Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 117 (1999)
Heft: 24

Artikel: Sicherheitsplanung bei den SBB: Verhältnismässigkeit als Entscheidungskriterium
Autor: Oettli, Thomas / Bohnenblust, Hans / Hübner, Peter
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-79752

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 30.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Thomas Oettli, Hans Bohnenblust, Zollikon, Peter Hübner, Bern

Sicherheitsplanung bei den SBB

Verhältnismässigkeit als Entscheidungskriterium

Bei den Schweizerischen Bundesbahnen (SBB) hat die Gewährleistung der Sicherheit einen hohen Stellenwert. Damit verbunden ist eine systematische und explizite Auseinandersetzung mit den verschiedenen Risiken im Eisenbahnbetrieb und den zu treffenden Sicherheitsmassnahmen. In den letzten Jahren haben die Bauabteilungen der SBB eine Reihe von Projekten zur weiteren Verbesserung der Sicherheit geplant und realisiert. Diese Projekte aus dem Infrastrukturbereich haben eine gemeinsame Basis in der Entscheidfindung: die Anwendung konsequenter Kosten/Wirksamkeits-Überlegungen.

Eisenbahnen sind ein sicheres Verkehrsmittel. Das kommt nicht von ungefähr: Ein sicherer Betrieb ist seit den Anfängen ein zentrales Anliegen der Bahn. In den vergangenen Jahrzehnten sind Schritt für Schritt Verbesserungen vorgenommen worden. Trotzdem gewinnt die Sicherheit bei der Bahn weiter an Bedeutung - in der Schweiz wie in anderen Ländern:

- Die Bahn wird vor allem in städtischen Gebieten immer intensiver benutzt. Dichter fahrende, stark besetzte Züge bergen die Gefahr von Schadenereignissen grossen Ausmasses.
- Es werden neue Strecken geplant und gebaut, die vermehrt auch unterirdisch verlaufen und höhere Zuggeschwindigkeiten zulassen.
- In der Öffentlichkeit ist eine wachsende Sensibilisierung für Sicherheitsfragen bei der Bahn festzustellen. Bereits auf vergleichsweise seltene und kleine Unfälle folgt der Ruf nach zusätzlichen Sicherheitsmassnahmen.

Dieser Entwicklung stehen einengende Rahmenbedingungen gegenüber. Es bedarf bereits einiger Anstrengungen, das hohe Sicherheitsniveau zu halten. Gleichzeitig ist der Spielraum für weitere Verbesserungen eng. Zusätzliche Massnahmen sind mit immer grösseren finanziellen Aufwendungen verbunden, und auch die Bahn spürt einen starken Kostendruck. Leistungs- und Konkurrenzfähigkeit sind wichtige Stichworte geworden, weshalb es unumgänglich ist, auch die Sicherheit unter Berücksichtigung der Wirtschaftlichkeit zu beurteilen. In vielen Punkten legen Vorschriften und Regelwerke in unterschiedlichem Detaillierungsgrad Sicherheitsanforderungen fest. Diese müssen erfüllt werden, doch bedürfen sie auch der Auslegung, lassen Ermessensspielraum offen oder decken nicht alle Fragestellungen ab. In diesen Bereichen ist verantwortungsvolles Handeln und Entscheiden im Hinblick auf die Sicherheit, wie eben auch auf den Umgang mit den begrenzten finanziellen Mitteln, notwendig. Dabei tauchen Fragen auf wie:

- Wann ist ein System «sicher genug»?
- Braucht es zusätzliche Massnahmen, sind diese «verhältnismässig» oder kann begründet darauf verzichtet werden?
- Wie viele Mittel sollen für die Sicherheit eingesetzt werden?

Einen sicheren Betrieb zu gewährleisten ist ein langfristiges Vorhaben. Dieses sollte möglichst frei vom täglichen Geschehen verfolgt werden. Nur so ist sichergestellt, dass in Zeiten ohne Unfälle nicht sorglos mit der Sicherheit umgegangen wird. Umgekehrt sollen, als Folge von Unfällen, heftige Reaktionen - unter Druck der Öffentlichkeit - aber ebenso vermieden werden können.

Wie sicher ist sicher genug?

