

Bewertungsmodelle zur Gewährleistung eines sicheren Bahnbetriebes in der Zukunft

Die strategische Entscheidungsfindung über die Aus- bzw. Nachrüstung von Bahnsystemen hängt unter anderem von sicherheitstechnischen Aspekten ab. Mit dem Einsatz von risikobasierten Bewertungsmodellen können Maßnahmenwirksamkeiten transparent dargelegt und als Entscheidungsgrundlage mitberücksichtigt werden.

► Die sehr hohe Sicherheitsleistung – insbesondere im Vergleich zum Verkehrsträger Straße – stellt ein wesentliches Merkmal der Schiene dar. Erhaltung und Weiterentwicklung der Sicherheitsleistung sind nur möglich, wenn die Infrastruktur dem Stand der Technik entspricht.

1. EINFÜHRUNG

1.1. SICHERHEIT IM ZIELNETZ 2025+

Das Zielnetz 2025+ ist die zentrale Voraussetzung für die langfristige und nachhaltige Sicherung und Weiterentwicklung der Wettbewerbsposition der Bahn und bildet neben Vorhaben zur Stärkung der Marktposition und Steigerung der Wirtschaftlichkeit auch Maßnahmen zur Erneuerung des Bestandes und Sicherung des Stands der Technik ab. Das Zielnetz 2025+ gibt die Zielsetzungen für den Ausbau der Eisenbahninfrastruktur für einen definierten Zeithorizont vor.

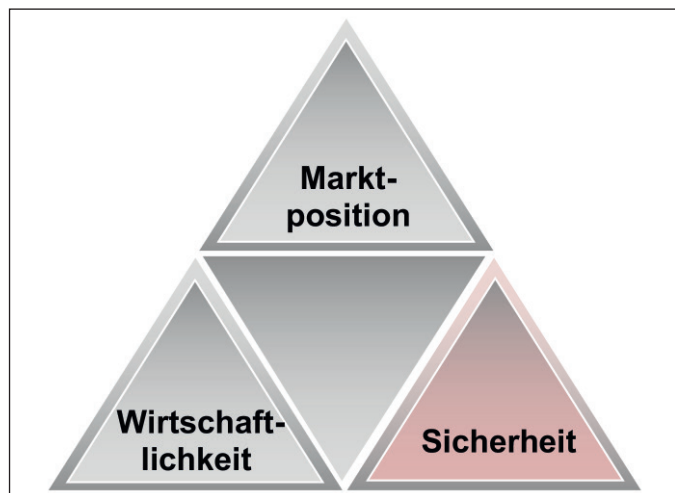


BILD 1:
Das Zielnetz 2025+

1.2. FRAGESTELLUNGEN AUS DEM BLICKWINKEL DER SICHERHEIT (WO/WAS/WANN?)

Um strategische Entscheidungen für Ausrüstungs-/Nachrüstungs Vorhaben der Bahninfrastruktur aus dem Blickwinkel der Sicherheit transparent darlegen und begründen zu können, wurden Bewertungsmodelle entwickelt, die folgende zentrale Fragestellungen beantworten: „Auf welchen Strecken/Betriebsstellen (WO) investiere ich in welche risikomindernden Systeme/Anlagen (WAS) zu welchem Zeitpunkt (WANN)“. Zur Beantwortung dieser Fragen müssen bestehende und zukünftige Risikopotenziale im Streckennetz erhoben sowie die risikomindernde Wirkung von infrastrukturseitigen Maßnahmen abbildbar und bewertbar gemacht werden. Eine derartige Bewertung von ausgewählten Bahnsystemen erfolgt mittels risikobasierter Modellansätze.



