



Eisenbahn-Bundesamt

EBA Forschungsbericht  
2019-04

# Analyse Optimierungspotential Bahnübergangssicherung

Zusammenfassung (deutsch) und Summary (englisch)



EBA Forschungsbericht 2019-04  
Projektnummer 2017-I-2-1217

# Analyse Optimierungspotential Bahnübergangssicherung

Zusammenfassung (deutsch) und Summary (englisch)

von

Jenny Oelsner

CERSS Kompetenzzentrum Bahnsicherungstechnik, Dresden

Jens Buder

Professur für Verkehrssicherungstechnik / Technische Universität Dresden, Dresden

Im Auftrag des Eisenbahn-Bundesamtes

# Impressum

HERAUSGEBER  
Eisenbahn-Bundesamt

Heinemannstraße 6  
53175 Bonn

[www.eba.bund.de](http://www.eba.bund.de)

DURCHFÜHRUNG DER STUDIE  
CERSS Kompetenzzentrum Bahnsicherungstechnik Bernhardstraße 77  
01187 Dresden

Technische Universität Dresden  
Professur für Verkehrssicherungstechnik  
01062 Dresden

ABSCHLUSS DER STUDIE  
Februar 2019

REDAKTION  
Eisenbahn-Bundesamt  
Roland Pelikan, Tobias Sieberichs, Referat 21  
Karl Kammel, Referat 22, Sg 226

Deutsches Zentrum für Schienenverkehrsforschung Ariane Boehmer

PUBLIKATION ALS PDF  
<https://www.dzsf.bund.de/Forschungsergebnisse/Forschungsberichte>

ISSN 2627-9851

[doi: 10.48755/dzsf.210020.02](https://doi.org/10.48755/dzsf.210020.02)

Bonn, Dezember 2019

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>7</b>
1.1	Erste Empfehlung.....	9
1.2	Zweite Empfehlung .....	10
1.3	Dritte Empfehlung.....	10
1.4	Vierte Empfehlung.....	11
1.5	Weitere bereits in Anwendung befindliche Empfehlungen .....	11
<b>2</b>	<b>Summary</b> .....	<b>13</b>
2.1	first recommendation .....	15
2.2	second recommendation .....	16
2.3	third recommendation .....	16
2.4	fourth recommendation .....	17
2.5	measures already in application .....	17



# 1 Zusammenfassung

Ausgangspunkt für die Arbeiten im Forschungsprojekt „Analyse Optimierungspotential Bahnübergangssicherung“ bildet die vergleichsweise hohe Unfallhäufigkeit an Bahnübergängen (BÜ) im Verkehrssystem Eisenbahn. Im Sinne der Unfallvermeidung wurden daher in der vorliegenden Studie potentielle Verbesserungsmaßnahmen identifiziert und hinsichtlich ihrer Anwendbarkeit bewertet. Die grundlegende Basis für die durchgeführte Analyse bilden zunächst die Systemdefinitionen der verschiedenen, bei Eisenbahnen des Bundes (EdB) eingesetzten BÜ-Sicherungsanlagen. Zudem sollte das aktuell vorhandene und damit akzeptierte Risiko an BÜ als Grundlagenkriterium herangezogen werden.

Umfangreiche Datenanalysen stellten sich jedoch als nicht zielführend heraus, da keine für den vorliegenden Zweck hinreichend detaillierten Statistiken geführt werden. Zwar lassen sich gewisse Trends und Ableitungen identifizieren, konkrete Kalkulationen bezüglich des Risikos an Bahnübergängen können mit diesen Daten jedoch nicht durchgeführt werden. Maßgebend für das Risiko ist die Häufigkeit eines Zusammenpralls, welche es zu verringern gilt. Hierzu können die Einflussfaktoren Aussetzung, Gefährdung und Unabwendbarkeit assimiliert werden. Insbesondere bei den Gewerken Sicherungs- und Elektrotechnik sowie Bau-technik der Straße existieren Einflussgrößen, welche Optimierungspotential bieten.

Im Forschungsvorhaben konnten diverse sinnvolle und zweckdienliche Maßnahmen zur Steigerung der Sicherheit am Bahnübergang identifiziert werden. Hierzu wurden different eingesetzte Komponenten der BÜ-Sicherung im Bereich Nichtbundeseigener Bahnen (NE-Bereich) im In- und Ausland sowie innovative Technologien auf ihr Potential zur Sicherheitserhöhung bzw. Kostensenkung am Bahnübergang eruiert. Basis dieser Betrachtungen bilden:

- menschliche Verhaltensanalysen am Bahnübergang,
- ein Ablaufmodell der Nutzung eines BÜ sowie
- technische und wirtschaftliche Einflussgrößen.

