

## Wo braucht es Leitplanken zwischen Strasse und Schiene?



Parallelführungen Waldenburgerbahn

Quelle: Jan Hellman Photography

**Kommt es zu Unfällen zwischen Eisenbahn und Strassenverkehrsteilnehmern, sind oftmals Todesopfer zu beklagen. Um die beiden Verkehrsträger voneinander zu schützen, sind bei Parallelführungen von Strasse und Schiene gemäss Norm SN 671 253 vielerorts Leitplanken vorzusehen. Dies verhindert zwar Kollisionen mit der Eisenbahn, beeinflusst aber auch das Unfallgeschehen auf der Strasse. Es stellt sich also die Frage, ob Leitplanken in jedem Fall einen Gewinn an Sicherheit darstellen.**



Manuel Kaegi  
Emch + Berger AG

Wenn Strasse und Schiene parallel zueinander verlaufen, sollte ein gewisser Sicherheitsabstand eingehalten werden, um Kollisionen zwischen Eisenbahn und Strassenverkehrsteilnehmern vorzubeugen. Aufgrund der teilweise sehr engen Platzverhältnisse in der Schweiz wurde in der Vergangenheit bei Parallelführungen

vielerorts auf einen angemessenen Sicherheitsabstand verzichtet. Das führte zur Situation, dass heute viele Parallelführungen, insbesondere solche mit kleineren Regionalbahnen, so gut wie keinen Sicherheitsabstand aufweisen.

### Neue Gesetzgebung

Aufgrund der geänderten und per 1. Juli 2014 in Kraft getretenen Eisenbahnverordnung (EBV) und deren Ausführungsbestimmungen (AB-EBV) zu Art. 23 (siehe Box), sind neu auch bei bestehenden Parallelführungen zwischen Strasse und Schiene die Sicherheitsabstände zu überprüfen und nötigenfalls Schutzmassnahmen (z.B. Leitplanken) vorzusehen.

### EDITORIAL



### Sind Leitplanken sicher? Sind Sie sicher?

Können wir es nicht bleibenlassen, das ewige Vergleichen? Nein.

Nein? Was wäre, wenn sie nicht wären, die Leitplanken? Die Physischen. Die Leitplanken im Strassenverkehr, bei der Bahn. Aber auch die gedanklichen, die emotionalen Leitplanken.

Neuer, umfangreicher, besser. Was heute Spitzentechnologie ist, ist morgen Standard. Der Ausweg aus dem Dilemma: sich auf die eigenen Werteleitplanken fokussieren. Und daraus ergeben sich unmittelbar neue Fragen: Welche Risikobetrachtungen und Theorien liegen den Vorschlägen zugrunde, spezifische Massnahmen umzusetzen? Welche Belege für die Wirksamkeit dieser Massnahmen gibt es? Und schliesslich: Was lässt sich aus Erfahrungen lernen?

Die methodischen Schwierigkeiten beim Aufzeigen einer kausalen Relation zwischen dem Einsatz von Leitplanken und deren Auswirkungen dürfen nicht unterschätzt werden, und zudem werden meist mehrere Sicherheitsmassnahmen gleichzeitig getroffen; bei physischen Leitplanken zusätzlich Markierungen, Signalisationen, Beleuchtungen. Und trotz aller ökonomischen Überlegungen geht es um ein Abwenden von Bedrohung, und damit um proaktive Massnahmen. Dieser subjektive Sicherheitsgewinn lässt sich nur vergleichend beschreiben: in Risiko-Szenarien und mit «was wäre, wenn-Vergleichen». Denn objektive, wissenschaftlich messbare Sicherheit gibt es nicht.

Eine tiefe Schlucht, kein Geländer. Sie stehen an der Kante. Der steile Abgrund zieht einen förmlich nach unten. Kennen Sie das Gefühl? Dieselbe Situation, aber mit Geländer. Easy. Also ist klar: Leitplanken sorgen für Sicherheit und die Etablierung und Kommunikation von «gefühlter» Sicherheit. «Gelebte» Sicherheit ist keine technische, sondern insbesondere eine menschliche Herausforderung.

