

Sicherheit an Bahnübergängen

Bericht zur Phase 2 – Massnahmenbeurteilung und Empfehlung
Schlussbericht vom 08.03.2022



Projektteam

Charles Fermaud, EBP
Helgi Hafsteinsson, EBP
Markus Deublein, BFU

EBP Schweiz AG
Mühlebachstrasse 11
8032 Zürich
Schweiz
Telefon +41 44 395 16 16
info@ebp.ch
www.ebp.ch

Druck: 8. März 2022
2022-03-08_Bericht_Phase2_V1.0.docx
Projektnummer: 220332

Vorwort

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Arbeiten zur Phase 2 des VöV Forschungsprojekts zur Sicherheit an Bahnübergängen und geht auf die Massnahmenbeurteilung und die Empfehlungen ein. Diese bauen auf den Erkenntnissen der Phase 1 auf.

Die Arbeiten der Phase 2 wurden im gleichen Rahmen wie in der Phase 1 abgewickelt (Team, Zusammenarbeit, Begleitgruppe, etc.).

Das Risikomodell für die Abschätzung der Risiken eines Bahnübergangs ist im Bericht zur Phase 1 dokumentiert. Aufgrund der Validierung in der Phase 2 wurde das Risikomodell etwas angepasst und in der Folge auch der Bericht zur Phase 1 in diesen Punkten überarbeitet (Überarbeitete Fassung vom 20.01.2022).

Zusammenfassung

Das Forschungsprojekt verfolgt einen risikobasierten Ansatz: Bahnübergänge (BUe) werden anhand ihres Unfallrisikos und weitere Massnahmen anhand ihrer Wirksamkeit und des Aufwandes analysiert und beurteilt. Neben den konkreten Analyse- und Beurteilungsergebnissen mit entsprechenden Empfehlungen werden auch Grundlagen für ortsspezifische Beurteilungen für Anwender bereitgestellt.

Das Forschungsprojekt ist in zwei Phasen gegliedert.

In der Phase 1 wird eine fundierte Situationsanalyse durchgeführt. Dabei werden Ereignisdaten (Unfälle, Ursachen, Begleitumstände) der letzten 10 Jahre eingehend analysiert. Im Rahmen einer Literaturrecherche werden die verkehrspsychologischen Aspekte des Unfallgeschehens speziell berücksichtigt und die aktuellen Erkenntnisse zum Benutzerverhalten dargestellt.

Auf der Basis dieser Erkenntnisse wird ein einfaches Instrument zur Abschätzung der Risiken eines spezifische BUe erstellt. Das Modell berücksichtigt die wesentlichen Einflussfaktoren und ergibt einen quantitativen Risikowert, der alle BUe untereinander vergleichbar macht. Damit steht eine Grundlage für eine risikobasierte Massnahmenbeurteilung zur Verfügung.

Bei der Massnahmenbeurteilung in Phase 2 geht es darum, Massnahmen bezüglich Wirksamkeit, Kosten, weiteren Vor- und Nachteilen sowie Realisierbarkeit zu analysieren. Ausgehend von einer umfassenden Auslegeordnung mit 95 Massnahmen werden 12 Massnahmen vertieft beurteilt. Es sind baulich/technische Infrastrukturmassnahmen, organisatorische Massnahmen, die primär bei den Prozessen oder bei einer systematischeren Zusammenarbeit der Stakeholder ansetzen sowie Massnahmen, um regelkonformes Verhalten durchzusetzen. Zukunftstechnologien, deren Realisierung unklar und noch in weiter Ferne liegen, werden vorerst nicht betrachtet (allenfalls in einer weiteren Phase).

Die wesentlichen Eigenheiten und Erkenntnisse zu jeder Massnahme werden in einem Factsheet festgehalten. Eine wesentliche Beurteilungsgrundlage bildet das Kosten-Wirksamkeits-Verhältnis, ausgedrückt durch das Verhältnis der Massnahmenkosten zur erwarteten Massnahmenwirksamkeit. Dieses Verhältnis kann durch konkrete lokale Gegebenheiten stark beeinflusst werden, was dazu führt, dass je nach Situation die Beurteilung unterschiedlich ausfallen kann. Entsprechende Eigenheiten sind in den Factsheets aufgeführt. Im konkreten Anwendungsfall kann zudem das Risikomodell für die Beurteilung der Verhältnismässigkeit beigezogen werden.

Die Massnahmenbeurteilung und die Interpretation der Ergebnisse münden in Empfehlungen zuhanden der Bahnunternehmen oder übergeordneten Organisationen und Behörden. Neben einer Schärfung und Bestätigung bekannter Massnahmen zeigt die Beurteilung das Potenzial und die Zweckmässigkeit einer systematischen und verstärkten Zusammenarbeit zwischen Strasse und Bahn sowie bei der Durchsetzung von Vorschriften am Bahnübergang. Soll dieses Potenzial realisiert werden, ist auf Seite Bahn – Behörden, Organisationen, Bahnunternehmen – ein hohes Engagement notwendig.

Résumé

Le projet de recherche suit une approche basée sur les risques: les passages à niveau (PN) sont analysés et évalués en fonction de leur risque d'accident et les mesures complémentaires en fonction de leur efficacité et de leur coût. Outre les résultats concrets de l'analyse et de l'évaluation avec les recommandations correspondantes, un instrument pour l'analyse locale des risques est également mis à la disposition des utilisateurs.

Le projet de recherche est divisé en deux phases.

La phase 1 consiste en une analyse approfondie de la situation. Les données relatives aux événements (accidents, causes, circonstances concomitantes) des dix dernières années sont analysées en détail. Dans le cadre d'une recherche bibliographique, les aspects psychologiques liés aux accidents sont spécialement pris en compte et les connaissances actuelles sur le comportement des usagers sont présentées.

Sur la base de ces connaissances, un instrument simple est créé pour évaluer les risques d'un PN spécifique. Le modèle tient compte des principaux facteurs d'influence et donne une valeur de risque quantitative qui permet de comparer tous les PN entre eux. Ainsi, un instrument est disponible pour une évaluation des mesures basée sur les risques.

Lors de l'évaluation des mesures en phase 2, il s'agit d'analyser l'efficacité, les coûts, les autres avantages et désavantages ainsi que la faisabilité des mesures. Sur la base d'un état des lieux comprenant 95 mesures, 12 mesures font l'objet d'une évaluation approfondie. Il s'agit de mesures de construction/d'infrastructure technique, de mesures organisationnelles ou à une collaboration plus systématique des acteurs, ainsi que de mesures visant à imposer un comportement conforme aux règles. Les technologies futures dont la réalisation n'est pas claire et encore lointaine ne sont pas prises en considération pour l'instant (éventuellement dans une phase ultérieure).

Les principales caractéristiques et conclusions de chaque mesure sont consignées dans une fiche d'information. Une base d'évaluation essentielle est le rapport coût-efficacité, exprimé par le rapport entre les coûts des mesures et l'efficacité attendue des mesures. Ce rapport peut être fortement influencé par les conditions locales concrètes, ce qui fait que l'évaluation peut être différente selon la situation. Les particularités correspondantes sont mentionnées dans les fiches d'information. Dans un cas d'application concret, le modèle de risque peut en outre être utilisé pour l'évaluation de la proportionnalité.

L'évaluation des mesures et l'interprétation des résultats débouchent sur des recommandations à l'attention des entreprises ferroviaires ou des organisations et autorités supérieures. Outre l'accentuation et la confirmation des mesures connues, l'évaluation montre le potentiel et l'opportunité d'une collaboration systématique et renforcée entre la route et le rail ainsi que pour l'application des prescriptions aux passages à niveau. Si ce potentiel doit être réalisé, un engagement important est nécessaire de la part des chemins de fer - autorités, organisations, entreprises ferroviaires.

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung	7
1.1	Ausgangslage und Zielsetzung	7
1.2	Vorgehen in der Phase 2	7
1.3	Grundlagen	8
2.	Massnahmenauswahl	8
3.	Massnahmenbeurteilung	10
3.1	Methodik	10
3.2	Résumé der Beurteilung	11
4.	Folgerungen und Empfehlungen	14
4.1	Übergeordnete Folgerungen	14
4.2	Empfehlungen zu den geprüften Massnahmen	16

Anhang

A1	Massnahmentriage
A2	Grundlagen und Vorgehen für die Massnahmenbeurteilung
A2.1	Ausgangsrisiko
A2.2	Abschätzung der Wirksamkeit einer Massnahme
A2.3	Kostenschätzungen, Klassierung der Kosten
A3	Factsheets
A3.1	M1 Farbliche Gestaltung der Strassenoberfläche
A3.2	M2 Optimieren der Schranken
A3.3	M3 Modernisierung der Signalgestaltung
A3.4	M4 Dreh- und Blitzleuchten
A3.5	M5 Lichtsignale anstelle von Blinklichtsignalen
A3.6	M6 Viertelschranken
A3.7	M7 Raumüberwachung
A3.8	M8 Getrennte Führung und Sicherung für den Langsamverkehr
A3.9	M9 Zusammenarbeit Strasse/Bahn
A3.10	M10 Fahrausbildung
A3.11	M11 Gezielte Kampagnen
A3.12	M12 Durchsetzung von Regeln / Enforcement: Einsatz von Rotlichtkameras
A4	Anwendungsbeispiel

1. Einleitung

1.1 Ausgangslage und Zielsetzung

In der Phase 1 des Projektes «Sicherheit an Bahnübergängen» wurde die Sicherheit an Bahnübergängen (BUe) eingehend untersucht und die Grundlage für die Massnahmenbeurteilung geschaffen. Dazu gehören:

- Entwicklung des Mengengerüsts in den letzten 10 Jahren
- Unfallzahlen, Ursachen und Begleitumstände
- Untersuchung zum Verhalten der Benutzer
- Risiken der verschiedenen BUe-Typen
- Entwicklung eines Modells zur Abschätzung des Risikos an konkreten BUe
- Auslegeordnung zu Massnahmen, die national und international zur Diskussion stehen.

Ausgehend von dieser Grundlage werden in der Phase 2 des Projektes Massnahmen beurteilt bezüglich Wirksamkeit, Kosten, weiteren Vor- und Nachteilen sowie Realisierbarkeit.

Ziel der Phase 2 ist eine vertiefte Beurteilung ausgewählter interessierender und erfolgversprechender Massnahmen. Daraus abgeleitet werden Empfehlungen zuhanden der Bahnunternehmen oder übergeordneten Organisationen und Behörden.

1.2 Vorgehen in der Phase 2

Die Phase 2 des Projektes knüpft nahtlos an der Phase 1 an und umfasst folgende Arbeitsschritte:

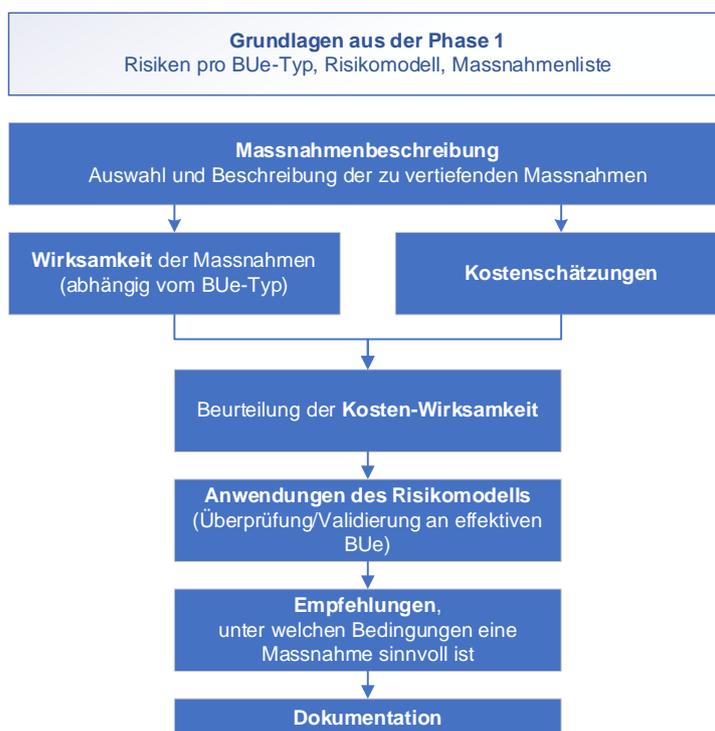


Abbildung 1: Vorgehensschritte Phase 2

Die detaillierte Beschreibung und Beurteilung der einzelnen Massnahmen findet sich in den Factsheets im Anhang A3.

Die Anwendung des Risikomodells erfolgte an 45 BUe, zu denen die Bahnen AB, BLS, RBS, SOB und SBB Daten und Grundlagen beigesteuert haben. Aufgrund der Erkenntnisse aus der Stichprobe wurde das Risikomodell angepasst und dokumentiert (Bericht zur Phase 1, überarbeitete Fassung vom 20.01.2022 [1])

Die Zusammenfassung der Ergebnisse, Folgerungen und Empfehlungen ist im vorliegenden Bericht dokumentiert.

Die Bearbeitung erfolgte im Zeitraum Mai bis Dezember 2021 und wurde durch die begleitende Kerngruppe in vier Sitzungen begleitet (Mai, Juli, September, Dezember). Darüber hinaus fanden Besprechungen mit Bahnvertretern zur Erfahrung mit einzelnen Massnahmen statt (AB, zb, asm, SBB).

1.3 Grundlagen

Der Zwischenbericht zur Phase 1 bildet die zentrale Grundlage mit einem umfangreichen Grundlagen- und Literaturverzeichnis (inklusive der gesetzlichen Grundlagen). Auf eine erneute Auflistung wird im vorliegenden Bericht verzichtet.

- [1] Verband öffentlicher Verkehr (VöV)
Sicherheit an Bahnübergängen, Bericht zur Phase 1 –Auslegeordnung und Risiken, Überarbeitete Fassung vom 20.01.2022
- [2] Daten und Informationen der beteiligten Bahnen zu den Bahnübergängen der Stichprobe
- [3] Beratungsstelle für Unfallverhütung
Geschwindigkeitskontrollen, Forschung 2.401, 2021

2. Massnahmenauswahl

In der Phase 1 des Projektes wurde eine umfassende Auslegeordnung von Massnahmen erstellt. Insgesamt sind 95 Massnahmen mit Titel aufgelistet. Sie umfassen bekannte Sanierungsmassnahmen wie auch international diskutierte Ideen und zukünftig nutzbare Technologien der Digitalisierung und Automatisierung im Strassenverkehr.

In der Phase 2 wurde anhand einer Grobbeurteilung (siehe Anhang A1) das Spektrum eingegrenzt und die in Tabelle 1 aufgeführten 12 Massnahmen für eine vertiefte Beurteilung ausgewählt. Bei 9 Massnahmen handelt es sich um baulich/technische Infrastrukturmassnahmen; 3 Massnahmen sind organisatorischer Art, die primär bei den Prozessen oder bei einer systematischeren Zusammenarbeit der Stakeholder ansetzen.

Die Massnahmen bewegen sich auf sehr unterschiedlicher Ebene und betreffen einzelne BUe (zB. «Viertelschranke anstelle von Blicklichtsignalen») ebenso wie das gesamte System aller BUe (z.B. «Ausbildung Fahrlehrer und Fahrschüler»). Aufgrund dieser Breite sind nicht alle Massnahmen gleichermaßen konkret beurteilbar. Massnahmen am einzelnen BUe lassen sich anhand von Kosten und Wirksamkeit handfest beurteilen, dagegen steht bei den übergeordnet und breit ansetzenden Massnahmen eher das Risikoreduktions-Potenzial im Vordergrund.

N°	Bezeichnung und Kurzbeschreibung
M1	<p>Farbliche Gestaltung der Strassenoberfläche vor/am BUe</p> <p>Da BUe oft in komplexen Strassensituationen integriert sind, besteht wenig Spielraum die BUe in der Annäherung über eine grössere Distanz anzukündigen und sichtbar zu machen. Die Massnahme zielt darauf ab den Bereich unmittelbar vor oder am BUe hervorzuheben (Abgrenzung des BUe zu normalen Verkehrsflächen).</p>
M2	<p>Optimieren der Schranke</p> <p>Die Ausgestaltung der Schranke beeinflusst das Erkennen des BUe, die Wahrnehmung des Zustands (offen/geschlossen) und die Entscheidung zum Befahren des BUe. Ziel ist es die Sichtbarkeit der Schranke zu verbessern und die Hemmschwelle zum Durchfahren/-gehen bei sich senkenden Schranken zu erhöhen. Damit soll insbesondere die Zahl eingeschlossener BUe-Benützer reduziert werden.</p> <p>Die Massnahme M2.1 umfasst die Optimierung des Querschnitts der Schranke und deren Markierung, eine Beschriftung gegen das Einschliessen sowie Hängegitter. Als Ergänzung wurde zudem eine verbesserte Erkennbarkeit durch Leuchten oder ein Leuchtband (M2.2) sowie eine Überwachung der intakten Schranke geprüft (M2.3).</p>
M3	<p>Modernisierung der Signalgestaltung</p> <p>Die Signale im Strassenverkehr sind in der Signalisationsverordnung festgelegt und international abgestimmt. Zahlreiche Signale sind vom Erscheinungsbild her seit vielen Jahrzehnten unverändert im Einsatz und die Piktogramme passen nicht mehr zum heutigen Verkehrssystem und Verständnis (nicht intuitiv verständlich). Gleichzeitig finden strassenseitig Bemühungen statt, bei denen mittels Ansätzen aus der Humanfaktorenforschung eine selbsterklärliche Ausgestaltung des Strassenraums angestrebt wird. Die Beurteilung der Massnahme soll das Potenzial bei der BUe-Signalisierung ausloten.</p>
M4	<p>Dreh- bzw. Blitzleuchten</p> <p>Dreh- oder Blitzleuchten werden heute gezielt eingesetzt, wenn eine vollständige herkömmliche Signalisierung mittels Blinklichtsignalen nicht umsetzbar ist (im Allgemeinen bei engen Platzverhältnissen, beispielsweise bei der Parallelführung von Schiene und Strasse).</p> <p>Die Beurteilung der Massnahme zielt auf einen breiteren Einsatz von Drehleuchten anstelle von herkömmlichen Blinklichtern. Die Hypothese ist, dass insbesondere Drehlichter besser erkennbar sind und von den Verkehrsteilnehmenden deutlicher als Hinweis auf eine Gefahr und Anweisung zum Halt verstanden werden.</p>
M5	<p>Lichtsignale anstelle Blinklichtsignal</p> <p>Die Signalisierung eines BUe soll verstärkt mittels Lichtsignalen erfolgen. Langfristiges Ziel ist es, die Vielfalt der verwendeten Signalisierungsarten zu reduzieren und zu vereinheitlichen. Damit soll die Unsicherheit bei der Interpretation der Bedeutung des Blinklichtsignals reduziert und die Regeltreue erhöht werden. Einheitliche Botschaft: «Rot heisst Halt». Die Massnahme wird bei allen BUe-Typen mit Blinklichtsignalen betrachtet.</p>
M6	<p>Viertelschranken anstelle von Blinklichtsignalen</p> <p>Wenn aufgrund der Eigenheiten des BUe Schranken erforderlich sind, aber die Platzverhältnisse nicht mit verhältnismässigem Aufwand eine Vollschranke erlauben, sind gemäss R RTE 25931 Viertelschranken realisierbar. Es ist eine einseitig des Bahnübergangs angeordnete Halbschranke, die nur eine Fahrtrichtung erfasst. Für die Gegenrichtung wird nur ein Blinklichtsignal mit Andreaskreuz aufgestellt.</p>
M7	<p>Raumüberwachung</p> <p>Die Raumüberwachung (RÜ) verhindert den Zusammenstoss eines Zuges mit einem Fahrzeug, das auf dem BUe stehen bleibt. Das Verhalten der BUe-Benützer wird nicht direkt beeinflusst.</p> <p>Die Massnahme wird bei den BUe-Typen SCHA (zwischen Schranken eingeschlossene Fahrzeuge), BSA/LSA (Fahrzeuge auf dem BUe bei erschwerter Räumung) geprüft.</p>

M8	<p>Getrennte Führung und Sicherung für den Langsamverkehr</p> <p>Langsamverkehr – insbesondere Fussgänger – soll über einen eigenen BUE geführt werden. Es bedeutet kurze logische Wege, kurze Wartezeiten, ein Layout, das bewusstes und unbewusstes Fehlverhalten möglichst unterbindet. Wo möglich erfolgt die Abtrennung physisch, allenfalls auch nur optisch.</p>
M9	<p>Systematisierte Zusammenarbeit Strasse/Bahn (Safety Audits)</p> <p>Die Massnahme skizziert Ansatzpunkte verstärkter Zusammenarbeit zwischen den beiden Verkehrsträgern. Dabei sollen etablierte und standardisierte Infrastruktur-Sicherheitsinstrumente des Strassenverkehrs-Sicherheitsmanagements unter Einbezug der Sicherheitsverantwortlichen von Bahn und Strasse vollzogen werden.</p>
M10	<p>Ausbildung Fahrlehrer und Fahrschüler</p> <p>Die Fahrausbildung stellt die primäre Stelle der Wissensvermittlung für neue Fahrzeuglenkende dar. Durch stärkere Behandlung der BUE-Thematik im Rahmen der Fahrausbildung soll korrektes Verhalten am BUE gefördert werden. Mit der Beurteilung der Massnahme soll das Potenzial einer entsprechenden Ergänzung/Anpassung der Ausbildungsinhalte ausgelotet werden.</p>
M11	<p>Gezielte Kampagnen</p> <p>Bei Kampagnen handelt es sich um Präventionsmassnahmen zur zielgerichteten Informationsverbreitung. Je nach Einsatzzweck und Ausrichtung können Kampagnen ein breites Spektrum unterschiedlicher Formen aufweisen.</p>
M12	<p>Durchsetzung von Regeln / «Enforcement»: Einsatz von Rotlichtkameras</p> <p>Rotlichtkameras dienen der Feststellung von Widerhandlungen gegen das Haltegebot vor dem BUE bei eingeschalteter Sicherung (blinkendes Lichtsignal). Die Rotlichtkamera erfasst das Fehlverhalten und hält die Regelmässigkeit bildlich fest. Das regelwidrige Verhalten wird allenfalls geahndet.</p>

Tabelle 1: Auswahl der zu vertiefenden Massnahmen

3. Massnahmenbeurteilung

3.1 Methodik

Die einzelnen Massnahmen werden einheitlich in den Factsheets beschrieben und anhand der definierten Kriterien beurteilt. Zentral sind der Aufwand für die Realisierung der Massnahme und die erwartete Wirksamkeit. Diese beiden Elemente werden zahlenmässig abgeschätzt und definieren die Verhältnismässigkeit. Darüber hinaus können weitere Vor- und Nachteile oder Aspekte der Umsetzung eine Rolle spielen.

Die Beurteilung der Verhältnismässigkeit basiert auf dem Kosten-Wirksamkeits-Verhältnis (KWV), das wie folgt definiert ist:

$$KWV = \frac{\text{Massnahmenkosten (CHF/Jahr)}}{\text{Wirksamkeit (CHF/Jahr)}}$$

Die Massnahmenkosten enthalten alle Aufwendungen, also Investitionskosten, Unterhaltskosten oder betriebliche Folgekosten wie beispielsweise Personalaufwand. Die einmaligen Investitionskosten werden anhand einer Nutzungsdauer und einer zugrunde gelegten Diskontrate in Jahreskosten umgerechnet.

Die Kosten für Massnahmen können in starkem Masse von den lokalen Gegebenheiten abhängen. Ebenso ist es relevant, ob eine Massnahme im Rahmen einer Erneuerung oder umfassenden Sanierung realisiert werden kann oder explizit als zusätzliche Sicherheitsmassnahme eingeführt wird. Um diese Bandbreite etwas einzufangen und keine übertriebene Genauigkeit

vorzutäuschen, wird eine einfache Klassierung der Kosten zugrunde gelegt. Das Vorgehen für die Ermittlung der Jahreskosten und die Bildung der Kostenklassen sind im Anhang A3 im Detail beschrieben.

Die Wirksamkeit einer Massnahme entspricht der erwarteten Risikoreduktion pro Jahr. Die Abschätzung geht vom heutigen Zustand ohne Massnahmen aus. Die Abschätzung für jede einzelne Massnahme findet sich im Anhang A3 in den Factsheets.

Da sowohl die Massnahmenkosten als auch die Risikoreduktion in CHF pro Jahr ausgedrückt werden, ist das KVV eine dimensionslose Grösse.

Die formulierten Empfehlungen bei BUe-spezifischen Massnahmen beziehen sich auf durchschnittliche Kosten und Risiken der BUe. Daraus lassen sich generelle Empfehlungen ableiten, die im Einzelfall abweichen können, wenn die Kosten oder die Risiken stark vom durchschnittlichen Wert abweichen. Hier kann das Risikomodell beigezogen werden, mit dem bei Bedarf die spezifischen Risiken eines BUe abgeschätzt werden können (siehe Beispiel im Anhang A4).

Für die Beurteilung der Verhältnismässigkeit werden drei Klassen für das KVV gebildet:

Beurteilungskategorien	Verständnis
■ ausgewogen/günstig	Das KVV ist kleiner als 2 Massnahmen werden zur Realisierung empfohlen Streng rechnerisch liegt die Grenze bei 1.0. Da jedoch in der Einschätzung erhebliche Unschärfen vorhanden sind, wird eine etwas grössere Bandbreite noch als günstig definiert.
■ ungünstig	Das KVV liegt zwischen 2 und 5 Das KVV ist ungünstig, aber lokale Eigenheiten können durchaus die Risiken oder Kosten derart beeinflussen, dass ein ausgewogenes KVV erreichbar ist. Bei entsprechend beurteilten Massnahmen ist es wichtig, die lokalen Eigenheiten genauer zu betrachten.
■ unverhältnismässig	Das KVV ist über 5 und die Massnahme somit im Allgemeinen unverhältnismässig. Massnahmen können allenfalls bei überdurchschnittlich hohen Risiken verhältnismässig sein. Es ist auch möglich, dass die Sicherheit am BUe nur einen Nebennutzen darstellt und die betrachtete Massnahme in einer Gesamtbeurteilung verhältnismässig ist. Solche Zusatznutzen können sein: Verkehrssicherheit auf der Strasse, betriebliche Vorteile bei der Bahn, Vorteile für den Strassenverkehr.

Tabelle 2: Klassierung der Verhältnismässigkeit

Bei allen Ergebnissen sind die zugrunde gelegten Annahmen und Bedingungen zu beachten.

3.2 Résumé der Beurteilung

Für die Beurteilung werden zwei Kennzahlen dargestellt:

- Wirksamkeit der Massnahme: Risikoreduktion in % gegenüber dem Ausgangsrisiko ohne Massnahme. Die Wirksamkeit bezieht sich auf einen einzelnen BUe oder die Gesamtheit der BUe.
- Kosten-Wirksamkeits-Verhältnis als Mass für die Verhältnismässigkeit. Es bildet ein wesentliches Ergebnis der Beurteilung und den Ausgangspunkt für Empfehlungen.

Wirksamkeiten

Die Risikoreduktion wird im Allgemeinen erreicht durch eine Reduktion der erwarteten Unfallhäufigkeit. Blaue Säulen beziehen sich auf Massnahmen, die primär an einzelnen BUe ansetzen. Die orangen Massnahmen setzen am Gesamtnetz an.

Diese Unterscheidung ist wichtig und soll am folgenden Beispiel dargestellt werden:

- Betrachtet man konkret einen einzelnen BUe, so ergibt eine Aufhebung eine Wirkung bzw. Risikoreduktion von 100%.
- Eine Risikoreduktion von 1% am Gesamtnetz erscheint sehr bescheiden, entspricht aber einer Aufhebung von 40 bis 50 durchschnittlichen BUe!

Sofern Massnahmen netzweit wirken, sind auch vermeintlich kleine Risikoreduktionen relevant.

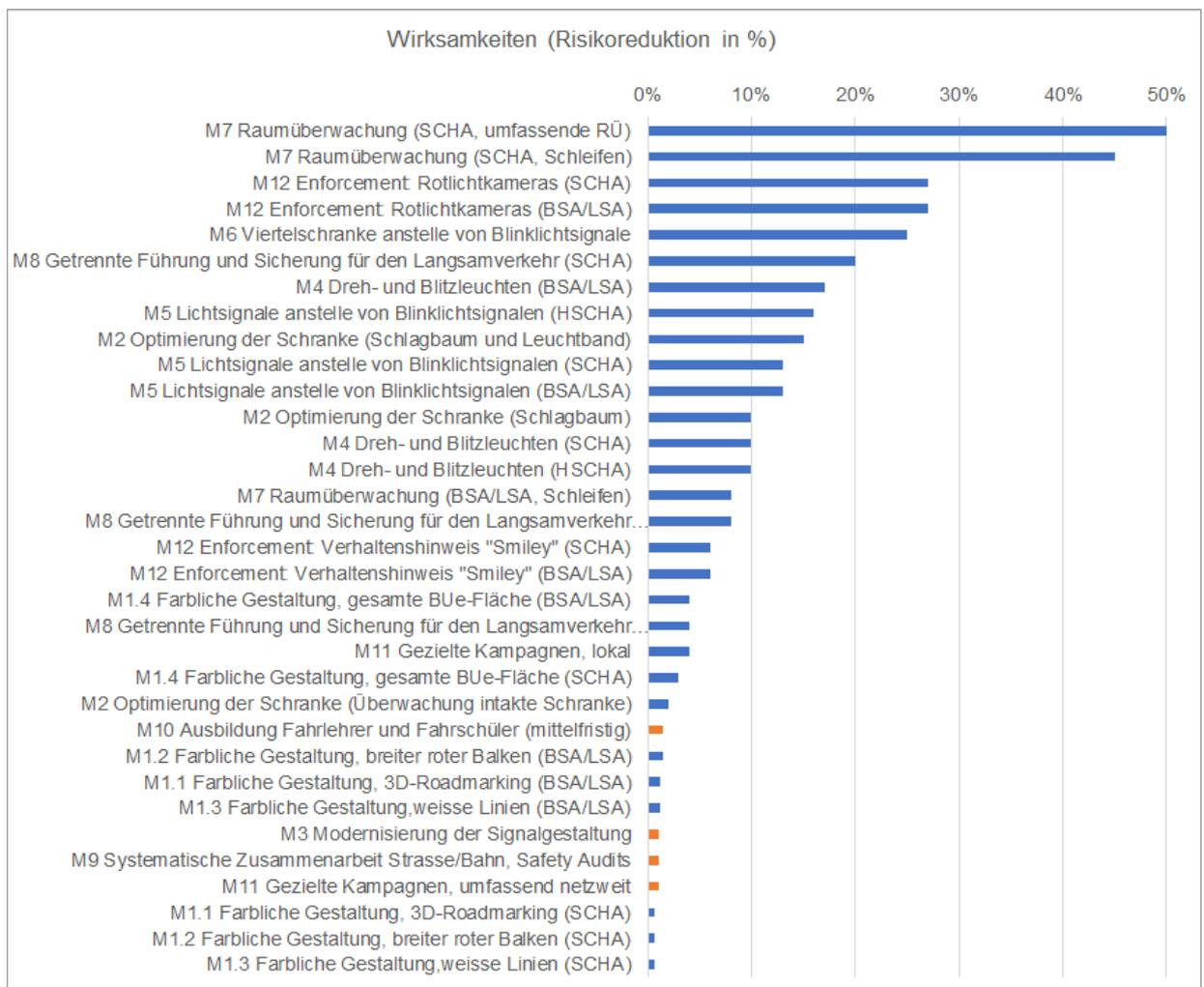


Abbildung 2: Einschätzung der Wirksamkeit der Massnahmen

Verschiedene Massnahmen, die zunächst überwiegend an einzelnen BUe ansetzen, entwickeln über die Zeit eine zusätzliche netzweite Wirkung. Diese ist in den blauen Säulen nicht abgebildet. Solche Massnahmen sind beispielsweise:

- M9 Zusammenarbeit Strasse/Bahn
- M11 Gezielte Kampagnen (wiederkehrende neue Kampagnen)
- M12 Durchsetzung von Regeln / Enforcement (generelle Verhaltensänderung nicht nur bei den überwachten BUe)

Kosten-Wirksamkeits-Verhältnis

Die Klassierungssystematik ist im Kapitel 3.1 erläutert.

