



MAGAZIN

SSI-Jahresmagazin 2025



Herausgeber:



**SSI, Schweizerische Vereinigung
unabhängiger Sicherheitsingenieure
und -berater**

Geschäftsstelle
Tittwiesenstrasse 61
7000 Chur

Telefon +41 43 819 16 40
www.ssi-schweiz.ch
info@ssi-schweiz.ch

Sicherheit gestalten mit Verantwortung und Augenmass

Sicherheit entsteht nicht allein durch Normen und Vorschriften. Sie entsteht dort, wo Menschen bereit sind, Verantwortung zu übernehmen, auf einer fundierten Grundlage, mit Weitblick und Augenmass.

Unsere Mitglieder engagieren sich täglich dafür, komplexe Herausforderungen in tragfähige Lösungen zu übersetzen. Diese Ausgabe des SSI-Magazins zeigt beispielhaft, wie unsere Branche dazu beiträgt, Fortschritt zu ermöglichen, indem Risiken nicht nur erkannt, sondern systematisch verstanden und eingeordnet werden.

Im Fall der Rutschung in Brienz wurde eine Lösung umgesetzt, die bereits 1879 vom Geologen Albert Heim vorgeschlagen worden war. Erst durch moderne Risikomethoden lässt sie sich heute als verhältnismässig und wirtschaftlich tragbar einstufen. Ein eindrückliches Beispiel dafür, wie Fachwissen durch fundierte Beurteilungen endlich Wirkung entfalten kann.

Auch der Brandschutz in Baudenkmälern macht deutlich, dass es neue Ansätze braucht. Das 50-jährige Jubiläum des Europäischen Denkmalschutzjahres 1975 war für uns Anlass, diese Thematik aufzugreifen und einen Paradigmenwechsel zu fordern, weg von starren Zuständigkeiten und hin zu einer echten Verantwortungskultur, bei der Sicherheit, Nutzung und Erhalt gemeinsam gedacht werden.

Und schliesslich zeigt die Entwicklung neuer Bahninfrastruktur, wie solide Risikoanalysen helfen, technologische Innovation sicher einzuführen. Fortschritt und Sicherheit schliessen sich nicht aus, im Gegenteil: Sie bedingen einander.

Ich wünsche Ihnen eine anregende Lektüre.



Peter Jost
SSI-Präsident



04 Was können Schutzmassnahmen bei der Rutschung in Brienz / Brinzauls GR bewirken? Eine Risikoanalyse zeigt, welche Schäden drohen und wie gross das Risiko für Menschen und Infrastruktur ist.

INHALT

- 04 Naturgefahren**
Leben mit Naturgefahren: Risikoanalyse und Sanierungsmassnahmen in Brienz / Brinzauls GR
- 08 Sicherheitsprojekte**
Eine aktuelle Auswahl realisierter Sicherheitsprojekte durch die SSI-Mitgliedfirmen. Sach- und Fachkompetenz pur!
- 10 Brandschutz**
Historische Gebäude erfordern objektspezifische Lösungen beim Brandschutz.
- 13 Infrastrukturen**
Die SOB setzt seit Juli 2025 ein aktives Fahrassistenzsystem in einem einjährigen Praxistest ein. Wie wird der sichere Betrieb gewährleistet?



Risikoanalyse und Sanierungsmassnahmen in Brienz / Brinzauls

Die Rutschung von Brienz / Brinzauls GR zählt zu den aktivsten Hangbewegungen im Alpenraum. Eine Risikoanalyse zeigt, welche Schäden drohen, wie gross das Risiko für Menschen und Infrastruktur ist – und was Schutzmassnahmen bewirken können.

Christian Willi und Marion Caduff

Die zunehmende Aktivität der Rutschung Brienz / Brinzauls machte ab dem Jahr 2021 eine umfassende Risikoanalyse notwendig. Ziel war es, die Eintrittswahrscheinlichkeit und die Auswirkungen möglicher Ereignisse systematisch zu bewerten und eine faktenbasierte Entscheidungsgrundlage für Massnahmen sowie die Aufteilung der Restkosten zu schaffen.

Das Dorf Brienz / Brinzauls gehört zur Gemeinde Albula / Alvra im Kanton Graubünden und liegt auf rund 1150 m ü. M. auf einem instabilen Hangkörper. Der Brienzer Rutsch – eine Tiefenrutschung mit einer maximalen Mächtigkeit von ca. 150 m, einer Ausdehnung von ca. 2,4 km² und einem Volumen von 170 Mio. m³ – zählt zu den aktivsten und am besten überwachten Hangbewegungen im Alpenraum.

2021 beschloss die Gemeinde den Bau eines 635 m langen Sondierstollens, der bis 2027 zu einem 2284 m langen Entwässerungstollen ausgebaut wird. Die geschätzten Gesamtkosten betragen rund 55,9 Mio. CHF. Ziel ist die Entwäs-

serung der Rutschmasse und des anstehenden Felsen unterhalb der Rutschung und damit die Reduktion der Rutschaktivität.

Solche Tiefenentwässerungen haben eine lange Tradition: Schon im 19. Jahrhundert empfahl der Geologe Albert Heim entsprechende Lösungen – nicht nur für Brienz, sondern auch für Orte wie Campo und St. Moritz (vgl. Heim 1932, S. 55–57). Dass diese Ansätze heute im Rahmen moderner Risikoanalysen und Kosten-Nutzen-Abwägungen umgesetzt werden, zeigt den Wert historischen Fachwissens im Licht aktueller Methoden.

Im Jahr 2021 bewegte sich das Dorf mit rund 100 Einwohnerinnen und Einwohnern rund 1,5 m talwärts; ein umfassendes Frühwarnsystem für Bevölkerung und Verkehrswege war bereits installiert.

Untersuchungssperimeter und Gefährdungsszenarien

Der Rutschhang gliedert sich in zwei Bereiche:

- Rutschung Dorf: Das Szenario beschreibt die permanente Rutschung. Es setzt sich aus dem Teilszenario «heute», das die Situation im

Jahr 2021 mit einer Rutschgeschwindigkeit von 1,5 m / Jahr beschreibt, und weiteren drei Teilszenarien zusammen. Diese beschreiben, wie sich die Rutschgeschwindigkeit natürlicherweise bis 2041 verändern könnte: «beschleunigt» (>2,5 m pro Jahr), «langsam» (<0,5 m pro Jahr) und «beruhigt» (<0,1 m pro Jahr).

- Rutschung Berg: Die Rutschung Berg umfasst 2021 fünf Kompartimente mit unterschiedlichen potenziellen Abbruchvolumen (vgl. Abb. 1): «Insel» (1,9 Mio. m³), «Plateau» (4,4 Mio. m³), «West» (0,8 Mio. m³), «Caltgeras» (19 Mio. m³) und «Creplas» (18 Mio. m³). Für jedes Kompartiment haben wir ein Szenario (Abbruchszenario) definiert. Für jedes Szenario betrachteten wir zwei Teilszenarien: Schuttstrom und Sturzstrom. Die vergleichsweise risikoarmen Felsstürze, die das Dorf nicht erreichen, schlossen wir aus. Jedes Teilszenario unterteilten wir in drei bis fünf Unter-Teilszenarien. Insgesamt untersuchten wir 39 Unter-Teilszenarien.

