

Rechtliche und planerische Aspekte effizienter Bahnübergangssicherung bei nichtbundeseigenen Eisenbahnen

Dr.-Ing. Eric J. Schöne

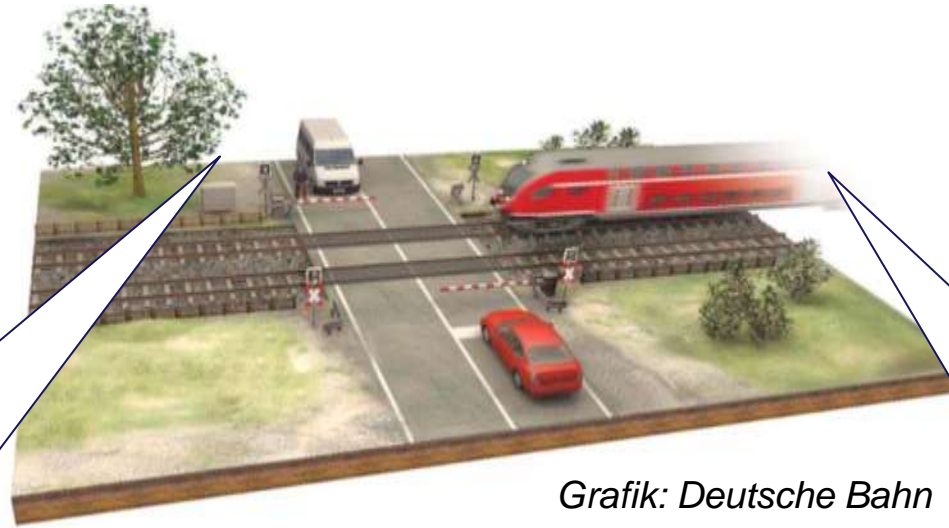
29.09.2022

1. Besonderheiten von Bahnübergängen
2. Rechtliche Grundlagen
3. Freiräume bei der Sicherungsart
4. Freiräume bei funktionalen Anforderungen
5. Freiräume bei Sicherheitsintegritätsanforderungen
6. Fazit: Potenzial zur Kostenreduzierung?

1. Besonderheiten von Bahnübergängen

Besonderheiten von Bahnübergängen

Schnittpunkt zweier unterschiedlicher Verkehrssysteme



Straßenverkehr

- ✘ hohe Haftreibung
- ✘ geringe Massen
- ▶ **kurze Bremswege**
- ✘ keine Spurgebundenheit
- ▶ **Ausweichen möglich**

**Unterschiedliche
Sicherheitsphilosophien
treffen aufeinander**

Schienenverkehr

- ✘ geringe Haftreibung
- ✘ große Massen
- ▶ **lange Bremswege**
- ✘ Spurgebundenheit
- ▶ **Ausweichen unmöglich**

Besonderheiten von Bahnübergängen

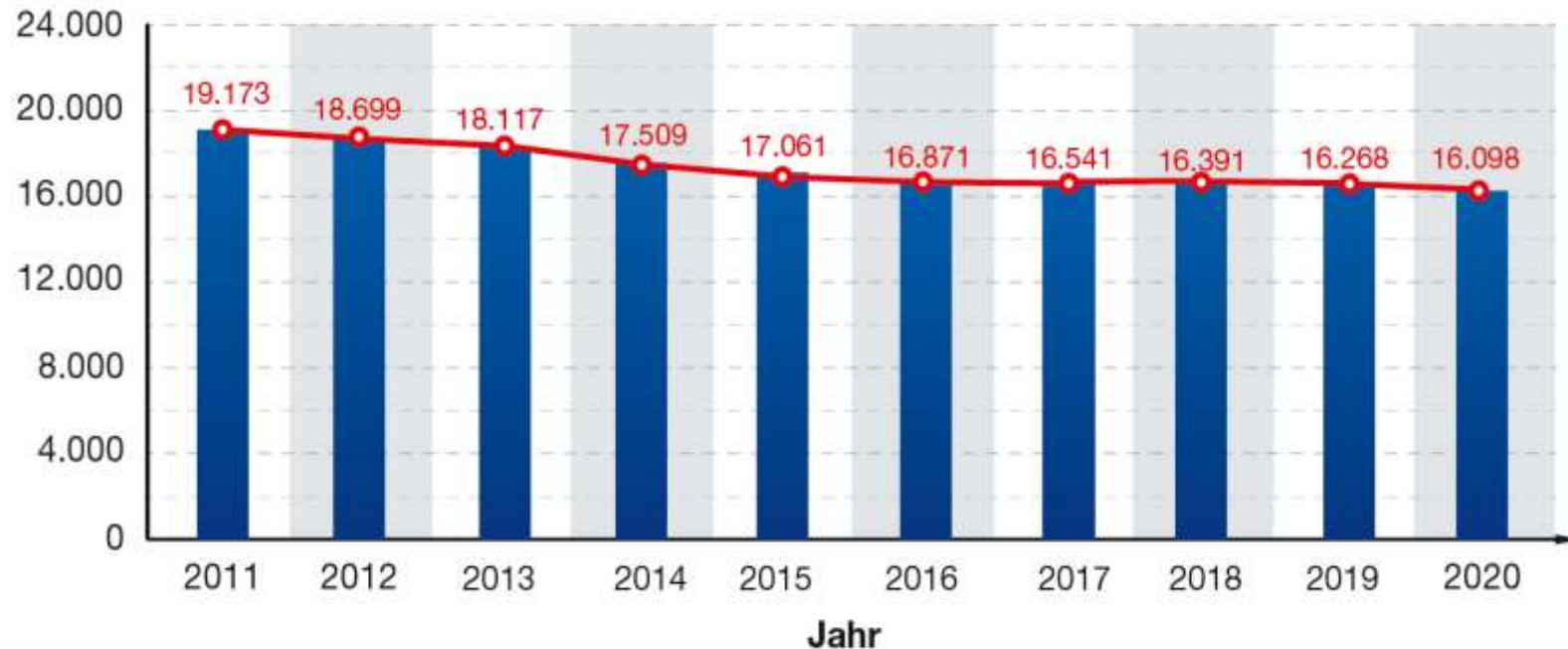
Enges Zusammenwirken Straße/Eisenbahn erforderlich