Massnahme	KWV
M7 Raumüberwachung (BSA/LSA, Schleifen)	0.2
M12.1 Durchsetzen von Regeln / Enforcement: Rotlichtkamas (BSA/LSA)	0.2
M12.1 Durchsetzen von Regeln / Enforcement: Rotlichtkamas (SCHA)	0.6
M10 Ausbildung Fahrlehrer und Fahrschüler (mittelfristig)	0.8
M9 Systematische Zusammenarbeit Strasse/Bahn, Safety Audits	0.9
M12.2 Durchsetzen von Regeln / Enforcement: Verhaltenshinweis "Smiley" (BSA/LSA)	0.9
M1.2 Farbliche Gestaltung, breiter roter Balken (BSA/LSA)	1.0
M5 Lichtsignale anstelle von Blinklichtsignalen (BSA/LSA)	1.0
M11.2 Gezielte Kampagnen, umfassend netzweit	1.0
M4 Dreh- und Blitzleuchten (BSA/LSA)	1.2
M1.4 Farbliche Gestaltung, gesamte BUe-Fläche (BSA/LSA)	1.3
M5 Lichtsignale anstelle von Blinklichtsignalen (HSCHA)	1.5
M2.1 Optimierung der Schranke (Schlagbaum)	1.6
M6 Viertelschranke anstelle von Blinklichtsignalen	2.0
M4 Dreh- und Blitzleuchten (HSCHA)	2.5
M12.2 Durchsetzen von Regeln / Enforcement: Verhaltenshinweis "Smiley" (SCHA)	2.9
M2.2 Optimierung der Schranke (Schlagbaum und Leuchtband)	3.3
M7 Raumüberwachung (SCHA, umfassende RÜ)	3.3
M11.1 Gezielte Kampagnen, lokal	3.3
M7 Raumüberwachung (SCHA, Schleifen)	3.6
M5 Lichtsignale anstelle von Blinklichtsignalen (SCHA)	3.8
M1.1 Farbliche Gestaltung, 3D-Roadmarking (BSA/LSA)	4.0
M1.3 Farbliche Gestaltung, weisse Linien (BSA/LSA)	4.0
M4 Dreh- und Blitzleuchten (SCHA)	4.9
M1.4 Farbliche Gestaltung, gesamte BUe-Fläche (SCHA)	6.0
M1.2 Farbliche Gestaltung, breiter roter Balken (SCHA)	7.2
M3 Modernisierung der Signalgestaltung	9.0
M2.3 Optimierung der Schranke (Überwachung intakte Schranke)	11
M8 Getrennte Führung und Sicherung für den Langsamverkehr (SCHA)	17
M8 Getrennte Führung und Sicherung für den Langsamverkehr (HSCHA)	20
M1.1 Farbliche Gestaltung, 3D-Roadmarking (SCHA)	25
M1.3 Farbliche Gestaltung, weisse Linien (SCHA)	25
M8 Getrennte Führung und Sicherung für den Langsamverkehr (BSA/LSA)	25

Tabelle 3: Kosten-Wirksamkeits-Verhältnisse

Anmerkungen

- Es ist zu beachten, dass das KWV einzig die Effizienz einer Massnahme betrachtet. Konkret – ein KWV von «bringt wenig/kostet wenig» kann identisch sein mit «bringt viel/kostet viel». Deshalb ist die Wirksamkeit einer Massnahmen gemäss Abbildung 2 bei der Diskussion mit im Auge zu behalten.
- Die Kosten netzweit wirkender Massnahmen wie Kampagnen erscheinen vergleichsweise hoch und die Wirksamkeit in % gering. Mit Investitionskosten von beispielsweise CHF 1 Mio.

lässt sich kein relevanter BUE baulich aufheben, aber eine breite Kampagne lancieren. Die Effizienz dieser «Giesskannenwirkung» kann hoch sein, auch wenn an einzelnen BUE betrachtet der Effekt gering erscheint.

- Bei den BUE-spezifischen Massnahmen hängen die absolute Wirksamkeit und die Kosten in starkem Masse von den lokalen Gegebenheiten ab. Sie beeinflussen die Verhältnismässigkeit relevant. Überall dort, wo Massnahmen gezielt realisiert werden können, beispielsweise eine Raumüberwachung, können daher risikobasierte Kriterien angesetzt und eine Massnahme gezielt bei erhöhtem Risiko vorgesehen werden.

4. Folgerungen und Empfehlungen

4.1 Übergeordnete Folgerungen

Sicherheitsniveau und Risikoreduktionspotenzial

- Die Zahl der Unfälle an BUE hat in den letzten 10 Jahren in der Summe und bei allen BUE-Typen abgenommen. Dies gilt trotz teilweise deutlicher Zunahme des Mengengerüsts bei einzelnen BUE-Typen und der Verkehrsmenge auf Strasse und Schiene. Bezogen auf die Unfallzahl pro BUE ist der Rückgang noch deutlicher. Die Entwicklung ist letztlich Ausdruck der unternommenen Sanierungsanstrengungen.
- Die erfreuliche Entwicklung führt dazu, dass das Risiko pro BUE auf einem Niveau liegt, das unter Berücksichtigung der Verhältnismässigkeit von Massnahmen im Allgemeinen wenig Spielraum für aufwändige Massnahmen enthält.
- Die Unterschiede zwischen den BUE-Typen und innerhalb der BUE-Typen sind je nach lokaler Situation allerdings erheblich, sodass bei risikoreichen Situationen auch aufwändigere Sanierungsmassnahmen vertretbar sind.
- Bei der Beurteilung von Massnahmen sind daher nicht nur pauschale Aussagen möglich, sondern es braucht meist eine differenzierte Beurteilung anhand der lokalen Eigenheiten.

Lokale Eigenheiten

- Ein wesentlicher Teil der heutigen BUE mit einem relevanten Risiko liegt in Siedlungsgebieten und die lokale Situation ist komplex.
- Die für die Anwendung des Risikomodells betrachtete Stichprobe zeigt, dass es in diesen komplexen Situationen die einfachen Lösungen, die zu einer substanziellen Verbesserung der Sicherheit führen, meist nicht mehr gibt. Was nach aktuellen Regeln machbar ist, ist umgesetzt.
- Trotzdem ist Optimierungspotenzial vorhanden, aber es werden kaum mehr die grossen Sprünge erreichbar sein, sondern kleine Schritte der Verbesserung, die erst mit der Zeit sich offenbaren (siehe Wirksamkeiten der Massnahmen).

Wirksamkeit der Massnahmen

- Zahlreiche der geprüften Massnahmen weisen Wirksamkeiten im Bereich bis 20% auf. Bezogen auf das gesamte System aller BUE ist dies eine gute Wirksamkeit, die sich auch in der Unfallstatistik niederschlagen dürfte.

- An einzelnen BUe sind solche Wirksamkeiten statistisch im Allgemeinen nicht nachweisbar. Grosse lokale Probleme lassen sich mit einer Risikoreduktion von 20% nicht beseitigen. Es bedeutet trotzdem nicht, dass die Massnahmen nicht wirken. Eine sichtbare Wirksamkeit stellt sich erst über eine längere Zeit an einer grösseren Zahl an BUe ein. Bei entsprechenden Massnahmen sollte daher nicht zu rasch auf «nicht wirksam» plädiert werden.

Verwenden des Risikomodells

- Das Risikomodell ermöglicht über alle Bahnen und auftretende Gegebenheiten hinweg eine einheitliche Einschätzung der Risiken eines BUe. Das Modell berücksichtigt wesentliche Einflussfaktoren, ohne dass natürlich alle Eigenheiten vollständig abbildbar sind. Trotzdem kann es eine Entscheidungsgrundlage bilden, sodass neben der lokalen Erfahrung auch systematische Einflussfaktoren einfließen.
- Es ist sinnvoll, das Risikomodell bei anstehenden Entscheidungen anzuwenden und die Ergebnisse insbesondere mit dem Mittelwert des entsprechenden BUe-Typs zu vergleichen. Mit den geschätzten Massnahmenwirksamkeiten können situationsspezifische Aussagen zur Verhältnismässigkeit von potenziellen Massnahmen getroffen und bei der Entscheidungsfindung berücksichtigt werden.
- Eine entsprechende Überprüfung eines BUe kann auch sinnvoll sein, wenn wiederholt Gefährdungen oder sogar Unfälle beobachtet werden. Zeigt das Risikomodell überdurchschnittliche Risiken an, so werden die Beobachtungen erhärtet (keine zufälligen Ereignisse).

Durchsetzung von Regeln / Enforcement

- Untersuchungen im Ausland zeigen, dass grössere Wissenslücken zur Bedeutung der Signalisierung und zum Verhalten am BUe vorhanden sind. Untersuchungen zeigen ebenso, dass ein relevanter Anteil der Fehlhandlungen bewusst erfolgt. Dies betrifft speziell auch Benutzer mit Ortskenntnis (Locals), die häufiger Regelverletzung in Kauf nehmen.
- Die Ahndung eines Fehlverhaltens an BUe erfolgt seltener als bei einem Lichtsignal im Strassenverkehr (keine «Rotlichtkameras»). Dieser Umstand, bzw. die persönliche Erfahrung des Benutzers, dass er nie für ein Fehlverhalten am BUe belangt wurde, senkt die Hemmschwelle für Fehlverhalten (kein Nachteil zu erwarten).
- Eine aktuelle Forschungsarbeit der BFU zu Geschwindigkeitskontrollen [3] liefert verschiedene Erklärungen und Ansatzpunkte, die übertragbar auf die Situation an BUe sind. Insbesondere wird festgehalten: «Ein Ziel der polizeilichen Kontrolltätigkeit sollte daher sein, allen Fahrzeuglenkenden das Gefühl zu vermitteln, jederzeit und überall kontrolliert werden zu können». Genau dieser Punkt trifft bei BUe nicht zu.
- Um Kontrollen wirksamer durchzuführen, sollten auch die Bedingungen hierzu verbessert werden. Dies betrifft beispielsweise Lichtsignale anstelle von Blinklichtern. Da die Lichtsignale – auch bei nur zwei Kammern – eine klare Grenze zwischen Gelbphase und Rot aufweisen, ist eine Regelverletzung sowohl für den BUe-Benutzer als auch für den Kontrollierenden eindeutig ersichtlich und nachweisbar.

Anpassen von Regelungen

- Nur wenige der geprüften Massnahmen können ohne Anpassung von Regelungen umgesetzt werden. Betrifft es Kriterien und Anwendungsbedingungen, die ausschliesslich in der R RTE 25931 enthalten sind, so ist der Weg überschaubar. Betrifft es gesetzliche Grundlagen, insbesondere im Bereich des Strassenverkehrs, so ist der Weg steinig und lang.

Entsprechende Anstrengungen benötigen ein starkes Commitment auf nationaler Ebene (Organisation und Gremium).

Systematische Zusammenarbeit

- Die durchgeführte Arbeit zeigt, dass Verbesserungen an BUe eine verstärkte Zusammenarbeit Strasse – Bahn erfordern: es betrifft abgestimmte Lösungen am konkreten BUe ebenso wie das Durchsetzen der Regeln, das die Bahn nicht selbst umsetzen kann. Auch für Anpassungen von gesetzlichen Grundlagen muss die Strassenseite gewonnen werden (Lobbyarbeit).
- Eine entsprechende Zusammenarbeit betrifft unterschiedliche Ebenen: lokal für gemeinsame Audits und konkrete Lösungen, national für das Commitment der Zusammenarbeit und Anpassung von Regelungen.

Zukünftige Entwicklung

- Die Massnahmenbeurteilung nimmt eine ausgeprägte verkehrspsychologische Sichtweise ein und stellt das Verhalten der Verkehrsteilnehmer in den Mittelpunkt. Entsprechend setzen beurteilte Massnahmen direkt beim Verhalten des Verkehrsteilnehmers an oder es sind Massnahmen, mit denen das Verhalten indirekt über die Gestaltung der Infrastruktur beeinflusst wird. Es handelt sich dabei durchwegs um bekannte Massnahmen. Neue Technologien – insbesondere fahrzeugeitige – wurden im Auftrag ausgeklammert.
- Fahrzeugseitige technologische Entwicklungen führen dazu, dass die Verkehrsteilnehmer in ihrer Entscheidungsfindung zunehmend durch digitale Hilfsmittel unterstützt werden (--> Fahrerassistenzsysteme) bzw. dass ihnen in Zukunft die Fahraufgabe abgenommen wird (--> autonomes Fahren). Es ist anzunehmen, dass diese Entwicklungen im Hinblick auf die BUe Sicherheit sowohl zu neuartigen Massnahmen als auch zu neuen Gefährdungen führen werden.
- Tiefgreifende Infrastrukturmassnahmen werden oft über einen langen Zeitraum geplant und sind anschliessend lange in Betrieb, Es stellt sich die Frage, ob solche Massnahmen in absehbarer Zeit durch neue Technologien «überholt» werden, und dies bei der Massnahmenentscheidung berücksichtigt werden sollte.
- Im Hinblick auf die zu erwartenden Entwicklungen empfiehlt es sich daher, das Potenzial neuer Technologien für die BUe-Thematik frühzeitig zu identifizieren und zu beurteilen, inwiefern und allenfalls in welchem Zeitpunkt sie für die Sicherheit an BUe genutzt werden können (realistische Einschätzung, wann eine substantielle Wirkung zu erwarten ist).
- Des Weiteren bietet die systematische Auseinandersetzung mit den technologischen Weiterentwicklungen – insbesondere hinsichtlich Nutzen und Realisierbarkeit – den Bahnen die Möglichkeit, ihre Anliegen einzubringen (z.B. Inputs zu Anforderungen) und eine einheitliche Linie zu fahren (--> Standards festlegen).

4.2 Empfehlungen zu den geprüften Massnahmen

Die vollständigen Folgerungen und Empfehlungen pro Massnahme finden sich in den Factsheets (siehe Anhang A3).

Empfehlungen im Überblick

Die Empfehlungen sind nachfolgend in Kurzfassung mit einer einfachen Priorisierung aufgeführt;

- I Hohe Priorität: mit Nachdruck angehen
- II Mittlere Priorität: Vorgehen wie bisher, Abklärungen durchführen (z.B. bei der Prüfung des RTE Regelwerks)
- III Keine Priorität: abwarten, im Einzelfall oder nicht weiter verfolgen

Massnahme	Empfehlung	Prio
M1 Farbliche Gestaltung der Strassenoberfläche	Keine allgemeine Stossrichtung, im Einzelfall bei Cluster von ähnlichen BUE.	III
M2 Optimieren der Schranken	Machbarkeit der Optimierung im Detail klären und umsetzen, wenn die Machbarkeit wie postuliert möglich ist.	II
M3 Modernisierung der Signalgestaltung	Zuwarten und im Fall von strassenseitigen Aktivitäten die Bedürfnisse der Bahn einbringen.	III
M4 Dreh- und Blitzleuchten	Der Einsatz ist in den definierten Fällen wie bisher sinnvoll. Eine Ausweitung drängt sich nicht auf.	II
M5 LSA anstelle von BSA	Anpassungsprozess für BSA klären (Ressourcen, Zeit, Involvierte, etc.) und auf dieser Basis entscheiden, ob die Anpassung von gesetzlichen Normen und Regelwerken in Angriff genommen werden soll.	II
M6 Viertelschranken	Die aktuelle Praxis ist sinnvoll und weiterzuführen, wobei einige zusätzliche Bedingungen zu beachten sind.	II
M7 Raumüberwachung	Verstärkter Einsatz der RÜ unter klaren Bedingungen.	I
M8 Getrennte Führung und Sicherung für den Langsamverkehr	Die Massnahme ist aufgrund der hohen Kosten durchwegs unverhältnismässig und aus Sicherheitsüberlegungen alleine nicht begründbar. Im Rahmen einer umfassenden Sanierung von Verkehrswegen oder bei der Installation spezifischer Velowege, etc. prüfen.	III
M9 Zusammenarbeit Strasse/Bahn	Systematischen strukturierten Rahmen für die Zusammenarbeit analog der Organisation der Sicherheitsbeauftragten beim ASTRA mit Vertretern beider Verkehrsträger schaffen.	I
M10 Fahrausbildung	Den involvierten Organisationen das Potenzial aufzeigen und die Möglichkeiten abklären, ohne dabei zu viel Ressourcen einzusetzen.	II
M11 Gezielte Kampagnen	Testläufe auf regionaler Ebene lancieren, Erfahrung sammeln	II
M12 Durchsetzung von Regeln / Enforcement	Regulatorische Voraussetzungen schaffen und technische Lösungen ausarbeiten. Ressourcen investieren.	I

Tabelle 4: Zusammenfassung der Empfehlungen mit Klassierung der Priorität I bis III

Die Empfehlungen für lokale Massnahmen beziehen sich verschiedentlich auf die Höhe des Risikos am konkreten BUE. Dieses lässt sich mit Hilfe des Risikomodells abschätzen. Ein durchschnittliches Risiko eines BUE entspricht dabei dem statistisch ermittelten Basisrisiko (siehe [1]).

M1 Farbliche Gestaltung der Strassenoberfläche

Die Prüfung umfasst verschiedene Varianten: 3D-Roadmarkings, breite rote Balken vor dem BUE, mehrere weisse Linien vor dem BUE (grösserer Abstand) sowie eine rote flächige Einfärbung des ganzen BUE. Die Wirkung wird generell als gering eingeschätzt. Es sind keine alleinigen Lösungen bei risikoreichen BUE. Eine Wirkung an einzelnen BUE wird statistisch kaum nachweisbar sein.

Die Massnahme wird nicht als generelle Stossrichtung empfohlen. Im Einzelfall, wenn mehrere BUE im Sinne eines Clusters zusammen ausgerüstet werden, ist die Massnahme prüfenswert (einheitliches Bild über mehrere BUE von ähnlicher Charakteristik)

M2 Optimieren der Schranken

Kostenwirksam ist einzig eine Optimierung (Querschnitt/Fläche, Farbgebung, Beschriftung, Hängegitter) im Rahmen der ordentlichen Erneuerung. Der Spielraum für eine Optimierung ist jedoch klein, da antriebsseitig keine Anpassungen vorgenommen werden sollen. Trotzdem wird eine spürbare Wirkung erwartet.

Ein zusätzliches Anbringen von Leuchten und die Überwachung der Intaktheit der Schranken sind nicht verhältnismässig.

Empfohlen wird, die Machbarkeit der Optimierung im Detail zu klären und die Massnahme umsetzen, wenn die Massnahme wie postuliert umsetzbar ist.

M3 Modernisierung der Signalgestaltung

Die Massnahme betrifft die Signaletik, Grösse, Farbe und lokale Platzierung. Die Wirksamkeit wird als klein eingestuft. Die heutigen Signale sind etabliert, auch wenn die Bilder veraltet und allenfalls sogar missverständlich sind. Die erforderlichen Anpassungen auf Gesetzesebene dürften beschwerlich sein. Ähnliche strassenseitig initiierte Vorhaben sind bisher gescheitert.

Im Einzelfall besteht die Möglichkeit, vorhandene grössere Signalformate zu wählen, um die Erkennbarkeit zu erhöhen (keine generelle Stossrichtung). Darüber hinaus ist es nicht sinnvoll, Ressourcen der Bahn für entsprechende Anpassungen einzusetzen. Fazit: Zuwarten und im Fall von strassenseitigen Aktivitäten die Bedürfnisse der Bahn einbringen.

M4 Dreh- und Blitzleuchten

Die Vorteile des Dreh- und Blitzlicht liegen in der Dynamik und Helligkeit des Lichts, das auch aus spitzem Winkel bis leicht seitlich des Signals wahrgenommen werden kann. Drehlicht wird zudem im Allgemeinen mit einer Gefahr assoziiert. Bei geradem Blick auf das Signal wird die Sichtbarkeit jedoch nicht besser beurteilt als bei einem herkömmlichen Blinklicht mit LED-Leuchtmittel.

Zur Einschätzung der Wirkung bestehen kontroverse Meinungen. Die Verhältnismässigkeit wird zudem durch die Unterhaltskosten ungünstig beeinflusst (mechanische Teile bei Drehlichtern). Nachteilig sind Lichtemissionen in bewohnten Gebieten.

Die Massnahme ist im Allgemeinen beim BUe-Typ BSA kostenwirksam. Der Einsatz ist in den definierten Fällen wie bisher sinnvoll. Eine Ausweitung drängt sich nicht auf.

M5 Lichtsignale anstelle von Blinklichtsignalen

Der Einsatz von Lichtsignalen ist beschränkt auf BUe mit Schranken (SCHA), bei Integration eines BUe in die Lichtsignale eines anliegenden Knotens und beim Strassenbahnbetrieb.

Die Wirksamkeit wird beim BUe-Typ BSA am höchsten eingeschätzt, weil dort regelkonformes Verhalten bzw. Beachten des Signals zentral ist. Für eine entsprechende Anwendung sind Anpassungen an den gesetzlichen und normativen Grundlagen erforderlich. Dies wird als aufwändig und langwierig beurteilt.

Bei Vollschranken ist die Massnahme im Allgemeinen nicht verhältnismässig. Ausnahmen können Situationen mit erhöhter Staugefahr bilden sowie BUe, an denen häufig risikoreiches Verhalten der Locals beobachtet wird (Befahren bei sich senkender Barriere).

Da das wesentliche Potenzial in einem Bereich liegt, der heute nicht zugelassen ist, empfiehlt es sich den gesamten Anpassungsprozess zu klären (Ressourcen, Zeit, Involvierte, etc.) und auf dieser Basis zu entscheiden, ob die Anpassung in Angriff genommen werden soll.

M6 Viertelschranken

Typische Anwendungen betreffen die kritische Situation der Parallelführung von Strasse und Schiene, bei der gegenüber einer Blinklichtsignalanlage eine spürbare Risikoreduktion zu erwarten ist, da zumindest eine Fahrtrichtung eine höherwertige Sicherung aufweist. Die aktuelle Praxis ist sinnvoll und weiterzuführen, wobei einige zusätzliche Bedingungen zu beachten sind (siehe auch Anhang A3).

- Die Risiken eines Bahnübergangs des Typs BSA sollten mindestens ein durchschnittliches Niveau erreichen (Prüfung anhand des Risikomodells)
- Anpassungen an der Strasseninfrastruktur sollten nicht erforderlich sein. Entsprechende Anpassungen sind rasch derart aufwändig, dass die Viertelschranke unverhältnismässig ist.
- Wenn auf der Strasse durch Halten/Warten vor dem Queren des BUe Unfallrisiken entstehen, ist eine Gesamtbeurteilung zusammen mit der Strasse notwendig. In diesem Zusammenhang ist die längere Sperrzeit insbesondere auch für Fussgänger zu berücksichtigen.

M7 Raumüberwachung

Bei Schrankenanlagen ergibt eine RÜ eine hohe Risikoreduktion von rund 50%. Bei Blinklichtsignalanlagen – in der charakteristischen Situation der Parallelführung von Strasse und Schiene – ist die Wirkung geringer, aber weiterhin relevant. Ein verstärkter Einsatz der RÜ ist unter folgenden Bedingungen zu empfehlen:

- Schrankenanlagen, bei denen bereits ein leicht überdurchschnittliches Risiko vorliegt, das insbesondere auf Stausituationen oder hohe Geschwindigkeit der Züge zurückzuführen ist (Prüfung anhand des Risikomodells). Für die Beurteilung der Verhältnismässigkeit ist es wenig relevant, ob ein System 90% oder 99% der gefährdeten Objekte erfasst; wesentlicher ist, dass sie kostengünstig realisierbar ist (kein kostentreibender Perfektionismus).
- Bei Blinklichtsignalanlagen ist die RÜ bereits bei vergleichsweise tiefen Risiken kostenwirksam. Typischerweise betrifft es Einmündung in eine übergeordnete Strasse, die parallel zum Gleis verläuft («Fahrzeug will einmünden und steht auf dem Gleis»). Bedingung ist, dass die Lösung einfach und kostengünstig realisierbar ist (Schleife).

- Eine RÜ kann bei hoher Zugdichte und hohem Verkehrsaufkommen auf der Strasse und häufigem Stau negative Auswirkungen auf die Fahrplanstabilität haben. Allerdings ist zu bedenken, dass gerade an diesen Stellen erhöhte Risiken zu erwarten sind. Es kann daher sinnvoll sein, die Situation mit alternativen Massnahmen in den Griff zu bekommen (beispielsweise M5 in Kombination mit M12).

M8 Getrennte Führung und Sicherung für den Langsamverkehr

Die Massnahme ist aufgrund der hohen Kosten durchwegs unverhältnismässig und aus Sicherheitsüberlegungen alleine nicht begründbar. Im Rahmen einer umfassenden Sanierung des Verkehrsweges über einen BUE ist die Massnahme bei folgenden Merkmalen prüfenswert:

- Grosse Ströme beim Langsamverkehr und ein Zielpunkt in unmittelbarer Nähe (bzw. in Projekten, die insbesondere auf die Förderung des Langsamverkehrs abzielen)
- Spezielle sensitive Benutzergruppen (Kinder, Jugendliche)
- Risiken auf angrenzender Strasse wegen einer ungeeigneten Fussgängerführung

Darüber hinaus kann eine eigenständige Sicherung bei separaten Velowegen erforderlich sein (Anwendung der üblichen Kriterien für die Bahnübergangssicherung).

M9 Zusammenarbeit Strasse/Bahn

Weitere Verbesserungen greifen zunehmend über den BUE hinaus in den Strassenraum und erfordern eine stärker organisierte Zusammenarbeit der beiden Verkehrsträger. Es handelt sich um ein langfristiges Potenzial, ohne dass kurzfristig eine spektakuläre Wirkung sichtbar wäre. Die Wirkung nimmt bei kontinuierlicher Anwendung über die Jahre zu.

- Die Empfehlung lautet, einen systematischen strukturierten Rahmen für die Zusammenarbeit analog der Organisation der Sicherheitsbeauftragten beim ASTRA oder des seitens BAV geforderten Sicherheitsmanagementsystems (SMS) mit Vertretern beider Verkehrsträger zu schaffen. Dieser Rahmen soll alle Ebenen – netzweit bis lokal sowie unterschiedliche Konkretisierungsgrade (übergeordnete Abstimmung bis gemeinsame Erarbeitung und Anwendung von Grundlagen (z.B. Checklisten für Audits)) – umfassen.
- Zentral für den Erfolg ist das Commitment der Bahn; der Anstoss und Wille zur Umsetzung muss von dieser Seite her kommen.

M10 Fahrausbildung

Es ist eine netzweit wirksame Massnahme, die an einer Schwachstelle ansetzt. Die Wirkung ist jedoch gering (stark eingegrenzte Zielgruppe), ist aber trotzdem bedeutsam als Basis für weitere Massnahmen wie Kampagnen und das Durchsetzen der Regeln. Auch wäre der Aufwand vergleichsweise gering.

Die Umsetzung ist herausfordernd: Die Massnahme steht in Konkurrenz mit andern Themen der Fahrausbildung und strassenseitig besteht kaum ein Interesse (Bahnübergänge bilden keinen Risikoschwerpunkt).

Vor diesem Hintergrund ist es sinnvoll, die Möglichkeiten mit den involvierten Organisationen zu diskutieren und insbesondere die Optionen, die diese zur Schliessung vorhandener Wissenslücken beitragen können, zu thematisieren, aber nicht darauf zu beharren, wenn Widerstände zu gross sind. Dann ist es zweckmässiger die personellen Ressourcen bei erfolgversprechenderen Massnahmen einzusetzen.

M11 Gezielte Kampagnen

Ähnlich wie die Fahrausbildung können Kampagnen gezielt an Schwachstellen ansetzen (Wissen über das korrekte Verhalten und die Konsequenzen).

Lokale Kampagnen müssen zielgerichtet und mit wenig Aufwand verbunden sein. Erfordern sie umfangreiche Vorbereitung und Aufwand in der Organisation, beziehen sich aber nur auf wenige BUe, sind unverhältnismässig.

Umfassende netzweite Kampagnen, die erhebliche Kosten bewirken, können bereits bei geringen prozentualen Verbesserungen verhältnismässig sein. Eine Wirkung ist bekanntermassen schwer kausal/statistisch nachzuweisen; trotzdem ist eine positive Wirkung zu erwarten. Bedingung ist, dass es nicht einmalige Aktionen sind, sondern korrektes Verhalten über längere Zeit thematisiert wird. Aufwändige Kampagnen sind zwingend mit kompetenter professioneller Unterstützung durchzuführen.

Die Empfehlung lautet, Testläufe auf regionaler Ebene zu lancieren, bei denen auch die Wirkung überprüfbar ist (Ziel: korrektes Verhalten vermitteln, beispielsweise «Rot = Halt»). Idealerweise erfolgen Kampagnen in Kombination mit dem Durchsetzen der Regeln (Konsequenzen aufzeigen).

M12 Durchsetzung von Regeln / Enforcement

Die Massnahme setzt an einer zentralen Schwachstelle an und es wird im konkreten Einzelfall (einzelne kontinuierlich überwachte BUe) aber auch langfristig eine hohe Wirksamkeit erwartet. Bedingung für eine langfristige Breitenwirkung ist, dass die Massnahme zwar punktuell, aber netzweit und sichtbar eingesetzt wird (vermitteln des Bewusstseins, dass jederzeit eine Überwachung erfolgen kann).

Der Weg zur Realisierung ist lang und steinig und erfordert grosses Commitment der Beteiligten. Dessen ungeachtet ist die Empfehlung, die regulatorischen Voraussetzungen zu schaffen und technische Lösungen auszuarbeiten.

A1 Massnahmentriage

Die zugrunde liegende Massnahmenliste zeigt das betrachtete Massnahmenspektrum, das in der Phase 1 erarbeitet worden ist (siehe [1]).

Die Massnahmen sind fünf Bereichen zugeordnet (Spalte «5Es»):

- EDU: Education (Ausbildung)
- ENG: Engineering (Technik/Ausrüstung)
- ENFO: Enforcement (Durchsetzung von Regeln)
- EVAL: Evaluation
- EMS: Emergency Services (Notdienst)

Für die Grobbeurteilung werden drei Kriterien qualitativ betrachtet:

- W: Wirksamkeit, Risikoreduktion
- K: Kosten
- R: Realisierbarkeit: Aspekte wie Handlungsspielraum der Bahnen, Widerstände weiterer Stakeholder, Realisierungszeitraum, Stand der technologischen Lösung, etc.

Die Einstufung erfolgt qualitativ auf einer Skala von 1 bis 5 – je grösser die Punktzahl, desto besser die Beurteilung. Eine 1 bei der Wirksamkeit bedeutet «geringe Wirkung» und bei den Kosten «hohe Kosten».

Die resultierende Beurteilung entspricht einer Addition der drei Einstufungen.

