Einsatz von Risikoanalysen in der Anforderungsermittlung

Using risk analyses as a basis for specification

Fabian Gaebler | Carsten Trog

Bewegliche Eisenbahnbrücken sind besondere Bauwerke und erfordern individuelle Lösungen zur sicheren Einbindung in die Leit- und Sicherungstechnik (LST) der Bahn. Dieser Beitrag zeigt, wie bewährte Prozesse der Systementwicklung und die in Deutschland für die Zulassungsbewertung etablierten Prozesse der Sektorleitlinie [1] für das System der elektrischen Schnittstelle zwischen der Maschinentechnik der Brücke und der LST angewendet werden können – mit Risikoanalysen als zentralem Instrument, um angemessene Anforderungen abzuleiten. Die folgenden Abschnitte zeigen die Praxiserfahrungen und den konkreten Nutzen des Prozesses für Anwender: von der Systemkonzeption über die Risikobewertung bis zur Zulassung. Schwerpunkt des Beitrags sind die Lebenszyklusphasen 1 bis 4 nach DIN EN 50126-1 [2].

1 Grundlagen

1.1 Bewegliche Brücken – Sonderfall in der Infrastruktur

Bewegliche Eisenbahnbrücken sind Sonderfälle in der Eisenbahninfrastruktur – in Deutschland existieren weniger als 30, im Netz der DB InfraGO AG weniger als zehn [5].

Grundsätzlich lassen sich dabei folgende Brückentypen unterscheiden [6]:

- Hubbrücke
- Drehbrücke
- Hub-Dreh-Brücke
- Klappbrücke
- Rollklappbrücke.

Für den Bahnverkehr ist insbesondere die Schnittstelle – der Schienenübergang – zwischen festem und beweglichem Brückenteil relevant.

1.2 Sektorleitlinie

Die Sektorleitlinie [1] ist eine technische Vorschrift für die Zulassungsbewertung von Signal-, Telekommunikations- und Elektrotechnischen Anlagen im Zuständigkeitsbereich des Eisenbahn-Bundesamtes (EBA). Sie beschreibt die Prozesse der Zulassungsbewertung, die für die Beantragung einer „Genehmigung zum Inverkehrbringen und Verwenden" nach § 27 EIGV (Verordnung über die Erteilung von Inbetriebnahmegenehmigungen für das Eisenbahnsystem) notwendig sind. Die Sektorleitlinie umfasst die Aspekte Safety und IT Security. Im folgenden Beitrag wird ausschließlich auf die funktionale Sicherheit signaltechnischer Anlagen Bezug genommen.

Für die nachfolgenden Ausführungen sind die Prozesse der Zulassungsbewertung im Vorfeld der Beantragung einer Zustimmung im Einzelfall (ZiE) relevant. Eine ZiE ist erforderlich, wenn von technischen Vorschriften abgewichen werden muss oder keine Vorschrif-

Movable railway bridges are special structures and require individual solutions for their safe integration into the control-command and signalling (CCS) systems. This article shows how proven system development processes and the procedures established in Germany for the approval process in the Sektorleitlinie [1] can be applied to the electrical interface system between the bridge machinery and the CCS system using risk analyses as the central instrument to derive the appropriate requirements. The following sections outline the practical experience and highlight the benefits of the process for users, covering all the phases from the system design and risk assessment through to the approval. This article focuses on lifecycle Phases 1 to 4 according to EN 50126-1 [2].

1 The fundamentals

1.1 Movable bridges – a special infrastructure case

Movable railway bridges are special cases within the railway infrastructure. Fewer than 30 exist in Germany, while there are fewer than ten in the DB InfraGO AG network [5].

In principle, the following bridge types can be distinguished [6]:

- lift bridge
- swing bridge
- lift–swing bridge
- bascule bridge
- rolling bascule bridge.

For railway operations, the interface between the fixed and movable bridge section, i.e. the rail joint, is of particular relevance.

1.2 Sektorleitlinie

The German Sektorleitlinie [1] is a technical regulation for the approval process applied to the signalling, telecommunications and electrical installations that fall within the responsibility of the German Federal Railway Authority (EBA). It describes the approval processes required for applying for "authorisation to introduce a product for placing on the market" in accordance with Section 27 of the EIGV (Ordinance on the granting of authorisations for placing on the market into the railway system). The Sektorleitlinie covers the aspects of safety and IT security. This article exclusively addresses the functional safety of signalling systems.

The approval processes prior to the authorisation application in individual cases ("Zustimmung im Einzelfall" – ZiE) are relevant for the following deliberations. A ZiE is required whenever a new technical solution or adaptation has to be developed for a

Autoren PDF zur Einbindung auf der Website https://signon-group.com / Social Media. Kontakt & Rechte: archiv@dvvmedia.com DVV Media 2026.

Bild 1: Der Neubau der Friesenbrücke als Hub-Dreh-Brücke
Fig. 1: The new construction of the Friesenbrücke as a lift–swing bridge

Quelle / *Source*: eigenes Foto / *own photograph*

ten bestehen. Für die im Beitrag beschriebenen Sachverhalte ist dies der Fall. Die wenigen beweglichen Brücken besitzen unterschiedliche Randbedingungen, wofür kein Regelwerk definiert ist. In diesen Fällen ist eine ZiE Typ B erforderlich, da gesonderte Entwicklungen für Einzelfälle durchgeführt werden. Die Entwicklungs- und Prüftätigkeiten enden mit der Prüferklärung des Freigabeverantwortlichen als Ergebnis der Prüfungen für die ZiE Typ B.