Direkte und indirekte Risiken

Das Risiko drückt aus, mit welcher Wahrscheinlichkeit ein Schaden eintritt. Dabei werden zwei Typen hinsichtlich der kollektiven Risiken unterschieden – direkte und indirekte Risiken:

- Direkte Risiken betreffen unmittelbare Schäden an Personen oder Sachwerten. Die angewendete Methodik basiert auf dem Tool EconoMe¹ des Bundes.
- Indirekte Risiken umfassen Folgekosten wie Strassensperrungen (Umfahrungskosten), Bahensperrungen (Bahnersatzkosten), Betriebsunterbrüche und touristische Einbussen. Ebenfalls analysiert wurden Eventualprojekte, die zum Schutz des Dorfes Brienz / Brinzauls sowie der Infrastrukturen potenziell umzusetzen wären, wenn keine Sanierungsmassnahmen zur Tiefenentwässerung umgesetzt würden. Hierzu zählt z. B. eine potenzielle Umsiedlung des Dorfes oder ein Umfahrungstunnel für den Strassen- und Bahnverkehr. Die indirekten Risiken quantifizieren wir über die Methodik iCost des Bundesamts für Umwelt (BAFU) und projektspezifisch entwickelte Ansätze.

Wir ermittelten das Gesamtrisiko, indem wir alle Risiken über sämtliche Unter-Teilszenarien, Teilszenarien und Szenarien hinweg summieren. Die Sachwerte erhoben wir georeferenziert und unterteilten sie in Objektgruppen: Gebäude, Bauland, Mobilien, Schutzbauten und Messgeräte, Strassen, Bahninfrastruktur, Wasser und Abwasser, Strom unter und auf Terrain, Telekommunikationsinfrastruktur und Nutzflächen. Der verwendete Basiswert für ein Objekt, also der Wiederbeschaffungswert eines Objekts, entspricht mehrheitlich den in EconoMe vorgeschlagenen Werten.²

Die Schadenempfindlichkeit drückt aus, welcher Anteil des Basiswertes bei einem Ereignis als Schaden anfällt. Sie ist objektspezifisch, abhängig von der Prozessintensität und liegt zwischen 0 und 1. Eine Schadenempfindlichkeit von 1 entspricht einem Totalschaden.

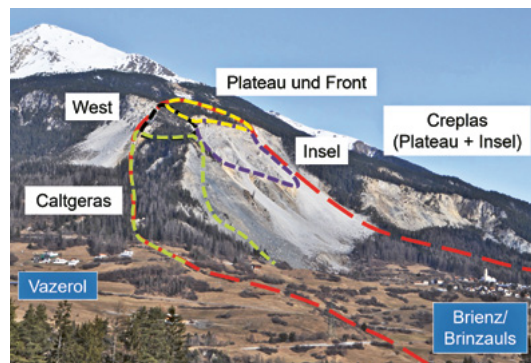


Abb. 1: Die Rutschung Berg mit ihren fünf Kompartimenten. (Quelle: Gemeinde Albula/Alvra; Frühwarndienst Brienz/Brinzauls CSD INGENIEURE AG)

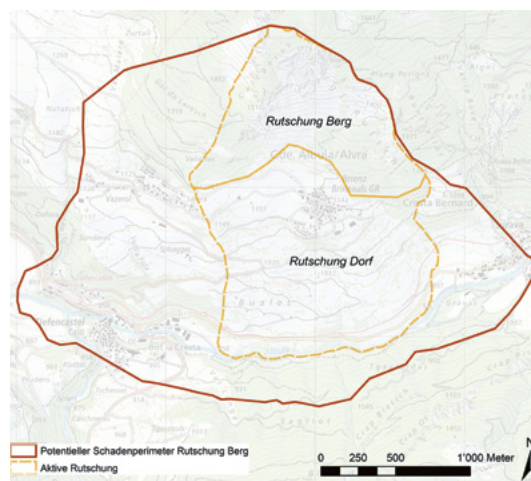


Abb. 2: Der Untersuchungsperimeter entspricht dem maximalen Schadensbereich der Rutschung Berg.

Schadenempfindlichkeiten sind bei Grossrutschungen sehr ortsspezifisch

Für die Wirkungsräume der Szenarien der Rutschung Berg gehen wir mehrheitlich von einer Schadenempfindlichkeit von 1 aus, ausser für einzelne unter Terrain liegende Objekte. Die Schadenempfindlichkeiten für die Rutschung Dorf leiteten wir ortsspezifisch her, anhand rutschbedingter Infrastrukturschäden. Sie liegen deutlich unter den Referenzwerten, die EconoMe für den Prozess der permanenten Rutschung bei starker Prozessintensität vorschlägt. Dies liegt hauptsächlich daran, dass die Rutschung Brienz eine sehr tiefgründige Rutschung ist und damit nicht einer durchschnittlichen permanenten Rutschung in der Schweiz entspricht (vgl. Tabelle 1). Bei Personen wird die Schadenempfindlichkeit als Letalität bezeichnet. Sie beschreibt die Wahrscheinlichkeit, mit der eine Person bei einem Ereignis ums Leben kommt. Bei der Rutschung Berg wird angenommen, dass eine Person stirbt, wenn sie sich während eines Ereignisses im Schadensperimeter aufhält. Im Szenario Sturzstrom wird zusätzlich berücksichtigt, dass mit einer Wahrscheinlichkeit von 1 Prozent eine rechtzeitige Evakuierung misslingt – das heisst, das Frühwarnsystem versagt. Im Szenario Schuttstrom wird hingegen davon ausgegangen, dass stets genügend Zeit für eine erfolgreiche Evakuierung zur Verfügung steht. Auch bei der Rutschung Dorf sind Todesopfer nicht gänzlich auszuschliessen, etwa infolge eines spontanen Gebäudeeinsturzes oder durch sekundäre Ereignisse, die von der permanenten Rutschung aus-

¹ EconoMe erlaubt eine standardisierte Risikoanalyse. Das Tool wurde aus den folgenden zwei Hauptgründen jedoch nicht eingesetzt: Die Anzahl Szenarien je Analyse ist begrenzt und die Häufigkeit von drei Szenarien als fixe Jährlichkeiten vorgegeben. Zudem sind auch die Schadenempfindlichkeiten der Sachwerte sowie die Letalität von Personen nicht anpassbar. Die Verwendung der vorgegebenen Schadenempfindlichkeiten hätte bei der permanenten Rutschung (Rutschung Dorf) Risiken ergeben, die nicht der Situation in Brienz / Brinzauls entsprochen hätten, und die Risiken wären bei Weitem überschätzt worden. Dies hat eine Nachrechnung in EconoMe bestätigt.

² Die grösste Ausnahme bilden die Gebäude. Für sie wurden durchgehend punktscharfe Daten aus dem Gebäude-datensatz der GVG aus dem Jahr 2021 verwendet.

Schadenempfindlichkeit

Objektkategorie	Ortsspezifische Werte Rutschung Brienz, Szenario «heute»	Schweizerische Referenzwerte EconoMe 5.2, permanente Rutschung, Intensität «stark»
Gebäude	0,025	0,8
Gemeindestrassen	0,01	1
Kantonsstrassen	0,007	1
Bahnlinie Einspur	0,04	1
Hochspannungsleitungen	0,1	1
Strom unter Terrain	0,01	1
Abwasser unter Terrain	0,01	1
Wasser unter Terrain	0,05	1

Tabelle 1: Vergleich der ortsspezifisch ermittelten Schadenempfindlichkeiten in Brienz mit den EconoMe-Referenzwerten.

gelöst werden, wie etwa spontane Rutschungen. Für die Monetarisierung eines Menschenlebens gilt der in EconoMe festgelegte Grenzwert von 6,6 Mio. CHF.

