau des Normalfahrstreifens (Abbau rechts) wurden sechs der sieben Unfälle durch einen Lastwagen bzw. einen Sattelschlepper verursacht. Dagegen wurde bei allen elf Unfällen beim Abbau des Überholfahrstreifens (Abbau links) ein PW als Verursacher registriert.

Ähnlich negative Erfahrungen mit der konventionellen Absicherung von Tagesbaustellen wurden auch im Ausland gemacht, vor allem in Deutschland und Holland, wo Forschungsarbeiten zur Evaluation von alternativen Absicherungsmethoden durchgeführt wurden.

2.1. Untersuchungen in Deutschland

In Deutschland wurden von STEINAUER et al. (2004) verschiedene Möglichkeiten zur Absicherung von Tagesbaustellen an HLS untersucht. Auf Basis niederländischer Erkenntnisse [CROW (1995); CROW (2001); VAN VEENENDAAL et al. (1999)] und einer Auswertung von Erfahrungen mit alternativen Absicherungsmethoden³ erfolgte ein Pilotversuch, in welchen zwei Absicherungsmethoden einbezogen wurden. Bei einer wurden zur Absicherung des gesperrten Fahrstreifens vor der fahrbaren Signalwand sogenannte Warnschwellen (auch Andreasstreifen genannt) auf die Fahrbahn gelegt, bei der zweiten Absicherungsmethode erfolgte eine Quersperrung des Fahrstreifens mit Leitbaken. Insgesamt wurden 6 Tagesbaustellen und 2 Nachtbaustellen untersucht. Eine optimierte Versuchsanordnung kam in einem zweiten Schritt nochmals an 2 Tagesbaustellen zum Einsatz. Bei den Versuchen wurden verschiedene Positionen eines seitlich angeordneten, blinkenden Abweispfeils (auf der Höhe der Absperrlemente, 150 m davor und ohne Einsatz des Abweispfeiles) getestet.

Die Untersuchung von STEINAUER et al. (2004) beinhaltete eine Analyse des Fahrverhaltens, Geschwindigkeitsmessungen sowie das Fahrstreifenwechselverhalten, Videoaufnahmen und zusätzliche Befragungen der Fahrzeuglenker nach durchfahrener Baustelle. Die wichtigsten Erkenntnisse sind:

- Die Art der Absperrung (Leitbaken oder Warnschwellen) hat keinen Einfluss auf die gefahrenen Geschwindigkeiten. Bei Sperrung des linken Fahrstreifens wurden höhere Geschwindigkeiten und späterer Fahrstreifenwechsel festgestellt als bei Sperrung des rechten Fahrstreifens.

² Aufgrund dieser Auswertungen wurde die vorliegende Forschungsarbeit beantragt.

³ Einbezogen waren Leiteinrichtungen mit fluoreszierenden Materialien, mobile dynamische Anzeigesysteme, Personenwarnsystem, Portable rumble strips, Warnschwellen und Querabsperrung mit Leitbaken.

- Der blinkende Abweispfeil führt zu einem früheren Fahrstreifenwechsel. Bei der Sperrung des rechten Fahrstreifens wechseln 63 % der Fahrzeuge im Bereich von 600 bis 400 m und 24 % zwischen 400 und 200 m vor der Fahrstreifenreduktion. Direkt vor dem Warnschwellen wechselten noch 9 % der Fahrzeuge. Fehlt der blinkende Abweispfeil, so wechseln nur 51 % der Fahrzeuge im Bereich bis 400 m vor der Absperrtafel und dementsprechend noch 18 % direkt vor den Warnschwellen. Unabhängig vom blinkenden Abweispfeil überfahren rund 6 % der Fahrzeuge die Warnschwellen.
- Der Fahrstreifenwechsel bei der Sperrung des linken Fahrstreifens geschieht zu rund 40 % erst im Bereich von 200 bis 0 m vor den Warnschwellen und damit deutlich später als beim Wechsel auf den linken Fahrstreifen. Der Anteil der Fahrzeuglenker, welche die Warnschwellen beim Wechsel vom linken auf den rechten Fahrstreifen überfahren, ist mit 7 % praktisch genauso gross wie bei der Sperrung der rechten Fahrstreifens.
- Es konnten keine bemerkenswerten Störungen des Verkehrsablaufes durch den Einsatz der Warnschwellen festgestellt werden. Ebenso wenig waren auffällige Lenk- oder Bremsmanöver beim Überfahren der Warnschwellen festgestellt worden. Die Befragung der Fahrzeuglenker ergab, dass die Warnschwellen nicht als Hindernis wahrgenommen werden, sondern als sinnvolles Element erachtet werden. Dagegen werden die Leitbaken als Hindernis aufgefasst, was zu kritischen Situationen führen kann. Die Warnschwellen haben demnach gegenüber den Leitbaken eine positive Wirkung auf das Unfallgeschehen und führen nicht zu Beeinträchtigungen im Verkehrsablauf. Die Warnschwellen können von allen Verkehrsteilnehmern problemlos überfahren werden. Allerdings wird die Anordnung einen blinkenden Abweispfeils 150 m vor den Warnschwellen empfohlen, um damit die Aufmerksamkeit der Fahrzeuglenker zusätzlich zu erhöhen. Dies gilt besonders bei kleineren Sichtweiten oder hohen Verkehrsbelastungen. Auch nach mehrstündigem Einsatz konnten keine oder nur geringe Verschiebungen der Warnschwellen festgestellt werden. Der Auf- und Abbau der Warnschwellen stellt nach Aussagen des Unterhaltspersonals kein Sicherheitsproblem dar, allerdings besteht bei der Sperrung des linken Fahrstreifens ein höherer Arbeitsaufwand beim Abbau der Warnschwellen.
- Für stationäre Arbeitsstellen kürzerer Dauer auf zweistreifigen Richtungsfahrbahnen empfehlen sie den Einsatz der Warnschwellen ebenso wie für Arbeiten auf dem Standstreifen.

Aufgrund dieser Ergebnisse soll der Warnschwelleneinsatz in die deutschen Richtlinien für die Sicherung von Arbeitsstellen (RSA) aufgenommen werden.

Weitere Hinweise zur Absicherung von Arbeitsstellen kürzerer Dauer befinden sich auch in ZIMMERMANN, MORITZ (2004), BEIER et al. (2005) und ROSS et al. (2008).

Bei Untersuchungen von BEIER et al. (2005) wurde festgestellt, dass die Auswirkungen der Warnschwellen auf den Verkehrsablauf und die Verkehrsteilnehmer insgesamt als unkritisch angesehen werden können, auch wenn vereinzelt Fahrstreifenwechsel erst nach dem Überfahren der Warnschwellen erfolgten. Wesentlicher Einfluss auf das Fahrverhalten, hauptsächlich bei Fahrstreifenwechseln, hat die seitliche Anordnung des abweisenden Blinkerpfeils. Er wird empfohlen um auch bei geringen Sichtweiten oder hohen Verkehrsbelastungen frühzeitig auf die Fahrstreifen-sperrung hinzuweisen. Befragungen der Verkehrsteilnehmer haben die Zweckmässigkeit dieser Anordnung bestätigt.

2.2. Untersuchungen in den Niederlanden

In den Niederlanden werden die Warnschwellen bereits seit Mitte der 1990er Jahre mit positiven Erfahrungen eingesetzt. Seit 2001 ist dort der Einsatz der Warnschwellen bei Autobahnbaustellen kürzerer Dauer in den Richtlinien vorgeschrieben [CROW (1995), CROW (2001), VAN VEENENDAAL et al. (1999)]. Drei Warnschwellen werden mit 5 m Abstand zueinander 150 m vor eine Signalwand auf die Strasse gelegt. So sollen unaufmerksame Fahrzeuglenker mechanisch gewarnt und zum rechtzeitigen Fahrstreifenwechsel aufgefordert werden.

Von VAN VEENENDAAL et al. (1999) betrachteten die Auswirkungen der Warnschwellen auf das Unfallgeschehen. Mittels Versuchen auf einer Teststrecke wurden die Lagestabilität der Warnschwellen sowie die Auswirkungen auf das Fahrverhalten der Fahrzeuglenker untersucht. Zu folgenden Erkenntnissen kamen VAN VEENENDAAL et al. (1999):

- Obwohl Angaben zu Einsatzhäufigkeit der Warnschwellen an den Baustellen fehlen, ist die positive Wirkung des Warnschwelleneinsatzes erkennbar. Demnach geschehen 3 von 4 Unfällen an Baustellen ohne Warnschwelleneinsatz. Rund ein Viertel davon (24,3 %) sind Unfälle mit Personenschaden. Beim Einsatz der Warnschwellen verringert sich dieser Anteil auf knapp 15 %. Somit können die Unfallkosten durch den Einsatz der Warnschwellen reduziert werden.

- Die Auffahrunfälle auf fahrbare Absperrtafeln konnten mit den Warnschwellen bei Tageslicht um 60 % und bei Dunkelheit um 80 % reduziert werden.
- Bei den Versuchen konnten keine plötzlichen Lenkbewegungen der Fahrer festgestellt werden. Auch für Motorradfahrer besteht aufgrund der Versuche keine höhere Gefährdung durch die Warnschwellen.
- Bei Versuchen mit LKW-Vollbremsungen stellten sich nur geringfügige Lageveränderungen der Warnschwellen ein.

Aufgrund der Untersuchungsergebnisse von VAN VEENENDAAL et al. (1999) und der Erfahrungen in der Praxis wurden in den Niederlanden die Richtlinien zur Anwendung der Warnschwellen herausgegeben (CROW (2001)).

Die niederländischen Richtlinien [CROW (1995), CROW (2001)] enthalten Vorgaben zur Anordnung der Warnschwellen und Verkehrszeichen sowie 3 Varianten zum Einrichten und 2 Varianten zum Räumen der Arbeitsstellen. Dazu werden ein bzw. zwei Fahrzeuge benötigt. Es wird jedoch versucht die Arbeitsabläufe diesbezüglich zu optimieren bzw. zu automatisieren.

Durch die positiven Erfahrungen in den Niederlanden und in Deutschland sowie die niedrigen Anschaffungskosten für die Warnschwellen stellen diese eine empfehlenswerte Möglichkeit zur Absicherung der Tagesbaustellen dar, welche auch in der Schweiz in einem Versuch untersucht werden sollten.

3. Versuch mit Warnschwelleneinsatz

Um die Übertragbarkeit der ausländischen Erkenntnisse hinsichtlich Zweckmässigkeit der Warnschwellen beurteilen zu können, wurde vereinbart, im Rahmen der vorliegenden Untersuchung einen befristeten Versuch mit Einsatz von Warnschwellen vor den Tagesbaustellen durchzuführen. Da der Einsatz von Warnschwellen von den Vorgaben der Norm SN 640 885c abweicht, war eine Bewilligung durch das Bundesamt für Strassen ASTRA notwendig. Diese wurde zunächst für das Jahr 2006 erteilt und später bis August 2007 verlängert. Neben dem Kanton Zürich wurden auch die HLS im Kanton Aargau in die Versuchsphase einbezogen.

Während der Versuchsdauer sollten alle Unfälle im Bereich von Tagesbaustellen so aufbereitet werden, dass die Unterscheidung, ob Warnschwellen eingesetzt wurden oder nicht, möglich wird.

3.1. Versuchsanordnung

Bei der Entwicklung der Versuchsanlage wurde angestrebt, die Anordnung wie sie in Deutschland und den Niederlanden empfohlen wird weitgehend zu übernehmen, um die Vergleichbarkeit der Auswirkungen zu gewährleisten. Die Versuchsanordnung sieht vor, drei seitlich versetzte Warnschwellen in einem Abstand von 150 m vor Baustellenbeginn zu platzieren. Nach der bestehenden Norm wird der Beginn der Tagesbaustelle, auf den sich alle Distanzangaben der Vorsignalisation beziehen, mit der Lage der Signalwand definiert.

Zu diesem Zweck wurden verschiedene Varianten geprüft. Sie sind in Abbildung 2 schematisch dargestellt. Die Variante 1 entspricht der Anordnung gemäss bestehender Norm (SN 640 885c), ergänzt mit den Warnschwellen. In den Varianten 2 bis 4 wird der Baustellenbeginn zu den Warnschwellen vorverlegt und die Vorsignalisation entsprechend angepasst⁴.

Variante 3 enthält zusätzlich zur Variante 2 ein blinkendes Abweispfeil im Abstand von 150 m vor den Warnschwellen. Diese Variante entspricht weitgehend der für Deutschland und Niederlande empfohlener Anordnung. Die Anordnung eines abweisenden Blinkerpfeiles ist bei uns gemäss geltenden Rechtsvorschriften (Signalisationsverordnung SSV) nur am Baustellenbeginn und nicht 300 m davor erlaubt. Zudem ist er auf bzw. über dem gesperrten Fahrstreifen anzubringen und nicht seitlich davon. Als Kompromiss enthält die Variante 4 anstelle des blinkenden Abweispfeiles nur ein Hinweissignal mit Anzeige des Fahrstreifenabbaus (Signal Nr. 4.77).



Abbildung 2: Varianten mit schematischer Darstellung der Versuchsanordnung

⁴ Mit dieser Anpassung würden die Warnschwellen indirekt als „nicht überfahrbar“ erachtet.

Aufgrund der Diskussion in der Forschungsgemeinschaft und nach Rücksprache mit den involvierten Unterhaltsdiensten wurde beschlossen, die Versuchsanordnung gemäss Variante 1 zu verwenden. Dafür sprach auch die Tatsache, dass eine solche Anordnung auch an HLS im Kanton Aargau verwendet wird.

Die gewählte Versuchsanordnung ist in der nachfolgenden Abbildung veranschaulicht. Wie bei den Einsätzen in Deutschland und Niederlanden werden 3 Warnschwellen im Abstand von 5 m verlegt. Dabei sind diese versetzt anzuordnen, sodass sie zum freien Fahrstreifen hin abweisend wirken.

Im Verlauf der Versuchsdauer wurde die Versuchsanordnung kurzfristig angepasst. Mit dem angepassten Versuch sollte geprüft werden, ob die Häufigkeit der Überfahrten von Warnschwellen durch die Anordnung eines zusätzlichen Signals reduziert werden kann (vgl. 5.3.). Dabei wurde bei ausgewählten Tagesbaustellen ein zusätzliches Hinweissignal mit Anzeige des Fahrstreifenabbaus auf der Höhe der Warnschwellen angebracht. Anders als bei Vorsignal bei -500 m wurde bei diesem Signal keine Distanzangabe angezeigt (vgl. Abbildung 3 rechts).

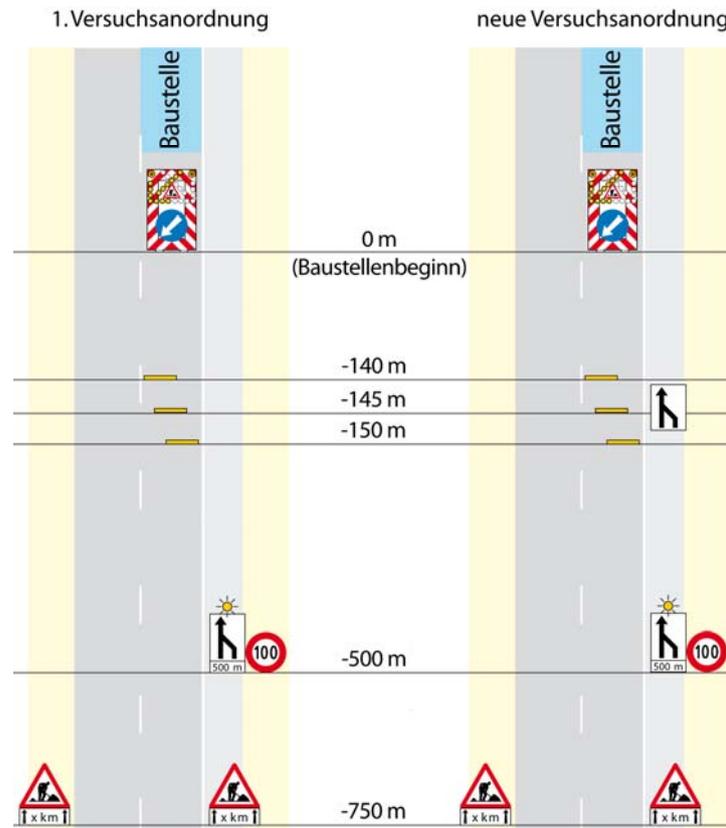


Abbildung 3: Prinzipskizze der gewählten Versuchsanordnung

Die Anordnung der Warnschwellen auf dem Fahrstreifen ist für die zwei Betriebsformen Abbau des Überhol- bzw. des Normalfahrstreifens in Abbildung 4 schematisch dargestellt.

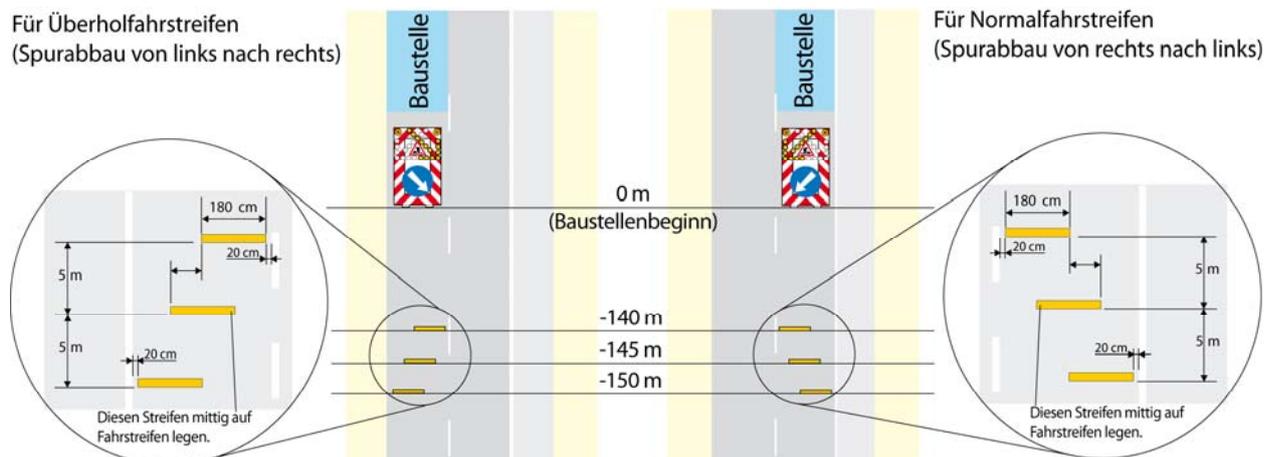


Abbildung 4: Anordnung der Warnschwellen auf dem Fahrstreifen

3.2. Anlage der Warnschwellen

Die verwendeten Warnschwellen⁵ haben eine Breite von 25 cm und eine Höhe von 25 mm und sind 180 cm lang (vgl. Abbildung 5). Sie bestehen aus einem biegsamen gelben Kunststoff und wiegen jeweils ca. 20 kg. An der für die Fahrzeuglenker sichtbaren und angeschrägten Kante sind Reflektoren angebracht. Das Gewicht gewährleistet den Transport und die Installation durch einzelne Personen. Durch die gelbe Farbe und die Reflektoren sind die Warnschwellen sowohl Tag und Nacht gut sichtbar.

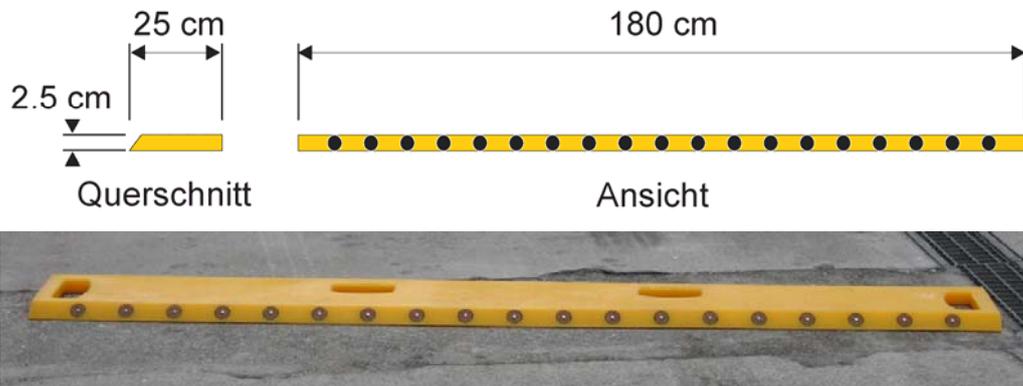


Abbildung 5: Abmessungen und Fotoansicht der eingesetzten Warnschwellen

Gemäss Herstellerangaben sind die Warnschwellen gefahrlos überfahrbar. Dies wurde gemäss STEINAUER et al. (2004) bei Versuchen in Niederlande bestätigt. Dort wurde die Lagestabilität durch Bremsversuche mit Lastwagen und durch Überfahrten mit PW und hohen Geschwindigkeiten untersucht. Die Versuche haben gezeigt, dass die Warnschwellen nach mehrstündigem Einsatz „auch nach zahlreichen Überfahrten von Kraftfahrzeugen, auch von Lkw, ohne bzw. nur mit geringfügigen Verschiebungen auf der Fahrbahn liegen“.

Die Biegsamkeit der Kunststoffschwelle ermöglicht das Anschmiegen an die Oberfläche der Fahrbahn. Das Haften der Schwelle beruht auf dem Prinzip, dass der Luftdruck unter der Schwelle während der Überfahrtzeit kurzzeitig tiefer liegt als über der Schwelle. Dies dank der Tatsache, dass der Druckausgleich nicht gleichzeitig mit dem Überfahren erfolgt, sondern mit einer Verzögerung. Das gute Anschmiegen der Kunststoffschwelle an die Fahrbahnoberfläche ist dabei die Voraussetzung, damit dieser Effekt eintritt. Beeinträchtigungen entstehen beim Vorhandensein von tieferen Spurrinnen oder von luftdurchlässigen Belägen (z.B. Drainbelag). In solchen Fällen erfolgt ein zu rascher Druckausgleich, sodass die Haftbedingungen nicht erfüllt werden.

3.3. Versuchsdurchführung

Die Einsatzplanung der Tagesbaustellen wurde von den Unterhaltsverantwortlichen fortgeführt wie vor der Versuchsphase mit den Warnschwellen, d.h. die Verkehrsleitzentrale der Kantonspolizei Zürich bekam von den Unterhaltsverantwortlichen Faxmeldungen mit den Angaben zu den jeweiligen Baustellen, in der Regel am frühen Morgen für den jeweiligen Tag. Diese Meldungen enthalten Angaben zu Beginn und Ende der Baustelle auf der Nationalstrasse (Kilometrierung), signalisierte Geschwindigkeit, Art der Baustelle (stationär, mobil) sowie den Grund für die Unterhaltsarbeiten. Sofern Warnschwellen zum Einsatz kamen, wurde dies in der Rubrik Besonderheiten vermerkt.

Während der Versuchsphase wurden diese Faxmeldungen auch an die Forschungsstellen IVT und an die verkehrstechnische Abteilung der Kantonspolizei Zürich (beauftragt mit der Unfallfasserfassung) versendet. Nach positiver Abklärung der geometrischen Gegebenheiten an den Tagesbaustellen mit Warnschwelleneinsatz wurden Videoaufnahmen vor Ort durchgeführt (vgl. 4.3.).

Die Faxmeldungen zu den Tagesbaustellen und dem Warnschwelleneinsatz dienten dazu

- die Einsatzhäufigkeit der Warnschwellen an den Tagesbaustellen festzustellen,
- die Einsatzorte für Videoaufnahmen zum Verkehrsablauf festzulegen sowie
- auftretende Unfälle zu den Tagesbaustellen zuordnen zu können.

⁵ Für die Versuche wurden drei Sätze von Warnschwellen angeschafft und für den Einsatz an die Unterhaltsbezirke verteilt. Ein vierter Warnschwellensatz wurde auf der A1 im Kanton Aargau eingesetzt.

Um Aussagen über den Ort des Fahrstreifenwechsels machen zu können, wurden an den betreffenden Tagesbaustellen die Abschnitte mit Leitkegeln markiert, welche auch auf den Videoaufnahmen sichtbar sind. Die verwendete Anordnung der Leitkegel und die Aufstellorte der Videokamera sind in Abbildung 6 ersichtlich. In einem Bereich von 350 m bis 100 m vor Baustellenbeginn wurden 50 m-Abschnitte mit Leitkegeln markiert (siehe auch Anhang 1).

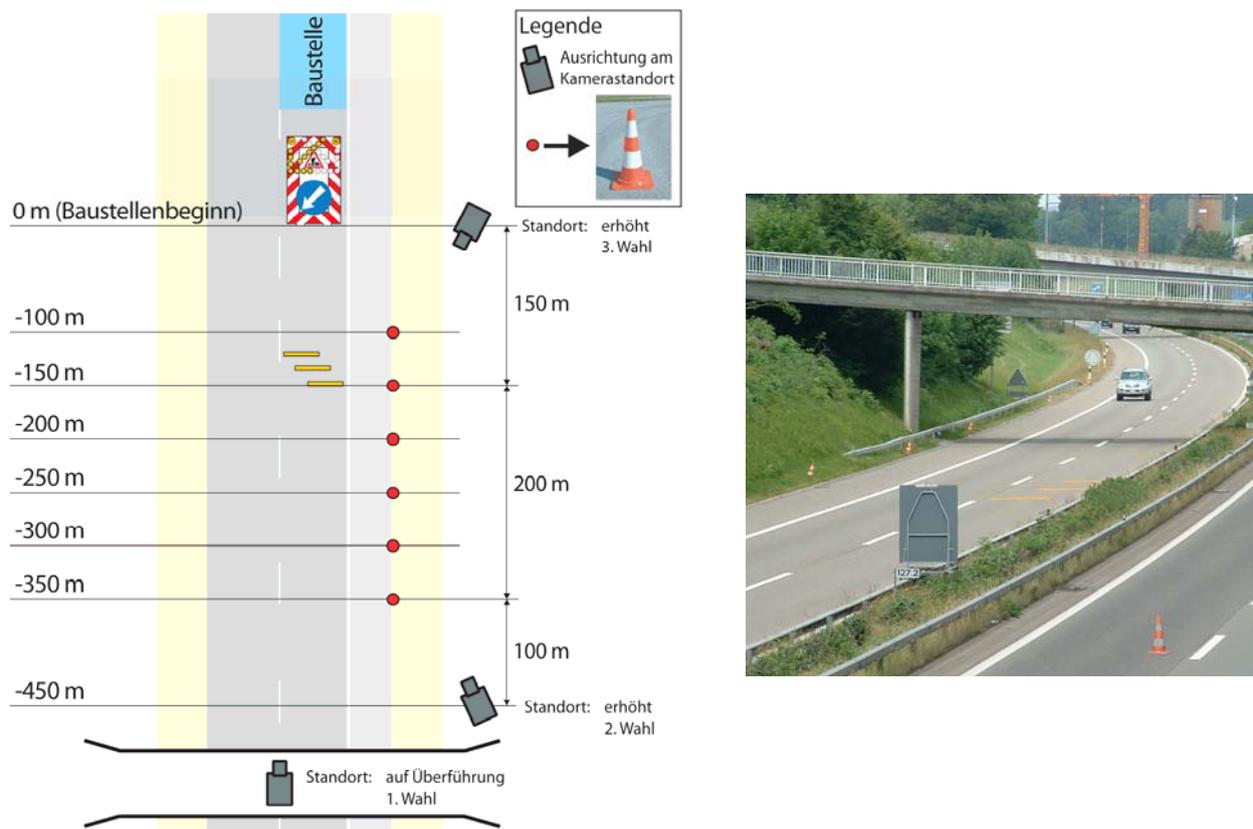


Abbildung 6: Kamerastandorte für Videoaufnahmen und Beispiel eines Aufnahmeortes

Der Auf- und Abbau der Warnschwellen wurde vor dem Versuchsbeginn zusammen mit dem Unterhaltspersonal und der Polizei besprochen. Grösstes Problem stellte der zeitliche Mehraufwand beim Einrichten der Tagesbaustellen sowie die Sicherheit des Unterhaltspersonals, vor allem bei der Einrichtung der Warnschwellen auf dem Überholfahrstreifen dar. Vereinbart wurde, dass

- der Auf- und Abbau der Warnschwellen immer im Schutz eines Unterhaltsfahrzeuges erfolgt;
- für den Abbau der Warnschwellen mit einem zweiten Fahrzeug pro Unterhaltsequipe gearbeitet wird;
- bei der Sperrung des Normalfahrstreifens die Warnschwellen vom Standstreifen aus aufgebaut werden, und dass die Warnschwellen zusammen mit den Vorsignalen auf dem Rückweg zum Unterhaltsfahrzeug eingeholt werden;
- bei der Sperrung des Überholfahrstreifens (ohne Standstreifen) der Abbau der Warnschwellen mit dem zweiten Unterhaltsfahrzeug erfolgt;
- die Auswirkungen auf den Verkehrsablauf während den ersten Einsätzen zu beurteilen sind, und bei einem erhöhten Gefahrenpotenzial oder vermehrten Unfällen unverzüglich Anpassungen der Signalisation und des Vorgehens beim Auf- und Abbau der Warnschwellen vorgenommen werden müssten.

Die betrieblichen Erfahrungen haben gezeigt, dass an einigen Orten Schwellenverschiebungen auftraten sodass Lagekorrekturen nötig wurden. Da als Ursache für die Schwellenverschiebungen eine zu hohe Anzahl Überfahrten vermutet wurde, wurde an mehreren Orten ein Zusatzversuch mit modifizierter Signalisation durchgeführt (vgl. 5.3.2.).

4. Datenbasis

4.1. Unfallaufbereitung

Die Unfälle an Tagesbaustellen auf HLS im Kanton Zürich wurden durch die verkehrstechnische Abteilung der Kantonspolizei Zürich aufbereitet. Für die generelle Auswertung des Unfallgeschehens stand die Statistik der Unfälle im Zeitraum des Warnschwellenversuches (20.03.2006 bis 31.07.2007) zur Verfügung. Für die detaillierte Analyse wurden zusätzlich die dazugehörigen Unfallprotokolle (UAP) einbezogen. Die UAP enthalten neben einer Vielzahl von Unfallmerkmalen den Unfallbeschrieb und die zugehörige Skizze des Unfallortes. Für die detaillierte Analyse wurden auch Angaben zur Baustelleneinrichtung (Lage Fahrstreifenabbau, Einsatz Warnschwellen) aufbereitet.

Einbezogen wurden alle Unfälle, die sich entlang der Tagesbaustelle sowie in einem Bereich von 750 m vor der Tagesbaustelle ereignet haben. Auf den Hochleistungsstrassen im Kanton Zürich waren es im Versuchszeitraum vom 20.03.2006 bis 31.07.2007 (498 Tage) insgesamt 48 Unfälle. Die räumliche Verteilung dieser Unfälle ist in der Abbildung 8 dargestellt. Darin enthalten sind auch Unfälle auf der A3 im Kanton Schwyz⁶.

Im Zusammenhang mit dem Einsatz von Warnschwellen interessieren jene Unfälle, die sich im Fahrstreifenwechselbereich vor dem Baustellenbeginn ereignet haben. Die Festlegung der Länge dieses Bereichs basiert auf der Überlegung, dass die Autofahrer die Warnschwellen erst aus einer Entfernung von ca. 100 m bewusst wahrnehmen können und somit erst aus dieser Distanz zu einem Fahrstreifenwechsel veranlasst werden können. Daraus ergibt sich zusammen mit den 150 m zwischen Warnschwellen und Signalwand ein Abschnitt von 250 m vor der Signalwand. Zusätzlich werden noch die ersten 50 m nach der Signalwand hinzugezogen, weil in den Unfallprotokollen meist die Endlage der Unfallfahrzeuge angegeben wird. Dies ergibt für den Fahrstreifenwechselbereich eine Länge von insgesamt 300 m (vgl. Abbildung 7).

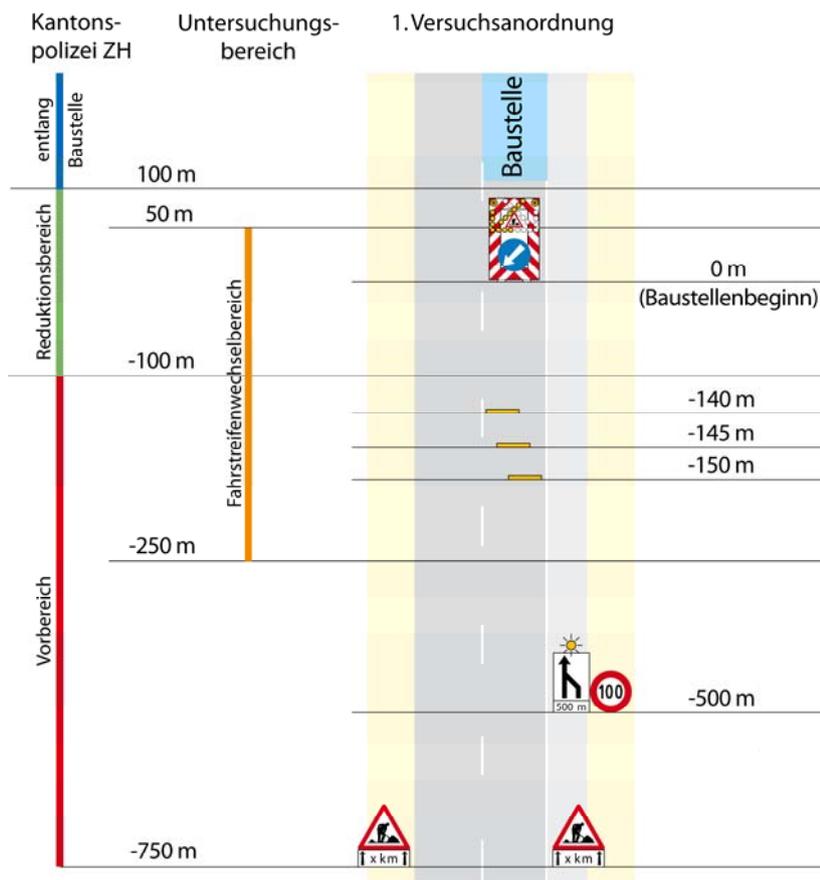


Abbildung 7: Untersuchter Bereich des Fahrstreifenwechsels

Von den insgesamt 48 Unfällen konnten 24 Unfälle (50 %), welche im 300 m langen Bereich des Fahrstreifenwechsels geschahen, für die detaillierte Analyse herangezogen werden.

⁶ Auf diesem Teil der A3 ist der Kanton Zürich für den Nationalstrassenunterhalt zuständig.



Abbildung 8: Räumliche Verteilung der Unfälle im Untersuchungszeitraum im Kanton Zürich⁷

Zusätzlich zu den Daten aus dem Kanton Zürich konnten Angaben über registrierte Unfälle bei Tagesbaustellen an HLS im Kanton Aargau für die Auswertungen eingesetzt werden. Innerhalb der Versuchsdauer zwischen November 2006 und Mai 2007 (212 Tage) wurden lediglich 4 Unfälle an Tagesbaustellen registriert. 3 dieser Unfälle traten im Bereich des Fahrstreifenwechsels auf, ein Unfall ereignete sich entlang der Tagesbaustelle. Die betroffenen Tagesbaustellen waren nicht mit Warnschwellen gesichert (vgl. 5.1.2.).

⁷ Der Unfall Nr. 19 steht nicht im Zusammenhang mit einer Tagesbaustelle und wurde für weitere Auswertungen nicht berücksichtigt.

4.2. Tagesbaustellen

4.2.1. Begriffe

Als Tagesbaustellen werden Baustellen bezeichnet, welche auf Autobahnen für kurze Zeit, jedoch während maximal 48 Stunden eingerichtet sind (SN 640 885c - Beilage). Hauptsächlich werden Tagesbaustellen jedoch an Werktagen tagsüber und ausserhalb der Hauptverkehrszeiten eingerichtet. Das ASTRA formuliert in der SN 640 885c - Beilage Bedingungen für die Einrichtung einer Baustelle. So stehen Verkehrssicherheit und Umweltschutz sowie ein möglichst behinderungsfreier Verkehrsfluss im Vordergrund.

Es wird unterschieden zwischen stationären und mobilen Tagesbaustellen sowie Tagesbaustellen innerhalb von längerfristigen Baustellen.

Mobile Tagesbaustellen sind nicht an einen festen Ort über eine längere Zeit eingerichtet. Sie werden meist für Reinigungsarbeiten und andere Arbeiten entlang der Fahrbahn eingesetzt. Die Arbeiten werden in der Regel mit einem fahrenden Fahrzeug ausgeführt.