Insgesamt wurden 28 grundsätzlich in Frage kommende Maßnahmen und Technologien hinsichtlich des grundsätzlichen Potentials, der anwendbaren Sicherungsarten wie auch der vorstellbaren Sicherheitserhöhung inspiziert. Mehr als zwei Drittel dieser wurden in einer Nutzwertanalyse (NWA) weiterführend betrachtet. Die Nutzwertanalyse stellt ein objektives semi-quantitatives Verfahren zur Evaluation der Konsequenzen von Entscheidungen dar. Durch die direkte Vergleichbarkeit der einzelnen Maßnahmen kann das optimale Aufwands-Nutzen-Verhältnis bestimmt werden. Dabei erfolgte eine Charakterisierung jeder Maßnahme mittels acht Bewertungskriterien in unterschiedlichen Wichtungen anhand einer Vergleichsmatrix. Diese Bewertungskriterien sind in Tabelle 1 dargestellt.

Nr.	Kriterium	Wertigkeit
1	Änderungsbedarf des Regelwerks	4
2	Zeitlicher Rahmen zur Implementierung	2
3	Kostenrahmen der Implementierung	3
4	Technische Verträglichkeit zur BÜ-Anlage	2
5	Verträglichkeit zur Umgebung	2
6	Anfälligkeit	1
7	Wirksamkeit	2
8	Negative verkehrspsychologische Effekte	1

Tabelle 1: Wertigkeit der Bewertungskriterien

Die NWA als Ganzes wurde in folgende vier Teilbereiche untergliedert:

- nichttechnisch gesicherte BÜ,
- BÜ mit Lichtzeichen,
- BÜ mit Halbschranken sowie
- technische Gefahrenraumfreimeldeanlagen an BÜ mit Vollabschluss.

Für jeden Teilbereich erfolgt eine Auswahl an Innovationen, die in der NWA betrachtet wurden und für die jeweilige Technik sinnvoll sind. Um die rechtlichen Rahmenbedingungen der evaluierten Optimierungsmöglichkeiten weiterführend zu untersuchen, erfolgt eine Selektion dieser. Top-Optimierungsmaßnahmen haben mindestens 75 % der zu erzielenden Punkte in der NWA erhalten. Abbildung 1 stellt eine hierarchische Abstufung der Maßnahmen und Technologien dar, wobei die Fahrbahnteiler das beste Ergebnis erreicht haben.

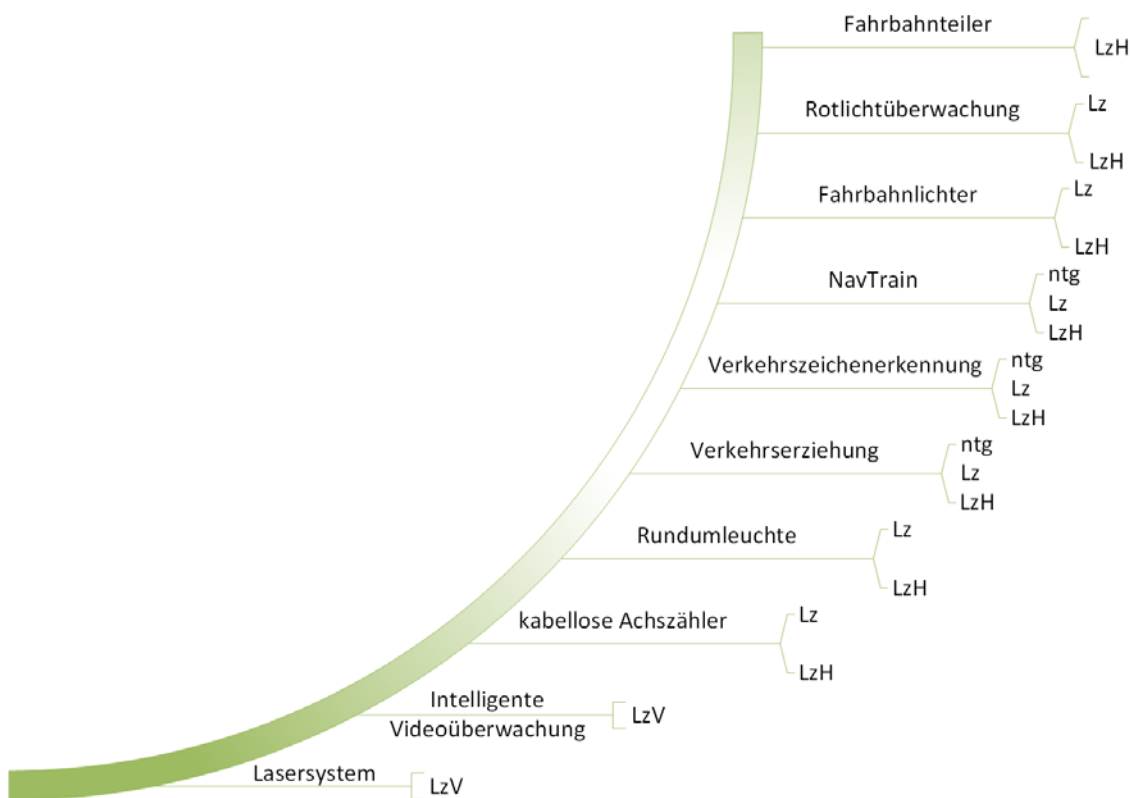


Abbildung 1: Hierarchische Darstellung der identifizierten Optimierungsmaßnahmen

Es folgte eine Prüfung der am besten bewerteten Maßnahmen auf ihre Regelkonformität zu den aktuell gültigen Vorschriften mit anschließender wiederholter Betrachtung der Bewertung von Aufwand und Nutzen.