1.3 Risikoanalysen

Unter Risikobewertung wird gemäß CSM-VO [4] der aus Risikoanalyse und Risikoevaluierung bestehende Gesamtprozess verstanden. Die Risikoanalyse ist dabei die systematische Auswertung aller verfügbaren Informationen zur Ermittlung von Gefährdungen und Abschätzung von Risiken.

Die Durchführung von Risikobewertungen selbst ist kein Bestandteil der Sektorleitlinie. Es stehen hierfür verschiedene Verfahren zur Verfügung. Geeignete Methoden sind beispielsweise in der im Bahnsektor etablierten Norm DIN EN 50126-1 [2] für die Systementwicklung beschrieben und als Bestandteil der Phase 3 des Entwicklungsprozesses definiert.

Der risikobasierte, prozessorientierte Ansatz ist seit der Einführung der CENELEC Normen, wie der DIN EN 50126, in den 1990er Jahren etabliert und wird seit vielen Jahren in Projekten angewendet. Gleichwohl zeigt die Praxis, dass dieser Ansatz in Deutschland nicht in allen Projekten konsequent umgesetzt wird.

Seit 2009 verlangt die CSM-VO [4] die Bewertung von Änderungen am Eisenbahnsystem. Die Risikoanalyse der Auswirkungen der Änderungen ist dabei ein zentraler Bestandteil.

1.4 Relevante Normen

Für die Schnittstelle zwischen Eisenbahn und Brücke sind unterschiedliche Normen relevant. Der Prozess für die Entwicklung und

single application. This applies to the cases described in this article. The few existing movable bridges have different boundary conditions, for which no common guidelines or specifications have been established. In these cases, a ZiE Typ B is required, as specific development is carried out for each individual bridge. The development process ends with the declaration of the person responsible for release, the "Freigabeverantwortlicher".

1.3 Risk analysis

In accordance with the CSM Regulation [4], risk assessment is understood to mean the overall process comprising a risk analysis and a risk evaluation. Risk analysis means the systematic use of all available information to identify hazards and estimate risks.

The execution of risk assessments itself does not constitute part of the Sektorleitlinie. Various methods may be used. For example, appropriate system development methods are described and established in the EN 50126-1 railway standard [2] where they are defined as Phase 3 of the development process.

The risk-based, process-oriented approach has been established since the introduction of the CENELEC standards such as EN 50126 in the 1990s and has been applied in projects for many years. Nevertheless, practical experience has shown that this approach has not been consistently implemented in all the projects in Germany.

The CSM Regulation [4] has required the assessment of any changes to the railway system since 2009. The risk analysis of the impact of the changes is a core element within this context.

1.4 The relevant standards

Different standards are relevant for the interface between the railway and the bridge. The process for the development and au-

Autoren PDF zur Einbindung auf der Website https://signon-group.com / Social Media. Kontakt & Rechte: archiv@dvvmedia.com DVV Media 2026.

Zulassung des betrachteten Systems (siehe nächster Abschnitt) folgt den Vorgaben der Bahnnorm DIN EN 50126, die somit für das Teilsystem Stellwerk und den Gesamtprozess anzuwenden ist.
Bewegliche Brücken unterliegen der Maschinenrichtlinie [7] bzw. Maschinenverordnung [8] der Europäischen Union, in denen einheitliche Anforderungen an die Sicherheit und das Inverkehrbringen von Maschinen festgelegt sind. Daher ist für den Teil der elektrischen Schnittstelle der Brücke zur LST die DIN EN ISO 13849-1 [9] für sicherheitsrelevante Steuerungsfunktionen anzuwenden.
Beide Normen beziehen sich unter anderem auf Vorgaben zur Gewährleistung der funktionalen Sicherheit von Systemen und sind domänenspezifische Ausprägungen der DIN EN 61508. In Teilen existieren Unterschiede zwischen den Normen wie bei der Bestimmung von Sicherheitsanforderungen oder -integritätsstufen (SIL / PL) sowie den Anforderungen an die Prozessdokumentation.
Die Performance Level (PL) werden gemäß DIN EN ISO 13849-1 [9] festgelegt (Tab. 1). Die DIN EN 50126-2 [3] ordnet den tolerierbaren funktionalen Ausfallraten (TFFR) Sicherheits-Integritätslevel (SIL) zu (Tab. 2).
PL und SIL können nicht gleichgesetzt werden, da unterschiedliche Anforderungen an den Sicherheitsprozess gestellt werden. Es wird festgestellt, dass für SIL 4 nach DIN EN 50126-2 [3] kein PL gemäß DIN EN ISO 13849-1 [9] existiert.

Performance Level (PL)	Mittlere Häufigkeit eines gefahrbringenden Ausfalls (PFH) je Stunde [1/h]
a	$10^{-5} \leq PFH < 10^{-4}$
b	$3 \times 10^{-6} \leq PFH < 10^{-5}$
c	$10^{-6} \leq PFH < 3 \times 10^{-6}$
d	$10^{-7} \leq PFH < 10^{-6}$
e	$PFH < 10^{-7}$

Tab. 1: Definition Performance Level Quelle / *Source*: [9]

tolerierbare funktionale Ausfallrate [1/h]	SIL-Zuordnung
$10^{-9} \leq TFFR < 10^{-8}$	4
$10^{-8} \leq TFFR < 10^{-7}$	3
$10^{-7} \leq TFFR < 10^{-6}$	2
$10^{-6} \leq TFFR < 10^{-5}$	1
$> 10^{-5}$	Basisintegrität

Tab. 2: Zuordnung TFFR und Sicherheits-Integritätslevel
Quelle / *Source*: [3]

1.5 Betrachtetes System

Im Rahmen dieses Beitrags wird das System „Bahnbetriebliche Steuerung der Brücke" betrachtet. Das System wird in Folge eines Brücken- und / oder Stellwerksneubaus geändert und in Teilen neu entwickelt, wobei Änderungen gegenüber der Bestandslösung entstehen.
Das System stellt sicher, dass Züge nur dann die Brücke und die Schienenübergänge befahren dürfen, wenn diese in Endlage überwacht sind. Dafür soll das betrachtete System mindestens die folgenden Anwendungsfälle beherrschen:

- Regelfall: Durchführung der Zugfahrt, Öffnung und Schließung der Brücke sowie des Schienenübergangs
- Störfall: Durchführung der Zugfahrt bei Störung der Verbindungen zwischen Brücke und Stellwerk.