Foto: Gunnar Bosse

Entwicklung des Bahnübergangsbestands bei den Eisenbahnen des Bundes

Grafik: DB Netz AG, Bahnübergänge im Spiegel der Statistik



Straßenbahnen (BOStrab): ca. 5 000 BÜ
Nichtöffentliche nichtbundeseigene Eisenbahnen (BOA/EBOA): ca. 12 000 BÜ
Öffentliche nichtbundeseigene Eisenbahnen (EBO): ca. 6 000 BÜ
Öffentliche Eisenbahnen des Bundes (EBO): ca. 16 000 BÜ

Besonderheiten von Bahnübergängen

Viele Bestandsanlagen, oft nicht mehr örtlich angemessen



Besonderheiten von Bahnübergängen

Überproportionale Unfallschwere aus Sicht des Straßenverkehrs



0,01 % BÜ-Unfälle

von 2 613 477 registrierten Straßenverkehrsunfällen pro Jahr

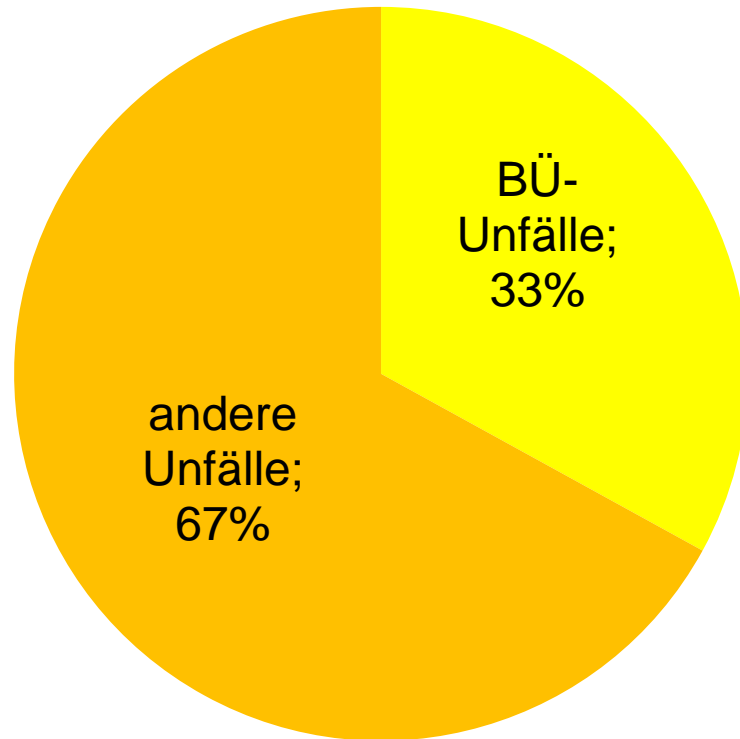
1,2 % BÜ-Tote

von 3 233 Getöteten bei Straßenverkehrsunfällen pro Jahr

Mittelwerte 2015–2019

Datenquellen: Statistisches Bundesamt, Betriebsdaten des Schienenverkehrs/Verkehrsunfälle