Beat Lauber  
Siplan AG

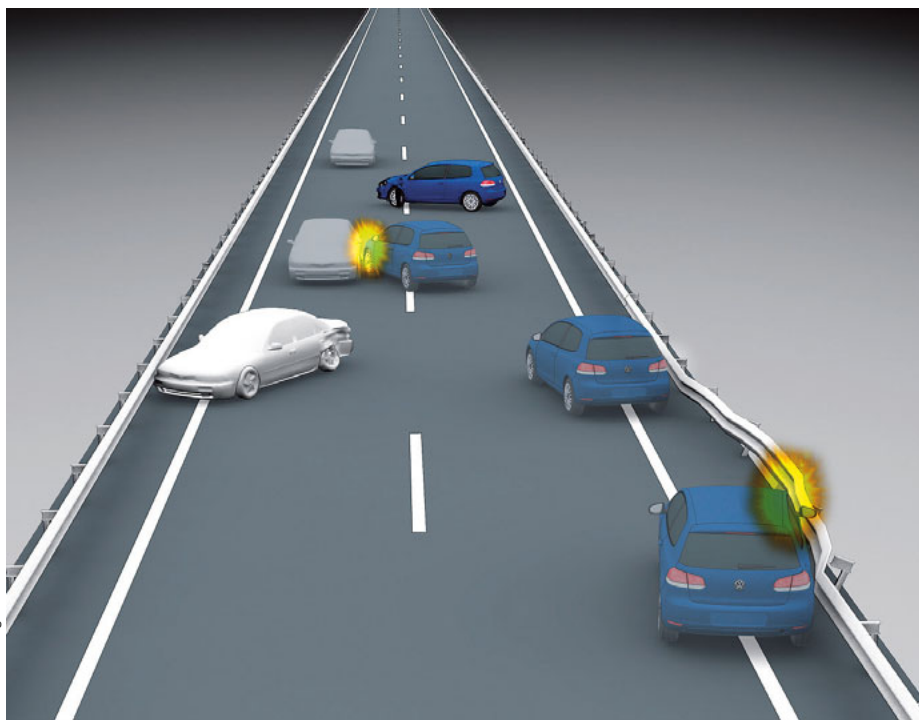


Abbildung 1: Fahrzeugrückprall an Leitplanke

Die Überprüfung wird allerdings erst dann fällig, wenn wesentliche bauliche oder betriebliche Änderungen an Strasse oder Eisenbahn erfolgen, oder wenn die Unfallhäufigkeit dies erfordert. Diese Überprüfung kann durch Anwendung der Norm SN 671 253 oder mittels Risikoanalyse erfolgen.

Die Norm fordert in den meisten Fällen entweder einen Mindestabstand zwischen den beiden Lichtraumprofilen von 1,5m bis 2,5m oder die Errichtung von Fahrzeugrückhaltesystemen. Da Leitplanken bei einem Fahrzeuganprall nicht ins Lichtraumprofil der Bahn ragen dürfen, sind diese in einem relativ grossen Abstand (> 2,1m) zu platzieren. Dadurch ist auch eine normgerechte Umsetzung mit Leitplanken bei bestehenden Bahnlinien vielerorts nur schwer umsetzbar. Bei Bahnlinien, deren Strecken aus histori-

schen Gründen teilweise in sehr geringem Abstand entlang einer Strasse verlaufen, lässt die Norm anstelle von Leitplanken auch den Einsatz von starren Leitmauern zu.