Dipl.-Ing. Florian Diernhofer
Gruppenleiter Risiko & Sicherheit
Verkehrsinfrastruktur
ILF Consulting Engineers Austria
GmbH, Linz
florian.diernhofer@ilf.com



Dipl.-Ing. Gabriele Berger-Boyer, MBA
Geschäftsführerin
PPM Planungs- & Projektmanagement GmbH, Wien
gabriele.berger-boyer
@ppm-gmbh.at



Wolfgang Frenzl
Senior Experte Strategische Entwicklung, Geschäftsbereich Asset Management und Strategische Planung, ÖBB-Infrastruktur AG, Wien
wolfgang.frenzl@oebb.at

2. DER RISIKOBASIERTE MODELLANSATZ

Die entwickelten Bewertungsmodelle folgen einem risikobasierten Ansatz, in welchem jene Gefährdungen im Bahnbetrieb, die für definierte Ereignisse maßgeblich sind, in Form von Risikowerten quantitativ abgebildet werden. Grundsätzlich setzt sich das risikobasierte Bewertungsmodell aus drei Komponenten zusammen:

2.1. ANALYSE DER GEFÄHRDUNGSPOTENZIALE

Zu Beginn müssen für ein definiertes Ereignis die relevanten Gefährdungen innerhalb des Systems identifiziert und die Gefährdungspotenziale erhoben werden. Im Zu-

sammenhang mit der Risikobewertung bei Bahntransportvorgängen stellt zumeist ein Unfall mit einem bestimmten Schadensausmaß das relevante Ereignis dar. Die Gefährdung ist eine potenzielle Gefahrenquelle, aus der sich ein Unfall ergeben kann. Das Gefährdungspotenzial beschreibt das dem betrachteten System innewohnende Potenzial, eine schädigende Wirkung zu verursachen. Die Gefährdungspotenziale können einerseits auf Grundlage realer historischer Unfalldaten (z.B. Entgleisungen, Kollisionen) ermittelt und als konkreter Risikowert (z.B. Anzahl der Ereignisse pro Jahr) dargestellt werden. Andererseits können die Gefährdungspotenziale durch rechnerische Verknüpfung von gefährdungsrelevanten Indikatorenwerten (z.B. zulässige Betriebsgeschwindigkeit, Zuganzahl, Zugtyp, usw.) als diskret formulierte, abstrahierte Punktzahl dargestellt werden (= empirisch ermittelter Risikowert). In jedem der beiden Fälle bezeichnet der errechnete Risikowert das quantifizierte relative Sicherheitsniveau eines Bewertungsfalles, das gegenüber dem quantifizierten Sicherheitsniveau anderer Bewertungsfälle vergleichbar ist.

2.2. QUANTIFIZIERUNG DES RISIKOS

Der Risikowert repräsentiert das Risiko in Bezug auf definierte Ereignisse für ausgewählte Infrastrukturen bei quantifizierten Verkehrsparametern. Der Risikowert kann für Infrastruktur und Verkehrsparameter im Bestand ebenso wie für Prognoseverkehrsmengen mit oder ohne Berücksichtigung risikomindernder Maßnahmen ermittelt werden. Risikomindernde Maßnahmen bezeichnen betrieblich-organisatorische oder technische Maßnahmen, die darauf abzielen, Gefährdungen zu verhindern bzw. bei Eintritt eines gefährdenden Betriebszustandes die Wahrscheinlichkeit eines Unfälleintrittes zu minimieren. Die Risikominderung von Maßnahmen wird als Prozentsatz der durch Maßnahmen verhinderten Ereignisse an der Gesamtzahl der relevanten Ereignisse dargestellt.

2.3. BEURTEILUNG DES RISIKOS

Die Beurteilung des Risikos erfolgt entweder durch Vergleich der Risikowerte relativ zueinander (Relativvergleich der Bewertungsfälle) oder durch Vergleich der errechneten Risikowerte mit den Zielvorgaben des Infrastrukturbetreibers in Form von Schwellenwerten. Schwellenwerte sind Zielvorgaben des Infrastrukturbetreibers, die sich bei risikobasierten Modellen auf die Einhaltung ei-