Stationäre Tagesbaustellen sind über mehrere Stunden an einem festen Abschnitt auf der Autobahn eingerichtet. Dadurch sind sie – anders als die mobilen Tagesbaustellen – für den Einsatz der Warnschwellen gut geeignet. Die vorliegende Untersuchung beschränkt sich auf die stationären Tagesbaustellen.

Unter Tagesbaustellen gehören begrifflich auch Baustellen, die während der Nacht betrieben werden. Diese „Nachtbaustellen“ wurden für die Durchführung von Versuchen (vgl. 4.3) nicht berücksichtigt, sind jedoch in der Unfallstatistik enthalten. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die übliche Baustelleneinrichtung bedarfsweise mit zusätzlichen Blinklichtern ausgerüstet wird, um eine verbesserte Sichtbarkeit zu erzielen.

Die Tagesbaustellen werden entsprechend der Norm SN 640 885c signalisiert und abgesichert. Am häufigsten finden dazu die Normfiguren 10 und 12 (vgl. Abbildung 9 und Abbildung 10) bzw. Normfigur 14 (bei Arbeiten auf dem mittleren Fahrstreifen dreistreifiger Fahrbahnen) Verwendung. Bei diesen wird zur Erhöhung der Sicherheit des Arbeitspersonals die auf einem Fahrzeug befestigte Signalwand am Baustellenbeginn verwendet.

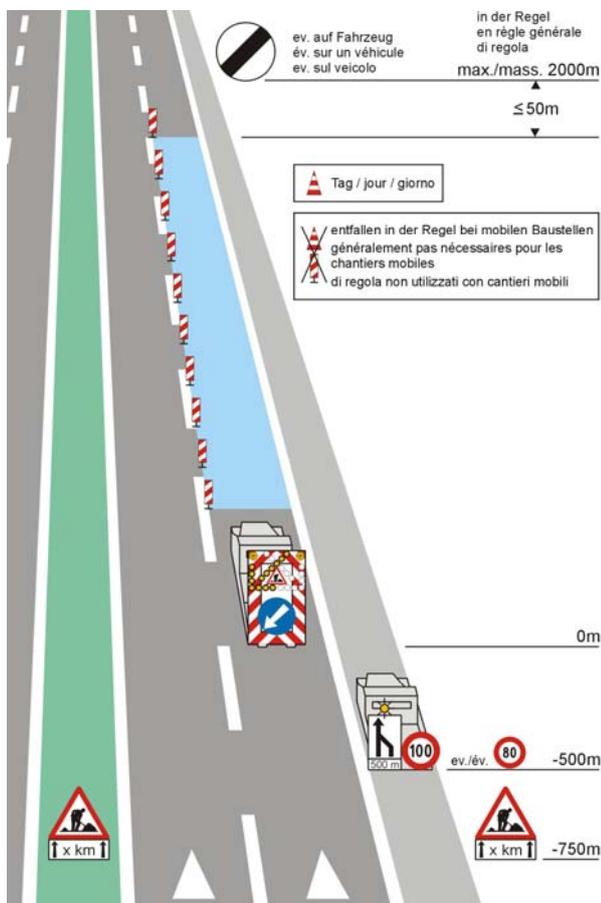


Abbildung 9: SN-Normfigur 10 nach SN 640 885c - Beilage

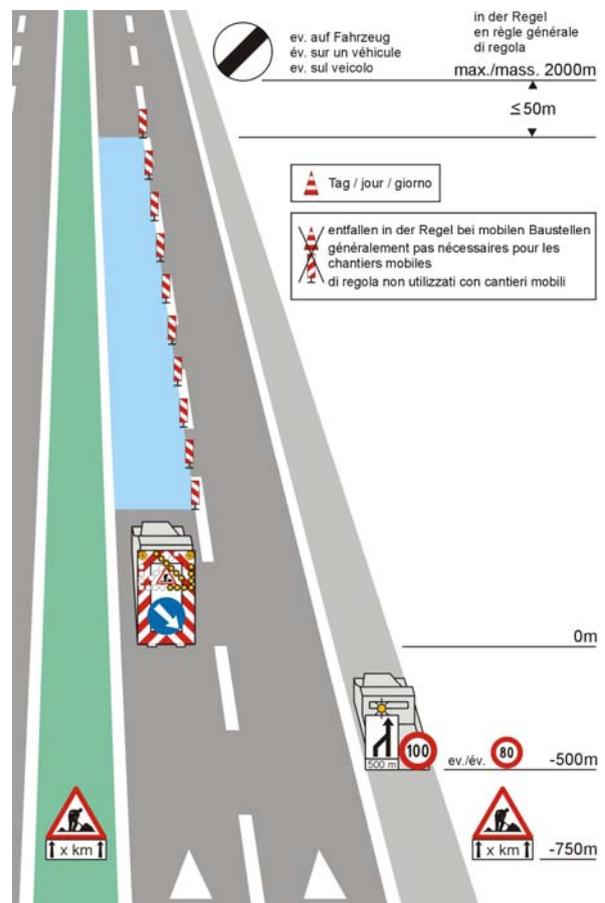


Abbildung 10: SN-Normfigur 12 nach SN 640 885c - Beilage

4.2.2. Einsatzhäufigkeit der Warnschwellen

Bei den Auswertungen zum Einfluss der Warnschwellen auf das Unfallgeschehen muss deren Einsatzhäufigkeit während der Versuchsphase berücksichtigt werden. Zu diesem Zweck stand eine Zusammenstellung aller Tagesbaustellen auf HLS in den Kantonen Zürich und Aargau mit Angabe der Baustelleneinrichtung (mit/ohne Warnschwelle) für die Versuchsdauer zur Verfügung.

- *Einsatzhäufigkeit im Kanton Zürich*

Im Versuchszeitraum von März 2006 bis August 2007 konnten die Tagesbaustellen auf den rund 200 km Autobahn im Betreuungsgebiet des Unterhaltsdienstes des Kantons Zürich erfasst und ausgewertet werden. In der Tabelle 2 findet sich eine Verteilung der Autobahnkilometer auf die einzelnen Autobahnen, welche vom Unterhaltsdienst des Kanton Zürich im Zeitraum, in welchem die vorliegende Forschungsarbeit entstand, betreut wurden.

Autobahn	Länge
A1	66.3 km
A3	47.8 km
A4	28.6 km
A7	3.8 km
A50	3.6 km
A51	14.1 km
A52	17.2 km
A53	18.6 km
Total	200 km

Tabelle 2: Längenangaben zu den Autobahnabschnitten im Kanton Zürich

Die bereits erwähnten Faxmeldungen der Unterhaltsbezirke über die Einrichtung der Tagesbaustellen auf den Autobahnen enthalten u.a. Angaben zu Ort (mit Kilometrierung), Fahrstreifen, Zeit und Warnschwelleneinsatz. Aus diesen Daten wurden die benötigten Informationen zusammengetragen und ausgewertet.

So gab es im Untersuchungszeitraum von März 2006 bis Juli 2007 insgesamt 2361 Tagesbaustellen. Davon waren 2016 stationäre Tagesbaustellen, was einem Anteil von 85 % an der Gesamtmenge entspricht. Die restlichen 15 % waren mobile Tagesbaustellen. Etwa gleich hoch war mit 14 % der Anteil der stationären Nachtbaustellen. Jede fünfte (21 %) dieser Nachtbaustellen war mit Warnschwellen ausgerüstet. Insgesamt waren die Warnschwellen an 245 stationäre Tagesbaustellen eingesetzt. Dies entspricht einem Anteil von 10 % bezogen auf alle Tagesbaustellen bzw. 12 % bezogen auf alle stationären Tagesbaustellen. In Tabelle 3 sind die Tagesbaustellen im Zürcher Unterhaltsgebiet nach ihrer Art gesamthaft zusammengefasst.

Tagesbaustellen			Warnschwelleneinsatz	
Art	Anzahl	Anteil	Anzahl	Anteil
stationär	2'016	85 %	245	12 %
davon Nachtbaustellen	319	14 %	68	21 %
mobil	345	15 %	0	-
total	2361	100 %	245	10 %

Tabelle 3: Alle Tagesbaustellen im Kanton Zürich

Rund 82 % der Tagesbaustellen im Untersuchungsgebiet wurden auf den 114 km der Autobahnen A1 und A3 eingerichtet. Daher werden die Tagesbaustellen und deren Anteile auf diesen Autobahnen noch näher betrachtet.

Jede dritte Tagesbaustellen wurde im Untersuchungszeitraum auf den 66 km der Autobahn A1 eingerichtet. Von den insgesamt 737 Tagesbaustellen waren 624 (85 %) stationär und 113 (15 %) mobil. Dies entspricht ebenfalls der Verteilung bei der Gesamtmenge. Wie Tabelle 4 zeigt, waren 100 stationäre Tagesbaustellen mit den Warnschwellen ausgerüstet. Dies ergibt einen Anteil von 16 %, welcher geringfügig über dem Anteil des Warnschwelleneinsatzes an der Gesamtmenge liegt.

Tagesbaustellen auf der A1			Warnschwelleinsatz	
Art	Anzahl	Anteil	Anzahl	Anteil
stationär	624	85 %	100	16 %
mobil	113	15 %	0	-
total	737	100 %	100	14 %

Tabelle 4: Tagesbaustellen auf der A1 im Kanton Zürich

Auf der A3 (47.8 km) wurden 1210 Tagesbaustellen, also jede zweite im Untersuchungszeitraum, eingerichtet. Ähnlich wie auf der A1 machen die 1070 stationären Tagesbaustellen mit 88 % den grössten Anteil der Tagesbaustellen aus. Lediglich 140 bzw. 12 % waren mobile Tagesbaustellen. Wie in Tabelle 5 ersichtlich ist, wurden die Warnschwellen an 136 stationären Tagesbaustellen eingesetzt, was einem Anteil von 13 % entspricht.

Tagesbaustellen auf der A3			Warnschwelleinsatz	
Art	Anzahl	Anteil	Anzahl	Anteil
stationär	1'070	88 %	136	13 %
mobil	140	12 %	0	-
total	1'210	100 %	136	11 %

Tabelle 5: Tagesbaustellen auf der A3 im Kanton Zürich

Die Betrachtung der zeitlichen Verteilung der Tagesbaustelleneinsätze ergibt, dass in den Winter- und Frühlingsmonaten weniger Tagesbaustellen eingerichtet waren als in den Sommer- und Herbstmonaten. Hingegen kann für den Einsatz der Warnschwellen keine Tendenz aufgezeigt werden, wie die Abbildung 11 zeigt. Sie wurden über den gesamten Zeitraum relativ selten und unregelmässig eingesetzt. In den Monaten April und Mai 2007 war rund jede dritte Tagesbaustelle mit Warnschwellen ausgestattet, was gemessen an der Einsatzhäufigkeit der Warnschwellen über den gesamten Untersuchungszeitraum sehr hoch ist. In den Monaten Dezember 2006 und Februar 2007 war jede fünfte Tagesbaustellen mit Warnschwellen ausgerüstet. In den anderen Monaten lag der Anteil der Tagesbaustellen mit Warnschwelleinsatz mit 1 bis 17 % deutlich darunter. Im Juli 2007 kamen die Warnschwellen nicht mehr zum Einsatz.

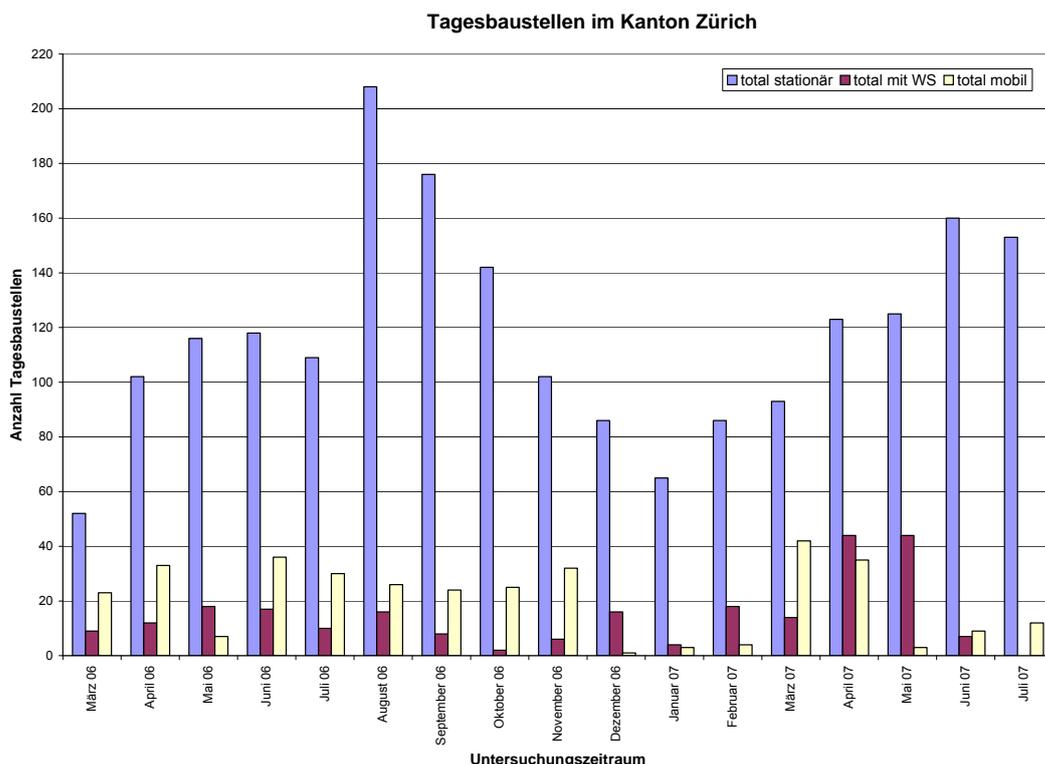


Abbildung 11: Zeitliche Verteilung der Tagesbaustellen und der Warnschwelleinsätze auf den Autobahnen im Kanton Zürich

- *Einsatzhäufigkeit im Kanton Aargau*

Eine analoge Liste wurde auch für das Einsatzgebiet der Warnschwellen im Kanton Aargau geführt. Im Kanton Aargau befinden sich 105,5 km Autobahnen. In Tabelle 6 ist zusammengestellt, wie lang die einzelnen Autobahnabschnitte im Kanton Aargau sind. Für die Auswertungen konnten keine Angaben zu Tagesbaustellen auf der A3 hinzugezogen werden. Anders als im Kanton Zürich werden im Kanton Aargau die Warnschwellen hauptsächlich auf dem Überholfahrstreifen eingesetzt.

Autobahn	Länge in km	In Auswertung enthalten?
A1	47.0 km	ja
A2	6.5 km	ja
A3	45.5 km	nein
T5	6.5 km	ja

Tabelle 6: Längenangaben zu den Autobahnabschnitten im Kanton Aargau

Im betrachteten Zeitraum von November 2006 bis Mai 2007 waren im Kanton Aargau auf den betrachteten 60 km der Autobahn insgesamt 290 Tagesbaustellen eingerichtet (vgl. Tabelle 7). Ein grosser Anteil davon sind mit 122 bzw. etwa 42 % die mobilen Tagesbaustellen. Auf die stationären Tagesbaustellen entfallen somit 58 %. An jeder dritten der 168 stationären Tagesbaustellen konnten im Betrachtungszeitraum Warnschwellen eingesetzt werden. Verglichen mit dem Anteil der Warnschwelleneinsätze im Kanton Zürich (nur 12%) werden die Warnschwellen im Kanton Aargau wesentlich häufiger eingesetzt. Es gab 20 Nachtbaustellen, wovon 5 bzw. 25 % mit Warnschwellen eingerichtet waren. Bezogen auf die Gesamtanzahl von 290 Tagesbaustellen stellen die Nachtbaustellen einen Anteil von 7 % dar.

Tagesbaustellen			Warnschwelleneinsatz	
Art	Anzahl	Anteil	Anzahl	Anteil
stationär	168	58 %	56	33 %
davon Nachtbaustellen	20	7 %	5	25 %
mobil	122	42 %	0	-
total	290	100 %	56	19 %

Tabelle 7: Alle Tagesbaustellen im Kanton Aargau

Die meisten Tagesbaustellen wurden aufgrund der Streckenlänge auf der A1 eingerichtet. 145 der 244 Tagesbaustellen waren stationäre Tagesbaustellen, das entspricht einem Anteil von 59 %. Rund jede dritte dieser stationären Baustellen war mit Warnschwellen ausgestattet, wie Tabelle 8 zeigt. Bezogen auf die Gesamtanzahl der Tagesbaustellen auf der A1 waren 18 % der Tagesbaustellen mit Warnschwellen ausgerüstet. Der Anteil der mit Warnschwellen ausgerüsteten Tagesbaustellen auf der A1 entspricht dem Anteil bezogen auf die Gesamtmenge der Tagesbaustellen.

Tagesbaustellen auf der A1			Warnschwelleneinsatz	
Art	Anzahl	Anteil	Anzahl	Anteil
stationär	145	59 %	45	31 %
mobil	99	41 %	0	-
total	244	100 %	45	18 %

Tabelle 8: Tagesbaustellen auf der A1 im Kanton Aargau

Bedingt durch die kurze Streckenlänge der A2 wurden hier nur 30 Tagesbaustellen eingerichtet. Der Anteil der mobilen Tagesbaustellen liegt mit 16 Orten bzw. 53 % deutlich höher als der Anteil mobiler Tagesbaustellen an der Gesamtzahl der Tagesbaustellen im Kanton Aargau. Dementsprechend liegt der Anteil der stationären Tagesbaustellen mit 47 % ein wenig niedriger. An 11 stationären Tagesbaustellen wurden Warnschwellen eingesetzt. Das entspricht einem sehr hohen Anteil von 79 %, wie Tabelle 9 zeigt. Bezogen auf alle Tagesbaustellen auf der A2 im Betrachtungszeitraum ergibt sich immer noch ein Anteil von 37 %, welcher über demjenigen für alle Tagesbaustellen im Kanton Aargau liegt.

Tagesbaustellen auf der A2			Warnschwelleinsatz	
Art	Anzahl	Anteil	Anzahl	Anteil
stationär	14	47 %	11	79 %
mobil	16	53 %	0	-
total	30	100 %	11	37 %

Tabelle 9: Tagesbaustellen auf der A2 im Kanton Aargau

Bei Betrachtung der zeitlichen Einsatzverteilung der stationären Tagesbaustellen und dem Einsatz der Warnschwellen ist festzustellen, dass diese in den Wintermonaten November bis Januar fast gar nicht zum Einsatz kamen. Wie die Abbildung 12 zeigt, wurden in diesen Monaten nur jeweils 2 bzw. 3 Tagesbaustellen mit Warnschwellen ausgestattet. Dies entspricht einem Anteil zwischen 8 und 13 %, welcher deutlich niedriger als der Gesamtanteil ist. Im Monat Februar waren 15 von 43 Tagesbaustellen mit Warnschwellen ausgestattet. Dies ergibt einen Anteil von 35 % und repräsentiert damit dem Anteil der mit Warnschwellen eingerichteten stationären Tagesbaustellen über den gesamten Zeitraum. Die Monate März bis Mai weisen einen deutlich höheren Warnschwelleinsatz auf. Hier lag der Anteil der stationären Tagesbaustellen mit Warnschwellen zwischen 61 und 100 %. Im April gab es nur 7 stationäre Tagesbaustellen, welche alle mit Warnschwellen ausgerüstet waren.

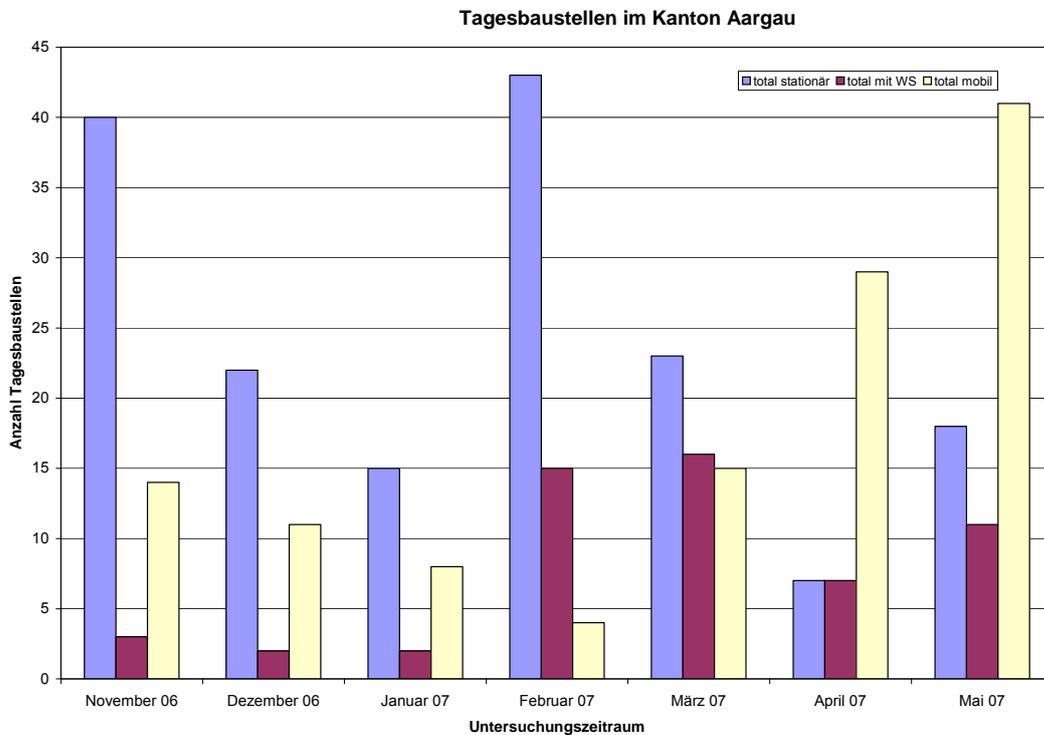


Abbildung 12: Zeitliche Verteilung der Tagesbaustellen und der Warnschwelleinsätze im Kanton Aargau

4.3. Erhebungen des Fahrverhaltens

Für die Auswertung des Einflusses von Warnschwellen auf das Fahrverhalten wurde das Verkehrsgeschehen bei 10 ausgewählten Tagesbaustellen mit Hilfe einer Videokamera aufgezeichnet, wobei die Standorte 3, 4 und 5 am gleichen Ort liegen (vgl. Tabelle 10). Aufgrund dieser Videoaufnahmen konnten die Anzahl der Fahrzeuge auf dem betrachteten Querschnitt, ihre Verteilung auf die Fahrstreifen sowie die Lage der Fahrstreifenwechsel im Fahrstreifenwechselbereich bestimmt und damit die Häufigkeit der Überfahrungen von Warnschwellen ermittelt werden.

Standort	Datum	Baustellenstandort	Einsatz der Warnschwellen	Gesperrter Fahrstreifen	Versuchs-anordnung	Aufnahme-dauer (Min.)
1	04.04.2006	A3-Wollerau	mit	NS	alt	120
2	20.06.2006	A3-Richterswil / Wollerau	mit	ÜS	alt	120
3	11.07.2006	A3-Mülibachtobel	mit	ÜS	alt	60
4a/b	11.07.2006	A3-Mülibachtobel	mit/ohne	ÜS	alt	31 / 17
5	12.07.2006	A3-Mülibachtobel	ohne	ÜS	alt	95
6	08.08.2006	A53-Volketswil	mit	NS	alt	127
7	02.05.2007	A3-Wollerau	mit	ÜS	neu	120
8	07.05.2007	A53-Uster-Nord	mit	NS	neu	100
9	10.05.2007	A53-Uster-Nord	mit	ÜS	neu	130
10	14.05.2007	A7-Attikon	mit	NS	neu	120

Tabelle 10: Übersicht der Videoaufnahmen an ausgewählten Tagesbaustellen

Zu diesem Zweck wurden die in Tabelle 10 aufgeführten Aufnahmen gemacht. An 6 Standorten war die ursprünglich festgelegte Versuchsanordnung (alt) vorhanden. An den Standorten 7 bis 10 erfolgten die Aufnahmen mit der in 3.1. erwähnten, angepassten Anordnung (neu). Der Abbau des Normalfahrstreifens konnten an 4 Baustellen und der Abbau des Überholfahrstreifens an 6 Baustellen betrachtet werden.

Am Standort A3-Mülibachtobel war es möglich, die Baustellensituation mit und ohne Warnschwelleneinsatz aufzunehmen. Dadurch konnte ein MIT/OHNE-Vergleich durchgeführt werden. Zusätzlich konnte an diesem Standort das Einholen der Warnschwellen vor der Tagesbaustelle gefilmt werden. Eine Zusammenstellung aller Angaben zu den einzelnen Standorten sind dem Anhang 2 zu entnehmen. Die Auswertergebnisse der Videoaufnahmen sind in 5.3. zusammengestellt.

Die Positionierung der Videokamera in erhöhter Lage gemäss Abbildung 6 war leider nicht immer möglich. Oft musste die Videokamera aufgrund der örtlichen Gegebenheiten am Autobahnrand aufgestellt werden, was den Fahrstreifenwechselbereich schlecht einsehbar machte. Um auch eine Auswertung der Bremsreaktionen im Bereich der Warnschwellen untersuchen zu können, sollten Aufnahmen in der Fahrtrichtung gemacht werden. Dies gelang nur an 5 Standorten. Da zudem zu grosse Abstände zwischen Videokamera und Warnschwellen bzw. den Bremsorten vorhanden waren, musste auf die Auswertung des Bremsverhaltens verzichtet werden. Für die Auswertung der Lagen der vorgenommenen Fahrstreifenwechsel und damit die Häufigkeit der Überfahrungen von Warnschwellen war jedoch die Bildqualität in der Regel ausreichend. Eine genaue Zuordnung des Fahrstreifenwechsels nach den 50m-Abschnitten gemäss Abbildung 6 war dennoch nicht möglich. Die Auswertung erfolgte deshalb für die folgenden 2 Bereiche:

- Bereich 1: 0 m (Baustellenbeginn/Signalwand) bis 150 m vor der Signalwand bzw. Lage der Warnschwellen
- Bereich 2: > 150 m (Lage der Warnschwellen)

Am Standort 6 (A53-Volketswil) lagen die Warnschwellen 175 m vor der Signalwand. Am Standort 7 Wollerau betrug der Abstand zwischen Warnschwellen und Signalwand nur 137 m. An den anderen Standorten waren die Warnschwellen wie vorgesehen etwa bei 150 m (zwischen 150 und 157 m) platziert.

Wie in 3.1. erwähnt, wurden während der ersten Versuchsphase viele Überfahrten über die Warnschwellen festgestellt. Daher wurde eine Versuchsanpassung vorgenommen (vgl. Abbildung 3). Dabei wurde auf der Höhe der Warnschwellen zusätzlich ein Hinweissignal Nr. 4.77 mit Anzeige des Fahrstreifenabbaus angebracht. Die folgenden zwei Abbildungen zeigen entsprechende Beispiele. Bei der Tagesbaustelle A53-Uster wurde der Hinweissignal auf einem Anhänger in erhöhter Lage befestigt.



Abbildung 13: Zusatzsignal bei neuer Versuchsanordnung an der Tagesbaustelle A53-Uster (Abbau des Normalstreifens)



Abbildung 14: Zusatzsignal bei neuer Versuchsanordnung an der Tagesbaustelle A3-Wolerau (Abbau des Überholstreifens)

Bei einer Tagesbaustelle (A7-Attikon) wurden anstelle des Hinweissignals niedrige Blitzlichter auf dem Standstreifen aufgestellt (vgl. Abbildung 15). Diese Untervariante ist nur beim Abbau des Normalfahrstreifens möglich.



Abbildung 15: Blitzlichter auf der Höhe der Warnschwellen bei neuer Versuchsanordnung an der Tagesbaustelle A7-Attikon

5. Auswertungen und Analysen

5.1. Unfallauswertungen

5.1.1. Unfallgeschehen Kanton Zürich

Während der Versuchsdauer vom 20.03.2006 bis 31.07.2007 (498 Tage) wurden bei Tagesbaustellen auf Hochleistungsstrassen im Kanton Zürich 48 Unfälle mit 20 Verunfallten verzeichnet. In dem massgebenden, 300 m langen Fahrstreifenwechselbereich (vgl. Abbildung 7) ereigneten sich 24 Unfälle mit 13 Verunfallten (siehe Unfallliste in Anhang 3). Bei 9 der 24 Unfälle kam es zu Kollisionen mit der Signalwand⁸. Aus der folgenden Tabelle ist ersichtlich, dass der dominierende Teil der Unfälle und der Unfallfolgen auf den kurzen Fahrstreifenwechselbereich entfällt. Die übrigen Unfälle ereigneten sich entlang der Tagesbaustelle oder im Bereich der Vorsignalisation (-750 m bis -250 m vor Baustellenbeginn).

	Unfälle Anzahl (%)	Verunfallte Anzahl (%)	Unfallschweregrad Verunfallte/Unfall
Gesamtbereich der Tagesbaustelle	48 (100)	20 (100)	0.42
Nur Fahrstreifenwechselbereich	24 (50)	13 (65)	0.54

Tabelle 11: Unfälle und Unfallfolgen bei Tagesbaustellen

Die folgende Tabelle zeigt die Unfallverteilung auf die verschiedenen *Formen des Fahrstreifenabbaus*. Die Auswertung hat zudem gezeigt, dass drei der sechs Unfälle, die zu Kollisionen mit der Signalwand beim Abbau des Normalfahrstreifens führten, von Lieferwagen, Lastwagen oder Sattelschleppern verursacht wurden. Beim Abbau des Überholfahrstreifens ereigneten sich alle Kollisionen mit einem PW.

	Alle Unfälle	Unfälle mit Kollisionen mit der Signalwand
Fahrstreifenabbau rechts (Normalfahrstreifen)	10	6
Fahrstreifenabbau links (Über- holfahrstreifen)	12	3
Andere*	2	0
Total	24	9

* Fahrstreifenabbau in der Mitte bei einer dreistreifigen Fahrbahn

Tabelle 12: Unfallgeschehen im Fahrstreifenwechselbereich bei Tagesbaustellen

Die häufigsten *Unfalltypen* im Fahrstreifenwechselbereich sind die Fahrurfälle mit Kollision mit Hindernis (50 %), Auffahrunfälle (29 %) sowie Unfälle bei Fahrstreifenwechsel (17 %).

5.1.2. Unfallgeschehen Kanton Aargau

Im Betrachtungszeitraum von November 2006 bis Mai 2007 (212 Tage) ereigneten sich bei Tagesbaustellen im Kanton Aargau lediglich 3 Unfälle. Alle 3 Unfälle sind auf der A1, einer Autobahn mit einer hohen Verkehrsbelastung, aufgetreten, während auf den Abschnitten der Autobahnen A2, A3 und T5 im Kanton Aargau traten in diesem Betrachtungszeitraum keine Unfälle auf.

Die Unfälle weisen weitere Gemeinsamkeiten auf. So geschahen alle 3 Unfälle am Tag bei bedecktem Himmel und trockenem Strassenzustand sowie im Fahrstreifenwechselbereich (siehe auch Abbildung 7) an stationären Tagesbaustellen ohne Warnschwellen. Ein Auffahrunfall auf ein stehendes Fahrzeug wurde durch einen PW beim Fahrstreifenabbau nach links ca. 150 m vor der Signalwand, also im Wechselbereich vom Normalfahrstreifen auf den Überholfahrstreifen, verursacht. Der Unfall ist auf Unaufmerksamkeit zurückzuführen.

⁸ Bei einem Unfall haben nacheinander zwei Fahrzeuge mit der Signalwand kollidiert.

2 Unfälle waren Kollisionen mit der Signalwand, welche durch einen Lastwagen bzw. einen Lieferwagen verursacht wurden. Sie geschahen beim Fahrstreifenabbau nach rechts. Während einer dieser Unfälle auf Unaufmerksamkeit und Missachtung der Fahrstreifensignalisation zurückzuführen ist, geschah der andere durch den Einfluss von Dritten.

Die Zusammenstellung der wichtigsten Eckdaten zu diesen 3 Unfällen sind in Tabelle 13 enthalten.

Es traten keine Unfälle an Tagesbaustellen mit Warnschwelleneinsatz auf. Dies lässt vermuten, dass die 2 Unfälle mit Kollision mit der Signalwand durch den Einsatz der Warnschwellen vermeidbar gewesen wären.

Fahrstreifenabbau	rechts	links
Anzahl Unfälle	2	1
Unfalltyp	Kollision mit festen Hindernis auf der Fahrbahn	Auffahrunfall auf stehenden Fahrzeug
Verursacher	LW, Lieferwagen	PW
Unfallort	Signalwand	150 m vor Signalwand
Warnschwelleneinsatz	Nein	Nein
Unfallursache	1 x Unaufmerksamkeit sowie Missachtung der Fahrstreifensignalisation 1 x Einfluss durch Dritte	Unaufmerksamkeit

Tabelle 13: Eckdaten zu Unfällen im Kanton Aargau

5.1.3. Auswirkungen von Warnschwellen

- *Auswirkungen im Kanton Zürich*

Im Kanton Zürich wurden während der Versuchsdauer total 2361 Tagesbaustellen auf Hochleistungsstrassen eingerichtet. Dabei handelt es sich um 2016 stationäre und 345 mobile Baustellen. Warnschwellen waren bei 245 der 2016 stationären Tagesbaustellen⁹ im Einsatz, was einer Einsatzhäufigkeit von rund 12 % entspricht.

Während der Versuchsdauer ereigneten sich im Fahrstreifenwechselbereich insgesamt 24 Unfälle. Bei 19 Unfällen waren keine Warnschwellen eingesetzt. Bei 5 Unfällen waren Warnschwellen verlegt, allerdings kann gemäss den Unfallprotokollen nur bei 3 der 5 Unfälle ursächlich auf ein Zusammenhang mit Warnschwellen geschlossen werden (Ausweichen den Warnschwellen, vgl. 5.2.1.).

9 der 24 Unfälle führten zu den folgenschweren Kollisionen mit Signalwand. Aus Tabelle 14 ist ersichtlich, dass sich alle 9 Kollisionen im Zustand ohne Warnschwellen ereignet haben. Bei der Anordnung von Warnschwellen vor dem Baustellenbeginn haben sich keine solche Unfälle ereignet.

Zustand	Anzahl Baustellen	Anzahl Unfälle im Fahrstreifenwechselbereich	Anzahl Kollisionen mit Signalwand
mit Warnschwelle	245	5 bzw. 3	0
ohne Warnschwelle	1'771	19	9
Total	2'016	24	9

Tabelle 14: Warnschwelleneinsätze und Unfälle an Tagesbaustellen im Kanton Zürich

Setzt man die Unfallzahlen in Relation zu Anzahl der stationären Tagesbaustellen, ergeben sich Verhältniszahlen gemäss Tabelle 15. Daraus ist ersichtlich, dass die auf die Anzahl von Baustellen bezogen relative Unfallhäufigkeit im Zustand mit Warnschwelle mit 20 bzw. 12 % höher bzw. etwa gleich gross ist, wie im Zustand ohne Warnschwelle (11 %). Anders ist die Situation bei der Betrachtung der Kollisionen mit Signalwand: Verhältnis 0 % im Zustand mit Warnschwelle zu 5 % im Zustand ohne Warnschwelle.

⁹ Die Warnschwellen können aus organisatorischen Gründen nur bei stationären Baustellen eingesetzt werden.

Zustand	Anzahl Unfälle pro Baustelle	
	Alle Unfälle	Kollisionen mit Signalwand
mit Warnschwelle	0.020 bzw. 0.012	0.000
ohne Warnschwelle	0.011	0.005
Total	0.012	0.004

Tabelle 15: Relative Unfallhäufigkeit an Tagesbaustellen im Kanton Zürich

Die obigen Betrachtungen deuten an, dass sich die Häufigkeit der Unfälle im Fahrstreifenwechselbereich durch den Einsatz von Warnschwellen nicht reduzieren lässt, wohl aber jene der folgenschweren Kollisionen mit Signalwand.

- *Auswirkungen im Kanton Aargau*

Anders präsentiert sich die Situation im Kanton Aargau, wo die Warnschwellen wesentlich häufiger eingesetzt werden. Wie aus Tabelle 16 ersichtlich, ereigneten sich im Betrachtungszeitraum von November 2006 bis Mai 2007 (212 Tage) an Tagesbaustellen mit Warnschwellen keine Unfälle im Fahrstreifenwechselbereich, und wie im Kanton Zürich auch keine Kollisionen mit Signalwand.