Sicherheit im absoluten Sinne bezeichnet einen Zustand, bei dem keine Gefahren zu fürchten sind. Eine solche Situation ist jedoch unabhängig von der zur Verfügung stehenden Technik und selbst mit unbegrenzten Geldmitteln nicht erreichbar. Ein sicherer Betrieb kann deshalb immer nur eine bedingte Zielsetzung sein. Diese Erkenntnis führt dazu, eine angemessene bzw. ausgewogene Sicherheit als Ziel zu definieren. Für die Planung und Realisierung von Sicherheitsmassnahmen führt dies zu folgenden Grundsätzen:

- Das Sicherheitsniveau der Bahn soll in einem angemessenen Verhältnis zur Sicherheit anderer Verkehrsträger und zivilisatorischer Anlagen stehen (äussere Ausgewogenheit).
- Die Sicherheitsniveaus verschiedener Bahnbauten bzw. Tätigkeiten sollen in einem ausgewogenen Verhältnis zueinander stehen (innere Ausgewogenheit).
- Die Sicherheitsmassnahmen sollen in den Bereichen der festen Anlagen, des Rollmaterials, des Betriebs und der Organisation optimal aufeinander abgestimmt sein (technische Ausgewogenheit).
- Die finanziellen Mittel sollen so eingesetzt werden, dass die Effizienz der Massnahmen möglichst hoch ist. Auf ineffiziente Massnahmen soll bewusst verzichtet werden (Verhältnismässigkeit).

Für das Gesamtsystem Bahn soll damit - unter Beachtung der Verhältnismässigkeit - ein Optimum an Sicherheit erzielt werden. Diese generell formulierten Ziele bedürfen einer Konkretisierung, damit sie in aller Schärfe bei den unterschiedlichen Fragestellungen gleichermassen angewendet werden können. Konkrete quantitative Beurteilungskriterien sind deshalb ein wesentlicher Bestandteil der systematischen Sicherheitsplanung.