Ergebnisse und Erkenntnisse

Das Schadenspotenzial, also der Wert aller im Ereignisfall potenziell betroffenen Objekte, variiert je nach Szenario. Ein Beispiel:

- Rutschung Dorf: knapp 180 Mio. CHF
- Teilszenario «Caltgeras, Sturzstrom» als grösstes potenzielles Ereignis: ca. 600 Mio. CHF³

Das Gesamtrisiko für die Rutschung Berg und die Rutschung Dorf beträgt vor Umsetzung der Sanierungsmassnahmen total 15,9 Mio. CHF pro Jahr. Dabei wird knapp ein Drittel durch die Rutschung Dorf und gut zwei Drittel durch die Szenarien der Rutschung Berg verursacht (vgl. Abb. 5). Knapp die Hälfte des Risikos der Rutschung Berg wird mit 5,3 Mio. CHF pro Jahr durch das Szenario Insel bestimmt, wobei

94% wahrscheinlichkeitsbedingt vom Teilszenario Schuttstrom und lediglich 6% vom Szenario Sturzstrom stammen.⁴

Die direkten Risiken machen gut zwei Drittel des Gesamtrisikos aus, wobei die Personenrisiken bei ca. 0,1 Mio. CHF pro Jahr und die Sachwertrisiken bei rund 11 Mio. CHF pro Jahr liegen. Die indirekten Risiken betragen insgesamt 4,8 Mio. CHF pro Jahr (vgl. Abb. 6).

Die Sanierungsmassnahmen sollen die Rutschung Dorf stark beruhigen (Rutschgeschwindigkeit <0,1 m pro Jahr) und damit auch die Wahrscheinlichkeit deutlich reduzieren, dass sich ein Szenario der Rutschung Berg ereignet. Während die Geologen bei den Szenarien Caltgeras und Creplas eine Reduktion der Wahrscheinlichkeit um den Faktor 10 nach ihrem Wissensstand im Frühling 2023 schätzten, war es bei den Szenarien West, Plateau und Insel ein Faktor im Bereich von 2 bis 3. Daraus resultiert ein Gesamtrisiko nach Umsetzung der Sanierungsmassnahmen von noch rund 7,9 Mio. CHF pro Jahr. Das entspricht einer Risikoreduktion von ca. 8 Mio. CHF pro Jahr.

³ Für die Risikoanalyse werden leicht geringere Werte verwendet, weil bei der Beurteilung der Wirksamkeit von Schutzmassnahmen einerseits die Entwertung von Bauland nur bedingt und andererseits der Wert von Nutzland nicht berücksichtigt werden darf.

⁴ Am 16. Juni 2023 löste sich ein grosser Teil der «Insel» und bewegte sich als schneller Schuttstrom in Richtung Brienz / Brinzauls. Die Brienerstrasse wurde verschüttet, das Dorf jedoch nicht erreicht. Das Ereignis ereignete sich während der Bearbeitung der Risikoanalyse. Sowohl das Ausgangsrisiko als auch das Risiko nach Massnahmen ist massgeblich vom Teilszenario der Insel beeinflusst. Die Risikoreduktion wird hingegen nicht beeinflusst, weil bereits a priori kein Einfluss der Massnahmen auf die Insel angenommen wurde. Damit ist auch der aus der Risikoanalyse hergeleitete Restkostenteiler nicht vom Szenario Insel beeinflusst.



© Marion Caduff

Abb. 3: Situation unmittelbar vor dem Ereignis am 16. Juni 2023.

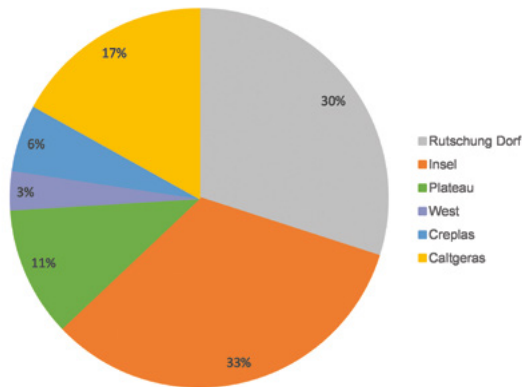


Abb. 5: Die Grafik zeigt das Gesamtrisiko nach Szenarien, vor Umsetzung von Massnahmen.

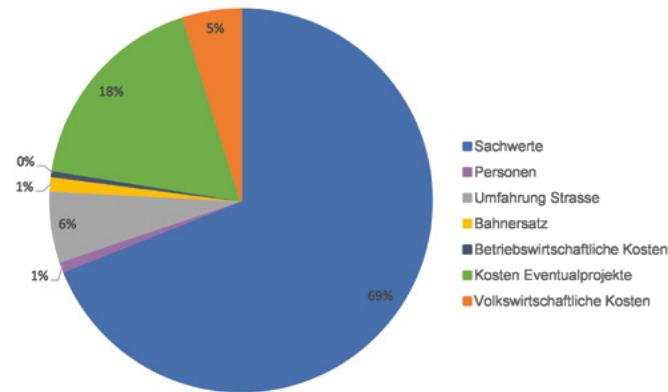


Abb. 6: Die Grafik zeigt das Gesamtrisiko nach Schadens-kategorien, wenn keine Schutzmassnahmen ergriffen werden.

Gemeinde profitiert von Sanierungs-massnahmen

Das Investitionsvolumen des Sondier- und Entwässerungsstollens beträgt circa 55,9 Mio. CHF. Die jährlichen Massnahmenkosten belaufen sich unter Berücksichtigung von Betriebs- und Unterhaltskosten auf rund 2,3 Mio. CHF pro Jahr. Bezogen auf die Situation im Jahr 2021 mit Frühwarnsystem beträgt das Nutzen-Kosten-Verhältnis 3,4. Die Sanierungsmassnahmen sind damit kostenwirksam und als wirtschaftlich zu beurteilen. Am stärksten von den Massnahmen profitiert die Gemeinde Albula / Alvra. Ihr Anteil an der Risikoreduktion beträgt circa 50%. Die übrigen Anteile an der Risikoreduktion tragen der Kanton Graubünden und die Rhätische Bahn (RhB), gefolgt von den übrigen Infrastrukturbetreibern. Die Analyse zeigte, dass das individuelle Todesfallrisiko für eine Bewohnerin oder einen Bewohner von Brienz / Brinzauls – trotz Überwachung und Frühwarndienst – bei rund $1,6 \times 10^{-4}$ pro Jahr liegt. Dies entspricht etwa einem Risiko von 1 zu 6000 pro Jahr und überschreitet damit den Zielwert für akzeptierte individuelle Todesfallrisiken (10^{-5}) deutlich. Durch die Sanierungsmassnahmen würde dieses Risiko mehr als halbiert, den Zielwert jedoch weiterhin nicht vollständig erreichen.

Fazit

Die Risikoanalyse diente als zentrale Entscheidungsgrundlage für die Umsetzung von Sanierungsmassnahmen. Sie zeigte unter anderem, dass die durch die Massnahmen erzielte Risikoreduktion Investitionen in Schutzmassnahmen von bis zu 190 Mio. CHF wirtschaftlich rechtfertigen würde – also deutlich mehr als die tatsächlichen Kosten der Sanierung.