Zustand	Anzahl Baustellen	Anzahl Unfälle im Fahrstreifenwechselbereich	Anzahl Kollisionen mit Signalwand
mit Warnschwelle	56	0	0
ohne Warnschwelle	112	3	2
Total	168	3	2

Tabelle 16: Warnschwelleneinsätze und Unfälle an Tagesbaustellen im Kanton Aargau

Entsprechend den absoluten Zahlen ist auch die auf die Zahl von Tagesbaustellen bezogene relative Unfallhäufigkeit im Zustand mit Warnschwellen wesentlich günstiger als im Zustand ohne Warnschwellen (vgl. Tabelle 17). Diese positive Erfahrung mit den Warnschwellen dürfte mit ein Grund für deren häufiger Einsatz auf den Autobahnen in Aargau sein.

Zustand	Anzahl Unfälle pro Baustelle	
	Alle Unfälle	Kollisionen mit Signalwand
mit Warnschwelle	0.000	0.000
ohne Warnschwelle	0.027	0.018
Total	0.018	0.012

Tabelle 17: Relative Unfallhäufigkeit an Tagesbaustellen im Kanton Aargau

Im Vergleich zum Kanton Zürich (siehe Tabelle 15) fällt auf, dass im Zustand *ohne Warnschwellen* sowohl alle Unfälle im Fahrstreifenwechselbereich als auch jene der Kollisionen mit Signalwand im Kanton Aargau deutlich häufiger auftraten: Die relative Unfallhäufigkeit bzgl. aller Unfälle war bei Tagesbaustellen im Kanton Aargau 50 %, jene der Kollisionen mit Signalwand sogar dreimal höher als im Kanton Zürich.

5.2. Detaillierte Unfallanalyse

Weil sich an Tagesbaustellen im Kanton Aargau nur wenige Unfälle ereignet haben, beschränken sich die folgenden Betrachtungen auf die Datenbasis der HLS im Kanton Zürich.

Wie in 5.1.1. dargelegt, bildet der Fahrstreifenwechselbereich vor den Tagesbaustellen an HLS des Kantons Zürich einen ausgeprägten Unfallschwerpunkt. Auf diesem nur 300 m langen Abschnitt ereigneten sich 50 % aller Unfälle, mit ca. zwei Dritteln aller Verunfallten und der geschätzten Sachschäden. Aus diesem Grund wurde das Unfallgeschehen im Fahrstreifenwechselbereich näher analysiert. Im Vordergrund steht

dabei die Frage, ob sich aus den Unfallmerkmalen und den zugehörigen Beschrieben Hinweise auf die Unfallentstehung, bzw. auf gemeinsame Einflüsse, welche die *Entstehung der Unfälle* begünstigen, ableiten lassen. Dazu wurden zwei Teilmengen analysiert (vgl. 5.2.1. und 5.2.2.).

Aus den Beschrieben und Skizzen der 24 Unfälle im Fahrstreifenwechselbereich lassen sich folgende sechs Gruppen von Hinweisen auf die Unfallentstehung ableiten:

- *Nichtbeachten / Übersehen der Vorsignalisation (1)*
Diese direkt oder indirekt enthaltenen Hinweise konnten am häufigsten abgeleitet werden. Das Übersehen der Vorsignalisation wurde bei Kollisionen mit Signalwand auch dann gefolgert, wenn es im Beschrieb nicht ausdrücklich enthalten war, da solche Unfälle nicht „freiwillig“ in Kauf genommen werden.
- *Falscheinschätzen der Einfädungsmöglichkeit bzw. Behinderung durch Parallelverkehr am Ende des Fahrstreifenwechselbereichs (2)*
Das Einfädeln wird erst kurz vor der Fahrstreifenabsperkung beabsichtigt. Ein Teil solcher Verhaltensweisen erfolgt bewusst und in spekulativer Absicht.
- *Sichtbehinderung auf Fahrstreifenabsperkung durch vorausfahrendes Grossfahrzeug (3)*
Last- und Lieferwagen können die Sicht auf die Fahrstreifenabsperkung verdecken. Wenn sie erst unmittelbar vor der Absperkung den Fahrstreifen abrupt wechseln, kann ein nachfolgendes Fahrzeug die Kollision mit Abspervorrichtung kaum vermeiden.
- *Auffahren auf Kolonnenverkehr oder Stau infolge Tagesbaustelle (4)*
Unaufmerksamkeit bei Auffahren auf langsam fahrende Fahrzeugkolonne oder Stau infolge Fahrstreifen- und damit Leistungsreduktion.
- *Abruptes Ausweichen vor den Warnschwellen (5)*
Abrupter Fahrstreifenwechsel, um Warnschwellen, die als Hindernis auf der Fahrbahn aufgefasst werden, nicht zu überfahren.
- *Unaufmerksamkeit infolge Einwirkung von Alkohol (6)*

In den nachfolgenden Abschnitten wird die Häufigkeit der obigen Hinweise auf die Unfallentstehung untersucht. Dabei ist zu beachten, dass auch Mehrfachzuordnungen möglich sind.

5.2.1. Alle Unfälle im Fahrstreifenwechselbereich

Wie aus folgender Tabelle ersichtlich ist, betreffen fast 2/3 aller Hinweise auf die Unfallentstehung die Gruppe (1). Sie lassen sich aus den Unfallprotokollen von 15 der 24 Unfälle im Fahrstreifenwechselbereich ableiten. Die zweithäufigste Zuordnung betrifft mit 38 % die Gruppe (2). Bei 6 der 9 Unfälle dieser Gruppe wurde gleichzeitig auf das Nichtbeachten / Übersehen der Vorsignalisation (Gruppe (1)) hingewiesen. Bei diesen 6 Ereignissen können bewusste und spekulative Verhaltensweisen vermutet werden.

Am dritthäufigsten entstehen Unfälle infolge Unaufmerksamkeit bei Auffahren auf eine Fahrzeugkolonne oder im Stau (Gruppe (4)). Der Anteil von 29 % entspricht gemäss Ergebnissen in SPACEK et al. (2005) dem üblichen Anteil an Auffahrunfällen vor Baustellen an HLS.

Im Zusammenhang mit dem Einsatz von Warnschwellen ist von Bedeutung, dass bei 3 der 24 Unfälle (Gruppe (5)) ursächlich auf das abrupte *Ausweichen den Warnschwellen* hingewiesen wird¹⁰. Daraus muss gefolgert werden, dass den Verkehrsteilnehmenden der Zweck der Warnschwellen zu wenig klar ist bzw. dass sie gelegentlich mit „Hindernissen auf der Fahrbahn“ verwechselt werden. Dies könnte auch mit der Neuartigkeit dieser Massnahme zusammenhängen. Im Kanton Aargau, wo die Warnschwellen bereits zwei Jahre länger als im Kanton Zürich eingesetzt werden, ereigneten sich in der Erfassungsperiode keine solche Unfälle. Im Vorfeld einer allfälligen, gesamtschweizerischen Einführung der Warnschwellen bei Tagesbaustellen würde es sich deshalb empfehlen, eine entsprechende Aufklärungskampagne zu lancieren.

¹⁰ In zwei Fällen handelt es sich um den Unfalltyp Selbst-/Schleuderunfall, in drittem Fall um eine seitliche Kollision mit einem Fahrzeug auf dem parallelen Fahrstreifen. Einer der Unfälle ereignete sich nachts (Nachtbaustelle).

Hinweise auf Unfallentstehung		Zuordnungen*	
Gruppe	Beschrieb	Anzahl	%**
(1)	<i>Nichtbeachten / Übersehen der Vorsignalisation</i>	15	63
(2)	<i>Unterschätzen Einfädelungsmöglichkeit / Behinderung durch Parallelverkehr am Ende des Fahrstreifenwechselbereichs</i>	9	38
(3)	<i>Sichtbehinderung auf Fahrstreifenabspernung durch vorausfahrendes Grossfahrzeug</i>	1	4
(4)	<i>Auffahren auf Kolonnenverkehr oder Stau infolge Tagesbaustelle</i>	7	29
(5)	<i>Abruptes Ausweichen den Warnschwellen</i>	3	13
(6)	<i>Unaufmerksamkeit infolge Einwirkung von Alkohol</i>	1	7

* Bei einem Unfall sind auch mehrere Zuordnungen möglich

** In % aller 24 Unfälle im Fahrstreifenwechselbereich

Tabelle 18: Auswertung der Hinweise auf Unfallentstehung bzgl. aller Unfälle im Fahrstreifenwechselbereich

5.2.2. Unfallkollisionen mit Abgrenzung am Baustellenbeginn

Im Vordergrund des Interesses steht die Entstehung der folgenschweren Unfälle im Fahrstreifenwechselbereich. Zu diesen gehören insbesondere die Kollisionen mit der Abgrenzung am Baustellenbeginn. In der Versuchsperiode waren es insgesamt 11 solche Unfälle. Der mittlere geschätzte Sachschaden pro Unfall war bei diesen Unfällen mit über 44'000 Fr. rund 73 % höher als der entsprechende Mittelwert aller 24 Unfälle im Fahrstreifenwechselbereich.

Bei 9 Unfällen wurde die auf einem Fahrzeug befestigte Signalwand angefahren. Bei zwei Unfällen wurde die Signalwand nicht eingesetzt, zur Baustellenabsicherung wurden lediglich Absperrbaken oder -kegel verwendet.

Analog zu 5.2.1. ist in Tabelle 19 die Häufigkeit der Hinweise auf die Unfallentstehung zusammengestellt.

Hinweise auf Unfallentstehung		Zuordnungen*	
Gruppe	Beschrieb	Anzahl	%**
(1)	<i>Nichtbeachten / Übersehen der Vorsignalisation</i>	10	91
(2)	<i>Unterschätzen Einfädelungsmöglichkeit / Behinderung durch Parallelverkehr am Ende des Fahrstreifenwechselbereichs</i>	4	36
(3)	<i>Sichtbehinderung auf Fahrstreifenabspernung durch vorausfahrendes Grossfahrzeug</i>	1	9
(4)	<i>Auffahren auf Kolonnenverkehr oder Stau infolge Tagesbaustelle</i>	1	9
(5)	<i>Abruptes Ausweichen vor den Warnschwellen</i>	0	0
(6)	<i>Unaufmerksamkeit infolge Einwirkung von Alkohol</i>	1	9

* Bei einem Unfall sind auch mehrere Zuordnungen möglich

** In % aller 11 Kollisionsunfälle mit Abgrenzung am Baustellenbeginn

Tabelle 19: Auswertung der Hinweise auf Unfallentstehung bzgl. Unfälle mit Kollisionen mit Abgrenzung am Baustellenbeginn

Erwartungsgemäss dominieren bei den folgenschweren Unfällen wiederum die ersten zwei Gruppen. Bei den 10 Unfällen der Gruppe (1) kann eher das Übersehen der Vorsignalisation angenommen werden, als deren bewusstes Nichtbeachten.

Unterstellt man, dass niemand „freiwillig“ einen Aufprall in die auffällige Signalwand riskiert, so besteht eine der offensichtlichsten Ursachen dieser Kollisionen in der Sichtbehinderung durch andere, vor allem grössere Fahrzeuge. Die Analyse hat gezeigt, dass dieser Hinweis auf die Unfallentstehung lediglich bei einem der insgesamt 11 Unfälle zutrifft. Bei diesem Unfall hat ein vorausfahrender Lieferwagen im letzten Moment den Fahrstreifen gewechselt (und die Signalwand leicht touchiert), der nachfolgende Personenwagen ist trotz Vollbremsung in die Signalwand eingefahren.

Wie in 5.1.3. besprochen, ereigneten sich im Zusammenhang mit Warnschwelleneinsatz (Gruppe (5)) keine Unfallkollisionen mit Signalwand.

5.2.3. Übrige Erkenntnisse

In den Unfallprotokollen ist eine Vielzahl von Unfallmerkmalen enthalten. Für die analysierten Unfälle im Fahrstreifenwechselbereich zeigen sich bei einem grossen Teil der Merkmale keine Auffälligkeiten. Hierzu gehören Beleuchtungsverhältnisse, Witterung und Strassenzustand, Lage der Unfallstelle bzgl. Strassenausprägung (Gerade/Kurve und eben/Gefälle/Steigung), Verkehrsmenge, Vertrautheit mit der Strecke, Anzahl Fahrstreifen und Art des Fahrstreifenabbaus. Ein Einfluss der signalisierten Höchstgeschwindigkeit vor dem Baustellenbereich auf die Unfallhäufigkeit konnte ebenfalls nicht festgestellt werden, ereigneten sich doch je ca. 50 % Unfälle bei 80 bzw. 100 km/h.

Bei folgenden drei Unfallmerkmalen zeigen sich Auffälligkeiten:

- *Tageszeit*

Der übliche Einsatzbereich für Tagesbaustellen liegt zwischen ca. 9 und 16 Uhr. Erwartungsgemäss hat sich in dieser Zeit mit 18 Unfällen (ca. 75 %) der grösste Teil der 24 Unfälle ereignet. Auffällig ist jedoch, dass sich fast zwei Drittel der 18 Unfälle auf eine kurze Zeitperiode zwischen *14 und 16 Uhr* konzentrieren. Ein ähnlich hoher Anteil resultiert für die zwei Nachmittagsstunden auch bezüglich der 11 Kollisionsunfälle mit Abgrenzung am Baustellenbeginn.

- *Art der Baustelle*

Tagesbaustellen werden auch innerhalb von Dauerbaustellen eingerichtet. Die Auswertung hat gezeigt, dass ca. 14 % der 28 Unfälle im Bereich von Fahrstreifenwechseln und sogar 27 % der 11 Kollisionsunfälle mit Abgrenzung am Baustellenbeginn innerhalb von Dauerbaustellen geschahen.

- *Beteiligte*

Die Auswertung zeigt, dass grössere Fahrzeuge (Last- und Lieferwagen) überdurchschnittlich häufig an den Unfällen beteiligt sind. Sie werden bei ca. 25 % der 24 Unfälle im Fahrstreifenwechselbereich und gar bei ca. 36 % der 11 Kollisionsunfälle mit Abgrenzung am Baustellenbeginn als Verursacher ausgewiesen.

5.2.4. Folgerungen aus detaillierter Unfallanalyse

Die Umstände der Unfallentstehung bei den Tagesbaustellen konnten aufgrund der zur Verfügung stehenden Unterlagen nicht eindeutig geklärt werden. Relativ deutlich zeigt sich jedoch, dass das Nichtbeachten / Übersehen der Vorsignalisation die wichtigste Ursache der Unfälle im Fahrstreifenwechselbereich und vor allem der Kollisionsunfälle mit Abgrenzung am Baustellenbeginn darstellt.

Stehende Hindernisse auf der Fahrbahn einer Hochleistungsstrasse – wie sie die Signalwände vor den Tagesbaustellen darstellen – sind in der Erwartungshaltung der Automobilisten offensichtlich nicht enthalten. In diesem Zusammenhang können die überfahrbaren Warnschwellen einen Beitrag zur Vermeidung von folgenschweren Kollisionen mit der Signalwand leisten. Die Tatsache, dass im Versuchszeitraum beim Einsatz von Warnschwellen in beiden Kantonen keine solche Kollision vorgekommen ist, lässt diesen Schluss zu. Für die gesamtschweizerischen Einführung der Warnschwellen bei Tagesbaustellen sollte jedoch der Zweck dieser Massnahme mittels einer Aufklärungskampagne der breiten Öffentlichkeit zugänglich gemacht werden.

5.3. Fahrverhalten

Mit Genehmigung des Versuchs durch das Bundesamt für Strassen wurde an 8 Tagesbaustellen der Verkehrsablauf durch 10 Videoaufnahmen dokumentiert und ausgewertet (siehe Anhang 2). Bei 5 Standorten erfolgten die Aufnahmen bei der ursprünglichen Versuchsanordnung, bei 4 Standorten war die neue Versuchsanordnung vorhanden (vgl. 4.3). Zu Vergleichszwecken wurden auch Videoaufnahmen an zwei Standorten ohne Warnschwelleneinsatz gemacht. In Tabelle 20 sind die wichtigsten Verkehrsdaten während der Videoaufnahmen zusammengestellt. Dabei beziehen sich die ersten 4 Standorte auf Sperrungen von Normalfahrstreifen (NS), die übrigen Standorte auf Sperrungen von Überholfahrstreifen (ÜS).

An den Standorten 1 bis 4 und 6 mit der ursprünglichen Versuchsanordnung mit nur Warnschwellen (WS) waren während der Videoaufnahmen geringfügig unterschiedliche Verkehrsbelastungen zwischen ca. 1060 und rund 1300 Fz/h vorhanden. An den Standorten 8 bis 10 mit der neuen Versuchsanordnung liegen die Verkehrsbelastungen mit rund 700 Fz/h deutlich darunter. Für den Standort 7 liegen wegen Sichteinschränkungen keine Belastungsangaben vor. Eingesetzt wurden hier die Werte des Standortes 3, weil sich die beiden Tagesbaustellen in einem Abstand von nur ca. 200 m befinden. Der LW-Anteil betrug an den betrachteten Orten zwischen 9 und 16 %.

Standort	Baustellenstandort	WS	Wechsel von	Versuchs-anordnung	Stunden-belastung	LW-Anteil	Fahrstreifen-belegung [%]	
					Fz/h	%	NS	ÜS
1	A3-Wollerau	mit	NS → ÜS	alt	1159	16%	19%	81%
6	A53-Volketswil	mit	NS → ÜS	alt	1063	10%	26%	74%
8	A53-Uster-Nord	mit	NS → ÜS	neu	672	11%	15%	85%
10	A7-Attikon	mit	NS → ÜS	neu	715	15%	29%	71%
2	A3-Richterswil/Wollerau	mit	ÜS → NS	alt	1217	16%	90%	10%
3	A3-Mülibachtobel	mit	ÜS → NS	alt	1198	14%	92%	8%
4-mit	A3-Mülibachtobel	mit	ÜS → NS	alt	1296	11%	92%	8%
4-ohne	A3-Mülibachtobel	ohne	ÜS → NS	-	1245	9%	89%	11%
5-ohne	A3-Mülibachtobel	ohne	ÜS → NS	-	1219	10%	95%	5%
7	A3-Wollerau	mit	ÜS → NS	neu (Annahme)	k.A. (1200)	k.A. (14 %)	k.A. (92%)	k.A. (8%)
9	A53-Uster-Nord	mit	ÜS → NS	neu	726	12%	94%	6%

Tabelle 20: Verkehrsdaten während der Videoaufnahmen

Auf Autobahnstrecken ohne Fahrstreifensperrung beträgt gemäss DIETRICH et al. (1999) bei einer Verkehrsbelastung zwischen 700 und 1200 Fz/h die Fahrstreifenbelegung zwischen ca. 70 und 50 % auf Normalfahrstreifen und zwischen ca. 30 und 50 % auf dem Überholfahrstreifen. Die Fahrstreifenbelegung an den obigen Videostandorten wurde etwa 300 bis 350 m vor der Signalwand ausgewertet und gibt Aufschluss darüber, wie viele Fahrzeuge in diesem Abstand bereits den zu sperrenden Fahrstreifen verlassen haben.

Aus der obigen Tabelle ist ersichtlich, dass bei Standorten 1, 6, 8 und 10 mit Sperrung des *Normalfahrstreifens* (Wechsel von NS → ÜS) noch ca. 15 bis 30 % Fahrzeuge auf dem Normalfahrstreifen verblieben. Bei der Sperrung des *Überholfahrstreifens* (Standorte 2 bis 5, 7 und 9 mit Wechsel von ÜS → NS) verblieben nur noch ca. 5 bis 10 % der Fahrzeuge auf dem Überholfahrstreifen. Die übrigen Fahrzeuge müssen den Fahrstreifenwechsel auf der restlichen Strecke vor der Signalwand noch vornehmen. In diesem Zusammenhang interessiert die Frage, wie viele Fahrstreifenwechsel erfolgen auf den letzten, kritischen 150 m vor der Signalwand. Auf diese Frage wird in den nächsten zwei Abschnitten eingegangen.

5.3.1. Fahrstreifenwechsel bei ursprünglicher Versuchsanordnung

An den Standorten 1 bis 4 und 6 war die ursprüngliche Versuchsanordnung (vgl. Abbildung 3) eingerichtet. Die Auswertungsergebnisse der Fahrstreifenwechsel an diesen Standorten sind in Tabelle 21 zusammengestellt. Die ersten 4 Spalten entsprechen jenen in der Tabelle 20. Die Spalte 5 enthält die auf eine Stunde umgerechnete Anzahl aller auf den Videoaufnahmen sichtbaren Fahrstreifenwechsel, in der Regel in einem Bereich von ca. 350 m vor der Signalwand (vgl. Abbildung 6). Die letzten drei Spalten enthalten die Ergebnisse der Wechsel- bzw. Einfädelungsvorgänge in den erwähnten letzten 150 m vor der Signalwand. Bei diesen Vorgängen wurden die Warnschwellen zumindest teilweise überfahren. Wesentlich sind die Angaben in der letzten Spalte. Der prozentuale Bezug der Anzahl von Fahrstreifenwechseln zwischen -150 und 0 m auf alle beobachteten Fahrstreifenwechsel hat den Vorteil, dass die relativen Anteile besser vergleichbar sind, weil sie von den teilweise unterschiedlichen Stundenbelastungen unabhängig sind. Zudem ermöglicht dies auch Vergleiche mit Ergebnissen aus ausländischen Untersuchungen.

Wie in Tabelle 21 ersichtlich ist, wechselten bei Tagesbaustellen mit *Sperrung des Normalfahrstreifens* (NS → ÜS, Standorte 1 bzw. 6) pro Stunde 51 bzw. 78 Fahrzeuge im Bereich zwischen den Warnschwellen und der Signalwand. Gemessen an der Zahl aller Fahrstreifenwechsel betrug die Überfahrquote der Warnschwellen ca. 20 bzw. 27 %. In der Untersuchung von STEINAUER et al. (2004) wurden ähnliche Erhebungen durchgeführt. Die Stundenbelastungen waren dort mit 800 bis 1'400 Fz/h vergleichbar gross, der Erfassungsbereich der Videokameras betrug dort jedoch 750 m (statt 350 m in unseren Erhebungen) und wurde in 4 Abschnitte unterteilt. Nach der Umrechnung auf den verkürzten Erfassungsbereich von 350 m ergab sich in STEINAUER et al. (2004) für die Warnschwellenanordnung ohne Blinkerpfeil eine ähnlich grosse Überfahrquote der Warnschwellen von ca. 28%.

Standort	WS	Wechsel von	Stundenbelastung [Fz/h]	Alle beobachteten Fahrstreifenwechsel [Fz/h]	Fahrstreifenwechsel zwischen -150 m und 0 m		
					Anzahl [Fz/h]	in % von Stundenbelastung	in % von allen Wechseln
1	mit	NS → ÜS	1'159	250	51	4.4	20.4
6	mit	NS → ÜS	1'063	285	78	7.4	27.5
2	mit	ÜS → NS	1'217	123	44	3.6	35.9
3	mit	ÜS → NS	1'198	96	67	5.6	69.8
4-mit	mit	ÜS → NS	1'296	97	62	4.8	64.0

Tabelle 21: Häufigkeit der Fahrstreifenwechsel bei ursprünglicher Versuchsanordnung

Anders präsentiert sich die Situation bei Tagesbaustellen mit *Sperrung des Überholfahrstreifens* (ÜS → NS, Standorte 2 bis 4). Wie aus der obigen Tabelle ersichtlich, sind die Überfahrquoten der Warnschwellen auf dem Überholfahrstreifen wesentlich grösser als auf dem Normalfahrstreifen. Aus der Tabelle sind auch die örtlichen Unterschiede, die teilweise mit der Einsehbarkeit auf den Videoaufnahmen zusammenhängen¹¹, ersichtlich. Während also aus unseren Erhebungen 1.5- bis 2.5-fach grössere Überfahrquoten auf dem Überholfahrstreifen als auf dem Normalfahrstreifen resultieren, waren sie bei den Untersuchungen in Deutschland (STEINAUER et al. (2004)) in beiden Fällen etwa gleich gross.

5.3.2. Fahrstreifenwechsel bei veränderter Versuchsanordnung

Durch die Anordnung der Warnschwellen sollen die Fahrzeuglenker dazu veranlasst werden, den Fahrstreifenwechsel vorzulegen. Die Erhebungen während der ursprünglichen Versuchsanordnung haben gezeigt, dass die Warnschwellen verhältnismässig häufig überfahren werden, vor allem bei der Sperrung des Überholfahrstreifens. Obwohl sie auf das gefahrlose Überfahren ausgelegt sind, sprechen verschiedene Gründe dafür, die Häufigkeit des Überfahrens im Verkehrsablauf vor Tagesbaustellen möglichst einzuschränken:

- Bei hohen Überfahrquoten wird der Verschiebung der Warnschwellen auf der Fahrbahn Vorschub geleistet. In Ausnahmefällen, bei örtlich ungünstigen Belagsverhältnissen kann dies zu grösseren Verschiebungen führen (vgl. 5.4.2).
- Auf den letzten 150 m vor dem Baustellenbeginn verbleibt bei dichtem Verkehr nur wenig Spielraum zum Einfädeln in den durchgehenden Fahrstreifen.
- Die Absicht, den Fahrstreifenwechsel erst auf den letzten 150 m vorzunehmen, führt beim Fehlen einer ausreichenden Lücke zum Einfädeln dazu, dass der Bremsvorgang eingeleitet werden muss. Bei höheren Ausgangsgeschwindigkeiten kann dann die verbleibende Strecke bis zur Signalwand für den Anhalteweg nicht ausreichen¹².

Deshalb wurde anlässlich einer Besprechung mit den Verantwortlichen der Unterhaltsdienste vereinbart, einen Zusatzversuch durchzuführen. Analog zur ausländischen Versuchsanordnung wurde zur Erhöhung der Aufmerksamkeit der Fahrzeuglenker ein zusätzliches Hinweissignal auf der Höhe der Warnschwellen eingesetzt. Die Erhebungen wurden an 4 weiteren Tagesbaustellen im Mai 2007 durchgeführt.

Analog zu Tabelle 21 sind in Tabelle 22 die Auswertungsergebnisse der Fahrstreifenwechsel bei der veränderter Versuchsanordnung zusammengestellt. Bei der Betrachtung der Anteile von Fahrstreifenwechseln im Bereich zwischen -150 m und 0 m fällt auf, dass sie sich im Vergleich zu jenen bei der ursprünglichen Versuchsanordnung (vgl. Tabelle 21) massiv verringert haben, vor allem bei der Sperrung des Überholfahrstreifens. Die Anteile sind bei beiden Formen des Fahrstreifenabbaus ähnlich gross. Von Bedeutung ist auch, dass die örtlichen Unterschiede wesentlich kleiner sind als bei der Versuchsanordnung ohne zusätzlicher Hinweissignal. Da sonst keine Veränderung an der Versuchsanordnung vorgenommen wurde, muss die Reduktion der Überfahrquote mit grosser Wahrscheinlichkeit auf das Anbringen des zusätzlichen Hinweissignals zurückgeführt werden. Dafür spricht auch der Umstand, dass sich die Tagesbaustelle beim Standort 7 praktisch an gleicher Stelle befand wie die Standorte 3 und 4 während der Erhebungen mit ursprünglicher Versuchsanordnung.

¹¹ An den Standorten 3 und 4 bestand eine Sichteinschränkung durch eine Rechtskurve.

¹² Nach der VSS-Norm SN 640 090a beträgt der Anhalteweg bei z.B. 100 km/h je nach Längsneigung zwischen ca. 130 und 145 m.

Standort	WS	Wechsel von	Stundenbelastung [Fz/h]	Alle beobachteten Fahrstreifenwechsel [Fz/h]	Fahrstreifenwechsel zwischen -150 m und 0 m		
					Anzahl [Fz/h]	in % von Stundenbelastung	in % von allen Wechseln
8	mit	NS → ÜS	672	103	12	1.8	11.6
10*	mit	NS → ÜS	715	211	16	2.2	7.6
7	mit	ÜS → NS	1'200	104	8	0.6	7.2
9	mit	ÜS → NS	726	40	6	0.8	13.8

* Bei diesem Standort wurden anstelle des Hinweissignals Blitzlichter auf dem Standstreifen eingesetzt (vgl. Abbildung 15)

Tabelle 22: Häufigkeit der Fahrstreifenwechsel bei veränderter Versuchsanordnung

Aufgrund des Vergleichs der Ergebnisse in den Tabelle 21 und Tabelle 22 ist zusammenfassend festzustellen, dass die Anordnung eines zusätzlichen Signals geeignet ist, die Häufigkeit des Überfahrens der Warnschwellen zu senken. Mit dieser Massnahme werden die Fahrstreifenwechsel vorverlegt. Ähnliche Erfahrung wurde auch in deutschen Untersuchungen gemacht (STEINAUER et al. (2004), BEIER et al. (2005)). Demnach bewirke die Anordnung eines gelb blinkenden Abweispfeiles einen frühzeitigeren Wechsel auf den durchgehenden Fahrstreifen.

Es kann davon ausgegangen werden, dass nur ca. 10 % der Fahrstreifenwechsel, die auf den letzten ca. 350 m vor der Signalwand stattfinden, im letzten Bereich zwischen Warnschwellen und Signalwand erfolgen. In Anlehnung an die deutsche Versuchsanordnung mit gelb blinkenden Abweispfeil ist anzunehmen, dass die oben erwähnte Überfahrquote weiter reduziert werden könnte durch

- Ergänzung des Hinweissignals mit einem Gelbblinker und
- beidseitiges Aufstellen des Hinweissignals¹³.

5.4. Betriebliche Erfahrungen mit Warnschwelleneinsatz

Während bezüglich Verkehrssicherheit die Erfahrungen mit Warnschwellen positiv sind und klar für ihr Einsatz an stationären Tagesbaustellen sprechen, wird seitens der Unterhaltsdienste auf betriebliche Probleme hingewiesen, auf die in diesem Abschnitt eingegangen wird.

Die betrieblichen Erfahrungen basieren primär auf den Rückmeldungen der Unterhaltsdienste. In weiterem wurden auch Erkenntnisse aus der Auswertung der Videoaufnahmen verwertet. Hinsichtlich des Betriebs an den Tagesbaustellen mit Warnschwelleneinsatz kann grundsätzlich unterschieden werden zwischen

- der Installation der Warnschwellen (das Auslegen der Warnschwellen vor Beginn der Unterhaltsarbeiten und deren Einholen nach der Auflösung der Tagesbaustelle) und
- dem eigentlichen Einsatz der Warnschwellen während der mehrstündigen Unterhaltsarbeiten in der Tagesbaustelle.

Im Zusammenhang mit dem Versuch stellten sich auch die Fragen des allfälligen Mehraufwandes für die Unterhaltsdienste, vor allem im Bezug auf den Personaleinsatz. Auf diesen Aspekt wird im Abschnitt 5.4.3. eingegangen.

5.4.1. Installation der Warnschwellen

In dieser Arbeitsphase steht die Sicherheit des Unterhaltungspersonals klar im Vordergrund. Das mit den Unterhaltsdiensten im Kanton Zürich vereinbarte Vorgehen beim Auslegen und Einholen der Warnschwellen wurde in 3.3. beschrieben. Sie entspricht weitgehend den üblichen Vorgängen wie sie bei der Anbringung der Vorsignalisation (bei -750 m und bei -500 m) für eine Tagesbaustelle nötig sind.

Die Warnschwellen werden wie die anderen temporären Strassensignale an den Bestimmungsort mit einem Unterhaltsfahrzeug transportiert und in dessen Schutz ausgelegt¹⁴. Dies erfolgt in der Reihenfolge

¹³ Dies war bei den vorliegenden Aufnahmen nur am Standort 7 der Fall.

¹⁴ Beim Abbau des Überholfahrstreifens ist die Vorgehensweise mit jener für die Anbringung von Strassensignalen identisch. Beim Abbau des Normalfahrstreifens besteht insofern ein Unterschied als die Signalisationsarbeiten ab dem Standstreifen vorgenommen werden können, während für die Installation von Warnschwellen der Fahrstreifen benutzt werden muss.

(bzw. in der Fahrtrichtung) -750 m: Vorsignale installieren → -500 m: Vorsignale installieren → -150 m: Warnschwelle auslegen → 0 m: Positionieren des Fahrzeuges mit Signalwand.

Beim Vorgang „Einholen der Warnschwelle“ ist die umgekehrte Reihenfolge (gegen die Fahrtrichtung) nicht möglich. Auch die Variante „150 m Rückwärtsfahren mit Signalwandfahrzeug¹⁵ und dort geschützt Einholen der Warnschwelle“ wurde bei den Besprechungen mit Vertretern der Unterhaltsdienste verworfen, weil bei diesem Vorgehen zeitweise ein Widerspruch zu den Distanzangaben der Vorsignalisation bestehen würde. Denkbar wäre auch eine Vorgehensweise analog zum Auslegen der Warnschwelle in der Reihenfolge -750 m: Vorsignale entfernen → -500 m: Vorsignale entfernen → -150 m: Warnschwelle einholen → 0 m: Signalwandfahrzeug entfernen. Auch bei dieser Variante wären die Warnschwelle und die Signalwand auf der Fahrbahn zeitweise ohne Vorankündigung.

Deshalb wurde beim Aufheben der Tagesbaustelle in der Regel wie folgt vorgegangen:

- Zuerst wurden mit einem Unterhaltsfahrzeug die Warnschwelle eingeholt. Bei gesperrtem Normalfahrstreifen wurde auf ein Unterhaltsfahrzeug meistens verzichtet, die Warnschwelle wurde vom Standstreifen aus seitlich eingezogen und auf dem Standstreifen zum 150 m entfernten Signalwandfahrzeug gebracht.
- Danach wurde das Signalwandfahrzeug entfernt.
- Zuletzt wurde die Vorsignalisation abmontiert. Dies erfolgte entweder in einem zweiten Durchgang mit dem gleichen Fahrzeug, (was eine entsprechende Mehr- bzw. Retourfahrt bedingt) oder es wurde hierzu ein zusätzliches, zweites Unterhaltsfahrzeug eingesetzt.

Da zu den Vorgängen bei der Installation der Warnschwelle keine Rückmeldungen seitens der Unterhaltsdienste erfolgten, kann davon ausgegangen werden, dass in dieser Arbeitsphase keine Sicherheitsprobleme für die Verkehrsteilnehmer und das Unterhaltspersonal aufgetreten sind.

5.4.2. Warnschwelleinsatz

Wie in 5.3.1. dargelegt, wurden die Warnschwelle während des Einsatzes relativ häufig überfahren. Gemäss 5.3.2. hat sich die Überfahrfrequenz durch die Anordnung eines zusätzlichen Hinweissignals deutlich reduziert. Die Warnschwelle sind laut Hersteller so konzipiert, dass sie mit Motorfahrzeugen gefahrlos überfahren werden können und dass sie auch ohne bzw. nur mit geringfügigen Verschiebungen auf der Fahrbahn liegen bleiben (vgl. 3.2.). Die Versuche in den Niederlanden (VAN VEENENDAAL et al. (1999)) und in Deutschland¹⁶ (STEINAUER et al. (2004)) haben dies auch bestätigt.

Grössere Verschiebungen von Warnschwelle im Einsatz sind für die Unterhaltsdienste insofern relevant, als dass die Warnschwelle unter Verkehr wieder gerichtet werden müssten. Diese Arbeiten sind mit erheblichen Gefahren für das Unterhaltspersonal verbunden.

In der verfügbaren Fachliteratur wird das Problem der Warnschwelleverschiebungen grundsätzlich nicht thematisiert. Nachfragen bei den Verantwortlichen der Unterhaltsdienste *im Kanton Aargau*, wo die Warnschwelle bei Tagesbaustellen schon länger im Einsatz sind, ergaben, dass dort keine oder nur geringfügige Verschiebungen der Warnschwelle auftreten; das Nachstellen der Warnschwelle sei in der Regel nicht erforderlich.

Die *Forschungsstelle* führte an insgesamt 10 Tagesbaustellen im Kanton Zürich Erhebungen des Fahrverhaltens durch (vgl. 4.3.). Dabei wurde stets die Lage der Warnschwelle vor und nach der etwa 2- bis 3-stündigen Erhebung überprüft und photographisch festgehalten. An diesen Erhebungsorten wurden keine oder nur kleinere Verschiebungen (vgl. Abbildung 16) festgestellt.



Abbildung 16: Beispiele von kleineren Verschiebungen der Warnschwelle

¹⁵ Oft handelt es sich um eine Komposition von Zugfahrzeug und Anhänger mit Signalwand.