Bahnbetriebsunfälle mit Personenschäden



Mittelwert 2015–2019, N = 477 pro Jahr
Datenquelle: Statistisches Bundesamt



Fotos: Eisenbahn-Bundesamt, Untersuchungsberichte

2. Rechtliche Grundlagen, Ansätze für Freiräume

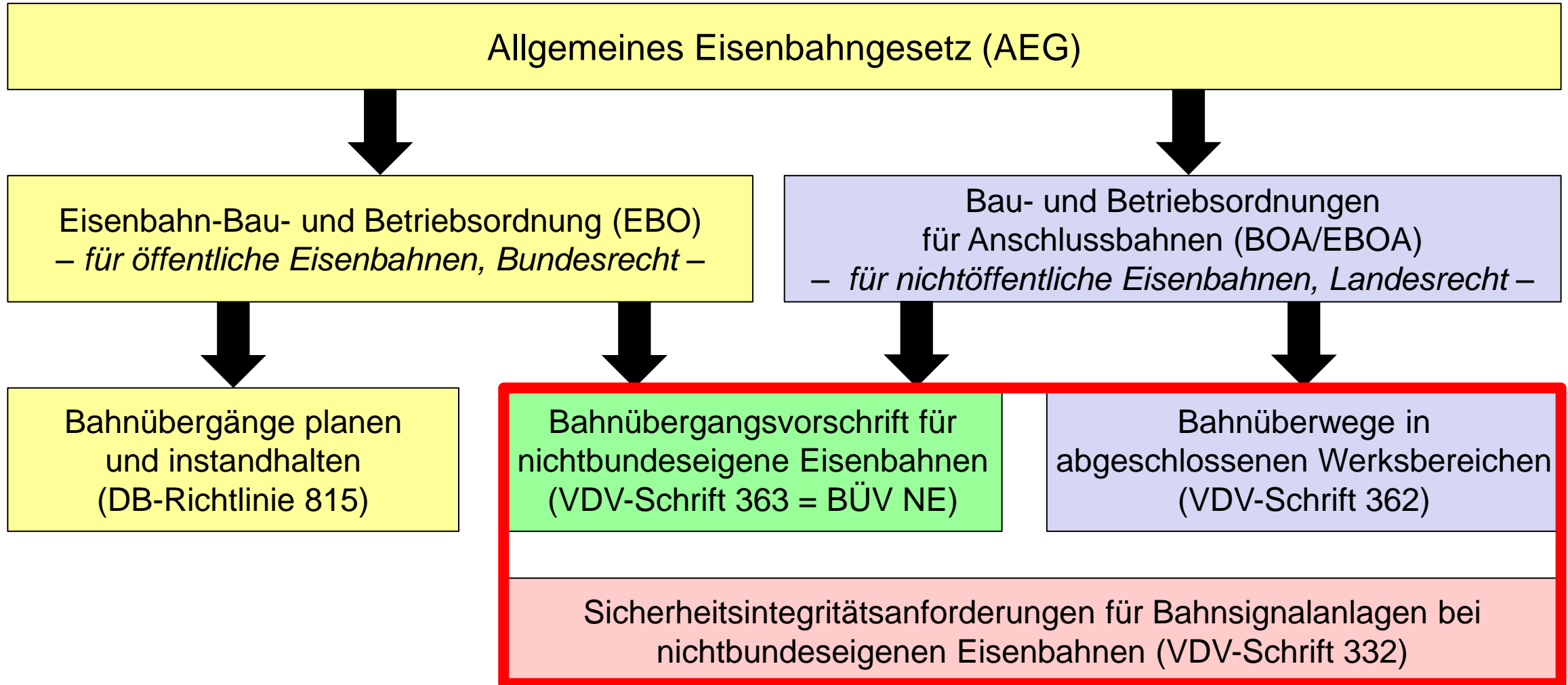


Foto: VDV-Schrift 362



hierfür gilt
VDV-Schrift 362

„Höhengleiche Übergänge innerhalb einer geschlossenen Werksanlage gelten nicht als Bahnübergänge im Sinne dieser Vorschrift.“ (BÜV NE § 1 Abs. 3)



Grundlagen

- § 1 Inhalt und Geltungsbereich
- § 2 Rechtsgrundlagen
- § 3 Grundlagen der Sicherung
- § 4 Verkehrsverhältnisse und Örtlichkeit
- § 5 Ankündigung und Kennzeichnung des Bahnübergangs
- § 6 Ankündigung der Eisenbahnfahrzeuge
- § 7 Berechnungsgrundlagen

Arten und Durchführung der Sicherung

- § 8 Übersicht auf die Bahnstrecke
- § 9 Hörbare Signale der Eisenbahnfahrzeuge
- § 10 Abschlüsse als zusätzliche Sicherungen
- § 11 Sicherung von Privatwegen ohne öffentlichen Verkehr
- § 12 Blinklicht- und Lichtzeitanlagen
- § 13 Schranken und technische Zusatzeinrichtungen
- § 14 Sicherung durch Posten