Bild 2 zeigt eine vereinfachte Systemdefinition. Mit dem System können verschiedene Akteure interagieren: der Triebfahrzeug-

thorisation of the system under consideration (see the next section) follows the requirements of the EN 50126 railway standard and is therefore applicable to the interlocking subsystem and to the overall process.
Movable bridges are subject to the European Union's Machinery Directive [7] and Machinery Regulation [8], which define harmonised requirements for the safety of machinery and placing machinery on the market. Therefore, EN ISO 13849-1 [9] should be applied to the safety-related control functions pertaining to the part of the electrical interface between the bridge and the CCS system.
Both standards refer to requirements for ensuring the functional safety of the systems and represent domain-specific implementations of IEC 61508. Differences exist between the standards in some respects, for example in the determination of safety requirements or safety integrity levels (SIL / PL), as well as in the requirements for process documentation. Performance Levels (PL) are defined in accordance with EN ISO 13849-1 [9] (tab. 1), while EN 50126-2 [3] assigns Safety Integrity Levels (SIL) to the tolerable functional failure rates (TFFR) (tab. 2).
The PL and SIL cannot be equated, as different requirements apply to the safety process. It should be noted that no PL

Performance Level (PL)	Probability of Dangerous Failure (PFH) per Hour [1/h]
a	$10^{-5} \leq PFH < 10^{-4}$
b	$3 \times 10^{-6} \leq PFH < 10^{-5}$
c	$10^{-6} \leq PFH < 3 \times 10^{-6}$
d	$10^{-7} \leq PFH < 10^{-6}$
e	$PFH < 10^{-7}$

Tab. 1: The definition of the performance levels Quelle / *Source*: [9]

Tolerable Functional Failure Rate (TFFR) [1/h]	SIL allocation
$10^{-9} \leq TFFR < 10^{-8}$	4
$10^{-8} \leq TFFR < 10^{-7}$	3
$10^{-7} \leq TFFR < 10^{-6}$	2
$10^{-6} \leq TFFR < 10^{-5}$	1
$> 10^{-5}$	basic integrity

Tab. 2: The allocation of TFFR and Safety Integrity Levels
Quelle / *Source*: [3]

equivalent according to EN ISO 13849-1 [9] exists directly for SIL 4 according to EN 50126-2 [3].

1.5 The system under consideration

The "railway operational control of the bridge" system is considered within the context of this article. The system is modified as part of a new bridge and / or interlocking installation and is partly newly developed, resulting in changes compared to the existing solution.
The system ensures that trains are only permitted to travel over the bridge and the rail joints when they are monitored at their end position. The system under consideration must therefore at least support the following use cases for this purpose:

- regular operations: the execution of train movements, the opening and closing of the bridge and of the rail joint

Autoren PDF zur Einbindung auf der Website https://signon-group.com / Social Media. Kontakt & Rechte: archiv@dvvmedia.com DVV Media 2026.

führer im Zug, die Schifffahrt, Fußgänger, Radfahrer sowie der Straßenverkehr.
Menschliche Rollen im betrachteten System sind insbesondere der Brückenwärter, der Fahrdienstleiter sowie Wartungs- und Instandhaltungspersonal. Dabei können Brückenwärter und Fahrdienstleiter am selben Ort arbeiten und auch eine Person sein.
Die Brückensteuerung steuert die Brückenantriebe für die Bewegung und umfasst unter anderem den Bedienplatz für den Brückenwärter.
Die Brückenschnittstelle ist ein von der Brückensteuerung unabhängiges System. Sie überwacht die Endlage des Schienenübergangs und verwaltet die Freigabe aus dem Stellwerk (wie die Energieeinschaltung für die Brückenantriebe).

2 Einbindung beweglicher Brücken in die LST

2.1 Grundsätzliche Anforderung

Gemäß der Eisenbahn-Bau- und Betriebsordnung (EBO) [10] § 14 Abs. 6 müssen bewegliche Brücken örtlich durch Signale so gesichert werden, dass die Signale in Haltstellung verschlossen sind, solange die Brücke entriegelt ist, und dass die Brücke bei Fahrtstellung der Signale nicht entriegelt werden kann.

2.2 Sicherheitsziele

Für die Einbindung der Brücke in die LST sind grundsätzlich die folgenden zwei Gefährdungen maßgebend:

- degraded operations: the execution of train movements in the event of a failure of the connections between the bridge and the interlocking.

Fig. 2 shows a simplified system definition. Various actors can interact with the system: the train driver in the train, shipping traffic, pedestrians, cyclists and road traffic.
The human roles within the system are mainly the bridge operator, the signaller and the maintenance personnel. The bridge operator and signaller may work at the same location and may be the same person.
The bridge control system controls the bridge drive units for movement and includes, amongst other things, the operator workstation for the bridge operator.
The bridge interface is a system that is independent of the bridge control system. It monitors the end position of the rail joint and manages the authority from the interlocking (such as the power supply activation for the bridge drive units).