¹⁶ In Deutschland sind die Warnschwelle seit dem 1.1.2008 durch eine Änderung der Strassenverkehrsordnung für den Einsatz an Tagesbaustellen zugelassen.

Von den Unterhaltsdiensten *im Kanton Zürich* wurde immer wieder auf das häufige Überfahren der Warnschwellen hingewiesen. Hinweise auf grösserer Verschiebungen der Warnschwellen sind jedoch zwischen dem Versuchsbeginn im März 2006 und April 2007 bei der Forschungsstelle keine eingegangen¹⁷. Ende Mai 2007 erhielt die Forschungsstelle von einem Unterhaltsbezirk die Mitteilung, dass die Warnschwellen massiv verschoben werden und sie vom Unterhaltspersonal immer wieder gerichtet werden müssen. Wie massiv die Verschiebungen sind, wurde durch mitgelieferte Aufnahmen dokumentiert (vgl. Abbildung 17). Es wurde festgestellt, dass sich die Warnschwellen bereits kurze Zeit nach Einsatzbeginn verschieben, und dass sie sogar überworfen werden. Gesichtet wurde sogar eine Warnschwelle, die sich auf der Schmalkante aufgestellt hat. In einer solchen Situation bestand sowohl für das Arbeitspersonal als auch für die Verkehrsteilnehmer eine erhebliche Gefahr. Folgerichtig hat der Unterhaltsdienst verfügt, den Warnschwelleneinsatz sofort abzubrechen¹⁸.

Dieses Phänomen ist in anderen Unterhaltsbezirken des Kantons Zürich und auch in Kanton Aargau nicht aufgetreten. Es hat sich herausgestellt, dass die oben beschriebenen Vorgänge nur auf einem bestimmten Autobahnabschnitt (A3 Fahrbahn Richtung Chur, zwischen ca. km 127.0 und 127.3) aufgetreten sind. Wie aus Abbildung 17 ersichtlich, war bei dieser Tagesbaustelle der Normalfahrstreifen abgebaut. Über die Ursachen, warum gerade und nur auf diesem Abschnitt derart gravierende Verschiebungen aufgetreten sind, können nur Mutmassungen angestellt werden:

- *Tiefere Spurrinnen*, wie sie auf dem Normalfahrstreifen auftreten, könnten die Haftfähigkeit der Warnschwellen auf der Fahrbahn beeinträchtigen. Die Forschungsstelle hat den fraglichen Autobahnabschnitt am zweiten Tag nach den gemeldeten Ereignissen besichtigt. Bei diesem Augenschein vor Ort waren Spurrinnen im Normalfahrstreifen deutlich sichtbar, sie waren jedoch nicht übermässig tief. Die eingesetzten Kunststoffschwellen werden bewusst biegsam gefertigt, damit sie sich kleineren Unebenheiten anpassen können. Gemäss Auskunft des zuständigen Unterhaltsdienstes war in dem fraglichen Abschnitt der kritische Wert der Spurrinntiefe¹⁹ noch nicht überschritten.



Abbildung 17: Beispiele von grossen Verschiebungen der Warnschwellen

- Wie in 3.2. beschrieben, basiert das Haften Prinzip, dass der Luftdruck unter der Schwelle während der Überfahrtzeit kurzzeitig tiefer liegt als über der Schwelle, und dass der Druckausgleich erst mit einer Verzögerung erfolgt. Das Anschmiegen der Kunststoffschwellen an die Fahrbahnoberfläche wird jedoch durch ein *luftdurchlässigen Belag* beeinträchtigt. Auf der A3 im Kanton Zürich wurden Drainbeläge

¹⁷ Gemäss einer nachträglichen Mitteilung der Unterhaltsdienste gab es Verschiebungen der Warnschwellen bereits früher und an verschiedenen Orten, sie wurden der Forschungsstelle jedoch nicht gemeldet.

¹⁸ Diese Ereignisse führten im Kanton Zürich dazu, dass der Versuch in der zweiten Juniwoche, also früher als geplant abgebrochen wurde (die Versuchsbewilligung des ASTRA war bis Ende Juli 2008 befristet).

¹⁹ Gemäss Norm SN 640 925b beträgt der Kritische Wert der Spurrinntiefe T 12 mm (Index = 4).

nachweislich eingebaut, gemäss Nationalstrassenunterhalt wurden sie jedoch bereits früher wieder ausgebaut oder mit anderen Belagsarten überdeckt.

- Denkbar ist auch, dass hier die Verschiebungen durch *gezielte Bremsungen und/oder abrupte Lenkmanöver* im Bereich der Warnschwellen entstanden. Allerdings wären diese auch an anderen Orten mit Warnschwelleneinsätzen denkbar, die Verschiebungen sind aber nur an diesem Ort aufgetreten. Gegen diese Erklärung sprechen auch die Ergebnisse ausländischer Versuche, bei welchen gezielte Bremsungen mit Lastwagen durchgeführt wurden.
- Die Tatsache, dass die Warnschwellen nicht nur stark verschoben, sondern auch umgedreht wurden, deutet auf Wirbeleffekte hin. Solche können durch *mehrachsig, schwere Fahrzeuge* (Lastzug oder Tief-lader) ausgelöst werden. Bei Mehrachsigkeit verändern sich die erwähnten Druckverhältnisse über längere Zeit, sodass ein Druckausgleich möglich ist und die Warnschwelle fortgewirbelt werden kann.

Zusammenfassend muss gefolgert werden, dass an dem besagten Autobahnabschnitt mit grosser Wahrscheinlichkeit primär die relativ tiefen Spurrinnen die Ursache der massiven Schwellenverschiebungen waren. Dafür spricht die Tatsache, dass die Forschungsstelle ca. 3 Wochen vor den oben beschriebenen Ereignissen, praktisch auf der gleichen Höhe, jedoch bei der Sperrung des Überholfahrstreifens Aufnahmen des Fahrverhaltens gemacht hat, ohne dass dort Verschiebungen der Warnschwellen aufgetreten sind. Im Belag des Überholfahrstreifens waren keine Spurrinnen ersichtlich.

5.4.3. Personalaufwand

Gemäss Unterhaltsdiensten des Kantons Zürich ist der Warnschwelleneinsatz an Tagesbaustellen mit zusätzlichem Personalaufwand verbunden.

Der personelle Mehraufwand bezieht sich auf

- die Installation der Warnschwellen (Ausmessen der 5 m-Abstände und die Positionierung) und allenfalls eines Zusatzsignals bei -150 m (vgl. 5.3.2.)
- die Überwachung und das Richten der Schwellen (Anmarschwege auf dem Standstreifen oder dem Mittelstreifen bzw. die Fahrbahnüberquerungen)
- die Einholung der Warnschwellen (Anmarschwege und Mehrfahrten mit einem zusätzlichen Unterhaltsfahrzeug).

Obwohl der oben angegebene Mehraufwand offensichtlich ist, wird er von den Verantwortlichen des Unterhaltsdienstes im Kanton Aargau, wo die Warnschwellen seit längerer Zeit eingesetzt werden, in dieser Form nicht bestätigt.

6. Folgerungen und Empfehlungen

Der erste Teil der vorliegenden Untersuchung befasst sich mit der Sicherheitsproblematik bei Tagesbaustellen. Als Forschungsziel stehen hier Empfehlungen zur Verhinderung folgenschwerer Aufprallkollisionen auf die fahrbaren Signalwände bzw. auf Dienstfahrzeuge, mit denen der Baustellenbeginn abgesichert wird, im Vordergrund. In diesem Untersuchungsteil war vor allem die Wirksamkeit der im Ausland bereits länger eingesetzten Warnschwellen, die auf den gesperrten Fahrstreifen angeordnet werden, zu überprüfen.

6.1. Untersuchungsergebnisse

• *Unfallgeschehen*

Wie die Ergebnisse des Versuchs gezeigt haben, sind die Warnschwellen als ein einfach handhabbares und flexibel einsetzbares Mittel zur Verdeutlichung der Fahrstreifensperrung geeignet, Anfahrten an die Signalwand zu verhindern und damit die *Unfallsschwere* im Fahrstreifenwechselbereich vor Tagesbaustellen deutlich zu reduzieren. Im Zustand mit Warnschwelleneinsatz haben sich während der Versuchsdauer in beiden Kantonen keine solche Unfälle ereignet. Allein die dadurch ersparten Sachkosten für Schäden an Fahrzeugen und Strassenanlage übersteigen den in 5.4.3. erwähnten Personalmehraufwand deutlich. Dabei machen die bei Strassenverkehrsunfällen verursachten Sachschäden nur etwa ein Drittel der gesamten sozialen Kosten aus. Der volkswirtschaftliche Nutzen der Warnschwelleneinsätze an Tagesbaustellen gilt deshalb als ausgewiesen.

Während des Versuchs an den HLS im Kanton Zürich hat sich die relative *Unfallhäufigkeit* im Fahrstreifenwechselbereich zwischen den Zuständen ohne und mit Warnschwelleneinsatz nicht verändert. Es kann jedoch davon ausgegangen werden, dass durch entsprechende Aufklärungskampagnen auch in diesem Bereich Verbesserungen möglich sind. Darauf deuten die Ergebnisse aus dem Kanton Aargau, wo die Warnschwellen häufig und seit längerer Zeit eingesetzt werden.

Obwohl die Umstände der Unfallentstehung bei den Tagesbaustellen nicht eindeutig geklärt werden konnten, zeigt sich relativ deutlich, dass das Nichtbeachten / Übersehen der Vorsignalisation der wichtigste Grund für die Entstehung der Unfälle im Fahrstreifenwechselbereich und vor allem der Kollisionsunfälle mit Abgrenzung am Baustellenbeginn darstellt. Hier sind deshalb Verbesserungen angezeigt.

Stehende Hindernisse auf der Fahrbahn einer Hochleistungsstrasse – wie sie die Signalwände vor den Tagesbaustellen darstellen – werden von den Automobilisten nicht erwartet. In diesem Zusammenhang können die Warnschwellen einen Beitrag zur Vermeidung von folgenschweren Kollisionen mit der Signalwand leisten, indem sie auf der Fahrbahn aus der Ferne visuell auffallen. Wenn diese Wirkung infolge Sichtbehinderungen nicht zum Tragen kommt (z.B. bei dichterem Verkehr), verbleibt noch der warnende Rütteleffekt beim Überfahren der Schwellen. Der erwähnte Beitrag bezieht sich vor allem auf Vorgänge, die auf das Übersehen (oder auch Vergessen) der Vorsignalisation zurückzuführen sind.

• *Fahrverhalten*

Durch die Anordnung der Warnschwellen sollen die Fahrzeuglenker dazu veranlasst werden, den Fahrstreifenwechsel vorzulegen. Die Erhebungen während der ursprünglichen Versuchsanordnung haben gezeigt, dass die Warnschwellen verhältnismässig häufig überfahren werden, vor allem bei der Sperrung des Überholfahrstreifens. Die Überfahrquoten bei Sperrung des Normalfahrstreifens sind vergleichbar mit jenen die auch in Untersuchungen im Ausland festgestellt wurden, bei Sperrung des Überholfahrstreifens resultieren jedoch zwei- bis dreifach höhere Häufigkeiten. Bei ausländischen Untersuchungen wurde festgestellt dass durch die seitliche Anordnung eines blinkenden Abweispfeils die Überfahrfrequenz der Warnschwellen reduziert wird und die Fahrstreifenwechsel vorverlegt werden.

Deshalb wurde vereinbart, einen Zusatzversuch durchzuführen. Analog zur ausländischen Versuchsanordnung wurde zur Erhöhung der Aufmerksamkeit der Fahrzeuglenker ein zusätzliches Hinweissignal mit Anzeige des Fahrstreifenabbaus auf der Höhe der Warnschwellen eingesetzt (vgl. 4.3.). Der Vergleich der Erhebungsergebnisse zwischen der ursprünglichen Versuchsanordnung (ohne zusätzlichem Hinweissignal, vgl. 5.3.1.) und der veränderten Versuchsanordnung (vgl. 5.3.2.) hat gezeigt, dass die Anordnung eines zusätzlichen Signals geeignet ist, die Häufigkeit des Überfahrens der Warnschwellen zu senken. Mit dieser Massnahme werden die Fahrstreifenwechsel vor dem Beginn der Tagesbaustelle vorverlegt.

Es kann davon ausgegangen werden, dass beim Einsatz des zusätzlichen Hinweissignals nur ca. 10 % der Fahrstreifenwechsel, die auf den letzten ca. 350 m vor der Signalwand stattfinden, im letzten Bereich zwischen Warnschwellen und Signalwand erfolgen. In Anlehnung an die deutsche Versuchsanordnung mit gelb blinkenden Abweispfeil ist zu erwarten, dass die oben erwähnte Überfahrfrequenz durch die Ergänzung

des Hinweissignals mit einem Gelbblinker und das beidseitige Aufstellen des Hinweissignals weiter reduziert werden könnte. Die in 5.2.4. erwähnte Aufklärungskampagne bei einer gesamtschweizerischen Einführung der Warnschwellen wäre auch im Zusammenhang mit dem Fahrverhalten im Fahrstreifenwechselbereich vor Tagesbaustellen sinnvoll.

- *Betriebliche Erfahrungen*

Die betrieblichen Erfahrungen mit dem Einsatz von Warnschwellen müssen als teilweise widersprüchlich beurteilt werden. Zu den Vorgängen bei der *Installation der Warnschwellen* sind keine negative Rückmeldungen seitens der Unterhaltsdienste bekannt. In der Arbeitsphase des Auslegens und Einholens der Warnschwellen ergeben sich offensichtlich keine Sicherheitsprobleme für die Verkehrsteilnehmer und das Unterhaltspersonal.

Auch in der Phase des mehrstündig *Warnschwelleneinsatzes* traten zunächst keine betrieblichen Probleme auf. Weder aus dem Kanton Zürich noch aus dem Kanton Aargau erhielt die Forschungsstelle Hinweise auf grössere Verschiebungen der Warnschwellen. Ebenso wurden keine solche bei den vor Ort durchgeführten Erhebungen der Forschungsstelle festgestellt. Dies änderte sich kurz vor dem Versuchsabschluss, indem aus einem Unterhaltsbezirk des Kantons Zürich gemeldet wurde, dass die Warnschwellen massiv verschoben werden und sie vom Unterhaltspersonal immer wieder gerichtet werden müssen. Diese Verschiebungen, die auf einem bestimmten Autobahnabschnitt aufgetreten waren, sind mit grosser Wahrscheinlichkeit auf örtlich ungünstige Bedingungen zurückzuführen.

Anders als im Kanton Aargau lehnen die Verantwortlichen für den Nationalstrassenunterhalt im Kanton Zürich den Einsatz von Warnschwellen ab. Begründet wird dies mit den Hinweisen auf den zusätzlichen Personalaufwand.

6.2. Hinweise zur Normung

6.2.1. Analyse bestehender Norm

Im Vordergrund der Analyse steht die Norm SN 640 885c (Signalisation von Baustellen auf Autobahnen und Autostrassen) sowie der Beilage zu dieser Norm²⁰. Es handelt sich hierbei um die einzige VSS-Norm, in der Hinweise zur Absicherung von Baustellen auf Hochleistungsstrassen enthalten sind. Diese Norm konzentriert sich auf Empfehlungen zur Signalisation, zur Markierung und zu den Leiteinrichtungen, wobei die Tagesbaustellen dort nicht schwergewichtig behandelt werden. Eine ausführliche Kritik dieser Norm ist in SPACEK et al. (2005) enthalten, wobei dort auf die Tagesbaustellen nicht explizite eingegangen wird. In dieser Forschungsarbeit wurde u.a. angeregt, anstelle der einzigen Norm eine eigenständige Normgruppe zu erarbeiten. Als eine der Detailnormen wird darin die Norm über „Einrichtung und Betrieb von Tagesbaustellen“ empfohlen.

Die Analyse des Unfallgeschehens hat gezeigt, dass sich die bisherigen Normempfehlungen zu Tagesbaustellen nicht bewährt haben. Obwohl der Beginn der Tagesbaustelle mit einer auffälligen Absperreinrichtung abgesichert wird, geschehen im Farstreifenwechselbereich überdurchschnittlich viele Unfälle, die in der Regel folgenschwer sind. Die zahlreichen Anprallkollisionen an die Signalwand führen in der Praxis dazu, dass diese Absperreinrichtung selbst mit vorgelagerten Leitkegeln oder -baken „abgesichert“ wird. Das geht auch aus der Auswertung der Unfallprotokolle hervor.



Abbildung 18: Beispiel einer zusätzlichen Absicherung der Signalwand mit Leitkegeln

²⁰ Diese Norm gilt als Weisung des UVEK im Sinne von Art. 115, Abs. 2 SSV.

Der auffälligste Unterschied zu den Fahrstreifenabsperrrungen bei Dauerbaustellen besteht darin, dass in den Normempfehlungen für Tagesbaustellen auf den letzten 500 m vor dem Baustellenbeginn kein einziges Signal vorgesehen ist (vgl. Abbildung 9 und 10). Dabei handelt es sich bei der auf einem Fahrzeug befestigten Signalwand um einen massiven Hindernis auf der Fahrbahn. Da ein solches „Hindernis“ von vielen Fahrzeuglenkern auf einer Autobahn nicht erwartet wird, wäre es angezeigt, die Vorsignalisation in Fahrtrichtung zur Tagesbaustelle zu verdichten bzw. mit einem weiteren Signal zu ergänzen. Anders als bei Tagesbaustellen sind gemäss bestehender Norm bei allen Dauerbaustellen mit Fahrstreifenabbau oder -überleitung neben den Vorsignalen bei -750 m und -500 m auch solche bei -350 m, -250 m und -100 m beidseitig vorzusehen. Dies mag in der Überlegung begründet sein, dass es sich bei Tagesbaustellen nur um einen temporären Einsatz handelt, der eine zusätzliche Vorsignalisation nicht rechtfertigt. Die Unfallauswertungen sprechen jedoch gegen dieser Überlegung. Nach Auffassung der Forschungsgemeinschaft sollte deshalb der Einsatz von Warnschwellen an Tagesbaustellen stets zusammen mit einem zusätzlichen Hinweisignal erfolgen.

6.2.2. Normungsempfehlungen

In Anlehnung an die Untersuchungsergebnisse in dieser Arbeit wird dem Bundesamt für Strassen empfohlen, die Anwendung der Warnschwellen bei Tagesbaustellen auf Autobahnen zuzulassen und gesamtschweizerisch zu regeln. Zu diesem Zweck ist entweder eine neue Norm zu erarbeiten oder die nachfolgenden Empfehlungen bzgl. Warnschwelleneinsatz an stationären Tagesbaustellen sind durch die Anpassung der bestehenden Norm SN 640 885c zu berücksichtigen.

Einsatzmöglichkeiten der Warnschwellen

- *Tagesbaustellen auf Autobahnen mit 2x2 Fahrstreifen*

Die Warnschwellen dienen zur zusätzlichen Absicherung von Tagesbaustellen mit der *Sperrung des Normal- oder Überholfahrstreifens*. Für den Einsatz gelten die Empfehlungen in diesem Bericht.

Die Warnschwellen können auch bei Tagesbaustellen, die nachts betrieben werden (hier als *Nachtbaustellen* bezeichnet), eingesetzt werden. Die Sichtbarkeit der Warnschwellen bei Dunkelheit ist dank den in den zugewandten Schwellenkanten eingebauten Reflektoren gewährleistet, ihre Auffälligkeit ist im Vergleich zum Tag sogar besser.

- *Tagesbaustellen auf Autobahnen mit 2x3 Fahrstreifen*

Bei dreistreifigen Autobahnen kann zusätzlich auch die *Sperrung des mittleren Fahrstreifens* erforderlich werden (vgl. Abbildung 13 in der Beilage zur Norm SN 640 885c). Auch in diesem Fall ist der Warnschwelleneinsatz zur zusätzlichen Absicherung denkbar, allerdings wird empfohlen, die Warnschwellen nicht versetzt (d.h. in einer bestimmten Richtung abweisend), sondern im mittleren Fahrstreifen mittig anzuordnen.

- *Weitere Einsatzmöglichkeiten*

- Tagesbaustellen auf oder neben Standstreifen

Zur zusätzlichen Absicherung der Unterhaltsarbeiten sind Warnschwellen auch bei der *Sperrung der Standstreifen* denkbar (vgl. Abbildungen 4 bis 6 in der Beilage zur Norm SN 640 885c). Diese Einsatzmöglichkeit ist auch in der deutschen Strassenverkehrsordnung (StVo) seit dem 1.1.2008 enthalten.

- Tagesbaustellen im Bereich von Fahrstreifen-Lichtsignal-Systemen

Der Warnschwelleneinsatz ist auch bei Tagesbaustellen möglich, die mit Hilfe eines *Fahrstreifen-Lichtsignal-Systems* (FLS)²¹ eingerichtet bzw. abgesichert werden. In der Regel handelt es sich hier um Unterhaltsarbeiten in Tunneln oder Tunnelvorbereichen. Mit Hilfe der Warnschwellen könnte die häufige Missachtung der Lichtsignalanzeigen zu Beginn der Baustelle eingedämpft werden. Bei diesem Anwendungsfall sollten die Warnschwellen zwischen dem letzten Gelbpfeil und dem ersten roten Kreuz des FLS angeordnet werden.

²¹ Eine Einrichtung zur zeitweiligen Sperrung von Fahrstreifen (Signal Nr. 2.65, Art. 69 SSV bzw. VSS-Norm SN 640 802)

Anordnung der Warnschwellen und Signalisation

Für die Anordnung der Warnschwellen auf der Fahrbahn gelten die Empfehlungen in diesem Bericht (vgl. Abbildung 3 und Abbildung 4).

Die Warnschwellen sind stets zusammen mit der auf einem Fahrzeug befestigten Signalwand einzusetzen. Zur Einschränkung der Häufigkeit von Überfahrungen der Warnschwellen ist zwingend ein zusätzliches Hinweissignal vorzusehen. Anstelle des aus rechtlichen Gründen nicht zulässigen gelbblinkenden Pfeiles (vgl. 3.1.) wird das *Hinweissignal Nr. 4.77* (Anzeige der Fahrstreifen, vgl. Abbildung 19) empfohlen. Zur besseren Auffälligkeit ist das Signal mit einem aufgesetzten *Gelbblinker* zu ergänzen²².

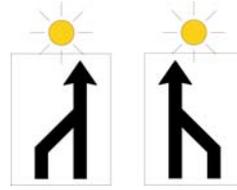


Abbildung 19: Hinweissignal Nr. 4.77 mit Anzeigen des Fahrstreifenabbaus

Anders als beim Vorsignal bei -500 m ist bei diesem Signal bewusst *keine Distanzangabe* anzubringen. Damit wird (wie bei den Dauerbaustellen, vgl. Fig. 11 in SN 640 885c bzw. Abb.10 in Beilage zu SN 640 885c) der Ort markiert, an dem der gesperrte Fahrstreifen spätestens zu verlassen ist. Analog zu Dauerbaustellen empfiehlt es sich zudem, dieses Hinweissignal *beidseitig* der Fahrbahn aufzustellen, vor allem auf stark befahrenen Autobahnabschnitten.

Offen ist noch die Lage des Hinweissignals. Bei der vorliegenden Versuchsanordnung wurde es auf der Höhe Warnschwellen aufgestellt und wie aus Tabelle 21 und Tabelle 22 ersichtlich, hat sich diese Anordnung bewährt. Aufgrund der vorliegenden Untersuchungsergebnisse kann nur festgestellt werden, dass es grundsätzlich wesentlich ist, ein zusätzliches Signal aufzustellen.

Im Ausland wurden verschiedene Aufstellungen getestet (0 m, 150 m, 300 m vor den Warnschwellen) und in Deutschland wurde eine Entfernung von 150 m empfohlen, „um auch bei geringen Sichtweiten oder hohen Verkehrsbelastungen frühzeitig auf die Fahrstreifensperrung hinzuweisen“ [ROSS et al. (2008)]. Dass die Sicht auf die Warnschwellen durch vorausfahrende Fahrzeuge verhindert oder bei schlechter Witterung beeinträchtigt wird, ist offensichtlich. Hier kann ein seitlich aufgestellter und auffälliger Blinkerpfeil als Aufforderung zum Fahrstreifenwechsel beitragen.

Bei der Übertragung auf unsere Verhältnisse ist jedoch zu berücksichtigen, dass bei uns anstelle des gelbblinkenden Abweispfeils aus rechtlichen Gründen nur ein Hinweissignal mit Anzeige des Fahrstreifenabbaus in Frage kommt. Dieses Signal kann ohne Distanzangabe nicht beliebig vorverlegt werden. Wird das Signal vorverlegt und mit einer Distanztafel ergänzt, so wird die oben angesprochene Wirkung als Ort an dem der gesperrte Fahrstreifen spätestens zu verlassen ist, vermutlich beeinträchtigt.

Vorgehen bei der Installation der Warnschwellen

Für die Installation der Warnschwellen auf der Fahrbahn gelten die Empfehlungen in diesem Bericht (vgl. 5.4.1.). In der Norm ist zu verdeutlichen, dass das Auslegen und das Einholen der Warnschwellen stets im Schutz eines Unterhaltsfahrzeuges erfolgen muss.

Einsatzbedingungen

Aus dem Ausland sind keine Einschränkungen für das Verlegen der Warnschwellen an Autobahnen bekannt. Wie in 5.4.2. erwähnt, war das Auftreten grösserer Verschiebungen der Warnschwellen sehr selten. Dennoch sollte in der Norm darauf hingewiesen werden, dass bei grösseren Fahrbahnunebenheiten auf den Einsatz von Warnschwellen zu verzichten ist.

Allerdings ist die quantitative Einschätzung des Ausmasses der Fahrbahnunebenheiten durch das Unterhaltspersonal vor Ort nicht immer möglich. Deshalb sollte empfohlen werden, nach dem Verlegen der Warnschwellen die Situation eine kurze Zeit lang (z.B. 1/2 h) durch einen Mitarbeiter zu beobachten. Wenn in dieser Zeit beim Überfahren der Warnschwellen grössere Verschiebungen auftreten, dann wären die Warnschwellen zu entfernen. Dazu bietet sich als eine Zwischenlösung die Möglichkeit an, die auf der Höhe der Warnschwellen bereits installierten Hinweissignale (vgl. Abbildung 19) zu belassen. Angesichts des in dieser Untersuchung festgestellten grossen Einflusses auf die Überfahrhäufigkeit der Warnschwellen (vgl. 5.3.2.) sollte ihre Wirksamkeit nicht unterschätzt werden.

²² Auf diesen zusätzlichen Signal kann bei Warnschwelleneinsätzen auf dem Standstreifen und in Kombination mit FLS verzichtet werden.

Teil B: Anschlüsse im Baustellenbereich

7. Grundlagen

7.1. Allgemeines

Dieser Teil der Forschungsarbeit beschäftigt sich mit dem Unfallgeschehen bei Anschlüssen auf Hochleistungsstrassen (HLS) im Baustellenbereich. Als Anschluss werden hier Einfahrten, Ausfahrten und Verzweigungen bezeichnet. Für diese Untersuchung wird bei Verzweigungsbereichen zudem zwischen Fahrbahnauftrennungen und Fahrbahnzusammenführungen unterschieden.

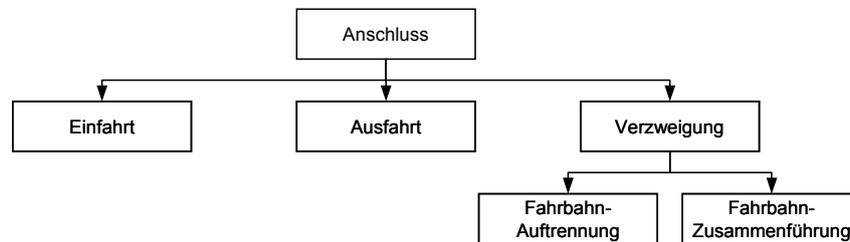


Abbildung 20: Definition des Begriffs Anschluss

Für die Untersuchungen des Unfallgeschehens bei Anschlüssen innerhalb langfristigen Baustellen auf HLS ist eine Unterteilung der Baustelle in verschiedene Abschnitte erforderlich. Diese Unterteilung wird aus der Forschungsarbeit „Baustellen an Hochleistungsstrassen, Verkehrstechnische Massnahmen zur Verbesserung der Sicherheit und des Verkehrsflusses“ [SPACEK et al. (2005)] übernommen (vgl. Abbildung 21).

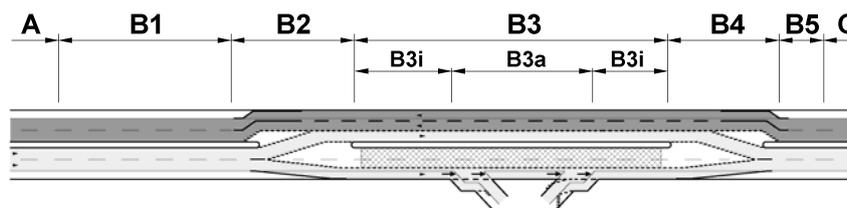


Abbildung 21: Unterteilung in Baustellenabschnitte

Die oben abgebildeten Abschnitte sind wie folgt definiert:

- Abschnitt A: Unbeeinflusster Vorbereich
- Abschnitt B1: Beschilderter Bereich vor der Baustelle mit abgestuften Geschwindigkeitssignalen (Trichter). Der Verkehrsteilnehmer wird auf die Baustelle hingewiesen und sollte sein Fahr- und Geschwindigkeitsverhalten anpassen. (Die Länge dieses Abschnittes beträgt gemäss SN 640 885c 1'000 m).
- Abschnitt B2: Überleitungs- und/oder Verschwenkungsbereich zu Beginn der Baustelle. Die Länge ist von der Verkehrsführung abhängig.
- Abschnitt B3: Baustellen-Innenbereich mit ausschliesslich eingeebten Fahrsteifen. Die Länge ist abhängig von der Baustelle.
- Abschnitt B3i: Baustellen-Innenbereich ohne Abschnitte mit Verzweigung oder Autobahnanschluss
- Abschnitt B3a: Baustellen-Innenbereich im Abschnitt einer Autobahnein- bzw. Autobahnausfahrt
- Abschnitt B3b: Baustellen-Innenbereich im Abschnitt mit Verzweigung
- Abschnitt B4: Überleitungs- und/oder Verschwenkungsbereich am Ende der Baustelle. Die Länge ist abhängig von der Verkehrsführung.
- Abschnitt B5: Entflechtungsbereich nach der Baustelle. Die Verbote und Einschränkungen werden aufgehoben.
- Abschnitt C: Unbeeinflusster Bereich nach der Baustelle.

In die vorliegende Untersuchung wurden die Bereiche B3a und B3b einbezogen. Wie in 1.1 erwähnt, werden für diese Bereiche mit Hilfe von Unfallunterlagen Erkenntnisse über die Unfallentstehung gesucht.

7.2. Bisherige Untersuchungen

In der Forschungsarbeit „Baustellen an Hochleistungsstrassen, Verkehrstechnische Massnahmen zur Verbesserung der Sicherheit und des Verkehrsflusses“ [SPACEK et al. (2005)] wurden einerseits Unfalldaten von früheren HLS-Baustellen in der Schweiz ausgewertet, andererseits bei vier Untersuchungsstrecken genauere Unfalluntersuchungen durchgeführt.

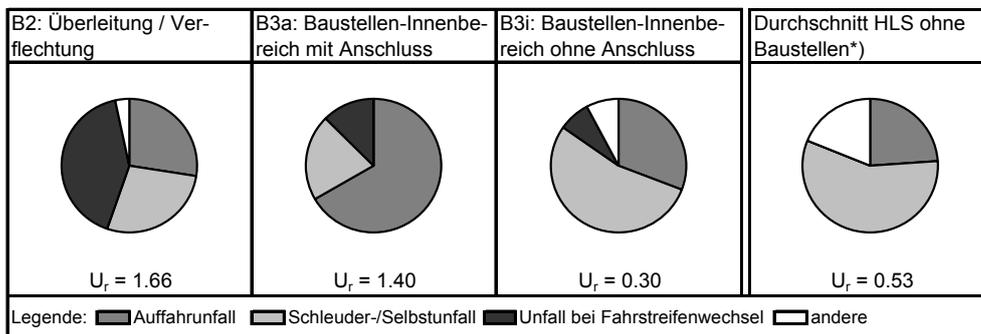
Die Auswertung der vorhanden Unfalldaten zeigte, dass das Unfallgeschehen bei Anschluss- und Verzweigungsbauwerken im Baustellen-Innenbereich überdurchschnittlich hoch ist. Dies widerspiegelt sich in bis zu fünffach höheren Unfallraten im Baustellen-Innenbereichen mit Anschlüssen (B3a) gegenüber jenen ohne Anschlussbauwerke (B3i).

Als Beispiel zeigen die Tabelle 23 sowie die Abbildung 22 die Resultate dieser Untersuchung für die A1 Limmattal (1999 und 2000).

Verkehrsführung *		B1	B2	Baustellen-Innenbereich				B4
				B3	B3i	B3a	B3b	
2+4	U _r	0.51	1.84	0.82	0.37	2.05	1.68	0.20
	Unfälle	7	25	50	11	32	7	1
4+2	U _r	0.04	0.40	0.36	0.26	0.76	0.96	0.72
	Unfälle	1	2	26	13	9	4	3
Mittel	U _r	0.28	1.66	0.59	0.30	1.40	1.32	0.46
Total	Unfälle	8	27	76	24	41	11	4

* Anzahl Fahrstreifen in Richtung Bern und Zürich

Tabelle 23: Unfälle und Unfallraten in Baustellenabschnitten, A1 Limmattal (ZH) [SPACEK et al. (2005)]



*) Der Anteil „andere“ enthält auch die Unfälle beim Fahrstreifenwechsel

Abbildung 22: Unfalltypen und Unfallraten in ausgewählten Baustellenabschnitten, A1 Limmattal (ZH) und an HLS ohne Baustellen [SPACEK et al. (2005)]

Die erhöhte Unfallhäufigkeit bei Anschluss- und Verzweigungsbauwerken im Baustellen-Innenbereich konnte unabhängig von der Verkehrsführung festgestellt werden, wobei bei der Betriebsform 3+1, wenn Ein- bzw. Ausfahrten auf der einstreifigen Autobahnseite vorhanden sind, besonders negative Einflüsse festgestellt werden konnten. Die Unfallraten ohne Berücksichtigung der Unfälle in den Anschlussbereich sind bei allen Betriebsformen um 30 % bis 60 % kleiner. Bei Baustellen mit Anschlüssen im Innenbereich, welche sich nicht vermeiden lassen, ist somit eine deutliche verbesserte Gestaltung erforderlich.

Die Unfall- bzw. Verunfalltendichten der vier Untersuchungsstrecken bestätigen die Erkenntnisse aus der Auswertung der früheren Unfalldaten. Anschlussbereiche (Abschnitt B3a) stellten sowohl bei der Unfall- als auch bei der Verunfalltenhäufigkeit klare Schwerpunkte im Unfallgeschehen dar (vgl. Tabelle 24). Jedoch war die Datenstichprobe von Anschlüssen und Verzweigungen im Baustellenbereich bei den Untersuchungsstrecken zu gering um detaillierte Unfallauswertungen durchführen zu können.

Baustellenabschnitt	Unfalldichte U _d					Verunfalltendichte VU _d					Länge km	Zeit Tage
	B1	B2	B3i	B3a	B4	B1	B2	B3i	B3a	B4		
alle Betriebsformen	1.33	0.00	0.91	8.82	0.00	0.67	0.00	0.49	15.43	0.00	21.6	276

Tabelle 24: Unfall- bzw. Verunfalltendichten der Baustellenabschnitte [SPACEK et al. (2005)]

7.3. Datenbasis

Die Unfalluntersuchung von Anschluss- und Verzweigungsbereichen bei HLS-Baustellen wurden aufgrund der Daten des Netzes des Kantons Zürich der Jahre 2003 bis 2006 durchgeführt. Zu diesem Zweck konnten die Unfallstatistiken und Unfallprotokolle sowie die Baustellenpläne der verkehrstechnischen Abteilung der Kantonspolizei Zürich eingesetzt werden.

Im Untersuchungszeitraum waren zahlreiche langfristige Baustellen auf dem HLS-Netz des Kantons Zürich vorhanden, bei welchen insgesamt 27 Ein- und Ausfahrten sowie 22 Verzweigungen (je 11 Fahrbahnauftrennungen und Fahrbahnzusammenanführungen) innerhalb einer Baustelle zu liegen kamen (Abbildung 23).