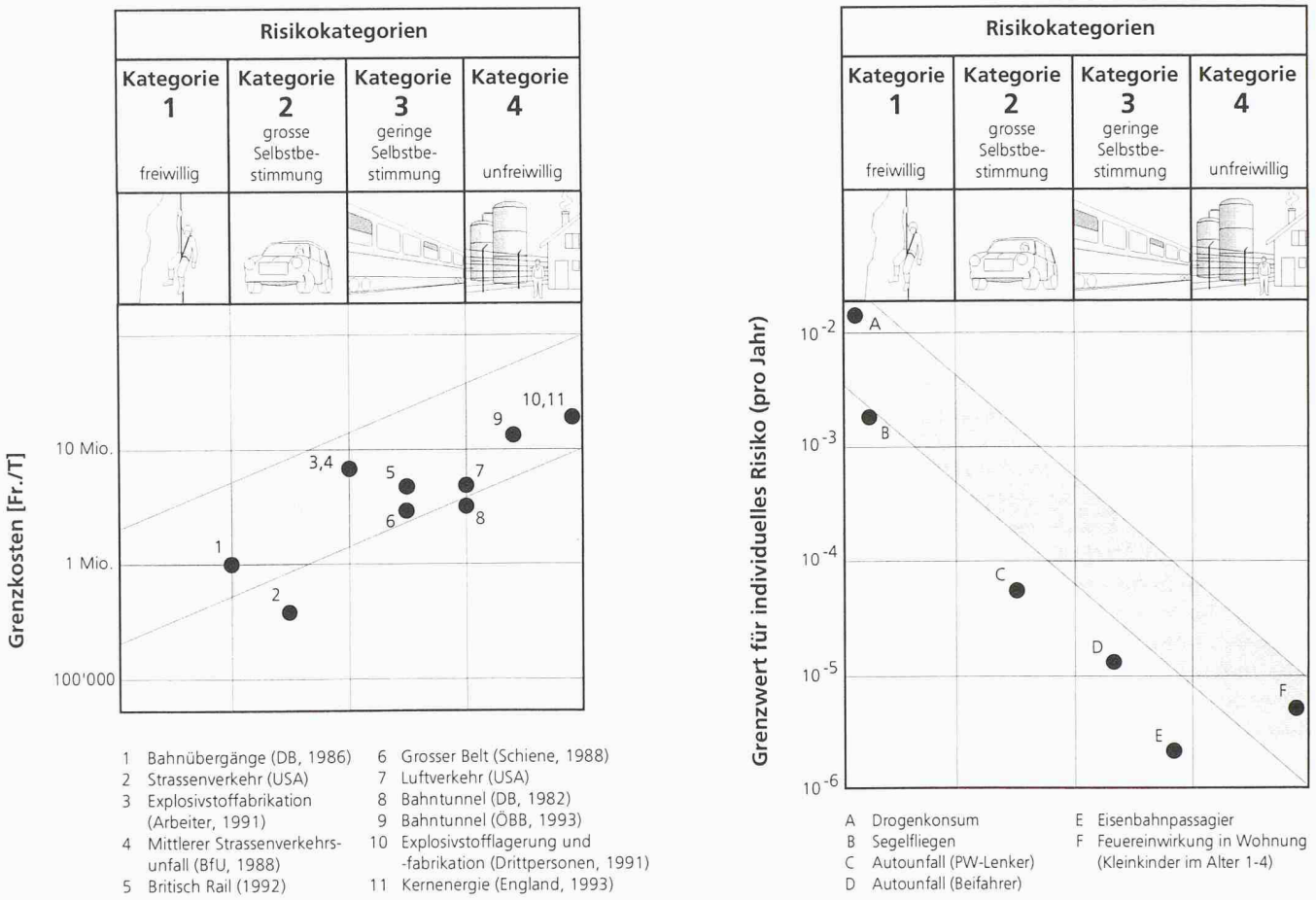
Grundzüge der Sicherheitsplanung

Der methodische Ansatz basiert auf einer quantitativen probabilistischen Sicherheitsbeurteilung. Diese umfasst die Schritte Risikoanalyse, Risikobewertung und Massnahmenplanung. Mit dieser Unterteilung wird versucht, Fakten und Wertungen soweit als möglich auseinander zu halten und nachvollziehbar darzustellen.

Die Risikoanalyse setzt sich mit den objektiven Grössen wie Unfallhäufigkeit und Schadenausmass auseinander. Grundlagen dazu bilden die Unfallstatistik, analytische Instrumente wie Fehler- und Ereignisbäume sowie detaillierte Erkenntnisse aus untersuchten Ereignissen. Neben dem Abschätzen der Unfallhäufigkeit und des Schadenausmasses dient die Risikoanalyse dazu, die Unfallursachen und Ereignisabläufe mit Blick auf mögliche Massnahmen zu untersuchen.

In Abhängigkeit der Fragestellung werden unterschiedliche Messgrössen in die Untersuchung mit einbezogen: Anzahl Todesopfer oder Verletzte für Personenschäden, verschmutzte Oberflächengewässer und Grundwasserfassungen für Umweltschäden, Geldbeträge für Sachschäden.

Die Risikobewertung setzt sich mit der subjektiven, bewertenden Frage der Akzeptanz der Risiken auseinander. Dabei fliessen Wertvorstellungen ein, wie weit einzelne Personen, Unternehmen und auch die Gesellschaft als Ganzes vor den Folgen möglicher Unfälle geschützt werden sollen.



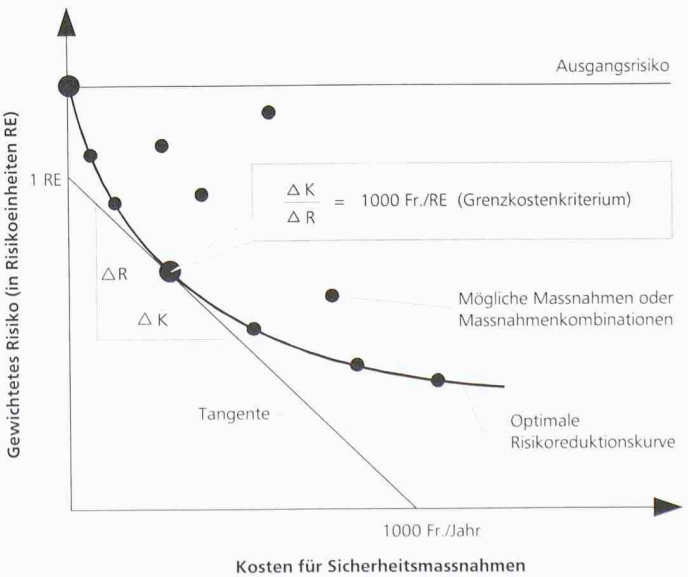
1
Werte für Grenzkosten und zulässige individuelle Risiken in Abhängigkeit der Risikokategorien (ergänzt mit ausgewählten Beispielen)