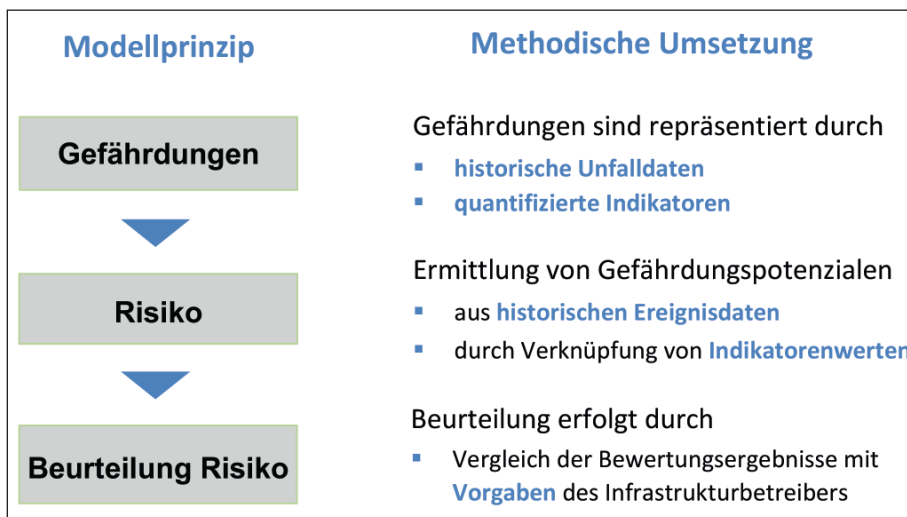


BILD 2: Die drei Schritte des risikobasierten Ansatzes

ner definierten Obergrenze des Risikowertes beziehen und somit ein bestimmtes Sicherheitsniveau gewährleisten. Diese können entweder aus historischen Ereigniszahlen (bei Vorhandensein einer repräsentativen Grundmenge) oder dem relativen Vergleich einer aussagekräftigen Anzahl von bereits bewerteten Infrastrukturen abgeleitet werden. Die Bewertung der errechneten Risikowerte bildet die Grundlage für Entscheidungen über die Notwendigkeit risikomindernder Maßnahmen ausschließlich aus Perspektive der Sicherheit.

Entscheidungskriterium „Globales Sicherheitsziel“

Die risikomindernde Wirkung von Maßnahmen wird in Bezug auf das Gesamtnetz beurteilt. Ähnlich wie in der Luftfahrt wird ein globales Sicherheitsziel definiert, z.B. „in tausend Jahren darf es nicht zu mehr als einem Flugzeugabsturz kommen, unabhängig wieviele Flug-km insgesamt zurückgelegt werden“. Würde man das Beispiel auf

den Verkehrsträger Bahn umlegen, könnte das beispielsweise bedeuten, dass im gesamten Streckennetz nicht mehr als eine Kollision von zwei Zügen innerhalb eines Jahres stattfinden dürfte.

Um das Gesamtsystem (z.B. Streckennetz) bewerten zu können, müssen die Risikowerte aller Teilsysteme (z.B. Strecken) aufsummiert und mit dem Ziel-Risikowert verglichen werden. Dieser kumulative Bewertungsansatz liefert eine klare Aussage, wo eine definierte Sicherheitsmaßnahme am meisten dazu beitragen würde, das global definierte Sicherheitsziel zu erreichen. Eine absteigende Reihung der Minderungspotenziale von Maßnahmen in Teilsystemen kann die Priorisierung von Investitionen des Infrastrukturbetreibers unterstützen.

Entscheidungskriterium „Spezifisches Sicherheitsziel“

Anders als bei der globalen Betrachtung kann die risikomindernde Wirkung von Maßnahmen auch ganz gezielt auf einen »

Verkehrssysteme - sicher und verfügbar!

ILF Consulting Engineers entwickelt innovative, risikobasierte Bewertungsmodelle für Investitionsentscheidungen und Anlagenverfügbarkeit, als wesentliche Grundlage für strategische Planung und Sicherheitsmanagement im Bahnbetrieb.

ILF Consulting Engineers Austria GmbH
 Feldkreuzstraße 3
 A-6063 Rum bei Innsbruck
 Tel. +43 / 512 / 2412 - 0
 Fax +43 / 512 / 2412 - 3900
 E-Mail info.ilb@ilf.com