Fahrzeugrückhaltesysteme können zwar Kollisionen zwischen Eisenbahn und Strassenverkehrsteilnehmern verhindern, stellen aber ihrerseits ein Risiko für den Strassenverkehr dar. Prallt nämlich ein Strassenfahrzeug an ein Fahrzeugrückhaltesystem, so besteht die Gefahr eines Rückpralls auf die Gegenfahrbahn und einer Folgekollision mit dem Gegenverkehr (vgl. Abbildung 1). Die Autoindustrie hat dieses Problem indessen bereits erkannt. So rüsten Autohersteller (wie z.B. der deutsche Autobauer VW) seine neuen Modelle mit einer sogenannten «Multi Collision Brake» aus, welche nach einem Zusammenstoss das Fahrzeug kontrolliert abbremst. Dadurch kann auf technischem Weg das von dem Fahrzeugrückhaltesystem ausgehende Risiko für den Fahrer eines solchen Wagens reduziert werden. Solange aber die Mehrheit der Fahrzeuge noch ohne derartige Sicherheitssysteme unterwegs ist, bleibt das Rückprallrisiko ein wesentlicher, sicherheitsrelevanter Aspekt von Fahrzeugrückhaltesystemen.

### Gesamtheitliche Betrachtung am Beispiel der Waldenburgerbahn

Die AB-EBV lassen bei bestehenden Anlagen nebst der Anwendung der Norm SN 671 253 auch eine Abstandsüberprüfung mittels einer Risikoanalyse unter Einbezug vergleichbarer Situationen zu. Bei einer solchen Risikoanalyse steht die gesamtheitliche Betrachtung des Systems Schiene und Strasse im Vordergrund. Die Vorteile von Fahrzeugrückhaltesysteme-

men für die Sicherheit der Bahn müssen quantifiziert und beispielsweise allfälligen nachteiligen Effekten für den Strassenverkehr (Rückprallrisiko) gegenübergestellt und sorgfältig abgewogen werden.

Am Beispiel eines Streckenabschnittes der Waldenburgerbahn kann aufgezeigt werden, wie sich die Risikosituation bei einer typischen Schweizer Parallelführung zu einer kleinen Bahnlinie darstellt. Die gesamte Parallelführungsstrecke kann dazu in homogene Streckensegmente unterteilt werden, bei denen folgende ortsspezifische Einflussgrössen jeweils konstant sind:

- Signalisierte Geschwindigkeit auf der Strasse
- Höchstgeschwindigkeit der Bahn
- Durchschnittlicher täglicher Verkehr (DTV) auf der Strasse
- Durchschnittlicher täglicher Verkehr der Bahn

Für jedes Streckensegment lässt sich basierend auf der Unfallstatistik die Unfallhäufigkeit ermitteln. Weiter kann der Anteil derjenigen Unfälle bestimmt werden, bei denen ein Fahrzeug Richtung Bahnlinie abirrte und die Waldenburgerbahn dadurch in einen Unfall involviert würde. Bei der Waldenburgerbahn stellte sich heraus, dass bei der Parallelführung zur Bahn die allermeisten Unfälle zwischen 2003 und 2013 ausschliesslich die Strasse betrafen (92%), lediglich bei 8% der Unfälle war die Waldenburgerbahn ausserhalb der Bahnübergänge betroffen.

Die Häufigkeit und das Schadenausmass aller möglichen Unfallszenarien lassen sich mittels einer Ereignisbaumanalyse untersuchen. Dies ist eine Bottom-up-Modellierungstechnik, bei der die möglichen Folgen eines auslösenden Ereignisses (z.B. Verkehrsunfall mit abirrendem Fahrzeug Richtung Bahnlinie) in Form von unterschiedlichen Ereignispfaden (Szenarien) in einer Baumstruktur dargestellt und analysiert werden.

Bei der Ereignisbaumanalyse werden Prozesse wie der Fahrzeugrückprall an Leitplanken oder Leitmauern und die geschwindigkeitsabhängigen Bremswege der Fahrzeuge berücksichtigt. Für die Quantifizierung des zu erwartenden Schadenausmasses ist ebenfalls die Unfallstatistik auszuwerten. Beispielsweise ist bei Frontalkollisionen mit einem grösseren Schaden zu rechnen als bei einem Aufprall.