2 Integrating movable bridges into the CCS system

2.1 The fundamental requirement

According to section 14, subsection 6 of the German Railway Construction and Operating Regulation (EBO) [10], movable bridges must be protected locally by signals in such a way that the signals are locked in the stop aspect as long as the bridge

BBL
BBL Bahnbau Lüneburg Unternehmensgruppe
WIR BEWEGEN WAS
Besuchen Sie uns an unserem Stand auf der InnoTrans 2026.
Halle 25, Stand 240B
22.- 25.09.2026, Berlin
bbl-unternehmensgruppe.de
BBL BAHNBAU LÜNEBURG | BBL KONSTRUKTION | BBL MASCHINEN TECHNIK | BBL FAHRWEG | BBL PROJEKT | BBL TRAINING
InnoTrans
MESSE BERLIN

Autoren PDF zur Einbindung auf der Website https://signon-group.com / Social Media. Kontakt & Rechte: archiv@dvvmedia.com DVV Media 2026.

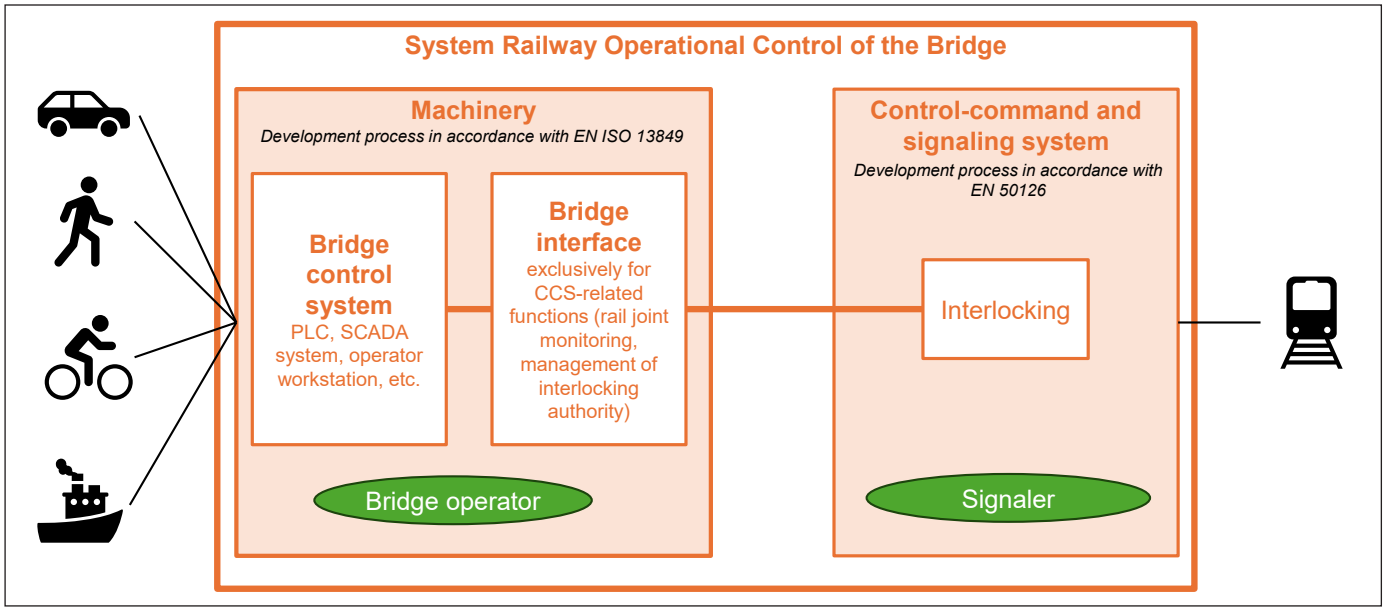

Bild 2: Vereinfachte Systemdefinition
Fig. 2: A simplified system definition

Quelle / *Source*: eigene Darstellung / *own image*

- Signalfahrtstellung, obwohl Brücke und Schienenübergang nicht in Endlage überwacht sind
- Öffnen der Brücke, obwohl sich ein Zug auf der Brücke befindet.

Hieraus folgt, dass die Überwachung der Endlage des Schienenübergangs von zentraler Bedeutung ist, da bei Überfahrt eines Zuges unmittelbar die Gefahr der Entgleisung besteht. Aufgrund der potenziell katastrophalen Unfallfolgen ist für die Fahrt eines Zuges über den Schienenübergang das Sicherheitsziel SIL 4 nach DIN EN 50126-2 [3] zu erreichen.

2.3 Herausforderungen aus Sicht LST

Für die Einbindung der Brücke in die LST können grundsätzlich mindestens die folgenden Stellwerksfunktionen genutzt werden:

- Schlüsselsperre
- Nahstellbereich
- Weiche
- Bahnübergang.

Die Wahl einer der genannten Funktionen ist nicht trivial, da mindestens die folgenden weiteren Fragestellungen zu berücksichtigen sind, welche mögliche Lösungen einschränken:

- Welche Stellwerksbauart ist vorhanden? Stehen alle Funktionen zur Verfügung, d. h. sind sie bereits entwickelt und zugelassen?
- Befindet sich die Brücke auf der freien Strecke oder im Bahnhof?
- Wie können die brückendeckenden Signale angeordnet werden?
- Erfolgt eine Auswertung der Gleisfreimeldung vor Abgabe der Hoheit an die Brücke?
- Bestehen weitere Abhängigkeiten (z. B. gemeinsame Nutzung der Brücke mit dem Straßenverkehr)?

Im nächsten Abschnitt wird ein beispielhaftes Vorgehensmodell erläutert, das sich in der Praxis bewährt hat.