In einer nachfolgenden Sensitivitätsanalyse wurde die Wirtschaftlichkeit der Massnahmen überprüft. Sie erwies sich selbst dann als gegeben, wenn nur die direkten Risiken berücksichtigt werden, das Dorf Brienz umgesiedelt würde oder kein Frühwarnsystem vorhanden wäre – wobei Letzteres auch unter Berücksichtigung der Schutzmassnahmen eine zentrale Rolle spielt. Darüber hinaus unterstützte die Analyse den politischen Prozess: Sie ermöglichte eine faktenbasierte Diskussion über die Aufteilung der



Abb. 4: Situation nach dem Ereignis am 16. Juni 2023.

Restkosten zwischen Gemeinde, Kanton und Infrastrukturbetreibern und schuf eine gemeinsame Grundlage für weitere Schritte.

Die Ergebnisse führten nicht nur zu konkreten Investitionen, sondern stärkten auch das Vertrauen in die Entscheidungsprozesse. Die Kombination aus wissenschaftlicher Tiefe und praxisnaher Umsetzung macht die Analyse zu einem beispielhaften Anwendungsfall des integralen Risikomanagements in der Schweiz. Sie ist auch auf andere Gemeinden mit ähnlichen Herausforderungen übertragbar.

Zwar birgt eine fundierte Risikoanalyse bei solch extremen Naturereignissen stets erhebliche Unsicherheiten, doch trägt sie entscheidend dazu bei, Entscheidungen nachvollziehbar zu treffen. Gemäss dem 105. Bulletin der Gemeinde Albula / Alvra vom 18. Juli 2025 betrug die Rutschgeschwindigkeit des Dorfes im Sommer 2025 nur noch 0,6 m pro Jahr – ein Hinweis auf die Wirksamkeit der Tiefenentwässerung durch den Sondier- und Entwässerungsstollen.

Über die Autoren

Christian Willi

Dipl. Forsting ETH, ist Partner und Mitglied der Geschäftsleitung bei EBP Schweiz AG. Er leitet den Bereich Sicherheit und verfügt über langjährige Erfahrung in Risikoanalysen, integrelem Risikomanagement sowie in internationalen Projekten im Bereich Naturgefahren und Klimarisiken.

Marion Caduff

MSc ETH in Umwelt-naturwissenschaften, ist Projektleiterin bei EBP Schweiz AG. Ihre Arbeitsschwerpunkte liegen im Bereich Naturgefahren, kritische Infrastrukturen und Bevölkerungsschutz.



Auf Basis der Ausführungsbestimmungen zur Eisenbahnverordnung (AB-EBV) zu Artikel 23 wurden bei einer Bahn die Sicherheitsabstände bestehender Parallelführungen von Schiene und Strasse überprüft. Zudem wurde risikobasiert beurteilt, ob Schutzmassnahmen – wie etwa Leitschranken – erforderlich sind. Die AB-EBV erlaubt bei bestehenden Anlagen eine risikobasierte Festlegung von Sicherheitsabständen und allfälligen Schutzmassnahmen anhand einer spezifischen Risikoanalyse.



Im Projekt wurden umfassende Risikoprüfungsmassnahmen zur Betriebssicherheitsgewissung entwickelt. Diese umfassen organisatorische, bauliche, technische und personelle Schutzmassnahmen. Gleiches gilt für ganzheitliches Risikomanagement auf verschiedenen Ebenen der Organisation. Die Strategie begann mit der Planung von Schutzmassnahmen, darunter eine Intrusion Detection und ein strukturiertes Zutritts- und Zutrittskontrollsystem. Systematische Risikomanagementmassnahmen werden fortgesetzt und befinden sich



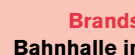
Für ein sensibles Bauvorhaben der zivilen Bundesverwaltung wurde ein «Sicherheitskonzept Baustelle» entwickelt, welches den hohen Anforderungen an die Vertraulichkeit und an kontrollierte Zutritte in die bestehenden Sicherheitszonen gemäss ISG gerecht wurde.



Sicherheit betrifft alle – auch
In den Sicherheitswochen
Schüler von Gymnasien
die Schweiz Krisen meist
selbst dabei spielen kö
erfolgreiche Format so



Am Flughafen Zürich liegen zahlreiche Gebäude auf der Landseite, der Luftseite und im Grenzbereich. Die Evakuierung betriebsrelevanter Zonen ist bundesrechtlich geregelt und darf den Flugbetrieb möglichst nicht beeinträchtigen. Ein SSI-Unternehmen begleitete die zuständigen Stellen und relevanten Partner bei der Entwicklung eines innovativen, ganzheitlichen Evakuierungsplans.



Die Halle für Reinigung und einer Regionalbahn birgt eine Geometrie des Gebäudes. Unter Berücksichtigung der Rahmenbedingungen wurde ein Brandschutz- und Flucht

Kompetent. Produkteneutral. Unabhängig. Für diese Schlagworte stehen die SSI-Mitgliedfirmen in ihren Beratungs- und Ingenieurstätigkeiten im Themenkreis Risikomanagement, Sicherheit und Brandschutz ein. Eine aktuelle Auswahl bereits realisierter Sicherheitsprojekte unterstreicht die umfassenden Fähigkeiten.



Unternehmenssicherheit Geschäftskontinuität für Unternehmen

Ende Richtlinien zur Unter-
kelt inklusive Analyse orga-
chnischer und personeller
zeitig wurde das Verständnis
management auf allen Unter-
Auf Basis der erarbeiteten
ung konkreter Schutzmass-
sionsschutzkonzeption und
nd Zugriffsmanagement. Der
ementprozess wurde gestar-
n in der Umsetzung.



Naturgefahren / Störfall

Gefahrstoffkonzept für einen Laborstandort

Das Gefahrstoffkonzept beschreibt den sachgerechten Umgang mit Gefahrstoffen über den gesamten Prozess hinweg – von der Anlieferung über Lagerung und Nutzung bis zur Entsorgung. Es berücksichtigt die erforderlichen Sicherheitsmassnahmen zur Einhaltung der gesetzlichen Vorgaben, insbesondere im Hinblick auf die Störfallverordnung, die Abwassereinleitung sowie die Luftreinhal tung.



Bevölkerungsschutz Anlagen an Schulen

uch die junge Generation.
lernen Schülerinnen und
und Berufsschulen, wie
ert und welche Rolle sie
ennen. 2025 wurde das
schweizweit ausgerollt.



Maschinensicherheit

Komplettersatz Steuerung und Erneuerung Sicherheitstechnik bei Zweifel Chips & Snacks AG

Fördertechnische Anlagen kommen in die Jahre und müssen teilerneuert werden. Teile der Mechanik bleiben oftmals bestehen, während die Steuerung komplett ersetzt wird und gewisse Gefahrenstellen nach dem Stand der Technik abzusichern sind. Betriebe stellen sich deshalb die Frage, wie dies sicherheitstechnisch und rechtlich konform umgesetzt werden muss. Ein Unternehmen der SSI begleitete die Arbeiten, um eine effiziente und gesetzeskonforme Umsetzung sicherzustellen.



Brandschutz in Landquart

Unterhalt von Rollmaterial
aufgrund der Nutzung und
besondere Herausforde-
rtigung der besonderen
de ein projektspezifisches
wegkonzept umgesetzt.



Arbeitssicherheit & Gesundheitsschutz

Umsetzung ASGS-Konzept am Eurovision Song Contest 2025

Umsetzung des ASGS-Konzepts als Teil des Teams Health and Safety direkt vor Ort. Begleitung während Aufbauten, Proben, Liveshows, Abbau und Durchführung der Safety Trainings mit über 700 Schulungsteilnehmenden vor Ort. Herausforderung: Abstimmung zwischen verschiedenen Abteilungen, internationalen Teams und unterschiedlichen Sicherheitskulturen.