ILF
CONSULTING
ENGINEERS

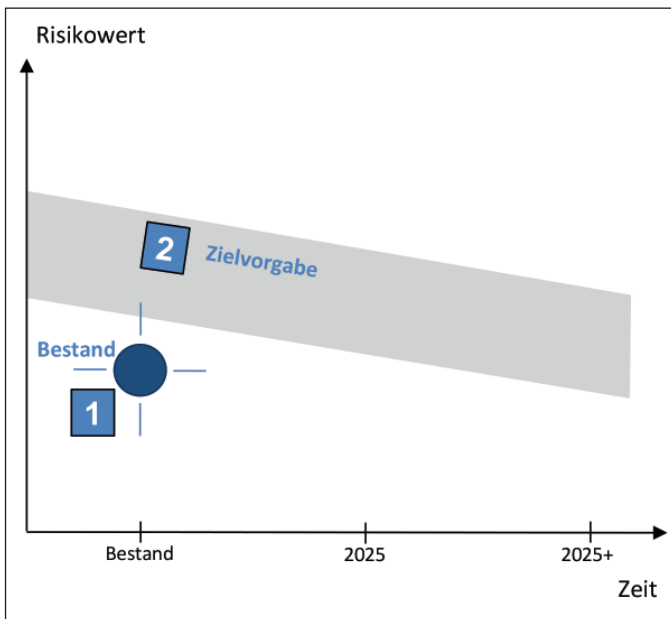


BILD 3: Risikowert im Bestand und Festlegung der Zielvorgaben

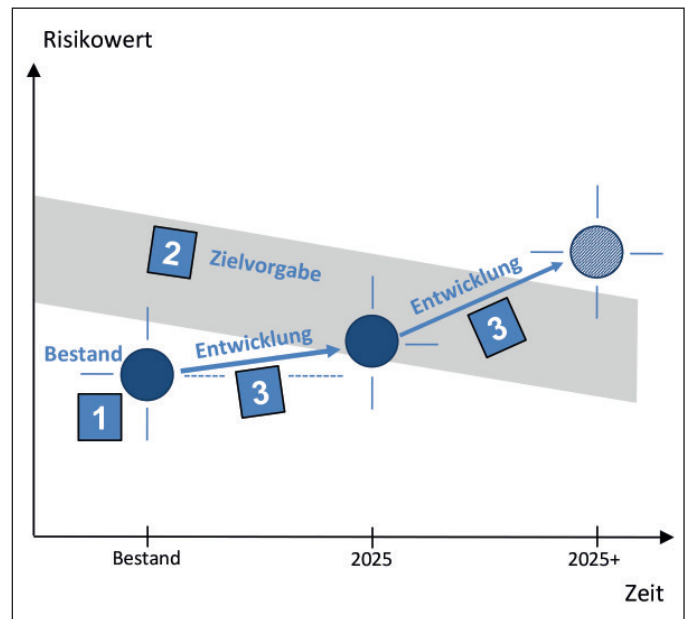


BILD 4: Berücksichtigung der zukünftigen Entwicklung

einzelnen Gefahrenpunkt im Streckennetz bezogen und bewertet werden. In diesem Fall werden die Systemgrenzen auf den unmittelbaren Wirkungs- und Einflussbereich des Gefahrenpunktes im Streckennetz heruntergebrochen und das spezifische Gefährdungspotenzial punktuell ermittelt. Dieser Bewertungsansatz zielt darauf ab, für die Einzelfallbewertung konkrete Handlungsanweisungen (Entscheidung: „ja“ oder „nein“) abzuleiten. Beispielsweise kann so das Erfordernis von Maßnahmen des aktiven Flankenschutzes an der Schnittstelle Zug- und Vershubverkehr in Bahnhöfen beurteilt werden.

3. PRAKTISCHE UMSETZUNG DER METHODIK

Regelwerkskonforme Betriebsführungsmethoden, Anlagen und Systeme gewährleisten sicheren Eisenbahnbetrieb mit akzeptiertem Restrisiko. In Abhängigkeit von ihren Funktionen, ihrem Verkehrsaufkommen sowie ihren Anlagen und Systemen weisen Strecken und Betriebsstellen spezifische Gefährdungen auf, welche das Sicherheitsniveau bzw. das akzeptierte Restrisiko bestimmen. Infolge der Verkehrsentwicklung sowie der Veränderung der Infrastruktur können sich diese Gefährdungen ändern, sodass das Sicherheitsniveau steigen, aber auch absinken kann. Folgende vier Arbeitsschritte wer-

den bei der Umsetzung der Bewertungsmethodik chronologisch durchgeführt.