- Anlage 1: Verzeichnis der Rechtsnormen, Regelwerke und Normen (Stand 12/2019)
- Anlage 2: Anleitung für die Ermittlung der Stärke des Kraftfahrzeugverkehrs an Bahnübergängen
- Anlage 3: Tabellen zur Ermittlung der Sichtflächen, Standorte der P- und L-Tafeln und Lage der Einschaltpunkte
- Anlage 4: Anleitung für das Ausfüllen des Ermittlungsbogens
- Anlage 5: Bremswege s_b für die Ermittlung des Abstandes zwischen den Signalen Lf 6 und Lf 7
- Anlage 6: Anordnung der Signale Lf 6 und Lf 7 bei kurz aufeinanderfolgenden Bahnübergängen
- Anlage 7: Technische Anforderungen an Blinklicht- und Lichtzeitanlagen
- Anlage 8: Richtlinien über Abhängigkeiten zwischen der technischen Sicherung von Bahnübergängen und der Verkehrsregelung an benachbarten Straßenkreuzungen und -einemündungen (BÜSTRA)
- Anlage 9: Betriebs- und Schaltfälle bei Blinklicht- und Lichtzeitanlagen mit Überwachungssignal
- Anlage 10: Prüfung und Wartung
- Anlage 11: Maßnahmen bei Störungen
- Anlage 12: bleibt frei
- Anlage 13: Vorgeschaltete Lichtzeichen (vLz)
- Anlage 14: Auswerten der Verkehrszählungen an BÜ



Sicherheitsintegritätsanforderungen für Bahnsignalanlagen bei Nichtbundeseigenen Eisenbahnen (NE)

Juli 2008

Gesamtbearbeitung:
Ausschuss für Telematik und Informationsanlagen (ATI)

Sachbearbeitung:
Heinz Außer, Köln
Lutz Braunsler, Karlsruhe
Dieter Forkart, Köln
Frank Hentschler, Spremberg
Dr. Hans H. Kron, Birkweiler
Hansjörg Kropf, Heme
Jakob Lauff, München
Karl Pöhlert, Nürnberg
Norbert Ritter, Berlin
Wolfgang Theobaldt, Hamburg

Verband Deutscher Verkehrsunternehmen (VDV)
Kamekestraße 37 - 39, 50672 Köln, Tel. 0221/57979-0, Fax: 514272

1 Einführung	3
1.1 Allgemeines	3
1.2 Ziele	4
1.3 Normative Rahmenbedingungen	4
1.4 Vorstellung des Risikographen	6
1.5 Kalibrierung des Risikographen für den Geltungsbereich dieser Schrift	7
1.6 Anwendungshinweise zur Durchführung der Risikoanalyse	9
1.7 Umgang mit den beispielhaften Risikographen	11
2 Anlagen im Bereich von NE mit Reisezugverkehr	13

2.4 Bahnübergang	29
2.4.1 Bahnübergang, Regelfall	30
2.4.2 – bleibt frei –	
2.4.3 Bahnübergang für Fuß- und Radweg	

3 Anlagen im Bereich von NE mit Güterverkehr	37

3.4 Bahnübergang	49
3.4.1 Bahnübergang, Regelfall	50
3.4.2 Bahnübergang, einfache Verhältnisse	52
3.4.3 Bahnübergang für Fuß- und Radweg	54

- ✘ 1. Ebene: Sicherungsart
 - ✘ nach VDV-Schriften 363 (BÜV NE) und 362, soweit nicht in EBO/BOA geregelt
 - ✘ Beispiel: Notwendigkeit von Halbschranken oder Schranken

- ✘ 2. Ebene: Funktionale Anforderungen
 - ✘ nach VDV-Schrift 363 (BÜV NE) und betreiberspezifischer Festlegung
 - ✘ Beispiel: Möglichkeit einer vereinfachten Einschaltung

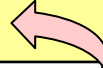
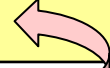


- ✘ 3. Ebene: Sicherheitsintegritätsanforderungen
 - ✘ nach VDV-Schrift 332
 - ✘ Beispiel: geringeres SIL bei einfachen Verhältnissen

3. Freiräume bei der Sicherungsart

Freiräume bei der Sicherungsart Überblick für Bahnen nach EBO

Merkmale	EBO	Ril 815	BÜV NE
Notwendigkeit technischer Sicherung allgemein	umfassend geregelt (§ 11 Abs. 6 bis 10)	zusätzliche Einschränkungen gegenüber EBO für neue nichttechnische Sicherungen (815.3100 Abschn. 2)	keine Einschränkungen gegenüber EBO für neue nichttechnische Sicherungen → etwas flexibler
Notwendigkeit von Halbschranken	bei mehrgleisigen Strecken (Anl. 5 zu § 11, Bild 2)	umfassend verbindlich geregelt, Kriterien: Zuggeschwindigkeit, Zugzahl, Verkehrsstärke und Fußgängerverkehr (815.5000 Abschn. 2)	„sollten“ bei starkem Verkehr und Leuchtdauer über 90 s (§ 12 Abs. 14) sowie „wenn es nach Örtlichkeit und Verkehrsstärke notwendig erscheint“ (§ 12 Abs. 8) → flexibler
Notwendigkeit von Schranken (Vollabschluss)	nicht geregelt	„sollen [...], wo örtliche Gründe [...] Halbschranken nicht zulassen oder regelmäßig eine Annäherungszeit von 240 s überschritten wird“ (815.5000 Abschn. 3)	bei Halbschranken „soll eine Leuchtdauer von 120 s möglichst nicht überschritten werden und höchstens 240 s betragen“ (§ 12 Abs. 14) → entspricht im Wesentlichen Ril 815