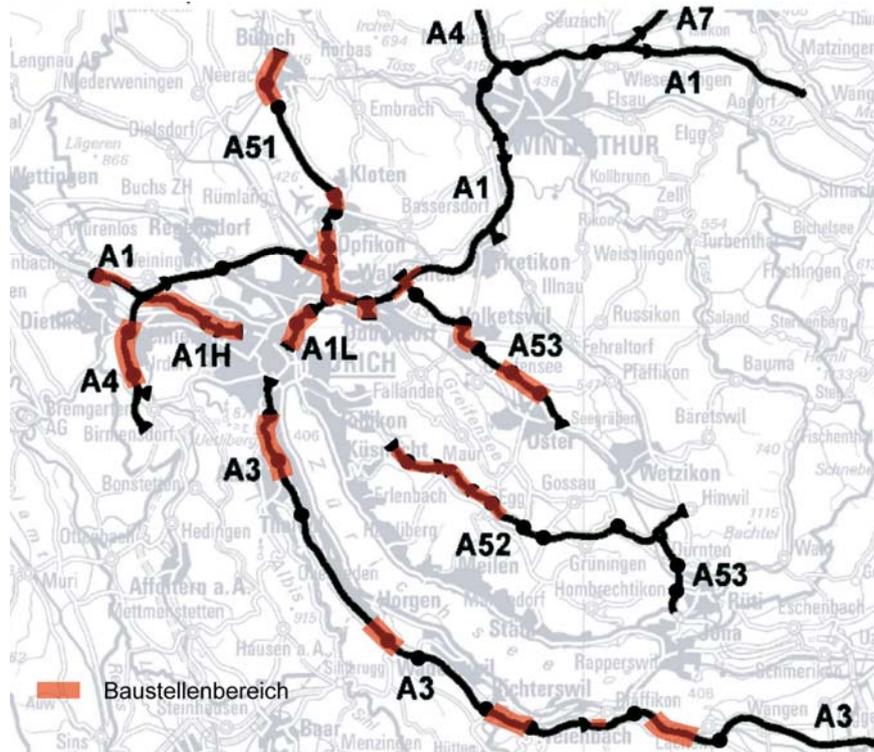


Abbildung 23: Übersicht Baustellen HLS-Netz Kanton Zürich 2003 bis 2006

Mit Hilfe der Unfallstatistik der Kantonspolizei Zürich wurden die Unfälle bei Ein- bzw. Ausfahrten sowie bei Verzweigungen bei Baustellen der Jahre 2003 bis 2006 bestimmt. Als Unfälle bei Ein- und Ausfahrten werden einerseits Unfälle bezeichnet, welche sich auf den Fahrstreifen der Ein- bzw. Ausfahrten (Beschleunigungs- bzw. Verzögerungsstreifen) ereignen, andererseits aber auch Unfälle, die auf der durchgehenden Fahrbahn auf Höhe der Ein- bzw. Ausfahrten im Zusammenhang mit auf- bzw. abfahrenden Fahrzeugen geschehen.

In den Jahren 2003 bis 2006 ereigneten sich gesamthaft 179 solche Unfälle in den betrachteten Baustellenabschnitten. Dabei wurden 62 Unfälle bei Einfahrten, 26 Unfällen bei Ausfahrten und 91 Unfälle in Bereichen mit Verzweigungen registriert (Tabelle 25).

Anschlussstelle		Anzahl Unfälle	
Einfahrt		62	
Ausfahrt		26	
Verzweigung	Fahrbahn-Auftrennung	59	91
	Fahrbahn-Zusammenführung	32	
Total		179	

Tabelle 25: Anzahl Unfälle an Anschlussstellen im Untersuchungszeitraum

8.2. Auswahl Untersuchungsstellen

Für die Auswahl der Untersuchungsstellen mussten die Unfälle an den einzelnen Anschlussstellen den verschiedenen Bauphasen zugeordnet werden. Unfälle bei gleicher oder vergleichbarer Baustellenführung und Baustelleneinrichtungen wurden in Gruppen zusammengefasst.

Für die detaillierte Unfalluntersuchung wurden die Unfallgruppen mit mindestens drei Unfällen ausgewählt. Das heisst, es werden die Anschlussstellen analysiert, an denen sich mindestens drei Unfälle bei gleicher Baustelleneinrichtung ereigneten.

Mit diesen Kriterien konnten 14 Untersuchungsstellen ausgewählt werden, welche für die detaillierte Unfallanalyse eingesetzt werden (vgl. Tabelle 26). Eine Dokumentation der ausgewählten Untersuchungsstellen befindet sich in Anhang 4.

Nr.	Ort	Untersuchungsstelle	Zeitraum	Anz. Unfälle
1	A1	Fahrbahnauftrennung A1 / A51, Fahrtrichtung Bern	20. April – 17. Aug. 06	3
2	A1	Fahrbahnauftrennung A1 / A1L, Fahrtrichtung St. Gallen	12. Aug. – 6. Dez. 05	2
			20. April – 17. Aug. 06	8
3	A1	Einfahrt Brüttsellen, Fahrtrichtung St. Gallen	27. Aug. – 21. Sept. 05	2
			22. Sept. – 24. Okt. 05	1
4	A1L	Verzweigung Zürich Ost, Fahrbahnauftr. St.Gallen, Uster / Bern, Flughafen	12. Aug. – 12. Dez. 05	3
5	A1L	Verzweigung Zürich-Ost; Fahrbahnauftr. St.Gallen / St.Gallen, Uster / Bern, Flugh.	21. Feb. – 7. Sept. 06	7
6	A3	Einfahrt Brunau, Fahrtrichtung Chur	24. Mai – 22. Aug. 04	4
7	A51	Einfahrt Glattbrugg, Fahrtrichtung Zürich	1. Jan. – 15. Juni 03	3
			16. Juni – 29. Sept. 03	6
8	A51	Einfahrt Glattbrugg, Fahrtrichtung Zürich	30. Sept. – 25. Nov. 03	5
9	A51	Ausfahrt Werft, Fahrtrichtung Zürich	16. Juni – 25. Nov. 03	5
			26. Nov. 03 – 16. Aug. 04	2
10	A51	Ausfahrt Kloten-Süd, Fahrtrichtung Schaffhausen	26. Nov. 03 – 6. April 04	4
11	A51	Fahrbahnzusammenführung A51 / A1, Fahrtrichtung Schaffhausen	1. Jan. – 5. Mai 03	3
12	A51	Fahrbahnzusammenführung A51 / A1, Fahrtrichtung Schaffhausen	6. Mai – 15. Juni 03	7
13	A51	Ausfahrt Opfikon und Fahrbahnauftrennung A51 / A1, Fahrtrichtung Zürich	30. Sept. – 29. Okt. 03	5
14	A51	Einfahrt Bülach Nord, Fahrtrichtung Zürich	29. Aug. – 14. Nov. 03	3

Tabelle 26: Ausgewählte Untersuchungsstellen für die detaillierte Unfallanalyse

Alle 14 Untersuchungsstellen befinden sich im näheren Agglomerationsgürtel der Stadt Zürich. Dementsprechend weisen die Baustellenabschnitte hohe bis sehr hohe Verkehrsbelastungen auf. Zur Bewältigung dieser Verkehrsmengen waren deshalb im Bereich der Anschlüsse und Verzweigungen oft komplexe Betriebsformen erforderlich.

8.3. Detaillierte Unfallanalyse

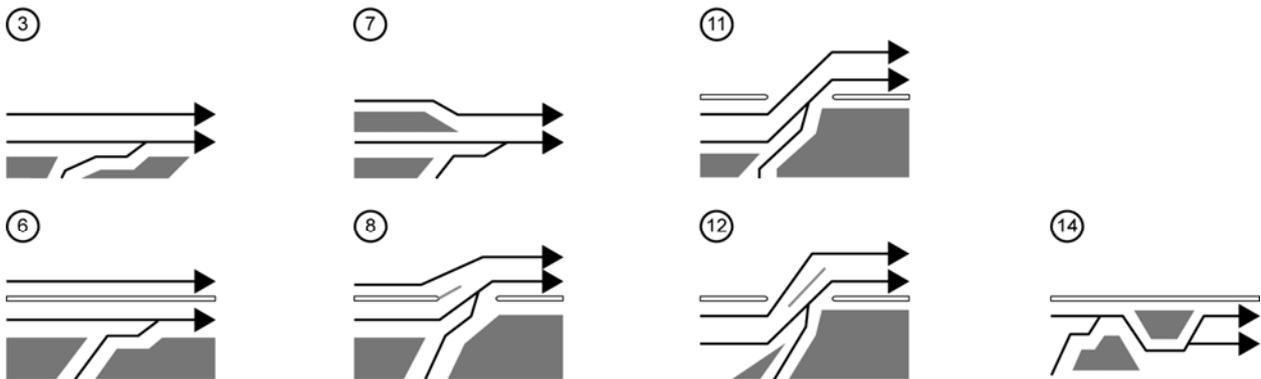
8.3.1. Grundlagen

Die detaillierte Unfallanalyse bei den 14 ausgewählten Untersuchungsstellen wurde mit Hilfe von schematischen Baustellensignalisationspläne der Kantonspolizei Zürich, Unfallprotokollen inkl. Unfallskizzen, Situationsplänen der Strecke ohne Baustelle sowie teilweise mit Photos der eingerichteten Baustelle durchgeführt. Mit diesen Grundlagen wurden Auffälligkeiten im Unfallgeschehen bezüglich Einflüsse der Baustelleneinrichtung und der -betriebsform gesucht. Im Vordergrund standen Hinweise auf die Unfallentstehung.

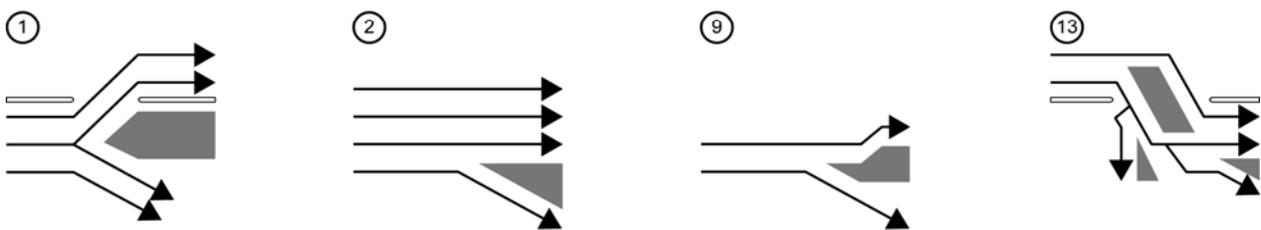
Für die Untersuchung stellte sich die Problematik der z.T. ungenügenden Unterlagen über die Baustelleneinrichtung. Einerseits waren keine massstäblichen Pläne der Baustellen vorhanden, andererseits enthalten die vorhanden Unterlagen, d.h. Signalisationspläne und Unfallskizzen bzw. Photos teilweise widersprüchliche Angaben beispielsweise über die eingesetzten Leiteinrichtungen.

Bei der Untersuchung zeigte sich, dass die gemäss Abbildung 20 unterschiedenen Arten von Anschlüssen z.T. die gleichen Auffälligkeiten aufweisen. So ergeben sich für Einfahrten sowie für Fahrbahnezusammenführungen bei Verzweigungen, welche ohne Additionstreifen betrieben werden ähnliche Probleme. Analog verhält es sich bei Ausfahrten, welche im Bauzustand zu einer Spursubtraktion führen und einer Fahrbahnauftrennung bei Verzweigungen. Diese Erkenntnisse führten zu einer neuen Gruppierung der Untersuchungsstellen (siehe Abbildung 26), mit deren Hilfe die detaillierte Unfallanalyse durchgeführt wurde. Die folgenden Kapitel zeigen die Ergebnisse dieser Analyse für die einzelnen Gruppen.

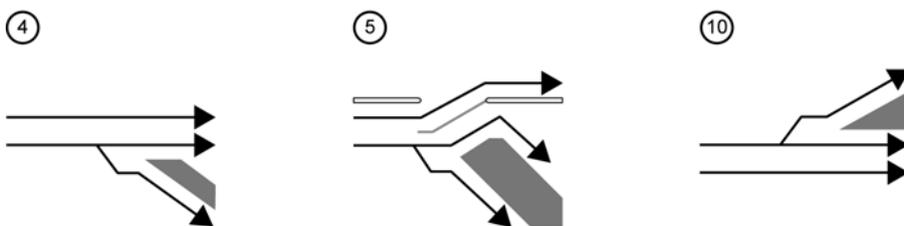
Einfahrten und Fahrbahnezusammenführungen ohne Addition *



Ausfahrten und Fahrbahnauftrennung mit Subtraktion



Ausfahrten und Fahrbahnauftrennung ohne Subtraktion



*: Bei den Einfahrten und Fahrbahnezusammenführungen kann weiter zwischen Betriebsformen mit (obere Reihe) oder ohne Ausweichmöglichkeit (untere Reihe) für Fahrzeuge auf dem Normalfahrtstreifen auf Höhe der Einfahrt bzw. Fahrbahnezusammenführung unterschieden werden.

Abbildung 26: Übersicht Betriebsformen und neue Gliederung der Untersuchungsstellen gemäss Tabelle 26

8.3.2. Einfahrten und Fahrbahnzusammenführungen ohne Addition eines Fahrstreifens

An den 7 Untersuchungsstellen mit Einfahrten und Fahrbahnzusammenführungen ohne Addition eines Fahrstreifens ereigneten sich insgesamt 34 Unfälle. Die Unfälle lassen sich bezüglich der Hinweise auf den Unfallhergang in fünf Gruppen einteilen:

- *Kollision bei Einfahrt (1)*
Der Einfahrvorgang wird vorgenommen, obwohl auf der Hauptfahrbahn keine genügende Lücke vorhanden ist. Dies führt zu Kollisionen mit Beteiligung des einfahrenden Fahrzeuges oder zu einem Unfall beim Ausweichen eines Fahrzeugs auf dem Normalfahrstreifen. Bei Unfällen dieser Gruppe können Sichtbehinderungen durch die Leiteinrichtungen bei der Einfahrt eine Rolle spielen.
- *Unfall infolge Abbremsens eines Fahrzeugs auf Normalfahrstreifen (2)*
Ein Fahrzeug auf dem Normalfahrstreifen bremst ab, um einem Fahrzeug auf dem Beschleunigungsstreifen die Einfahrt zu ermöglichen. Dieser Abbremsvorgang führt zu einem Auffahrunfall auf dem Normalfahrstreifen.
- *Unfall infolge Ausweichens eines Fahrzeugs vom Normalfahrstreifen auf den Überholfahrstreifen (3)*
Ein Fahrzeug auf dem Normalfahrstreifen weicht auf den Überholfahrstreifen aus, um einem Fahrzeug auf dem Beschleunigungsstreifen die Einfahrt zu ermöglichen.
- *Unfall in Zusammenhang mit abbremsendem oder stehendem Fahrzeug auf Beschleunigungsstreifen (4)*
Auffahrunfall bzw. Unfall infolge eines Ausweichmanövers aufgrund eines abbremsenden oder stehenden Fahrzeug auf dem Beschleunigungsstreifen.
- *Andere Unfälle (5)*
Selbstunfall, Unfall mit Einwirkung von Alkohol, etc.

Die Analyse der Unfallprotokolle liefert einen Überblick über die Häufigkeit der Unfälle mit den obigen Hinweisen (Tabelle 27).

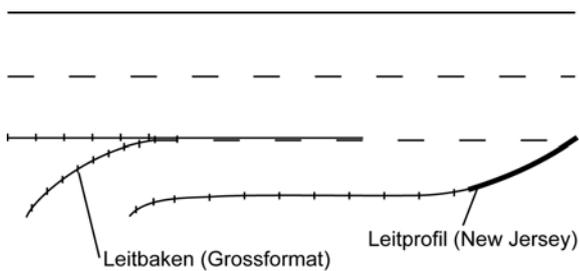
Gruppe	Beschrieb	Anzahl
(1)	Kollision bei Einfahrt	12
(2)	Unfall infolge Abbremsens eines Fahrzeugs auf Normalfahrstreifen um Einfahrt für Fahrzeug auf Beschleunigungsstreifen zu ermöglichen	7
(3)	Unfall infolge Ausweichen eines Fahrzeugs vom Normalfahrstreifen auf den Überholfahrstreifen um Einfahrt für Fahrzeug auf Beschleunigungsstreifen zu ermöglichen	4
(4)	Unfall in Zusammenhang mit abbremsendem oder stehendem Fahrzeug auf Beschleunigungsstreifen	4
(5)	Andere Unfälle	7

Tabelle 27: Auswertung der Hinweise auf Unfallhergang

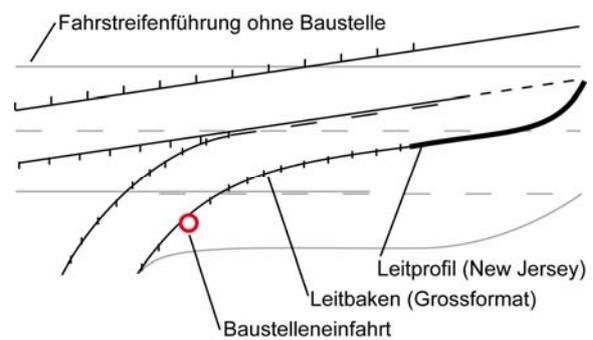
Die Verteilung der 34 Unfälle auf die fünf Gruppen zeigt, dass knapp ein Drittel Kollisionsunfälle bei der Einfahrt geschehen (Gruppe (1)). Ein weiteres Drittel bilden die Unfälle, welche im Zusammenhang mit dem Ermöglichen der Einfahrt für eine Fahrzeug auf dem Beschleunigungsstreifen, entweder durch Abbremsen (Gruppe (2)) oder Ausweichen (Gruppe (3)), stehen.

Die detaillierten Unfallanalyse lieferte mehrere Hinweise auf Unfälle, welche im Zusammenhang mit Sichtbehinderungen im Einfahrts- bzw. Zusammenführungsbereich bei Verzweigungen stehen. Diese lassen sich nach Ort der Sichtbehinderung in drei Gruppen aufteilen (vgl. Abbildung 27):

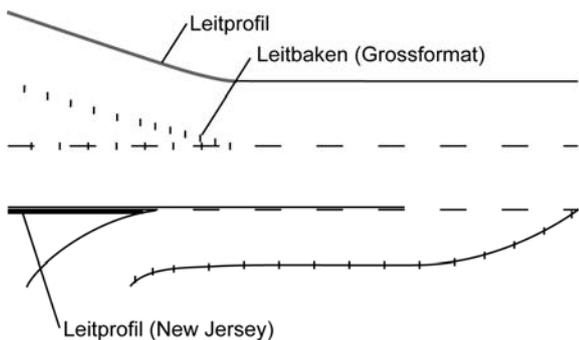
- a) Sichtbehinderung in der Einfahrt auf den Normalfahrstreifen
- b) Sichtbehinderung in der Einfahrt auf den Beschleunigungsstreifen
- c) Sichtbehinderung in der Einfahrt sowie auf dem Normalfahrstreifen auf den Überholfahrstreifen (Rückführungsbereich kurz vor der Einfahrt).



a) Sichtbehinderung in der Einfahrt auf den Normalfahrstreifen (z.B. Untersuchungsstelle 3)



b) Sichtbehinderung in der Einfahrt auf den Beschleunigungsstreifen (Untersuchungsstelle 8)



c) Sichtbehinderung in der Einfahrt sowie auf dem Normalfahrstreifen auf den Überholfahrstreifen (Untersuchungsstelle 7, Phase 2)

Abbildung 27: Schematische Darstellung der Sichtprobleme bei Einfahrten und Fahrbahnzusammenführungen

Grossformatige Leitbaken sind grundsätzlich höher als die Augpunkte der PW-Fahrer. Werden die Leitbaken in gekrümmten oder in zum Betrachter schräg verlaufenden Fahrstreifen angewendet, können sie aus der Fahrerperspektive eine sichtbehindernde Wandwirkung entfalten. Auf diese (geometrische) Problematik wurde bereits in der Forschungsarbeit „Baustellen an Hochleistungsstrassen, Verkehrstechnische Massnahmen zur Verbesserung der Sicherheit und des Verkehrsflusses“ [SPACEK et al. (2005)] hingewiesen.

Sichtbehinderungen in der Einfahrt auf den Normalfahrstreifen (Abbildung 27 a)) können entstehen, wenn als Leiteinrichtung der Einfahrt und/oder des rechten Randes auf der durchgehenden Fahrbahn Leitbaken im Grossformat verwendet werden. Diese Problematik kann zu Unfällen der Gruppe (1), d.h. zu Kollisionsunfällen bei der Einfahrt führen, da Fahrzeuge auf dem Normalfahrstreifen übersehen werden. Bei 3 der 12 Unfälle dieser Gruppe existieren in den Unfallprotokollen Hinweise auf solche Sichtbehinderungen. Da aber bei weiteren Unfallstellen hohe Baken als Leiteinrichtung verwendet wurden, kann davon ausgegangen werden, dass Sichtprobleme bei weiteren Unfällen eine Rolle in der Unfallentstehung gespielt haben.

Die Problematik der Sichtbehinderung in der Einfahrt auf den Beschleunigungsstreifen (Abbildung 27 b)) kann sich bei Betriebsformen ergeben, bei denen die Einfahrt direkt in eine Überleitung oder Verschwenkung geführt wird. Die daraus resultierende steile Zusammenführung der Fahrstreifen in Kombination mit hohen Baken als Leiteinrichtung kann negative Auswirkungen auf das Sichtfeld der Fahrzeuglenker in der Einfahrt haben. Diese Baustelleneinrichtung wurde bei der Untersuchungsstelle 8 angewendet. Die hohen Baken wurden eingesetzt, da bei der Einfahrt gleichzeitig die Baustelleneinfahrt eingerichtet wurde und somit eine durchgehende Baustellenabgrenzung nicht in Frage kam. Die Signalisation der Baustelleneinfahrt führt zudem zu weiteren Sichthindernissen auf den Beschleunigungsstreifen (Beispiel in Abbildung 28). Diese Sichtbehinderungen können zu Unfällen der Gruppe (4) führen. 2 der 4 Unfälle dieser Gruppe ereigneten sich an der erwähnten Untersuchungsstelle 8.



Abbildung 28: Sicht in der Einfahrt auf den Beschleunigungsstreifen bei der Untersuchungsstelle 8

Ein Rückführungsbereich des Überholstreifens kurz vor einer Einfahrt, der zwangsläufig Leiteinrichtungen auf der Fahrbahn erfordert, kann zu Sichtbehinderungen im Zusammenhang mit den einfahrenden Fahrzeugen führen (Abbildung 27 c)). Einerseits kann dieser Einfluss direkt erfolgen, wenn sich durch die Baustellenführung Sichtprobleme für die einfahrenden Fahrzeuge auf den Normalfahrstreifen ergeben. Andererseits können diese Probleme auch die sich auf dem Normalfahrstreifen befindenden Fahrzeuge betreffen, wenn sie aufgrund der Einfahrt auf den Überholfahrstreifen wechseln wollen und diesen nicht genügend überblicken können.

Diese Problematik kann am Beispiel der Untersuchungsstelle 7 aufgezeigt werden. Zu Beginn der Untersuchung wurden bei dieser Untersuchungsstelle zwei Bauphasen mit geringfügig verschiedenen Baustellenbetriebsformen zusammengefasst. Bei der Phase 1 wurden die Fahrstreifen vor der Einfahrt normal geführt, in der Phase 2 befand sich vor der Einfahrt der Rückleitungsbereich des übergeleiteten Fahrstreifens (siehe Abbildung 27 c)). Die Unfallzahlen der beiden Baustellenphasen (Tabelle 28) deuten darauf hin, dass diese Veränderung in der Baustellenbetriebsform einen Einfluss auf das Unfallgeschehen hat. Bei 3 der 6 Unfällen der zweiten Phase werden Sichtbehinderungen in den Unfallprotokollen erwähnt.

Phase	Beschreibung	Dauer	Anz. Unfälle
1	Normale Führung der Fahrstreifen vor der Einfahrt	≈ 6 Monate	3
2	Vor der Einfahrt Rückführung des übergeleiteten Fahrstreifens mit hohen Baken zwischen den beiden Fahrstreifen.	≈ 3 Monate	6

Tabelle 28: Übersicht Unfälle Untersuchungsstelle 7

Die Unfallanalyse ergab weitere Erkenntnisse über Einflussfaktoren auf das Unfallgeschehen bei Anschlussstellen im Baustellenbereich.

- *Verkehrsbelastung*

Die Auswertung zeigt, dass sich 2/3 der Unfälle bei starkem oder stockendem Verkehr ereigneten. Speziell bei den Gruppen (1) und (4), bei denen 3/4 bzw. alle Unfälle bei diesen Verkehrszuständen geschahen, wirkt sich das hohe Verkehrsaufkommen negativ aus.

- *Betriebsformen ohne Ausweichmöglichkeit für Fahrzeuge auf der Normalfahrspur*

Die Auswertung zeigt eine Häufung der Unfälle bei Baustellenführungen, bei denen auf Höhe der Einfahrt die Fahrstreifen durch Leiteinrichtungen getrennt bzw. nur ein Fahrstreifen vorhanden ist (ein Fahrstreifen auf die Gegenfahrbahn übergeleitet oder sonstige Trennung der beiden Fahrstreifen durch Leiteinrichtung)²³. Dadurch existiert für die Fahrzeuge auf dem Normalfahrstreifen keine Ausweichmöglichkeit. Solche Betriebsformen wurde bei den Untersuchungsstellen 6, 8, 12 und 14 angewendet.

²³ Diese so genannte 3+1-Führung wird bei Baustellen auf offenen Autobahnstrecken häufig eingesetzt, wenn sich die 4+0-Führung mangels ausreichende Breite nicht realisieren lässt.

Dieses Problem kann anhand der Untersuchungsstelle 12 verdeutlicht werden. Bei dieser Fahrbahnzusammenführung existiert mit der Untersuchungsstelle 11 eine Vergleichsmöglichkeit an derselben Örtlichkeit, bei der eine Baustellenbetriebsform ohne Trennung der beiden Fahrstreifen angewendet wurde.

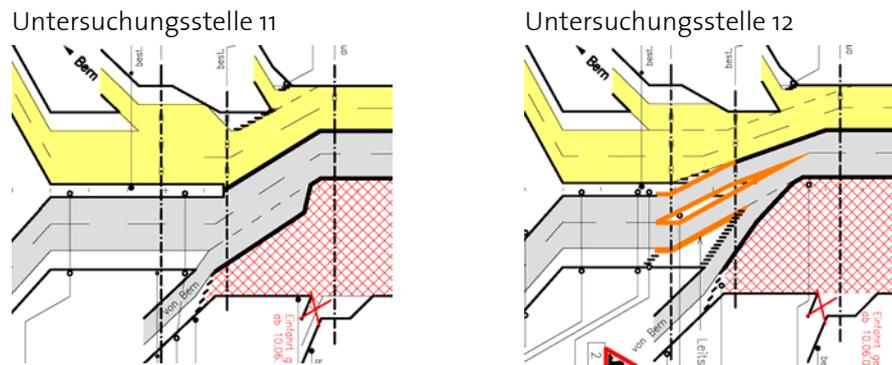


Abbildung 29: Baustellenbetriebsformen der Untersuchungsstellen 11 und 12

Die Analyse der Unfallzahlen im Zusammenhang mit der Dauer der beiden Baustellenphasen, deutet auf einen negativen Einfluss der Veränderung in der Betriebsform hin.

Untersuchungsstelle	Beschreibung	Dauer	Anz. Unfälle
11	Zusammenführung im Überleitungsbereich, zwei durchgehende Fahrstreifen, Zusammenführung ohne Addition eines Fahrstreifens	≈ 5 Monate	3
12	Betriebsform analog Untersuchungsstelle 12, aber Normalfahrstreifen durch Leitbaken und/oder Leitschiene vom Überholfahrstreifen abgetrennt.	≈ 1 Monat	7

Tabelle 29: Übersicht Unfälle Untersuchungsstelle 12

Die Signalisationspläne zeigen neben der abgetrennten Führung der Fahrstreifen auch eine Verkürzung des Beschleunigungsstreifens. Auch bei dieser Veränderung in der Baustellenführung muss von einem negativen Einfluss auf den Verkehrsfluss und somit auch auf das Unfallgeschehen ausgegangen werden.

- *Feste Baustellenabgrenzung am Ende des Beschleunigungsstreifens*

Bei den Untersuchungsstellen 3, 6, 8, 11 und 12 wurde als Abschluss des Beschleunigungsstreifens New Jersey-Elemente, also eine feste und durchgehende Abgrenzung gegenüber dem Baustellenbereich eingesetzt. In einem Fall wurde im Unfallprotokoll erwähnt, dass diese Elemente zu einer unvorsichtigen Einfahrt geführt haben, da eine Kollision mit den Elementen unbedingt verhindert werden wollte. Dieser Einfluss könnte auch bei weiteren Unfällen eine Rolle gespielt haben. Weiter könnte dies auch zu Unfällen der Gruppe (4) geführt haben, da die Fahrzeuglenker auf dem Beschleunigungsstreifen durch die Elemente zu einem plötzlichen Bremsmanöver verleitet werden, wenn keine ausreichende Lücke zum Einfädeln vorhanden ist.

8.3.3. Ausfahrten und Fahrbahnauftrennungen mit Subtraktion eines Fahrstreifens

In dieser Gruppe werden zwei Situationen zusammengefasst, welche zu identischen Problemen im Verkehrsablauf und zu vergleichbaren Auffälligkeiten im Unfallgeschehen führen. Einerseits handelt es sich um Fahrbahnauftrennungen bei Verzweigungen, welche zu einer Subtraktion eines oder mehreren Fahrstreifens der Hauptfahrbahn führen, andererseits um Ausfahrten, bei denen ein Fahrstreifen direkt zum Fahrstreifen der Ausfahrt wird. Bei der ersten Situation handelt es sich um eine Betriebsform, welche auch ohne Baustelle bei Verzweigungen überwiegend eingesetzt wird. Im Gegensatz dazu kann die zweite Situation nur im Baustellenzustand angewendet werden, da im Normalzustand ein Verzögerungsstreifen erforderlich ist.

Die oben beschriebene Betriebsform der Fahrbahnauftrennung wurde bei den Untersuchungsstellen 1 und 2 angewendet, jene der Ausfahrt bei der Untersuchungsstelle 9. Die Untersuchungsstelle 13 lässt sich nicht direkt einer Betriebsform zuordnen, da es sich um eine Mischform handelt.

Bei den vier Untersuchungsstellen dieser Gruppe wurden insgesamt 25 Unfälle registriert. Diese lassen sich bezüglich Unfallhergang in drei Gruppen unterteilen:

- *Unfälle im Zusammenhang mit brüskem bzw. unvorsichtigem Fahrstreifenwechsel (1)*
Plötzliche und unvorsichtige Fahrstreifenwechsel, welche kurz vor der Auftrennung (teilweise mit Überfahrt der Sicherheitslinie oder sogar mit Durchfahrt durch Baustellenbereich) durchgeführt werden, führen zu Kollisionsunfällen, Auffahrunfällen oder zu Fahrnunfällen beim Ausweichen der Kollision.
- *Unfälle im Zusammenhang mit Fahrzeugen, die im Baustellenbereich anhalten (2)*
Bei Baustellen, welche keine feste Abgrenzung haben, können die Fahrzeuge in den Baustellenbereich einfahren. Dabei können durch die Einfahrt in den Bereich und dem damit verbundenen Abbremsen sowie durch das Wiedereinfügen in den Verkehrsablauf Unfälle verursacht werden.
- *Andere Unfälle (3)*
Fahrnunfälle, unbekannter Mangel/Einfluss, etc.

Die Verteilung der Unfälle auf die drei Gruppen (Tabelle 30) zeigt eine deutliche Häufung der Fahrstreifenwechselunfälle, welche kurz vor der Trennung der Fahrstreifen brüsk und unvorsichtig durchgeführt werden. 64 % der total 25 Unfälle lassen sich dieser Gruppe (1) zuordnen. Daneben konnten knapp 1/5 der Unfälle als Unfälle der Gruppe (2) bestimmt werden.

Gruppe	Beschrieb	Anzahl
(1)	Unfälle im Zusammenhang mit brüskem bzw. unvorsichtigem Fahrstreifenwechsel	16
(2)	Unfälle im Zusammenhang mit Fahrzeugen, die im Baustellenbereich anhalten	4
(3)	Andere Unfälle	5

Tabelle 30: Auswertung der Hinweise auf Unfallhergang

Bei der Analyse der Entstehung der Unfälle zeigen sich hauptsächlich zwei Probleme, welche teilweise direkt aus den Unfallprotokollen entnommen oder aber aufgrund der beschriebenen Vorgänge abgeleitet werden können. Einerseits erweist sich die Erkennung der Signalisation als grosse Schwierigkeit für die Fahrzeuglenker, andererseits ergeben sich mit den teilweise hohen Verkehrsmengen in den Bereichen der Ausfahrten bzw. Verzweigungen Probleme, da die gewünschten Fahrstreifenwechsel nicht oder erst sehr spät vorgenommen werden können

Die Tabelle 31 zeigt die Verteilung der Hinweise in der Unfallentstehung der Unfälle der Gruppe (1). Bei der Hälfte dieser Unfälle existieren Hinweise auf Probleme mit der Erkennbarkeit der Fahrstreifenführung und somit mit der Verständlichkeit der Signalisation, namentlich mit der Anzeige der Fahrziele. Einen expliziten Hinweis für Probleme aufgrund des zu hohen Verkehrsaufkommen konnte in den Unfallprotokollen nur einmal gefunden werden. Aber bei vier weiteren Fällen, bei denen ein brüsker Fahrstreifenwechsel von einem unbekanntem Fahrzeuglenker vorgenommen wurde, was dahinter zu einem Unfall führte, war das Verkehrsaufkommen stark. Bei diesen Fällen kann davon ausgegangen werden, dass die hohen Verkehrsmengen mindestens einen Einfluss in der Unfallentstehung hatten.

Hinweise für Unfallentstehung	Anzahl
Signalisation (Wegweisung) unklar	8
Hohes Verkehrsaufkommen, keine genügende Lücke zum Einfädeln	1
Unbekannte Entstehung, starkes Verkehrsaufkommen	4
Unbekannte Entstehung, kein starkes Verkehrsaufkommen	3

Tabelle 31: Hinweise für Unfallentstehung bei Unfällen der Gruppe (1)

Bei den Unfällen, die im Zusammenhang mit einem in den Baustellenbereich einfahrenden Fahrzeug (Gruppe (2)) stehen, ergeben sich wiederum Probleme mit dem Erkennen der Fahrstreifenführung und somit mit der Wegweisung, welche in der Folge zu einem Unfall führten. In drei der vier Fälle konnten sich die Fahrzeuglenker für keine der beiden Fahrstreifen entscheiden und fuhren in den Baustellenbereich um sich zu orientieren. Die Unfälle ereigneten sich jeweils beim folgenden Versuch sich wieder ins Verkehrsgeschehen

einzuordnen, da sich durch die mit hohen Baken abgegrenzte Baustellenfläche Sichtbehinderungen ergeben. Der vierte Unfall ereignete sich aufgrund eines anhaltenden Fahrzeuges, welches aufgrund der hohen Verkehrsmenge den Fahrstreifen nicht mehr rechtzeitig wechseln konnte und so teilweise im Baustellenbereich, teilweise auf dem Fahrstreifen bis zum Stillstand abbremste, was zu einem Auffahrunfall führte.

Die Problematik mit der Wegweisung und somit mit der Verständlichkeit der Fahrstreifenführung verdeutlichte sich bei zwei Untersuchungsstellen. Bei den Untersuchungsstellen 2 und 9 wurden für die Unfallanalyse jeweils zwei Bauphasen zusammengefasst, welche sich hauptsächlich in der Signalisation unterscheiden.

Bei der *Untersuchungsstelle 2* wurde in der Phase 2 gegenüber der Phase 1 am ersten Anzeigequerschnitt, der auf die veränderte Fahrstreifenführung hinwies, anstelle einer herkömmlichen Überkopfwegweisung nur eine provisorische und für gewisse Fahrzeuglenker ungewohnte Anzeige der Fahrstreifen mit Fahrzielen eingerichtet (vgl. Abbildung 30).