3.1. ERMITTLUNG DES RISIKOWERTES IM BESTAND

Das Bewertungsmodell bildet das aktuell bestehende Sicherheitsniveau in Form eines Risikowertes für eine definierte Infrastruktur (Netz, Strecke, Betriebsstelle, Gefahrenpunkt) auf Grundlage relevanter Gefährdungen in Bezug auf definierte Ereignisse quantitativ ab.

3.2. FESTLEGUNG DER ZIELVORGABE

Der ermittelte Risikowert wird den entsprechenden Zielvorgaben des Infrastrukturbetreibers gegenübergestellt. Im Sinne der Weiterentwicklung der Sicherheit ist davon auszugehen, dass die Zielvorgaben für Prognosehorizonte ein höheres Sicherheitsniveau einfordern als für die Bestandsposition gilt.

3.3. BERÜCKSICHTIGUNG DER ZUKÜNFTIGEN ENTWICKLUNG

Für definierte Infrastrukturen wird die Entwicklung des Sicherheitsniveaus infolge der Veränderung relevanter Streckenmerkmale inklusive Marktentwicklung (Verkehrsmenge) durch die errechneten Risikowerte der Prognose dargestellt. Die prognostizierten Risikowerte werden mit dem Bestandsrisikowert bzw. mit der für die Prognosehorizonte relevanten Zielvorgabe verglichen.

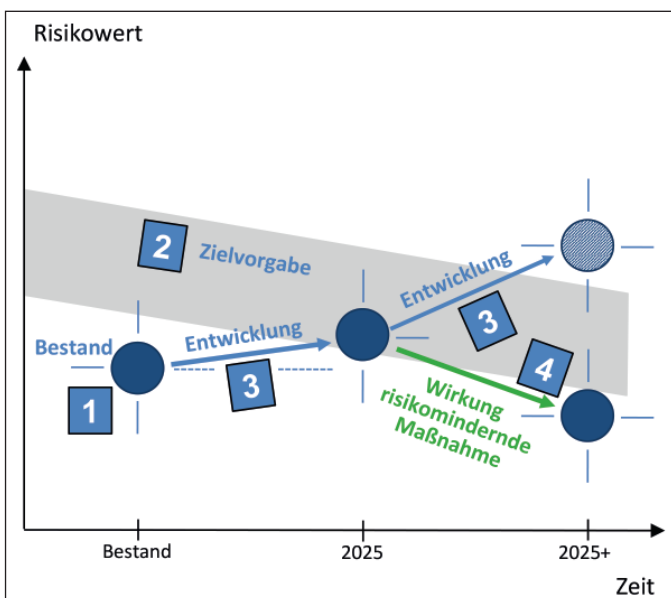


BILD 5: Überprüfung risikomindernder Maßnahmen

3.4. ÜBERPRÜFUNG RISIKOMINDERNDER MASSNAHMEN

Aus dem Vergleich von ermitteltem Sicherheitsniveau und Zielvorgaben können Grundlagen für die Entscheidung über risikomindernde Maßnahmen aus Perspektive der Sicherheit abgeleitet werden. Über die Verbindlichkeit, die Zielvorgaben (Schwellenwerte) einzuhalten, hat letztlich der Infrastrukturbetreiber selbst zu entscheiden. Zudem bleibt immer die Möglichkeit, völlig unabhängig von definierten Zielvorgaben, lediglich die relativen Maßnahmenwirksamkeiten einzelner Bewertungsfälle zueinander in Beziehung zu setzen und für die vorausschauende Maßnahmenplanung heranzuziehen.