Sicherungsart	Fehlhandlungswahrscheinlichkeit	
	Kraftfahrzeugführer	Fußgänger
nichttechnische Sicherung	$\sim 10^{-1}$	$\sim 10^{-1}$
Lichtzeichen ohne Halbschranken	$\sim 10^{-2}$ 	$\sim 5 \cdot 10^{-2}$ 
Lichtzeichen mit Halbschranken	$\sim 10^{-3}$  x 10	$\sim 10^{-2}$  x 5
Lichtzeichen mit Schranken	$\sim 10^{-5}$	$\sim 5 \cdot 10^{-3}$

Datenbasis: Müller 1965, Berg/Oppenlander 1969, Amann et al. 1981, Erke/Wimber 1980, Heilmann 1984, Basler und Partner 1986, Raslear 1996, Stevens 2004, Rösiger 2006, Schöne 2011, Schöne/Buder 2011, Hoefert 2011, Schöne 2013

- ✘ Lichtzeichen ohne Halbschranken gegenüber Lichtzeichen mit Halbschranken: fünf- bis zehnfach höhere Fehlhandlungswahrscheinlichkeit der Verkehrsteilnehmer
- ✘ problematisch vor allem bei kurviger Straßenführung (Blickverhalten) und in komplexen Straßenverkehrssituationen (Ablenkung)
- ✘ Fazit: Freiraum der BÜV NE sollte nur sehr restriktiv genutzt werden

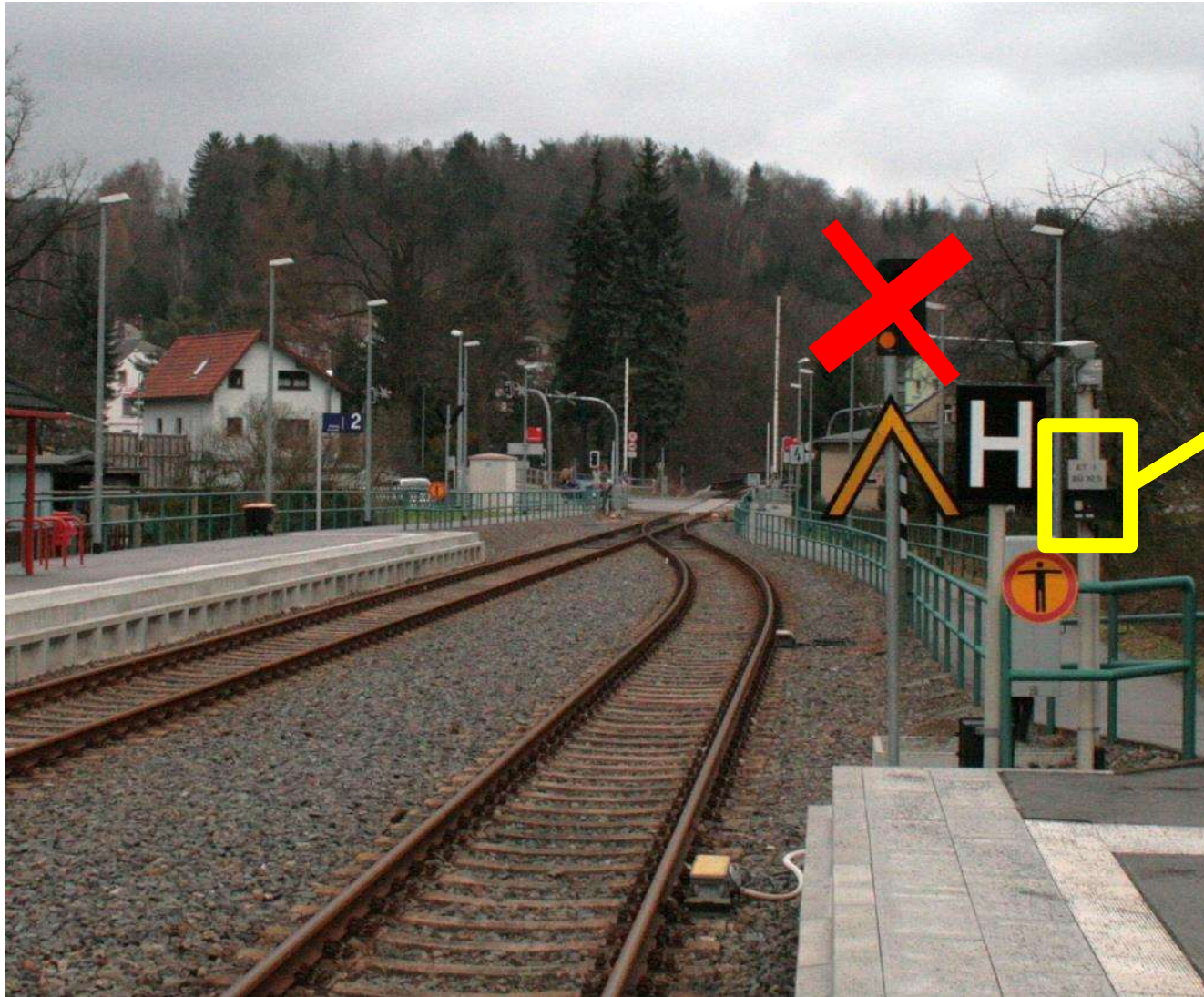
4. Freiräume bei funktionalen Anforderungen