Die Risikobewertung und damit auch die anschliessende Massnahmenplanung hat sich insbesondere mit den drei folgenden Fragestellungen auseinanderzusetzen:

▪ Welches individuelle Risiko ist für eine Person zumutbar? Das individuelle Risiko ist ein Mass für die Gefährdung einer einzelnen Person. Beispielsweise stellt sich die Frage, welchem individuellen Risiko ein Arbeiter auf einer Gleisbaustelle maximal ausgesetzt sein darf. Die Beurteilung der individuellen Risiken erfolgt anhand von Grenzwerten. Damit wird gewährleistet, dass niemand als Individuum einer übermässigen Gefährdung ausgesetzt wird.

▪ Wie sind Unfälle mit einem grossen Schadenausmass zu bewerten? Die Erfahrung zeigt, dass solche Ereignisse stärker wahrgenommen werden, als es ihrem Beitrag zum kollektiven Risiko entspricht (Risikoaversion). Beispielsweise hat ein Ereignis mit grossem Schadenausmass wesentlich schwerere Konsequenzen für die Bahn als mehrere kleine Unfälle mit insgesamt dem gleichen Schadenausmass. Dies wird berücksichtigt, indem Ereignisse mit grossem Schadenausmass stärker gewichtet werden.

▪ Auf welches Mass soll das kollektive Risiko beschränkt werden und welche Mittel lassen sich dafür rechtfertigen? Damit ist die Verhältnismässigkeit von Sicherheitsmassnahmen angesprochen. Für die Beschränkung kollektiver Risiken werden nicht Grenzwerte vorgeschlagen, sondern der Bezug zu möglichen Massnahmen



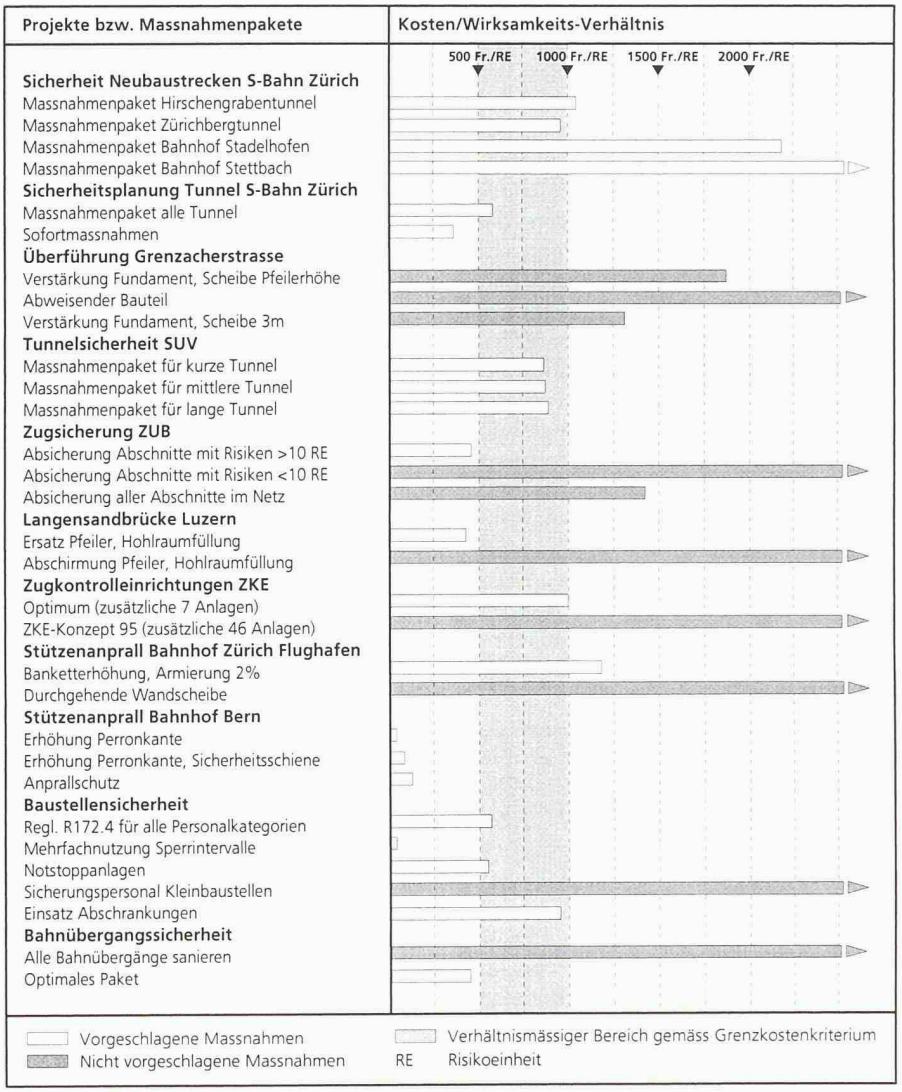
2
Beurteilung von Massnahmen im Risiko-Kosten-Diagramm