Als Ergebnis konnte ein Empfehlungskatalog für Optimierungsmaßnahmen der Bahnübergangssicherung bei EdB determiniert werden (siehe Abbildung 2). Für die diversen, in Deutschland eingesetzten Sicherungsarten ergeben sich unterschiedliche Maßnahmen.



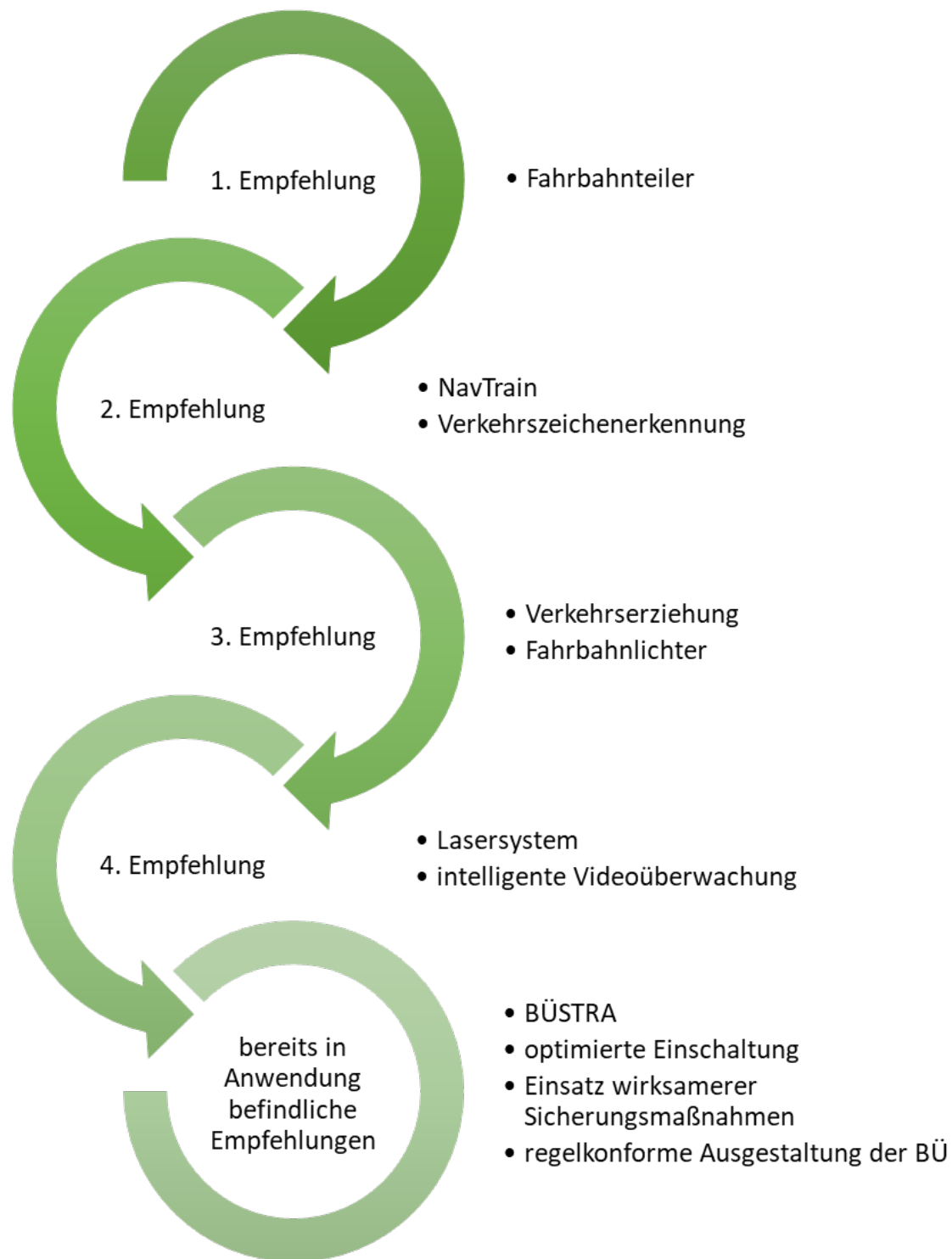


Abbildung 2: Empfehlungskatalog für Optimierungsmaßnahmen der Bahnübergangssicherung

### 1.1 Erste Empfehlung

Fahrbahnteiler in Form von Leitschwellen bilden eine unkomplizierte physische Barriere zur Vermeidung einer Umfahrung von geschlossenen Halbschranken. In der vorgesehenen Ausführung werden Leitbaken, welche auf einem schmalen gelben Leitbord montiert sind, mit einem klappbaren Scharnier ausgestattet. So können auch breite Straßenfahrzeuge (z. B. Schwertransport) den BÜ befahren. Da Bahnübergänge mit Lichtzeichen und Halbschranken eine zum Anlagenbestand hohe Unfallhäufigkeit aufweisen, ist diese Maßnahme zudem ausgesprochen effizient. Ausgenommen von einer vorstellbaren geringfügigen Erweiterung der

Richtlinie 815, steht diese Maßnahme in seiner Gesamtheit in Einklang mit den gültigen Bestimmungen. Dennoch gilt es, den Ausschluss von Abbiegevorgängen bei Bahnübergängen mit angrenzendem Kreuzungsberiech zu respektieren.