W+K+R	Grobbeurteilung, Vorschlag für Detailanalyse
≥ 10	Detailanalyse durchführen, sofern es sich nicht ohnehin um eine unbestrittene Massnahme handelt.
≥ 6 < 10	Durchschnittliche Einschätzung, zu diskutieren
< 6 oder falls R = 1	Nicht weiter verfolgen; mehrere Massnahmen dieser Gruppe weisen mit R = 1 eine ungünstige Beurteilung der Realisierbarkeit auf

Tabelle 5: Grobe Beurteilungskriterien

Nr.	5 Es	Massnahme	W	K	R	Beurteilung	Beurteilung und Würdigung	Detailanalyse
1	ENG	Schikanen in der Annäherungsstrecke zur Geschwindigkeitsreduktion (Verkehrsberuhigungselement)	1	3	4	8	Überhöhte Geschwindigkeit ist keine zentrale/allgemeine Ursache. Schikanen binden Aufmerksamkeit. Im Einzelfall möglicherweise sinnvoll, beispielsweise bei gerader Linienführung auf einen BUE hin.	Nein
2	ENG	Lokal verbesserte Strassenbeleuchtung (Lichtverhältnisse)	1	3	5	9	Wirkung nur bei Dunkelheit, mangelhafte Lichtverhältnisse sind keine zentrale Ursache. Im Einzelfall allenfalls sinnvoll, wenn die Elemente eines BUE bereits bei Tageslicht schlecht wahrnehmbar sind.	nein
3	ENG	Pflanzenrückschnitt/Grünpflege (Erkennbarkeit des BUE in der Annäherung)	2	4	5	11	Unbestritten sinnvolle Massnahme wo eine entsprechende Gefährdung vorhanden ist. Bestandteil einer kontinuierlichen Überwachung des Umfelds und Pflege eines optimalen Zustands. Im Kontext gemeinsamer Audits als Kriterium und Massnahme möglich, keine vertiefte Detailanalyse	nein
4	ENG	Bodenschwellen zur Reduktion der Geschwindigkeit (fest installiert; Verkehrsberuhigungselement)	1	2	3	6	Überhöhte Geschwindigkeit ist keine zentrale Ursache. Eingeschränkt auf einfache Strassenkonfigurationen in der Annäherung. Wirksamkeit ist umstritten, kein direkter Bezug zur Gefahr des BUE («warum rüttelt es jetzt?»)	nein
5	ENG	Adaptive Schwellen zur Reduktion der Geschwindigkeit (aktiviert in Abhängigkeit der Geschwindigkeit des Fahrzeugs auf der Strasse)	2	2	2	6	Überhöhte Geschwindigkeit ist keine zentrale Ursache. Eingeschränkt auf einfache Strassenkonfigurationen in der Annäherung. Nicht etablierte Technologie, hohe Unterhaltskosten zu erwarten	nein
6	ENG	Beleuchtung in Längsrichtung, die zu einer Geschwindigkeitsreduktion führt (z.B. durch verkürzte Abstände der Lichtquellen)	2	3	2	7	Überhöhte Geschwindigkeit ist keine zentrale Ursache. Nicht etablierte Technologie. Eingeschränkt auf einfache Strassenkonfigurationen in der Annäherung.	Nein
7	ENG	Seitenraumgestaltung zur Geschwindigkeitsreduktion («Trichtereffekt erzeugen»; Verkehrsberuhigungselement)	2	3	3	8	Überhöhte Geschwindigkeit ist keine zentrale Ursache. Durch Blicklenkung auf den BUE etwas wirksamer als Nr.1	nein
8	ENG	Akustische Hinweise mittels Streifen in der Strassenoberfläche, die beim Befahren ein Geräusch erzeugen (Rüttelstreifen)	1	2	4	7	Wirksamkeit ist umstritten, kein direkter Bezug zur Gefahr des BUE («warum rüttelt es jetzt?»). Wie Nr. 4 (tendenziell günstiger)	nein
9	ENG	Vermeidung externer Ablenkungsquellen in BUE-Nähe (Plakate, grosse Schriften oder ähnliches)	2	5	4	11	Grundsätzlich sinnvolle Massnahme wo eine entsprechende Gefährdung vorhanden ist (Optimierung); keine vertiefte Detailanalyse	nein
10	ENG	Bodenmarkierungen und/oder Schilder mit Abstandshinweisen («Bei Stau hier halten»), sinngemäss auch im Räumbereich	2	5	4	11	Wirksamkeit bezieht sich in erster Linie aufs «Einschliessen» (dort eingesetzt, wo dies ein Thema ist). Technisch einfach; je nach Ausgestaltung der Markierungen rechtlich zu klären	M2
11	ENG	Optimieren der horizontalen und vertikalen Linienführung (horizontale und vertikale Radien, insb. Für Schwerverkehr)	3	2	2	7	Zielt auf die Ursache «Steckenbleiben». Bei BUE mit entsprechend kritischen Parametern wirksam. Platzverhältnisse für Realisierbarkeit häufig nicht vorhanden.	nein
12	ENG	Fahrbahntrennung/Verengungen/Verkehrsinselfen zur Erschwerung des Umfahrens von Halbschranken oder stehenden Fahrzeugen	2	2	3	7	Zielt auf bewusst regelwidriges Verhalten bei HSCHA ab. In Ländern mit vielen HSCHA eine gängige Massnahme. In der Schweiz mit relativ wenigen HSCHA seltener. Im Einzelfall sinnvoll, wenn eine Vollschranke nicht realisierbar ist. Platzverhältnisse häufig eingeschränkt.	Nein
13	ENG	Akustische oder optische Signale bei Fehlverhalten ausgelöst durch eine Video-Sequenz-Analyse	2	3	2	7	Reaktive, erzieherische Massnahme, das Verhalten beeinflussend, muss von den BUE-Benützern auch verstanden werden. Neue Technologie, Entwicklungsbedarf	nein
14	ENG	Trottoirs und Velowege über den BUE durchziehen für Fussgänger über den BUE (baulich oder zumindest mit Markierungen)	2	3	3	8	Wirksamkeit gering, Kosten können je nach Situation stark variieren (Platzverhältnisse, Anpassungsbedarf an BUE-Anlagen)	nein
15	ENG	Separate niveaugleiche Übergänge für den Langsamverkehr (Verkehrsführung Fussgänger und Radfahrer)	3	3	4	10	Bei starkem Fussgängerverkehr und optimaler Abstimmung auf den Fussgängerfluss gute Wirksamkeit. Relevante Anlagekosten, allenfalls Platzverhältnisse einschränkend	M8

Nr.	5 Es	Massnahme	W	K	R	Beurteilung	Beurteilung und Würdigung	Detailanalyse
16	ENG	Gummieinsätze in Spurrillen zur Vermeidung von Fahrradstürzen (VeloSTRAIL)	2	4	3	9	Reduziert nicht das unmittelbare Kollisionsrisiko, sondern Stürze. Zweckmässig bei spitzwinkliger Querung und erhöhtem Anteil Radfahrer (geeignete Alternative zur speziellen Führung von Radstreifen und Querung in einem rechten Winkel)	nein
17	ENG	Absperrungen und Zäune, um Schlupfwege zu verhindern	1	5	5	11	Bei Vollschranken «State 24ft he Art» und konsequent anzuwenden, wenn Fussgängerverkehr vorhanden ist.	Nein
18	ENG	Kleines (leicht/schnell erkennbares) Tor in eine Richtung damit eingesperrte Fussgänger/Velofahrende die Barriere passieren können	-	4	4	-	Kann falsches Signal geben (kontraproduktiv --> Wirksamkeit allenfalls negativ), Missbrauch nicht ausgeschlossen. Die Fussgängerrisiken am BUe-Typ SCHA stammen nicht von versehentlich eingeschlossenen Personen	nein
19	ENG	«Not-Aus» Taster, zur Haltstellung des Signals, Notöffnen der Schranken	1	2	2	5	Sofern die Möglichkeit bei Benutzern bekannt ist, kann sie wirksam sein. Bekanntheit provoziert im Gegenzug erheblich den Missbrauch (kritischer Aspekt). Nachteile für den Bahnbetrieb	nein
20	ENG	Bei BUe mit Fahrverbot: Befahren verhindern mittels Pfosten oder Absperrung (mit Schlüssel bedienbar, aber noch nicht eine Bedarfsschranke)	1	5	4	10	Einfache und sinnvolle Massnahme bei BUe mit Fussgängern und Zweirädern (--> keine Detailanalyse erforderlich)	nein
21	ENG	Harte Massnahmen, um ein Befahren eines BUe in extremis zu verhindern (Bodenklappen)	2	2	1	5	Verhindert ein absichtliches Befahren bei schliessender Schranke, auch abschreckende Wirkung. Eingeschlossene Fahrzeuge können das Gleis nicht verlassen, schwere Verkehrsunfälle möglich.	Nein
22	ENG	Erstellen ausreichender Wartebereiche zwischen BUe und Einmündungen	4	2	3	9	Hohe Wirksamkeit bei kritischen BUe, «State 24ft he Art» (wird umgesetzt, wenn die Randbedingungen es zulassen). Relevante Kostenfolgen für Strasse und Bahn	nein
23	ENG	Minimieren der Sperrzeit pro Stunde (Anteil Schranke geschlossen)	4	1	2	7	Hohe indirekte Kosten für den Bahnbetrieb (Eingriff in den Betrieb), allenfalls nicht tragbare Auswirkungen auf den Fahrplan	nein
24	ENG	Minimieren der Sperrzeit pro Sperrung (Zeitdauer pro Sperrung)	3	1	2	6	Es ist anzunehmen, dass nicht mehr viel Spielraum besteht und die meisten BUe optimiert sind, hohe indirekte Kosten beim Betrieb möglich (Auswirkungen auf Fahrplan, Störungen, etc.).	nein
25	ENG	Minimale Zeit zwischen zwei Schliessungen, in der eine Barriere offen sein muss	2	1	2	5	Es ist anzunehmen, dass nicht mehr viel Spielraum besteht und die meisten BUe optimiert sind, hohe indirekte Kosten beim Betrieb möglich (Auswirkungen auf Fahrplan, Störungen, etc.).	nein
26	ENFO	Aufsicht durch Sicherheitspersonal und ggf. Anweisungen an die Verkehrsteilnehmer (z.B. saisonal / Tageszeitbedingt; Stichworte Touristen, Schulweg, Stossverkehr usw.)	5	1	2	8	Punktuell, temporär im Einzelfall, aber breit angewendet ausgesprochen teuer	nein
27	ENG	Platz zwischen Gleisen und Barriere, sodass ein Strassenfahrzeug dort stehen kann («Zone-Zweiter-Chance») bzw. Schrankenbäume möglichst nahe an Gleis bauen	1	3	2	6	Kontrovers bezüglich der Wirksamkeit; bei einem grossen Abstand häufiger eingeschlossene Fahrzeuge, bei mehreren Gleisen spielt der Zufall auf welchem Gleis die Zufahrt erfolgt.	Nein
28	ENG	Hängegitter an den Schrankenbäumen zur Erschwerung absichtlicher Verstösse durch nichtmotorisierte Verkehrsteilnehmer (auch gegen unabsichtliches Passieren, beispielsweise Kinder) sowie zur besseren Erkennbarkeit	1	5	4	10	Zielrichtung: Hindernis für Fussgänger/Radfahrer, Sichtbarkeit des Schlagbaums (optische Wirkung). Eher geringe Wirksamkeit, in spezifischen Situationen (Fussgänger, Radfahrer, Erkennbarkeit) --> Gesamtoptimierung Schranke	M2
29	ENG	Gestaltung der Schrankenbäume, sodass ein Überklettern erschwert wird.	1	5	4	10	Verhindern eines bestimmtes Verhaltens, geringe Wirksamkeit. Allenfalls in Kombination mit Nr. 28 zu prüfen --> Gesamtoptimierung Schranke	nein
30	ENG	Raumüberwachung, um das Einschliessen zu vermeiden (unterschiedliche Technologien mit Verbindung zu den Sicherungsanlagen)	4	2	3	9	Hohe Wirksamkeit bezogen auf den Risikoschwerpunkt bei SCHA, bei den Kosten können auch indirekte betriebliche Kosten relevant sein, geeignete/zuverlässige Technologien erforderlich --> M31	nein
31	ENG	Raumüberwachung auch bei geschlossenen Schlagbäumen wirksam in Signalsteuerung, wenn RÜ vorhanden.	5	2	3	10	Hohe Wirksamkeit bezogen auf den Risikoschwerpunkt bei SCHA, bei den Kosten können auch indirekte betriebliche Kosten relevant sein, geeignete/zuverlässige Technologien erforderlich	M7

Nr.	5 Es	Massnahme	W	K	R	Beurteilung	Beurteilung und Würdigung	Detailanalyse
32	ENG	Sichtbarkeit der Schienenfahrzeuge verbessern durch zusätzliche Beleuchtung der Schienenfahrzeuge	2	2	1	5	Wirkung bei AK und BSA. Kann jedoch zu Risikokompensation führen, wenn die Gefahr gut sichtbar und abschätzbar ist. Ausserhalb des Fokus für die Detailanalyse	nein
33	ENG	Sichtbarkeit der Schienenfahrzeuge verbessern durch knallige Farbgebung	1	2	1	4	wie Nr. 32	nein
34	ENG	Wechsel der Betriebsform von Zug zu Strassenbahn	4	1	1	6	Hohe indirekte Kosten für den Bahnbetrieb, Eingriff in den Bahnbetrieb. Ausserhalb des Fokus für die Detailanalyse	nein
35	ENG	Reduktion der Geschwindigkeit bahnsseitig	4	2	1	7	Hohe indirekte Kosten für den Bahnbetrieb, Eingriff in den Bahnbetrieb. Ausserhalb des Fokus für die Detailanalyse	nein
36	ENG	Information im Navi, Anzeige des BUe (ohne Warnung)	1	3	1	5	Nur als Information --> geringe Wirkung. Digitalisierung und Automatisierung. Ausserhalb des Fokus für die Detailanalyse	nein
37	ENG	Information über automatische Ansage über das Auto-Radio (analog Verkehrsdurchsagen) bei Annäherung an BUe	3	3	1	7	Analog der Information und Warnung via Navi. Digitalisierung und Automatisierung. Ausserhalb des Fokus für die Detailanalyse	nein
38	ENG	Warnung der Strassenverkehrsteilnehmer über Navis, optische und akustische Warnung	3	3	1	7	Digitalisierung und Automatisierung. Ausserhalb des Fokus für die Detailanalyse	nein
39	ENG	Warnung der Strassenverkehrsteilnehmer über Smartphones (App) oder Smartwatches, optische und akustische Warnung	2	3	1	6	Erreichbarkeit der Verkehrsteilnehmer, die Warnung muss als solche erkannt werden --> geringere Wirksamkeit als via Navi, Digitalisierung und Automatisierung. Ausserhalb des Fokus für die Detailanalyse	nein
40	ENG	Warnung der Strassenverkehrsteilnehmer vor BUe als Bestandteil des autonomen Fahrens (unterschiedliche Abstufungen) (korrespondiert mit Nr. 36 durch digitale Echtzeitkarten)	3	3	1	7	Im Gegensatz zu Nr. 39 gezieltere und offensichtlichere Warnung, Digitalisierung und Automatisierung. Ausserhalb des Fokus für die Detailanalyse	nein
41	ENFO	Registrierung des Fehlverhaltens durch car2x («Digitaler Blitzkasten»)	4	2	1	7	Analoge Wirkung wie Rotlichtkamera. Digitalisierung und Automatisierung. Ausserhalb des Fokus für die Detailanalyse	nein
42	ENFO	Eingriff in die Führung des Fahrzeugs bei Fehlverhalten; ausgelöst durch Sensorik, Video-Sequenz-Analyse oder car2x, Teil des autonomen Fahrens (Notbremsung)	5	2	1	8	Digitalisierung und Automatisierung. Ausserhalb des Fokus für die Detailanalyse. Hohe Wirksamkeit bedingt, dass alle Fz ausgerüstet sind --> langer Zeithorizont	nein
43	ENG	Routenvorschlag durch Navi ohne (Warten/Zeitverlust am) BUe	1	4	1	6	Vernachlässigbare Wirksamkeit. Digitalisierung und Automatisierung. Ausserhalb des Fokus für die Detailanalyse	nein
44	EDU	Vertiefte Schulung der Polizei im Kontext Bahnübergang (z.B. Unfallaufnahme)	2	4	4	10	Im Kontext der Zusammenarbeit Strasse/Bahn zu betrachten (Baustein) --> Gesamtpaket Zusammenarbeit Strasse/Bahn	M9
45	EVAL	Einbezug der Sicherheitsdelegierten der Strasse bei der Analyse und Sanierung von BUe, Zusammenarbeit Bahn/Strasse	2	4	4	10	Wirksamkeit im breiten Kontext der Zusammenarbeit, die auch lokal zu optimalen Lösungen führt --> Gesamtpaket Zusammenarbeit Strasse/Bahn beurteilen	M9
46	EVAL	Koordination der Unfallaufnahme und Unfallstatistik Bahn / Strasse (BAV/ASTRA)	1	4	4	9	Im Kontext der Zusammenarbeit Strasse/Bahn zu betrachten (Baustein) --> Gesamtpaket Zusammenarbeit Strasse/Bahn	nein
47	EVAL	Systematische Audits von BUe analog Road Safety Audits (über die Konformität mit Vorschriften/Normen hinausgehend) Defizitanalysen und aggregierte Analysen von Defizitclustern, Blickwinkel sämtliche Stakeholder	3	4	4	11	Im gesamten Kontext der Zusammenarbeit Strasse/Bahn ein wirksamer Bestandteil --> individuelle Verbesserungen an BUe	M9
48	EVAL	Besonderes Augenmerk (vertiefte Analysen/Audit) auf BUe, welche in Verkehrsknoten mit LSA integriert sind	3	4	4	11	Auf bestimmte BUe-Typen fokussierte Audits (grundsätzlich wie Nr. 47 zu beurteilen)	M9
49	EVAL	Bahnübergangsschauen nach dem Muster der Deutschen Bahn (spezielle Form von Audits)	3	4	4	11	Im gesamten Kontext der Zusammenarbeit Strasse/Bahn ein wirksamer Bestandteil. Analog Safety Audits (etwas andere Bezeichnung und Form)	M9
50	EVAL	Schweizweit einheitliche Aufnahme und Auswertung von Beinaheunfällen/Gefährdungen durch Bahnen (Datenbasis und Erkenntnis)	1	3	4	8	Sehr indirekt wirkend, als Basis für die Sicherheitsplanung	nein

Nr.	5 Es	Massnahme	W	K	R	Beurteilung	Beurteilung und Würdigung	Detailanalyse
51	EVAL	Video-Sequenzanalyse zum Erfassen von Fehlverhalten (Erkenntnisgewinn und Ableiten von Massnahmen)	1	2	3	6	Sehr indirekt wirkend, als Basis für eine gezielte Sicherheitsplanung	nein
52		Das Konzept der Self Explaining and Forgiving Road auf die Bahnübergänge übertragen (SERFOR) (Über bereits aufgeführte Massnahmen hinaus)	4	4	4	12	Übergeordnetes grundsätzliches Konzept, aus dem konkrete Massnahmen resultieren müssen; kann auch mit Safety Audits in Verbindung gebracht werden	nein
53	ENG	Kurze direkte Fusswegverbindungen (Vermeiden von Schleichwegen)	2	3	4	9	Gute Wirksamkeit bezogen auf Fussgänger, sofern ungünstige Situationen vorliegen; bauliche Massnahmen	nein
54	ENG	Ersatz der BUe durch Unter- oder Überführung	5	1	2	8	Sehr Wirksam, sehr teuer, Umsetzung langfristig und oft gegen lokalen Widerstand. Im Allgemeinen als reine Sicherheitsmassnahmen unverhältnismässig; sinnvoll, wenn ein weiterer Nutzen beim Strassenverkehr erzielt werden kann (Gesamtoptimierung)	nein
55	ENG	Einsatz einer höherwertigen Bahnübergangssicherung (BUe-Typ), «Upgrade». Konkret: Beurteilung der ¼-Schranke anstelle der BSA	3	2	3	8	Grundsätzlich eine Standardmassnahmen. Handlungsspielraum muss vorhanden sein. Es stellt sich die Frage nach der Zusatzwirkung und den Bedingungen für einen Einsatz	M6
56	ENG	Aufhebung eines BUe und alternative Erschliessung	5	2	2	9	Sehr Wirksam (sofern die alternative Erschliessung ohne BUe auskommt), meist sehr teuer, Umsetzung langfristig und oft gegen lokalen Widerstand	nein
57	ENG	Sichtbarkeit von Vorankündigungsschildern und Signalen zu den BUe erhöhen durch pulsierende Lichter	2	3	3	8	Aufmerksamkeit erhöhen und lenken; zeitlich dann, wenn die Gefahr besteht (gleichzeitig auch Ablenkung), kann Störfaktor für Anwohner sein	nein
58	ENG	Bessere Sichtbarkeit des BUe durch Bodenmarkierungen/Schraffuren (Farben, Fahrbahnmarkierungen)	2	4	4	10	Aufmerksamkeit auf BUe lenken, technisch ist die Realisierbarkeit einfach; Wirksamkeit eher gering.	M1
59	ENG	Sichtbarkeit des BUe erhöhen durch Projektion/Laser (auch bei Schneebedeckung wirksam)	2	2	2	6	Neue Technologie, Ausgestaltung noch sehr diffus	nein
60	ENG	Sichtbarkeit des BUe erhöhen durch aktive Beleuchtung der Schrankenbäume beim Absenken (LED-Lichtbalken)	3	3	3	9	Erkennbarkeit verbessern, klare Information (--> Optimierung Schranken)	M2
61	ENG	Virtuelle Wand/Fläche mittels Projektionstechnik erzeugen	4	1	1	6	Technologie im Ideenstadium, Realisierbarkeit unklar	nein
62	ENG	In die Strasse eingelassene LED-Markierungsleuchten («Lane lights» zur Aufmerksamkeitserhöhung): Quer (Kennzeichnung des BUe) oder längs (Beeinflussen der Fussgänger)	3	2	3	8	Unklar ob Botschaft beim Strassenverkehrsteilnehmer richtig ankommt; aufwändig auch im Unterhalt	nein
63	ENG	PeriLight – periphere Lichtreize (ausgelöst durch Zufahrt des Strassenverkehrsteilnehmers zum BUe)	3	2	3	8	Analog Nr. 62	nein
64	ENG	Auffällige Portalrahmen, an dem die Signale aufgehängt sind, farblich hervorgehoben (auch Torwirkung zur Geschwindigkeitsreduktion)	3	3	2	8	Deutliches Erkennungsmerkmal, Umsetzbarkeit je nach lokaler Situation sehr fraglich	nein
65	ENG	Tempo 30 an BUe innerorts	2	4	2	8	Überhöhte Geschwindigkeit ist keine zentrale Ursache. Im Einzelfall möglicherweise sinnvoll, Risikokompensation/riskanteres Verhalten möglich, je nach Strassentyp nicht umsetzbar.	Nein
66	ENG	Blitzlichter anstelle von Blinklichtern	2	4	3	9	Erhöht die Aufmerksamkeit, deutlicheres Zeichen, Sichtbarkeit (zusammen mit Nr. 67 prüfen)	M4
67	ENG	Drehleuchten anstelle von Blinklichtern	2	4	3	9	Sichtbarkeit aufgrund der Dynamik, Drehleuchten werden mit Gefahr assoziiert.	M4
68	ENG	Zusätzliche Schilder, Aufschriften oder Symbole, um die Wahrnehmbarkeit zu erhöhen	1	5	4	10	Wirkung unklar. Gefahr der «Komplexitätserhöhung», wirkt gegen die Absicht, die Annäherung zu vereinfachen (günstig aber wenig wirksam)	nein
69	ENG	Sichtbarkeit/Prägnanz des Blinklichts erhöhen: Einsatz schärferer/klarerer Beleuchtungsmittel (LED)	2	4	4	10	Im Rahmen des Ersatzes bestehender Anlagen gängige Praxis, nicht explizit beurteilen Allenfalls forcierter Ersatz über die reine Erneuerung hinaus	nein
70	ENG	Sichtbarkeit/Prägnanz der Signalisation erhöhen: Einsatz auffälliger Farben, retroreflektierende Signalisation,	2	4	4	10	Technologische Modernisierung, forcierter Ersatz	M3

Nr.	5 Es	Massnahme	W	K	R	Beurteilung	Beurteilung und Würdigung	Detailanalyse
		Schriftgrösse/Schriftart aus Sicht Humanfaktoren, Zeitmässigkeit der Symbolik						
71	ENG	Entflechten von Signalen für die Strasse und den BUe: Standorte und Anordnung trennen («Komplexitätsreduktion»)	2	4	3	9	Grundsätzlich sinnvoll. Kann eine Folge lokaler Safety Audits sein	nein
72	ENG	Dynamische Rückmeldesysteme bei der Annäherung an den BUe (z.B. mit LED-Markierungsleuchten, wenn ein Zug naht)	3	2	2	7	Weiteres Element, in Konkurrenz zu Lichtsignal oder Blinklicht, Realisierbarkeit aufgrund Verknüpfung mit dem Betrieb herausfordernd	nein
73	ENG	Dynamische Rückmeldesysteme bei der Annäherung an den BUe (z.B. Schilder und/oder akustische Warnung bei der Annäherung aktivieren, wenn ein Zug naht)	3	2	2	7	Wie Nr. 72	nein
74	ENG	Hinweis «Rechts und Links nach Zug Schauen»	1	5	5	11	Bescheidene Wirkung. Einsatzbereich nur bei AK sinnvoll	nein
75	ENG	Optimierung, Ausdehnung und Differenzierung der akustischen Warnsignale bzw. Hinweise an BUe (Aufwertung vorhandener akustischer Signale)	2	2	3	7	Technologische Modernisierung	nein
76	ENG	Zusätzliche optische und/oder akustische Signale am Bahnübergang (z.B. Warnton, kritischer Situation)	2	2	3	7	Gefahr der Komplexitätserhöhung, neue unklare Informationen, Wirkung je nach lokaler Situation stark unterschiedlich, Thema Anwohner	nein
77	ENG	Verwendung von Stoppschildern bei Andreaskreuzen	1	5	4	10	Wirkung bezieht sich nicht auf Blickwinkel Fussgänger, welche beim AK ein Schwerpunkt sind. Bei Strassenfahrzeugen sehr bescheidene Wirkung	nein
78	ENG	Ersatz von Blinklichtsignalen durch Lichtsignale (einheitliche Signale und deren Bedeutung bei Strasse und Bahn)	4	3	2	9	Vereinfachung, das Verhalten beeinflussend, langfristig angelegt, greift in Regelungen ein	M4
79	ENG	Kennzeichnung/Angabe, wenn mehr als ein Schienenfahrzeug während der Schliessung den BUe passiert (Warnanzeige über Annäherung eines zweiten Zugs)	3	2	4	9	Gute Wirksamkeit bei BUe-Typ BSA, bei SCHA eher als Information zu werten. Verknüpfung mit Bahnbetrieb	nein
80	ENG	Anzeige/Angabe eines Zeit-Countdowns bis zur Zugvorbeifahrt (Erwartungssteuerung, Motivation zum Warten)	2	3	2	7	Setzt beim Thema Sperrzeit an, tendenziell bei BSA, bei SCHA geringere Wirksamkeit, Realisierbarkeit aufgrund der Verknüpfung mit dem Betrieb herausfordernd	nein
81	EDU	Beschriftung der Barriere: «Im Notfall durchbrechen» (oder ähnliches)	1	5	5	11	Nur bei SCHA wirksam. Einfache, günstige Massnahme, im Kontext einer Gesamtoptimierung der Schranken zu sehen	M2
82	ENFO	Verkehrskontrollen, allenfalls Erhöhung des Strafmasses bei gezielten Verstössen	3	3	3	9	Verstärkt und gezielt Kontrollen durchführen ist sinnvoll, kontinuierlich, langfristig, personeller Aufwand	nein
83	ENFO	Videoüberwachung ohne Ahndung von Fehlverhalten («Smiley»)	3	3	3	9	Wirksamkeit ohne Ahndung eher gering, Realisierbarkeit unklar (Datenschutz) Als Subvariante von M12	M12
84	ENFO	Rotlichtkameras (allenfalls beschränkt auf LSA)	4	3	3	10	Wirksamkeit bei langfristigem und ausreichend verbreitetem Einsatz, Teil einer Gesamtkampagne, im Strassenverkehr bewährtes Mittel	M12
85	ENG	Fahrverbot für Schwerverkehr bei kritischer Strassenführung (Breite, Kurve, Abzweigung, Aufsetzen)	3	4	3	10	Zielt auf konkrete Gefahrensituation ab --> dort gute Wirksamkeit. Umsetzbarkeit aufgrund Anforderungen des Verkehrs oder weiterer Randbedingungen eingeschränkt	nein
86	ENG	Abbiegeverbote, Fahrverbote	3	4	3	10	Wie Nr. 85	nein
87	ENG	App mit automatischer Geo-Referenzierung, wo Verkehrsteilnehmer Infrastrukturmängel melden können	1	3	4	8	Massnahme zielt nicht aufs Verhalten ab. Nutzung voraussichtlich gering. Minimale indirekte Wirkung	nein
88	ENG	Angabe von Kontaktinfos (Tel-Nr.) bei BUe, wo Verkehrsteilnehmer Infrastrukturmängel melden können	1	3	5	9	Minimale Wirksamkeit bei allerdings auch minimalen Kosten («kost nix bringt nix»).	Nein
89	EMS	Notruf-Sprechsäule mit direkter Verbindung zur BZ/Polizei	1	4	4	9	Günstigere Einschätzung als Nothalttaster (geringeres Missbrauchspotenzial) aber geringe Wirksamkeit	nein

Nr.	5 Es	Massnahme	W	K	R	Beurteilung	Beurteilung und Würdigung	Detailanalyse
90	EDU	Vorschriften und Verhalten an BUe in der Fahrschulaausbildung (inkl. «Abschrecken» durch Hinweise auf Unfallkonsequenzen)	3	3	4	10	Langfristig angelegt wirksam. Realisierung --> breit angelegt, national, viele Stakeholder Massnahme in Kombination mit Nr. 91 und 93	M10
91	EDU	Sensibilisierung des Fahrlehrpersonals in der Fahrlehrerausbildung	3	3	4	10	Wie Nr. 90	M10
92	EDU	Lokale Kampagne zur Sensibilisierung (ausgerichtet auf die konkrete Situation und spezifische Nutzergruppen), z.B. Kampagne «Cowboy»	3	3	4	10	Wie Nr. 93	M11
93	EDU	Ausbildungskampagne: Bedeutung der Signalisationen und korrektes Verhalten (Hypothese: die Verkehrsteilnehmer haben nicht das nötige Wissen)	3	3	4	10	Ausgerichtet auf das korrekte Verhalten inkl. Konsequenzen. Langfristig angelegt wirksam (in Kombination mit Nr. 90, 91 und 92)	M11
94	EDU	Plakate/Darstellungen, die auf Unfallkonsequenzen bei einem Verstoß hinweisen (nach dem Muster «Rauchen ist tödlich» oder «Bilder Sagen mehr als 1000 Worte» – Crashvideo ÖBB). Auch Vorort212212 («Unfallzähler»)	1	3	4	8	Zielt nicht auf das korrekte Verhalten, abschreckende Wirkung ist fraglich («mir passiert das nicht»)	nein
95	EDU	Kampagne mit Fokus auf die Bedeutung des Blinklichtsignals (Blinken = Halt) und der Strafrechtlichen Konsequenzen (kombiniert mit Enforcement)	3	3	4	10	Wie Nr. 93	M11

Tabelle 6: Massnahmenliste und Grobbeurteilung

A2 Grundlagen und Vorgehen für die Massnahmenbeurteilung

A2.1 Ausgangsrisiko

Das Ausgangsrisiko entspricht dem Risiko ohne Massnahmen.

Erfolgt eine Massnahmenbeurteilung für einen spezifischen BUE, so kann das Ausgangsrisiko mit dem Risikomodell ermittelt werden.

Handelt es sich um eine generelle nicht ortsspezifische Beurteilung entspricht das Ausgangsrisiko dem mittleren Wert des betrachteten BUE-Typs.

Beeinflusst eine Massnahme alle BUE oder bestimmte BUE-Typen, so entspricht das Ausgangsrisiko dem entsprechenden netzweiten Risiko.

A2.2 Abschätzung der Wirksamkeit einer Massnahme

Ansätze

Die Abschätzung der Wirksamkeit erfolgt je nach Massnahme unterschiedlich:

- Basierend auf einem einfachen Verhaltensmodell: M1 (Bodenmarkierung), M2 (Schranke), M3 (Signale), M4 (Drehleuchten), M5 (Lichtsignale), M10 (Ausbildung), M11 (Kampagnen), M12 (Enforcement)
- Direkt aus der Ereignisstatistik abgeleitet: M7 (Raumüberwachung), siehe Factsheet
- Abgeleitete aus den Basisrisiken der BUE-Typen: M6 (Viertelschranke), siehe Factsheet

Erläuterung zum Verhaltensmodell

Massnahmen, die das Verhalten beeinflussen, können vereinfacht an drei Phasen beim Befahren eines BUE ansetzen:

- Erkennen: Bewusstsein, dass ein BUE kommt, erhöhen (--> Aufmerksamkeit auf die spezifischen Merkmale eines BUE lenken)
- Wahrnehmen: Zustand der BUE-Sicherung wahrnehmen, beispielsweise «Blinklichter aus, Barriere oben» (--> gut sichtbare Information zum Zustand des BUE)
- Entscheiden: aufgrund der Wahrnehmung sowie weiterer individueller Kriterien erfolgt der Entscheid «anhalten» oder «fahren» (--> korrekten Entscheid beeinflussen).

Ein Fehler in einer der Phasen kann eine Ursache für einen Unfall darstellen. Aus Unfallbeschreibungen und der Literatur ist ersichtlich, dass sie jedoch nicht gleichermassen beitragen. Der kausale Anteil des Erkennens wird am geringsten eingeschätzt und derjenige des Entscheidens am höchsten (hierzu gehören insbesondere bewusste Regelverletzungen).

Der Anteil an der Unfallwahrscheinlichkeit variiert zudem je nach Verkehrsteilnehmer. Zu unterscheiden ist Motorisierter Verkehr (MV) und Langsamverkehr (LV) sowie Personen mit und ohne Ortskenntnis (Locals, Non-Locals).