Denk mal Brandschutz!

Wenn Baudenkmäler brennen, hilft oft kein Schuldiger und keine Vorschrift. Historische Gebäude erfordern objektspezifische Lösungen beim Brandschutz. Wie das geht, zeigen aktuelle Beispiele aus der Praxis.

Matthias Wegmann

In der Nacht vom 14. auf den 15. November 2007 brannte das Zunfthaus zur Zimmerleuten in Zürich, ein Gebäude mit über 850-jähriger Geschichte. Der zweite Stock und der Dachstuhl wurden zerstört, ein Feuerwehrmann kam ums Leben, sieben weitere wurden verletzt. Auch das Zunftarchiv ging verloren – ohne dass dokumentiert war, was sich darin befand.

Der Brand wurde durch einen Glimmbrand ausgelöst, verursacht durch ein defektes Kabel in der Zwischendecke. Die anschliessende Strafuntersuchung ergab: Niemanden trifft eine Schuld. Die elektrischen Anlagen waren vorschriftsgemäss gewartet und geprüft, die Brandmelder funktionierten, und auch die Brandbekämpfung entsprach den geltenden Vorschriften. Alles war korrekt bewilligt, alles war normgerecht – und doch kam ein Mensch ums Leben und ein bedeutendes Baudenkmal wurde zerstört.

Weitere Brandereignisse an Baudenkmalern in Paris, Kopenhagen oder Córdoba zeigen: Das Zunfthaus war kein tragischer Einzelfall. Immer wieder geraten bedeutende Kulturgüter durch technische Defekte, Umbauten oder menschliches Versagen in Brand. Oft spielt der Irrglaube, Normkonformität bedeute Sicherheit, eine Rolle. Das Problem ist strukturell: Baudenkmäler werden mit Standards behandelt, die für Zweckbauten gedacht sind. Doch historische Gebäude erfordern ein anderes Denken. Wer sie schützen will – baulich, kulturell und menschlich –, muss bereit sein, über den Standard hinauszudenken.

Zielkonflikte als Chance zur Zusammenarbeit nutzen

Wie dies gehen kann, zeigen einige Projekte aus der Praxis, die wir als Brandschutzingenieur:innen bei Basler & Hofmann begleiten durften. Ihnen gemeinsam ist, dass am Anfang oft Zielkonflikte stehen. Der klassische Fall: Bauherrschaften

möchten ihre Gebäude möglichst frei nutzen. Dieses berechnete Interesse kollidiert dann mit öffentlich-rechtlichen Vorgaben: Der Brandschutz schützt in erster Linie Menschen und Versicherungswerte, die Denkmalpflege hingegen verlangt den möglichst unveränderten Erhalt der Bausubstanz.

Kein Wunder, empfinden Bauherrschaften behördliche Vorgaben oft als Einschränkung. Aber auch zwischen den Behörden kann es zu Konflikten kommen, etwa wenn brandschutztechnische Eingriffe mit denkmalpflegerischen Anforderungen kollidieren. Verständigen sich die Beteiligten nicht auf gemeinsame Ziele, sondern verteidigen bloss ihre Zuständigkeiten, führt dies zu Blockaden.

Brandschutzplanende stecken oft in einem Dilemma. Bauherrschaften beauftragen sie gerne damit, behördliche Auflagen zu minimieren. Der eigentliche Brandschutz – und der Denkmalschutz – geraten aus dem Blickfeld.

Das muss nicht sein. Wir haben einen Denkansatz entwickelt, der uns aus diesem Dilemma befreit. Am Anfang steht das genaue Verständnis der Zielkonflikte, ihrer Ursachen und Auswirkungen. Daraus entstehen Strategien, die das Objekt und seine Nutzung ganzheitlich betrachten, statt an Standardlösungen festzuhalten. Voraussetzung ist, dass alle Beteiligten bereit sind, über ihre Zuständigkeiten hinauszudenken und zusammenzuarbeiten. Die folgenden sechs Beispiele zeigen, dass dieser Ansatz funktioniert.

Grossmünster, Zürich:

Das Brandrisiko im Dach

Das Grossmünster ist ein Wahrzeichen der Stadt Zürich. Es ist ein Bau mit vielschichtiger Geschichte und vielfältigen Nutzungen. Der Bau romanischen Ursprungs mit neugotischen Turmhelmen war ein Ort der Reformation und ist heute noch Gotteshaus, Veranstaltungsort und touristisches Ziel. Seit 2016 laufen die Vorbereitungen für eine umfassende Instandsetzung, mit Fokus auf den Betrieb.

© Basler & Hofmann



Grossmünster Zürich: Brandgefahr im Dachstuhl mit 800-jährigen Eichenbalken – eine Situation, vergleichbar mit Notre-Dame de Paris vor dem Brand.



Schloss Hegi: Ob die Löscheimer schon im Einsatz waren? Eine alte Aussenwand wird zur neuen Brandmauer.

Beim Brandschutz lag der Fokus der Behörden zunächst auf den Fluchtwegen: Bei Grossanlässen mit bis zu 1500 Personen schien die Infrastruktur ungenügend. Doch unsere Analyse zeigte: Da der Raum sehr hoch ist, bildet sich die Rauchschiicht weit über den Emporen, sodass Personen genügend Zeit zur Flucht haben – ein Vorteil, den die Normen kaum abbilden. In Absprache mit der Denkmalpflege und Behörden fanden wir die objektspezifische Lösung: Bei Grossanlässen kommen temporär beleuchtete Fluchtwegtafeln und geschulte Fluchthelfer:innen zum Einsatz, um die Entfluchtung sicherzustellen. Das grösste Brandrisiko erkannten wir aber erst bei der Begehung des Dachstuhls und der Türme: 800-jährige Eichenbalken, hölzerne Turmtreppen sowie veraltete Elektroinstallationen. Unsere Empfehlung, hier den Einsatz einer Löschanlage zu prüfen, wurde zunächst abgelehnt – zu teuer, nicht normgerecht, im Standardkonzept nicht vorgesehen. Doch der Brand von Notre-Dame 2019 brachte die Wende. Der Vorschlag wurde angenommen. Heute wird eine automatische Löschanlage projektiert.

Kongresshaus und Tonhalle Zürich:

Die Zusammenarbeit mit Akustikern

Das denkmalgeschützte Ensemble aus Kongresshaus und Tonhalle umfasst zwei ineinandergefügte Baukörper unterschiedlicher Epochen. Die umfassende Begehung von den Dachgeschossen bis zu den Katakomben zeigte: Substanz und Struktur entsprechen kaum heutigen Standards. Statt einfach die Standards durchzusetzen, suchten wir nach Lösungen, die der Besonderheit des Gebäudes und seiner Nutzung gerecht werden (vgl. auch SSI-Magazin 2021).

Eine Herausforderung lag im Zusammenspiel von Akustik und Sicherheit. In einem Konzertsaal sollte die Technik nicht sichtbar sein. Wir haben den Brandschutz deshalb in Zusammenarbeit mit Akustikfachleuten entwickelt. Die Massnahmen für den Brandschutz wurden unsichtbar in die Architektur integriert. Dass die Entrauchung und die Entfluchtung funktionieren, konnten wir computergestützt nachweisen und mit Heissrauchtests validieren. Kurzum: Statt teure Standardlösungen aufwendig umzusetzen, haben wir ebenso sichere Lösungen gefunden, die kaum ins Denkmal eingreifen – und zugleich dazu beitragen, dass die berühmte Akustik der Tonhalle heute zu den besten der Welt zählt.