## 1.2 Zweite Empfehlung

Als zweite zu empfehlende Optimierungsmaßnahme gilt die Informationsanzeige für den Straßenverkehrsteilnehmer (SVT). Unabhängig vom System und Ausgabemedium bieten diese Maßnahmen („*NavTrain*“ und Verkehrszeichenerkennung im Straßenfahrzeug) ein breites Einsatzgebiet, da sie stets die Aufmerksamkeit des SVT auf den BÜ kanalisieren. Durch die doppelte Wahrnehmung der Gefahrenstelle Bahnübergang kann ein unbeabsichtigtes Fehlverhalten, wie z. B. Übersehen des BÜ, eliminiert werden. Gesetzliche Restriktionen gibt es bei beiden Maßnahmen nicht. Auch sind sie gleichermaßen für die Sicherheitserhöhung an allen Bahnübergängen der EdB geeignet.

Ein technisches System zur Verkehrszeichenerkennung ist bereits in vielen Kraftfahrzeugen serienmäßig implementiert. So werden die identifizierten Verkehrszeichen über die Armaturenanzeige an den Kfz-Führer übermittelt. Bestehende Lösungen müssten lediglich dahingehend erweitert werden, dass Verkehrszeichen am BÜ von der Fahrzeugsensorik (Kamerasystem) identifiziert werden.

Beim System „*NavTrain*“ kann jeder SVT via Smartphone über die Annäherung an einen Bahnübergang informiert werden. Zugangsvoraussetzungen, wie

- die notwendige Applikation,
- ein geeignetes Endgerät,
- eine Positionsbestimmung sowie
- eine bestehende Internetverbindung,

schränken den Einsatz des Systems jedoch ein. Zukunftsfähig ausgeweitet werden kann „*NavTrain*“ durch den systemspezifischen Abgriff und die Anzeige des Sicherungszustands technisch gesicherter Bahnübergänge. Hierfür sind allerdings noch tiefgründige Studien bzgl. der Sicherheit, Zuverlässigkeit und Ausfall Offenbarung notwendig.

## 1.3 Dritte Empfehlung

Als dritte Empfehlung können sowohl die Verkehrserziehung als auch die Fahrbahnlichter genannt werden.

Die Verkehrserziehung ist gewiss mit einem signifikanten Aufwand verbunden, erreicht aber alle Straßenverkehrsteilnehmer und kann damit absichtliches und unabsichtliches Fehlverhalten, welches die häufigste Unfallursache am BÜ darstellt, verhindern. Der Vorteil von pädagogischen Maßnahmen besteht darin, dass sie für die verschiedenen Benutzergruppen individuell gestaltet werden können. So besteht die Möglichkeit Schulkinder spielerisch an das korrekte Verhalten eines Fußgängers bzw. Fahrradfahrers am Bahnübergang heranzuführen, während Fahrschüler die genaue Vorgehensweise bei BÜ-Querungen mit Kraftfahrzeugen trainieren. Auch für langjährige Kraftfahrzeugführer ist die Wiederholung der besonderen Gefahrensituation und des richtigen Verhaltens am BÜ wichtig. Statistische Erhebungen zeigen, dass ein korrektes Wissen über die Bedeutung des Andreaskreuzes oder eines blinkenden Lichtzeichens in großer Zahl nicht vorhanden ist. Analog zur Kampagne „*Rettungsgasse rettet Leben*“ können die Kraftfahrzeugführer mit Informationstafeln und Videosequenzen über die richtigen Verhaltensweisen an den unterschiedlichen Sicherungsarten von BÜ informiert werden. Insbesondere an Bahnübergängen als statistisch erfasste Unfallschwerpunkte sollten solche Aushänge zur Verhinderung des Fehlverhaltens angebracht werden. Dabei empfiehlt sich jedoch die Anordnung in einem gewissen Abstand zur BÜ-Anlage, da sie sonst als weitere Gefahrenquelle agieren.

Als weitere Empfehlung können Fahrbahnlichter dokumentiert werden. Sogenannte „Lane-Lights“ stellen zusätzliche Sicherungseinrichtungen an technisch gesicherten Bahnübergängen dar und sollen Rotlichtüberfahrungen verhindern. Zudem wird durch die in die Fahrbahn eingelassenen Lichter ein Übersehen des aktivierten BÜ stärker verhindert. Fahrbahnlichter haben bereits als Befeuerung im Bereich des Rollfelds von Flughäfen ihre unentwegte Belastbarkeit gezeigt. Vor Einführung des Systems müssen jedoch Richtlinien geringfügig angepasst werden.