Einschätzung der Anteile der Phasen des Verhaltensmodells am Risiko

BUe-Typ	Phase	Risikoanteile			
		Locals		Non-Locals	
SCHA		70%		30%	
		MV	LV	MV	LV
		50%	50%	80%	20%
	Erkennen	10%	0%	20%	10%
	Wahrnehmen	40%	20%	40%	30%
	Entscheiden	50%	80%	40%	60%

BUe-Typ	Phase	Risikoanteile			
		Locals		Non-Locals	
BSA/LSA		70%		30%	
		MV	LV	MV	LV
		80%	20%	80%	20%
	Erkennen	15%	10%	30%	10%
	Wahrnehmen	45%	30%	40%	30%
	Entscheiden	40%	60%	30%	60%

BUe-Typ	Phase	Risikoanteile			
		Locals		Non-Locals	
HSCHA		70%		30%	
		MV	LV	MV	LV
		70%	30%	80%	20%
	Erkennen	10%	5%	20%	10%
	Wahrnehmen	40%	20%	40%	30%
	Entscheiden	50%	70%	40%	60%

Tabelle 7: Gliederung des Risikos

Erläuterung am Beispiel HSCHA:

- 70% des Risiko liegt bei Locals, 30% bei Non-Locals
 - Die 70% «Locals» betreffen zu 70% MV und 30% LV
 - Innerhalb der Spalte MV sind die Anteile der Phasen 10% / 40% / 50%
- Der Anteil «Entscheiden» beim LV und Locals entspricht somit $70\% * 70\% * 50\% = 24.5\%$.

Die Schätzung der Wirkung einer Massnahme auf das Verhalten erfolgt qualitativ in Klassen. Den Ausgangspunkt bildet immer der heutige Zustand ohne Massnahme.

Die Einschätzung «kein Einfluss» bedeutet, dass gegenüber dem heutigen Zustand keine Verbesserung ein tritt.

Wirksamkeitsklasse	Wertebereich
Kein Einfluss	0%
Sehr gering	<5%
Gering	5 bis 10%
Spürbar	10 bis 20%
Erheblich	20 bis 40%
Hoch	40 bis 80%
Sehr hoch	>80%

Tabelle 8: Wirksamkeitsklassen

Reduziert eine Massnahme den Wert von 24.5% gemäss obigem Beispiel «erheblich», so entspricht dies einer Reduktion um 30%. Auf das gesamte Risiko des BUe bezogen entspricht dies $30\% * 24.5\% = 7.5\%$. Auf diese Weise werden sämtliche durch eine Verhaltensmassnahme beeinflussten Risikoanteile abgeschätzt und zur Gesamtwirkung summiert.

A2.3 Kostenschätzungen, Klassierung der Kosten

Berechnungsmethodik

Die Jahreskosten (JK) einer Massnahme basieren auf folgenden Komponenten:

- Investitionskosten (I)
- Betriebs- und Instandhaltungskosten (IH)
- Lebensdauer bzw. Nutzungsdauer in Jahren (n)
- Zinssatz für die Diskontierung (p), einheitlich mit 4% eingesetzt.

$$JK = r^n * \frac{r-1}{r^n-1} * I + IH$$

mit $r = 1 + \frac{p}{100}$

Die Nutzungsdauer hängt von der jeweiligen Massnahme ab. Als Richtschnur können folgende Werte verwendet werden:

- Kunstbauten, Strassen: 50 bis 100 Jahre
- Bahnanlagen, Sicherungsanlagen: 20 bis 30 Jahre
- Kampagnen, Massnahmen mit kurzer Wirkungsdauer: 2 bis 3 Jahre

Werden Einrichtungen (z.B. Schranken) häufig beschädigt, kann dies entweder durch eine kurze Nutzungsdauer oder entsprechend hohen Unterhaltskosten berücksichtigt werden.

Vereinfachte Klassierung / Kostenklassen

Kostenklasse	Klassengrenzen für einmalige Kosten, Klassenwert (CHF)	Jahreskosten (CHF/Jahr)	
		Lange Nutzungs- bzw. Wirkungsdauer (über 15 Jahre)	Kurze Nutzungs- bzw. Wirkungsdauer (wenige Jahre)
Sehr gering	unter 5'000 (3000)	300.-	1'000.-
Gering	5'000 bis 15'000 (10'000)	1'000.-	3'000.-
Mittel	15'000 bis 50'000 (30'000)	3'000.-	10'000.-
Hoch	50'000 bis 150'000 (100'000)	10'000.-	30'000.-
Sehr hoch	über 150'000 (300'000)	30'000.-	100'000.-

Tabelle 9: Verwendete Kostenklassen

Erläuterung

- Lange Nutzungs- und Wirkungsdauer: baulich-technische Massnahmen. Die Jahreskosten basieren auf einer mittleren Nutzungsdauer von 30 Jahren und Unterhaltskosten von 2% der Investitionskosten. Die angegebenen Klassenwerte sind aufgerundet.
- Kurze Nutzungs- bzw. Wirkungsdauer: Kampagnen, Ausbildung und Massnahmen, die periodisch oder jährlich wiederholt werden müssen, um die Wirkung beizubehalten. Die Jahreskosten basieren auf einer mittleren Wirkungsdauer von 3 Jahren, keine Unterhaltskosten.
- Sind exakte Kosten bekannt, so sollen diese verwendet und in Jahreskosten umgerechnet werden.

A3 Factsheets

A3.1 M1 Farbliche Gestaltung der Strassenoberfläche

Kurzbeschreibung

Die Massnahme zielt darauf ab, den BUE und gefährdete Flächen deutlicher sichtbar zu machen.

Da BUE oft in komplexen Strassensituationen integriert sind, besteht wenig Spielraum die BUE in der Annäherung über eine grössere Distanz anzukündigen und sichtbar zu machen. Die Massnahmen konzentriert sich deshalb auf den Bereich nahe vor oder am BUE (Abgrenzung zu normalen Verkehrsflächen).

Ausgangslage

Eine farbliche Gestaltung von Verkehrsflächen wird in verschiedenen Bereichen (Strassenverkehr, Industrie, etc.) eingesetzt, um auf abgegrenzte Gefahrenbereiche aufmerksam zu machen. BUE bieten sich hierzu ebenfalls an. Insbesondere da kritische BUE oft in engräumigen komplexen Konstellationen von Strasse, Bahn und Umgebung liegen, mit begrenzten Möglichkeiten zur Kennzeichnung der BUE in der Annäherung.

Eine farbliche Gestaltung der Oberfläche wurde bei BUE in der Vergangenheit vereinzelt geprüft und eingesetzt (Beispiel Glattalbahn, ohne offensichtliche Wirkung).

Im Strassenverkehr wird formell zwischen farblicher Gestaltung von Strassenoberflächen FGSO (gemäss VSS-Norm SN 640 214) und Markierungen (im Sinne von Artikel 72 Absatz 3 SSV) unterschieden. Die Unterscheidung ist u.a. von der Gestaltung und Funktionsweise abhängig. Im Folgenden wird vereinfachend die Bezeichnung «farbliche Gestaltung der Strassenoberflächen» verwendet; eine differenzierte Betrachtung erfolgt im Kontext der Realisierbarkeit.

Das Factsheet stützt sich auf eine spezifische Untersuchung, die im Rahmen des Projektes im Auftrag des VöV separat zu den nachfolgend aufgeführten Sub-Massnahmen durchgeführt wurde (Psychologisch relevante Erkenntnisse zur Wirksamkeit von Bodenmarkierungen zur Erhöhung der Sicherheit an Bahnübergängen, Ruchti, P., 2021). Die Ergebnisse sind sinngemäss in die Form des Factsheets übertragen worden.

Ausgestaltung der Massnahme

Es werden folgende Gestaltungsvarianten betrachtet:

M1.1 3D-Roadmarking (bei SCHA und BSA)

- Aneinandergereihte dreieckige Prismen aus einer Kombination zweier kontrastreichen Farben, welche vor dem Bahnübergang auf die Fahrbahn aufgetragen werden. Durch die Wirkung des 3D-Effektes «ragen» die Markierungen aus dem Boden. Der 3D Effekt entfaltet sich am ehesten in der Annäherung bei einer geraden Streckenführung.
- Bisherige Anwendungsfälle: Fussgängerstreifen und visuelle Einengung von Strassen mit dem Ziel die Geschwindigkeit zu reduzieren.

M1.2 Rote Balken (bei SCHA und BSA)

- Breite rote Querbalken auf der Fahrbahn vor dem BUE, sodass Lichtsignale, Schranken und rote Balken einen optischen «Riegel» bilden.
- Ziel: Aufmerksamkeit erhöhen, Gefahr vermitteln (rot)

M1.3 Horizontale Linien (bei SCHA und BSA)

- Weisse Linien quer zur Fahrtrichtung in regelmässigen Abständen in der Annäherung zum BUE auf die Fahrbahnfläche aufgetragen.
- Bisherige Anwendungsfälle: bei besonderen Situationen punktuell die Aufmerksamkeit erhöhen und die Geschwindigkeit reduzieren (BUE, Dorfeinfahrten, Schulen).

M1.4 Flächige Einfärbung der Gefahrenzone (bei SCHA und BSA)

- Rote Einfärbung des Gefahrenraums (mindestens das LRP des BUe). Ziel, das Vorhandenseins des BUe und die gefährdete Zone erkennen.
- Bisherige Anwendungsfälle: Kreuzungen in Quartierstrassen, BUe

Zielsetzung und Wirkungsweise

Die Massnahme soll die Aufmerksamkeit auf den BUe bzw. den gefährdeten Bereich lenken. Der Fokus liegt stark auf das Erkennen und teilweise auch Wahrnehmen des Zustands des BUe. Dies gilt für alle Markierungsvarianten ähnlich.

- M1.1 3D-Roadmarking: Der visuelle 3D-Effekt ist sehr auffallend, wird wahrgenommen und absorbiert Aufmerksamkeit. Dies soll die Situational Awareness erhöhen und auf relevante Elemente des BUe lenken (z.B. die Blinklichtsignale). Es ist eine indirekte Wirkung ohne unmittelbaren Bezug zum BUe. Bisherigen Anwendungen zielten auch auf eine Geschwindigkeitsreduktion.
- M1.2 Rote Balken: Eine übergrosse und kontrastreiche rote Färbung führt zu einer visuellen Betonung des BUe (Riegel von Farbfläche am Boden, Schranke, Signale). Die Auffällige Gestaltung soll die Erkennbarkeit und Aufmerksamkeit erhöhen.
- M1.3 Horizontale Linien: Diese ziehen die Blicke der Verkehrsteilnehmer sich und sollen die Situational Awareness erhöhen und insbesondere die Geschwindigkeit reduzieren.
- M1.4 Flächige Einfärbung der Gefahrenzone: Ähnlich Wirkung wie M1.2 wobei die gesamte Gefahrenzone eingefärbt wird. Eine leichte Wirkung wird auch erwartet, in dem die Hemmschwelle auf der roten Fläche anzuhalten bzw. zu warten erhöht wird (einschliessen zwischen Schranken, Warten auf dem Gleis um einbiegen zu können).

Die Massnahmen M1.2 und M1.4 betreffen den unmittelbaren Bereich des BUe. Damit sie überhaupt wahrgenommen werden, eignen sie sich nur für geringe Geschwindigkeiten. M1.1 und M1.3 reichen weiter in die Annäherung und haben teilweise auch das Ziel die Geschwindigkeit zu senken.

Abschätzung der Wirksamkeit

Die angegebene Wirkung bzw. die Risikoreduktion bezieht sich auf einen durchschnittlichen BUe.

M1.1 3D-Roadmarking (SCHA und BSA)

	Locals		Non-Locals	
	MV	LV	MV	LV
(1) Erkennen	gering (5%)	kein Einfluss (0%)	spürbar (10%)	kein Einfluss (0%)
(2) Wahrnehmen	kein Einfluss (0%)	kein Einfluss (0%)	kein Einfluss (0%)	kein Einfluss (0%)
(3) Entscheiden	kein Einfluss (0%)	kein Einfluss (0%)	kein Einfluss (0%)	kein Einfluss (0%)
Resultierende Wirkung	SCHA: 0.7% bzw. CHF 40.- /Jahr – – BSA: 1.2% bzw. CHF 250.- /Jahr			

- Nur der motorisierte Verkehr wird in der Phase des Erkennens beeinflusst, bei Non-Locals ist eine etwas höhere Wirkung zu erwarten.
- Die Wirkung wird aus folgenden Überlegungen als gering eingestuft: starker Gewöhnungseffekt bei Locals, kein direkter Bezug zur Gefährdung – konkret dem BUe. Nur sehr vereinzelt einsetzbar, da eine passende Strassenführung in der Annäherung erforderlich ist.

M1.2 Roter Balken (SCHA und BSA)

	Locals		Non-Locals	
	MV	LV	MV	LV
(1) Erkennen	gering (5%)	sehr gering (3%)	spürbar (10%)	gering (5%)
(2) Wahrnehmen	kein Einfluss (0%)	kein Einfluss (0%)	kein Einfluss (0%)	kein Einfluss (0%)
(3) Entscheiden	kein Einfluss (0%)	kein Einfluss (0%)	kein Einfluss (0%)	kein Einfluss (0%)
Resultierende Wirkung	SCHA: 0.7% bzw. CHF 40.- /Jahr – – BSA: 1.4% bzw. CHF 300.- /Jahr			

- Die Wirkung betrifft den motorisierten Verkehr und den Langsamverkehr.

- Durch die Markierung wird die Erkennbarkeit erhöht (--> Einschätzung: bei Non-Locals spürbar). Bei Wahrnehmen und Entscheiden wird keine Wirkung angesetzt.
- Im Vergleich zu M1.1 weniger auffällig, aber klarer Bezug zum BUE sowie breiter einsetzbar, so dass eher die Assoziation «Roter Balken / Gefahr / BUE» entsteht.

M1.3 Horizontale Linien (SCHA und BSA)

	Locals		Non-Locals	
	MV	LV	MV	LV
(1) Erkennen	gering (5%)	kein Einfluss (0%)	spürbar (10%)	kein Einfluss (0%)
(2) Wahrnehmen	kein Einfluss (0%)	kein Einfluss (0%)	kein Einfluss (0%)	kein Einfluss (0%)
(3) Entscheiden	kein Einfluss (0%)	kein Einfluss (0%)	kein Einfluss (0%)	kein Einfluss (0%)
Resultierende Wirkung	SCHA: 0.7% bzw. CHF 40.- /Jahr – – BSA: 1.2% bzw. CHF 250.- /Jahr			

- Der Wirkungsbereich betrifft den motorisierten Verkehr sowie den Langsamverkehr.
- Insgesamt ähnliche Wirkung wie M1.2.
- Benötigt mehr Platz und ist dadurch eingeschränkter einsetzbar.

M1.4 Flächenfärbung der Gefahrenzone (SCHA und BSA)

	Locals		Non-Locals	
	MV	LV	MV	LV
(1) Erkennen	gering (5%)	gering (5%)	spürbar (10%)	spürbar (10%)
(2) Wahrnehmen	kein Einfluss (0%)	kein Einfluss (0%)	kein Einfluss (0%)	kein Einfluss (0%)
(3) Entscheiden	sehr gering (3%)	sehr gering (3%)	gering (5%)	gering (5%)
Resultierende Wirkung	SCHA: 3% bzw. CHF 170.- /Jahr – – BSA: 4% bzw. CHF 750.- /Jahr			

- Der Wirkungsbereich betrifft den motorisierten Verkehr sowie den Langsamverkehr.
- Grundsätzlich ähnliche Wirkung wie bei M1.2. Aufgrund der grösseren Fläche, jedoch deutlicher sichtbar. Die unmittelbare Verbindung von Fläche und BUE und Gleise kann einen Einfluss auf den Entscheid bewirken.

Massnahmenkosten

Zugrunde gelegte Kosten für die Bodenmarkierungen (pro BUE)

Massnahme	Kostenklasse	CHF/Jahr
M1.1 (mehrere 3D-Prismen)	gering	1'000.-/Jahr
M1.2 (ein breiter roter Balken)	sehr gering	300.-/Jahr
M1.3 (mehrere weisse Linien)	gering	1'000.-/Jahr
M1.4 (ganzer BUE)	gering	1'000.-/Jahr

Anmerkungen

- Die Kosten orientieren sich an Erfahrungswerten aus dem Strassenverkehr. Sie berücksichtigen den erhöhten Unterhaltsaufwand bzw. eine kurze Nutzungsdauer.
- Die Massnahme M1.3 dürfte gegenüber M1.1 und M1.4 etwas tiefer sein, jedoch nicht so, dass eine abweichende Klassierung gerechtfertigt wäre.

Verhältnismässigkeit

Bezogen auf einzelne BUE resultieren folgende KWV (Jahreskosten/Risikoreduktion):

- M1.1 SCHA: KWV = 25
- M1.1 BSA: KWV = 4.0
- M1.2 SCHA: KWV = 7.2

- M1.2 BSA: KVV = 1.0
- M1.3 SCHA: KVV = 25
- M1.3 BSA: KVV = 4.0
- M1.4 SCHA: KVV = 6.0
- M1.4 BSA: KVV = 1.3

Anmerkungen

- Da beim Typ SCHA das Reduktionspotenzial (bezogen auf einen durchschnittlichen BUe) deutlich kleiner als beim Typ BSA ist, schneiden die Massnahmen bei BSA durchwegs besser ab.
- Das günstigere KVV bei M1.2 ist eine Folge der tiefer eingeschätzten Kosten.

Aspekte der Realisierung

- Die farbliche Gestaltung der Strassenoberfläche ist eine aus dem Strassenverkehr bekannte Technik, die keinen grösseren baulichen Eingriff darstellt und grundsätzlich schnell umsetzbar ist.
- Massnahmen M1.1 und M1.3 bewirken durch ihre Optik eine Geschwindigkeitsreduktion und weisen somit formell den Charakter einer Markierung mit einer definierten rechtlich verbindlichen Bedeutung auf (vgl. auch VSS-Norm SN 640 214). Die Realisierung setzt die Anpassung entsprechender Weisungen des UVEK voraus.
- Massnahmen M1.2 und M1.4 weisen die Eigenheit einer FGSO auf. Somit gibt es auch keine Konflikte mit übergeordneten gesetzlichen Grundlagen. Eine Anpassung von Richtlinien kann genügen.
- Bei den Massnahmen M1.1, M1.2 und M1.3 wird die Strassenoberfläche vor dem BUe markiert. Dies setzt eine entsprechende Abstimmung mit den Strasseneigentümer voraus.
- Bei Massnahme M1.4 ist auch Fläche direkt am Gleis und dazwischen betroffen. Je nach Beschaffenheit sind besondere Verfahren zur Einfärbung erforderlich. Dies kann die Machbarkeit sowie die Lebensdauer massgeblich beeinflussen.

Weitere Vor- und Nachteile

- Bei Schnee auf der Fahrbahn und Dunkelheit ist die Sichtbarkeit der Bodenmarkierungen eingeschränkt.
- Je nach Markierungsmaterial kann insbesondere bei Nässe eine Rutschgefahr für Velos entstehen. Dieser Aspekt ist vor allem bei BUe mit ausgeprägten Veloverkehr zu berücksichtigen.

Folgerungen und Diskussion

- Allen geprüften flächigen farblichen Gestaltungen wird eine positive Wirksamkeit attestiert, die allerdings sehr gering eingeschätzt wird. Eine solche Markierung liefert einen Beitrag, kann aber bei risikoreichen BUe nicht die alleinige Lösung sein. Verbesserungen in dieser Grössenordnung werden sich an einzelnen BUe statistisch gesehen nicht sichtbar auswirken.
- Eine farbliche Gestaltung der Strassenoberfläche, die über eine grössere Distanz in der Annäherung angebracht wird, bedingt eine entsprechende Distanz ohne komplizierte Strassenkonfiguration vor dem BUe. Es eignen sich eher einfache Situationen, die beispielsweise ausserorts anzutreffen sind, die aber im Allgemeinen keine Risikoschwerpunkte darstellen. Da diese Markierungen auch keinen direkten Bezug zum BUe herstellen, wird die Wirksamkeit gering und das KVV ungünstig eingeschätzt. Dies trifft bei M1.1 «3D-Markierung» und tendenziell auch M1.3 «Weisse Linien» zu.
- Die Massnahmen M1.2 und M1.4 stellen einen direkten Bezug zum BUe her und die Wirkung wird entsprechend höher eingeschätzt. Sie sind zudem bei engen Platzverhältnissen und komplexen Konfigurationen einsetzbar. Die flächige Markierung von M1.4 dürfte noch etwas eine bessere Wirkung gegenüber dem Balken von M1.2 aufweisen. Um die Message deutlich zu vermitteln, sollten nicht nur einzelne BUe einer kritischen Strecke, sondern alle BUe, soweit sie lokal eine Gruppe bilden, markiert werden (z.B. entlang einer kritischen Strecke oder innerhalb einer Ortschaft).

A3.2 M2 Optimieren der Schranken

Kurzbeschreibung

Die Ausgestaltung der Schranke beeinflusst das Erkennen des BUE, die Wahrnehmung des Zustands (offen/geschlossen) und die Entscheidung zum Befahren des BUE. Ziel ist es die Sichtbarkeit der Schranke zu verbessern und die Hemmschwelle zum Durchfahren/-gehen bei sich senkenden Schranken zu erhöhen. Dadurch soll insbesondere die Zahl eingeschlossener BUE-Benützer reduziert werden.

Ausgangslage

Neue Schranken haben einen schlanken rechteckigen Querschnitt; die Fläche ist rot-weiss schraffiert und weist reflektierende Flächen auf (siehe R RTE 25931).

- Stehende Schranken sind ein deutliches Merkmal eines BUE, das in der Annäherung sichtbar ist. Speziell nicht ortskundige Benutzer können daraus auf das Vorhandensein eines BUE schliessen.
- Zahlreiche BUE-Benützer befahren den BUE auch bei blinkendem Licht und stoppen erst bei sich senkenden Schranken. Erst die horizontale Schranke bedeuten für sie zwingend Halt.
- Für Fussgänger sind Schranken ohne Gitter kaum ein physisches Hindernis, um eine geschlossene Schranken zu umgehen. Hängestäbe/-gitter wirken als zusätzliche Schwelle.
- Wenn geschlossene Schranken nicht oder zu spät erkannt werden oder der BUE bewusst bei sich senkenden Schlagbäumen noch befahren wird, treten immer wieder Beschädigungen an Schranken auf. Eine verbesserte Erkennbarkeit der Schranke kann dem etwas entgegenwirken.

Weitere Aspekte

- Schranken enthalten bisher keine aktiven Elemente wie beispielsweise eine Markierung mittels Leuchten oder Leuchtband. Ebenso wird eine durchbrochene Schranke nicht erkannt.
- Lange Schranken können insbesondere im offenen Zustand eine grosse Angriffsfläche für Wind bilden; dies kann durch Vereisung oder Schnee noch erhöht werden. Daraus ergeben sich gewisse Randbedingungen aus statisch-konstruktiver Sicht, beispielsweise für eine vergrösserte Fläche.

Ausgestaltung der Massnahme

Den Ausgangspunkt bildet eine Vollschanke mit vier gestaffelt schliessenden Schranken.

- M2.1 Optimierte Schranke
 - Verbreitertes Profil (oval, rund, dreieckig), rundum schraffiert und mit reflektierenden Flächen versehen, sodass stehende Schlagbäume auch in spitzem Winkel besser erkennbar sind.
 - Geringfügig vergrösserte Fläche (Annahme 10 bis 20%), ohne dass übermässige Auswirkungen auf die Statik auftreten (verbesserte Sichtbarkeit von vorn).
 - Deutlich sichtbarer Text auf der Innenseite, z.B. «Wenn eingeschlossen – Barriere durchbrechen!». Dieser Text wird immer angebracht, nicht nur an kritischen BUE (Einprägungseffekt).
 - Hängestäbe auf der ersten Schranke in Fahrtrichtung. Wenn Fussgänger vorhanden sind, an beiden Schranken. Hängegitter vermehrt einsetzen (überall mit Fussgängern und überall dort, wo eine erhöhte Barrierewirkung angestrebt wird).
- M2.2 Schlagbaum mit Leuchten oder Leuchtband
 - Punktleuchten oder ein Leuchtband gut sichtbar für den Strassenverkehr, abgeschirmt gegenüber dem Bahnverkehr; aktiviert zeitgleich mit dem Blinklichtsignal.
- M2.3 Überwachung der intakten Schranke
 - Beispielsweise elektrisch. Die Überwachung wirkt auf die Signale der Bahn, ähnlich der RÜ.

Zielsetzung und Wirkungsweise

M2.1: Die Optimierung des Schlagbaums zielt auf folgende Wirkungen:

- Erkennbarkeit des BUE in der Annäherung erhöhen: Angesprochen sind primär ortsunkundige BUE-Benützer. Dadurch, dass sie das Vorhandensein eines BUE besser erkennen, wird auch die weitere Signalisierung eher wahrgenommen.
- Das breitere Querprofil bewirkt eine bessere Sichtbarkeit des Schlagbaums bei Anfahrt in spitzem Winkel. Dies betrifft speziell den Zeitpunkt, in dem die Schranke beginnt sich zu senken.
- Die grössere Fläche und Hängestäbe erhöhen optisch die Barrieren-Wirkung und suggerieren ein massiveres Hindernis. Ziel ist es die Hemmschwelle zum Durchfahren bei sich senkenden Schranken zu erhöhen. Angesprochen sind alle BUE-Benützer, insbesondere auch ortskundige.
- Eine deutliche Signalisierung auf hohem technischen Niveau vermittelt eine hohe Verbindlichkeit.
- Die Beschriftung der Schranken wird im konkreten Ereignisfall kaum wahrgenommen, aber durch wiederholtes Bewusstmachen – beispielsweise beim Warten vor dem BUE – kann sich das Verhalten einprägen. Es ist davon auszugehen, dass die Hemmschwelle, um eine geschlossene Barriere zu durchbrechen, sehr hoch ist und immer die Hoffnung besteht, dass der Zug anhalten kann oder am Fahrzeug vorbeikommt. Diese Hemmschwelle soll gesenkt werden.
- Hängestäbe ergeben bei dichter Anordnung eine flächige Wirkung und erhöhen die Hemmschwelle bei sich senkenden Schranken durchzufahren. Die erwünschte Wirkung auf der Einfahrseite kann auf der Ausfahrseite eine gegenteilige Wirkung haben: der Benutzer hält auf dem BUE an, weil er denkt, er komme nicht mehr unter der Schranke durch. Um dies zu vermeiden ist es allenfalls sinnvoll, auf der Seite der Räumung keine Hängestäbe anzubringen (gilt nicht bei Fussgängerverkehr).

M2.2: Schranke mit Leuchten oder Leuchtband

- Die Leuchten verbessern die Erkennbarkeit und werden mit «Halt» assoziiert (Verbindlichkeit).
- Die Wirkung ist besonders bei ungünstigen Lichtverhältnissen gut.

M2.3: Überwachung der intakten Schranke

- Die Massnahme beeinflusst das Verhalten der BUE-Benützer nicht. Einzig der Fall, dass eine geschlossene Schranke durchbrochen wird, wird erfasst. Sofern der zeitliche Ablauf es zulässt, kann ein Zug allenfalls rechtzeitig gestoppt werden. Keine Wirkung bei Fussgängern.

Abschätzung der Wirksamkeit

Die Massnahmen beeinflussen das Verhalten der BUE-Benützer (graduelle Verbesserungen).

M2.1 Optimieren der Schranken

Einschliessen zwischen Schranken, erwartete Wirkung (ohne Beschriftung)

	Locals		Non-Locals	
	MV	LV	MV	LV
(1) Erkennen	kein Einfluss (0%)	kein Einfluss (0%)	gering (5%)	kein Einfluss (0%)
(2) Wahrnehmen	gering (5%)	gering (5%)	gering (5%)	gering (5%)
(3) Entscheiden	gering (5%)	spürbar (10%)	gering (5%)	spürbar (10%)
Resultierende Wirkung	6%			

Tabelle 10: Einschätzungen zur Wirksamkeit der Schrankenoptimierung (ohne Beschriftung)

- Erkennen des BUE: keine Wirkung bei Locals (kennen den BUE) und beim Langsamverkehr
- Die Hauptwirkung wird beim Erkennen des Zustands des BUE erwartet
- Einfluss auf die Entscheidung durchzufahren (MV): verstärkte optische Wirkung; ein wesentlicher der eingeschlossenen Fahrzeuge befährt den BUE nicht erst kurz vor dem Senken der Schranke, sondern steht bereits auf den BUE (Stau) --> insgesamt Wirkung nur «gering»
- Einfluss auf die Entscheidung durchzugehen (LV): Wirkung der Hängestäbe --> spürbar

- Für die Einschätzung «spürbar» wird quantitativ der untere Klassenrand eingesetzt

Abschätzung der Wirkung der Beschriftung

- Rund 60% des Risikos an SCHA geht auf Fahrzeuge zurück und davon stehen rund 80% im Zusammenhang mit einem Einschliessen (--> beeinflussbarer Risikoanteil: 48%).
- Einflussfaktoren, welche die Wirksamkeit ungünstig beeinflussen: Unkenntnis des richtigen Verhaltens, Stresssituation, hohe Hemmschwelle eine geschlossene Schranke bewusst zu durchbrechen, Hoffnung, dass trotzdem nichts passiert.
- Unter Berücksichtigung der genannten Faktoren dürfte die Verbesserung höchstens gering sein: 5% für die Beschriftung.

Gesamtwirkung von M2.1 (inkl. Beschriftung): max. 10% (gerundet)

M2.2 Schranke mit Leuchten oder Leuchtband

- Der Wirkmechanismus ist vergleichbar mit M2.1, wobei eine etwas höhere Risikoreduktion erwartet wird (deutlicher sichtbar, klare Message).

Gesamtwirkung der Massnahme (inkl. Beschriftung): max. 15%

M2.3 Überwachung der intakten Schranke

- Beeinflussbar sind Zusammenstösse mit Motorfahrzeugen, die rund 60% des Risiko ausmachen.
- Die Auswertung der Unfalldaten zeigt, dass ein Durchbrechen der Schranke mit anschliessendem Zusammenstoss nur selten vorkommt (max. 5% der Unfälle).
- Ein relevanter Teil dieser Unfälle wird auch beim Erkennen der beschädigten Barriere nicht verhindert werden können, da der Zug bereits zu nah ist (Annahme: 50%).

Gesamtwirkung von M2.3: sehr geringe Wirkung von rund 2% ($60\% * 5\% * 50\% = 1.5\%$)

Zusammenfassung der Wirksamkeiten (Risikoreduktion)

Massnahme	Risikoreduktion in%	Risikoreduktion absolut
M2.1 Optimieren der Schranke (inkl. Beschriftung)	10%	CHF 609.- /Jahr
M2.2 Schranke mit Leuchten oder Leuchtband (inkl. Beschriftung)	15%	CHF 914.- /Jahr
M2.3 Überwachung der intakten Schranke	2%	CHF 122.- /Jahr

Tabelle 11: Ergebnisse, Wirksamkeit und Reduktion des Basisrisikos beim BUe-Typ SCHA

Massnahmenkosten

Die Massnahmenkosten beziehen sich auf einen BUe

Klassierung	Klassierung	Jahreskosten (Klassenwert)
M2.1 Optimierung der Schranke (Erneuerung, nur Baum) ¹	gering	CHF 1'000.-/Jahr
M2.1 Optimierung der Schranke (Ersatz inkl. Antrieb) ²	hoch	CHF 10'000.-/Jahr
M2.2 Massnahme M2.1 und Leuchten (Erneuerung, nur Baum)	mittel	CHF 3'000.-/Jahr
M2.2 Massnahmen M2.1 und Leuchten (Ersatz inkl. Antrieb)	hoch	CHF 10'000.-/Jahr
M2.3 Überwachung der intakten Schranke ³	gering	CHF 1'000.-/Jahr

Tabelle 12: Grob-Kostenschätzungen

¹ Die Optimierung der Schlagbäume erfolgt so, dass kein neuer Antrieb erforderlich ist

² Vollständiger Ersatz der bestehenden Schranken und Antriebe

³ Zusätzliche Kosten gegenüber M2.1 oder M2.2

Verhältnismässigkeit

Kosten-Wirksamkeits-Verhältnis (KWV) für die Varianten eines BUe-Typs SCHA.

Die KWV beziehen sich auf einen durchschnittlichen BUe des Typs SCHA.