Villa Merian in Münchenstein:

Der einseitige Schutz nur für Personen

Die Villa Merian, ein barockes Landschlösschen von 1711, war ein Hochzeitsgeschenk an Christoph und Margaretha Merian. Später ging es in den Besitz der gleichnamigen Stiftung über. Heute ist die Villa Merian ein bedeutendes Kulturgut des Kantons Basel-Landschaft.

Im Jahr 2021 stand eine Renovation an. Wir wurden vom Architekten beigezogen, da erkannt wurde, dass die eleganten Eichentüren historisch wertvoll sind. Es lag schon ein bewilligtes Brandschutzkonzept vor. Es stellte den Personenschutz sicher, doch das Denkmal schützte es nicht. Die Eichentüren wären durch moderne Brandschutz-



© Marc Niedermann Photography

türen ersetzt worden. Wir entwickelten ein alternatives Konzept, das die Interessen des Brandschutzes, der Architektur und des Denkmalschutzes unter einen Hut brachte. Die Lösung bestand in einer Wassernebellöschanlage, die diskret und kaum sichtbar ins Denkmal integriert wurde. Ein vergleichender Nachweis zeigte, dass der Brandschutz mit dieser Lösung sogar besser wurde als im vorherigen Konzept. Die Bauherrschaft erkannte den Wert dieser doppelten Schutzlösung und setzte sich engagiert dafür ein, sowohl den Personenschutz als auch den Denkmalschutz zu gewährleisten.

Schloss Hegi: Die vorhandene Chance

Das Schloss Hegi in Winterthur ist ein spätgotischer Herrnsitz, dessen ältester Teil, der Turm, aus dem 13. Jahrhundert stammt. Die Anlage wurde über Jahrhunderte erweitert und dient heute der Öffentlichkeit, etwa für Vereinsanlässe oder Führungen.

Bei der betrieblichen Instandsetzung zeigte sich, dass zwischen verschiedenen Gebäudeteilen Öffnungen bestehen, durch die sich ein Brand ungehindert ausbreiten könnte. Die Untersuchung zeigte jedoch, dass einige dieser Trennwände frühere Aussenwände mit hohem Feuerwiderstand sind. Mit gezielten Massnahmen an Türen und Dachübergängen liessen sich aus diesen historischen Aussenwänden wirksame Brandabschnitte bilden.

Der Effekt: Minimale Eingriffe brachten einen grossen Sicherheitsgewinn. Der entscheidende Schritt war auch hier, das bestehende Objekt richtig zu lesen und sinnvoll zu ergänzen.

Munot, Schaffhausen: Das eigentliche Risiko

Der Munot, die kreisrunde Stadtfestung aus dem 16. Jahrhundert, ist das Wahrzeichen Schaffhausens. Die Dachzinne dient oft als Austragungsort grosser, traditionsreicher Anlässe. Bisweilen sind über 1000 Personen auf der Zinne. Erreichbar ist sie nur über die sogenannte Reiterschnecke, einen steilen, engen Aufgang, gepflastert mit Kalkbollensteinen.

Die Reiterschnecke entspricht nicht den Fluchtweg Anforderungen der Brandschutzvorschriften, wie ein Gutachten feststellte. Die Gutachter verlangten daher eine Nutzungsbegrenzung auf 500 Personen – ein Schock für den Munotverein und ganz Schaffhausen. Musste ein zusätzlicher

Villa Merian, Münchenstein:
Wo verbirgt sich wohl die Wassernebellöschanlage? Sie ist kaum sichtbar, sichert aber nicht nur Personen, sondern bewahrt zugleich das historische Denkmal.

Fluchtturm gebaut werden? Diese Frage wurde ernsthaft diskutiert. Es wäre ein massiver Eingriff gewesen.

Wir führten dann gemeinsam mit SSI-Kollegen von EBP eine Analyse durch. Sie zeigte: Das eigentliche Problem ist nicht das Brandrisiko, denn der Munot besteht aus Stein. Viel gefährlicher ist ein mögliches Gedränge beim engen Zugang zur Reiterschnecke. Statt baulich einzugreifen, empfahlen wir organisatorische Massnahmen wie Wellenbrecher, Rutschhemmung und Sicherheitspersonal. So bleibt die Nutzung erhalten – und das Denkmal unversehrt.

Ritterhaus Bubikon:

Die unterschätzte Umbauphase

Für das Ritterhaus Bubikon, ein 800-jähriges Baudenkmal und ehemaliger Verwaltungssitz des Johanniterordens, wurde im Hinblick auf eine Renovation ein Brandschutzkonzept erarbeitet. Wir wurden für eine Zweitmeinung beigezogen. Das bestehende Konzept war formal in Ordnung, die Pläne schlüssig.

Doch bei unserer Begehung des Dachstuhls zeigte sich, dass dort Kostüme, Mobiliar, Kulissen und andere erhebliche Brandlasten direkt neben veralteten, teils provisorischen Elektroinstallationen zwischengelagert wurden. Das war im Hinblick auf die Bauarbeiten brandgefährlich. Was auch niemand mehr im Blick hatte: Bereits 1940 war der Dachstuhl während eines Umbaus abgebrannt. Das bestehende Konzept war also für den Endzustand stimmig, blendete aber den gefährlichsten Zeitraum aus. Gerade in Umbauphasen ist das Risiko am höchsten, dass es zu einem Brand kommt, denn die Schutzvorkehrungen greifen noch nicht. Unsere Massnahme war so banal wie günstig: Das Zwischenlager räumen, Brandlasten entfernen und die Elektroinstallationen frühzeitig erneuern.

Was wir aus den Beispielen lernen

Die Projektbeispiele zeigen in ihrer Vielfalt ein gemeinsames Muster: Brandschutz in Baudenkmalen ist keine Frage der Normerfüllung, sondern eine Frage des Verstehens.

Ob Kirche, Konzertsaal, Schlösschen oder Festung: Die Risiken liegen oft dort, wo Vorschriften sie nicht erfassen. In der Tonhalle war es der Zielkonflikt zwischen Akustik und Sicherheit, im Grossmünster das Brandrisiko im Dach, das erst nach Notre-Dame politisch akzeptiert wurde. In der Villa Merian wurde deutlich, dass auch bewilligte Konzepte Kulturgut gefährden können. Der Munot zeigt, dass Gedränge gefährlicher sein kann als Feuer. Schloss Hegi verdeutlicht, dass manchmal keine neue Technik nötig ist, sondern ein genauer Blick auf das Vorhandene. Und Bubikon lehrt, dass das höchste Risiko oft in der Umbauphase liegt.