Zur Berechnung des Risikos kann für jedes Unfallszenario (i) des Ereignisbaums die Häufigkeit  $H_i$  und das zu erwartende Schadenausmass  $A_i$  abgeschätzt werden. Dabei sind nur Personenschäden (Anzahl Todesopfer und Verletzte) zu berücksichtigen. Sachschäden werden in der Regel bei einer solchen Risikoberechnung nicht berücksichtigt. Um die unterschiedlich schweren Personenschäden miteinander vergleichen zu können, kann von folgen-

Herausgeber:



**SSI, Schweizerische Vereinigung unabhängiger Sicherheitsingenieure und -berater**

Sekretariat  
Güstrasse 46  
8700 Küsnacht

Telefon 044 910 73 06

www.ssi-schweiz.ch  
sicherheitsingenieure@bluwin.ch

den Analogien ausgegangen werden: Ein Todesopfer entspricht vom Schadenausmass her zehn Schwerverletzten bzw. 100 Leichtverletzten. Für die Analyse des finanziellen Aspekts lassen sich Grenzkosten KG definieren, welche die Gesellschaft bereit wäre zu investieren, um ein Todesopfer zu verhindern. Beispielsweise können Grenzkosten von CHF 10 Mio. pro Todesopfer eingesetzt werden, was einem etablierten Wert bei den Schweizer Eisenbahnen entspricht.

$$R_m = K_G \cdot \sum_{\forall i} H_i \cdot A_i$$

$R_m$ : Monetarisiertes Risiko [CHF / Jahr]  
 $H_i$ : Häufigkeit des Szenarios i [-]  
 $A_i$ : Ausmass des Szenarios i [Todesopfer]  
 $K_G$ : Grenzkosten [CHF / Todesopfer]

Methodisch lässt sich das monetarisierte Risiko Strasse und Schiene für den betrachteten Streckenabschnitt einmal mit weichen Leitplanken, einmal mit einer Leitmauer und einmal ohne Fahrzeugrückhaltesystem berechnen und als Risikosummenkurve in einem Häufigkeits-Ausmass-Diagramm darstellen (Abbildung 2). In dieser Darstellung ist ein deutlicher Unterschied zwischen den Risikoprofilen mit und ohne Fahrzeugrückhaltesystem zu erkennen. Verzichtet man auf Leitplanken oder Leitmauern, so können schwere Unfälle mit der Eisenbahn nicht ausgeschlossen werden. Auf einer

ca. 10 km langen Parallelführung mit einem solchen Risikoprofil wäre beispielsweise rund alle 10 000 Jahre mit einem Unfall mit bis zu zehn Todesopfern zu rechnen. Umgekehrt müsste man bei der Installation eines Fahrzeugrückhaltesystems aufgrund des Rückprallrisikos mit einem zusätzlichen Verletzten alle zwei bis drei Jahre rechnen.

### Wirkung der Schutzmassnahmen auf das Risiko

Vergleicht man die ermittelten Risiken der drei verschiedenen Situationen auf dem betrachteten Streckenabschnitt, so zeigt sich, dass die Installation eines Fahrzeugrückhaltesystems in diesem Fall tatsächlich das Gesamtrisiko erhöht (Tabelle 1). In denjenigen Fällen, in welchen Leitplanken oder Leitmauern das Gesamtrisiko reduzieren, beläuft sich die erzielbare Risikoreduktion auf wenige hundert Franken pro 100m und Jahr. Stellt man diese Risikoreduktion den effektiven Jahreskosten von Leitschranken (ca. CHF 1000 pro 100m und Jahr) bzw. Leitmauern (ca. CHF 4500 pro 100 m und Jahr) gegenüber, so ist die Frage erlaubt, ob eine solche Investition aus Kosten-Nutzen-Überlegungen sinnvoll ist. Bei der Waldenburgerbahn kommt auf vielen Streckenabschnitten erschwerend hinzu, dass die Platzverhältnisse so eng sind, dass nicht einmal für eine Leitmauer ausreichend Freiraum zur Verfügung steht. Möchte man an diesen Stellen trotzdem ein Fahrzeugrückhaltesystem installieren, so wäre dies mit erheblichem Mehraufwand (z.B. Trasse-Verschiebung, Fahrbahneinengung, Landerwerb etc.) und Mehrkosten verbunden.