- ✘ Was sind funktionale Anforderungen?
 - ✘ Ausstattungsmerkmale unterhalb der Sicherungsart (siehe 3.)
 - ✘ z. B. Art und Umfang der Einschaltvorrichtungen
 - ✘ z. B. Art und Umfang der Überwachungseinrichtungen
 - ✘ stark von örtlichen und betrieblichen Verhältnissen abhängig

- ✘ BÜV NE gibt Anwendungsbedingungen für Erleichterungen vor, z. B.:
 - ✘ grundsätzlicher Halt vor Bahnübergang
 - ✘ Höchstgeschwindigkeit der Eisenbahnfahrzeuge
 - ✘ Sichtweite auf Überwachungssignale
 - ✘ Bremsweg der Eisenbahnfahrzeuge

Freiräume bei funktionalen Anforderungen

Beispiel: handgeschaltete Anlage, BÜV NE vs. Ril 815



BÜV NE § 12 Abs. 4:

Vereinfachte fahrzeuggeschaltete Anlagen (s. (2) b) Nr. 1 und 2) mit Überwachungssignal können angewendet werden bei einfachen Betriebsverhältnissen am Bahnübergang. Einfache Verhältnisse liegen vor, wenn

- a) die Höchstgeschwindigkeit der Eisenbahnfahrzeuge im Bremswegabstand vor dem Bahnübergang nicht mehr als 40 km/h beträgt, oder die höchsten Bremsverzögerungen der Fahrzeuge mindestens die Werte nach § 36 i. V. m. Anlage 2 BOStrab, erreichen, und
- b) die Strecke $s_b + V_E$ nicht größer als 225 m ist und das am Bahnübergang stehende Überwachungssignal auf dieser Strecke ununterbrochen gesehen werden kann.

Die technischen Anforderungen und möglichen Vereinfachungen sind in Anlage 7 im Einzelnen beschrieben.



4. Freiräume bei Sicherheitsintegritätsanforderungen

- ✘ Was sind Sicherheitsintegritätsanforderungen?
 - ✘ quantitative Sicherheitsziele für Schutzfunktionen von Bahnsignalanlagen
 - ✘ werden im Ergebnis einer Risikoanalyse durch Bahnbetreiber festgelegt
 - ✘ dienen der Auslegung von Produkten durch die Hersteller (SIL-Zuweisung)

- ✘ Übergeordnete Eigenschaften, außerhalb der Risikoanalyse festzulegen
 - ✘ Sicherungsart – siehe 3.
 - ✘ funktionale Anforderungen – siehe 4.

✘ Risikoformel:

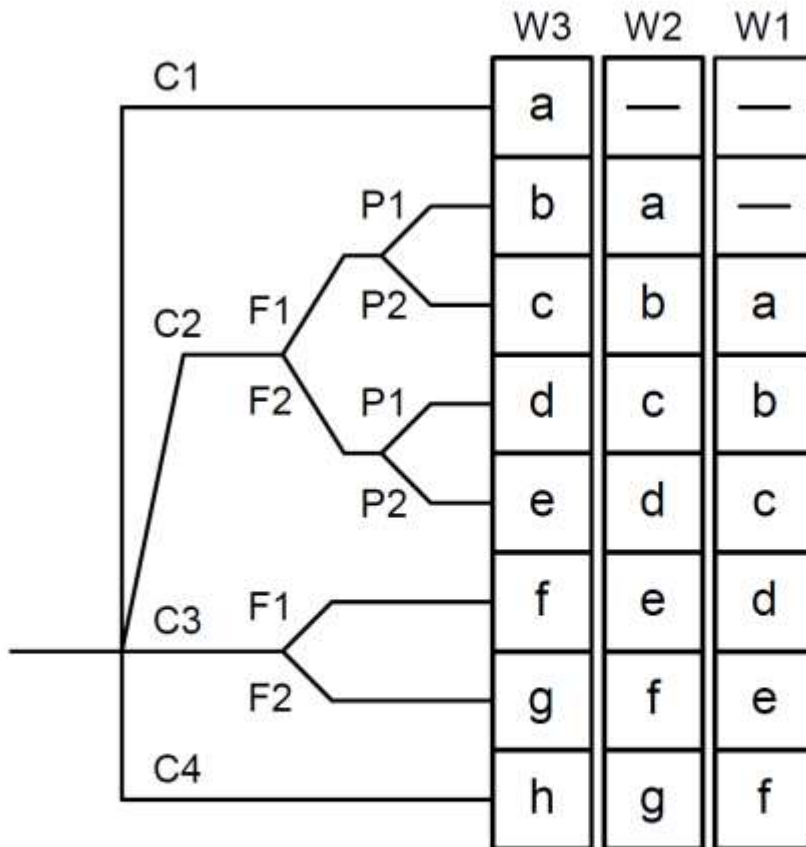
$$\text{Risiko} = \text{Häufigkeit} \cdot \text{Schadensausmaß}$$

$$\text{Risiko} = \text{Exposition} \cdot \text{Eintrittswahrscheinlichkeit} \cdot \text{Unvermeidbarkeit} \cdot \text{Schadensausmaß}$$