- M2.1 Optimierung der Schranke (Erneuerung, nur Baum): KWV = 1.6
- M2.1 Optimierung der Schranke (Ersatz inkl. Antrieb): KWV = 16
- M2.2 Massnahme M2.1 und Leuchten (Erneuerung, nur Baum): KWV = 3.3
- M2.2 Massnahmen M2.1 und Leuchten (Ersatz inkl. Antrieb): KWV = 11
- M2.3 Überwachung der intakten Schranke: KWV = 11

Aspekte der Realisierung

- Anpassungen an Regelwerken sind bei allen Teilmassnahmen erforderlich (Ebene RTE).
- Es bestehen Vorbehalte zur Realisierbarkeit: kritisch bei langen Schlagbäumen (bereits heute im Winter und bei starkem Wind)
- In welchem Rahmen eine Vergrösserung der Fläche der Schlagbäume ohne übermässige Kostenfolgen aufgrund der Statik und Konstruktion möglich ist, bedarf einer detaillierteren Betrachtung (Optimierung und Abwägung).

Weitere Vor- und Nachteile

- Reparaturkosten bei Beschädigung: Schranken, die aktive Elemente enthalten, sind im Falle einer Beschädigung aufwändiger zu reparieren. Dies gilt sowohl für unfallbedingte Beschädigungen als auch für den Fall eines Durchbrechens der Schranke infolge Einschliessens.

Folgerungen und Diskussion

- Bei der Massnahme M2.1 (Schrankenquerschnitt, Markierung, Beschriftung, Hängegitter) handelt es sich um eine Optimierung für die eine positive Wirkung erwartet wird und deren Wirksamkeit sich in einem Rahmen von geschätzten 10% bewegt (bessere Sichtbarkeit, verstärkte optische Barrierewirkung, Verhaltenshinweis). Wird sie nur vereinzelt umgesetzt, wird die Wirkung im Netz kaum spürbar sein; erst bei einem breiten Einsatz entsteht ein sichtbarer Effekt. Die Massnahme ist im Allgemeinen verhältnismässig, solange die Optimierung keinen Ersatz der Antriebe erfordert (aus statischen Gründen). Dieser Aspekt muss bei einer Ausgestaltung strikt im Auge behalten werden.
- Die Massnahme M2.2 (Optimierung der Schranke sowie zusätzlich ein Leuchtband oder Leuchten) ist im Allgemeinen unverhältnismässig. Die Massnahme ist dann sinnvoll, wenn deutlich erhöhte Risiken vorliegen (Faktor 2 bis 3 über dem durchschnittlichen Risiko für SCHA), beispielsweise bei hohem Verkehrsaufkommen auf der Strasse und Staubbildung. Die Wirksamkeit ist allerdings deutlich geringer als bei einer Raumüberwachung.
- Die Überwachung der intakten Schranke (M2.3) setzt an einem eng begrenzten Teil von Ereignissen an und ergibt nur eine geringe Wirksamkeit. Sie ist durchwegs als nicht verhältnismässig zu beurteilen.

A3.3 M3 Modernisierung der Signalgestaltung

Kurzbeschreibung

Die Signale im Strassenverkehr sind in der Signalisationsverordnung festgelegt und international abgestimmt. Zahlreiche Signale sind vom Erscheinungsbild her seit vielen Jahrzehnten unverändert im Einsatz und die Piktogramme passen nicht mehr zum heutigen Verkehrssystem und Verständnis (nicht intuitiv verständlich). Gleichzeitig finden strassenseitig Bemühungen statt, mittels Ansätzen aus der Humanfaktorenforschung eine selbsterklärende Ausgestaltung des Strassenraums anzustreben.

Mit der Beurteilung der Massnahme soll das Potenzial bei der BUe-Signalisierung ausgelotet werden.

Ausgangslage

Die Signale «Schranken» (1.15) sowie «Bahnübergang ohne Schranken» (1.16) dienen zur Warnung vor Bahnübergängen. Neben dem Erscheinungsbild (Piktogramm, Farbe) werden auch die Grössen in der Signalisationsverordnung festgelegt. Die beiden Gefahrensignale sollen die Verkehrsteilnehmenden frühzeitig auf den bevorstehenden BUe aufmerksam machen.

Beim ASTRA läuft ein umfassendes Forschungspaket unter der Bezeichnung SERFOR (Self Explaining and Forgiving Roads), das Humanfaktoren für die Ausgestaltung des Strassenraums untersucht. Ziel ist es, die Ausgestaltung klarer und selbstverständlicher zu machen. Die Signalisation stellt dabei einen potenziellen Ansatzpunkt dar. Im Hinblick auf eine intuitiv verständliche Gestaltung bieten beide Signale Anlass für eine Überprüfung aus Sicht Humanfaktorenforschung:

- Signal 1.15: Der «Gartenhag» wird für unterschiedliche Verkehrssituationen mit Schranken (ohne Bezug zur Bahn, z.B. Querung von Flugpisten) verwendet und stellt bildlich keine Bahnschranke dar.
- Signal 1.16: Die Dampflok ist ein Symbol längst vergangener Zeiten und lässt sich allenfalls noch mit einer Museumsbahn assoziieren. Ein Beispiel für eine entsprechende Modernisierung bildet das deutsche Verkehrszeichen 151 nach StVO.

Ausgestaltung der Massnahme

Ausgehend von den aktuellen Schildern stellen folgende Elemente der Signalisation Ansatzpunkte für Weiterentwicklungen dar:

- Farbe und Materialwahl (Leuchtkraft, Helligkeit; retroreflektierendes Material)
- Platzierung und Grösse der Signale (heute bereits in vier Stufen)
- Korrekte Anwendung
- Piktogramme in den Signalen

Im Rahmen der vorliegenden Fragstellung (Potenzial grob ausloten) wird kein konkreter Vorschlag für eine Ausgestaltung vorgenommen. Die nachfolgenden exemplarischen Visualisierungen sollen nur potenzielle Stossrichtungen hinsichtlich Selbsterklärung veranschaulichen.



Abbildung 3: Beispielhaft-exemplarische Visualisierung von potenziellen «Modernisierungsschritten»

Zielsetzung und Wirkungsweise

Die Massnahme soll den BUe deutlicher vorankünden und die passende Erwartungshaltung der Verkehrsteilnehmenden fördern.

- Erhöhte Sichtbarkeit aufgrund der Grösse, besserer Platzierung und optimierter Farbwahl der Signale.

- Modernisierte Piktogramme in den Signalen bilden das bestehende Verkehrssystem besser ab. Dies fördert die korrekte Assoziation des Signalbildes mit dem, was zu erwarten ist.
- Das verbesserte Verständnis führt auch dazu, dass ein BUE rascher erfasst wird.
- Beitrag zur Vereinheitlichung im Strassenverkehr.

Abschätzung der Wirksamkeit

Einschätzung der Wirkung

- Die Einschätzung geht von der aktuellen Signalgestaltung aus. «Kein Einfluss» bedeutet, dass die Wirkung weitgehend gleich ist wie mit den aktuellen Signalen.

	Locals		Non-Locals	
	MV	LV	MV	LV
(1) Erkennen	gering (5%)	kein Einfluss (0%)	spürbar (15%)	kein Einfluss (0%)
(2) Wahrnehmen	kein Einfluss (0%)	kein Einfluss (0%)	kein Einfluss (0%)	kein Einfluss (0%)
(3) Entscheiden	kein Einfluss (0%)	kein Einfluss (0%)	kein Einfluss (0%)	kein Einfluss (0%)
Resultierende Wirkung	Netzweit 1% bzw. CHF 300'000.-/Jahr			

Tabelle 13: Einschätzungen zur Wirksamkeit der Modernisierung der Signalgestaltung

- Es wird davon ausgegangen, dass die Massnahme primär beim motorisierten Verkehr greift und der Einfluss beim Langsamverkehr vernachlässigbar klein ist.
- Bezogen auf die drei Phasen im Ablauf beim Befahren des BUE – Erkennen, Wahrnehmen, Entscheiden – entsteht die Wirkung beim Erkennen des BUE (Sichtbarkeit und Verständnis der Signale, deutliche Ankündigung des BUE).
- Die Signale stellen passive/statische Elemente dar, welche die Wahrnehmbarkeit des Zustands des BUE kaum beeinflussen können.
- Bei ortskundigen Benützern ist anzunehmen, dass sie das Vorhandensein des BUE kennen, so dass die Wirkung gegenüber nicht-ortskundigen deutlich reduziert ist.
- Es wird angenommen, dass die Wirkung bei Locals trotzdem nicht verschwindet. Die Assoziation mit dem Signalbild beeinflusst nach wie vor die Erwartungshaltung und das Situationsbewusstsein. Dieser Effekt wird langfristig verstärkt (Befahren zahlreicher BUE mit leicht verständlicher Signalisation).
- Die Einschätzungen beziehen sich auf einen langfristigen Zustand. Das aktuelle Erscheinungsbild ist bei der Mehrheit der Verkehrsteilnehmer eingepreßt, auch wenn es altertümlich ist. Durch das veränderte Signalbild entsteht kurzfristig keine Wirkung; eine optimale Positionierung kann jedoch kurzfristig bereits eine Verbesserung bringen.
- Die Wirkung bzw. die Risikoreduktion bezieht sich auf das Gesamtnetz (alle BUE-Typen).

Massnahmenkosten

Zugrunde gelegte Kosten für neue Signale (pro BUE):

Massnahme	Kostenklasse	CHF/Jahr
M3 Neue Signale (pro BUE)	gering	600.-/Jahr

Anmerkungen

- Die Kosten umfassen zwei neue Signale pro BUE inkl. Mast und Fundament, neu aufgestellt an einem optimalen Standort.
- Einmalige Kosten zur Neugestaltung der Signalisation und Anpassung an Regelwerken werden nicht berücksichtigt.

Bezogen auf das Netz von 4'400 BUE (Bestand 2019) und unter der Annahme, dass jeder BUE neu signalisiert wird, resultieren folgende Massnahmenkosten:

Massnahme	Kostenklasse	CHF
M3 Neue Signale (Netz)	Sehr hoch	2'640'000.-

Die netzweite Kostenbetrachtung geht vereinfachend von einem Ersatz der Signale aus. Die Kosten sind davon abhängig, ob die Signale tatsächlich neu platziert werden müssen und ob sie allenfalls sukzessiv im Rahmen des geplanten Unterhalts ausgetauscht werden.

Verhältnismässigkeit

Bezogen auf den netzweiten Ersatz der Signalisation resultiert folgendes KWV (Jahreskosten/Risikoreduktion):

- M3: KWV = 9

Das KWV ist ausgesprochen ungünstig und die Massnahme ist klar unverhältnismässig.

Aspekte der Realisierung

Neugestaltung der Signalisation:

- Eine Anpassung der Signalisationsverordnung ist erforderlich. Der Handlungsspielraum ist eingeschränkt bzw. es müssen aufwendige Verfahren durchlaufen werden. Die Realisierung erfolgt auf einer längeren Zeitschiene.

Umsetzung in der Fläche:

- Ein sukzessiver Ersatz im Rahmen des geplanten Unterhalts wirkt sich günstig auf die Kosten aus. Dies führt aber zu einer langen Übergangsperiode, in der unterschiedliche Signale für gleiche Situationen eingesetzt werden. Dies steht im Widerspruch zur angestrebten Vereinheitlichung. Wieweit eine solche Übergangsperiode aus regulatorischer Sicht möglich ist, ist zudem offen.

Weitere Vor- und Nachteile

- Anpassungen und Modernisierungen von Signalen sind auch in anderen Bereichen zu erwarten. Die Erkenntnisse aus solchen Anpassungsschritten könnten zur Weiterentwicklung und zu neuen Gestaltungsideen bei der BUe-Signalisation verwendet werden.
- Zurzeit herrscht um das SERFOR-Konzept in der Strassenverkehrssicherheitsforschung eine gewisse Dynamik. Dieser Schub kann genutzt werden, um auch die Anliegen der BUe einzubringen.
- Das ASTRA hat in der Vergangenheit bereits Anläufe genommen, um bei den Strassensignalen «Gesamtanpassungen» vorzunehmen. Der Erfolg war bescheiden. Die Beharrungskräfte auf dem Status Quo sind gross. Darüber hinaus sind BUe in der Signalisation ein Thema unter vielen andern.

Folgerungen und Diskussion

- Insgesamt wird die erwartete Wirksamkeit (gegenüber der bestehenden Signalisation) als gering eingeschätzt und führt zu einem sehr ungünstigen KWV der Massnahme.
- Wieweit Verbesserungspotenzial bei der Signalisation effektiv vorhanden ist und wie eine konkrete Ausgestaltung wäre, müsste im Rahmen der Humanfaktorenforschung vertieft werden. Aufgrund der vorliegenden Beurteilung ist allerdings fraglich, ob dies im Bereich der BUe zum aktuellen Zeitpunkt sinnvoll ist.
- Strassenverkehrsseitig wird intensiv über Vereinfachungen («Schilderwald») im Strassenraum diskutiert. Es ist daher wichtig, dass die Anliegen der Eisenbahn bezüglich der BUe hier einfließen und, wenn ein Modernisierungsschub erfolgt, dies auch im Sinne der Sicherheit an BUe geschieht (siehe Anmerkung zur Dynamik beim SERFOR-Konzept).
- Im Einzelfall besteht die Möglichkeit, vorhandene grössere Signalformate zu wählen. Es stehen vier Standardformate zur Verfügung. Denkbar ist, im Rahmen konkreter Projekte einen «Upgrade» vorzunehmen (im PGV so eingeben).

A3.4 M4 Dreh- und Blitzleuchten

Kurzbeschreibung

Dreh- oder Blitzleuchten werden heute gezielt eingesetzt, wenn eine vollständige herkömmliche Signalisierung mittels Blinklichtsignalen nicht umsetzbar ist (im Allgemeinen bei engen Platzverhältnissen, beispielsweise bei der Parallelführung von Schiene und Strasse).

Die Beurteilung der Massnahme zielt auf einen breiteren Einsatz von Drehleuchten anstelle von herkömmlichen Blinklichtern. Die Hypothese ist, dass Drehleuchten besser erkennbar sind und von den Verkehrsteilnehmern deutlicher als Hinweis auf eine Gefahr und Anweisung zum Halt verstanden werden.

Ausgangslage

Im Gegensatz zu herkömmlichen Blinklichtern sind Drehleuchten auch aus einem spitzen Blickwinkel und auf beiden Seiten eines Signals vergleichsweise gut erkennbar (beide Fahrtrichtungen, ein Signal). Dadurch kann auf das Aufstellen mehrerer Signale, die jeweils auf den entsprechenden Verkehrsteilnehmer ausgerichtet sind, verzichtet werden. Das R RTE 25931 regelt diese Anwendungsfälle.

Einzelne Bahnen haben gute Erfahrungen mit dem Einsatz von Drehleuchten gemacht (z.B. asm) und an kritischen BUe beobachtbare Verbesserungen erreicht. Als Nachteil wird teilweise der Instandhaltungsaufwand angemerkt. Die Einschätzungen und Meinungen sind kontrovers. Auch die Verbreitung von Drehleuchten ist sehr unterschiedlich.

Es stellt sich daher die Frage, ob es sinnvoll wäre, Drehleuchten über den bestehenden Einsatzbereich hinaus einzusetzen.

Ausgestaltung der Massnahme

Im Vordergrund der Betrachtung stehen Drehleuchten. Aktuelle Lösungen von Blitzleuchten erlauben auch ein Rund-um-Strahlen. Auf Blitzleuchten wird jedoch nicht vertieft eingegangen.

Den Ausgangspunkt bilden herkömmliche Blinksignale bei den BUe-Typen BSA, HSCHA und SCHA.

Massnahmen: Verwenden von Drehleuchten anstelle von Blinklichtern.

- M4 SCHA
- M4 BSA/LSA
- M4 HSCHA

Zielsetzung und Wirkungsweise

Die Zielsetzung und Wirkungsweise ist bei allen BUe-Typen ähnlich.

- Primäres Ziel ist es, eine höhere Wahrnehmbarkeit des Blinklichts zu erreichen. Das drehende Licht ist dynamisch, hat eine grosse Leuchtkraft und fällt auf.
- Drehleuchten werden generell mit einer Warnung oder Gefahr assoziiert und ziehen die Aufmerksamkeit an (z.B. bei Blaulicht-Organisationen). Dies wirkt sich auf das Verhalten bzw. die Entscheidung aus.
- Indem Drehleuchten auch aus einem spitzen Winkel erkennbar sind, kann je nach Situation am BUe die Zahl der Signale reduziert werden. Als Nebeneffekt entsteht eine Reduktion der Komplexität der Signalisierung.
- Bis zu einem gewissen Grad kann eine Drehleuchte auch aus einer Position nahe und leicht seitlich des Signal erkannt werden (z.B. wartendes Fahrzeug am BUe).
- Bei optimalen Verhältnissen – Blick des BUe-Benützers rechtwinklig auf die Fläche des Signals auftreffend – dürfte der zusätzliche Nutzen gegenüber neuen LED-Blinklichtern klein sein.

Einschätzung der Wirkung

- Die Drehleuchte ist in nicht eingeschaltetem Zustand nicht besser zu erkennen als ein herkömmliches Blinklichtsignal (--> kein Einfluss auf die Erkennbarkeit des BUE).
- Die Hauptwirkung entsteht beim Erkennen des Zustands des BUE: das Drehlicht ist deutlich sichtbar und die Message «BUE geschlossen» ist besser ersichtlich und verständlich (--> Einfluss auf das Wahrnehmen).
- Ist der Zustand des BUE bekannt, dürfte die Drehleuchte allenfalls noch einen Einfluss auf den Entscheid «fahren oder halten» haben. Die Assoziation der Drehleuchte mit einer Gefahr, kann eher ein Anhalten bewirken (--> Einstufung als gering).
- Die Problematik, dass bei der BUE-Signalisierung das blinkende Rotlicht Halt bedeutet – im Gegensatz zum stehenden Rotlicht bei Lichtsignalanlagen – wird mit der Drehleuchte nicht behoben. Nicht Wissen, Fehlinterpretationen bleiben als Grund für ein Fehlverhalten bestehen (--> reduziert die Wirksamkeit in den Phasen (2) und (3))
- Drehleuchten sind im Allgemeinen rundum offen, so dass starkes Gegenlicht in die Leuchte die Wirkung reduzieren kann. Umgekehrt ist die Drehleuchte aufgrund des bewegten Lichts auch bei starker Beleuchtung in Blickrichtung auf das Signal eher sichtbar. Dies gilt auch bei nebligen Verhältnissen.

Abschätzung der Wirksamkeit

Die Einschätzung geht von einem herkömmlichen Blinklichtsignal aus. «Kein Einfluss» bedeutet, dass die Wirkung der Drehleuchte weitgehend gleich ist wie bei einem herkömmlichen Blicklicht.

SCHA

	Locals		Non-Locals	
	MV	LV	MV	LV
(1) Erkennen	kein Einfluss (0%)	kein Einfluss (0%)	kein Einfluss (0%)	kein Einfluss (0%)
(2) Wahrnehmen	erheblich (30%)	spürbar (15%)	erheblich (30%)	spürbar (15%)
(3) Entscheiden	gering (5%)	sehr gering (<5%)	gering (5%)	sehr gering (<5%)
Resultierende Wirkung	10% bzw. CHF 610.-/Jahr			

Tabelle 14: Einschätzungen zur Wirksamkeit bei SCHA (Ausgangspunkt bildet ein herkömmliches Blinklichtsignal)

- Begründungen siehe Abschnitt zur Wirkungsweise. Die %-Werte werden am unteren Rand der jeweiligen Klasse angenommen.

BSA/LSA

	Locals		Non-Locals	
	MV	LV	MV	LV
(1) Erkennen	kein Einfluss (0%)	kein Einfluss (0%)	kein Einfluss (0%)	kein Einfluss (0%)
(2) Wahrnehmen	erheblich (40%)	spürbar (20%)	erheblich (40%)	spürbar (20%)
(3) Entscheiden	gering (5%)	sehr gering (<5%)	gering (5%)	sehr gering (<5%)
Resultierende Wirkung	17% bzw. CHF 3'500.-/Jahr			

Tabelle 15: Einschätzungen zur Wirksamkeit bei BSA

- Die %-Werte werden am oberen Rand der jeweiligen Klasse angenommen. Im Vergleich zu SCHA hat das Blicklicht eine grössere Relevanz (keine Schranke als zusätzliches Element vorhanden).

HSCHA

- Die Einschätzung der Wirkung ist gleich wie bei SCHA (10% bzw. CHF'1'200.-/Jahr)

Massnahmenkosten

Zugrunde gelegte Mehrkosten für Drehleuchten anstelle von herkömmlichen Blinklichtsignalen:

Kostenklasse	Kostenklasse	CHF/Jahr
Ersatz der Blinklichtsignale durch Drehleuchten	mittel	3'000.-/Jahr

Anmerkungen

- Angenommene Nutzungsdauer von 10 bis 15 Jahren (kurz), Mehrkosten insbesondere bei der Instandhaltung sind im Wert berücksichtigt.
- Die Kosten sind auch abhängig von der Zahl der erforderlichen Signale für einen konkreten BUe.

Verhältnismässigkeit

Bezogen auf einen durchschnittlichen BUe des jeweiligen Typs ergeben sich folgende Kosten-Wirkungs-Verhältnisse (KVV):

- SCHA: KVV = 4.9
- BSA/LSA: KVV = 1.2
- HSCHA: KVV = 2.5

Anmerkungen

- Die angegebenen KVV beziehen sich auf durchschnittliche BUe. Das KVV beim BUe-Typ BSA/LSA ist ausgewogen. Dies ist eine Folge der höheren durchschnittlichen Risiken sowie der höher eingeschätzten Wirksamkeit beim BUe-Typ BSA/LSA.
- Bei einem durchschnittlichen BUe des Typs SCHA ist das KVV ungünstig.

Aspekte der Realisierung

- Es sind Anpassungen an Regelungen erforderlich (Ebene RTE)

Weitere Vor- und Nachteile

- Drehleuchten weisen auch mechanische Bestandteile auf, die zumindest in Anwendungen in der Vergangenheit zu erhöhtem Instandhaltungsaufwand geführt haben. Die Meinungen sind kontrovers, ob dies auch heute noch gilt.
- Drehleuchten sind im Allgemeinen offen gestaltet und strahlen in alle Richtungen ab. In bewohnten Gebieten sind die Lichtemissionen unerwünscht und können zu Klagen der Anwohner führen. Eine geeignete Abschirmung kann die Emission reduzieren.

Folgerungen und Diskussion

- Beim BUe-Typ BSA/LSA liefert einzig das Blinklicht bzw. die Drehleuchte die Information zum Zustand des BUe. Ein weiteres Indiz, wie eine Schranke, ist nicht vorhanden. Die grundsätzlich positive Wirkung der Drehleuchte macht sich deshalb deutlicher bemerkbar als bei BUe mit Schranken. Hinzu kommt das vergleichsweise hohe durchschnittliche Risiko beim Typ BSA/LSA, sodass die Massnahme verhältnismässig und sinnvoll erscheint.
- Die Drehleuchte eignet sich speziell dann, wenn der Blick der Verkehrsteilnehmer schräg auf die Signale fällt und/oder die Zahl der Blinklichtsignale bei Verwendung von Drehleuchten reduziert werden kann. In einfachen Situationen, bei denen der Blick des Verkehrsteilnehmers rechtwinklig auf das Signal und den BUe fällt und helle LED-Leuchten sehr gut sichtbar sind, ist nur eine geringe zusätzliche Wirkung zu erwarten. Die Drehleuchte erscheint daher überall dort sinnvoll, wo nicht optimale Verhältnisse für die Positionierung der Blinklichtsignale und mindestens durchschnittliche Risiken vorhanden sind.

A3.5 M5 Lichtsignale anstelle von Blinklichtsignalen

Kurzbeschreibung

Die Signalisierung eines BUE soll verstärkt mittels Lichtsignalen erfolgen. Langfristiges Ziel ist es, die Vielfalt der verwendeten Signalisierungsarten zu reduzieren und zu vereinheitlichen. Konkret sollen Blinklichtsignale durch Lichtsignale ersetzt werden. Damit soll die Unsicherheit bei der Interpretation der Bedeutung des Blinklichtsignals reduziert und die Regeltreue erhöht werden. Einheitliche Botschaft: «Rot heisst Halt». Die Massnahme wird bei allen BUE-Typen mit Blinklichtsignalen betrachtet.

Die derart formulierte Massnahme ist nicht in jedem Fall kongruent mit den aktuellen Regeln.

Ausgangslage

Die «standardmässige» Signalisierung eines BUE erfolgt mit Blinklichtsignalen. Im Warnsignal sind zwei Blinklichter auf schwarzem Grund angeordnet. Darüber hinaus werden für verschiedene Situationen andere Formen verwendet: Blinklichtsignal mit einem Blinklicht, Lichtsignale mit zwei oder drei Kammern.

Die Anwendungsfälle von Lichtsignalen (mit 2 oder 3 Kammern) sind in der Signalisationsverordnung SSV und im R RTE 25931 beschrieben. Im Bahnbetrieb sind grundsätzlich folgende Anwendungen möglich:

- Bei Integration des BUE in die Lichtsignale eines anliegenden Strassenknotens
- Wenn der BUE beidseitig Vollschraken aufweist (BUE-Typ SCHA)

Darüber hinaus können LSA im Zusammenhang mit MICRO-Anlagen sowie im Strassenbahnbetrieb eingesetzt werden (auch ohne Schranken).

Fährt ein Verkehrsteilnehmer auf einen BUE zu, so ist für ihn nicht erkennbar, warum ein Lichtsignal oder Blinklichtsignal vorhanden ist. Der Unterschied ist nur rechtlich begründet. Die Verhaltensanweisung ist in beiden Fällen gleich, wird aber unterschiedlich übermittelt.

Die Vielfalt der Signaltypen und die unterschiedliche Weise, wie ein Haltgebot angezeigt wird, kann beim BUE-Benützer falsch interpretiert werden bzw. es ist diesbezüglich oft Unwissen vorhanden. Die bei Lichtsignalen an Strassenkreuzungen vorhandene Verbindlichkeit und Regeltreue wird am BUE vermisst. Das Wechselblinklicht wird nicht in gleichem Masse als Stoppsignal wahrgenommen wie das Lichtsignal mit zwei oder drei Kammern

Es stellt sich daher die Frage, ob mit einer verstärkten Ausrüstung von BUE mit Lichtsignalen eine höhere Regeltreue erreicht werden könnte, wenn Halt immer mit gleichen Signalen angezeigt wird.

Grenzen der Anwendung ergeben sich an BUE, bei denen mehrere Strassen auf einen BUE zuführen und demzufolge mehrere Lichtsignale und allenfalls Fahrstreifen erforderlich wären.

Ausgestaltung der Massnahme

Den Ausgangspunkt bilden herkömmliche Blinksignale bei den BUE-Typen BSA, HSCHA und SCHA.

Massnahmen

- M5 Lichtsignale bei SCHA
- M5 Lichtsignale bei BSA
- M5 Lichtsignale bei HSCHA

Der Einsatz von LSA bei den Typen BSA und HSCHA ist gemäss heutigen Vorschriften nicht zulässig (vorausgesetzt, dass an der Strasse kurz vor dem BUE sich keine anderen LSA befinden).

Zielsetzung und Wirkungsweise

Die Massnahme soll den Zustand des BUE deutlicher vermitteln und regeltreues Verhalten fördern. Vorausgesetzt wird, dass Lichtsignale aufgrund der Konstellation von Strassen und BUE sinnvoll aufgestellt werden können. Die grundsätzliche Wirkungsweise ist bei allen BUE-Typen gleich.

Erkennen des BUE

- Das dreieckige Blinklichtsignal ist aufgrund seiner Fläche und charakteristischen Gestaltung auch ohne eingeschaltet zu sein gut sichtbar. Es ist davon auszugehen, dass das Blinklichtsignal überwiegend mit einem BUE assoziiert wird (Merkmal eines BUE).
- Im Gegensatz dazu ist ein Lichtsignal, das nicht eingeschaltet ist, vergleichsweise schlecht sichtbar und man kann es nicht mit einem BUE gleichsetzen. Die Message «Achtung, hier kommt ein BUE» ist beim Blinklichtsignal höher. Bei Locals spielt dieser Aspekt eine kleinere Rolle als bei Non-Locals.
- Einschätzung der Wirkung: Locals --> kein Einfluss, Non-Locals --> geringe Verschlechterung

Wahrnehmen des Zustands des BUE

- Das Blinklicht ist gut sichtbar (Grösse des Signals, Anordnung, Dynamik --> Vorteil Blinklicht).
- Das Einschalten des Blinklichtsignals startet abrupt und bedeutet ohne Gelbphase sogleich Halt. Auch bei korrektem Verhalten erfolgt bis zu einem gewissen Grad ein Befahren des BUE bei blinkendem Licht, da ein Stopp nicht sofort erfolgen kann. Diese Zeitspanne enthält Interpretationsspielraum bis hin zur falschen Überzeugung, dass erst die sich senkende Schranke Halt bedeutet. Die Gelbphase ist beim Lichtsignal klar erkennbar (--> Vorteil Lichtsignal).
- Die gleichermassen zwingende Bedeutung des Blinklichts wie stehendes Rot bei einem Lichtsignal wird bei den BUE-Benützern oft nicht korrekt interpretiert (--> Vorteil Lichtsignal)
- Beim Lichtsignal ist der Übergang zum Stopp mittels Gelblicht definiert und sichtbar. Die Message an den BUE-Benutzer ist die Gleiche wie bei jedem Lichtsignal: nach gelb folgt rot. Der Übergang von Ausgeschaltet bis Rot ist allerdings kurz und kann leicht übersehen werden. In diesem Punkt wird auch ein Lichtsignal am BUE mit zwei oder drei Kammern nicht die Verbindlichkeit eines Lichtsignals an einer Kreuzung mit vollständigen Zyklen grün/gelb/rot erreichen können (--> trotzdem leichter Vorteil Lichtsignal).

Entscheid

- Der Entscheid bei rotem Blinklicht durchzufahren, kann auf Unwissen, Spekulation (... es hat erst begonnen zu blinken) und bewusstem Entscheid, zu fahren bis die Schranke sich senkt, zurückzuführen sein. Wird das Rotlicht eines Lichtsignals wahrgenommen, ist davon auszugehen, dass das Wissen bezüglich der Bedeutung höher ist und die spekulativen Aspekte eher wegfallen (--> Vorteil Lichtsignal).
- Die Ahndung eines Vergehens an BUE ist selten, was den Benützern implizit bewusst sein dürfte (eigene Erfahrung). Bei Lichtsignalen ist dies anders; eine Ahndung muss grundsätzlich an jedem Lichtsignal erwartet werden und die Konsequenzen sind bekannt. Dies hat einen Einfluss auf den Entscheid (--> Vorteil Lichtsignal).
- Die Regeltreue von Fussgängern/Radfahrern bei Lichtsignalen ist im Vergleich zum motorisierten Verkehr klein. Eine schlechte Regeltreue von Fussgängern wird auch bei Lichtsignalen im Strassenverkehr festgestellt. Dies dürfte u.A. auch darauf zurückzuführen sein, dass bei Fussgängerdelikten seltener eine Ahndung erfolgt (--> kein Einfluss bei Fussgängern).

Weitere Aspekte

- Eine höhere Einstufung in der Phase des Entscheids wäre mit einer entsprechenden Durchsetzung/Ahndung erreichbar (Kombination mit der Massnahme M12 Enforcement).
- Das Ziel der grösseren Einheitlichkeit bei den Typen einer Signalisierung im Gesamtsystem der BUE wird nicht erreichbar sein, weshalb die Wirksamkeit bezogen auf das Gesamtsystem aller BUE tendenziell tiefer anzusetzen ist.

Abschätzung der Wirksamkeit

Die Einschätzung geht von einem herkömmlichen Blinklichtsignal aus. «Kein Einfluss» bedeutet, dass die Wirkung des Lichtsignals weitgehend gleich ist wie bei einem herkömmlichen Blinklicht.