#### **1.4 Vierte Empfehlung**

Ebenfalls grundsätzlich empfehlenswert sind divergente Techniken zur technischen Gefahrenraumfreimeldung. Hintergrund der Einführung von neuartigen technischen Gefahrenraumfreimeldeanlagen ist der, dass damit die Durchdringung mit hochwertig schutzbietenden Bahnübergangssicherungsanlagen (BÜSA) mit Vollabschluss erhöht werden kann. Sowohl das Lasersystem als auch die intelligente Videoüberwachung stehen prinzipiell im Einklang mit den rechtlichen Rahmenbedingungen. Während das Lasersystem mit einem zweidimensionalen Laserscanner Objekte im Gefahrenraum detektieren kann, basiert die intelligente Videoüberwachung auf modernen Wärmebildkameras. Diese erkennen Fahrzeuge und Personen automatisch anhand ihrer Wärmeabstrahlung. Allerdings musste bisher bei dieser Beurteilung das zugehörige Lastenheft ausgespart werden.

#### **1.5 Weitere bereits in Anwendung befindliche Empfehlungen**

Neben den identifizierten Optimierungsmaßnahmen finden Risikominderungsmaßnahmen am BÜ gegenwärtig bereits eine verbreitete Anwendung.

Der Einsatz von vorgeschalteten Lichtzeichen und Abhängigkeiten zu benachbarten Lichtsignalanlagen (LSA), auch BÜSTRA genannt, verringert die Wahrscheinlichkeit eines Unfalls insofern, dass der übergeordnete Verkehrsstrom angehalten wird, um dem sonst wartepflichtigen Verkehrsstrom das Räumen des BÜ vor der Sicherung zu ermöglichen. Diese Maßnahme kann ausschließlich bei technischen Sicherungsanlagen angewandt werden, da es einer Einschaltung der Sicherungsmaßnahme bedarf.

Um möglichst kurze Schließzeiten des technisch gesicherten BÜ und damit eine einhergehende Verringerung von absichtlichem Fehlverhalten der SVT (Umfahren von Halbschranken, „Rotlichtüberfahrung“) zu bewirken, ist der Einsatz der Überwachungsart ÜS<sub>OE</sub> (Überwachungssignal mit optimierter Einschaltstrecke) prädestiniert. Die Besonderheit dieser Überwachungsart ist, dass das Gleisschaltmittel zur Einschaltung der BÜSA in Fahrtrichtung hinter dem Überwachungssignal liegt. Das Überwachungssignal zeigt nun lediglich die Funktionsbereitschaft der BÜSA an, nicht jedoch deren Sicherungszustand.

Weiterhin bieten risikooptimierte Bahnübergangssicherungsanlagen die Möglichkeit, eine größere Anzahl an Bahnübergängen mit einer technischen Sicherung auszustatten. Ein sog. Low-Cost-BÜ-Konzept stellt sich aufgrund des hohen Kostenaufwands für die Stromversorgung und des Verkabelungsaufwands sowie der weitgreifenden Anpassungen rechtlicher Verordnungen als nicht zweckmäßig heraus. Zudem müssen für die Rückfallebene (technische Störung der Anlage) Vorgaben für die nichttechnische Sicherung (Freihaltung der Sichtflächen) beachtet werden. Für den Einsatz von risikooptimierten BÜSA bedarf es demnach noch weiterer Studien. Nichtsdestotrotz sollte die Durchdringung mit hochwertig schutzbietenden Bahnübergangssicherungsanlagen mit Vollabschluss erhöht werden, da somit die häufigsten Unfallursachen weitgehend ausgeschlossen werden können. Unfälle an BÜ mit Vollabschluss treten in Bezug zu ihrem Bestand unterproportional auf. Daher sollte auch trotz des erheblichen Aufwands bei geeigneten BÜ wirksamere Sicherungsarten vermehrt Einsatz finden. Zu diesen zählen BÜ mit:

- einer hohen Unfallzahl bei geringwertiger Sicherungsart,

- einem hohen Straßen- und Schienenverkehrsaufkommen,
- einer unübersichtlichen Straßenführung.

Die bauliche Gestaltung des BÜ und seiner Umgebung hat so zu erfolgen, dass alle Straßenverkehrsteilnehmer in ihren normativen Maßen den BÜ problemlos befahren können. Dies führt ebenfalls zu einer Verringerung der Unfallzahlen. Nicht regelgerechte Kuppen- und Wannenausrundungen können zu einem Liegenbleiben eines Kfz, insbesondere von Lkw und Schwerlastverkehren, führen und so Unfälle hervorrufen. Gleiches gilt bei nicht konformer Beachtung der Schleppkurven insbesondere von Lkw. Die regelkonforme Ausgestaltung muss zudem bei Verkehrsschauen gewissenhaft überprüft und bei identifizierten Defiziten beauftragt werden. Eine Umgestaltung des BÜ nach Vorgaben des aktuell gültigen Regelwerks ist hierbei auch trotz bestehendem Bestandsschutz zweckdienlich.

## 2 Summary

Accident rates are comparatively high at level crossings in the railway system. This marks the initial situation for the work of the research project *“potential analysis for the optimisation of the safety at level crossings”*, which aim was to identify potential improvement measures in order to avert accidents at level crossings. The fundamental groundwork of this analysis composes several system definitions of the various railway crossing protection systems implemented at state-owned railways. Further, the current and hence acceptable risk at level crossings was taken into account as a basic criterion, too.