Modell	Zugbeeinflussung	Zuglaufcheckpoints	Zugleitbetrieb ZSB5	Aktiver Flankenschutz
Ereignis	Kollisionen Zug - Zug	Entgleisungen Zug	Kollisionen Zug - Zug	Kollisionen Zug - Vers Schub
Maßnahmen	<ul style="list-style-type: none"> Zugbeeinflussungssysteme 	<ul style="list-style-type: none"> Zuglaufcheckpoints Zugbeeinflussungssysteme 	<ul style="list-style-type: none"> Technische Unterstützung (ZLB01) 	<ul style="list-style-type: none"> Flankenschutzweiche Sperrschuh
Infrastruktur	Netz, Strecken	Netz, Strecken	Strecken mit ZSB5-Betrieb	Gefahrenpunkte
Ziel	Ziel ist, den Inhalt von Nachrüstungsplanungen definierter Techniken auf Strecken bzw. in Betriebsstellen, unter Heranziehung eines risikobasierten Ansatzes festzulegen. Damit soll sichergestellt werden, dass die verfügbaren Finanzmittel sicher, wirtschaftlich und punktgenau eingesetzt werden.			

BILD 6: Bewertungsmodelle für unterschiedliche Ereignisse und Maßnahmen

4. ÜBERBLICK ÜBER DIE ENTWICKELTEN BEWERTUNGSMODELLE

Seit 2012 wurden die folgenden risikobasierten Bewertungsmodelle im Auftrag der ÖBB-Infrastruktur AG entwickelt. Im Jahr 2015 wurden die Modelle in das Betriebliche Risikomanagement gem. EU-Verordnung 402/2013 aufgenommen.

4.1. BEWERTUNGSMODELLE ZUGBEEINFLUSSUNG UND ZUGLAUFCHECKPOINTS

Die Modelle bilden die risikomindernden Wirkungen von Zugbeeinflussungssystemen in Bezug auf Zugkollisionen und -entgleisungen bzw. Zuglaufcheckpoints in Bezug auf Zugentgleisungen ab. Sie dienen in

erster Linie zur Unterstützung der streckenspezifischen Priorisierung der Implementierung des linienförmigen Zugbeeinflussungssystems ETCS sowie zur Darstellung der Effektivität von Zuglaufcheckpoints auf Strecken. Die Risikowerte für das Netz sowie für Strecken wurden aus historischen Ereigniszahlen abgeleitet und in Anzahl der »

Lesen Sie die ETR – Eisenbahntechnische Rundschau digital!

Jetzt in Ihrem Abonnement freischalten – ohne zusätzliche Kosten

FÜR ABONNENTEN BEREITS IM PREIS ENHALTEN! DAS **KOMPLETTE MEDIENPAKET** ONLINE & APP – **ALLES INKLUSIVE!**

WWW.EURAILPRESS.DE/ETR-DIGITAL



E-Paper

Das E-Paper erhalten Sie per E-Mail. Sie können es dann sofort lesen, herunterladen, drucken oder dauerhaft speichern.



ETR-Online mit Archivzugang

Online jederzeit Zugriff auf die aktuellsten Nachrichten und komfortable Stichwort-Suche sowie den Archivzugang.



App für Tablet und Smartphone

Per Eurailpress Kiosk-App alle Ausgaben von ETR griffbereit: Mobil und unabhängig von Ihrem Aufenthaltsort.

Als Abonnent haben Sie die Möglichkeit unsere Fachinformationen auch in digitaler Form zu nutzen – ohne zusätzliche Kosten. Sie nutzen bereits alle digitalen Bestandteile Ihres Abonnements und möchten, dass weitere Kollegen ETR digital lesen können?

Dann schreiben Sie uns: lizenzen@dvvmedia.com und Sie erhalten Ihr individuelles Angebot.

Ereignisse pro Jahr (absolute Häufigkeiten) ausgedrückt. Das Modell ermöglicht eine netzweite Visualisierung der Risikominderungspotenziale, indem für unterschiedliche Planfälle Streckenkarten mit spezifischen Streckenbewertungen angefertigt werden können.

4.2. BEWERTUNGSMODELL ZUGLEITBETRIEBSSTRECKEN

Das Modell dient zur Bewertung von Strecken mit Zugleitbetrieb in Bezug auf das Ereignis Zug-Zug-Kollisionen. Das Modell beurteilt, ob eine Strecke weiterhin im Zugleitbetrieb betrieben werden kann, oder eine zusätzliche technische Unterstützung bzw. die Nachrüstung eines Zugbeeinflussungssystems erforderlich ist. Der Risikowert wird mittels eines Indikatorenbasierten Ansatzes (zur Indikation der Belastung des Zugleiter-Fahrdienstleiters bzw. des Triebfahrzeugführers) in Form einer Punktzahl dargestellt. Grundlage für die Beurteilung bilden als Schwellenwerte definierte zulässige Risikowerte.