M5 Lichtsignale bei SCHA

	Locals		Non-Locals	
	MOT	LV	MOT	LV
(1) Erkennen	kein Einfluss (0%)	kein Einfluss (0%)	gering negativ (-5%)	kein Einfluss (0%)
(2) Wahrnehmen	gering (10%)	kein Einfluss (0%)	gering (10%)	kein Einfluss (0%)
(3) Entscheiden	hoch (40%)	kein Einfluss (0%)	hoch (40%)	kein Einfluss (0%)
Resultierende Wirkung	13% (bzw. CHF 800.- /Jahr)			

Tabelle 16: Einschätzungen zur Wirksamkeit bei SCHA (Begründungen siehe Abschnitt zur Wirkungsweise)

M5 Lichtsignale bei BSA

- Die qualitative Einschätzung der Wirkung ist gleich wie beim BUe-Typ SCHA.
- Resultierende Wirkung: 13% (bzw. CHF 3'100.- /Jahr)
- Der Unterschied in der resultierenden Wirkung entsteht dadurch, dass im Vergleich zum BUe-Typ SCHA beim BSA das Erkennen und Wahrnehmen sowie der motorisierte Verkehr etwas höhere Risikoanteile aufweisen (grösserer Risikoanteil ist beeinflussbar).

M5 Lichtsignale bei HSCHA

- Die qualitative Einschätzung der Wirkung ist gleich wie beim BUe-Typ SCHA.
- Resultierende Wirkung: 16% (bzw. CHF 2'000.-/Jahr)
- Der Unterschied in der resultierenden Wirkung ist gleich zu begründen wie beim BUe-Typ BSA.

Massnahmenkosten

Zugrunde gelegte Zusatzkosten für Lichtsignale anstelle von Blinklichtsignalen:

Kostenklasse (Investitionskosten CHF 15'000.- bis 50'000.-)	Mittel
Jahreskosten (Klassenwert)	CHF 3'000.- /a

Die Bandbreite der Kosten hängt stark von der lokalen Situation ab und wieweit die Umsetzung in anstehende Sanierungen oder Erneuerungen integriert werden kann.

Verhältnismässigkeit

Das Kosten-Wirksamkeits-Verhältnis für die verschiedenen BUe-Typen, basierend auf durchschnittlichen Risiken, präsentiert sich wie folgt:

- SCHA: KWV = 3.8
- BSA: KWV = 1.0
- HSCHA: KWV = 1.5

Bei BSA ohne Schranken wird die höchste absolute Wirkung erwartet und das KWV ist ausgewogen.

Aspekte der Realisierung

- Der Einsatz von Lichtsignalen ist heute beschränkt auf BUe mit Schranken (SCHA) oder bei Integration eines BUe in die Lichtsignale eines angrenzenden Knotens (alle BUe-Typen) sowie beim Strassenbahnbetrieb. Für eine breitere Anwendung auch auf BUe der Typen BSA und HSCHA sind Anpassungen in den gesetzlichen und normativen Grundlagen des Strassenverkehrs sowie auf Ebene RTE erforderlich. Dies wird als aufwändig und langwierig beurteilt.

Weitere Vor- und Nachteile

- Eine Umsetzung der Massnahme im Gesamtnetz ist langwierig und führt dazu, dass auch über lange Zeit mehrere Signalisierungsarten parallel im Netz bestehen bleiben. Ein vollständiger Ersatz bei allen BUe und Vereinheitlichung wird zudem kaum möglich sein.
- Lichtsignale mit klar sichtbarer Gelbphase erlauben es, die Einhaltung leichter zu kontrollieren und Fehlverhalten zu ahnden (Beweisbarkeit). Sie sind allenfalls auch einfacher mit einer Rotlichtkamera kombinierbar (siehe Massnahme M12). Dies ist ein relevanter Nebeneffekt.

Folgerungen und Diskussion

- Grundsätzlich vermitteln Lichtsignale mit stehendem Rotlicht eine einheitliche Botschaft: Rot = Halt. Da Lichtsignale im übrigen Strassenverkehr einen vergleichsweise hohen Einhaltungsggrad aufweisen, würde auch die Situation an BUe davon profitieren.
- Lichtsignale bieten zudem bessere Voraussetzungen, um die Regeln durchzusetzen (--> Enforcement). Dem Rot geht eine klar definierte Gelbphase voraus, sodass eine Regelverletzung eindeutig definiert ist.
- Die Hauptwirkung der Lichtsignale wird in der Phase der «Entscheidung» erwartet, da ein Befahren bei stehendem Rot eine höhere Hürde darstellt als bei Blinklicht. Dieser Effekt kann durch Enforcement weiter erhöht werden.
- Zu beachten sind auch gewisse Nachteile, welche die Wirkung etwas schmälern:
 - Das Blinklichtsignal enthält die Information, dass ein BUe folgt. Beim Lichtsignal ist diese Abhängigkeit nicht vorhanden.
 - Das blinkende Licht ist im Allgemeinen gut sichtbar; das statische Rotlicht fällt weniger auf.
- Unter durchschnittlichen Bedingungen wird die Massnahme bei den BUe-Typen BSA und HSCHA als ausgewogen und verhältnismässig beurteilt.
- Bei BUe mit Vollschraken (SCHA) ist das Kosten-Wirksamkeits-Verhältnis ungünstig, was primär mit den tieferen Risiken dieser BUe zu begründen ist.
- Beim BUe-Typ SCHA ist eine günstige Wirkung zu erwarten, wenn verschiedentlich Stausituationen auftreten und ein Lichtsignal eine klarere Message an den Strassenverkehrsteilnehmer vermittelt. Bei besonders kritischen BUe könnte auch einfacher ein Enforcement erfolgen.

A3.6 M6 Viertelschranken

Kurzbeschreibung

Wenn aufgrund der Eigenheiten des BUe Schranken erforderlich sind, aber die Platzverhältnisse nicht mit verhältnismässigem Aufwand eine Vollschranke erlauben, sind gemäss R RTE 25931 Viertelschranken realisierbar. Es ist eine einseitig des Bahnübergangs angeordnete Halbschranke, die nur eine Fahrtrichtung erfasst. Für die Gegenrichtung wird nur ein Blinklichtsignal mit Andreaskreuz aufgestellt.

Ausgangslage

Viertelschranken werden bei T-Einmündungen bei paralleler Führung von Strasse und Schiene eingesetzt, wenn der Raum zwischen Strasse und Gleis für eine Schranke nicht vorhanden ist.

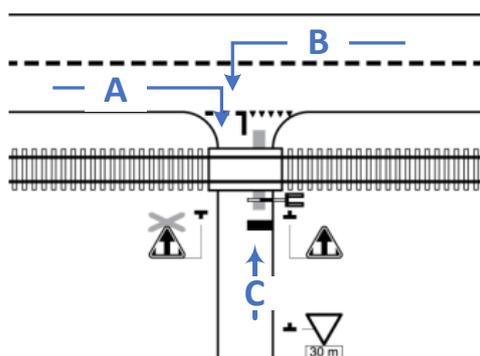


Abbildung 4: Typische Konfiguration Strasse – Schiene bei Viertelschranken

Solche Konfigurationen, die nur mit Blinklichtanlagen ausgerüstet sind, weisen ein überdurchschnittliches Risiko auf.

Die Viertelschranke kann das Einbiegen in die übergeordnete Strasse sicherer gestalten (C). In umgekehrter Richtung (A und B) hat sie keine grosse Wirkung (vergleichbar mit einer BSA).

Die betrachtete Konfiguration Strasse / Schiene tritt bei eingeleisigen Strecken auf.

Ausgestaltung der Massnahme

Den Ausgangspunkt bildet eine Blinklichtsignalanlage (BSA) mit Rundumleuchten und Andreaskreuz, die einseitig angeordnet sind und für alle Fahrrichtungen gelten (Ausgangszustand M0). Die Konfiguration entspricht der Abbildung 4.

Massnahme

- M6 Viertelschranke

Zielsetzung und Wirkungsweise

Anmerkungen zur Beurteilungsmethodik: Die Wirksamkeit der Massnahme lässt sich weitgehend direkt aus der Risikoanalyse ableiten. Eine Gliederung nach den Phasen «Erkennen», «Wahrnehmen», «Entscheiden» wird daher nicht vorgenommen.

Die Viertelschranke ist ein Kompromiss, der für eine Fahrtrichtung eine Verbesserung darstellt.

Entsprechende BUe werden im Allgemeinen von ortskundigen Fahrzeugen befahren. Das Vorhandensein des BUe ist bekannt. Eine Ausnahme kann beispielsweise temporärer touristischer Verkehr sein.

Fahrtrichtungen A und B

- Aus diesen Richtungen ist ein mit einer BSA vergleichbares Risiko zu erwarten, das auf die typischen Abbiegeszenarien zurückgeht.

- Günstig wirkt sich aus, dass zusätzlich zum Blinklicht auch die Lage der Schranke erkennbar ist, auch wenn sie nicht die eigene Fahrbahn betrifft. Wenn sie sich senkt, ist es ein eindeutiges Zeichen, dass ein Zug naht. Dies bewirkt jedoch, dass die BUe-Benützer sich stärker an der Schranke als «ultimatives Zeichen» orientieren (nicht regelkonformes Verhalten). Der Effekt der Schranke ist insofern reduziert, als sie kurz ist und nur aus einem spitzen Winkel von der Strasse her sichtbar ist.
- Es ist davon auszugehen, dass die Platzverhältnisse auf der untergeordneten Strasse eher knapp sind und allenfalls ein (nicht regelkonformes) Passieren bei geschlossener Schranke mit breiten Fahrzeugen aus Richtung A und B erschwert ist (Steckenbleiben auf dem BUe).
- Gegenüber einer reinen BSA ist die Sperrzeit länger (wie bei Halbschranken). Es provoziert eher ein Befahren solange sich die Schranke noch nicht bewegt. Es führt auch dazu, dass Fahrzeuge länger auf der übergeordneten Strasse – meist ohne geeignetem Warteraum – halten müssen (erhöhte Wahrscheinlichkeit für einen Strassenverkehrsunfall). Insbesondere ausserorts kann dies sehr «ungemütlich» sein, sodass wenn immer möglich, der BUe noch passiert wird, solange kein Zug naht.

Fahrtrichtung C

- Aus dieser Fahrtrichtung ist eine Wirkung ähnlich einer Halbschranke zu erwarten. Ein Umfahren der Halbschranke mit einem PW ist unwahrscheinlich, weil danach ein sofortiges Einbiegen in die übergeordnete Strasse erforderlich ist (bei Fahrrädern anders).
- Fahrzeuge, die bereits auf dem BUe stehen, da sie nicht einbiegen können, sind weiterhin gefährdet (Ausnahme: lange Fahrzeuge, die unter der Schranke stehen oder wenn eine RÜ vorhanden ist).

Abschätzung der Wirksamkeit

Basisrisiko der betrachteten BUe-Typen BSA und Viertelschranke

- Das Basisrisiko der Viertelschranke setzt sich zusammen aus dem Risiko einer BSA (Richtung A und B) und einer HSCHA (Richtung C).
- Fahrtrichtung A und B: Aufgrund der Unfallbeschreibungen und Einschätzungen aus der Praxis, betreffen bei BSA in einer T-Konfiguration etwa 70% Abbiegeunfälle aus der übergeordneten Strasse. Dieser Anteil fliesst in den Risikowert der Viertelschranke für die Richtungen A und B ein.
- Fahrtrichtung C: 50% des Risikos einer HSCHA.

MKR BUe-Typ BSA/LSA	CHF 20'500.- /a
MKR BUe-Typ HSCHA	CHF 2'300.- /a
Abbiegender Verkehr (Richtungen A und B): 70% von BSA/LSA	CHF 14'350.- /a
Einbiegender Verkehr (Richtung C): 50% von HSCHA	CHF 1'150.- /a
MKR der Viertelschranke	CHF 15'500.- /a
Wirksamkeit (Risikoreduktion)	CHF 5'000.- /a --> 25%

Tabelle 17: Monetarisiertes kollektives Risiko MKR der BUe-Typen auf der Basis von identischen Verkehrsdaten

- Gemäss Risikoanalyse für HSCHA beträgt das Basisrisiko C'F 12'200.- /Jahr. Der Wert bezieht sich allerdings nicht auf die gleichen Verkehrsdaten wie bei der BSA. Um direkt vergleichen zu können, wird das MKR für HSCHA mit den Verkehrsdaten einer durchschnittlichen BSA korrigiert (Züge, Geschwindigkeit, DTV).

Weitere Einflüsse

- Positive Effekte: Sichtbarkeit der Viertelschranke; dies führt einerseits zu besserem Erkennen des BUe, kann aber nicht regelkonformes Verhalten begünstigen («solange die Barriere sich nicht senkt kann ich fahren»)
- Negative Effekte: Längere Sperrzeit --> weniger regelkonformes Verhalten
- Nicht berücksichtigt sind allfällige Unfälle auf der übergeordneten Strasse durch wartende BUe-Benützer (spezifische lokale Eigenheiten sind wichtig)

Massnahmenkosten

Zugrunde gelegte Zusatzkosten für eine Viertelschranke anstelle von Blinklichtsignalen (ohne bauliche Anpassungen an der Strasse):

Kostenklasse	hoch
Jahreskosten (Klassenwert)	CHF 10'000.- /a

Verhältnismässigkeit

- Das Kosten-Wirksamkeits-Verhältnis (KWV) für die Ausrüstung eines mittleren BUE des Typs BSA/LSA mit Viertelschranken liegt bei **2.0**, was gerade noch einem ausgewogenen Verhältnis entspricht.
- Da das KWV gerade an der Grenze «ausgewogen» – «ungünstig» liegt, können bereits einzelne vom Mittelwert abweichende Einflussfaktoren, die Beurteilung relevant beeinflussen.

Aspekte der Realisierung

- Ein Erschwernis entsteht, wenn die untergeordnete Strasse für eine Schranke nicht ausreichend breit ist. Entsprechende Anpassungen der Strassenbreite erhöhen die Kosten und beeinflussen die Verhältnismässigkeit. Es bedingt zudem eine Einigung mit betroffenen Landeigentümern.

Weitere Vor- und Nachteile

- Durch die erhöhte Sperrzeit kann die Strassenverkehrssicherheit auf der übergeordneten Strasse negativ beeinflusst werden (siehe Erläuterungen bei der Wirkungsweise und Folgerungen). Die erhöhte Sperrzeit kann auch negativ auf die Fussgängersicherheit wirken.

Folgerungen und Diskussion

Auch wenn die Viertelschranke einen Kompromiss darstellt, ist eine Risikoreduktion gegenüber einem reinen Blinklichtsignal von rund 25% zu erwarten.

Die Massnahme ist verhältnismässig, sofern der BUE mindestens ein durchschnittliches Risiko aufweist.

Bei ansonsten durchschnittlichen Parametern gelten folgende Aussagen:

- Unverhältnismässig bei Geschwindigkeiten unter 40 km/h
- Verhältnismässig bei Parallelführung Schiene/Strasse und Einmündung in schwach oder stark befahrene Strasse
- Treten gegenläufige Einflussfaktoren auf, kann die Anwendung des Risikomodells Hinweise liefern.

Erforderliche Anpassungen an der Strasseninfrastruktur wie beispielsweise die Verbreiterung der Strasse für die Installation einer Viertelschranke sind im Allgemeinen nicht verhältnismässig. Nur bei überdurchschnittlich hohem Risiko sind entsprechende Aufwendungen gerechtfertigt.

Die erhöhte Sperrzeit von Schrankenanlagen gegenüber Blinklichtsignalen kann dazu führen, dass Fahrzeuge bei einer Parallelführung Schiene/Strasse auf einer übergeordneten Strasse längere Zeit warten müssen. Handelt es sich um eine stark befahrene Strasse mit Geschwindigkeit über 50 km/h, bei der kein Warteraum vorhanden ist, nimmt die Wahrscheinlichkeit einer Auffahrkollision auf der Strasse relevant zu. Für die Beurteilung und den Entscheid Blinklichtsignal oder Viertelschranke sollten die Risiken eines Unfalls auf der Strasse mit einbezogen werden (Abstimmung und Entscheid gemeinsam mit dem Strasseneigentümer).

A3.7 M7 Raumüberwachung

Kurzbeschreibung

Die Raumüberwachung (RÜ) verhindert den Zusammenstoss eines Zuges mit einem Fahrzeug, das auf dem BUE stehen bleibt. Das Verhalten der BUE-Benützer wird nicht direkt beeinflusst.

Eine RÜ wird bei den BUE-Typen SCHA (zwischen Schranken eingeschlossene Fahrzeuge), BSA/LSA (Fahrzeuge auf dem BUE bei erschwerter Räumung) geprüft.

Ausgangslage

Ist die Räumung eines BUE aufgrund der Konstellation von Strasse und Schiene sowie dem Verkehrsaufkommen erschwert, so ist gemäss den AB-EBV eine RÜ vorzusehen. Eine RÜ ist ebenfalls notwendig bei BUE an Strecken mit einer zulässigen Geschwindigkeit über 140 km/h. Im R RTE 25931 sind die Kriterien für den Einsatz der RÜ weiter ausgeführt.

Im ersten Anwendungsfall steht der Schutz der Verkehrsteilnehmer im Vordergrund. Im zweiten Anwendungsfall steht der Schutz der Personen im Zug im Fokus.

Eine Raumüberwachung wird üblicherweise bei BUE mit Schranken (SCHA) vorgesehen, ist aber auch bei Blicklichtsignalen (BSA) möglich.

Für die RÜ werden unterschiedliche Technologien, die eine mehr oder weniger vollständige Überwachung ermöglichen, eingesetzt:

- Schleifen in der Fahrbahn (bisher überwiegend eingesetzte Technologie)
- Lichtschranken (linienförmige, kontaktlose Erfassung)
- Radar, Laserscanner, Bildüberwachung (räumliche, kontaktlose Erfassung)

Der Ablauf beim Schliessen der Schranken kann vereinfacht als Prüfen – Schliessen – Freigeben umschrieben werden (Anwendung in Fällen von erschwerter Räumung, generelle Hypothese für die Massnahmenbeurteilung). Kann infolge einer Belegung des BUE die Schranke nicht geschlossen werden, so entstehen Verzögerungen für den Bahnbetrieb.

Das Einschliessen zwischen Schranken ist überwiegend auf ein Fehlverhalten der Strassenbenützer zurückzuführen.

Ausgestaltung der Massnahme

Für die Massnahmenbeurteilung werden folgende Situationen bzw. Varianten unterschieden:

- M7, Raumüberwachung, Schleifen (SCHA)
- M7, Raumüberwachung, umfassende Überwachung (SCHA)

Das LRP der Bahn wird vollständig erfasst. Es wird keine bestimmte Technologie zugrunde gelegt. Die RÜ muss in der Lage sein, einen Würfel von 0.5m Kantenlänge, der 0.5m über dem Boden steht, zu erfassen¹.

- M7, Raumüberwachung, Schleifen (BSA)

Schleife in der Fahrbahn, eingesetzt in eher einfachen Situationen, beispielsweise bei einer Parallelführung von Schiene und Strasse. Fahrzeuge stehen vor dem Einmünden in eine übergeordnete Strasse im LRP der Bahn.

¹ Entspricht den Anforderungen der SBB in einer laufenden Ausschreibung.

Zielsetzung und Wirkungsweise

- Ziel der RÜ ist es, den Zusammenstoss eines Zuges mit einem Fahrzeug, das auf dem BUe steht, zu vermeiden.
- Schleifen können metallische Objekte erfassen. Fahrzeuge, die nicht auf der Schleife stehen oder Personen werden nicht erfasst. Eine umfassende RÜ kann alle Objekte inklusive Personen, die die Würfelabmessungen übersteigen, erfassen.
- Personen, die trotz geschlossener Schranke den BUe queren, werden nicht erfasst, was aber auch nicht das Ziel der RÜ ist.
- Erfolgt eine Belegung beim Typ BSA/LSA erst nach der Freigabe, so ergibt die RÜ keine Wirkung. Dies bedingt jedoch ein klares Fehlverhalten des Strassenbenützers (Befahren trotz Blinklicht).

Abschätzung der Wirksamkeit

Anmerkungen zur Beurteilungsmethodik

Die Wirksamkeit der Massnahme lässt sich weitgehend direkt aus der Risikoanalyse ableiten. Eine Gliederung nach den Phasen «Erkennen», «Wahrnehmen», «Entscheiden» wird daher nicht vorgenommen.

Beeinflussbares Risiko beim BUe-Typ SCHA

Relevante BUe-Benützer	Risikoanteil	Beeinflussbare Gefährdungen	Anteil	Risikoanteil gesamt
Motorisierter Verkehr (MV)	60%	Einschliessen	80%	48%
		Übrige Gründe	20%	12%
Langsamverkehr (LV)	40%	Einschliessen	5%	2%
		Übrige Gründe	95%	38%
Mit RÜ beeinflussbar (Einschliessen)				50%
Mit RÜ nicht beeinflussbar (übrige)				50%

Tabelle 18: Mit RÜ beeinflussbare Risiken beim BUe-Typ SCHA

- Das Risiko bei SCHA wird stark durch Fussgänger beeinflusst, die bei geschlossenen Schranken den BUe passieren. Da es meist bewusst eingegangene Risiken sind, werden diese Personenschäden um einen Faktor 5 tiefer gewichtet, behalten aber trotzdem ein hohes Gewicht. Die häufiger auftretenden Kollisionen mit eingeschlossenen Fahrzeugen weisen ein vergleichsweise kleines mittleres Schadensausmass auf, da Personen die Fahrzeuge meist verlassen haben.
- Im Risiko enthalten sind auch seltene schwere Ereignisse, bei denen insbesondere Bahnpassagiere gefährdet sind.

Beeinflussbares Risiko beim BUe-Typ BSA

- Beeinflussbar durch die RÜ sind Risiken, die durch eine Belegung des LRP aufgrund einer erschwerten Räumung entstehen. Die Sichtung der Unfallbeschreibungen zeigt, dass dies höchstens etwa 10% des Risikos entspricht.

Resultierende Wirksamkeit

- In Abhängigkeit der gewählten technischen Lösung kann das beeinflussbare Risiko mehr oder weniger reduziert werden.

	BUe-Typ SCHA		BUe-Typ BSA
	RÜ mit Schleife	Umfassende RÜ	RÜ mit Schleife
Basisrisiko des BUe	100%	100%	100%
Beeinflussbares Risiko	50%	50%	10%
Wirksamkeit der technischen Systeme	90%	99%	80%
Risikoreduktion in %	45%	50%	8%
Risikoreduktion am mittleren BUe (in CHF/Jahr)	2'736	3'040	1'638

Tabelle 19: Risikoreduktionen

- Die Wirksamkeiten entsprechen groben Schätzungen und zeigen, dass weiterhin ein Restrisiko besteht. Die tieferen Werte der BSA berücksichtigen, dass Fahrzeuge nach dem Einschalten der Blinklichter bzw. des Kontrolllichts auf den BUe gelangen und dort unerkant stehen bleiben können.

Massnahmenkosten

- Die Kosten können in starkem Masse variieren in Abhängigkeit davon, ob der Einbau im Rahmen einer Sanierung des BUe erfolgt oder als Nachrüstung. Ebenso spielt die gesamte Komplexität und Grösse der BUe eine wesentliche Rolle.
- Die Technologie einer «umfassenden RÜ» ist nicht definiert. Als Grundlage dienen die Spezifikationen und der Anwendungsfall der SBB. Es gilt die Anforderung, dass die Kosten nicht höher sein sollen als bei einer herkömmlichen Anlage mit Schleifen.
- Nicht eingerechnet sind eventuelle betriebliche Auswirkungen, wenn Strassenverkehrsteilnehmer den BUe belegen und ein Schliessen der Schranken verhindern (indirekte Kosten).

Klassierung	Klassierung	Jahreskosten (Klassenwert)
M7 BUe-Typ SCHA, RÜ mit Schleife	hoch	CHF 10'000.-/Jahr
M7 BUe-Typ SCHA, umfassende RÜ	hoch	CHF 10'000.-/Jahr
M7 BUe-Typ BSA/LSA, Schleife, einfache Situation	gering	CHF 300.-/Jahr

Tabelle 20: Kostenschätzungen

Verhältnismässigkeit

Als Beurteilungskriterium dient das Kosten-Wirksamkeits-Verhältnis (KWV).

Bezogen auf einen durchschnittlichen BUe des jeweiligen Typs ergeben sich folgende KWV (Jahreskosten/Risikoreduktion):

- SCHA mit Schleifen: **3.6**
- SCHA mit umfassender RÜ: **3.3**
- BSA mit Schleifen: **0.2**

Anmerkungen

- Beim BUe-Typ SCHA ist das KWV bei einem durchschnittlichen BUe ungünstig. Mit leicht überdurchschnittlichen Parametern und einer erschwerten Räumung oder hoher Geschwindigkeit wird ein ausgewogenes KWV erreicht.
- Bei einer BSA wird ein ausgewogenes KWV bereits bei einem sehr kleinen Ausgangsrisiko erreicht, sofern die Kosten sehr klein sind. Es bedeutet, dass eine RÜ bei Situationen mit erschwerter Räumung auch bei wenig Verkehr auf der Strasse und auf der Schiene bereits kostenwirksam sein kann (Bedingung: günstig realisierbare Lösung).

Aspekte der Realisierung

- Die Raumüberwachung kann in eigener Regie der Bahnunternehmen realisiert werden.

Weitere Vor- und Nachteile

- Bei dichtem Bahnverkehr wirken sich Verzögerungen durch nicht schliessende Schranken sehr rasch negativ auf den Betrieb aus. Dies kann aus betrieblicher Sicht inakzeptabel sein.
- Wird die RÜ an BUE eingesetzt, die von einem sehr engen Kreis von Nutzern befahren wird, so werden diese die Funktion der RÜ wahrnehmen und risikoreicheres Verhalten kann sich einstellen.

Folgerungen und Diskussion

- Je nach konkreter Situation an einem BUE können beide Beurteilungselemente «Kosten» und «Risiko» stark variieren und die Verhältnismässigkeit der Raumüberwachung massgebend beeinflussen.
- Für die Beurteilung der Verhältnismässigkeit einer RÜ ist es nicht entscheidend, ob die RÜ die verschiedenen möglichen Objekte mit einer Wahrscheinlichkeit von 80%, 90% oder 99% erfasst. Das Kosten-Wirksamkeits-Verhältnis wird nur wenig beeinflusst. Steigen aufgrund sehr hoher Anforderungen an die RÜ die Kosten jedoch überproportional an, und wird sie in der Folge deshalb weniger eingesetzt, reduziert sich die Wirkung der Massnahme im Netz der BUE. Es ist daher eine bewusste Abwägung zwischen Anforderungen und Kosten vorzunehmen. Dies ist insofern vertretbar als die primäre Verantwortung weiterhin beim Strassenverkehrsteilnehmer liegt (regelkonformes Verhalten) und die RÜ eine zusätzliche Überwachung darstellt.
- Einfluss auf den Betrieb: Negative Auswirkungen auf den Betrieb (Fahrzeitverlängerung, Verspätungen, Fahrplanstabilität) sind tendenziell dort zu erwarten, wo auch erhöhte Risiken auftreten (hohes Verkehrsaufkommen auf der Strasse, Staubbildung, viele Züge). Wenn aus betrieblicher Sicht auf eine RÜ verzichtet wird, besteht die Möglichkeit, dass es tatsächlich ein Risikoschwerpunkt ist. Dies kann anhand des Risikomodells überprüft werden. Alternative Massnahmen sind beispielsweise ein gezieltes verstärktes Durchsetzen der Regeln (Massnahme 12)
- BUE-Typ BSA: Wenn eine erschwerte Räumung vorliegt und die RÜ günstig realisierbar ist, ist sie bereits bei vergleichsweise tiefen Risiken kostenwirksam. Beim BUE-Typ BSA trifft dies typischerweise bei einer Einmündung in eine übergeordnete Strasse, die parallel zum Gleis verläuft, zu.
- BUE-Typ SCHA: Eine RÜ ist kostenwirksam, wenn leicht überdurchschnittliche Parameter und eine erschwerte Räumung oder hohe Geschwindigkeit vorhanden sind. Bei ansonsten durchschnittlichen Parametern ist eine RÜ gemäss Risikomodell ab einer Geschwindigkeit von rund 140 km/h verhältnismässig. Das Risikomodell ist in diesem Punkt kongruent mit den Vorgaben der AB EBV.

A3.8 M8 Getrennte Führung und Sicherung für den Langsamverkehr

Kurzbeschreibung

Langsamverkehr – insbesondere Fussgänger – soll über einen BUe geführt werden, der auf die Bedürfnisse des Langsamverkehrs zugeschnitten ist. Es bedeutet kurze logische Wege, kurze Wartezeiten, ein Layout, das bewusstes und unbewusstes Fehlverhalten möglichst unterbindet.

Wo möglich erfolgt die Abtrennung zum übrigen Verkehr physisch, allenfalls auch nur optisch.

Ausgangslage

Anlagen, die für alle Verkehrsteilnehmer gleichermaßen gelten, können für einzelne Gruppen nicht optimal sein. Dies kann u.A. dazu führen, dass sich diese Teilnehmer weniger an die Regeln halten.

Unfälle mit Fussgängern an BUe sind überdurchschnittlich schwer und machen einen wesentlichen Teil des Risiko aus. Dies gilt, obschon Fussgängerunfälle im Vergleich zu Unfällen mit Fahrzeugen deutlich seltener sind und auch die Gewichtung der Opfer aufgrund der oft bewusst eingegangenen Gefährdung bei der Ermittlung des Risikos reduziert wird (siehe Bericht zur Phase 1).

Besonders heikel sind BUe im Bereich von Haltestellen des öV, wenn der Weg zur Haltestelle über einen BUe führt sowie generell BUe mit hohem Fussgängeraufkommen (Gruppenverhalten).

Die Regelung R RTE 25931 enthält verschiedene Anforderungen, die auf Fussgänger ausgerichtet sind. Beispiele sind die separate Führung der Fussgänger bei Halbschranken, die Bestimmung der Sperrzeiten für Fussgänger oder die Einbindung von Fussgängern in der Nähe von Haltestellen des öV.

Bei einem schleifenden Schnitt zwischen Strasse und Gleis kann die Distanz zwischen den Schranken so gross sein, dass alleine wegen der langen Warnzeit eine separate Verkehrsführung erforderlich wird.

Die separate Führung des Langsamverkehrs erfordert Platz, der oft gerade dort, wo ein erhöhtes Fussgängeraufkommen auftritt, knapp ist (innerorts, im Bereich anderer Verkehrswege und Bauten).

In der vorliegenden Massnahme nicht betrachtet werden reine Fussgänger- oder Radwegübergänge.

Ausgestaltung der Massnahme

Den Ausgangspunkt für die Abschätzung der Wirksamkeit bildet ein BUe des Typs SCHA.

- Ausgangspunkt: Langsamverkehr ohne getrennte Führung und Schranken
 - Gemeinsame Schranke und Sperrzeit für alle Verkehrsteilnehmer
 - Gemeinsame Verkehrsfläche, nur minimal/optisch getrennt (z.B. Trottoir)
- M8 Langsamverkehr *mit* getrennter Führung und Sicherung (SCHA)
 - Physisch getrennte Führung mit kurzen Wegen
 - Die Abtrennung ist so, dass Fussgänger möglichst früh auf den Weg geführt werden
 - Ausweichen und Umgehen soweit möglich mittels Zaun unterbunden
 - Minimale Sperrzeit
- M8 Langsamverkehr mit getrennter Führung und Sicherung (HSCHA)
- M8 Langsamverkehr mit getrennter Führung und Sicherung (BSA)

Beim Langsamverkehr wird primär auf Fussgänger fokussiert; Aspekte des Zweiradverkehrs werden ergänzend angefügt.

Zielsetzung und Wirkungsweise

Die Sichtung der Fussgängerunfälle zeigt, dass ein sehr grosser Teil durch massives bewusstes Fehlverhalten verursacht wird. Ziel ist es, das Fehlverhalten durch eine günstige Gestaltung der BUe zu reduzieren.

Bezogen auf die drei Phasen des Ablaufs gelten folgende Einschätzungen:

Erkennen des BUe

- Im Gegensatz zum motorisierten Verkehr dürfte das Nicht-Erkennen eines BUe keine massgebliche Ursache für Unfälle mit Fussgängern sein, sofern nicht eine starke Ablenkung, zB. durch Telefonieren der Grund ist. Dies ist jedoch massnahmenunabhängig. Annahme für die Wirkung: kein Einfluss

Wahrnehmen des Zustands des BUe

- Blinklichtsignale sind tendenziell ausgerichtet auf den Strassenverkehr, sodass es denkbar ist, dass Fussgänger den Beginn der Schliessung nicht erkennen. Akustische Signale sind jedoch hörbar.
- Eine explizit auf Fussgänger ausgerichtete Anlage kann hier eine Verbesserung bringen. Allerdings dürfte das Nicht-Wahrnehmen des Zustands nur selten die kausale Ursache für einen Unfall darstellen. Annahme für die Wirkung: gering.