- ✘ Risiko darf Grenzkrisiko nicht übersteigen, z. B. RAC-TS aus CSM-Verordnung.
- ✘ Exposition, Unvermeidbarkeit und Schadensausmaß hängen von Anwendung ab.
- ✘ Eintrittswahrscheinlichkeit für Funktion muss dementsprechend vorgegeben werden.
- ✘ Zur Festlegung existieren quantitative, semi-quantitative und qualitative Methoden.
- ✘ VDV-Schrift 332 enthält qualitative Risikoanalysen für diverse Schutzfunktionen.

Freiräume bei Sicherheitsintegritätsanforderungen

Qualitative Methode „Risikograph“ (DIN EN 61508-5)



Auswirkung des gefährlichen Vorfalls C (Consequence)

- C1 geringe Verletzung
- C2 schwere, irreversible Verletzung einer oder mehrerer Personen; Tod einer Person
- C3 Tod mehrerer Personen
- C4 Tod sehr vieler Personen

Häufigkeit und Zeit des Aufenthalts im Gefahrenbereich F (Frequency)

- F1 seltener bis öfterer Aufenthalt im gefährlichen Bereich
- F2 häufiger bis dauernder Aufenthalt im gefährlichen Bereich

Möglichkeit, den gefährlichen Vorfall zu vermeiden P (Possibility)

- P1 möglich unter bestimmten Bedingungen
- P2 beinahe unmöglich

Wahrscheinlichkeit des unerwünschten Ereignisses W (Probability of the unwanted occurrence)

- W1 eine sehr geringe Wahrscheinlichkeit, dass die unerwünschten Ereignisse auftreten, und nur wenige unerwünschte Ereignisse sind wahrscheinlich
- W2 eine geringe Wahrscheinlichkeit, dass die unerwünschten Ereignisse auftreten, und wenige unerwünschte Ereignisse sind wahrscheinlich
- W3 eine relativ hohe Wahrscheinlichkeit, dass die unerwünschten Ereignisse auftreten, und häufige unerwünschte Ereignisse sind wahrscheinlich

Freiräume bei Sicherheitsintegritätsanforderungen

Zuordnung Risikominderung (a...h) zu SIL (1...4)

Notwendige minimale Risikominderung	Sicherheitsintegritätsstufe
—	Keine Sicherheitsanforderungen
a	Keine speziellen Sicherheitsanforderungen
b,c	1
d	2
e, f	3
g	4
h	ein einzelnes Schutzsystem ist nicht ausreichend