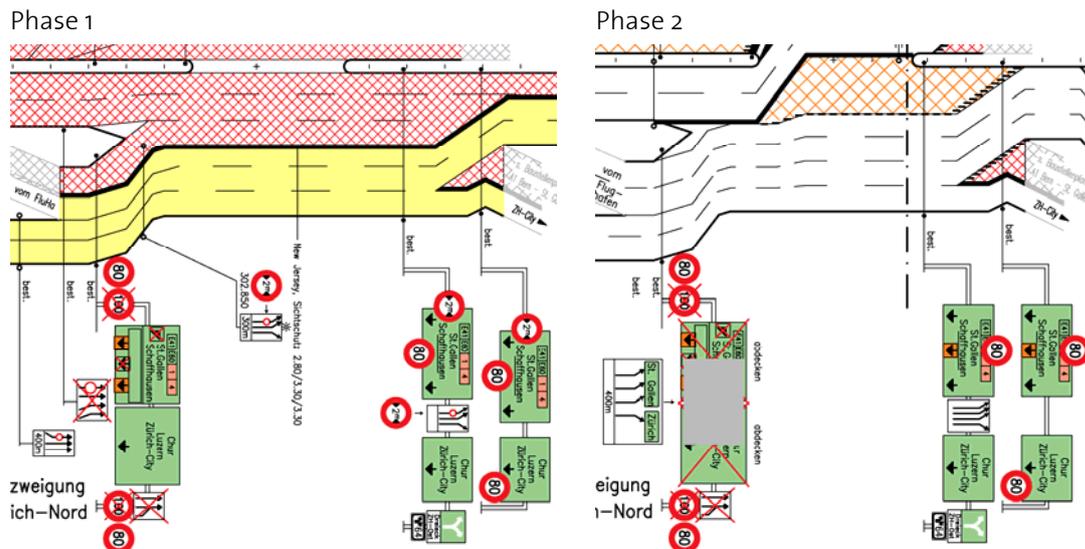


Abbildung 30: Signalisation Untersuchungsstelle 2, Phase 1 und Phase 2

Die Unfallzahlen der beiden Phasen der Untersuchungsstellen 2 (Tabelle 32) weisen auf einen Einfluss dieser Veränderung in der Wegweisung hin.

Phase	Beschreibung	Dauer	Anz. Unfälle
1	Überkopfsignale	≈ 4 Monate	2
2	Überkopfsignale mit Hilfssignal abgedeckt	≈ 4 Monate	8

Tabelle 32: Übersicht Unfälle Untersuchungsstelle 2

Für eine verbesserte Führung des Verkehrs wurde bei der *Untersuchungsstelle 9* in der Phase 2 zusätzlich eine Fahrbahnmarkierung angebracht. Zusätzlich wurden die Überkopfwegweiser auf dem rechten Fahrstreifen (Fahrstreifen der Ausfahrt) von den Signalportalen entfernt (vgl. Abbildung 31).

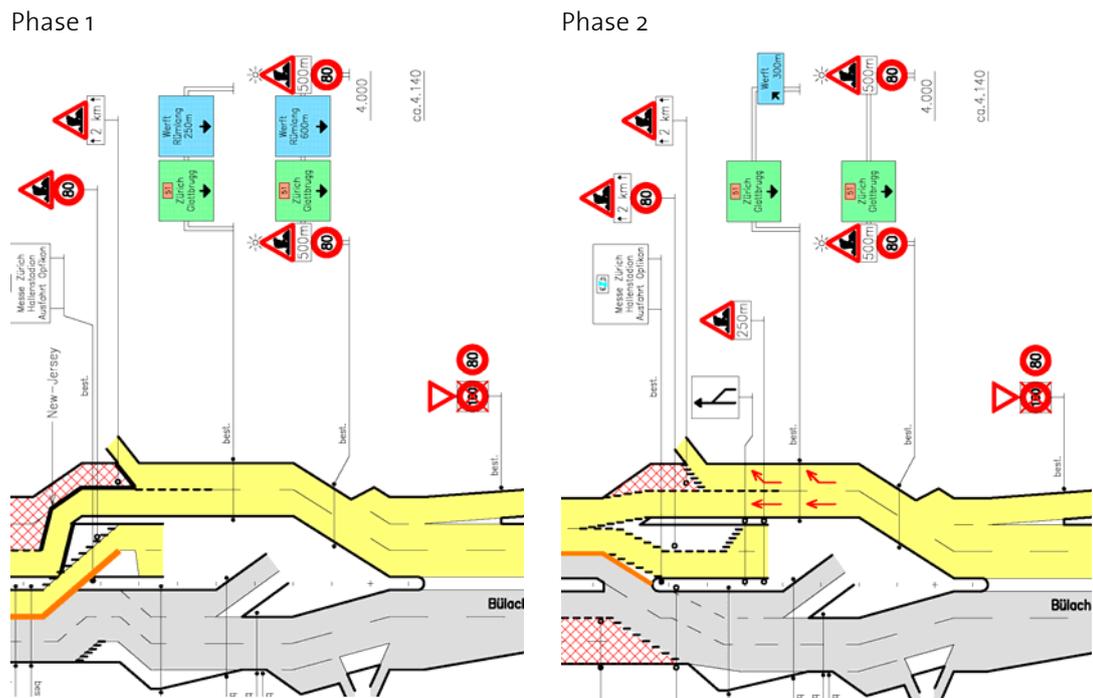


Abbildung 31: Signalisation Untersuchungsstelle 9, Phase 1 und Phase 2

Auch bei der Untersuchungsstelle 9 deuten die Unfallzahlen der beiden Baustellenphasen (vgl. Tabelle 33) auf einen Einfluss der Veränderungen in der Signalisation hin.

Phase	Beschreibung	Dauer	Anz. Unfälle
1	Überkopfsignale	≈ 5.5 Monate	5
2	Überkopfsignal auf dem Fahrstreifen, der in die Ausfahrt führt entfernt und zusätzlich Bodenmarkierung	≈ 8.5 Monate	2

Tabelle 33: Übersicht Unfälle Untersuchungsstelle 9

Auch bei der *Untersuchungsstelle 13* zeigt sich die Problematik der Wegweisung. Wie eingangs erwähnt handelt es sich um eine spezielle Betriebsform. Einerseits wird über die gesamte Baustelle gesehen kein Fahrstreifen subtrahiert. Aber aufgrund der Trennung der beiden Fahrstreifen durch die Verschwenkung des Normalfahrstreifens im Bereich der Verzweigung sowie der vorhandene Signalisation entsteht eine Situation, welche mit einer Subtraktion verglichen werden kann. Andererseits befindet sich kurz vor der Verzweigung, auch schon im Verschwenkungsbereich auch noch eine Ausfahrt. Diese komplexe Situation erfordert eine komplizierte Baustellensignalisation (vgl. Abbildung 32). Wohl aus Gründen der Vereinfachung der Signalisation wie auch zur Beeinflussung der Aufteilung der Verkehrsmengen auf die Fahrstreifen, wurde nur der linke Fahrstreifen mit „St. Gallen / Zürich“ beschildert, obwohl der rechte Fahrstreifen durchgehend befahrbar und diese Zielorte auch über diesen Fahrstreifen erreichbar waren. Da es sich bei allen fünf Unfällen an dieser Untersuchungsstelle um Unfälle handelt, bei denen ein Fahrzeug kurz vor der Auftrennung noch auf den linken Fahrstreifen wechselten um nach Zürich zu gelangen, kann davon ausgegangen werden, dass sich zumindest ein Teil dieser Unfälle mit einer anderen Baustellenwegweisung hätten vermeiden lassen.

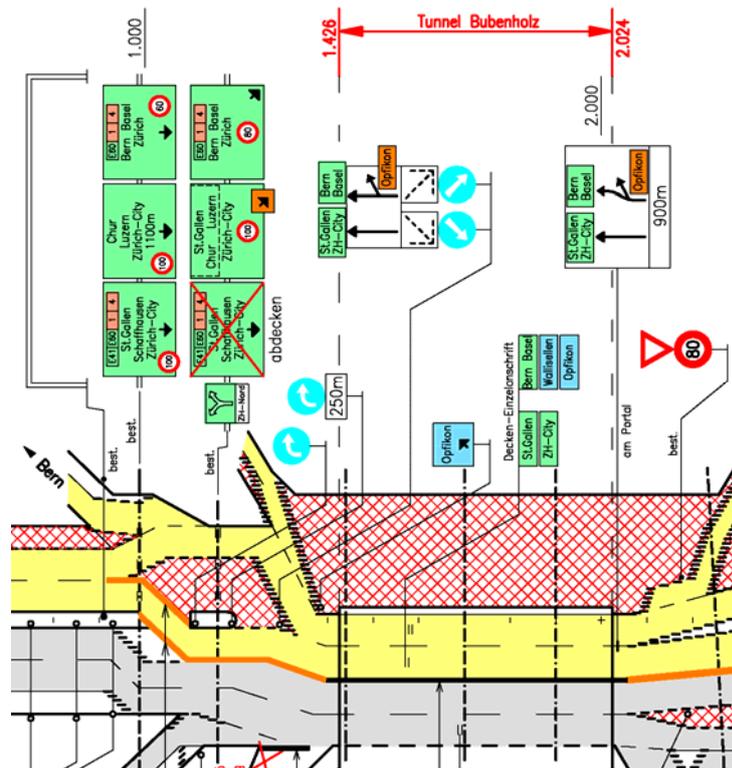


Abbildung 32: Signalisation Untersuchungsstelle 13

8.3.4. Ausfahrten und Fahrbahnauftrennungen ohne Subtraktion eines Fahrstreifens

Bei den drei hier behandelte Untersuchungsstellen handelt es sich um zwei Fahrbahnauftrennungen bei Verzweigungen (Untersuchungsstellen 4 und 5) und um eine Ausfahrt (Untersuchungsstelle 10), welche mit Hilfe eines zusätzlichen Fahrstreifens oder Verzögerungstreifen betrieben wurden und somit nicht zu einer Subtraktion auf der durchgehenden Fahrbahn der Autobahn führten.

Die total 14 Unfälle bei Ausfahrten und Fahrbahnauftrennungen ohne Subtraktion eines Fahrstreifens lassen sich bezüglich des Unfallhergangs in drei Gruppen einteilen:

- *Unfälle im Zusammenhang mit bruschem bzw. unvorsichtigem Fahrstreifenwechsel (1)*
Plötzliche und unvorsichtige Fahrstreifenwechsel, welche kurz vor Ende des Wechselbereichs auf den Verzögerungstreifen bzw. den Verzweigungsfahrstreifen durchgeführt werden (teilweise mit Überfahrt der Sicherheitslinie bzw. des Baustellenbereichs), führen zu Kollisionsunfällen, Auffahrunfällen oder zu Fahrnfällen beim Ausweichen der Kollision.
- *Unfälle im Zusammenhang mit stark abbremsenden Fahrzeugen auf dem Normalfahrstreifen (2)*
Fahrzeuge welche im Verflechtungsbereich stark abbremsen werden zu einem Hindernis im Verkehrsfluss. Dies führt zu Auffahrunfällen oder Unfällen beim Ausweichen.
- *Andere Unfälle (3)*
Mangelnde Vertrautheit mit der Strecke

Die Analyse der Unfallprotokolle ergibt folgende Aufteilung der 14 Unfälle in die drei Gruppen.

Gruppe	Beschrieb	Anzahl
(1)	Unfälle im Zusammenhang mit bruschem bzw. unvorsichtigem Fahrstreifenwechsel	8
(2)	Unfälle im Zusammenhang mit stark abbremsenden Fahrzeugen auf dem Normalfahrstreifen	5
(3)	Andere Unfälle	1

Tabelle 34: Auswertung der Hinweise auf Unfallhergang

Mehr als die Hälfte der Unfälle stehen im Zusammenhang mit unvorsichtigen Fahrstreifenwechsel kurz vor dem Ende des Verflechtungsbereiches bei einer Ausfahrt oder einer Fahrbahnauftrennung mit einem zusätzlichen Fahrstreifen. Etwas mehr als ein Drittel der Unfälle ereignen sich zudem aufgrund eines Fahrzeugs, dass im Verflechtungsbereich stark abbremst.

Als Hauptmangel ergibt sich wiederum (vgl. 8.3.3) die Problematik mit Verständlichkeit der Fahrstreifenführung aufgrund der Wegweisung. Bei 5 Unfällen weisen die Unfallprotokolle auf eine unklare Signalisation hin. Bei der Gruppe (1) kann bei 3 Unfällen, bei der Gruppe (2) bei 2 Unfällen dieser Hinweis auf die Unfallentstehung ermittelt werden.

Bei 4 Unfällen der Gruppe (1) kann aufgrund der Unfallprotokolle keine eindeutige Ursache ermittelt werden, da das Fahrzeug, welches den Fahrstreifen brüsk wechselte nicht am Unfall beteiligt war und unerkannt blieb. Allerdings liegen bei diesen Unfällen Unklarheiten in der Zielführung nahe.

Die *Untersuchungsstelle 5* ist ein Spezialfall, da gleichzeitig mit der Fahrbahnauftrennung mit einem zusätzlichen Fahrstreifen auch die zwei Fahrstreifen der durchgehenden Autobahn vorübergehend aufgetrennt wurden²⁴. Dadurch entsteht eine komplexe Situation (vgl. Abbildung 33). Die sieben Unfälle, die sich bei dieser Untersuchungsstelle ereigneten, teilen sich somit auf zwei praktisch am gleichen Ort vorhandenen Fahrbahnauftrennungen auf. Drei Unfälle wurden bei der Auftrennung der Fahrstreifen der durchgehenden Fahrbahn registriert. Diese Auftrennung entspricht nicht genau der Definition der hier behandelten Betriebsformen, da es durch die vorübergehende Trennung mit einer Subtraktion vergleichbar ist.

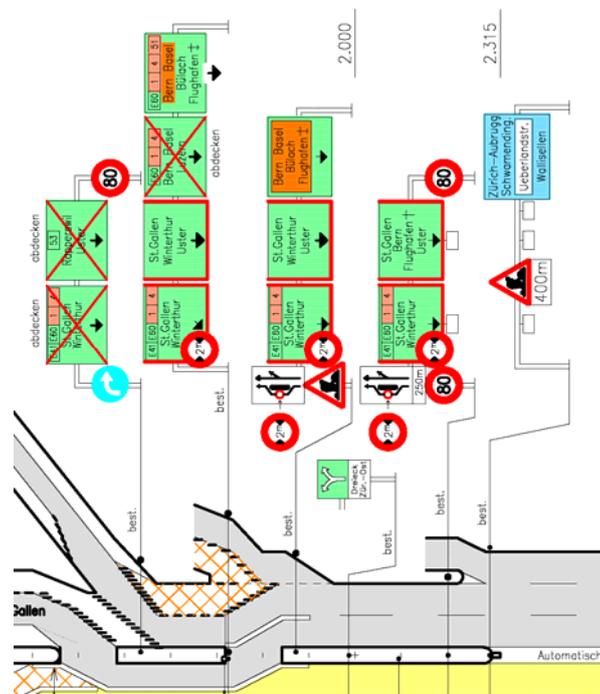


Abbildung 33: Signalisation Untersuchungsstelle 5

²⁴ Die beiden aufgetrennten Fahrstreifen werden nach der Verzweigung wieder zusammengeführt.

9. Folgerungen und Empfehlungen

Im zweiten Teil der Forschungsarbeit werden Anschluss- und Verzweigungsbereiche im Baustellen-Innenbereich untersucht, welche in früheren Untersuchungen als deutliche Unfallschwerpunkte ausgewiesen wurden. Das Ziel dieses Teils der Untersuchung sind Empfehlungen für die Normung, welche aufgrund der gefundenen Auffälligkeiten in der Unfallentstehung sowie Hinweisen auf mögliche Unfallursachen abgeleitet werden.

9.1. Untersuchungsergebnisse

Die verschiedenen und oft komplexen Baustellensituationen, welche in der Untersuchung analysiert wurden, verdeutlichen die Schwierigkeiten bei der Einrichtung und beim Betrieb von Baustellen bei Anschluss- und Verzweigungsbereichen. Bei jeder Baustelle und jeder neuen Bauphase ist eine neue Beurteilung der Situation erforderlich und die Baustelleneinrichtung entsprechen anzupassen. In diesem Bereich liegt ein grosses Verbesserungspotential, welches mit geeigneten Hilfsmittel für die Planung der Baustelleneinrichtungen besser ausgeschöpft werden kann.

9.1.1. Einfahrten und Fahrbahnzusammenführungen

Bei den Einfahrten und Fahrbahnzusammenführungen geschehen rund ein Drittel der Unfälle beim Einfädelungsvorgang, der direkt zu einer Kollision führt oder aber ein Ausweichmanöver provoziert, welches in einem Kollisionsunfall endet. Ein weiteres Drittel bilden Unfälle, welche entstehen, wenn Fahrzeuglenker auf dem Normalfahrstreifen einem Fahrzeug auf dem Beschleunigungsstreifen die Einfahrt ermöglichen. Dies kann mit einem starken Abbremsen oder mit Ausweichen auf den Überholfahrstreifen erfolgen, was zu einem Unfall führt. Die Unfallauswertung ergab zudem, dass zwei Drittel der Unfälle bei starkem oder stockenden Verkehr geschehen.

Bei der Suche nach Hinweisen möglicher Unfallursachen zeigt sich bei Einfahrten und Fahrbahnzusammenführungen die Problematik der Sichtbehinderungen. Diese treten bei unterschiedlichen Baustellensituationen auf. Einerseits ergeben sich bei der Verwendung von hohen Baken oft Sichtbehinderungen für die einfahrenden Personenwagen, da es sich um gekrümmte Fahrstreifenbereiche und stumpfe Betrachtungswinkel handelt. Andererseits können durch Fahrstreifenrückführungen kurz vor der Einfahrt bzw. Zusammenführung Schwierigkeiten in der Überblickbarkeit des Verkehrsgeschehens entstehen.

Die Unfallzahlen bei Einfahrten und Fahrbahnzusammenführungen bei Betriebsform 3+1 oder vergleichbaren Fahrstreifenführungen, bei denen die Einfahrt in einen abgetrennten Fahrstreifen erfolgt, verdeutlichen ein weiteres Problem im Unfallgeschehen. Speziell im Zusammenhang mit Sichtbehinderungen durch die Leiteinrichtungen (hohe Baken) sowie bei kurzen Beschleunigungsstreifen ergeben sich negative Auswirkungen im Unfallgeschehen.

Die Auswertung der Unfallprotokolle gab auch Hinweise darauf, dass eine feste Baustellenabgrenzung (New Jersey) am Ende des Beschleunigungsstreifen das Unfallgeschehen möglicherweise negativ beeinflusst. Die festen Abgrenzungen können die Fahrzeuglenker zu einem unvorsichtigen Einfädelungsvorgang oder zu einem abrupten Bremsvorgang verleiten, wenn die Kollision mit der Abgrenzung unbedingt verhindert werden will.

9.1.2. Ausfahrten bzw. Fahrbahnauftrennungen

Bei den Ausfahrten bzw. Fahrbahnauftrennungen mit und ohne Subtraktion eines Fahrstreifens sind Ähnlichkeiten im Unfallhergang zu erkennen. So ergibt sich bei beiden Situationen eine Häufung von Unfällen im Zusammenhang mit späten und unvorsichtigen Fahrstreifenwechsel. Die Unfälle welche bei den Betriebsformen mit einer Subtraktion durch anhaltende Fahrzeuge im Baustellenbereich verursacht werden, existieren bei den Baustellenführungen ohne Subtraktion zwar nicht, aber die Unfälle mit verlangsamenden Fahrzeugen auf der durchgehenden Fahrbahn weisen eine grosse Ähnlichkeiten damit auf. Die Fahrzeuge reduzieren ihre Geschwindigkeit um sich zu orientieren, weil sie nicht sicher sind ob sie den Fahrstreifen wechseln müssen, oder um eine Lücke für den Fahrstreifenwechsel zu suchen. Bei den Betriebsformen mit einer Subtraktion ergeben sich häufig abgegrenzte Baustellenflächen zwischen den Fahrstreifen, welche für diesen Zweck benützt werden.

Die Unfallanalyse ergab für die oben beschriebenen Unfälle bei Ausfahrten und Fahrbahnauftrennungen Hinweise auf zwei mögliche Unfallursachen. Einerseits ergeben sich Schwierigkeiten für die Fahrstreifen-

wechsel aufgrund der z.T. sehr hohen Verkehrsmengen. Andererseits enthalten die Unfallprotokolle häufig Hinweise auf Probleme mit der Verständlichkeit der Wegweisung. Dies verdeutlichen zwei Beispiele, bei welchen ein Vergleich von zwei Baustellenphasen mit leicht veränderter Wegweisung möglich war. Ein Fall zeigt, dass es zu Verständlichkeitsproblemen führen kann, wenn für die Fahrzeuglenker ungewohnte Signale eingesetzt werden. Nach dem Ersatz der herkömmlichen Überkopfwegweisung (Signal Nr. 4.69) durch eine provisorische Anzeige der Fahrstreifen mit Angabe von Fahrzielen, erhöhte sich das Unfallgeschehen deutlich. Beim zweiten Fall handelt es sich um eine Ausfahrt, welche in der Baustellensituation zu einer Subtraktion des Normalfahrstreifens führte. Es zeigte sich, dass eine „blaue“ Überkopfwegweisung (Signal Nr. 4.41) nicht ausreichen ist, um auf die spezielle Situation aufmerksam zu machen, dass der Normalfahrstreifen in einer Ausfahrt endet. Mit einer zusätzlichen Bodenmarkierung und der Ausfahrtstafel auf der rechten Seite des Normalfahrstreifens (Signal Nr. 4.62) verbesserte sich das Unfallgeschehen ersichtlich.

9.2. Hinweise zur Normung

9.2.1. Analyse bestehender Norm

Analog zur Untersuchung der Tagesbaustellen handelt es sich um die Analyse der Norm SN 640 885c (Signalisation von Baustellen auf Autobahnen und Autostrassen) sowie der Beilage zu dieser Norm. In der Norm werden Schemas für die Baustellensignalisation (Markierungen, Leiteinrichtungen) für die häufigsten Baustellentypen aufgezeigt. In dieser Sammlung sind Anschlüsse und Verzweigungen im Baustellenbereich nur untergeordnet bzw. überhaupt nicht thematisiert. Zum Vergleich werden in den deutschen RSA (1995) die Anschlussstellen ausführlich behandelt.

In den schematischen Figuren der Norm werden Ein- und Ausfahrten einzig im Bereich einer Verschwenkung behandelt. Für diesen Fall wird bei der Einfahrt darauf hingewiesen, dass entlang des Fahrstreifens der Einfahrt eine Leitschiene verwendet werden soll. Doch fehlen Hinweise, dass keine grossformatigen Leitbaken zum Einsatz kommen sollen und dass vor der Einfahrt auch entlang des Normalfahrstreifens keine hohen Leitbaken eingesetzt werden sollen. In den RSA (1995) sind Regelpläne für Anschlussstellen enthalten. Darin wird auch ausdrücklich empfohlen, im Sichtbereich des einfahrenden Verkehrs Leitschienen mit niedrigen Bakern anzuordnen.

Da Verzweigungen in der bestehenden Norm nicht thematisiert sind, fehlen auch Angaben zur Wegweisung bei Verzweigungen im Baustelleninnenbereich. Doch die Unfalluntersuchung zeigt gerade in diesem Bereich grosse Probleme für die Fahrzeuglenker.

Neben den schematischen Darstellungen der Baustelleneinrichtungen sind in der bestehenden Norm die üblichen Leiteinrichtungen in einem Katalog zusammengestellt. Dabei wird zwar kurz der jeweilige Anwendungsbereich erwähnt, jedoch wird dies zu wenig detailliert gemacht und es fehlen Angaben in welchen Fällen die Leiteinrichtungen nicht eingesetzt werden sollten.

In der Beilage zur Norm sind Anschlüsse und Verzweigungen überhaupt nicht enthalten. Diese Beilage hat zum Ziel, als ein einfaches Hilfsmittel für die Unterhaltsdienste vor Ort zu dienen. Dies wäre aber gerade bei Spezialsituationen, welche bei Anschlüssen und Verzweigungen im Baustelleninnenbereich häufig auftreten, sehr wichtig.

Die Untersuchungsergebnisse zeigen, dass eine Behandlung von Anschlüssen und Verzweigungen im Baustellenbereich unbedingt notwendig ist, da häufig ungeeignete Baustelleneinrichtungen zum Einsatz kommen, was in vielen Fällen mit einfachen schematischen Zeichnungen in der bestehenden Norm und in der Beilage zu dieser Norm vermieden werden könnte.

9.2.2. Normungsempfehlungen

Wie bereits beim Teil Tagesbaustellen erwähnt, wurde in SPACEK et al. (2005) angeregt eine eigenständige Normgruppe zu erarbeiten, bei der u.a. auch eine Detailnorm zum Betrieb von Baustellenbereichen mit Anschlüssen und Verzweigungen empfohlen wird. Die folgenden Empfehlungen sollten in dieser Norm berücksichtigt oder aber in die bestehende Norm SN 640 885c eingearbeitet werden.

- *Schematische Pläne der häufigsten Baustellentypen*

In der Norm sollten die häufigsten Typen der Baustellen bei Anschlüssen und Verzweigungen aufgenommen werden. Die Aufnahme dieser schematischen Zeichnungen ist auch in der Beilage zur Norm von Bedeu-

tung. Die oft komplexen Situationen verlangen bei der Planung sowie bei der Einrichtung der Baustelle eine grosse Sorgfalt. Aus diesem Grund ist es wichtig, dass auch die Unterhaltsdienste vor Ort die Bedeutung der korrekten Einrichtung dieser Baustellensituationen erkennen können.

- *Einsatz von Leiteinrichtungen*

In der Norm sollten die Anwendungsbereiche der verschiedenen Leiteinrichtungen ausführlicher enthalten sein. Zudem sollte auf die Problematik der Sichtbehinderung durch Leiteinrichtungen hingewiesen werden. Hier sollten speziell die Leitbaken im Grossformat erwähnt werden, welche bei gekrümmter Linienführung und bei schräg zueinander stehenden Beobachtungssituationen zu vermeiden sind (vgl. SPACEK et al. (2005)). Dies betrifft sowohl die Leiteinrichtungen entlang der Einfahrt als auch jene entlang des Normalfahrstreifens vor der Einfahrt.

Feste Baustellenabgrenzungen am Ende des Beschleunigungsstreifen werden zum Schutz der Arbeiter angeordnet. Hier ist allenfalls der Einsatz von Bakern im Vorbereich der festen Abgrenzung zu prüfen, welche von den Fahrzeuglenkern weniger als Hindernis wahrgenommen werden und somit seltener zu unvorsichtigen Fahrmanöver verleiten sollten.

- *Wegweisung*

Mit der empfohlenen Aufnahme von schematischen Plänen der Baustellentypen bei Anschlüssen und Verzweigungen werden Vorlagen für die Wegweisung in der Norm erscheinen. Gleichzeitig sollte aber auf die Wichtigkeit einer übersichtlichen und für den Fahrzeuglenker bekannten Wegweisung speziell bei Ausfahrten und Fahrbahnauftrennungen bei Verzweigungen hingewiesen werden. Bei Spezialsituationen wie zum Beispiel bei einer zeitweiligen Reduktion eines Fahrstreifens bei der Ausfahrt sollten zusätzliche Hinweissignale oder provisorischen Bodenmarkierungen geprüft werden. Im Baustellenbereich ist zudem zu beachten, dass neben der Signalisation für die Baustelle nicht noch zusätzlich ablenkende Anzeigen (z.B. Informationsschilder, etc.) angebracht werden.

- *Baustellenplanung*

In der Baustellenplanung ist auf die Vermeidung von komplexen Situationen im Bereich von Anschlüssen und Verzweigungen zu achten. Damit können Probleme mit unübersichtlichen Wegweisungen und allfällige Sichtbehinderungen bereits in dieser Phase vermindert werden. Speziell sollte in der Norm auf zwei Situationen hingewiesen werden, welche zu vermeiden sind. Einerseits sollten Fahrstreifenrückführungen nicht unmittelbar vor einer Einfahrt zu liegen kommen. Wenn diese nicht zu vermeiden sind, muss darauf geachtet werden, dass keine Behinderungen in der Überblickbarkeit des Verkehrs z.B. durch grossformatige Leitbaken entstehen. Andererseits sollten Verschwenkungsbereiche nicht bei einer Einfahrt angeordnet werden, da dadurch ungünstige Begegnungswinkel von Beschleunigungs- und Normalfahrstreifen entstehen.

Ferner ist darauf hinzuweisen, bei der Baustellenplanung immer die Möglichkeit einer zeitweiligen Sperrung von Ein- und Ausfahrten zu prüfen.

- *Spezialfall Betriebsform 3+1*

Bei Einfahrten und Fahrbahnzusammenführungen bei Betriebsform 3+1 oder vergleichbarer Fahrstreifenführung müssen Sichtbehinderungen (im Zusammenhang mit grossformatigen Leitbaken) unbedingt vermieden werden und es muss ein genügend langer Beschleunigungsstreifen vorhanden sein, da bei einstreifiger Verkehrsführung keine Ausweichmöglichkeiten bestehen. Ansonsten ist bei diesen Baustellensituationen die oben erwähnte Möglichkeit einer Sperrung der Einfahrt zu erwägen.

Teil C: Verzeichnisse und Anhänge

10. Verzeichnisse und Quellen

10.1. Literaturverzeichnis

- BEIER et al. (2005) BEIER M., HOTOP R., KEMPER D., STEINAUER B.: „Empfehlungen zum Einsatz von Warnschwellen zur Sicherung von stationären Arbeitsstellen kürzerer Dauer auf Autobahnen“, Strasse und Autobahn, Heft 7/2005
- CROW (1995) Richtlijnen voor Maatregelen bij Werken in Uitvoering op Autosnelwegen (Richtlinien für die Durchführung von Massnahmen hinsichtlich Baustellen auf Autobahnen); Publicatie 96a, Ede (NL) 1995
- CROW (2001) Toepassing andreasstrips – Aanvulling op de Richtlijnen voor Maatregelen bij Werken in Uitvoering op Autosnelwegen (Anwendung von Andreasstreifen); Ede (NL) 2001
- DIETRICH et al. (1999) DIETRICH K., ROTACH M., BOPPART E.: „Strassenprojektierung“, 9. Auflage, Nachdruck 1999, IVT-ETH Zürich
- ROSS et al. (2008) ROSS R., ZIMMERMANN M., RIFFEL S. B., CYPRA T.: „Verbesserung der Sicherheit des Betriebspersonals in Arbeitsstellen kürzerer Dauer auf Bundesautobahnen“, Berichte der Bundesanstalt für Strassenwesen (bast), Verkehrstechnik Heft V170, Bergisch Gladbach, Mai 2008
- RSA (1995) Richtlinien für die Sicherung von Arbeitsstellen an Strassen, Ausgabe 1995, Bundesministerium für Verkehr, Bonn
- SN 640 885c VSS-Norm SN 640 885c, Signalisation von Baustellen auf Autobahnen und Autostrassen, VSS Zürich, 1999
- SN 640 885c - Beilage Beilage zur VSS-Norm SN 640 885c, Signalisation von Baustellen auf Autobahnen und Autostrassen, VSS Zürich, 1999
- SPACEK et al. (2005) SPACEK P., LAUBE M., SANTEL G.: „Baustellen an Hochleistungsstrassen; Verkehrstechnische Massnahmen zur Verbesserung der Sicherheit und des Verkehrsflusses“, Forschungsauftrag VSS 1999/127, IVT-ETH Zürich, VTA Kapo ZH, Ingenieurbüro Schüler, Zürich, August 2005
- STEINAUER et al. (2004) STEINAUER B., BAIER M., KEMPER D. BAUR O., MEYER A.: „Einsatz neuer Methoden zur Sicherung von Arbeitsstellen kürzerer Dauer“, Berichte der Bundesanstalt für Strassenwesen (bast), Verkehrstechnik Heft V118, Bergisch Gladbach, November 2004
- VAN VEENENDAAL et al. (1999) VAN VEENENDAAL, A.F.M., MESKEN, J., KLEM, E.: Aktiewagens en Andreasstrips – Een onderzoek naar veiligheids- en gebriuksaspecten, Rapportnummer TT99-66 Unveröffentlicht, Veenendaal (NL) 1999
- ZIMMERMANN, MORITZ (2004) ZIMMERMANN M., MORITZ K.: „Erhöhung des Schutzes von Strassenbetriebsdienstpersonal an Arbeitsstellen kürzerer Dauer“, Strassenverkehrstechnik, Heft 10/2004

10.2. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Schematische Darstellung des Untersuchungsvorgehens.....	3
Abbildung 2:	Varianten mit schematischer Darstellung der Versuchsanordnung.....	10
Abbildung 3:	Prinzipskizze der gewählten Versuchsanordnung.....	11
Abbildung 4:	Anordnung der Warnschwellen auf dem Fahrstreifen.....	11
Abbildung 5:	Abmessungen und Fotoansicht der eingesetzten Warnschwellen.....	12
Abbildung 6:	Kamerastandorte für Videoaufnahmen und Beispiel eines Aufnahmeortes.....	13
Abbildung 7:	Untersuchter Bereich des Fahrstreifenwechsels.....	14
Abbildung 8:	Räumliche Verteilung der Unfälle im Untersuchungszeitraum im Kanton Zürich	15
Abbildung 9:	SN-Normfigur 10 nach SN 640 885c - Beilage.....	16
Abbildung 10:	SN-Normfigur 12 nach SN 640 885c - Beilage.....	16
Abbildung 11:	Zeitliche Verteilung der Tagesbaustellen und der Warnschwelleneinsätze auf den Autobahnen im Kanton Zürich	18
Abbildung 12:	Zeitliche Verteilung der Tagesbaustellen und der Warnschwelleneinsätze im Kanton Aargau.....	20
Abbildung 13:	Zusatzsignal bei neuer Versuchsanordnung an der Tagesbaustelle A53-Uster (Abbau des Normalstreifens).....	22
Abbildung 14:	Zusatzsignal bei neuer Versuchsanordnung an der Tagesbaustelle A3-Wolerau (Abbau des Überholstreifens).....	22
Abbildung 15:	Blitzlichter auf der Höhe der Warnschwellen bei neuer Versuchsanordnung an der Tagesbaustelle A7-Attikon	22
Abbildung 16:	Beispiele von kleineren Verschiebungen der Warnschwellen.....	32
Abbildung 17:	Beispiele von grossen Verschiebungen der Warnschwellen.....	33
Abbildung 18:	Beispiel einer zusätzlichen Absicherung der Signalwand mit Leitkegeln	36
Abbildung 19:	Hinweissignal Nr. 4.77 mit Anzeigen des Fahrstreifenabbaus.....	38
Abbildung 20:	Definition des Begriffs Anschluss	41
Abbildung 21:	Unterteilung in Baustellenabschnitte.....	41
Abbildung 22:	Unfalltypen und Unfallraten in ausgewählten Baustellenabschnitten, A1 Limmattal (ZH) und an HLS ohne Baustellen [SPACEK et al. (2005)]	42
Abbildung 23:	Übersicht Baustellen HLS-Netz Kanton Zürich 2003 bis 2006.....	43
Abbildung 24:	Verteilung der Unfälle bei Ein- und Ausfahrten auf die Baustellenbereiche	44
Abbildung 25:	Verteilung der Unfälle bei Verzweigungen.....	44
Abbildung 26:	Übersicht Betriebsformen und neue Gliederung der Untersuchungsstellen gemäss Tabelle 26.....	46
Abbildung 27:	Schematische Darstellung der Sichtprobleme bei Einfahrten und Fahrbahnzusammen- führungen.....	48
Abbildung 28:	Sicht in der Einfahrt auf den Beschleunigungsstreifen bei der Untersuchungsstelle 8.....	49
Abbildung 29:	Baustellenbetriebsformen der Untersuchungsstellen 11 und 12	50
Abbildung 30:	Signalisation Untersuchungsstelle 2, Phase 1 und Phase 2	52
Abbildung 31:	Signalisation Untersuchungsstelle 9, Phase 1 und Phase 2	53
Abbildung 32:	Signalisation Untersuchungsstelle 13	54
Abbildung 33:	Signalisation Untersuchungsstelle 5.....	55