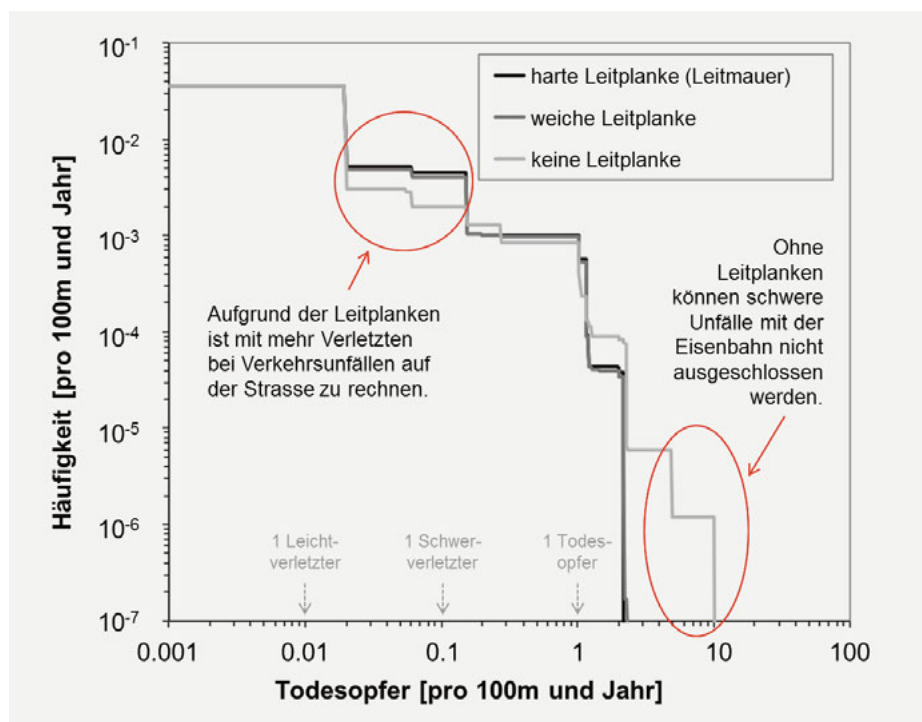


Abbildung 2: Typische Risikosummenkurve im Häufigkeits-Ausmass-Diagramm für einen Streckenabschnitt der Waldenburgerbahn.

## SSI-Mitglieder stellen sich vor:

### Basler & Hofmann AG

Basler & Hofmann ist ein unabhängiges Ingenieur-, Planungs- und Beratungsunternehmen mit rund 600 Mitarbeitenden in der Unternehmensgruppe. Wir entwickeln wegweisende Lösungen für eine bebaute und intensiv genutzte Welt. Bauen, Mobilität, Energie, Sicherheit, Umwelt – das sind die Themen, mit denen wir uns im Auftrag unserer Kunden beschäftigen. Bei Basler & Hofmann arbeiten Fachleute aus mehr als 30 Disziplinen. Für jedes Projekt stellen wir ein individuelles Projektteam zusammen. Darin sind alle Fachgebiete vertreten, die für eine optimale Lösung erforderlich sind. Tauchen neue Anforderungen im Projekt auf, ist der kompetente Ansprechpartner bei uns schnell verfügbar.