sowie deren Wirkung und Kosten hergestellt. Die Beurteilung erfolgt anhand des quantitativen Kriteriums der Grenzkosten. Die Grenzkosten legen fest, welche finanziellen Mittel gerade noch aufgewendet werden sollen, um das Risiko um eine Einheit zu reduzieren. Das System wird dann als ausreichend sicher bezeichnet, wenn alle verhältnismässigen Massnahmen ausgeschöpft sind.

Nicht alle Risiken werden von der Gesellschaft und einzelnen Personen gleichermassen akzeptiert. Das vorliegende Modell versucht die unterschiedliche Akzeptanz von Risiken zu berücksichtigen. Wesentlich ist, wie weit Risiken selbst- oder fremdbestimmt sind und wie unmittelbar die Nutzenempfindung ist. Die Bereitschaft Risiken zu akzeptieren, nimmt parallel zur Möglichkeit der Selbstbestimmung und zur Nutzenempfindung ab (Bild 1).

Im Rahmen der Massnahmenplanung wird untersucht, mit welchen zusätzlichen Massnahmen die Sicherheit erhöht werden kann. Die Risikoreduktion sowie die Kosten der Massnahmen werden quantitativ ermittelt. Damit können Kosten und Wirksamkeit von Massnahmen verglichen werden (Bild 2). Im Rahmen einer systematischen Massnahmenplanung auf der Basis von Kosten/Wirksamkeits-Überlegungen kann sichergestellt werden, dass bei vertretbaren Aufwendungen eine grösstmögliche Risikoreduktion erreicht wird, und so auf ein hohes und ausgewogenes Sicherheitsniveau im Gesamtsystem hingearbeitet wird.

Unfälle können neben Personenschäden auch Schäden an der Umwelt sowie Sachschäden hervorrufen. Für die Beurteilung und den Vergleich von Massnahmen, die sowohl Personen- als auch Umweltrisiken und Sachschäden reduzieren, ist damit der Bezug auf einen einheitlichen Risikowert notwendig: Dieser wird als Risikoeinheit (RE) bezeichnet und ist das Mass für das gewichtete (kollektive) Risiko. Eine Risikoeinheit entspricht einem monetarisierten Risiko von 1000 Franken. Im gewichteten Risiko enthalten ist die Gewichtung von Ereignissen mit besonders grossem Ausmass (Risikoaversion) sowie die Bewertung, wie viele Geldmittel für die Reduktion um eine Risikoeinheit eingesetzt werden sollen (Grenzkosten).