4.3. BEWERTUNGSMODELL AKTIVER FLANKENSCHUTZ

Mit dem Modell wird das Erfordernis von aktivem Flankenschutz (Flankenschutzweiche, Sperrschuh) an der Schnittstelle Zug – Verschiebung bei Veränderung der Infrastruktur aus Perspektive der Sicherheit beurteilt. Der Risikowert für Kollisionen Zug – Verschiebung wird durch Indikatoren abgebildet und als Punktzahl dargestellt. Das Erfordernis von aktivem Flankenschutz wird mittels eines Schwellenwertes (festgelegter Wert der Punktzahl) festgestellt. Das Modell findet Anwendung auf Betriebsstellen mit planmäßigem Verschiebung und planmäßigem Abstellen und umfasst die relevanten, planmäßig mit Verschiebung und Abstellen verbundenen Tätigkeiten und Abläufe in den Betriebsstellen.

4.4. BEWERTUNGSMODELL STELLWERKS-FUNKTIONEN UND ZUGBEEINFLUSSUNG BETRIEBSSTELLE

Das Bewertungsmodell unterstützt die Planung von Nachrüstungen auf Betriebsstellen in Bezug auf Stellwerksfunktionen (Gleisfreimeldeanlage, Streckengleisfreimeldung, Streckenblocksicherung, Verschiebstraße, Unterstützung im Störfall) sowie Zugbeeinflussungssysteme aus Perspektive der Sicherheit. Für Betriebsstellen (Bahnhöfe, Überleitstellen und Abzweigstellen) wird dabei ein Risikowert aufgrund von als

sicherheitsrelevant definierten Indikatoren in Form einer Punktzahl ermittelt. Das Bewertungsmodell Stellwerksfunktionen kann mit dem Bewertungsmodell Zugbeeinflussung (keine, punktförmige oder linienförmige Zugbeeinflussung) verknüpft und pro Betriebsstelle (Einzelbewertung) oder strecken- bzw. netzweit angewendet werden.

5. FAZIT

Der entscheidende Nutzen der Bewertungsmodelle liegt darin, dass die Wirkungen risikomindernder Maßnahmen im Gesamtsystem dargestellt werden können und somit eine sicherheitsorientierte Grundlage geschaffen wird, um Entscheidungsprozesse des Infrastrukturbetreibers zu unterstützen. Das ist vor allem in Hinblick auf langfristige Entwicklungsstrategien interessant und notwendig, da zusätzliche Maßnahmen und einhergehende Sicherheitsgewinne über große Zeithorizonte hinweg abgebildet werden können und somit auch auf die längerfristige Realisierbarkeit von Maßnahmen Bezug genommen wird. Beispielsweise können Investitionen in die Sicherheit, die nur mehr einen sehr geringen zusätzlichen Sicherheitsgewinn versprechen, auf Basis einer Kostenwirksamkeitsanalyse identifiziert werden. Bei sehr geringer Kostenwirksamkeit können Investitionen evtl. zu einem späteren Zeitpunkt realisiert werden, gleichzeitig können Investitionen mit höherem Sicherheitsgewinn und somit höherem Erfordernis zeitnah umgesetzt werden.

Die Entwicklung derartiger quantitativer Bewertungstools bedeutet nicht zwangsläufig die Erstellung einer relativ aufwändigen, vollquantitativen Risikoanalyse. Dem Anspruch genügt hier fallweise auch ein semi-quantitatives, risikobasiertes Bewertungsmodell, das auf Basis von historischen Unfalldaten und sicherheitsrelevanten Indikatorenwerten ereignisspezifische Risikowerte errechnet und das Sicherheitsniveau von definierten Infrastrukturen quantifiziert.