10.3. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Unfallgeschehen bei der Fahrstreifenreduktion vor Tagesbaustellen in den Jahren 2003 und 2004.....	7
Tabelle 2:	Längenangaben zu den Autobahnabschnitten im Kanton Zürich.....	17
Tabelle 3:	Alle Tagesbaustellen im Kanton Zürich.....	17
Tabelle 4:	Tagesbaustellen auf der A1 im Kanton Zürich.....	18
Tabelle 5:	Tagesbaustellen auf der A3 im Kanton Zürich.....	18
Tabelle 6:	Längenangaben zu den Autobahnabschnitten im Kanton Aargau.....	19
Tabelle 7:	Alle Tagesbaustellen im Kanton Aargau.....	19
Tabelle 8:	Tagesbaustellen auf der A1 im Kanton Aargau.....	19
Tabelle 9:	Tagesbaustellen auf der A2 im Kanton Aargau.....	20
Tabelle 10:	Übersicht der Videoaufnahmen an ausgewählten Tagesbaustellen.....	21
Tabelle 11:	Unfälle und Unfallfolgen bei Tagesbaustellen.....	23
Tabelle 12:	Unfallgeschehen im Fahrstreifenwechselbereich bei Tagesbaustellen.....	23
Tabelle 13:	Eckdaten zu Unfällen im Kanton Aargau.....	24
Tabelle 14:	Warnschwelleinsätze und Unfälle an Tagesbaustellen im Kanton Zürich.....	24
Tabelle 15:	Relative Unfallhäufigkeit an Tagesbaustellen im Kanton Zürich.....	25
Tabelle 16:	Warnschwelleinsätze und Unfälle an Tagesbaustellen im Kanton Aargau.....	25
Tabelle 17:	Relative Unfallhäufigkeit an Tagesbaustellen im Kanton Aargau.....	25
Tabelle 18:	Auswertung der Hinweise auf Unfallentstehung bzgl. aller Unfälle im Fahrstreifenwechselbereich.....	27
Tabelle 19:	Auswertung der Hinweise auf Unfallentstehung bzgl. Unfälle mit Kollisionen mit Abgrenzung am Baustellenbeginn.....	27
Tabelle 20:	Verkehrsdaten während der Videoaufnahmen.....	29
Tabelle 21:	Häufigkeit der Fahrstreifenwechsel bei ursprünglicher Versuchsanordnung.....	30
Tabelle 22:	Häufigkeit der Fahrstreifenwechsel bei veränderter Versuchsanordnung.....	31
Tabelle 23:	Unfälle und Unfallraten in Baustellenabschnitten, A1 Limmattal (ZH) [SPACEK et al. (2005)].....	42
Tabelle 24:	Unfall- bzw. Verunfalltendichten der Baustellenabschnitte [SPACEK et al. (2005)].....	42
Tabelle 25:	Anzahl Unfälle an Anschlussstellen im Untersuchungszeitraum.....	43
Tabelle 26:	Ausgewählte Untersuchungsstellen für die detaillierte Unfallanalyse.....	45
Tabelle 27:	Auswertung der Hinweise auf Unfallhergang.....	47
Tabelle 28:	Übersicht Unfälle Untersuchungsstelle 7.....	49
Tabelle 29:	Übersicht Unfälle Untersuchungsstelle 12.....	50
Tabelle 30:	Auswertung der Hinweise auf Unfallhergang.....	51
Tabelle 31:	Hinweise für Unfallentstehung bei Unfällen der Gruppe (1).....	51
Tabelle 32:	Übersicht Unfälle Untersuchungsstelle 2.....	52
Tabelle 33:	Übersicht Unfälle Untersuchungsstelle 9.....	53
Tabelle 34:	Auswertung der Hinweise auf Unfallhergang.....	54

11. Anhänge

- A1 Messprotokoll Fahrverhalten Tagesbaustellen
- A2 Fahrverhalten Tagesbaustellen
- A3 Unfalllisten Tagesbaustellen
- A4 Untersuchungsstellen Anschlüsse und Verzweigungen im Baustellenbereich
- A5 Unfalltypen Kantonspolizei Zürich
- A6 Unfallursachen Kantonspolizei Zürich

Videoauswertung Fahrverhalten bei Tagesbaustellen

Tagesbaustelle Wollerau, Richtung ZH

Standort 1

Lage und Ausrüstung

Ort: A3, km 127.9, Rtg. ZH
 Datum: 04.04.2006
 Zeit: 12.26 bis 14.26 Uhr
 Geschwindigkeit: 100 km/h

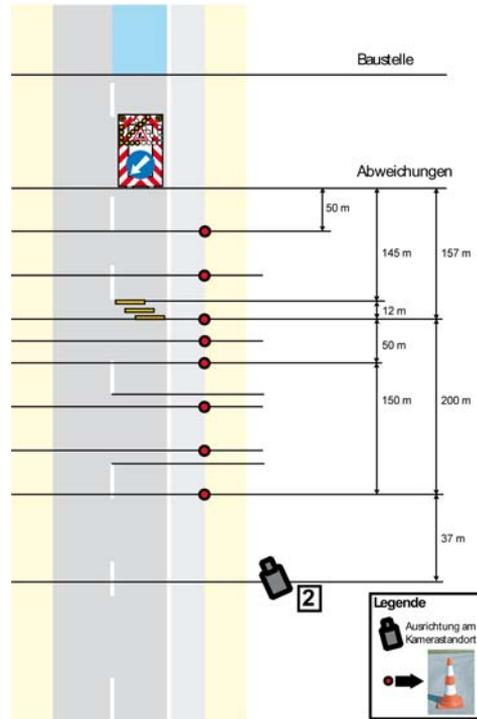
Besonderheiten

leichte Rechtskurve

Verkehrszählung

Anzahl Fahrzeuge total:	2319
Anteil NS:	19 %
Anteil ÜS:	81 %
LW-Anteil:	16 %
Anzahl Fahrzeuge pro Stunde:	1159

Messanordnung



Fotodokumentation



Anzahl Fahrstreifenwechsel

	Signalwand 0m	Warnschwellen 157m	200m	Total
PW	91	126	208	425
LW	11	19	41	71
Moto	0	0	3	3
Total	102	145	252	499

Videoauswertung Fahrverhalten bei Tagesbaustellen

Tagesbaustelle Wollerau, Richtung Chur

Standort 2

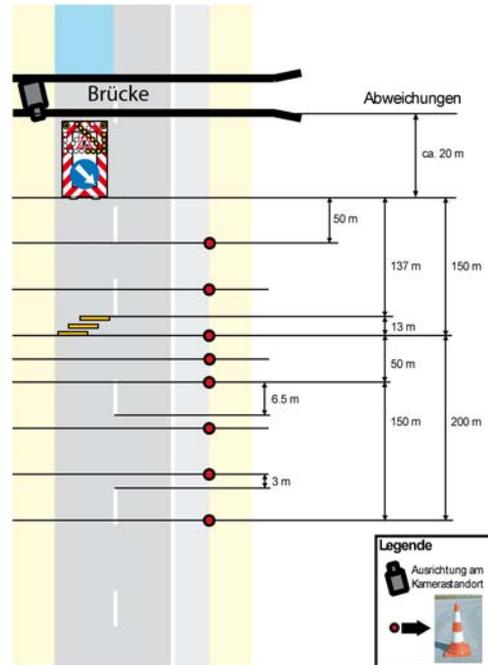
Lage und Ausrüstung

Ort: A3, km 127.3, Rtg. Chur
 Datum: 20.06.2006
 Zeit: 12.00 bis 14.00 Uhr
 Geschwindigkeit: 80 km/h

Besonderheiten

Rechtskurve
 Kamera auf Brücke, 20m nach Signalwand

Messanordnung



Verkehrszählung

Anzahl Fahrzeuge total:	2435
Anteil NS:	90 %
Anteil ÜS:	10 %
LW-Anteil:	16 %
Anzahl Fahrzeuge pro Stunde:	1217

Fotodokumentation



Anzahl Fahrstreifenwechsel

	Signalwand 0 m	Warnschwellen 150 m	200 m	Total
PW	87	95	61	243
LW	0	0	0	0
Moto	1	1	0	2
Total	88	96	61	245

Videoauswertung Fahrverhalten bei Tagesbaustellen

Tagesbaustelle Mülibachtobel

Standort 3

Lage und Ausrüstung

Ort: A3, km 127.1, Rtg. Chur
 Datum: 11.07.2006
 Zeit: 10.26 bis 11.26 Uhr
 Geschwindigkeit: 80 km/h

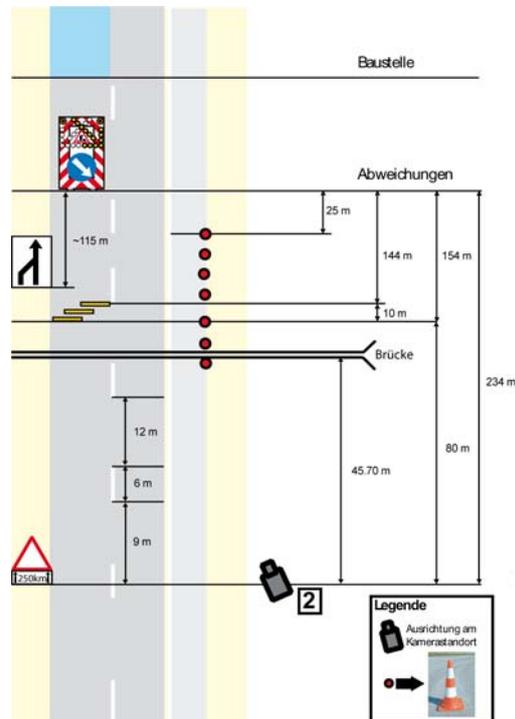
Besonderheiten

Kurve
 Kamera bei 250m, Baustellenschild

Verkehrszählung

Anzahl Fahrzeuge total:	1198
Anteil NS:	92 %
Anteil ÜS:	8 %
LW-Anteil:	14 %
Anzahl Fahrzeuge pro Stunde:	1198

Messanordnung



Fotodokumentation



Anzahl Fahrstreifenwechsel

	Signalwand 0 m	Warnschwellen 150 m	200 m	Total
PW	66	25	4	95
LW	1	0	0	1
Moto	0	0	0	0
Total	67	25	4	96

Videoauswertung Fahrverhalten bei Tagesbaustellen

Tagesbaustelle Mülibachtobel

Standort 4

Lage und Ausrüstung

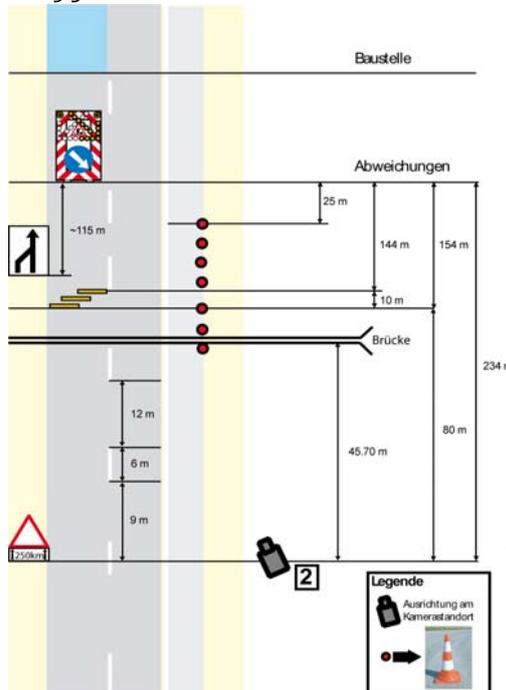
Ort: A3, km 127.1, Rtg. Chur
 Datum: 11.07.2006
 Zeit: 15.07 bis 15.55 Uhr
 Geschwindigkeit: 80 km/h

Besonderheiten

wie Standort 3, ab 15.38 Uhr ohne Warnschwellen

Messanordnung

ab 15.38 Uhr ohne Warnschwellen



Verkehrszählung (mit Warnschwellen)

Anzahl Fahrzeuge total:	648
Anteil NS:	92.3 %
Anteil ÜS:	7.7 %
LW-Anteil:	11.2 %
Anzahl Fahrzeuge pro Stunde:	1296

Verkehrszählung (ohne Warnschwellen)

Anzahl Fahrzeuge total:	415
Anteil NS:	88.7%
Anteil ÜS:	11.3%
LW-Anteil:	8.5%
Anzahl Fahrzeuge pro Stunde:	1245

Anzahl Fahrstreifenwechsel (mit Warnschwellen)

	Signalwand 0 m	Warnschwellen 150 m	200 m	Total
PW	31	13	3	47
LW	0	0	0	0
Moto	1	1	1	3
Total	32	14	4	50

Anzahl Fahrstreifenwechsel (ohne Warnschwellen)

	Signalwand 0 m	150 m	200 m	Total
PW	30	14	1	45
LW	0	0	0	0
Moto	2	0	0	2
Total	32	14	1	47

Videoauswertung Fahrverhalten bei Tagesbaustellen

Tagesbaustelle Mülibachtobel

Standort 5

Lage und Ausrüstung

Ort: A3, km 127.1, Rtg. Chur
 Datum: 12.07.2006
 Zeit: 10.49 bis 12.24 Uhr
 Geschwindigkeit: 80 km/h

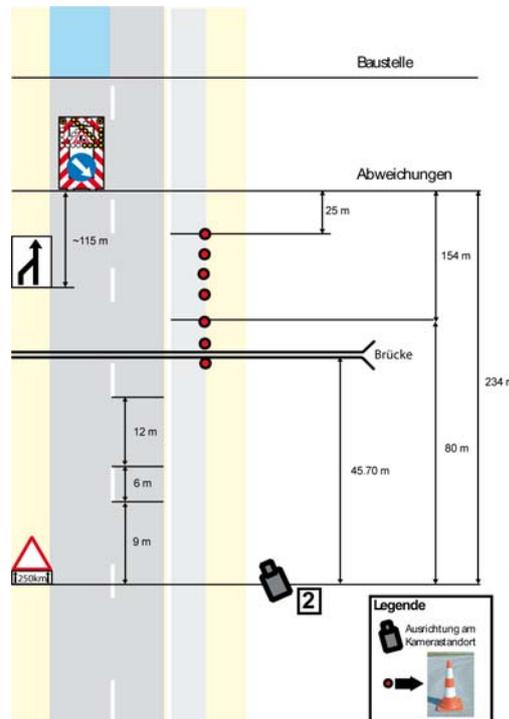
Besonderheiten

Kurve, Überholstreifen
 Ohne Warnschwellen
 Kamera bei 250m, Baustellenschild

Verkehrszählung

Anzahl Fahrzeuge total:	1841
Anteil NS:	95 %
Anteil ÜS:	5 %
LW-Anteil:	10 %
Anzahl Fahrzeuge pro Stunde:	1219

Messanordnung



Fotodokumentation



Anzahl Fahrstreifenwechsel

	Signalwand 0 m	150 m	200 m	Total
PW	84	42	0	126
LW	0	2	0	2
Moto	5	0	0	5
Total	89	44	0	133

Videoauswertung Fahrverhalten bei Tagesbaustellen

Tagesbaustelle Volketswil

Standort 6

Lage und Ausrüstung

Ort: A53, km 21.2, Rgt. Rapperswil
 Datum: 08.08.2006
 Zeit: 12.06 bis 14.13 Uhr
 Geschwindigkeit: 80 km/h

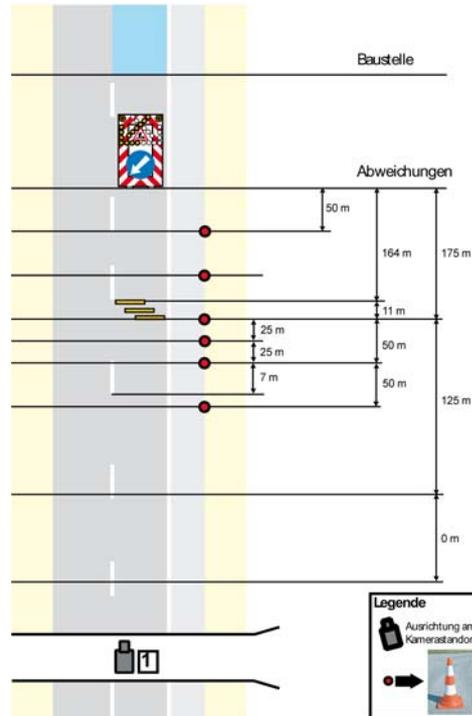
Besonderheiten

Warnschwelle bei 175m

Verkehrszählung

Anzahl Fahrzeuge total:	2127
Anteil NS:	26 %
Anteil ÜS:	74 %
LW-Anteil:	10 %
Anzahl Fahrzeuge pro Stunde:	1063

Messanordnung



Fotodokumentation



Anzahl Fahrstreifenwechsel

	Signalwand 0 m	Warnschwellen 175 m	200 m	Total
PW	138	135	236	509
LW	28	21	41	90
Moto	0	0	4	4
Total	166	156	281	603

Videoauswertung Fahrverhalten bei Tagesbaustellen

Tagesbaustelle Wollerau, Richtung Chur

Standort 7

Lage und Ausrüstung

Ort: A3, km 127.3, Rtg. Chur
 Datum: 02.05.2007
 Zeit: 12.00 bis 14.00 Uhr
 Geschwindigkeit: 80 km/h

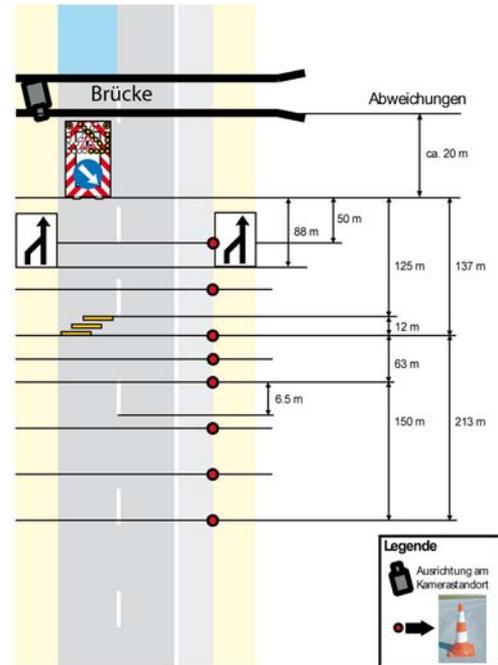
Besonderheiten

Kamera auf Brücke, 20m nach Signalwand
 Rechtskurve
 Neue Anordnung

Verkehrszählung

Anzahl Fahrzeuge total:	k.A
Anteil NS:	k.A
Anteil ÜS:	k.A
LW-Anteil:	k.A
Anzahl Fahrzeuge pro Stunde:	k.A

Messanordnung



Fotodokumentation



Anzahl Fahrstreifenwechsel

	Signalwand 0 m	Warnschwellen 150 m	
PW	15	191	206
LW	0	1	1
Moto	0	1	1
Total	15	193	208

Videoauswertung Fahrverhalten bei Tagesbaustellen

Tagesbaustelle Uster Nord/Aathal

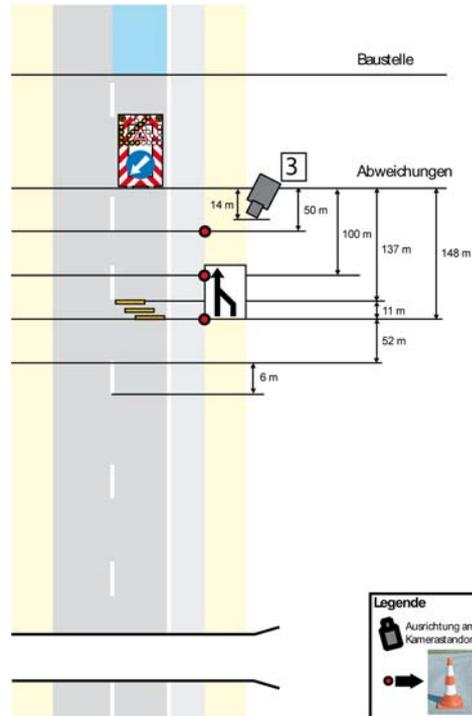
Standort 8

Lage und Ausrüstung

Ort: A53, km 26.3, Rtg. Rapperswil
 Datum: 07.05.2007
 Zeit: 11.00 bis 12.40 Uhr
 Geschwindigkeit: 100 km/h

Besonderheiten
 Messabbruch wegen Regen

Messanordnung



Verkehrszählung

Anzahl Fahrzeuge total:	1121
Anteil NS:	15 %
Anteil ÜS:	85 %
LW-Anteil:	11 %
Anzahl Fahrzeuge pro Stunde:	672

Fotodokumentation



Anzahl Fahrstreifenwechsel

	Signalwand 0 m	Warnschwellen 150 m	Total
PW	16	141	157
LW	4	10	14
Moto	0	1	1
Total	20	152	172

Videoauswertung Fahrverhalten bei Tagesbaustellen

Tagesbaustelle Wollerau, Richtung ZH

Standort 9

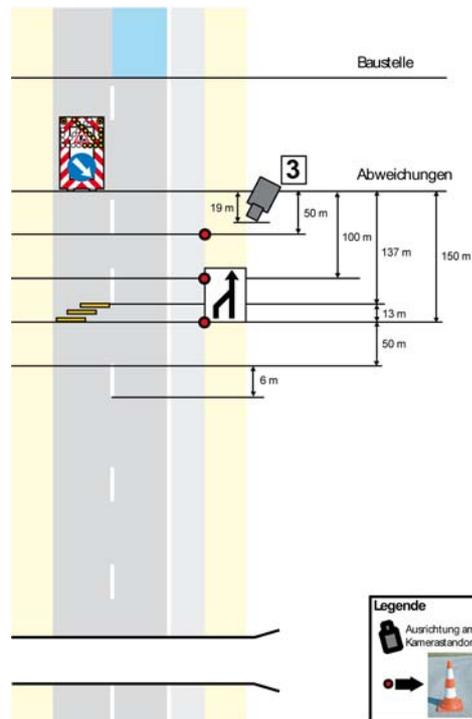
Lage und Ausrüstung

Ort: A53, km 26.3, Rtg. Zürich
 Datum: 10.05.2007
 Zeit: 11.10 bis 13.10 Uhr
 Geschwindigkeit: 80 km/h

Besonderheiten

keine

Messanordnung



Verkehrszählung

Anzahl Fahrzeuge total:	1451
Anteil NS:	94 %
Anteil ÜS:	6 %
LW-Anteil:	12 %
Anzahl Fahrzeuge pro Stunde:	726

Fotodokumentation



Anzahl Fahrstreifenwechsel

	Signalwand 0 m	Warnschwellen 150 m	Total
PW	10	62	72
LW	0	0	0
Moto	1	7	8
Total	11	69	80

Videoauswertung Fahrverhalten bei Tagesbaustellen

Tagesbaustelle Attikon/Frauenfeld West

Standort 10

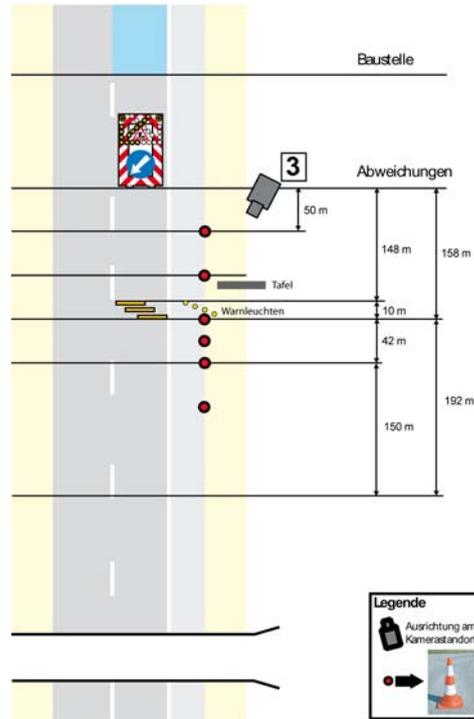
Lage und Ausrüstung

Ort: A7, km 3.2, Rtg. Frauenfeld
 Datum: 14.05.2007
 Zeit: 09.40 bis 11.40 Uhr
 Geschwindigkeit: 100 km/h

Besonderheiten

Baustellenlampen (Blinklicht)

Messanordnung



Verkehrszählung

Anzahl Fahrzeuge total:	1429
Anteil NS:	29 %
Anteil ÜS:	71 %
LW-Anteil:	15 %
Anzahl Fahrzeuge pro Stunde:	715

Fotodokumentation



Anzahl Fahrstreifenwechsel

	Signalwand 0 m	Warnschwellen 150 m	Total
PW	27	302	329
LW	5	85	90
Moto	0	3	3
Total	32	390	422

Untersuchungsstellen Anschlüsse im Baustellenbereich

A1, Fahrtrichtung Bern, Verzweigung A1/A51

Anschlussstelle 1

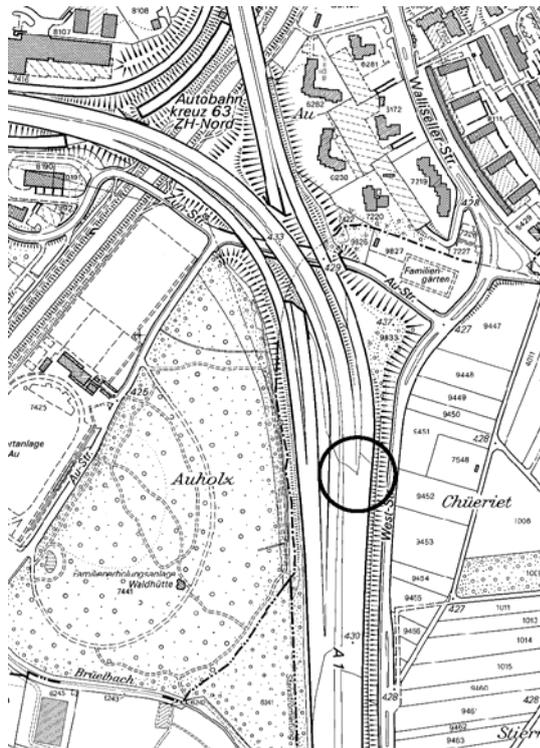
Lage und Zeitraum Baustelle

A1, km 302.9, Rtg. Bern

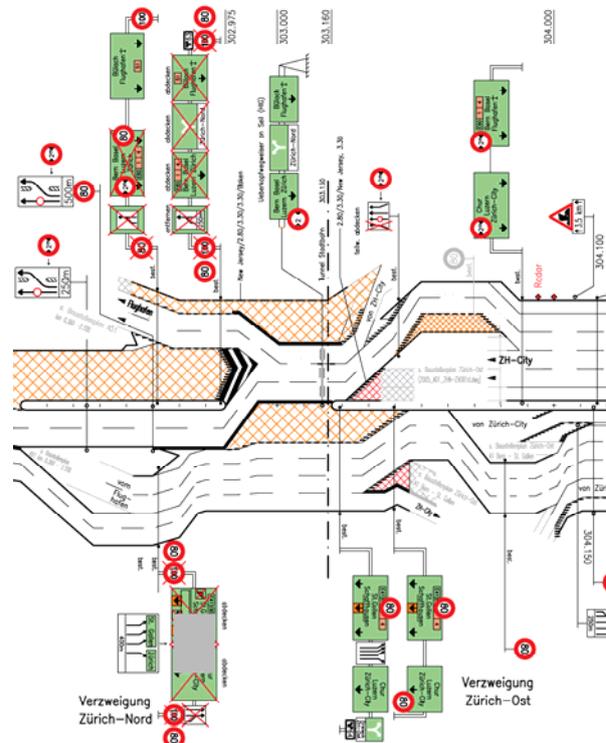
Fahrbahnauftrennung A1/A51

Zeitraum: 20.02.2006 – 17.08.2006

Situation



Schemaplan Baustelle



Unfälle

UAP-Nr.	Kilometrierung	Verursacher	Verkehrsmenge	Witterung	Lichtverhältnisse	Unfalltyp (gem. Anhang 5)	Unfallursache (gem. Anhang 6)
594153	A1 303.0 FS2	PW	rege	bedeckt	Tag	06	423
548831	A1 303.0 FS2	PW	rege	schön	Dämmerung	13	442
601103	A1 303.0 FS2	PW	rege	bedeckt	Tag	18	423

Untersuchungsstellen Anschlüsse im Baustellenbereich

A1, Fahrtrichtung St. Gallen, Verzweigung A1/A1L

Anschlussstelle 2

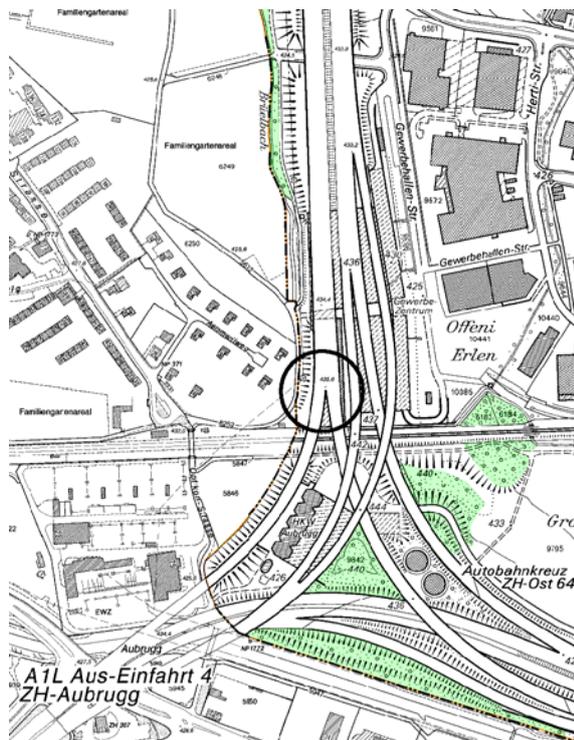
Lage und Zeitraum Baustelle

A1, km 303.3, Rtg. St. Gallen

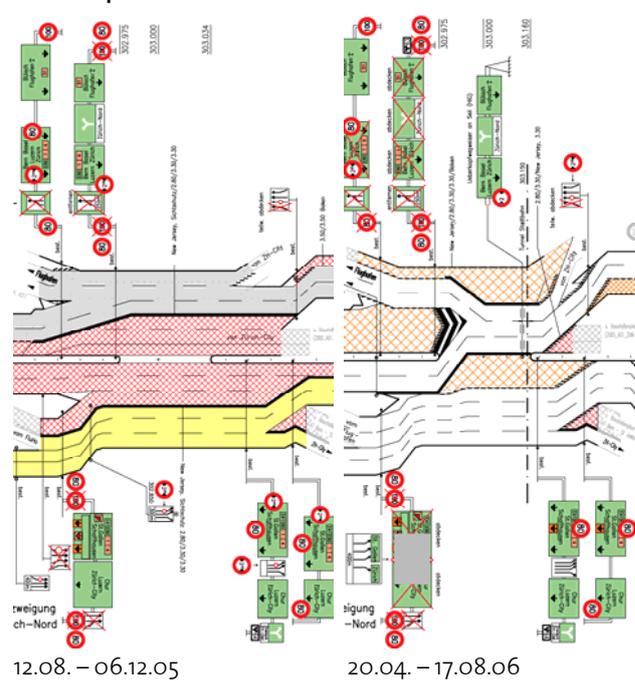
Fahrbahnauftrennung A1/A1L

Zeitraum: 12.08.2005 – 06.12.2005 und
20.04.2006 – 17.08.2006

Situation



Schemaplan Baustelle



Unfälle

UAP-Nr.	Kilometrierung	Verursacher	Verkehrsmenge	Witterung	Lichtverhältnisse	Unfalltyp (gem. Anhang 5)	Unfallursache (gem. Anhang 6)
568318	A1 303.3 FS1	PW	stockend	schön	Tag	21	483
568115	A1 303.3 FS1	PW	stark	bedeckt	Tag	16	423
594199	A1 303.3 FS1	PW	rege	schön	Tag	16	423
569685	A1 303.3 FS1	PW	rege	schön	Tag	16	423
604286	A1 303.3 FS1	PW	stark	bedeckt	Tag	16	172
594162	A1 303.3 FS1					03	609
601630	A1 303.3 FS1	PW	stark	schön	Tag	03	150
609217	A1 303.3 FS1	PW	schwach	schön	Nacht	02	171
599580	A1 303.3 FS1	PW	stark	Regen	Tag	05	423
601380	A1 303.4 FS1	MR	stark	bedeckt	Dämmerung	08	415

Untersuchungsstellen Anschlüsse im Baustellenbereich

A1, Fahrtrichtung St. Gallen, Einfahrt Brüttisellen

Anschlussstelle 3

Lage und Zeitraum Baustelle

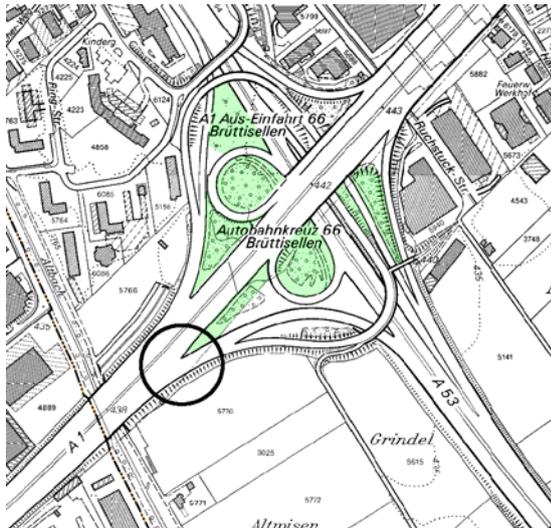
A1, km 308.3, Rtg. St. Gallen

Einfahrt

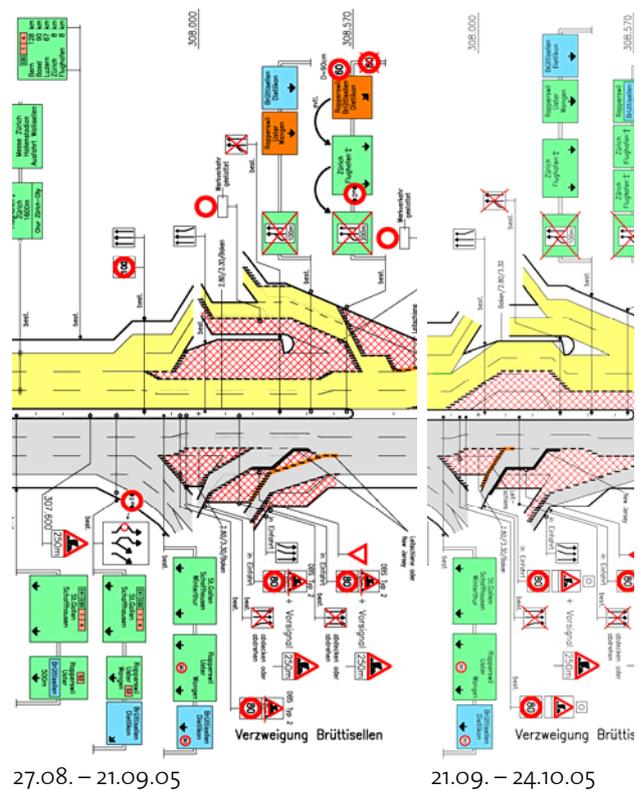
Zeitraum: 27.08.2005 – 21.09.2005 und

21.09.2005 – 24.10.2005

Situation



Schemaplan Baustelle



Unfälle

UAP-Nr.	Kilometrierung	Verursacher	Verkehrsmenge	Witterung	Lichtverhältnisse	Unfalltyp (gem. Anhang 5)	Unfallursache (gem. Anhang 6)
568855	A1 308.2 FS1	PW	rege	schön	Tag	02	170
548831	A1 308.3 FS1	PW	stark	Regen	Nacht	18	460
601103	A1 308.3 FS1		rege	bedeckt	Tag	02	609

Untersuchungsstellen Anschlüsse im Baustellenbereich

A1L, Verzweigung Zürich Ost

Anschlussstelle 4

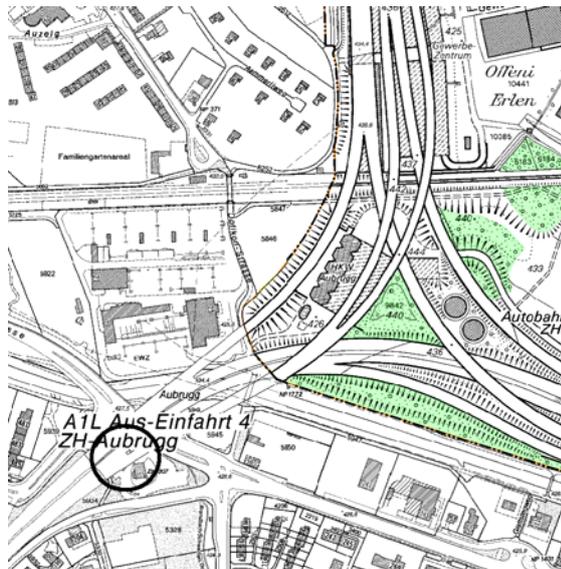
Lage und Zeitraum Baustelle

A1L, km 001.7, Rtg. St. Gallen/Bern

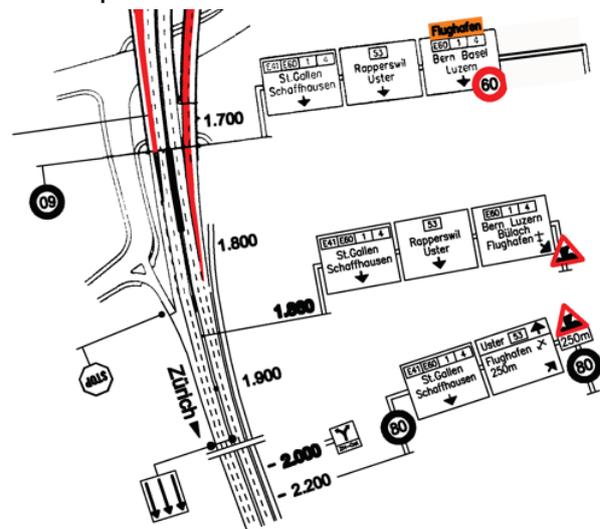
Fahrbahnauftrennung St. Gallen, Uster / Bern, Flughafen