Im Themenfeld «Sicherheit» ist unser Team inhaltlich breit aufgestellt. Wir sind spezialisiert auf massgeschneiderte Lösungen bei komplexen Anforderungen in den folgenden Bereichen:

- Sicherheitsanalysen und Beratung für Objekte, Organisationen und Anlässe
- Planen und Überprüfen der Erdbbensicherheit von Einzelobjekten, Anlagen und Portfolios
- Erarbeiten von Brandschutzkonzepten, Ausführungsbegleitung und Qualitätssicherung
- Evakuationsplanung und Entfluchtungsnachweise
- Störfallvorsorge und Risikoanalysen

Unsere Kunden profitieren von der engen Zusammenarbeit mit Experten aus anderen Fachgebieten, die wir je nach Projekt hinzuziehen – seien es Fachleute für Geoinformationssysteme, Verfahrenstechnik, Hoch- oder Tunnelbau.

## Basler & Hofmann

Basler & Hofmann AG  
 Forchstrasse 395  
 Postfach  
 8032 Zürich  
 T +41 44 387 11 22  
[www.baslerhofmann.ch](http://www.baslerhofmann.ch)



DTV	Geschwindigkeit Strasse	Geschwindigkeit Bahn	Risiko $R_m$ ohne Leitplanke [CHF/100m/J]	Risikoreduktion mit FRS [CHF/100m/J]	Beste Lösung
19 000	vST ≤ 60 km/h	vS ≤ 60 km/h	7265	-1745	kein FRS
		vS > 60 km/h	10 870	37	Leitmauer
	vST > 60 km/h	vS ≤ 60 km/h	30 391	-5815	kein FRS
		vS > 60 km/h	10 214	-1270	kein FRS
7500	vST ≤ 60 km/h	vS ≤ 60 km/h	4913	-105	kein FRS
		vS > 60 km/h	4115	822	Leitmauer
	vST > 60 km/h	vS ≤ 60 km/h	11 908	-1063	kein FRS
		vS > 60 km/h	11 808	681	Leitplanke
3000	vST ≤ 60 km/h	vS ≤ 60 km/h	3658	239	Leitmauer

**Tabelle 1: Monetarisiertes Risiko und erzielbare Risikoreduktion bei unterschiedlichen Streckentypen der Parallelführung Waldenburgerbahn (FRS = Fahrzeugrückhaltesystem). Eine negative Risikoreduktion bedeutet eine Risikoerhöhung.**

## Fazit

Aufgrund der neuen Gesetzgebung (AB-EBV) bezüglich Sicherheitsabstand und Schutzmassnahmen zwischen parallel verlaufenden Schienen und Strassen wird sich früher oder später fast jedes Schweizer Bahnunternehmen mit dieser Problematik auseinandersetzen müssen.

Die neue Norm SN 671 253 gilt zwar für alle Parallelführungen, ist aber speziell für Hochleistungsstrecken mit viel Verkehr und hohen Geschwindigkeiten ausgelegt. Dabei wird das Rückprallrisiko weitestgehend vernachlässigt, da bei solchen Strecken das Risiko eines Zusammenstosses

zwischen Eisenbahn und Strassenverkehrsteilnehmer im Vordergrund steht.

Bei kleinen Bahnlinien, welche parallel zu Hauptstrassen verlaufen, ist aber oftmals das Unfallrisiko auf der Strasse selber dominant und die Installation von Fahrzeugrückhaltesystemen kann das Gesamtrisiko erhöhen. In solchen Situationen kann eine Risikoanalyse, wie sie in diesem Artikel vorgestellt wurde, helfen, die notwendigen Sicherheitsmassnahmen zu definieren.

Mit der hier vorgestellten Methode zur risikobasierten Abstandsüberprüfung werden jeweils die gesamten Parallelfüh-

rungsstrecken unter Berücksichtigung ortsspezifischer Einflussgrössen analysiert und mittels Kosten-Nutzen-Überlegungen für jedes Streckensegment festgelegt, ob und welche Schutzmassnahmen (Leitschranken/Leitmauern) zu treffen sind. Die Erfahrung hat gezeigt, dass bei Bahnlinien mit moderatem Schienenverkehr kostenintensive Schutzmassnahmen in der Regel nicht verhältnismässig und risikobasiert spezifische Lösungen zu treffen sind.