Entscheid

Bewusste Entscheide sind die massgebliche Ursache von Fussgängerunfällen. Um diese zu beeinflussen sind folgende Aspekte wichtig:

- Direkte, rasche und attraktive Wege bei Fussgängerrelationen --> kein Anreiz, einen ungünstig gesicherten Weg zu wählen
- Kurze Sperrzeit, Umgehen von Schranken erschweren --> Regelwidriges Verhalten an geschlossenen Schranken minimieren
- Umfassendes lückenloses Konzept der Sicherung --> Verbindlichkeit vermitteln (keine Ausrede mit der Begründung «gilt nicht für mich»).
- Zur gemeinsamen Wirkung Massnahmen sind keine Grundlagen oder andere Angaben vorhanden. Annahme: erheblich.

Beispiel Vorher / Nachher (BUe Seestrasse, Wädenswil)

- Lange Distanz zwischen den Schranken reduziert, lange Sperrzeit für Fussgänger verkürzt
- Möglichkeit die Schranken zu umgehen ist weitgehend unterbunden



Abschätzung der Wirksamkeit

M8 BUe-Typ SCHA

	Locals (70%)		Non-Locals (30%)	
	MV (60%)	LV (40%)	MV (80%)	LV (20%)
(1) Erkennen	kein Einfluss (0%)	kein Einfluss (0%)	kein Einfluss (0%)	kein Einfluss (0%)
(2) Wahrnehmen	kein Einfluss (0%)	gering (5%)	kein Einfluss (0%)	gering (5%)
(3) Entscheiden	kein Einfluss (0%)	hoch (60%)	kein Einfluss (0%)	hoch (60%)
Resultierend	20% bzw. CHF 1'200.-/Jahr			

Tabelle 21: Wirksamkeit und Reduktion des Basisrisikos beim BUe-Typ SCHA

M8 BUe-Typ HSCHA (Halbschranken)

	Locals (70%)		Non-Locals (30%)	
	MV (80%)	LV (20%)	MV (80%)	LV (20%)
(1) Erkennen	kein Einfluss (0%)	kein Einfluss (0%)	kein Einfluss (0%)	kein Einfluss (0%)
(2) Wahrnehmen	kein Einfluss (0%)	gering (5%)	kein Einfluss (0%)	gering (5%)
(3) Entscheiden	kein Einfluss (0%)	hoch (60%)	kein Einfluss (0%)	hoch (60%)
Resultierend	8% bzw. CHF 1'000.-/Jahr			

Tabelle 22: Wirksamkeit und Reduktion des Basisrisikos beim BUe-Typ HSCHA

- Die Sichtung der Unfälle an Halbschranken liefert Indizien, dass Fussgängerunfälle an HSCHA seltener sind als an SCHA. Dies dürfte eine Folge davon sein, dass HSCHA eher ausserorts anzutreffen sind und Unfälle mit Langsamverkehr primär Zweiräder betreffen.

M8 BUe-Typ BSA (Blinklichtsignalanlagen)

	Locals (80%)		Non-Locals (20%)	
	MV (90%)	LV (10%)	MV (90%)	LV (10%)
(1) Erkennen	kein Einfluss (0%)	kein Einfluss (0%)	kein Einfluss (0%)	kein Einfluss (0%)
(2) Wahrnehmen	kein Einfluss (0%)	gering (5%)	kein Einfluss (0%)	gering (5%)
(3) Entscheiden	kein Einfluss (0%)	hoch (50%)	kein Einfluss (0%)	hoch (50%)
Resultierend	4% bzw. CHF 800.-/Jahr			

Tabelle 23: Wirksamkeit und Reduktion des Basisrisikos beim BUe-Typ BSA

- Die Sichtung der Unfälle an Blinklichtsignalanlagen macht deutlich, dass Fussgängerunfälle kein Schwergewicht der Risiken BSA darstellen (5 von 332 Unfällen, 1.5%). Der Risikoanteil ist höher, da Fussgängerunfälle auch hier überdurchschnittlich schwer verlaufen.

Massnahmenkosten

Die Massnahmenkosten hängen in starkem Masse von den lokalen Gegebenheiten ab. Kostenelemente sind: Schranken, Antrieb und Steuerung; Anpassungen an der Infrastruktur, Landerwerb, Planungskosten (auch PGV).

Massnahme	Kostenklasse	Jahreskosten
M8.1 BUe-Typ SCHA	Hoch	CHF 20'000.- /Jahr
M8.2 BUe-Typ HSCHA	Hoch	CHF 20'000.- /Jahr
M8.3 BUe-Typ BSA	Hoch	CHF 20'000.- /Jahr

Die Kostenklasse «hoch» entspricht Investitionskosten von über CHF 150'000.-. Diese dürften in günstigen Fällen darunter liegen.

Verhältnismässigkeit

Bezogen auf einen durchschnittlichen BUe des jeweiligen Typs ergeben sich folgende KWV (Jahreskosten/Risikoreduktion):

- BUe-Typ SCHA: KWV = 17
- BUe-Typ HSCHA: KWV = 20
- BUe-Typ BSA: KWV = 25

Die Kosten-Wirksamkeits-Verhältnisse sind durchwegs ungünstig und die Massnahme ist im Allgemeinen klar unverhältnismässig.

Aspekte der Realisierung

- Die Realisierung kann aufgrund knapper Platzverhältnisse aufwändig sein (Kostenfolgen) und auch wegen den Eigentumsverhältnissen erschwert sein (Landbedarf).

Weitere Vor- und Nachteile

- Die Motivation für eine getrennte Führung und Sicherung kann sein, Regelkonformität herzustellen (Einhalten von Warn- und Sperrzeiten; verhindern, dass sich Personen auf der falschen Seite der Barriere bewegen können, etc.). Dabei geht es nicht um eine Verbesserung im Sinne einer Optimierung, sondern um Musskriterien.
- Ebenfalls nicht im Sinne einer Verbesserung sind BUe bei vollständig getrennten, eigenständigen Velowegen zu betrachten. Hier gelten die üblichen Kriterien für die Ausgestaltung der BUe.
- Die getrennte Führung des Langsamverkehrs muss allenfalls zusammen mit den Risiken auf angrenzenden Strassen beurteilt werden (kein Trottoir, ungünstige Querung einer Strasse, etc.). Wenn eine getrennte Führung zur Reduktion von Risiken auf benachbarten Strassen führen kann, ist auch dieser Aspekt bei der Beurteilung zu berücksichtigen und der Strasseneigentümer mit einzubeziehen.
- Stürze von Radfahrern an Gleisen bei einem schleifenden Schnitt sind vergleichsweise häufig (deutlich häufiger als die Kollision am BUe selbst). Eine separate Führung der Radfahrer in Form eines Schlenkers über den BUe kann diese Unfallursache etwas reduzieren, birgt aber neue Sturzrisiken und wird von den Radfahrern oft nicht befolgt. Um trotzdem eine Verbesserung zu erzielen, kann allenfalls eine Massnahme wie VELOSTRAIL, bei denen der Gleisspalt teilweise geschlossen wird, zielführender sein als eine aufwändige Führung und Sicherung für den Velostreifen.

Folgerungen und Diskussion

- Aus der Unfallstatistik ist ersichtlich, dass an BUe mit Vollschränken vergleichsweise häufig schwere Fussgängerunfälle auftreten. Aufgrund der Unfallbeschreibungen ist zudem ersichtlich, dass sehr oft ein bewusstes Fehlverhalten vorliegt. Dieser Aspekt ist in der Risikoanalyse mit einer reduzierten Gewichtung berücksichtigt und führt dazu, dass das Fussgängerrisiko im Vergleich zu den reinen statistischen Daten geringer ausfällt. Trotzdem kann ein relevantes Risiko vorhanden sein. Da jedoch eine separate Führung und Sicherung des Langsamverkehrs im Allgemeinen sehr aufwändig ist, werden entsprechende Massnahmen meist unverhältnismässig sein.
- Merkmale für Situationen, in denen eine getrennte Führung potenziell verhältnismässig ist, sind (einzelne oder mehrere der Kriterien treten ausgeprägt auf):
 - Grosse Ströme beim Langsamverkehr
 - Zielpunkt für den Langsamverkehr in unmittelbarer Nähe des BUe
 - Spezielle Benutzergruppen, insbesondere Kinder und Jugendliche
 - Risiken auf angrenzenden Strassen aufgrund einer ungeeigneten Führung der Fussgänger.
- Die getrennte Führung soll auf kürzestem Weg die Fussgänger Verbindung darstellen und ein Ausweichen und Durchschlüpfen verhindern («wasserdicht»).
- Darüber hinaus kann eine eigenständige Sicherung bei separaten Velowegen erforderlich sein (Anwendung der üblichen Kriterien für die Bahnübergangssicherung).

A3.9 M9 Zusammenarbeit Strasse/Bahn

Kurzbeschreibung

Die Massnahme beschreibt Ansatzpunkte verstärkter Zusammenarbeit zwischen den beiden Verkehrsträgern. Dabei sollen etablierte und standardisierte Infrastruktur-Sicherheitsinstrumente des Strassenverkehrs-Sicherheitsmanagements unter Einbezug der Sicherheitsverantwortlichen von Bahn und Strasse vollzogen werden.

Ausgangslage

Im Strassenverkehr ist die Sicherheitsarbeit stark institutionalisiert. Dies beinhaltet eine klare Rollen-zuteilung, welche die Zuständigkeiten seitens der Strasseneigentümer klar festlegt (z.B. Sicherheitsbeauftragte), bis hin zu den vom ASTRA entwickelten Infrastruktur-Sicherheitsinstrumenten. Die Instrumente (standardisierte Methoden) werden gezielt in den Phasen Planung, Projektierung und Betrieb angewendet und unterstützen die Beteiligten in der Sicherheitsarbeit. Im Weiteren wird der Austausch zwischen den Sicherheitsbeauftragten vom ASTRA aktiv gefördert.

Diese Tätigkeiten finden nahezu ausschliesslich innerhalb der «Strassenwelt» statt, da Kreuzungen Strasse – Bahn, bezogen auf das Gesamtnetz der Strassen, selten sind. Auch die bahnseitige Sicherheitsarbeit wird mehrheitlich in der «Bahnwelt» abgewickelt (z.B. innerhalb des vom BAV geforderten Sicherheitsmanagementsystems SMS). Man kennt sich kaum und die Werkzeuge des anderen Verkehrsträgers bleiben unbekannt.

Bei der BUe-Thematik, die beide Welten betrifft, kommt der gegenseitige Einbezug kurz und es ist davon auszugehen, dass dadurch Sicherheitspotenziale unausgeschöpft bleiben. Insbesondere zeigt sich, dass für Massnahmen, die über die enge Sicherung des BUe hinausgehen, eine systematischere verstärkte Zusammenarbeit notwendig ist.

Ausgestaltung der Massnahme

Im Vordergrund stehen zwei Ebenen der Zusammenarbeit «übergeordnet» und «spezifisch».

Übergeordnete Zusammenarbeit:

- Konkrete Partizipations- und Koordinationsprozesse zwischen den Sicherheitsverantwortlichen beider Verkehrsträger aufstellen: Austauschplattform auf regionaler oder kantonaler sowie nationaler Ebene einrichten. Der Austausch sollte in regelmässigen Zeitintervallen stattfinden, z.B. einmal pro Jahr, wenn die aktuellen Unfallzahlen publiziert werden.
- Präventionsprogramme abstimmen und strategische Stossrichtungen festlegen.
- Ansätze für gemeinsame methodische Grundlagen und Tools identifizieren und diese entwickeln (z.B. Weiterentwicklung von RSI-Checklisten, um den Blickwinkel der Bahn abzudecken): Konsequenter Einbezug der Bahn- und Strassenfachleute in Arbeitsgruppen.

Spezifische Zusammenarbeit:

- Lokale Schwachstellen und Sicherheitsdefizite erkennen. Durchführung «integraler» Inspektionen und Audits durch Einbindung beider Verkehrsträger in den Arbeitsprozess.
- Verbesserungen/Massnahmen bei Sanierungsprojekten gemeinsam erarbeiten: umfassende Beurteilung der Sicherheit auf Bahn und Strasse, Inputs beider Seiten systematisch einholen (spezifische Checklisten).

Die Organisation der Zusammenarbeit, allfällige gemeinsame Instrumente etc. müssen noch detailliert ausgearbeitet werden.

Zielsetzung und Wirkungsweise

- Die Massnahme soll die Zusammenarbeit zwischen Bahn und Strasse fördern, einen systematischen Umgang mit dem Thema BUe gewährleisten und den Stellenwert der BUe in der «Strassenwelt» erhöhen. Die Zielsetzung gilt für beide Betrachtungsebenen «übergeordnet» und «spezifisch» gleich; die Beurteilung erfolgt gemeinsam und BUe-Typ unabhängig.

- Gefahrenstellen und Sicherheitsdefizite proaktiv erkennen und vermeiden. Die BUe Sicherheit konsequent während der Projektierung und dem Betrieb mit einheitlichen Kriterien berücksichtigen.
- Gefahrenstellen und Sicherheitsdefizite reaktiv identifizieren und beseitigen (Analyse von Beinaheunfällen, Feststellung von Infrastrukturdefiziten etc.). Durch die Zusammenarbeit und das gemeinsame Verständnis der Strassen-/Bahnfachleute können Infrastrukturverbesserungen schneller, umfassender und zielgerichteter umgesetzt werden.
- Die Zusammenarbeit ist auf lange Sicht angelegt:
 - Die stetige Überprüfung des Sicherheitsniveaus und umgesetzte Verbesserungen führen zu einer langfristig sichereren Infrastruktur (an konkreten BUe).
 - Der institutionalisierte, regelmässige Austausch zwischen den Sicherheitsverantwortlichen bei der Verkehrsträger fördert das gemeinsame Verständnis und den Wissensaufbau und wirkt sich langfristig aus.

Abschätzung der Wirksamkeit

Die Abschätzung des Potenzials der Massnahme erfolgt nicht anhand der drei Phasen im Ablauf beim Befahren eines BUe, da alle Phasen betroffen sein können. Ebenso wird nicht nach BUe-Typ differenziert. Es werden folgende Annahmen getroffen:

- Die Massnahme kommt nahezu allen Bahnen zugute (wenige Ausnahmen, wie beispielsweise Zahnradbergbahnen).
- Die Zusammenarbeit und Intensität können je nach Bahn (Grösse, Region, Projektportfolio etc.) und Jahr (Phase der Projekte) unterschiedlich ausfallen.
- Die Wirkung der Zusammenarbeit drückt sich letztlich in konkreten Verbesserungen an BUe oder im Verhalten der BUe-Benützer aus. Auf dieser Basis wird die Wirksamkeit wie folgt geschätzt:
 - Pro Jahr werden an 50 BUe gemeinsam Verbesserungen erzielt, die sowohl auf der Strasse als auch auf dem BUe selbst eine substantielle Risikoreduktion ergeben können.
 - Die Zusammenarbeit konzentriert sich auf risikoreiche Situationen, sodass eine überdurchschnittliche Wirkung erreicht wird.
 - Die Wirksamkeit ist «erheblich» (Annahme einer substantiellen Verbesserung an den behandelten BUe)

MKR eines überdurchschnittlichen BUe [CHF/Jahr]	15'000.-
Anzahl BUe pro Jahr [-]	50
Wirksamkeit	30%
Resultierende Wirkung (netzweit) [CHF/Jahr]	225'000.-, entspricht knapp 1% des netzweiten Risikos

Tabelle 24: Einschätzungen zur Wirksamkeit der Zusammenarbeit Strasse/Bahn

Anmerkungen

- Die resultierende Risikoreduktion im Gesamtnetz von 1% pro Jahr erscheint zunächst bescheiden. Wesentlich ist jedoch, dass die Massnahme langfristig angelegt und die Wirkung jährlich erzielt wird. Es bedeutet, dass über 10 Jahre betrachtet eine Reduktion um rund 10% erreicht werden. Auf einer mittleren bis langfristigen Zeitschiene ist dies ein substantieller Beitrag zur Erhöhung der Sicherheit.
- Die Annahme von 50 BUe pro Jahr entspricht einem durchschnittlichen Wert, der über längere Zeit erreicht wird. Zu Beginn müssen die Grundsteine der Zusammenarbeit gelegt werden und konkrete Verbesserungen finden erst nach und nach statt. Ebenso ist davon auszugehen, dass die Intensität der Zusammenarbeit variiert (z.B. im Rahmen gemeinsamer Präventionsprogramme, um Unfallhäufungsstellen gezielt zu beseitigen).
- Nehmen über die Jahre die Risiken im Netz wie bisher ab, so reduziert sich das Reduktionspotenzial der Massnahme und das KVV verschlechtert sich.

- Nicht explizit berücksichtigt sind Sicherheitsgewinne auf der Strasse im Umfeld der BUE (z.B. heikle Abbiegesituationen vor dem BUE), die durch die gemeinsame Sicherheitsarbeit Strasse/Bahn erzielt werden können.

Massnahmenkosten

Zugrunde gelegte Kosten für die verstärkte Zusammenarbeit Strasse/Bahn (netzweit):

Massnahme	Kostenklasse	CHF/Jahr
M9 Zusammenarbeit Strasse/Bahn	Sehr hoch	200'000.-/Jahr

Anmerkungen

- Kosten entstehen durch Zusammenarbeit in Projekten und beim generellen Fachaustausch unter den Experten beider Verkehrsträger. Nicht eingerechnet sind allenfalls entstehende Sanierungskosten an einem BUE.
- Wiederkehrender Aufwand von rund einem Arbeitsjahr, beispielsweise in Form von 100 Treffen à ½ Tag mit 4 Personen --> 200 AT.

Verhältnismässigkeit

Bezogen auf das Gesamtnetz resultiert folgendes KVV (Jahreskosten/Risikoreduktion):

- M9: KVV = 0.9

Aspekte der Realisierung

- Die konkrete Form der Zusammenarbeit und allfällige Hilfsmittel müssen noch erarbeitet werden. Insbesondere müssen Schnittstellen und Zuständigkeiten geklärt werden. Gesetzliche Grundlagen und Regelungen sollten jedoch nicht betroffen sein.
- Die Massnahme greift in bestehende Prozesse ein; Widerstände sind daher beidseitig möglich. Zentral ist, dass der Wille für eine systematische Zusammenarbeit beidseitig vorhanden ist.
- Im Zentrum stehen die Experten (Sicherheitsverantwortliche) beider Seiten. Ein passender Einbezug beim Implementieren der Massnahme erhöht die Akzeptanz.

Weitere Vor- und Nachteile

- Durch den koordinierten und partizipativen Ansatz könnten Entscheidungsprozesse verzögert werden. Die Verkehrsträger könnten sich in ihrer Handlungsautonomie eingeschränkt fühlen.
- Im Rahmen der Projekte können Sicherheitsanliegen der anderen Seite besser berücksichtigt werden. Durch den erweiterten Blickwinkel wird das Risiko von blinden Flecken reduziert und Massnahmenentscheide können aus einer Gesamtsicht beurteilt werden (z.B. gemeinsame Priorisierung).

Folgerungen und Diskussion

- Es handelt sich um eine sinnvolle Massnahme, die langfristig angelegt relevantes Potenzial aufweist, auch wenn nicht unmittelbar spektakuläre Ergebnisse zu erwarten sind. Die Einschätzung der Verhältnismässigkeit enthält grosse Unschärfen, aber die Beurteilung wird dadurch nicht grundlegend beeinflusst.
- Die Verbesserung der Sicherheit an BUE ist mit Massnahmen am BUE selbst zunehmend schwierig zu erreichen. Eine verstärkte Zusammenarbeit und gemeinsame Lösungssuche drängt sich daher auf.
- Der Anstoss dazu muss von der Bahnseite erfolgen, da die BUE aus Strassensicht keinen Risikofokus darstellen. Dies kann sowohl auf Bundesebene («top down») als auch regional durch Bahnen angestossen werden («bottom up»). Wichtig ist, dass einheitliche organisatorische Konzepte und Instrumente entwickelt und angewendet werden.

A3.10 M10 Fahrausbildung

Kurzbeschreibung

Die Fahrausbildung stellt die primäre Wissensvermittlung für neue Fahrzeuglenkende dar. Durch stärkere Behandlung der BUE-Thematik im Rahmen der Fahrausbildung soll korrektes Verhalten am BUE gefördert werden.

Mit der Beurteilung der Massnahme wird das Potenzial einer entsprechenden Ergänzung/Anpassung der Ausbildungsinhalte ausgelotet.

Ausgangslage

Aktuell erfolgt die Fahrausbildung in zwei Schritten. In einem ersten Schritt lernen die Fahrschüler selbständig für die Theorieprüfung (es findet kein Verkehrstheorie-Kurs statt). Nach bestandener Theorieprüfung gehen sie zum Fahrlehrer in den Verkehrskundeunterricht (VKU).

Im Hinblick auf die Theorie lässt sich feststellen, dass die BUE-Thematik von untergeordneter Bedeutung ist. Auch im VKU wird das Thema höchstens innerhalb des Themenblocks «Verhalten gegenüber anderen Verkehrsteilnehmern» am Rande angesprochen.

Ausgestaltung der Massnahme

Im Rahmen der Fahrausbildung soll die BUE-Thematik verstärkt werden. Dazu sind Ausbildungsinhalte und Umfang zu ergänzen/anzupassen. Insbesondere folgende Aspekte sind zu thematisieren:

- Bedeutung der Signalisation (z.B. Blinken = Halt)
- Korrektes Verhalten und herausfordernde Situationen (Parallelführung Strasse/Schiene, Stau/stockender Verkehr mit Gefahr des Einschliessens etc.)
- Verhalten in Notsituationen (Einschliessen)
- Unfallhäufigkeit: welches sind die gefährlichsten BUE?
- Unfallursachen: welches sind die häufigsten Fehler seitens MIV?

Zielsetzung und Wirkungsweise

Ausgehend von der Tatsache, dass BUE in der Fahrausbildung nur am Rande thematisiert werden, zielt die Massnahme auf die Wissensvermittlung sowie die Sensibilisierung bzgl. Gefahren am BUE ab.

- Das Wissen stellt die Grundvoraussetzung für regelkonformes Verhalten am BUE dar. Der Wissensvermittlung liegt der Gedanke zugrunde, dass memorisiertes Verhalten einfacher abgerufen und aktiviert werden kann (idealerweise auch eine Zeitlang nach abgeschlossener Fahrausbildung).
- Die Sensibilisierung für herausfordernde Situationen am BUE führt dazu, dass die Verkehrsteilnehmenden eine erhöhte Aufmerksamkeit gegenüber den spezifischen Merkmalen eines BUE zeigen.
- Die Förderung des Gefahrenbewusstseins beeinflusst die implizite Kosten-Nutzen-Betrachtung in der Entscheidungsfindung der Verkehrsteilnehmer und resultiert somit in einer Reduktion des bewusst eingegangenen Fehlverhaltens.

Es geht dabei nicht um eine massive Änderung des bewussten Verhaltens, sondern eher um eine unterschwellige Beeinflussung. Indem diesen Themen mehr Raum gegeben wird, soll für Neulenker die notwendige Basis für korrektes Verhalten am BUE geschaffen werden. Dies hilft auch im Hinblick auf die Wirkung von Kampagnen und das Durchsetzen der Regeln, die wirksamer sind, wenn sie auf einer minimalen Wissensbasis aufbauen können.

Abschätzung der Wirksamkeit

Einschätzung der Wirkung

Fehlerursachen, Phasen	Einfluss	
	Kurzfristig (1 Jahr)	Mittelfristig (10 Jahre)
(1) Nicht Erkennen des BUe	sehr gering (5%)	kein Einfluss (0%)
(2) Nicht Wahrnehmen des Zustands des BUe	erheblich (20%)	spürbar (10%)
(3) Regelwidrige Entscheidung	erheblich (20%)	spürbar (15%)
Resultierende Wirkung	0.2% bzw. CHF 60'000.- /Jahr	1.5% bzw. CHF 400'000.-

Tabelle 25: Einschätzungen zur Wirksamkeit der Fahrausbildung

- Die Massnahme greift ausschliesslich bei Neulenkern des motorisierten Verkehrs. Es werden daher zwei Zustände betrachtet: Ein kurzfristiger (Zeithorizont ca. 1 Jahr nach Massnahmenumsetzung) und ein mittelfristiger Zustand (ca. 10 Jahre).
- Es ist fraglich, wie nachhaltig die Wissensvermittlung im Rahmen der Fahrausbildung ist. Wenn die Verkehrsteilnehmenden nach wie vor selten BUe befahren, geht das Wissen verloren. Dieser Aspekt wird bei der Wirkungseinschätzung für den mittelfristigen Zustand berücksichtigt.
- Der beeinflussbare Risikoanteil berücksichtigt den Anteil Neulenker. Annahme: 5.8 Mio. Personen besitzen einen Führerausweis für Personenwagen. Der Anteil Neulenker beträgt jährlich knapp 2%.
- Die Erkennbarkeit ist primär eine Eigenschaft des BUe, die kaum durch die Wissensvermittlung beeinflusst wird. Implizit wird aber durch die Thematisierung ein erhöhtes Situationsbewusstsein erzeugt, welches sich in einer erhöhten Aufmerksamkeit äussert. Es wird davon ausgegangen, dass dieser Effekt mit der Zeit verschwindet (--> Einschätzung kurzfristig: sehr gering, mittelfristig: kein Einfluss)
- Indem die Bedeutung der Signalisation einen Schwerpunkt der «neuen Fahrausbildung» bildet, ist bei Phase (2) Erkennen des Zustands und Wissen über die Bedeutung grösserer Wirkung auszugehen. Auch hier wird das Wissen mit der Zeit zurückgehen, aber nicht ganz verschwinden (passives Wissen bleibt). (--> Einschätzung kurzfristig: erheblich, mittelfristig: spürbar).
- Das Zusammenspiel von Wissensvermittlung (-> Verhalten) und Sensibilisierung (-> erhöhtes Gefahrenbewusstsein) führt dazu, dass die Hauptwirkung bei der Entscheidungsfindung anzusetzen ist. Bei Junglenkern dürfte aufgrund des Wissens die Hemmschwelle für bewusstes regelwidriges Verhalten steigen; mit der Zeit senkt sich die Hemmschwelle (--> Einschätzung kurzfristig: erheblich; mittelfristig: spürbar).
- Bei Neulenkern ist tendenziell das Wissen vorhanden, aber die Erfahrung fehlt. Mit der Zeit geht das explizite Wissen etwas verloren, aber die Erfahrung nimmt zu und kann den Wissensverlust teilweise kompensieren (sofern die Erfahrung aus korrektem Wissen entstanden ist).

Massnahmenkosten

Zugrunde gelegte Kosten für die Fahrausbildung:

Massnahme	Kostenklasse	CHF/Jahr
M10 Fahrausbildung	Mittel	30'000.-/Jahr

Anmerkungen

- Die Kosten umfassen die Mehraufwendungen von Einzelpersonen (Fahrlehrer) im Rahmen der Weiterbildungstagungen.

Verhältnismässigkeit

Bezogen auf den mittelfristigen Betrachtungszeitraum von 10 Jahren resultiert folgendes KVV (Jahreskosten/Risikoreduktion):

- M10: KVV = 0.8

Das Kosten-Wirksamkeits-Verhältnis ist ausgesprochen günstig und die Massnahme ist klar verhältnismässig.

Aspekte der Realisierung

- Eine verpflichtende Änderung der Fahrausbildung bedarf breiter Diskussion zwischen dem ASTRA und dem Schweizerischen Fahrlehrerverband SFV und dürfte mit erheblichem Aufwand verbunden sein. Es ist zu beachten, dass mit OPERA-3, bei dem die Führerausweissvorschriften kürzlich einer Revision unterzogen wurden, die Fahrausbildung verschlankt wurde. Die Ergänzung der Ausbildungsinhalte mit BUe-Themen wäre ein Schritt in die andere Richtung.
- Nach wie vor besitzen die Fahrlehrer gewisse Freiheiten bzgl. Schwerpunktsetzung ihres Unterrichtes. Hier kann und soll die Massnahme ansetzen und die BUe-Thematik in der individuellen Ausbildung der Fahrschüler stärker adressiert werden. Um dies zu erreichen, soll das Thema im Rahmen der wiederkehrenden Weiterbildungsstagen der Fahrlehrer platziert werden, mit dem Ziel, durch die Sensibilisierung der Fahrlehrer die Inhalte in den VKU weiterzutragen.

Weitere Vor- und Nachteile

- Durch den expliziten Einbezug der Fahrlehrer wird das strassenseitige Bewusstsein (z.B. beim ASTRA) für den «gemeinsam-zu-lösen» Charakter der BUe-Thematik verstärkt. Dies wiederum senkt die Schwelle für weitere gemeinsame Stossrichtungen.

Folgerungen und Diskussion

- Die Massnahme ist netzweit wirksam und setzt an einer vorhandenen Schwachstelle – dem Wissen um korrektes Verhalten als zentrale Basis des Verhaltens – an. Die langfristige Wirksamkeit einer verstärkten zielgerichteten Thematisierung in der Ausbildung wird als sehr gering eingeschätzt. Eine netzweite Wirkung von 1 bis 2% ist trotzdem relevant. Der Aufwand für die stärkere Gewichtung dürfte gering sein, sodass ein günstiges Kosten-Wirksamkeits-Verhältnis entsteht.
- Wenn Widerstand gegenüber der Massnahme auftritt, dürfte es weniger eine Frage des tatsächlichen Aufwands sein, als eher die Konkurrenz des Themas mit zahlreichen andern Themen, die in der Ausbildung in begrenzter Zeit zu behandeln sind (Aspekt der Priorisierung). Soll die Massnahme umgesetzt werden, ist ein starkes Engagement bahnseitig erforderlich.
- Auch wenn das Wissen mit der Zeit abnimmt, so bleibt ein gewisses Passivwissen erhalten. Dieses ist wichtig, wenn es darum geht, die Wirksamkeit von Verhaltensmassnahmen zu verstärken (Hinweisschilder, Kampagnen, Enforcement).

A3.11 M11 Gezielte Kampagnen

Kurzbeschreibung

Bei Kampagnen handelt es sich um Präventionsmassnahmen zur zielgerichteten Informationsverbreitung. Ziel ist es, das Wissen, das Bewusstsein und letztlich das Verhalten zu beeinflussen. Je nach Zweck und Ausrichtung können Kampagnen sehr unterschiedlichen Formen und Reichweiten aufweisen.

Ausgangslage

Untersuchungen im Ausland zeigen, dass grössere Wissenslücken zur Bedeutung der Signalisierung und zum Verhalten am BUE vorhanden sind. Ebenfalls mehrfach dargestellt wird, dass ein wesentlicher Teil der Strassenverkehrsteilnehmer selten einen BUE befährt. Es ist anzunehmen, dass diese Feststellungen auch für die Schweiz zutreffen.

Kampagnen sind bereits in verschiedenen Bereichen der Sicherheit (Gesundheit, Freizeit, Verkehr, Arbeitssicherheit etc.) ein integraler Bestandteil der Präventionsarbeit.

Auch im Kontext von BUE werden Kampagnen als ein Instrument der Informationsvermittlung eingesetzt (vgl. z.B. Kampagne «Happy End» zu richtigem Verhalten im ÖV des BAV, der BFU, der SBB und der BLS). Sie sind allerdings noch nicht so etabliert und kontinuierlich eingesetzt.

Ausgestaltung der Massnahme

Angesichts des breiten Spektrums werden Kampagnen beispielhaft auf zwei unterschiedlichen Ebenen betrachtet:

- M11.1 Lokale Kampagnen zur Sensibilisierung
- M11.2 Breit ausgelegte Ausbildungskampagnen

Verhaltensökonomische Ansätze, bei denen die Verkehrsteilnehmer durch die unterschwellige Platzierung von Informationen beeinflusst werden («Nudging»), stellen eine weitere Form von Kampagnen dar. Im Kontext der Verkehrssicherheit sind diese Ansätze Neuland, welche nun systematisch erforscht werden (vgl. gleichlautendes Projekt des ASTRA). Solche Ansätze sind nicht Gegenstand der vorliegenden Massnahme, können aber in etwas weiterer Zukunft ebenfalls ins Auge gefasst werden.

Kampagnen können sehr gezielt bestimmte Themen, Situationen oder Benutzergruppen ansprechen.