3
Vergleich der Kosten/Wirksamkeits-Verhältnisse ausgewählter Massnahmen

Projekte im Vergleich

In den letzten Jahren haben die Bauabteilungen der SBB eine Reihe von Investitionsprojekten nach konsequenten Kosten/Wirksamkeits-Überlegungen geplant und realisiert. Eine Auswahl ist im nebenstehenden Kasten wiedergegeben. Die beurteilten Massnahmen der untersuchten Projekte setzen an sehr unterschiedlichen Punkten des Ereignisspektrums an. Sie sind auch von sehr unterschiedlichem Gewicht bezüglich Kostenumfang und möglicher Risikoreduktion. Trotzdem sind sie miteinander vergleichbar. Das Verhältnis von Kosten und erzielbarer Risikoreduktion bildet dabei die zentrale Vergleichsgrösse. Bild 3 stellt diese Zusammenhänge dar.

Kleine Kosten/Wirksamkeits-Verhältnisse (unter 500 Franken pro Risikoeinheit) können als günstig beurteilt werden, solche bis Fr. 1000.-/RE sind verhältnismässig. Das heisst, pro investiertem Franken wird eine Risikoreduktion von rund einem Franken erzielt. Verhältnisse über Fr. 1000.-/RE werden in der Regel als nicht sinnvoll bzw. als unverhältnismässig beurteilt. Einzelne herausspringende Kosten/Wirksamkeits-Verhältnisse zeigen sich bei den Massnahmenpaketen für die Neubaustrecken der S-Bahn Zürich: Die hohen Kosten/Wirksamkeits-Verhältnisse der vorgeschlagenen Massnahmenpakete in den Bahnhöfen Stadelhofen und Stettbach erklären sich durch Massnahmen, die zur Verhinderung von Vandalismus und Personenbelästigungen getroffen werden mussten.

Diese Massnahmen reduzieren das Todesfallrisiko nur unwesentlich. Im weiteren enthalten die Pakete Massnahmen, die neben der Sicherheit auch anderen Zwecken, wie beispielsweise der Erleichterung des Unterhalts, dienen. Im Bahnhof Stettbach wurden zusätzlich Massnahmen aus dem Bereich Brandschutz realisiert, die aufgrund von Vorschriften - unabhängig ihrer Verhältnismässigkeit - getroffen werden müssen.

Quintessenz

Immer wieder stellt sich die Frage, was die Sicherheitsmassnahmen denn bewirkt haben oder noch bewirken werden. Sind alle empfohlenen bzw. als verhältnismässig beurteilten Massnahmen realisiert, ergibt dies eine Risikoreduktion von rund einem Viertel der netzweit gewichteten Risiken. Dieser Wert muss als Schätzung aus heutiger Sicht bezeichnet und entsprechend vorsichtig interpretiert werden: Verschiedene Massnahmen befinden sich noch in Realisierung, und teilweise werden aus verschiedenen Gründen Abweichungen zwischen Empfehlung und Umsetzung auftreten.

Eine generelle Umsetzung von Massnahmen ist oft wenig sinnvoll. Um effiziente Lösungen zu erzielen, müssen Massnahmen differenziert umgesetzt werden. Insbesondere bei grossen, netzweiten Projekten, wie beispielsweise der Zugsicherung ZUB oder der Verbesserung der Sicherheit an Bahnübergängen, besteht ein beträchtlicher Ermessensspielraum hinsichtlich Anzahl und Auswahl der Einsatzorte. Die Anwendung des Kosten/Wirksamkeits-Kriteriums ermöglicht auch im Detail eine differenzierte Umsetzungspolitik.

Der Rückblick wirft letztlich auch die Frage nach der Zukunft auf: Welche Anstrengungen sollen künftig unternommen werden, welcher Aufwand ist zu betreiben und welche Wirkung zu erwarten? Darin steckt einerseits die Frage, in welchen Bereichen allenfalls Lücken bestehen. Andererseits geht es darum, ein entsprechendes Vorgehen vorausschauend zu planen. Aufgrund der Erfahrungen aus den beurteilten Projekten zeichnen sich für die künftige Entwicklung im Sicherheitsbereich drei Ansatzpunkte ab:

- Halten des Sicherheitsniveaus: Die Bahn hat heute ein sehr hohes Sicherheitsniveau erreicht. Es bedarf stetiger Anstrengungen, diesen Stand in Zeiten ständiger Entwicklung und Veränderung beizubehalten. Kontinuität und die Pflege bewährter Abläufe sind dabei wichtige Voraussetzungen.
- Reduzieren häufiger Ereignisse: Aus den dargestellten Untersuchungen und Projekten ergeben sich Hinweise für weitere Stossrichtungen. Im Bereich der häufig auftretenden Ereignisse, die sich entsprechend in der Statistik niederschlagen, sind es beispielsweise Unfälle im Rangierbetrieb und Personenunfälle in Stationen.
- Vorkehrungen gegenüber katastrophalen Ereignissen: Seltene, in ihrem Ausmass aber katastrophale Ereignisse, können das Unternehmen empfindlich treffen. Hier gilt es, auch in ereignislosen Zeiten die Entwicklung im Auge zu behalten und angemessene Sicherheitsvorkehrungen zu treffen.

Bahnreformen, die zunehmende Vernetzung des Bahnverkehrs in Europa sowie der freie Netzzugang internationaler Anbieter stellen für die Gewährleistung der Sicherheit in Zukunft eine besondere Herausforderung dar. Die systematische und explizite Auseinandersetzung mit den verschiedenen Risiken im Eisenbahnbetrieb und den zu treffenden Sicherheitsmassnahmen gewinnt dadurch an Bedeutung. Insbesondere das Festhalten und Verfolgen des erreichten Sicherheitsniveaus sowie das systematische Beurteilen und Darstellen der geplanten Aktivitäten wird zunehmend wichtiger bei der Kommunikation mit den Aufsichtsorganen und der Öffentlichkeit.

Adresse der Verfasser:
Thomas Oettli, dipl. Masch.-Ing., ETH, *Hans Bohnenblust*, dipl. Bauing. ETH, Ernst Basler + Partner AG, Zollikerstr. 65, 8702 Zollikon, *Peter Hübner*, dipl. Bauing. ETH, SBB-Baudirektion, Mittelstr. 43, 3030 Bern

Projekte der SBB-Bauabteilungen im Rückblick (Auswahl)

1983–1991	Sicherheitsmässige Beurteilung der Neubaustrecken der S-Bahn Zürich
1991/1992	Sicherheitsplanung für die Tunnel der S-Bahn-Strecken im Grossraum Zürich
1992	Beurteilung von Massnahmenvarianten für die Verstärkung der Pfeiler der Überführung Grenzacherstrasse, Muttenz
1990–1993	Erarbeiten von Massnahmenstandards für neu zu erstellende und bestehende Tunnels (Sicherheitsstandards unterirdischer Verkehrsanlagen, SUV)
1992–1996	Risikoorientiertes Konzept für den Einsatz der Zugsicherung ZUB auf dem Netz der SBB
1993/1994	Beurteilung von Massnahmenvarianten für die Verstärkung des Mittelpfeilers der Langensandbrücke, Luzern
1995/1996	Beurteilung des Kosten/Wirksamkeits-Verhältnisses des «ZKE-Konzepts 95» (ZKE: Zugkontrolleinrichtungen)
1996	Beurteilung der Anprallsicherheit von Stützen im Bahnhof Zürich Flughafen
1994, 1996	Beurteilung der Anprallsicherheit von Stützen bei der Einfahrt Ost im Bahnhof Bern
1995–1997	Sicherheit von Baustellen im Gefahrenbereich des Zugverkehrs
1996/1997	Sicherheitsbeurteilung von Bahnübergängen

Literatur

[1] Schweizerische Bundesbahnen, Baudirektion: Sicherheitsmassnahmen im Vergleich. Ernst Basler + Partner AG, Zollikon, Mai 1997

[2] *Merz H., Schneider Th., Bohnenblust H.*: Bewertung von technischen Risiken. Polyprojekt Risiko und Sicherheit, ETH Zürich, vdf Hochschulverlag, 1995

[3] *Oettli T., Fermand C., Bohnenblust H., Grauf H.H.*: Risikoorientierte Sicherheitsnachweise im Eisenbahnbetrieb. ETR – Eisenbahntechnische Rundschau 47 (1998), H. 8–9