Es gilt allerdings festzuhalten, dass zurzeit so gut wie keine verlässlichen Daten verfügbar sind, welche Informationen über den Fahrzeugrückprall in Abhängigkeit der Geschwindigkeit und des Leitplankentyps enthalten. Bei den Anpralltests der Leitplanken wird zwar der Rückprall untersucht, allerdings nur mit einer sehr groben Auflösung. Zudem sind die Prüfprotokolle der Anpralltests in der Regel nicht öffentlich zugänglich. Leider wird auch in den standardisierten Unfallprotokollen das Thema Rückprall an Leitplanken nicht erfasst. So wird bei einer Kollision zweier Fahrzeuge zwar der Unfalltyp (Kollision) und die Unfallursache (z.B. überhöhte Geschwindigkeit) erfasst. Wenn aber eines der Fahrzeuge vorher die Leitplanke touchierte, wird dieser Aspekt in der Regel nicht festgehalten. Dies wäre jedoch ein effektiver Weg, um eine zuverlässige Datenbasis zu erstellen. Um das Rückprallrisiko besser zu verstehen, müssten künftig die Unfallprotokolle um solche Informationen erweitert werden.

## AE-EBV, Art. 23

### 1 Neue Anlagen

- 1.1 Bei Parallelführung oder Annäherung von Bahn und Strasse ist ausreichend Raum für Bahn- und Strassensignalisation, Entwässerung, Unterhalt, Blendschutz, Bepflanzung, Schneeablagerung usw. vorzusehen.
- 1.2 Wo die Gefahr droht, dass Strassenfahrzeuge oder davon abkommende Ladungen auf das Eisenbahntrasse geraten und dadurch die Sicherheit der Eisenbahn gefährden, sind zusätzlich Sicherheitsabstände und/oder Schutzmassnahmen zwischen Bahn und Strasse anzuordnen.
- 1.3 Sicherheitsabstände und Schutzmassnahmen sind gemäss Norm SN 671 253 zu bestimmen.

### 2 Bestehende Anlagen

- 2.1 Bei bestehenden Parallelführungen und Annäherungen sind Sicherheitsabstände und/oder Schutzmassnahmen zu bestimmen, wenn wesentliche bauliche oder betriebliche Änderungen an Strasse oder Eisenbahn erfolgen oder wenn die Unfallhäufigkeit dies erfordert.
  - 2.1.1 Als wesentliche bauliche Änderung gelten Veränderungen an der horizontalen und vertikalen Linienführung, die eine massgebliche Erhöhung der Kollisionswahrscheinlichkeit, der Abkommenswahrscheinlichkeit oder der Abkommensdistanz von Strassenfahrzeugen bewirken.
  - 2.1.2 Als wesentliche betriebliche Änderung gelten insbesondere die Änderung der Betriebsart der Eisenbahn (z.B. Zugfahrten anstelle von Strassenbahnbetrieb), die Erhöhung der Geschwindigkeit um mehr als 10 km/h, der Einsatz von neuem Rollmaterial mit nachteiliger Auswirkung auf die Kollisionswahrscheinlichkeit (z.B. breitere Wagenkasten, geringere Bremsleistung) sowie eine Erhöhung der Höchstgeschwindigkeit auf der Strasse.
- 2.2 Die Überprüfung gemäss Ziffer 2.1 kann mit einer Risikoanalyse unter Einbezug vergleichbarer Situationen oder durch Anwendung der Norm SN 671 253 erfolgen. Die Überprüfungsmethode ist in Absprache mit dem BAV fallweise festzulegen.

## Über den Autor

Manuel Kaegi, Dr. sc. ETH Zürich, Physiker + Projektleiter Sicherheit und Risikomanagement bei der Emch + Berger AG Bern. In dieser Funktion berät und unterstützt er Kunden verschiedener Branchen in den Fachgebieten Risiko und Sicherheit.