3 Vorgehensweise in der Praxis

3.1 Prozess

Wie zuvor eingeführt, folgt die Entwicklung den Vorgaben der DIN EN 50126-1 [2]. Zum Start des konkreten Projekts werden daher zur Planung der (sicherheitlichen) Aktivitäten Prozessdokumente erstellt. Dazu gehören mindestens:

is unlocked and so that the bridge cannot be unlocked when the signals display a proceed aspect.

2.2 Safety targets

The following two hazards are fundamentally decisive for the integration of a bridge into the CCS system:

- signals displaying proceed although the bridge and rail joint are not monitored at their end positions
- opening the bridge although a train is located on the bridge.

It follows that monitoring the end position of the rail joint is of central importance, since there is an immediate risk of derailment when a train passes over it. Due to the potentially catastrophic consequences of an accident, the SIL 4 safety target according to EN 50126-2 [3] must be achieved for train movements over the rail joint.

2.3 The challenges from the CCS perspective

The type of interlocking matters for the integration of the bridge into the CCS system. In the case of interlockings based on route tables, the integration can be handled rather flexibly. As DB InfraGO mainly uses geographical interlockings, it is advantageous to use the existing technical solutions for the interface so as to avoid any long-lasting development for single applications. At least the following interlocking functions can be used in principle:

- key lock
- local control area (“Nahstellbereich”)
- points
- level crossing.

The selection of one of these functions is not trivial, as the following questions that constrain possible solutions must then be considered:

- Which interlocking type is available? Are all the functions available, i.e. already developed and approved?
- Is the bridge located on an open line or within a station?
- How can the signals protecting the bridge be arranged?
- Is the track vacancy detection evaluated before the authority is transferred to the bridge?

Autoren PDF zur Einbindung auf der Website https://signon-group.com / Social Media. Kontakt & Rechte: archiv@dvvmedia.com DVV Media 2026.

- Sicherheitsplan
- Qualitätsmanagementplan
- Dokumentenmanagementplan.

3.2 Systemdefinition

Zu Beginn erfolgt die Systemdefinition. Das betrachtete System wurde bereits zuvor beschrieben. Insbesondere ist auf eine klare Abgrenzung zwischen den verschiedenen Teilsystemen und Zuständigkeiten zu achten. Die Systemdefinition schafft Klarheit hinsichtlich der zu lösenden Aufgaben.

3.3 Signifikanz

Auf Basis der Systemdefinition kann die Bewertung der Änderung nach CSM-VO [4] erfolgen. In den bisherigen Projekten ergab sich dabei stets eine sicherheitsrelevante signifikante Änderung. Dies erfordert die Durchführung des Risikomanagementverfahrens nach CSM-VO.

3.4 Risikobewertung

Aufbauend auf der Signifikanzbewertung wird im nächsten Schritt die Risikobewertung, bestehend aus Risikoanalyse und Risikoevaluierung, durchgeführt. Die Vorgehensweise besteht grundsätzlich aus folgenden Arbeitsschritten:

1. Die Gefährdungen werden ermittelt und identifiziert.
2. Die Gefährdungen werden klassifiziert, d. h. die Konsequenzen der zuvor ermittelten Gefährdungen werden analysiert.
3. Die Beurteilung der Risiken erfolgt durch die Ermittlung der Häufigkeiten der Gefährdungen.
4. Abschließend werden Maßnahmen zur Gefährdungsbeherrschung festgelegt und die Sicherheitsverantwortung auf Funktionen und Teilsysteme aufgeteilt.

Die Dokumentation erfolgt im Gefährdungsprotokoll und Risikobewertungsbericht. Bei der Durchführung der Risikobewertung ist zu berücksichtigen, dass

- jede Brücke und ihre Einbindung in die LST Einzelfälle sind,
- kein Regelwerk besteht,
- bisherige Bestandslösungen stark heterogen sind,
- bisherige Bestandslösungen in Teilen auf veralteten Techniken basieren und daher eher nicht als Referenzsysteme geeignet sind,
- kaum Daten existieren (z. B. in Bezug auf gefährliche Ereignisse),
- vorhandene Risikobewertungen für weitere Teilsysteme wie der Maschinentechnik berücksichtigt werden müssen,
- menschlich-organisatorische Faktoren (Betriebsregeln, Instandhaltung) in der Bewertung mitbetrachtet werden müssen

und

- das betrachtete System ein Zusammenspiel zwischen mechanischen und elektronischen Systemen ist.

Aus diesen Gründen kann weder der Risikoakzeptanzgrundsatz „Anwendung der Regelwerke“ noch „Ähnliche Referenzsysteme“ nach CSM-VO [4] gewählt werden. Es wird daher die Risikoakzeptanz „explizite Risikoabschätzung mit qualitativem Expertenurteil“ gewählt. Für quantitative oder semiquantitative Verfahren fehlen belastbare Daten. Zudem wird gemäß DIN EN 50126-2 [3] darauf verwiesen, dass unter anderem beim Einsatz mechanischer Komponenten oder bei der Beurteilung von Betriebsregeln der qualitative Ansatz zu verwenden ist.

3.5 Anforderungsspezifikation

Die Sektorleitlinie fordert für die ZiE die Erstellung einer gemeinsamen Spezifikation mit allen Beteiligten (Hersteller und Betreiber). In der Praxis hat sich der Begriff „Aufgabenstellung“ durch-

- Do any further dependencies exist (for example, shared use of the bridge with road traffic)?

The next section provides an example of a procedural model that has proven successful in practice.

3 The approach in practice

3.1 The process

As stated above, the development follows the requirements of EN 50126-1 [2]. At the start of the specific project, process documents are created to plan the (safety-related) activities. These include at least:

- a safety plan
- a quality management plan
- a document management plan.