Numerous data analysis have turned out not to be productive, as the relevant statistics are not recorded with necessary details. Although trends can be deducted from the statistics, concrete calculation concerning the risk at level crossings cannot be carried out with them. The key of the risk at level crossings is the collision frequency that is necessary to be reduced. The factors such as exposure to risk, hazard and inevitability can play a role aiming to improve the safety. Influence variables especially in the trades of safety and electro technology as well as road construction technology provide potential for optimisation.

In this research project, numerous reasonable and appropriate measures for the enhancement of safety at level crossings were identified. Therefore, devices of level crossing protection systems applied in other countries and at non-state-owned railways as well as innovative technologies have been examined regarding their safety enhancement and cost reduction potential. Basis of this contemplation were

- human behavioural analyses,
- an operational procedure model and
- technical and economic influence variables

at level crossings. 28 potential procedures and technologies were inspected concerning the fundamental potential, the applicable protecting types as well as the conceivable increase of safety. Afterwards a cost-utility analysis (CUA) was performed for two-thirds of these potential measures and technologies. The CUA is an objective semi-quantitative method to evaluate consequences in the decision making process. By means of a straight comparability of each method, an ideal cost-benefit ratio can be determined. The measures and technologies were assessed in a comparative matrix under eight evaluation criteria. These criteria and their priority are listed in Table 1.

ID	Criterion	priority
1	need for changes of rules and standards	4
2	time frame for implementation	2
3	budget frame for implementation	3
4	technical compatibility with level crossing	2
5	compatibility with environment	2
6	Vulnerability	1
7	Effectiveness	2
8	negative psychological effects	1

Table 1: weighting of evaluation criteria

The CUA was subdivided into four areas and structured as follows:

- passive level crossing,
- level crossing with road traffic lights

- level crossing with half barriers as well as
- automatic obstacle detection at full barrier crossing.

For each of the four sub areas a selection of suitable innovations were analysed.

Subsequently, the optimisation measures declared as suitable to increase the safety at level crossings were undertaken an examination of their conformity to the current regulations. Suitable measures scored at least 75 % of the potential number of points in the CUA. A hierarchic gradation of the measures and technologies shows Figure 1.

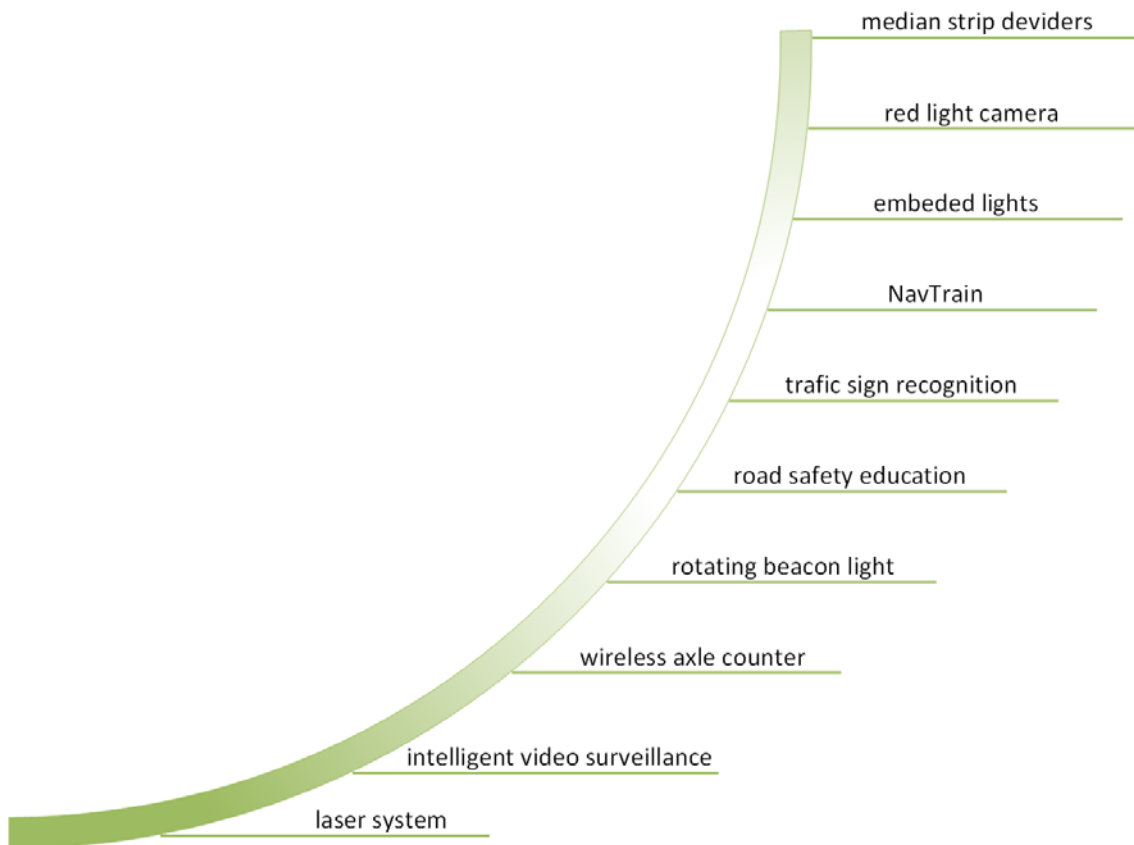


Figure 1: hierarchic embodiment of the optimisation measures

As a result of the analysis, a recommendation catalogue of optimisation measures for level crossings at state-owned railways was developed (see Figure 2). Diverse measures can be implemented to various protecting types applied in Germany.