Wirksamer Brandschutz entsteht nicht durch das Anwenden von Standards, sondern durch das Denken in Zusammenhängen. Durch Begehen, Beobachten, Hinterfragen. Und durch das Gespräch mit Architekt:innen, Betreiber:innen, Behörden und Denkmalpflege. In diesem Zusammenspiel entstehen Lösungen, die sowohl Menschen als auch Kulturgüter schützen. Erst

Leitsätze für den Brandschutz in Baudenkmalen

- Jedes Baudenkmal ist ein Unikat**
Wir wollen Brandschutz objektspezifisch denken – nicht schematisch nach Norm.
- Frühe Einbindung aller Akteure**
Wir wollen gute Lösungen im Dialog entwickeln – mit Denkmalpflege, Behörden und Nutzungsträger:innen.
- Konsenslösungen anstreben**
Wir sehen Zielkonflikte nicht als Hindernis, sondern als Ausgangspunkt für tragfähige Kompromisse.
- Brandschutz im Sinne des Baudenkmals denken**
Wir wollen nicht nur Menschen und Substanz schützen, sondern auch Nutzung, Bedeutung und Charakter erhalten.
- Risikobasierte Fluchtwegplanung zulassen**
Wir wollen Normvorgaben als Rahmen nutzen – und die tatsächlichen Gefahren differenziert bewerten.
- Brandschutz auch für die Bauphase planen**
Wir wollen Umbauten und temporäre Zustände bewusst als Hochrisikophasen in den Schutzkonzepten absichern.
- Zuerst Zündquellen und Brandlasten minimieren**
Wir wollen gefährliche brennbare Lager vor Baubeginn räumen und adressieren Elektroinstallationen gleich zu Beginn.
- Prävention im Betrieb stärken**
Wir wollen Technik durch geübte Alarmierung, Intervention und Evakuierung wirksam ergänzen.

dadurch wird sichtbar, was viele Brände nach wie vor lehren: Ein bewilligtes Konzept ist kein Garant für Sicherheit. Zudem beginnt Verantwortung dort, wo Vorschriften enden. Dass dies ein strukturelles Problem ist, zeigen verschiedene Brandereignisse der jüngeren Vergangenheit.

Für einen Paradigmenwechsel

Was es braucht, ist ein Paradigmenwechsel. Wir können mehr erreichen, wenn wir über den reinen Vorschriftenvollzug hinausgehen und mit einer gesamtheitlichen Analyse die wirklichen Risiken erkennen. Wir gewinnen, wenn wir nicht in Zuständigkeiten verharren und stattdessen gemeinsam Verantwortung für Verbesserungen übernehmen. Zielkonflikte können dabei zu spannenden Startpunkten für kreative Zusammenarbeit werden. Um es in wenigen Worten zu sagen: Kommen wir

- weg vom Regelvollzug, hin zur Risikoorientierung;
- weg von der Zuständigkeitslogik, hin zur Verantwortungskultur;
- weg vom Zielkonflikt, hin zur Zusammenarbeit.

Sicherheit entsteht nicht allein durch Vorschriften. Sie entsteht durch das gemeinsame Verstehen des Objekts, seiner Risiken und seiner Bedeutung. Nur mit einer objektspezifischen, ganzheitlichen Strategie wird es uns gelingen, das zu bewahren, was uns als Gesellschaft am Herzen liegt.

In diesem Sinn haben wir acht Leitsätze entwickelt (siehe Box). Die Orientierung an diesen Leitsätzen ist für Brandschutzingenieur:innen eine Chance, den Brandschutz in Baudenkmalen neu zu denken und zu planen.

Über den Autor Matthias Wegmann

Dr. sc. ETH, ist bei Basler & Hofmann leitender Experte für Risiko und Sicherheit. Der promovierte Glaziologe zeigt seit über einem Jahrzehnt auch im Brandschutz neue Wege auf und berät heute in Sicherheitsfragen, die über den Standard hinausgehen.

Ein «sicherer» Schritt Richtung Bahnautomation

Als erstes Bahnunternehmen der Schweiz setzt die Schweizerische Südostbahn (SOB) seit dem 1. Juli 2025 ein aktives Fahrassistenzsystem (AFAS) auf dem Normalspurnetz zwischen Biberbrugg und Arth-Goldau (S31) in einem einjährigen Praxistest ein. Damit das Bundesamt für Verkehr (BAV) diesem Schritt Richtung Bahnautomation grünes Licht geben konnte, musste der sichere Betrieb mit verschiedenen Nachweisen aufgezeigt werden.

Mathias Kost und Peter Gerber

Das Fahrassistenzsystem, das einem einjährigen Praxistest unterzogen wird, unterstützt das Lokpersonal bei Routinetätigkeiten wie Temporegelung, Beschleunigung, Bremsung und präzise Anhalten. Es handelt sich um ein teilautomatisiertes System – vergleichbar mit solchen im Automobilbereich. Die Verantwortung obliegt jederzeit dem Menschen.

Die AFAS-Technologie wurde von der SOB in Zusammenarbeit mit der Industrie über Jahre entwickelt und intensiv getestet. Sie erfüllt alle sicherheitsrelevanten Anforderungen und ist auf den Einsatz im Alltag ausgelegt. Ziel des Praxistests ist es, Erkenntnisse darüber zu gewinnen, wie Automatisierung den Bahnverkehr effizienter und zukunftsfähiger macht.

Die Auswertung des Versuchsbetriebes auf der Linie S31 der Südostbahn erfolgt laufend bis Ende 2026. Die Ergebnisse werden der gesamten Bahnbranche zur Verfügung gestellt, um die Weiterentwicklung automatisierter Systeme im Bahnverkehr voranzutreiben.

Gesamtrisikobetrachtung zum Nachweis der Sicherheit

Die Zustimmung zum Einsatz der Fahrassistenz im Linienbetrieb erteilte das BAV unter anderem auf Basis einer Gesamtrisikobetrachtung. Im Rahmen eines Sicherheitsnachweises konnten

wir aufzeigen, dass der AFAS-Versuchsbetrieb mindestens das gleiche Sicherheitsniveau erreicht wie der konventionelle Betrieb.

Die Risikobewertung folgte einem standardisierten Verfahren, das die Systemdefinition, die Identifikation und Einstufung potenzieller Gefährdungen, die Risikoabschätzung sowie die -evaluierung umfasste. Abschliessend wurde der Nachweis erbracht, dass das geforderte Sicherheitsniveau erfüllt ist.

Systemdefinition der Teststrecke

Der Versuchsbetrieb erstreckt sich über eine Länge von rund 25 km, vom Bahnhof Biberbrugg bis zu den eidg. Magazinen bei Arth-Goldau. Zwischen diesen Endpunkten liegen fünf Bahnhöfe beziehungsweise Haltestellen mit planmässigen kommerziellen Halten. Die Strecke ist überwiegend einspurig; mehrspurige Abschnitte existieren lediglich in einzelnen Bahnhofsbereichen.

Entlang der Strecke befinden sich insgesamt 30 Bahnübergänge mit unterschiedlichen Sicherungsarten. Ein grosser Teil ist mit Hauptsignalen oder Zugbeeinflussungspunkten gesichert, während einige Bahnübergänge ausschliesslich von berechtigten Personen begangen werden dürfen und daher keine technischen Sicherungen aufweisen.

Die Sicherheit im Bahnbetrieb wird grundsätzlich durch Zugbeeinflussungssysteme gewähr-

Über die Autoren

Mathias Kost

Dipl. Kulturingenieur ETH, Bereichsleiter Sicherheit und Brandschutz bei der Emch+Berger AG Bern. Tätig im Bereich Sicherheit von Infrastrukturen, stationären Anlagen und Transportwegen. Im beschriebenen Projekt brachte er neben seiner Erfahrung in der Sicherheitsberatung komplexer Projekte auch seine Kenntnisse in der Nachweisführung von Entwicklungsprojekten im Bereich Automatic Train Operation (ATO) ein.