3.2 System definition

The process begins with the system definition. The system under consideration has already been described above. Particular attention must be paid to the clear separation of the different subsystems and responsibilities. The system definition delivers a clear focus on the tasks to be resolved.

3.3 Significance

The assessment of the change in accordance with the CSM Regulation [4] can be carried out based on the system definition. In previous projects, this has constantly resulted in a significant change with an impact on safety. This requires the application of a risk management process in accordance with the CSM Regulation.

3.4 Risk assessment

Building on the significance assessment, the next step is to carry out the risk assessment consisting of a risk analysis and a risk evaluation. The procedure essentially consists of the following steps:

1. hazard identification
2. hazard classification, i.e. an analysis of any consequences
3. a risk evaluation involving the determination of the hazard frequency
4. a definition of the risk control measures and the allocation of safety responsibilities to functions and subsystems

Documentation is provided in the hazard log and the risk assessment report. The following aspects must be taken into account when carrying out the risk assessment:

- each bridge and its integration into the CCS system constitutes an individual case,
- no code of practice exists,
- the existing legacy solutions are highly heterogeneous,
- the existing legacy solutions are in part based on obsolete technologies and are therefore scarcely suitable as reference systems,
- hardly any data exists (for example regarding hazardous events),
- existing risk assessments for other subsystems such as the machinery must be taken into account,
- human and organisational factors (operating rules, maintenance) must be included in the assessment

and

- the system under consideration constitutes an interaction between mechanical and electronic systems.

For these reasons, neither the “codes of practice” nor “similar reference system(s)” risk acceptance principles according to the CSM

Autoren PDF zur Einbindung auf der Website https://signon-group.com / Social Media. Kontakt & Rechte: archiv@dvvmedia.com DVV Media 2026.

gesetzt. In der Aufgabenstellung werden die in der Risikobewertung identifizierten Sicherheitsanforderungen und weitere (nichtfunktionale) Anforderungen spezifiziert. Bewährt hat sich die Erstellung mehrerer Teilspezifikationen („Lastenhefte") für die verschiedenen Adressaten: Hersteller Brückenschnittstelle, Hersteller Stellwerk sowie Instandhaltung / Betrieb.

3.6 Nachweisführung

Nach Abschluss der Anforderungsspezifikation in Phase 4 erfolgten die Umsetzung und Dokumentation durch die Hersteller, d. h. der Nachweis der Erfüllung der (Sicherheits-)Anforderungen. Dies beinhaltet beispielsweise Schaltpläne, Pflichtenheft, Design-Spezifikation, Testdokumentation und Validierungsbericht. Die Aktivitäten der Hersteller eines Teilsystems werden jeweils mit einem Gutachten abgeschlossen. Der Betreiber erstellt das betriebliche Regelwerk. Auf Gesamtsystemebene folgt das Integrationsgutachten, welches alle Aspekte zusammenführt. Die betriebliche Integration schließt insbesondere die betrieblichen Regelwerke wie Bedienungsanweisungen für den Brückenwärter oder örtliche Zusätze für den Fahrdienstleiter mit ein.

4 Erkenntnisse

Signon setzt das beschriebene Vorgehen seit mehreren Jahren in verschiedenen Projekten zur Einbindung beweglicher Eisenbahnbrücken in die LST erfolgreich ein.

Die in diesem Beitrag vorgestellte Vorgehensweise und die gewonnenen Erfahrungen lassen sich auf ähnlich gelagerte Vorhaben übertragen. Eine hohe Wiederverwendbarkeit besteht insbesondere bei Prozessdokumenten, Methoden der Risikobewertung sowie bei der Struktur von Anforderungsspezifikationen. Prozess und Dokumentation können an die jeweilige Projektsituation angepasst werden. Inhaltliche Anpassungen sind jedoch aufgrund der Einzigartigkeit jedes Projektes stets erforderlich.

Obwohl eine Entwicklung nach DIN EN 50126 mit einem nicht zu unterschätzenden Dokumentationsaufwand einhergeht, ermöglicht sie eine saubere und langfristig nachvollziehbare Systemdokumentation.

Die in diesem Beitrag eingeführte vereinfachte Systemdefinition mit klarer Trennung der Verantwortlichkeiten zwischen Maschinentechnik und LST wird empfohlen. Sie erleichtert den Entwicklungs- und Zulassungsprozess ebenso wie den späteren Betrieb. Maßgebend ist dabei die Unabhängigkeit der Brückenschnittstelle von der Brückensteuerung: Änderungen an der Brückensteuerung erfordern keine Anpassungen bei der Einbindung der Brücke in die LST und ermöglichen so eine lange Lebensdauer ohne erneute Zulassung.

Es wird nicht empfohlen, die Entwicklung und Zulassung der Brückenschnittstelle gemäß DIN EN 50126 durchzuführen. Die Praxis zeigt, dass die DIN EN 13849 passender ist. Empfohlen wird, den Gesamtprozess nach DIN EN 50126 zu strukturieren. Die geforderten Sicherheitsziele können über das vorgestellte Vorgehen erreicht werden.

Die Erfahrung zeigt, dass bereits in den Phasen 1 bis 4 die vorgesehene Realisierung mitberücksichtigt werden sollte, da sich die spezifischen Funktionen auf Basis der gewählten Einbindung unterscheiden. Eine generische Beschreibung bietet daher kaum einen Vorteil: Zum einen gibt es in Deutschland nur wenige bewegliche Brücken, zum anderen ist stets eine Anpassung an die konkrete Situation erforderlich. So beeinflusst beispielsweise die konstruktive Ausführung des Schienenübergangs die ermittelten Sicherheitsanforderungen.