Freiräume bei Sicherheitsintegritätsanforderungen

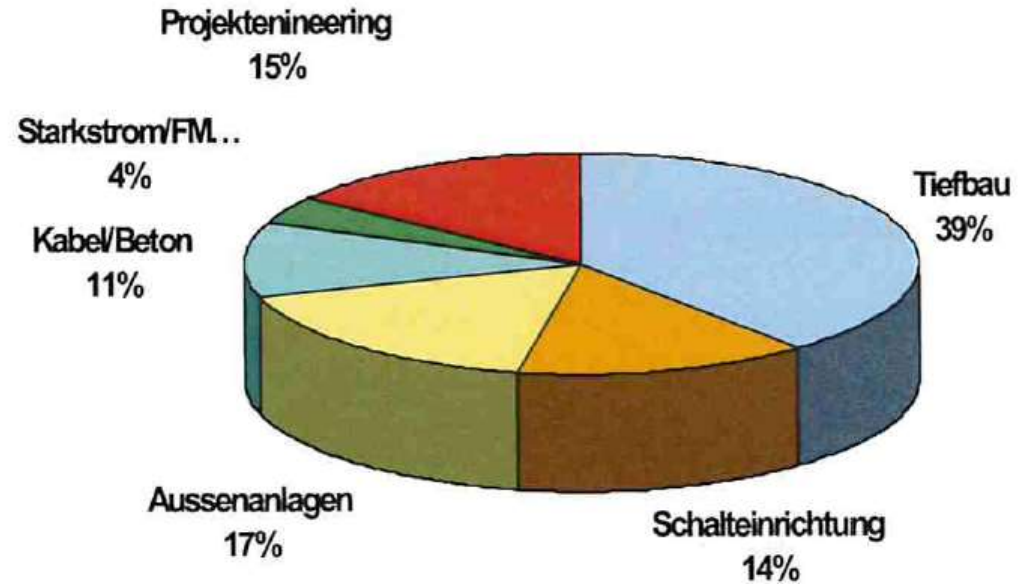
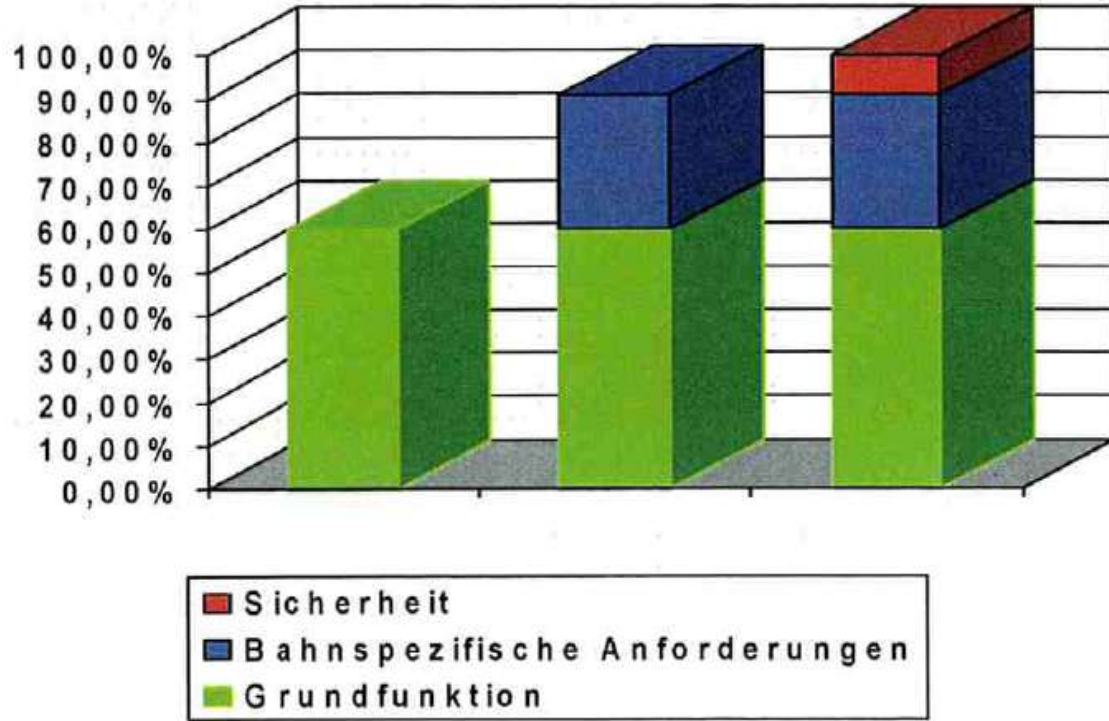
Vergleich: Bahnübergang auf Strecken mit Güterverkehr

Blatt	Betrachtete Schutzeinrichtung	Notwendige minimale Risikominderung DIN EN 61508	Sicherheitsintegritätsstufe VDV 332
3.4.1	Bahnübergang, Regelfall		
1	BÜ-Überwachungssignal, unzulässiger Fahrtbegriff	e – g	3 – 4
2	Signalgeber für Straßenverkehr, unzulässiger Signalbegriff	e – g	3 – 4
	ermittelte notwendige minimale Risikominderung	e – g	3 – 4
3.4.2	Bahnübergang, einfache Verhältnisse		
1	BÜ-Überwachungssignal (ÜS) bzw. -lampe (ÜL), unzulässige Ordnungsmeldung	d – e	2 – 3
2	Signalgeber für Straßenverkehr, unzulässiger Signalbegriff	d – e	2 – 3
	ermittelte notwendige minimale Risikominderung	d – e	2 – 3

5. Fazit: Potenziale zur Kostenreduzierung?

Fazit: Potenziale zur Kostenreduzierung?

Kostenanteile von BÜSA nach Laumen (2008)



- ✘ These von Laumen: Kosteneinsparung durch geringes Sicherheitsniveau marginal
- ✘ Annahme dabei allerdings: generell zweikanaliges System
- ✘ unklar ob Ergebnis für alle Anwendungen verallgemeinerbar und noch aktuell

Fazit: Potenziale zur Kostenreduzierung? Gesamtbetrachtung

Betrachtungsebene	Freiräume	Kostenreduzierung	Ansatz geeignet?
Sicherungsart	gering	mittel	nein bzw. nur im Einzelfall
Funktionale Anforderungen	mittel	mittel	stark abhängig von örtlichen/betrieblichen Verhältnissen
Sicherheitsintegritäts- anforderungen	mittel	gering bis mittel (?)	noch unklar

- ❖ Keine der Betrachtungsebenen bietet (allein) die Ideallösung zur Kostenreduzierung
- ❖ größtes Potenzial vermutlich bei Anschluss- und Werksbahnen, da dort oft einfache betriebliche Verhältnisse und ausschließlicher Güterverkehr/Rangierbetrieb
- ❖ Forschungsbedarf zum Thema Low-Cost-Anlagen!



www.bue-experte.de

schoene@bue-experte.de