Bei Entwicklung und Anwendung von risikobasierten Bewertungsmodellen muss man sich immer bewusst sein, dass die Aussagekraft der Modelle stark von der Qualität der vorhandenen statistischen Ereignisdaten abhängt. Gerade bei der Herleitung, Diskussion und Definition von sicherheitsbasierten, quantitativen Bewertungskriterien müssen Anzahl, Erhebungszeitspanne und -qualität der Daten in ausreichendem Ausmaß zur Verfügung stehen, ansonsten wird sich der risikobasierte Bewertungsansatz als nicht zielführend herausstellen. ◀

Literatur

- Verordnung (EG) Nr. 352/2009 der Kommission über die Festlegung einer gemeinsamen Sicherheitsmethode für die Evaluierung und Bewertung von Risiken gemäß Richtlinie 2004/49/EG des Europäischen Parlaments und des Rates (2009)
- Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (BMVIT), Ausbauplan Bundesverkehrsinfrastruktur Verkehrsprognose Österreich 2025+ (2013)
- Bundesanstalt für Verkehr, Sicherheitsuntersuchungsstelle des Bundes, Sammlung Untersuchungsberichte (2005 – 2013)
- Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (BMVIT), Rechnungshofbericht (Bund 2008/1) - Sicherheit auf Nebenbahnen; Auswirkung auf ein Regionalbahnkonzept (2008)
- ÖBB-Infrastruktur AG, Zielnetz 2025+ (2011)
- ÖBB-Infrastruktur AG, Handbuch Sicherheitsmanagement gemäß Richtlinie über die Eisenbahnsicherheit 2004/49/EG (2012)
- ÖBB-Infrastruktur AG, Handbuch Betriebliches Risikomanagement gem. EU-Verordnung 352/2009 (2012)
- ÖBB-Infrastruktur AG, Steuerung der Sicherheitsleistung (2012)
- ÖBB-Infrastruktur AG, Arthur D. Little International GmbH, ETCS-Ausrüstungsstrategie – Kosten-Nutzen-Analyse (2000)
- ÖBB-Infrastruktur AG, Arthur D. Little International GmbH, Kreuzungsrisikoanalyse Abschlussbericht (2001)
- ÖBB-Infrastruktur Bau AG, ILF Beratende Ingenieure, Exemplarische Risikoanalyse gemäß UIC – Kodex 777-2E für Betrieb mit v = 200 km/h und 250 km/h im Abschnitt Wien-Hadersdorf – Attnang-Puchheim (2007)
- ÖBB-Infrastruktur AG, Ernst Basler + Partner & ILF Beratende Ingenieure, Nachrüstung Bestandstunnel Tunnelsicherheit, Risikoanalyse und Evaluierung (2010)
- ÖBB-Infrastruktur AG, Kuratorium für Verkehrssicherheit (KfV) & Austrian Institute of Technology (AIT), Erstellung eines Risikomodells für Eisenbahnkreuzungen - Endbericht (2011)
- VDV 752, Empfehlung zur Auswahl geeigneter Betriebsverfahren für eingleisige Strecken, VDV Schriftenreihe (2003)
- ÖVE/ÖNORM EN 50126, Bahnanwendungen - Spezifikation und Nachweis der Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit, Instandhaltbarkeit, Sicherheit (2000)
- Ostermann, N., Institutsheft Nr. 32, Arbeiten des Instituts für Eisenbahnwesen, Verkehrswirtschaft und Seilbahnen, TU Wien (2004)
- Schöbel, A., Zur Frage der Standortwahl von Zuglaufüberwachungseinrichtungen, Dissertation TU Wien (2005)
- Wieland, F., Technische Unterstützung des Zugleitbetriebes am Beispiel der Strecke Dresden-Klotzsche – Königsbrück, Studienarbeit TU Dresden (2005)
- Fenner, W., Naumann, P., Trinckauf, J., Bahnsicherungstechnik: Steuern, Sichern und Überwachen von Fahrwegen und Fahrgeschwindigkeiten im Schienenverkehr (2004)

► SUMMARY

Models for assessing the guarantee of a safe railway operation in future

The development and use of risk-based assessment models makes it possible to generate the safety and technical input for investment decisions based on uniform and readily understandable analyses. Railway infrastructures, such as operating points, lines and even the whole network, can thus be rendered comparable in terms of safety systems, with the aim of ensuring uniform equipment standards throughout the network.