Regulation [4] can be applied. The "explicit risk estimation with qualitative expert judgement" risk acceptance principle is therefore chosen. Reliable data for quantitative or semi-quantitative methods is not available. In addition, EN 50126-2 [3] states, amongst other things, that a qualitative approach is to be used when mechanical components are employed or when operating rules are assessed.

3.5 The requirements specification

The Sektorleitlinie requires a joint specification with all the parties involved (manufacturers and infrastructure managers) for approval in individual cases (ZiE). The term "Aufgabenstellung" has been established from practice. "Aufgabenstellung" specifies the safety requirements identified during the risk assessment as well as any additional (non-functional) requirements. It has proven effective to create several sub-specifications for the different addressees: the bridge interface manufacturer, the interlocking manufacturer and maintenance / operations.

3.6 Demonstrating compliance

Following the completion of the system requirements specification in Phase 4, the implementation and documentation are carried out by the manufacturers in order to demonstrate compliance with the (safety) requirements. This includes, for example, circuit diagrams, functional specifications, design specifications, test documentation and the validation report. The activities of a subsystem manufacturer are each concluded with an assessment report. The infrastructure manager prepares the operating rules. An integration assessment consolidates all the aspects at the system level. Operational integration particularly includes the operating rules such as operating instructions for the bridge operator or the local instructions for the signaller.

4 Findings

Signon has been successfully applying the described approach in various projects involving the integration of movable railway bridges into the CCS system for several years.

The approach and experience presented in this article can be transferred to similar projects. High reusability particularly exists for process documents, risk assessment methods and the structure of the requirements specifications. The processes and documentation can be adapted to specific project situations. However, content-related adaptations are always necessary due to the uniqueness of each project.

Although the development according to EN 50126 is associated with a considerable documentation effort, it enables clean and long-term traceable system documentation.

The simplified system definition introduced in this article, which provides clear separation of the responsibilities between the machinery and CCS, is recommended. It facilitates both the development and approval process as well as any subsequent operations. The independence of the bridge interface from the bridge control system is crucial as potential changes to the bridge control system do not require any modifications to the integration of the bridge into the CCS system and thus enable a long service life without any re-authorisation.

It is not recommended to carry out the development and approval of the bridge interface in accordance with EN 50126. Practical experience has shown that EN 13849 is more appropriate. However, the overall process should be structured according to EN 50126. The required safety targets can be achieved using the approach presented.

Autoren PDF zur Einbindung auf der Website https://signon-group.com / Social Media. Kontakt & Rechte: archiv@dvvmedia.com DVV Media 2026.

Es zeigt sich, dass die in der Risikobewertung ermittelten Gefährdungen und Risikominderungsmaßnahmen zwischen verschiedenen Brückenprojekten grundsätzlich ähnlich sind, im Detail aber deutliche Unterschiede bestehen. Es ist wichtig, das Expertenwissen verschiedener Akteure für die angemessene Bewertung der Risiken zu nutzen und eine heterogene Zusammensetzung der Expertenteams anzustreben.
Die Weiternutzung von Bestandslösungen als anerkannte Regel der Technik ist nicht zwangsläufig mit Sicherheitsvorteilen verbunden, da risikobasierte Ansätze und Risikobewertungen zur Ableitung angemessener Sicherheitsanforderungen in der Vergangenheit weniger ausgeprägt waren. Im Gegenteil, Risikobewertungen zeigen in Einzelfällen, dass bestimmte Teile von aufwendigen Bestandslösungen nur einen geringen Beitrag zur Sicherheit leisten.

5 Fazit

Dieser Beitrag beschreibt ein in der Praxis bewährtes Vorgehen für die Entwicklung und Zulassung der Einbindung beweglicher Eisenbahnbrücken in die LST. Das Vorgehensmodell bietet Anwendern einen hohen Nutzen, da es auf weitere Projekte übertragbar ist.
Der Beitrag zeigt, dass mit dem vorhandenen „Werkzeugkasten" zur Systementwicklung (wie den CENELEC-Normen) und zur Systemzulassung (wie der Sektorleitlinie) auch spezielle Einzelfälle mit unterschiedlichen Zuständigkeiten und Normen spezifiziert und zugelassen werden können. Die vorhandenen Prozesse sind hinreichend beschrieben.
Die Durchführung der Risikobewertung als explizite Risikoabschätzung auf Basis qualitativer Expertenurteile führt zu angemessenen Sicherheitsanforderungen. Dies ist von großer Bedeutung, um die Komplexität der Systeme nicht unnötig zu erhöhen. Der Ansatz hat sich auch in anderen Projekten bewährt. Frühzeitige Realisierungsnähe, interdisziplinäre Expertenteams und eine vollständige, nachvollziehbare Nachweisführung sind wesentliche Erfolgsfaktoren.
Die Vorgehensweise führt zu Lösungen, deren Umsetzung ohne Entwicklungsaufwände am Stellwerk auskommt. Für ausführen-

Experience has shown that the intended implementation should already be considered in Phases 1 to 4, since the specific functions differ depending on the chosen integration solution. A generic description therefore offers hardly any advantages: on the one hand, there are only a few movable bridges in Germany; on the other hand, adaptation to the specific situation is always necessary. For example, the structural design of the rail joint influences the derived safety requirements.
While the hazards and risk mitigation measures identified during the risk assessment are generally similar across different bridge projects, it should be noted that there are significant differences in detail. It is essential to use expert knowledge from various parties for an appropriate risk assessment and to aim for a heterogeneous composition of the expert teams.
Reusing existing solutions as a code of practice is not necessarily associated with safety benefits, since risk-based approaches and risk assessments for deriving appropriate safety requirements were less pronounced in the past. On the contrary, risk assessments in individual cases have shown that certain parts of complex existing solutions make only a minor contribution to safety.