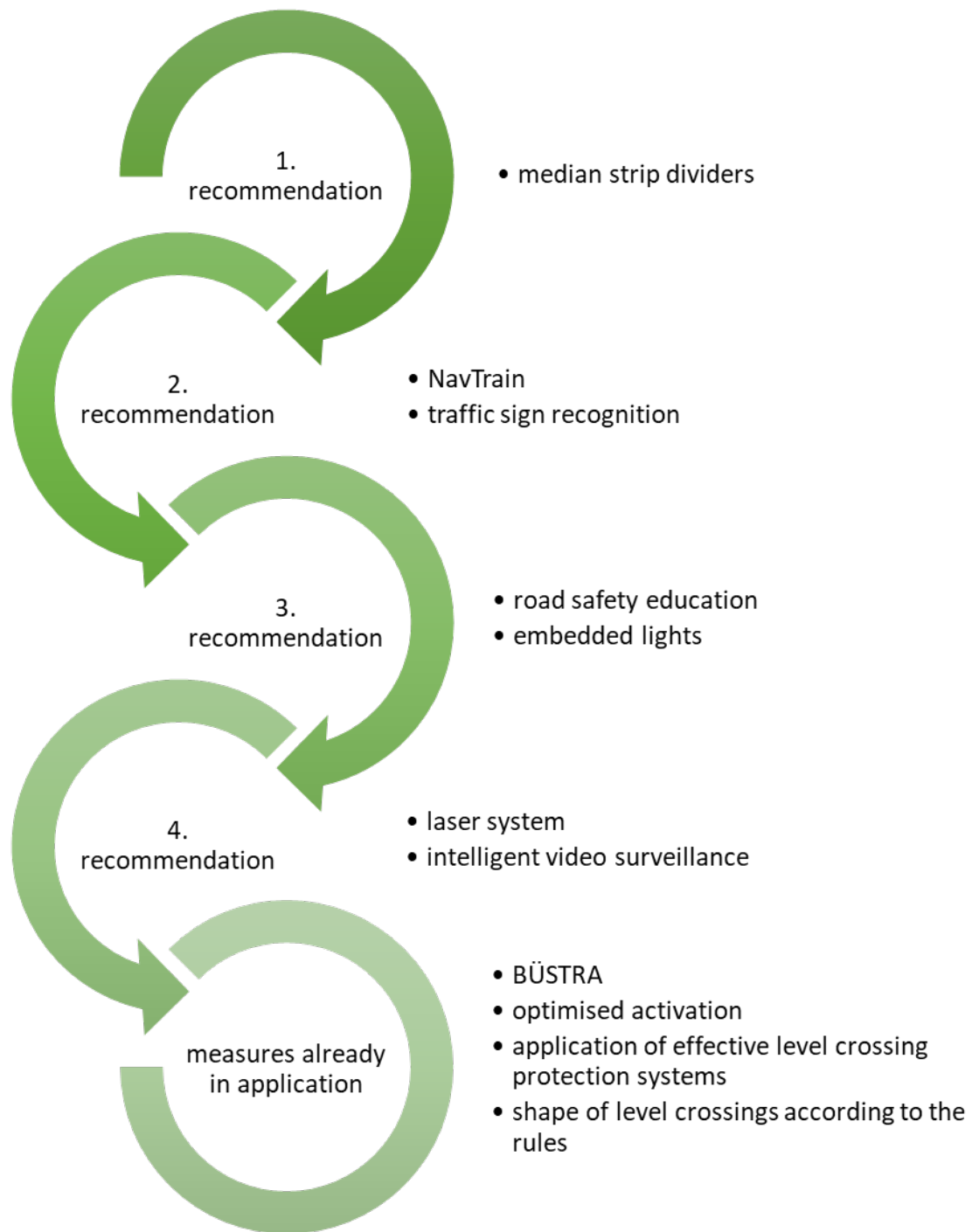


Figure 2: recommendation catalogue of optimisation measures for level crossings

## 2.1 first recommendation

Median strip dividers form in the shape of guide barriers an uncomplicated physical barrier to prevent drivers to drive around closed half barriers. The guide barriers shall be installed on a small yellow skirt and be equipped with a folding hinge. Thus, even wide expanded vehicles (e.g. snowplough) can pass the level crossing. This measure is highly efficient due to the huge accident rates of level crossings with half barriers compared to their existence. Median strip dividers can be recommended to nearly full extent. Solely guideline Ril 815 can undergo a minor enhancement. Nevertheless, turn manoeuvres can be forbidden at level crossings with adjacent crossroads.