Zeitraum: 12.08.2005 – 12.12.2005

Situation



Schemaplan Baustelle



Unfälle

UAP-Nr.	Kilometrierung	Verursacher	Verkehrsmenge	Witterung	Lichtverhältnisse	Unfalltyp (gem. Anhang 5)	Unfallursache (gem. Anhang 6)
594001	A1L 001.7 FS2	PW	stark	schön	Tag	02	132
591234	A1L 001.7 FS2	PW	stark	bedeckt	Tag	16	423
569414	A1L 001.8 FS2	PW	stark	bedeckt	Tag	21	484

Untersuchungsstellen Anschlüsse im Baustellenbereich

A1L, Verzweigung Zürich Ost

Anschlussstelle 5

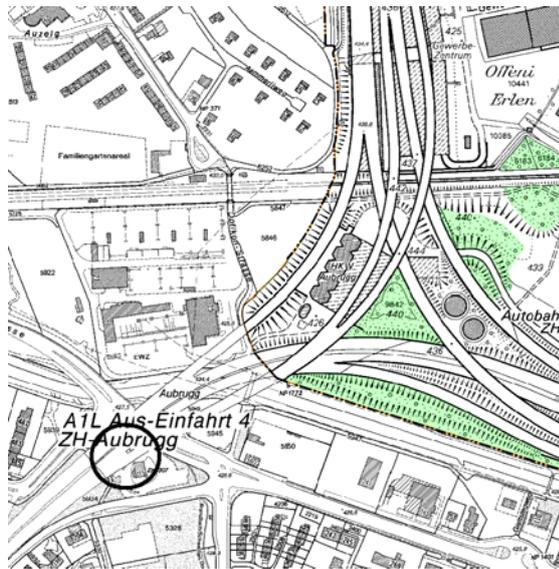
Lage und Zeitraum Baustelle

A1L km 001.9, Rtg. St. Gallen/Bern

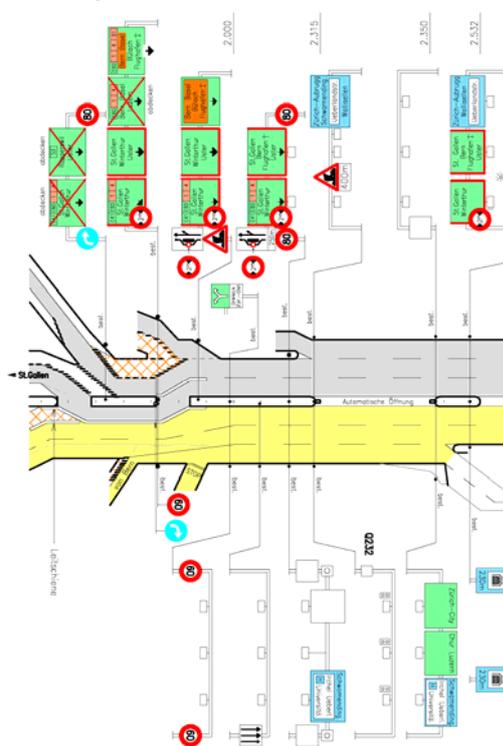
Fahrbahnauftrennung St. Gallen / St. Gallen, Uster / Bern, Flughafen

Zeitraum: 21.02.2006 – 07.09.2006

Situation



Schemaplan Baustelle



Unfälle

UAP-Nr.	Kilometrierung	Verursacher	Verkehrsmenge	Witterung	Lichtverhältnisse	Unfalltyp (gem. Anhang 5)	Unfallursache (gem. Anhang 6)
609209	A1L 001.9 FS2	PW	schwach	bedeckt	Nacht	18	171
593969	A1L 001.9 FS2	PW	rege	Schneefall	Nacht	21	170
604110	A1L 001.9 FS2	PW	stark	Regen	Nacht	16	423
535844	A1L 001.9 FS2	PW	rege	bedeckt	Tag	16	172
601314	A1L 001.9 FS2	Lieferw.	rege	schön	Tag	18	423
618823	A1L 001.9 FS2		rege	schön	Tag	20	133
601749	A1L 002.0 FS2	PW	rege	bedeckt	Nacht	05	423

Untersuchungsstellen Anschlüsse im Baustellenbereich

A3, Fahrtrichtung Chur, Einfahrt Brunau

Anschlussstelle 6

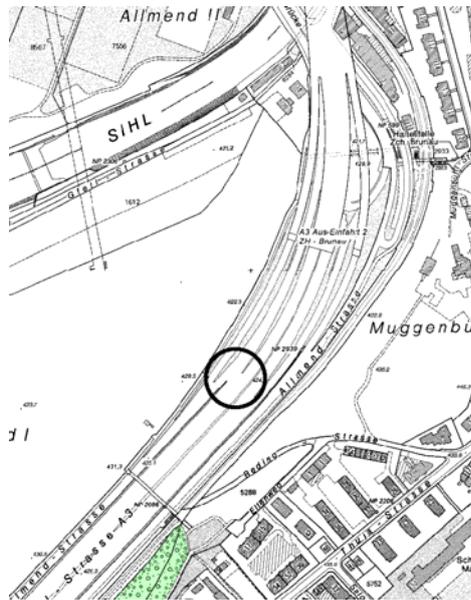
Lage und Zeitraum Baustelle

A3, km 104.7, Rtg. Chur

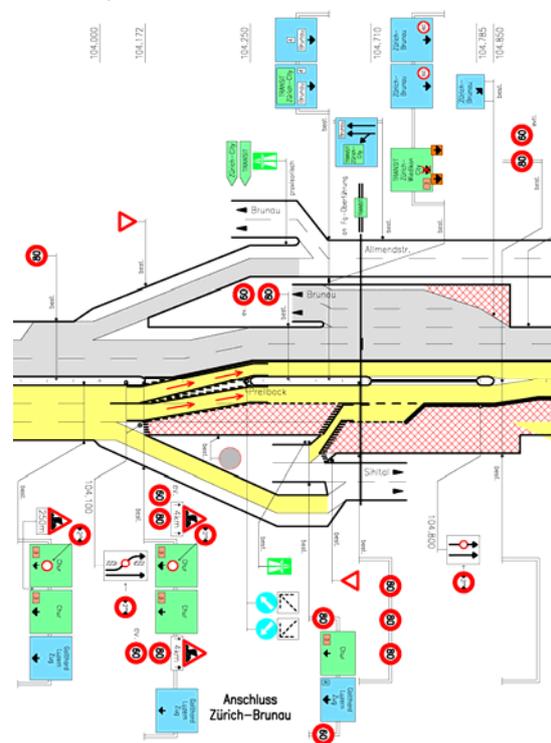
Einfahrt

Zeitraum: 24.05.2004 – 22.08.2004

Situation



Schemaplan Baustelle



Unfälle

UAP-Nr.	Kilometrierung	Verursacher	Verkehrsmenge	Witterung	Lichtverhältnisse	Unfalltyp (gem. Anhang 5)	Unfallursache (gem. Anhang 6)
549592	A3 104.5 FS1	PW	rege	schön	Nacht	20	460
549598	A3 104.6 FS1	PW	rege	schön	Nacht	20	485
546067	A3 104.8 FS1	PW	stark	bedeckt	Tag	20	485
555161	A3 104.8 FS1	PW	stark	bedeckt	Tag	18	460

Untersuchungsstellen Anschlüsse im Baustellenbereich

A51, Fahrtrichtung Zürich, Einfahrt Glattbrugg

Anschlussstelle 8

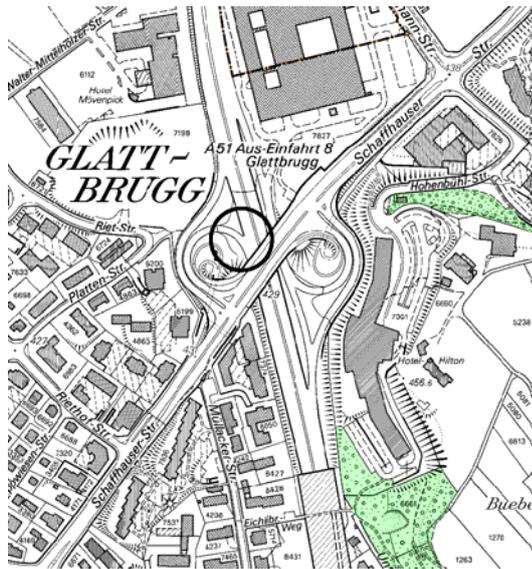
Lage und Zeitraum Baustelle

A51, km 002., Rtg. Zürich

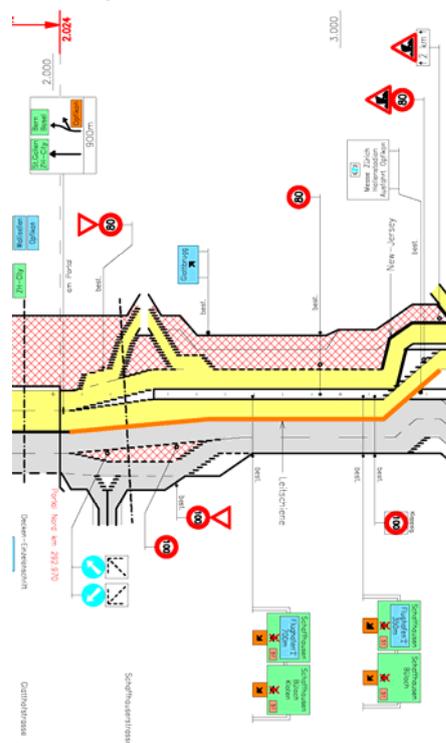
Einfahrt

Zeitraum: 30.09.2003 – 25.11.2003

Situation



Schemaplan Baustelle



Unfälle

UAP-Nr.	Kilometrierung	Verursacher	Verkehrsmenge	Witterung	Lichtverhältnisse	Unfalltyp (gem. Anhang 5)	Unfallursache (gem. Anhang 6)
521070	A51 002.2 FS 2	PW	stark	Regen	Tag	20	485
521486	A51 002.2 FS 2	PW	stockend	Regen	Nacht	20	412
521502	A51 002.2 FS 2	PW	stark	schön	Tag	21	170
530738	A51 002.2 FS 2	LW	rege	schön	Tag	20	485
530702	A51 002.2 FS 2	LW				20	485

Untersuchungsstellen Anschlüsse im Baustellenbereich

A51, Fahrtrichtung Zürich, Ausfahrt Werft

Anschlussstelle 9

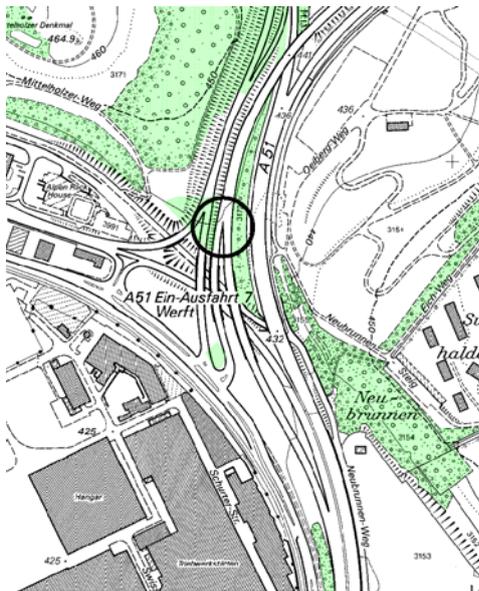
Lage und Zeitraum Baustelle

A51, km 003.4., Rtg. Zürich

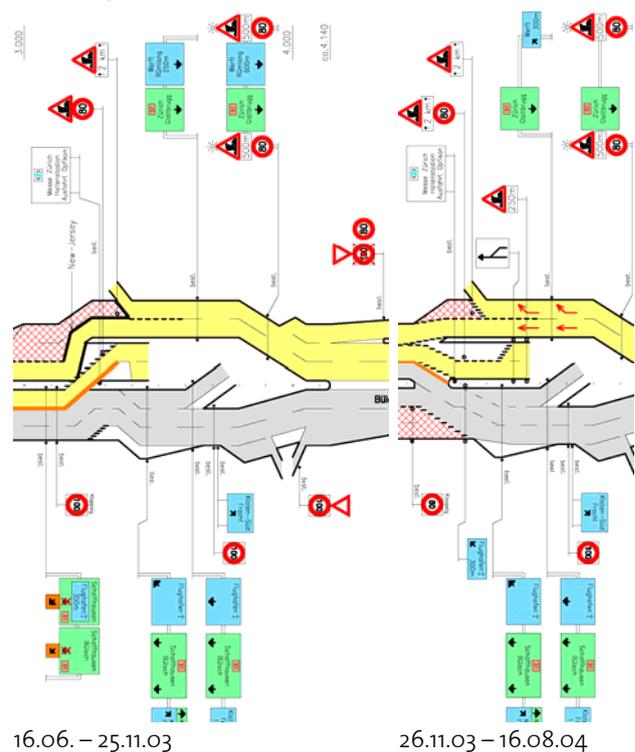
Ausfahrt

Zeitraum: 16.06.2003 – 25.11.2003 und
26.11.2003 – 16.08.2004

Situation



Schemaplan Baustelle



Unfälle

UAP-Nr.	Kilometrierung	Verursacher	Verkehrsmenge	Witterung	Lichtverhältnisse	Unfalltyp (gem. Anhang 5)	Unfallursache (gem. Anhang 6)
509389	A51 003.3 FS 2	Lieferw.	rege	schön	Tag	18*	171
521004	A51 003.4 FS 2	PW	rege	schön	Tag	18*	171
521553	A51 003.4 FS 2	Lieferw.	rege	bedeckt	Tag	02	609
515011	A51 003.5 FS 2	Lieferw.	stark	Regen	Tag	20	485
520726	A51 003.5 FS 1	Lieferw.	rege	Regen	Tag	20	485
521557	A51 003.5 FS 2	PW	stark	bedeckt	Nacht	20	485
535674	A51 003.6 FS 2	PW	rege	schön	Tag	20	171

*: Durchfahren des Baustellenbereichs (Abweichende Bezeichnung gegenüber UAP)

Untersuchungsstellen Anschlüsse im Baustellenbereich

A51, Fahrtrichtung Zürich, Ausfahrt Kloten Süd

Anschlussstelle 10

Lage und Zeitraum Baustelle

A51, km 003.6., Rtg. Schaffhausen

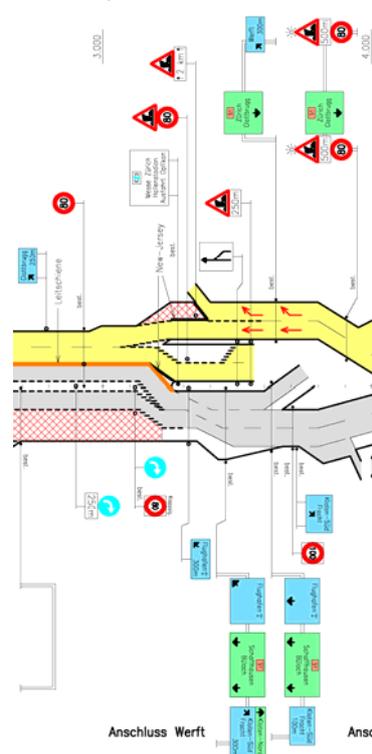
Ausfahrt

Zeitraum: 26.11.2003 – 06.04.2004

Situation



Schemaplan Baustelle



Unfälle

UAP-Nr.	Kilometrierung	Verursacher	Verkehrsmenge	Witterung	Lichtverhältnisse	Unfalltyp (gem. Anhang 5)	Unfallursache (gem. Anhang 6)
543345	A51 003.4 FS2	Lieferw.	stark	Regen	Tag	20	484
535585	A51 003.6 FS1	PW	rege	Regen	Nacht	20	423
521259	A51 003.6 FS1	PW	schwach	bedeckt	Tag	18	171
540840	A51 003.7 FS1	PW	schwach	bedeckt	Nacht	20	171

Untersuchungsstellen Anschlüsse im Baustellenbereich

A51, Fahrtrichtung Schaffhausen, Verzweigung A51/A1

Anschlussstelle 11

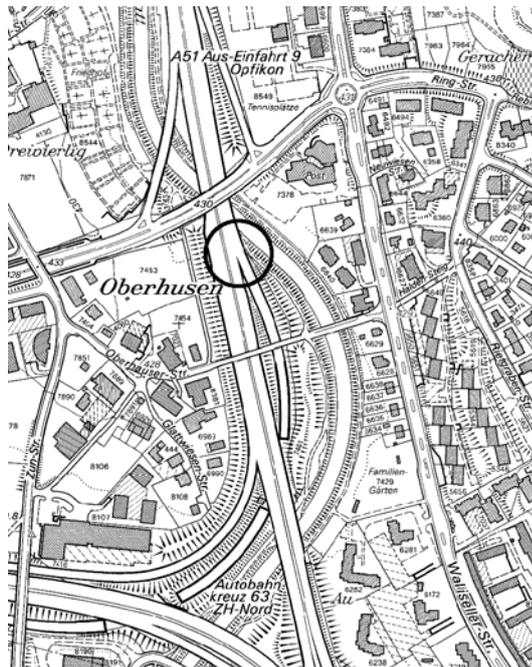
Lage und Zeitraum Baustelle

A51, km 001.2., Rtg. Schaffhausen

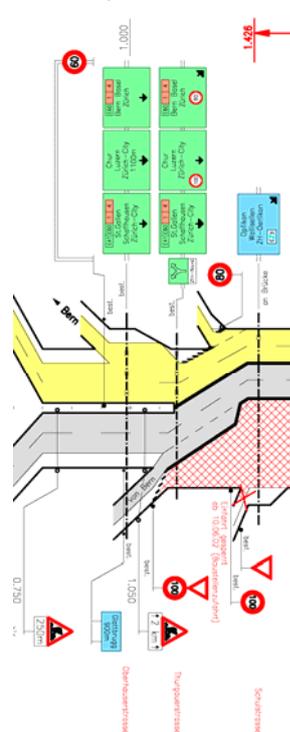
Fahrbahnzusammenführung A51/A1

Zeitraum: 01.01.2003 – 05.05.2003

Situation



Schemaplan Baustelle



Unfälle

UAP-Nr.	Kilometrierung	Verursacher	Verkehrsmenge	Witterung	Lichtverhältnisse	Unfalltyp (gem. Anhang 5)	Unfallursache (gem. Anhang 6)
504839	A51 001.2 FS1	PW	stark	schön	Tag	18	460
502081	A51 001.2 FS1	PW	stark	schön	Tag	18	423
500486	A51 001.3 FS1	PW	schwach	bedeckt	Nacht	02	110

Untersuchungsstellen Anschlüsse im Baustellenbereich

A51, Fahrtrichtung Schaffhausen, Verzweigung A51/A1

Anschlussstelle 12

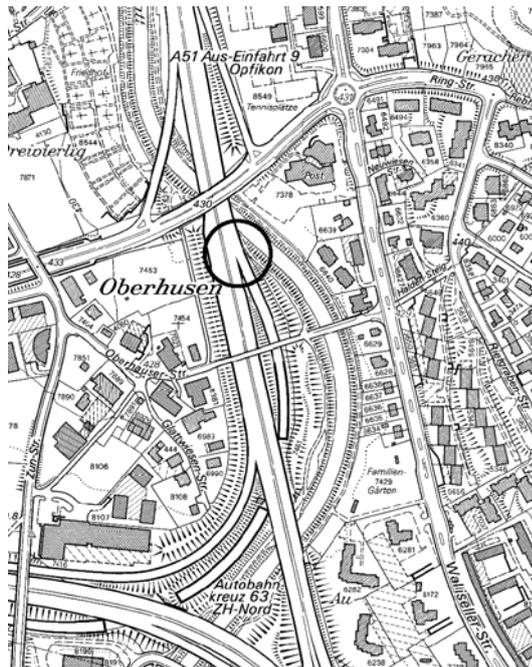
Lage und Zeitraum Baustelle

A51, km 001.2., Rtg. Schaffhausen

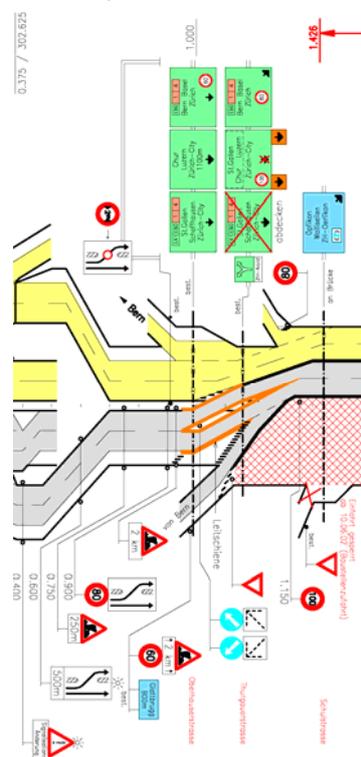
Fahrbahnzusammenführung A51/A1

Zeitraum: 06.05.2003 – 15.06.2003

Situation



Schemaplan Baustelle



Unfälle

UAP-Nr.	Kilometrierung	Verursacher	Verkehrsmenge	Witterung	Lichtverhältnisse	Unfalltyp (gem. Anhang 5)	Unfallursache (gem. Anhang 6)
504924	A51 001.2 FS1	PW	stark	bedeckt	Tag	20	485
521106	A51 001.2 FS1	PW	stark	schön	Tag	18	423
501465	A51 001.3 FS1	PW	stark	schön	Tag	18	423
501720	A51 001.3 FS1	PW	rege	schön	Tag	18	423
520526	A51 001.3 FS1	Sat. + A.	stark	schön	Tag	16	423
521350	A51 001.3 FS1	PW	stark	schön	Tag	21	170
538766	A51 001.3 FS1	PW	stark	schön	Tag	18	423

Untersuchungsstellen Anschlüsse im Baustellenbereich

A51, Fahrtrichtung Zürich, Verzweigung A51/A1

Anschlussstelle 13

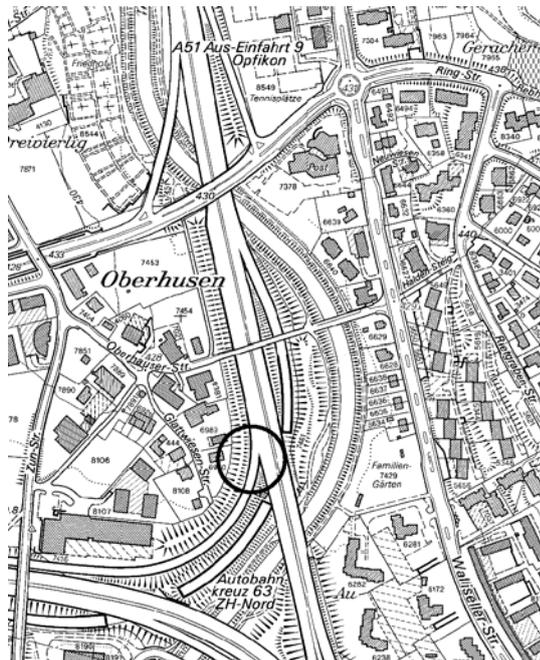
Lage und Zeitraum Baustelle

A51, km 001.4., Rtg. Zürich

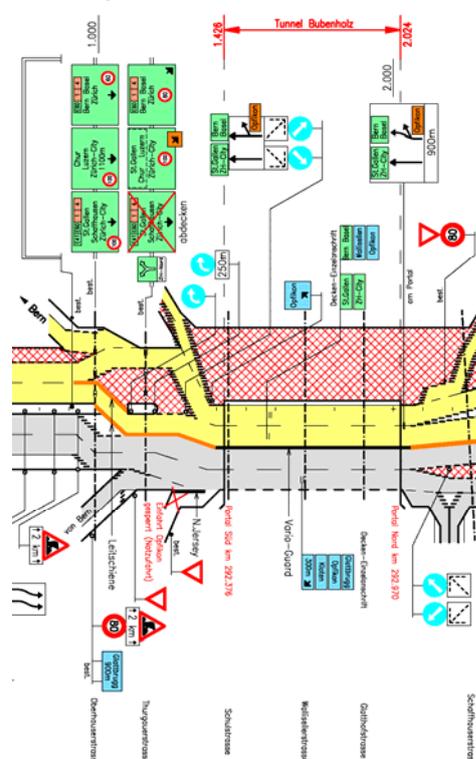
Fahrbahnauftrennung A51/A1 und Ausfahrt

Zeitraum: 30.09.2003 – 29.10.2003

Situation



Schemaplan Baustelle



Unfälle

UAP-Nr.	Kilometrierung	Verursacher	Verkehrsmenge	Witterung	Lichtverhältnisse	Unfalltyp (gem. Anhang 5)	Unfallursache (gem. Anhang 6)
503144	A51 001.3 FS2	PW	rege	bedeckt	Tag	18	171
521368	A51 001.3 FS2	PW	rege	bedeckt	Tag	18	171
521515	A51 001.3 FS2	PW	stark	schön	Tag	18	171
515330	A51 001.3 FS2	PW				18	423
514902	A51 001.4 FS2	PW	stark	schön	Tag	18	423

Untersuchungsstellen Anschlüsse im Baustellenbereich

A51, Fahrtrichtung Zürich, Einfahrt Bülach Nord

Anschlussstelle 14

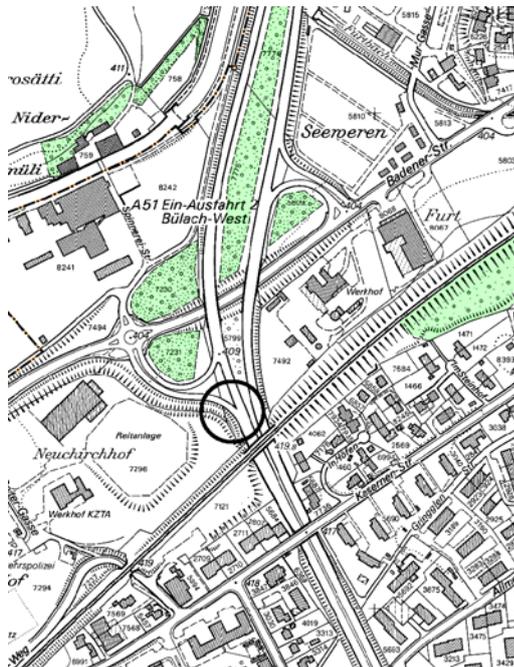
Lage und Zeitraum Baustelle

A51, km 014.2., Rtg. Zürich

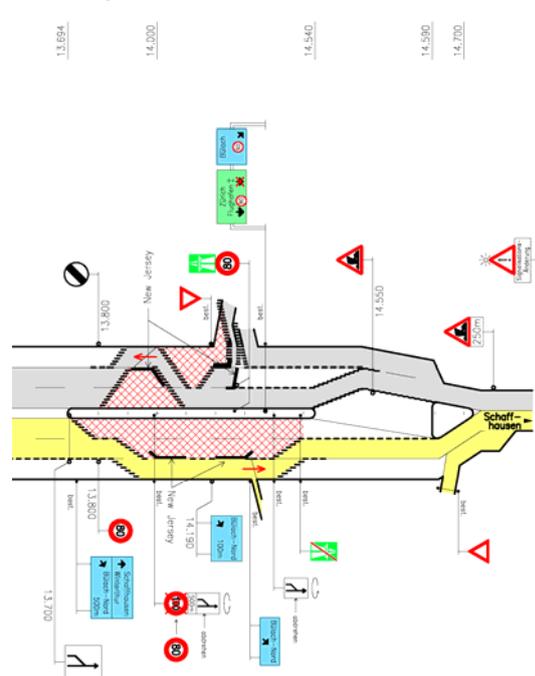
Einfahrt

Zeitraum: 29.08.2003 – 14.11.2003

Situation



Schemaplan Baustelle



Unfälle

UAP-Nr.	Kilometrierung	Verursacher	Verkehrsmenge	Witterung	Lichtverhältnisse	Unfalltyp (gem. Anhang 5)	Unfallursache (gem. Anhang 6)
530664	A51 014.2 FS2	PW	rege	schön	Tag	17	421
529236	A51 014.2 FS2	Sat. + A.	stark	bedeckt	Dämmerung	18	460
521440	A51 014.3 FS2	LW	rege	schön	Tag	20	485

Unfalltypen Kantonspolizei Zürich

Kategorie	Konfliktsituationen
Fahrerunfall	<div style="display: flex; flex-wrap: wrap; justify-content: space-between;"> <div style="width: 15%;">01 </div> <div style="width: 15%;">02 </div> <div style="width: 15%;">03 </div> <div style="width: 15%;">04 </div> <div style="width: 15%;">05 </div> <div style="width: 15%;">06 </div> <div style="width: 15%;">07 </div> <div style="width: 15%;">08 </div> <div style="width: 15%; text-align: center;">09 Andere</div> </div> <p style="text-align: right; margin-top: 10px;">UT Darstellungen für Autobahnen und Autostrassen</p>
Überholunfall Fahrstreifenwechsel	<div style="display: flex; flex-wrap: wrap; justify-content: space-between;"> <div style="width: 15%;">10 </div> <div style="width: 15%;">11 </div> <div style="width: 15%;">12 </div> <div style="width: 15%;">13 </div> <div style="width: 15%;">14 </div> <div style="width: 15%;">15 </div> <div style="width: 15%; text-align: center;">19 Andere</div> </div>
Auffahrerunfall	<div style="display: flex; flex-wrap: wrap; justify-content: space-between;"> <div style="width: 15%;">20 </div> <div style="width: 15%;">21 </div> <div style="width: 15%;">22 </div> <div style="width: 15%;">23 </div> <div style="width: 15%; border: 1px dashed black; text-align: center;">24-28 "Weitere"</div> <div style="width: 15%; text-align: center;">29 Andere</div> </div>
Abbiegeunfall	<div style="display: flex; flex-wrap: wrap; justify-content: space-between;"> <div style="width: 15%;">30 </div> <div style="width: 15%;">31 </div> <div style="width: 15%;">32 </div> <div style="width: 15%;">33 </div> <div style="width: 15%;">34 </div> <div style="width: 15%;">35 </div> <div style="width: 15%;">36 </div> <div style="width: 15%; border: 1px dashed black; text-align: center;">37-38 "Weitere"</div> <div style="width: 15%; text-align: center;">39 Andere</div> </div>
Einbiegeunfall	<div style="display: flex; flex-wrap: wrap; justify-content: space-between;"> <div style="width: 15%;">40 </div> <div style="width: 15%;">41 </div> <div style="width: 15%;">42 </div> <div style="width: 15%;">43 </div> <div style="width: 15%;">44 </div> <div style="width: 15%;">45 </div> <div style="width: 15%; border: 1px dashed black; text-align: center;">46-48 "Weitere"</div> <div style="width: 15%; text-align: center;">49 Andere</div> </div>
Überqueren	<div style="display: flex; flex-wrap: wrap; justify-content: space-between;"> <div style="width: 15%;">50 </div> <div style="width: 15%;">51 </div> <div style="width: 15%;">52 </div> <div style="width: 15%; border: 1px dashed black; text-align: center;">53-58 "Weitere"</div> <div style="width: 15%; text-align: center;">59 Andere</div> </div>
Frontalkollision	<div style="display: flex; flex-wrap: wrap; justify-content: space-between;"> <div style="width: 15%;">60 </div> <div style="width: 15%;">61 </div> <div style="width: 15%; border: 1px dashed black; text-align: center;">62-68 "Weitere"</div> <div style="width: 15%; text-align: center;">69 Andere</div> </div>
Parkierunfall	<div style="display: flex; flex-wrap: wrap; justify-content: space-between;"> <div style="width: 15%;">70 </div> <div style="width: 15%;">71 </div> <div style="width: 15%;">72 </div> <div style="width: 15%;">73 </div> <div style="width: 15%; border: 1px dashed black; text-align: center;">74-78 "Weitere"</div> <div style="width: 15%; text-align: center;">79 Andere</div> </div>
Fussgängerunfall	<div style="display: flex; flex-wrap: wrap; justify-content: space-between;"> <div style="width: 15%;">80 </div> <div style="width: 15%;">81 </div> <div style="width: 15%;">82 </div> <div style="width: 15%; text-align: center;">♿ Fussgänger = B</div> <div style="width: 15%; text-align: center;">83 </div> <div style="width: 15%;">84 </div> <div style="width: 15%;">85 </div> <div style="width: 15%;">86 </div> <div style="width: 15%;">87 </div> <div style="width: 15%; border: 1px dashed black; text-align: center;">88 "Weitere"</div> <div style="width: 15%; text-align: center;">89 Andere</div> </div>
Tierunfall	<div style="display: flex; flex-wrap: wrap; justify-content: space-between;"> <div style="width: 15%;">90 </div> <div style="width: 15%;">91 </div> <div style="width: 15%;">92 </div> <div style="width: 15%; border: 1px dashed black; text-align: center;">93-98 "Weitere"</div> <div style="width: 15%; text-align: center;"> ⚡ = Tier B = Reiter </div> <div style="width: 15%; text-align: center;"> H = Haustier W = Wild R = Reiter </div> <div style="width: 15%; text-align: center;">99 Andere</div> </div>
Andere	<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">00 ?</div> <div style="flex-grow: 1;"> Unfalltypenzuordnung: A, B, C und F = Folgeunfall X = Weitere Beteiligte Z = Unbekannt UT 09 - 99, 00 </div> </div>

Auszug Unfallursachen Kantonspolizei Zürich

A. Direkter Einfluss des Lenkers

1. Zustand des Lenkers

110	Einwirkung von Alkohol (Verdacht)
113	Momentaner Schwächezustand
119	Anderer Einflussfaktor aus medizinischer Sicht (senil, debil bei Alter >80)

3. Nichtbeachten von Zeichengebung oder Signalisation

132	Nichtbeachten eines Signals
-----	-----------------------------

7. Unaufmerksamkeit und Ablenkung

170	Momentane Unaufmerksamkeit
171	Mangelnde Vertrautheit mit Strecke (inkl. Suchen der Wegweisung)
172	Mangelnde Fahrpraxis
173	Ablenkung durch Mitfahrer
175	Ablenkung durch Bedienung von Telefon
176	Ablenkung durch Bedienung von elektronischen Geräten (Navigationssystem, Funk, Fernseher, Fax, Radio/TB/CD)

C. Mängel am Fahrzeug

2. Technische Defekte am Fahrzeug

322	Rad-, Lenkstange- oder Achsbruch (Radverlust)
-----	---

D. Verkehrsablauf / Verkehrsregeln

1. Geschwindigkeit

411	Nichtanpassen an die Strassenverhältnisse (z.B. feucht, nass, vereist, Rollsplitt, Laub)
412	Nichtanpassen an die Verkehrsverhältnisse
414	Überschreiten der gesetzlichen oder signalisierten Höchstgeschwindigkeit
419	Anderes Fehlverhalten im Zusammenhang mit der Geschwindigkeit

2. Links-/Rechtsfahren und Einspuren

421	Vorschriftswidriges Begegnen (Kreuzen in Längsrichtung) oder ungenügendes Rechtsfahren
423	Mangelnde Rücksichtnahme bei Fahrstreifenwechsel

4. Überholen (Verkehrsablauf)

442	Zu nahes Überholen
-----	--------------------

5. Vortrittsrecht: Missachten des/ (r)

460	Vortrittes bei Einfahrt Autobahn/-strasse
-----	---

6. Andere Fahrbewegungen

484	Unmotiviertes Anhalten (<i>Bremsen</i>) auf der Fahrbahn
485	Zu nahes Aufschliessen

E. Unbekannter Mangel / Einfluss

1. Unbekannter Mangel / Einfluss

609	Unbekannter Mangel / Einfluss
-----	-------------------------------