5 Conclusion

This article describes a practical and proven approach for the development and approval of the integration of movable railway bridges into the CCS system. The approach provides high value to users, as it can be transferred to other projects.
The article shows that the existing "toolbox" for system development (such as the CENELEC standards) and for system approval (such as the German Sektorleitlinie) can be used to specify and approve even special individual cases with differing responsibilities and standards. The existing processes are sufficiently defined.
Performing the risk assessment as an explicit risk estimation based on qualitative expert judgement leads to appropriate safety requirements. This is essential in order to avoid any unnecessary system complexity. The approach has also prov-

Autoren PDF zur Einbindung auf der Website https://signon-group.com / Social Media. Kontakt & Rechte: archiv@dvvmedia.com DVV Media 2026.

de Projekte resultieren daraus geringere Kosten und kürzere Projektlaufzeiten. Eindeutige Verantwortlichkeiten ermöglichen eine effiziente Entwicklung, da die Maschinentechnik keine Bahnnormen anwenden muss. Die klare Trennung bietet über den gesamten Lebenszyklus Vorteile für Betrieb und Instandhaltung. Bei Änderungen an der Maschinentechnik ist keine Anpassung an der Brückenschnittstelle und somit der Zulassung notwendig. Das geforderte Sicherheitsziel für die Fahrt eines Zuges über den Schienenübergang mit SIL 4 kann über das vorgestellte Vorgehen erreicht werden. ■

en effective in other projects. Early consideration of the implementation aspects, interdisciplinary expert teams and the complete, traceable demonstration of compliance are key success factors.

The presented approach leads to solutions that can be implemented without any development effort on the interlocking side. For implementation projects, this results in lower costs and shorter project durations. Clear responsibilities enable efficient development, as the bridge machinery does not have to apply railway standards. This clear separation offers advantages for operations and maintenance throughout the entire lifecycle. In the event of any changes to the bridge machinery, no adaptation of the bridge interface and thus of the authorisation will be necessary. The required SIL 4 safety objective for train movements over the rail joint can be achieved using the presented approach. ■

LITERATUR | **LITERATURE**

[1] Sektorleitlinie für die Zulassungsbewertung von Signal-, Telekommunikations- und Elektrotechnischen Anlagen (Technische Vorschrift). Version 2.0. 17.3.2024
[2] DIN EN 50126-1:2025-09 Bahnanwendungen – Spezifikation & Nachweis der Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit, Instandhaltbarkeit und Sicherheit (RAMS) – Teil 1: Generischer RAMS-Prozess; Deutsche Fassung EN 50126-1:2017 + A1:2024
[3] DIN EN 50126-2:2025-07 Bahnanwendungen – Spezifikation und Nachweis von Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit, Instandhaltbarkeit und Sicherheit (RAMS) – Teil 2: Systembezogene Sicherheitsmethodik; Deutsche Fassung EN 50126-2:2017+ A1:2024
[4] DURCHFÜHRUNGSVERORDNUNG (EU) Nr. 402/2013 DER KOMMISSION vom 30. April 2013 über die gemeinsame Sicherheitsmethode für die Evaluierung und Bewertung von Risiken und zur Aufhebung der Verordnung (EG) Nr. 352/2009. Geändert durch: Durchführungsverordnung (EU) 2015/1136 der Kommission vom 13. Juli 2015. Berichtigt durch: Berichtigung, ABl. L 70 vom 16.3.2016, S. 38 (2015/1136)
[5] Wikipedia: Liste beweglicher Brücken in Deutschland. https://de.wikipedia.org/wiki/Liste_beweglicher_Br%C3%BCcken_in_Deutschland, abgerufen am 27.3.2026
[6] Kögel, J.: „Bewegliche Brücken bei der Deutschen Bahn", in: 6. Symposium Eisenbahnbrücken und KIB (2020)
[7] RICHTLINIE 2006/42/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 17. Mai 2006 über Maschinen und zur Änderung der Richtlinie 95/16/EG (Neufassung), zuletzt geändert am 8.11.2024 durch Richtlinie (EU) 2024/2749
[8] VERORDNUNG (EU) 2023/1230 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 14. Juni 2023 über Maschinen und zur Aufhebung der Richtlinie 2006/42/EG des Europäischen Parlaments und des Rates und der Richtlinie 73/361/EWG des Rates
[9] DIN EN ISO 13849-1:2023-12 Sicherheit von Maschinen – Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen – Teil 1: Allgemeine Gestaltungsleitsätze (ISO 13849-1:2023); Deutsche Fassung EN ISO 13849-1:2023
[10] Eisenbahn-Bau- und Betriebsordnung vom 8. Mai 1967 (BGBl. 1967 II S. 1563), die zuletzt durch Artikel 2 der Verordnung vom 5. April 2019 (BGBl. I S. 479) geändert worden ist

AUTOREN | **AUTHORS**

Dipl.-Ing. Fabian Gaebler
Spezialist Systems und Safety Engineering LST, I.I-SIG-VR /
Specialist Systems und Safety Engineering CCS, I.I-SIG-VR
Signon Deutschland GmbH
Anschrift / *Address*: Berliner Straße 7, D-01067 Dresden
E-Mail: fabian.gaebler@signon-group.com

Dipl.-Ing. Carsten Trog
Experte Systems und Safety Engineering LST, I.I-SIG-VR /
Expert Systems and Safety Engineering CCS, I.I-SIG-VR
Signon Deutschland GmbH
Anschrift / *Address*: Europaplatz 2, D-10557 Berlin
E-Mail: carsten.trog@signon-group.com

Autoren PDF zur Einbindung auf der Website https://signon-group.com / Social Media. Kontakt & Rechte: archiv@dvvmedia.com DVV Media 2026.