M11.1 Lokale Kampagnen sind auf konkrete Situationen und spezifische Nutzergruppen ausgerichtet. Sie eignen sich beispielsweise bei gezieltem Einsatz an kritischen BUE, wo häufig regelwidriges Verhalten beobachtet wird oder wo besonderes Gefahrenpotenzial vorhanden ist. Typische Situationen und Zielgruppen umfassen z.B.:

- Fussgänger bei einem BUE in Bahnhofsnähe.
- Schüler und Schülerinnen bei einem BUE in Schulnähe.
- Autofahrer auf einer vielbefahrenen Pendlerstrecke, welche aufgrund häufigen Staus oder stockendem Verkehr die Gefahr des Einschliessens aufweist.
- Bewohner eines Quartiers

Die Botschaften lokaler Kampagnen sprechen die konkrete Gefährdung der Adressaten an. Die Inhalte sind daher i.d.R. eng gefasst und können von den Adressaten schnell verstanden werden, z.B.:

- Bezug herstellen zu den Zuggeschwindigkeiten und damit verbundenen Bremswegen (--> auf die eigene Einschätzung kann man sich nicht verlassen).
- Information, dass bei zweigleisigen Strecken auch ein zweiter Zug zu erwarten ist.
- Hinweise zum Abstand halten und dem richtigen Verhalten beim Einschliessen.
- Bedeutung von Blinklichtern, etc.

Typische Informationskanäle für lokale Kampagnen sind z.B.:

- Plakate/Darstellungen, welche vor Ort aufgestellt werden. Diese Art der lokalen Wissensvermittlung hat sich in der Strassenverkehrssicherheit bewährt (z.B. ein Plakat zum richtigen Verhalten von Velofahrenden im Kreisverkehr von DAV Zürich).
- Vor-Ort-Botschafter. Es sind Personen, die im Gespräch die Zielgruppe sensibilisieren und Wissen übermitteln. Sie stehen z.B. am BUE oder bringen durch Schulbesuche das Gespräch direkt ins Klassenzimmer. Die Vor-Ort-Botschafter werden als solche gekennzeichnet (Outfit, Markierter Stand etc.) und ihre Ausführungen werden mit geeignetem Material (Broschüren, Erklärfilm etc.) ergänzt.
- Lokale Medien: Doppelseite in der lokalen Zeitung oder ein Kurzbeitrag im regionalen Fernseh-/Rudiosender. Diese Medien ermöglichen auch einfach periodische Wiederholungen.

Um die Reichweite zu erhöhen, ist auf eine ausreichende Dauer und Wiederholung der Kampagne mit aktualisierten Inhalten zu achten.

M11.2 Bei den breit ausgelegten Kampagnen wird eine regional übergreifende bis landesweite Reichweite angestrebt. Solche Kampagnen sind auf das korrekte Verhalten am BUE im Allgemeinen ausgerichtet und können daher ein grösseres Spektrum unterschiedlicher Situationen thematisieren (z.B. Bedeutung der Signalisation und korrektes Verhalten). Aufgrund der Allgemeingültigkeit der Botschaften, liegt der Fokus stärker auf die Übermittlung von Wissen («Ausbildungskampagnen»).

Adressat der übergeordneten Kampagnen dürfte primär der motorisierte Verkehr sein.

Um die Reichweite zu maximieren, sollten verschiedene Kanäle bespielt werden: von Social Media über Plakaten bis zu Guerilla-Aktionen («360° Kampagnen»), Spots, Youtube, etc. Wichtig ist, dass die Kampagnenlangfristig angelegt sind und wiederkehrend durchgeführt werden (keine einmaligen Aktionen).

Zielsetzung und Wirkungsweise

Ausgehend von der Hypothese, dass ein wesentlicher Teil der Verkehrsteilnehmer Defizite in der Regelkenntnis aufweist, zielen Kampagnen auf Wissensvermittlung und Sensibilisierung bzgl. der Gefahren am BUE ab.

- Die Wissensvermittlung soll bewirken, dass in der konkreten Situation gelerntes und memorisiertes Verhalten einfacher abgerufen werden kann (Bezug zu Massnahme M10). Kampagnen sollen dieses Wissen vermitteln oder erneuern.
- Die Förderung des Gefahrenbewusstseins beeinflusst die implizite Kosten-Nutzen-Abwägung der Verkehrsteilnehmer in der Entscheidungsphase. Erkannte Gefahren entsprechen erhöhten Kosten, die einem Nutzen – z.B. Zeitgewinn – gegenübergestellt werden. Diese Abwägung findet laufend und unbewusst statt und beeinflusst beispielsweise die Entscheidung «fahren» oder «halten» bei blinkendem Licht.

Abschätzung der Wirksamkeit

Die Wirksamkeit von Kampagnen hängt von zahlreichen Faktoren ab und lässt sich nicht allgemeingültig beantworten. Die folgenden Überlegungen sollen die erzielbaren Wirksamkeiten grob aufzeigen. Je nach konkreter Gestaltung und Fokusthema kann die Wirksamkeit deutlich abweichen.

Als Basis für eine lokale Kampagne werden einige risikoreiche Bahnübergänge in einem Dorf postuliert, bei denen regelmässig Fehlverhalten beobachtet wird (5 BUE mit einem überdurchschnittlichen Risiko von CHF 15'000.- /Jahr).

Reichweite	Kampagne	
	M11.1	M11.2
Zielgruppe und Anteil am Risiko	Locals, 70%	Alle Verkehrsteilnehmende, 100%
Reichweite (bezogen auf Zielgruppe)	erheblich (30%)	erheblich (10%)
Fehlerursachen, Phasen		
(1) Erkennen	kein Einfluss (0%)	kein Einfluss (0%)
(2) Wahrnehmen	spürbar (15%)	gering (5%)
(3) Entscheiden	erheblich (20%)	spürbar (15%)
Resultierende Wirkung	4% bzw. CHF 3'000.- /Jahr	1% bzw. CHF 300'000.- /Jahr

- Eine Voraussetzung für eine wirksame Kampagne, ist dass möglichst viele Personen der jeweiligen Zielgruppe erreicht werden (und dass sie die Inhalte tatsächlich wahrnehmen).
- Bei «M11.2 Breit ausgelegte Ausbildungskampagnen» werden potenziell alle Verkehrsteilnehmer angesprochen. Durch das optimale Bespielen sämtlicher Informationskanäle auf längere Zeit lassen sich erhebliche Reichweiten realisieren. So zeigen Erfahrungen der bfu-Kampagne «slow down, take it easy», dass bis zu 27% der Verkehrsteilnehmenden die Kampagne kennen.
- Bei «M11.1 Lokale Kampagnen zur Sensibilisierung» wird auf spezifische Nutzergruppen abgezielt. Hier ist eine etwas grösseren Reichweite (bezogen auf die Zielgruppe) denkbar, aber gegenteilige Effekte können eine Rolle spielen. Beispielsweise müssen bei Vor-Ort-Plakaten die Verkehrsteilnehmenden den BUe im Zeitraum benützen, in dem die Plakate aufgestellt sind (--> Einschätzung: erheblich).
- Bezogen auf die drei Phasen im Ablauf beim Befahren des BUe wird eine Wirksamkeit beim Wahrnehmen und beim Entscheiden angenommen. Beim Wahrnehmen ist es primär das Wissen (Einschätzung «spürbar») und beim Entscheiden Wissen und Sensibilisierung angesprochen (Einschätzung erheblich). Das Erkennen wird kaum beeinflusst.
- Evaluationen von Kampagnen zeigen, dass deren Wirksamkeit oft bescheiden ist. Bei M11.2 werden die Informationen häufig als zu abstrakt wahrgenommen («trifft bei mir nicht zu») oder zu umfangreich dargestellt, um eine nachhaltigen Verhaltensänderung herbeizuführen (bei «slow down, take it easy» konnte trotz der hohen Reichweite keine positive Wirksamkeit nachgewiesen werden).
- Bei M11.1 besteht ein enger Bezug zur Gefährdung und der Verkehrsteilnehmende fühlt sich direkter angesprochen.
- Je nach Fokus der Kampagnen wird der motorisierte Verkehr oder der Langsamverkehr oder beide angesprochen. Für die Abschätzungen werden die Wirksamkeiten bei beiden Verkehrsteilnehmergruppen gleich angesetzt (nicht separat ausgewiesen).
- Die resultierende Risikoreduktion beim Massnahmenansatz M11.1 bezieht sich auf einzelne definierte BUe. Bei M11.2 sind es potenziell alle BUe im Netz.
- Lokale Kampagnen werden vorzugsweise gezielt an Risikoreichen BUe eingesetzt. Bei M11.1 wird für die Abschätzung das monetarisierte kollektive Risiko eines überdurchschnittlichen BUe zu Grunde gelegt (CHF 15'000.-/Jahr). Im untersuchten Use-Case greift die Kampagne an fünf BUe.

Massnahmenkosten

Zugrunde gelegte Massnahmenkosten:

Massnahme	Kostenklasse	CHF/Jahr
M11.1 lokale Kampagnen	gering	10'000.-/Jahr
M11.2 breit ausgelegte Kampagnen	sehr hoch	300'000.-/Jahr

Anmerkungen

- Die Kosten basieren auf groben Erfahrungswerten aus der Verkehrssicherheit (VFS) und umfassen die Kreation und die Distribution der Kampagneninhalte.

Verhältnismässigkeit

Es ergeben sich folgende Kosten-Wirksamkeits-Verhältnisse (KWV):

- M11.1 lokale Kampagnen: KWV = 3.3
- M11.2 breit angelegte Kampagnen: KWV = 1.0

Anmerkungen

- Massnahme M11.1 weist ein ungünstiges KWV auf. Bei diesem Verhältnis können lokale Eigenheiten rasch dazu führen, dass die Massnahme günstiger zu beurteilen wäre. Eine gezielte persönlich ausgerichtete Kampagne kann allenfalls kostengünstiger realisiert werden oder das beeinflussbare Risiko ist grösser.
- M11.2 weist ein günstiges KWV auf.

Aspekte der Realisierung

- Kampagnen müssen professionell aufgezogen und umgesetzt werden (wichtiger Erfolgsfaktor).
- Selbst bei einer lokalen Kampagne ist es sinnvoll eine Werbeagentur zu beauftragen. Für landesweite Kampagnen ist darüber hinaus eine Begleitung von Organisationen mit entsprechender Erfahrung sinnvoll (FVS, BFU, etc.).

Weitere Vor- und Nachteile

- Kampagnen können generell als Teil der Öffentlichkeitsarbeit betrachtet werden. Die Message «Ihre Sicherheit ist uns wichtig» ist ein grundsätzlich positives Signal.

Folgerungen und Diskussion

- Die Beurteilung lokaler Kampagnen anhand eines einfachen Use-Case ergibt ein ungünstiges KWV. Um ausreichend effizient zu sein, müssen entsprechende Kampagnen sehr zielgerichtet erfolgen und der Aufwand klein gehalten werden (direkter persönlicher Einsatz). Kampagnen mit einer umfangreichen Vorbereitung und Aufwand in der Organisation, die sich aber nur auf wenige BUe beziehen, sind unverhältnismässig.
- Umfassende Kampagnen, die erhebliche Kosten bewirken, können hingegen bereits bei geringen prozentualen Verbesserungen verhältnismässig sein. Auch wenn entsprechende Risikoreduktionen sich kaum kausal statistisch nachweisen lassen, entsteht eine positive Wirkung.
- Nicht explizit berücksichtigt sind Langzeiteffekte. Dadurch, dass korrektes Verhalten über lange Zeit periodisch thematisiert wird, stellt sich langsam eine Verhaltensänderung ein («stetiger Tropfen höhlt den Stein»). Diese Effekte lassen sich nicht einzelnen Kampagnen zuordnen, bewirken aber in der Gesamtheit eine positive Entwicklung.
- Aufwändige Kampagnen sind zwingend durch kompetente professionelle Unterstützung durchzuführen.

A3.12 M12 Durchsetzung von Regeln / Enforcement: Einsatz von Rotlichtkameras

Kurzbeschreibung

Rotlichtkameras dienen der Feststellung von Widerhandlungen gegen das Haltegebot vor dem BUE bei eingeschalteter Sicherung bzw. Blinklicht.

Fahrzeuge, die nach einem definierten Zeitpunkt das blinkende Licht noch befahren werden mit Bild erfasst und das regelwidrige Verhalten wird mit einer Busse – allenfalls mit einem Strafverfahren – geahndet.

Ausgangslage

Bei der Rotlichtüberwachung handelt es sich um eine aus dem Strassenverkehr bekannte und bewährte Massnahme, um Vorschriften durchzusetzen. Der Einsatz ist in der Verordnung des ASTRA zur Strassenverkehrskontrollverordnung sowie in der Weisung des ASTRA über polizeiliche Geschwindigkeitskontrollen und Rotlichtüberwachung im Strassenverkehr geregelt.

Die definierten Einsatzbedingungen richten sich in erster Linie nach der Anwendung bei Lichtsignalanlagen (LSA). Bei Blinklichtsignalen, wie sie an BUE überwiegend eingesetzt werden, besteht keine ersichtliche Gelbphase. Ein gewisser Anteil der Blinkzeit kann sinngemäss als Gelbphase ohne entsprechende Ahndung definiert werden, aber dieses Zeitfenster ist für den BUE-Benutzer nicht klar erkennbar.

Die Überwachung mittels Rotlichtkameras ist eine Massnahme, die im umliegenden Ausland bereits zum Teil eingesetzt wird, aber nicht in grossem Umfang.

Im Folgenden wird ein sinngemässer Einsatz bei einem BUE (BSA oder SCHA) betrachtet.

Ausgestaltung der Massnahme

Die Ahndung des regelwidrigen Verhaltens stellt im Hinblick auf eine Realisierung grosse Herausforderungen (regulatorische Lösung, Nachweis des Verstosses, Definition von Zuständigkeiten etc.). Vor diesem Hintergrund wird die Fragestellung auf zwei Anwendungsfälle ausgelegt:

a) Mit Ahndung, mobiler «Blitzkasten»

- Dieser wird gezielt an mehreren BUE pro Jahr – beispielsweise jeweils während einer Woche – eingesetzt. Mit der Anlage können so jährlich 50 BUE überwacht werden.
- Eine technische Lösung muss entwickelt werden, die auf einfache Weise die Information des Blinklichts erhält (--> Entwicklungsaufwand, Kosten)

b) Mit Verhaltenshinweis (ohne Ahndung), «Smiley»

- Der Verkehrsteilnehmer wird auf sein regelwidriges Verhalten mittels einem roten Smiley auf einer Display-Tafel aufmerksam gemacht. Um den Kontext des Verhaltenshinweises klar darzustellen, kann ein ergänzender Text angefügt werden, z.B. «Bahnübergang – Halt bei Rot».
- Die Anlage wird ähnlich wie der Blitzkasten abwechselnd an BUE eingesetzt, allerdings in kleinerem Umfang. Annahme: 10 BUE.
- Eine technische Lösung muss entwickelt werden, die auf einfache Weise die Information des Blinklichts erhält (--> Entwicklungsaufwand, Kosten)

Für die Beurteilung der Verhältnismässigkeit werden folgende Fälle unterschieden:

- M12.1: BSA mit Ahndung
- M12.2: SCHA mit Ahndung
- M12.3: BSA mit Verhaltenshinweis
- M12.4: SCHA mit Verhaltenshinweis

Zielsetzung und Wirkungsweise

Regelwidriges Verhalten an BUe wird im Gegensatz zu Lichtsignalen an Strassenkreuzungen kaum überwacht bzw. geahndet. Dies ist in der persönlichen Erfahrung des Verkehrsteilnehmers verankert und die Hemmschwelle für regelwidriges Verhalten ist entsprechend tief.

Eine aktuelle Forschungsarbeit der BFU zu Geschwindigkeitskontrollen liefert verschiedene Erklärungen, die übertragbar auf die Situation an BUe sind. Insbesondere wird festgehalten: «Ein Ziel der polizeilichen Kontrolltätigkeit sollte daher sein, allen Fahrzeuglenkenden das Gefühl zu vermitteln, jederzeit und überall kontrolliert werden zu können». Genau dieser Punkt trifft bei BUe nicht zu.

Es sollte daher ein Ziel sein, nicht nur permanent an einzelnen BUe zu überwachen, sondern die Überwachungstätigkeit möglichst zahlreichen BUe wechselnd vorzunehmen, sodass die Möglichkeit einer Überwachung latent vorhanden ist.

Indem die Überwachungstätigkeit erhöht und so das korrekte Verhalten durchgesetzt wird, soll langfristig eine Verhaltensänderung erreicht werden. Das Ziel ist, das Bewusstsein zu erhöhen, dass regelwidriges Verhalten mit erhöhter Wahrscheinlichkeit geahndet wird. Voraussetzung ist das explizite Wissen, dass ein Durchfahren bei blinkendem Licht einem Vergehen am Rotlicht einer LSA gleichzusetzen ist.

a) Mit Ahndung

- Das Bewusstsein, dass möglicherweise eine Überwachung mit Ahndung erfolgt, erhöht spürbar die Hemmschwelle für eine Regelverletzung.
- Bei gezieltem Einsatz an kritischen BUe ist eine unmittelbare Wirkung zu erwarten. «Locals», welche häufiger Regelverletzungen in Kauf nehmen, wissen davon und verhalten sich eher korrekt.
- Eine breitflächige Wirkung (ohne sichtbare Rotlichtkameras) erfordert eine gewisse Überwachungsdichte und Langfristigkeit --> die persönliche Erfahrung, dass jederzeit eine Überwachung erfolgen kann, entsteht nach und nach.

b) Mit Verhaltenshinweis (ohne Ahndung)

- Der Verhaltenshinweis dient unter Anderem der Wissensbildung, was zumindest bei denjenigen wirkt, die sich grundsätzlich korrekt verhalten wollen.
- Es stellt zudem ein Element der sozialen Kontrolle dar, das zu einer leichten Erhöhung der Hemmschwelle für eine Regelverletzung führt (das Fehlverhalten ist für alle sichtbar).
- Mit dem Verhaltenshinweis werden die Verkehrsteilnehmer sofort und direkt angesprochen (direktes Feedback) mit der Botschaft, dass sie sich grundsätzlich an die Regeln halten sollen.

Abschätzung der Wirksamkeit

a) M12.1 SCHA und M12.2 BSA: mit Ahndung

	Locals		Non-Locals	
	MV	LV	MV	LV
(1) Erkennen	kein Einfluss (0%)	kein Einfluss (0%)	kein Einfluss (0%)	kein Einfluss (0%)
(2) Wahrnehmen	erheblich (30%)	kein Einfluss (0%)	spürbar (15%)	kein Einfluss (0%)
(3) Entscheiden	sehr hoch (80%)	kein Einfluss (0%)	sehr hoch (90%)	kein Einfluss (0%)
Resultierende Wirkung	27% bzw. CHF 1'700.- /Jahr bzw. CHF 5'600.- /Jahr			

- Bezogen auf die drei Phasen im Ablauf beim Befahren des BUe – BUe erkennen, Zustand des BUe wahrnehmen, Entscheiden – entsteht die Wirkung primär beim Entscheiden: «Wenn ich mich falsch verhalte, nehme ich eine hohe Busse in Kauf». Studien weisen eine Reduktion des bewusst eingegangenen Fehlverhaltens im Bereich von 70 bis 90% aus [GDV, Anlage 37] (--> Einschätzung: sehr hoch). Zu berücksichtigen ist, dass das Überfahren eines Rotlichts schärfer geahndet wird als eine Geschwindigkeitsüberschreitung, was sich auf das Verhalten auswirkt.
- Die Massnahme greift ausschliesslich beim motorisierten Verkehr.
- Die Wirkung bzw. die Risikoreduktion versteht sich als pro BUe.

b) M12.3 SCHA und M12.4 BSA: mit Verhaltenshinweis

	Locals		Non-Locals	
	MV	LV	MV	LV
(1) Erkennen	kein Einfluss (0%)	kein Einfluss (0%)	kein Einfluss (0%)	kein Einfluss (0%)
(2) Wahrnehmen	sehr gering (5%)	kein Einfluss (0%)	sehr gering (5%)	kein Einfluss (0%)
(3) Entscheiden	spürbar (20%)	kein Einfluss (0%)	gering (10%)	kein Einfluss (0%)
Resultierende Wirkung	6% bzw. CHF 350.- / Jahr bzw. CHF 1'100.- / Jahr			

- Die Wirksamkeit von Verhaltenshinweisen ist im Zusammenhang mit dem Einhalten von Geschwindigkeitsbegrenzungen untersucht worden. Da die Wirkungsweise für den vorliegenden Anwendungsfall ähnlich sein dürfte, stützt sich die Wirksamkeitsschätzung auf diese Untersuchungen.
- Entsprechende Studien weisen zwischen 42 bis 64% weniger Überschreitungen der Höchstgeschwindigkeit aus [GDV, Unfallforschung kommunal Nr. 6]. Es wird davon ausgegangen, dass die Wirksamkeit im Vergleich zur Geschwindigkeitsüberwachung deutlich kleiner ist, jedoch nach wie vor spürbar. Zudem dürfte der Effekt bei «Non-Locals» kleiner sein als bei «Locals», die wiederholt den BUe befahren.
- Im Gegensatz zum Hinweis bei einer Geschwindigkeitsüberschreitung hat der Verkehrsteilnehmer nicht die Möglichkeit, das Fehlverhalten unmittelbar zu korrigieren (reduzierter Effekt).
- Eine gut sichtbare Anzeige-Tafel kann auch eine leichte Erhöhung der Wahrnehmung des Zustands des BUe ergeben (verstärkt auf den Zustand des BUe achten). Einschätzung: sehr gering.
- Die Massnahme greift ausschliesslich beim motorisierten Verkehr.
- Die Wirkung bzw. die Risikoreduktion versteht sich als pro BUe.

Massnahmenkosten

Zugrunde gelegte Kosten für das Enforcement:

Massnahme	Kostenklasse	CHF/Jahr
a) mit Ahndung: M12.1 und M12.2 (pro BUe)	gering	1'000.-/Jahr
b) mit Verhaltenshinweis: M12.3 und M12.4 (pro BUe)	gering	1'000.-/Jahr

Anmerkungen

- Die Kosten für M12.1 und M12.2 werden deutlich höher angesetzt als für herkömmliche Radaranlagen, da es sich um spezifische Entwicklungen und Anfertigung in kleiner Zahl handelt. Kostenklasse für eine Anlage: «sehr hoch». Bezogen auf 50 BUe --> 1/50 davon, Kostenklasse «gering».
- Kosten von M12.3 und M12.4 in Anlehnung an Geschwindigkeitsanzeigen (Smiley), aber aus den gleichen Gründen wie bei M12.1 deutlich höher (Entwicklungskosten, kleine Zahl). Kostenklasse für eine Anlage: «mittel». Bezogen auf 10 BUe --> 1/10 davon, Kostenklasse «gering»
- Allfällige übergeordnete und einmalige Kosten für die Anpassung von Richtlinien sowie Kosten für das Aufstellen der Anlagen und die administrative Bearbeitung von Bussgeldern werden nicht betrachtet (Annahme: durch Bussgeldeinnahmen abgedeckt).

Verhältnismässigkeit

Es ergeben sich folgende Kosten-Wirksamkeits-Verhältnisse (KWV):

- M12.1 SCHA: KWV = 0.6
- M12.2 BSA: KWV = 0.2
- M12.3 SCHA: KWV = 2.9
- M12.4 BSA: KWV = 0.9

Anmerkungen

- Die Differenz zwischen SCHA und BSA begründet sich im unterschiedlichen durchschnittlichen Risiko der beiden BUe-Typen.

Aspekte der Realisierung

In der Schweiz werden Rotlichtkameras bisher nicht bei BUe eingesetzt. In anderen Ländern (z.B. Frankreich, Österreich, United Kingdom und Belgien) sind sie in unterschiedlichen Ausprägungen im Einsatz.

a) Mit Ahndung

- Der regulatorische Rahmen sieht Rotlichtüberwachung ausschliesslich bei Lichtsignalanlagen vor; insbesondere werden explizite Anforderungen an die Dauer der Gelbphase gestellt. Bei Blinklichtsignalen ist eine Gelbphase implizit in der Warnzeit enthalten, aber nicht als solche sichtbar. Die Realisierung der Massnahme setzt eine Anpassung/Ergänzung des aktuellen Regelwerks voraus.
- Eine Realisierung der Massnahme M5 «Lichtsignal» kann beim Aspekt der fehlenden Gelbphase ein Lösungsansatz sein.
- Es sind Anpassungen auf der Ebene von Verordnungen, Weisungen, allenfalls auch technischen Normen² notwendig. Die Zahl der Stakeholder ist entsprechend gross und notwendige Anpassungen sind mit erheblichem zeitlichem Aufwand verbunden (Zeitbedarf für eine Umsetzung).
- Zusammen mit der Anpassung der Regelungen sind auch die Zuständigkeiten und Abgrenzungen zwischen Strasse und Bahn zu klären und festzulegen: Finanzieren der Anlagen, Aufstellen, Betrieb, Ahndung, Bussgeldeinnahmen. Die Mitwirkung der entsprechenden Polizeiorgane stellt dabei einen Erfolgsfaktor dar.

b) Mit Verhaltenshinweis (ohne Ahndung)

- Die Realisierung ist deutlich einfacher als bei der Rotlichtüberwachung, wobei ebenso die Zuständigkeiten und Abgrenzungen zwischen Strasse und Bahn festzulegen sind. Das Finanzieren der Anlagen, Aufstellen und der Betrieb könnte weitgehend der Bahnseite übertrage werden.

Für beide Massnahmenansätze ist eine Entwicklung der technischen Systeme notwendig, die Unabwägbarkeiten und einen initialen Entwicklungsaufwand beinhaltet.

Weitere Vor- und Nachteile

Je nach Ortslage, DTV und Verhalten der Verkehrsteilnehmer können relevante Einnahmen aus Bussgeldern entstehen. Diese könnten für die Aufwendungen auf Seite der Strasse verwendet werden.

Folgerungen und Diskussion

- Enforcement mit Ahndung ist ein wirksames und verhältnismässiges Mittel, um das Verhalten der Verkehrsteilnehmer am BUe zu beeinflussen. Im übrigen Strassenverkehr ist es ein selbstverständliches und unabdingbares Mittel – nur an BUe kommt es praktisch nicht zum Einsatz (allenfalls Kontrollen durch Polizeipräsenz). Demgegenüber steht ein steiniger Weg bis zu einem operativen Einsatz mittels Rotlichtkameras. Soll dieser Weg beschritten werden, braucht es ein starkes Commitment der Beteiligten und einen langen Atem.
- Punktuell bei risikoreichen BUe stellt die Massnahmen mit Verhaltenshinweis ebenfalls eine vielversprechende Massnahme dar. Sie dürfte deutlich einfacher umzusetzen sein.
- Beim Enforcement mit Ahndung ist es wesentlich, dass die Massnahmen nicht nur an den BUe ihre Wirkung entfaltet, wo die Anlage steht. Langfristig sollte es ein Ziel sein, dem Verkehrsteilnehmer das Gefühl zu vermitteln, dass Fehlverhalten an jedem BUe geahndet werden kann. Dadurch ist eine zunehmende netzweite Wirkung zu erwarten (dieser Aspekt wird in der Beurteilung nicht explizit berücksichtigt). Vor diesem Hintergrund sollten die Anlagen auch gut sichtbar sein.
- Ein flächiges Abdecken einer grossen Zahl von BUe mit mobilen Kontrollen ist unrealistisch. Der Einsatz soll sich auf stark frequentierte risikoreiche BUe oder solche mit bekanntermassen häufigen Regelverletzungen konzentrieren (Priorisierung).
- Die Verbindung mit Massnahme M5 «Lichtsignale» könnte einige regulatorische Hindernisse ausräumen (wobei die Massnahme M5 selbst auch Anpassungen an Regelungen erfordert).

² Z.B. SN 640 837 «Lichtsignalanlagen, Übergangszeiten und Mindestzeiten»

A4 Anwendungsbeispiel

Das Risikomodells wurde in einer Stichprobe von 45 BUe, die unterschiedliche Sicherungsarten und lokale Eigenheiten abdecken, plausibilisiert.

Nachfolgend ist die Anwendung beschrieben und eine exemplarische Massnahmenprüfung für einen betrachteten BUe durchgeführt.

Daten und Eigenheiten des BUe

Daten	SOB BUe1
Ortschaft	Biberbrugg, Walschloss
BUe-Name	Walschloss
Landeskoordinaten	697448/223440



BUe-Typ	SCHA	Anmerkungen
f1 Zugdichte	140 Z/Tag	
f2 Geschwindigkeit	80 km/h	
f3 Verkehrsaufkommen	520 Fz/Tag	Gemäss Angaben in Swisstopo
f4 Erkennbarkeit	durchschnittlich	Von der übergeordneten Strasse aus
f5 Annäherung	Parallelführung Schiene/Strasse	
f6 Umfeld	Einzelne Merkmale	Radstreifen, Platz in unmittelbarer Nähe, Fussgängerstreifen
f7 Sperrzeit	Kurz	
f8 Räumbereich	Einbiegen in stark befahrene Strasse	
f9 Langsamverkehr	Kl. 1	Über den BUe keine Fussgänger, kaum Fahrräder

Risikoermittlung

BUe-Typ	SCHA		Anmerkungen
	Häufigkeit	Ausmass	
Basiswerte BUe-Typ	0.0079	769'706	Basisparameter für den BUe-Typ SCHA Basisrisiko = 6'081 CHF/Jahr
f1 Zugdichte	1.04		$f_1 = \left(\frac{Z_x}{Z_m}\right)^{0.5}$
f2 Geschwindigkeit	1.00	1.00	$f_{2-H} = \left(\frac{v_x}{v_m}\right)^{0.5}$, $f_{2-A} = \left(\frac{v_x}{v_m}\right)$
f3 Verkehrsaufkommen	0.63		$f_3 = \frac{f(DTV_x^{0.346})}{f(DTV_m^{0.346})}$, DTVm = 2000 Fz/d, DTVx = 520 Fz/d
f4 Erkennbarkeit	1.00		Durchschnittlich --> 1.00
f5 Annäherung	1.25		Parallelführung Strasse – Schiene --> 1.25
f6 Umfeld	1.25		Einzelne Merkmale --> 1.25
f7 Sperrzeit	0.66		Kurz --> 0.66
f8 Räumbereich	1.50		Einbiegen in stark befahrene Strasse --> 1.50
f9 Langsamverkehr	0.90		Gering, ohne Zielpunkt --> 0.9
Risikokennzahlen (Hrm, Arm)	0.0072	769'706	Hrm = f1*f2-H*f3*f4*f5*f6*f7*f8*f9
Risiko MKR		5'512	MKR = 0.0072*769'706
Vergleich mit Basishäufigkeit		91%	Anteil = 0.0072/0.0079
Vergleich mit Basisrisiko		91%	Anteil = 5'512/6'081

Massnahmenprüfung

Anwendbare Massnahmen aus dem geprüften Spektrum:

- M2 Optimierung der Schranke
- M7 Raumüberwachung

Monetarisiertes Kollektives Risiko (MKR) ohne Massnahme: CHF 5'512.-/Jahr.

Die Angaben zu den Kosten und zur Wirksamkeit stammen aus den Factsheets im Anhang A3). Für die Beurteilung wird angenommen, dass die Massnahme M2 im Rahmen einer üblichen Erneuerung umgesetzt wird (Auswirkungen auf die Höhe der Kosten).

Massnahme	Massnahmenkosten in CHF/Jahr	Risikoreduktion in %	Risikoreduktion in CHF/Jahr	KWV
M2.1 Optimierung der Schranke (Erneuerung, nur Baum)	1'000.-	10%	551.-	1.8
M2.2 Optimierung der Schranke, mit Leuchten (Erneuerung)	3'000.-	15%	827.-	3.6
M2.2 Optimierung der Schranke, Überwachung der intakten Schranke	1'000.-	2%	110.-	9.1
M7 Raumüberwachung (Schleifen)	10'000.-	45%	2'736.-	3.6

- Kann eine optimierte Schranke M2.1 im Rahmen einer Erneuerung kostengünstig realisiert werden, ist ein ausgewogenes KWV zu erwarten.
- Bei allen andern Massnahmen ist das KWV ungünstig oder unverhältnismässig.
- Der vorliegende BUe weist ein MKR auf, das nahe am durchschnittlichen Wert für SCHA liegt, sodass die Ergebnisse nur wenig von den allgemeinen Empfehlungen abweichen.
- Wichtig
Liegen spezifische Kostenschätzungen vor, so sollen diese anstelle der allgemeinen Angaben verwendet werden. Die Umrechnung von einmaligen Investitionskosten in Jahreskosten, wie sie für die Beurteilung notwendig sind, ist im Anhang A2 beschrieben.