## 2.2 second recommendation

The second recommendation is to utilise auxiliary facility such as information display for the road users. The potential analysis identified two various systems (traffic sign recognition in the vehicle and the system *“NavTrain”*). Both systems have a broad range of application. Unintentional misbehaviour of the road users can therefore be eliminated at all level crossings, as the likelihood of an overlook of a level crossing can be significantly reduced due to the doubled perception of the level crossing. There are no restrictions by law and both systems are convenient for the enhancement of safety at all level crossings at state-owned railways, too.

A technical system for traffic sign recognition is already implemented in most vehicles. The identified traffic signs are shown to the driver in the car dashboard. Existing systems need to be extended in this way so they can identify level crossing traffic signs by the vehicle sensor system (camera).

The system *“NavTrain”* can inform every road user (including pedestrians) about the approach at a level crossing via smartphone. Requirements for access such as:

- necessary application,
- appropriate device,
- positioning as well as
- persistent connection with the Internet

cut down on the usage of the system. *“NavTrain”* can be broadened sustainably by a specific tapping and display of the system state of the level crossing. Though, profound research concerning safety, reliability and failure disclosing is inevitable.

## 2.3 third recommendation

Road safety education and embedded lights in the carriageway of the road frame the third recommendation.

Of course, road safety education induces a significant effort, but gets through to all road users. Therefore, intentional human error, which is the most common cause of an accident at level crossings, can be prohibited. Individual designed educational campaigns for various types of audience is advantageous. Pupil can be shown the correct behaviour at level crossings as a pedestrian or a bicyclist playfully while non-local students train the procedure of passing level crossings with a vehicle. For long-time drivers repetition of the proper behaviour is necessary and important, too. Statistical investigations have shown that there is wrong or no knowledge about the meaning of the St. Andrews cross or the flashing light in great quantities. Information panels and video sequences can inform all vehicle drivers about the correct behaviour at the different types of level crossing. This can be carried out analogue to the campaign *“rescue alley safe lives”*. Those information panels should be installed in particular at level crossings with a relative high number of accidents. However, a certain distance between the level crossing and the information panel needs to be maintained in order to exclude another hazard source.

As an additional recommendation, embedded lights in the carriageway of the road can be documented. So-called *“LaneLights”* are additional safety features at active level crossings in order to prevent illegal passing of activated level crossings. The lights accentuate the level crossing for the road user, which provides an overlook of it. Being used for decades at manoeuvring areas at airports, embedded aircraft warning lights have shown their ability to work under all circumstances. In preparation of their implementation, some guidelines need to be slightly adapted.



## 2.4 fourth recommendation

Different techniques for automatic obstacle detection are recommendable, too. Using novel automatic obstacle detection systems can enlarge the penetration of high-grade level crossing protection systems with full barriers. Both laser system and intelligent video surveillance are consistent with the regulatory framework in principle. While the laser system detects objects in the intersection of road and track with a two-dimensional laser scanner, the intelligent video surveillance is based on up-to-date infrared cameras, which recognise vehicles and persons automatically by their heat emission. However, in this assessment the associated requirements specification had to be left open.

## 2.5 measures already in application

Next to the identified optimisation measures, risk reduction procedures are already applied at level crossings in Germany.

The application of advance road signals and dependency to neighbouring light-signal systems, so-called BÜSTRA, reduces the probability of an accident by stopping the superior traffic flow. Thus, the traffic flow bound to be waiting can clear the intersection before the closing of the level crossing. This measure can solely be executed at active level crossings because an initiation is required.

In order to gain a descent time at active level crossings as short as possible, the application of driver's level crossing indicators with an optimised level crossing initiation section is suitable. This application can reduce intentional human errors of road users (e.g. driving around closed half barriers, illegal passing of activated level crossings). The specific feature of this level crossing indication is the position of the track-mounted sensors, which are installed behind the level crossing indicator in direction of travel. The level crossing indicator shows solely the function standby of the level crossing protection system.

Furthermore, risk-optimised level crossing protection systems possess the possibility to provide a large number of level crossings with protection systems. Low-cost concepts turn out to be non-practicable due to the huge cost expenditure for power supply and wiring as well as the extensive adaption of regulations. Besides, for fallback solution in case of a malfunction, requirements for passive level crossing have to be considered, too. This refers for instance to the fact that the area of visibility has to be kept free. According to that, continuative research on low-cost level crossings needs to be done. The penetration of high-grade level crossing protection systems with full barriers shall be enlarged nonetheless because the most common cause of an accident at level crossings can be eliminated to a large extent. Accidents at full barrier level crossings occur disproportionately less compared to their existence. Hence, more effective protection systems shall be installed at appropriate level crossings despite the effort. Typical level crossings can have:

- a large number of accidents at low-value level crossings,
- a large number of road and train traffic volume,
- confusing design and layout of a road.

The design and layout of a level crossing and its surroundings has to be carried out in a way that all road users in their normative physical dimension can pass the level crossing without any problem. This will reduce the number of accidents likewise because convex transition between gradients that are not formed according to the rules can cause a break down, especially of freight vehicles and heavy goods transports. The same applies to the course of a curve in case minimum turning curves of freight vehicles were not considered properly. The design and layout in due form need to be inspected conscientiously in periodical examinations and identified deficits have to be provided with a constraint. A remodelling of level crossings according to current regulations is appropriate even though there exists a conservation of the status quo.