Peter Gerber

Dr. phil. nat., Physiker, hat langjährige nationale und internationale Erfahrung bei der Erarbeitung von Risiko- und Sicherheitsanalysen für Bahn, Strasse und stationäre Anlagen bei der Emch+Berger AG Bern. Er ist insbesondere auch als Gutachter und Sicherheitsexperte bei innovativen Projekten für Behörden und Transport- und Infrastrukturbetriebe tätig.



FLIRT 3 der SOB unterwegs in Steinerberg zwischen Biberbrugg und Arth-Goldau.

leistet. Diese Systeme überwachen die Einhaltung von Signalen und Geschwindigkeiten und greifen bei Gefahr automatisch in die Zugsteuerung ein – etwa durch eine selbsttätige Bremsung, wenn ein Halt zeigendes Signal überfahren oder eine zulässige Geschwindigkeit überschritten wird. Das Streckennetz der SOB ist mit dem Zugbeeinflussungssystem ETCS Level 1 Limited Supervision (ETCS L1 LS) ausgerüstet.

Gefährdungsermittlung und -einstufung

Gefährdungen in einem Bahnsystem ergeben sich in der Regel aus Ausfällen oder Störungen technischer Systeme. Menschliche Fehler führen im Normalbetrieb nicht unmittelbar zu einer Gefährdung, da das Zugbeeinflussungssystem solche Situationen erkennt und die Zugfahrt in einen sicheren Zustand überführt.

Die Aufgabe des Lokpersonals besteht darin, die Technik zu überwachen und bei Ausfällen oder Fehlfunktionen einzugreifen. Ein Risiko entsteht meist erst dann, wenn sowohl ein technisches System versagt als auch die menschliche Rückfallebene nicht wirksam wird.

Ausgangspunkt der Gesamtrisikobetrachtung war die Herleitung möglicher Ausfälle und Fehlerquellen des Fahrassistentensystems. Dazu zählen beispielsweise falsch übermittelte Sollwerte der Zielgeschwindigkeit vom Fahrzeugrechner an das Fahrzeugleitgerät oder Fälle, in denen AFAS den automatischen Bremsvorgang nicht auslöst. Werden solche Fehler nicht erkannt, kann dies zur Folge haben, dass die Fahrassistent beispielsweise die Geschwindigkeit vor einer Weiche nicht rechtzeitig reduziert oder ein Zug mit überhöhter Geschwindigkeit auf ein Halt zeigendes Signal zufährt. In diesen Fällen bietet das ETCS L1 LS jedoch eine zusätzliche zuverlässige Rückfallebene. Erst wenn weder das Lokpersonal noch das Zugbeeinflussungssystem die Abwei-



Übersicht über die Strecke des Versuchsbetriebs.

chung erkennt, kann es in sehr seltenen Fällen zu einem Ereignis kommen.

Risikoabschätzung und -evaluierung

Methodik: Die Analyse basiert auf einer Ereignisbaumanalyse, wobei im Rahmen der Berechnungen ausschliesslich Worst-Case-Szenarien detailliert betrachtet werden. Die für jedes Szenario ermittelten Eintretenswahrscheinlichkeiten werden auf die Anzahl potenzieller Gefahrenpunkte im Streckennetz hochgerechnet. Daraus ergibt sich eine Gesamtrisikobetrachtung für die analysierte Strecke.

Zur Bewertung der Personenrisiken wird das monetarisierte kollektive Risiko (MKR) in Schweizer Franken ausgewiesen. Die Berechnung erfolgt ohne Berücksichtigung eines Aversionsfaktors und mit Grenzkosten von 6,5 Mio. CHF pro Todesopfer.

Ermittlung der Eintretenswahrscheinlichkeiten und des Ausmasses: Für die Gefährdungsraten für Funktionen mit einem SIL-Level werden die

Mit Zugbeeinflussungspunkt gesicherter Bahnübergang Höli 1.



Werte gemäss SN EN 50129 zugrunde gelegt. AFAS ist ein System ohne direkte Sicherheitsverantwortung. Daher wurde für die AFAS-Funktionen eine sehr konservative Gefährdungsrate von $1.0E-03$ pro Stunde und Funktion verwendet (Faktor 100 höher als Minimalwert für Basisintegrität). Für die Zugbeeinflussung durch ETCS L1 LS, d.h. für die Beachtung von Signalen, Beachtung von Maximalgeschwindigkeiten oder zur Einwirkung auf die Fahrzeuge, kann von einer Gefährdungsrate mit Basisintegrität von $1.0E-05$ pro Stunde und Funktion ausgegangen werden. Funktionen des Stellwerks (Weichen, Signale) verfügen hingegen über ein wohldefiniertes Sicherheitsintegritätslevel (SIL) 4.

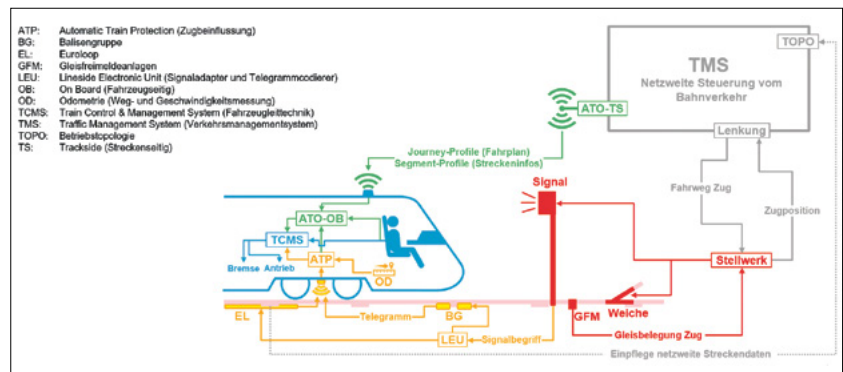
Die Werte, die in der Risikobeurteilung für die menschlichen Fehlerraten eingesetzt werden, basieren auf anerkannten Fehlerraten. Als Basiswert für menschliche Fehlhandlungen von ausgebildeten Fachleuten wird üblicherweise der Wert von $1 / 1000$ ($1.0E-03$) verwendet. Diese Fehlerrate ergibt sich, wenn eine eindeutige Situation vorliegt, die Entscheidungsgrundlagen eindeutig und klar sind und die Situation weder unter- noch überfordernd ist. Beispiel ist das Beachten von Signalen mit einem einfachen Fahrbegriff (rot / grün) oder das Beachten von signalisierten Geschwindigkeitsbeschränkungen bei vorhandener Streckenkenntnis. In Situationen, in denen der Lokführer bereits einen Fehler begangen hat, ist die Wahrscheinlichkeit für weitere Fehlhandlungen erhöht. Daher werden die menschlichen Fehlerraten in diesen Fällen konservativ mit einem erhöhten Wert angesetzt. Eine Erhöhung der menschlichen Fehlerrate erfolgt auch, wenn die Zeit für ein Erkennen der Situation kurz ist, wie beispielsweise ein Hindernis, das plötzlich auf dem Gleis auftaucht.

Je nach Szenario ist es notwendig, spezifische Reduktionsfaktoren im Sinne einer «Folgevermeidung» zu berücksichtigen, die die Eintretenshäufigkeit eines Ereignisses mit definiertem Ausmass verringern. So wird beispielsweise beim Durchrutschen über den Halteort in den meisten Fällen die Weiche aufgeschnitten und das Einfahrtsignal geschlossen. Ebenso kann sich eine Rangierfahrt hinter einem geschlossenen Signal zum betrachteten Zeitpunkt nicht im Gefahrenbereich eines durchrutschenden Zuges befinden.

AFAS ermöglicht einen sicheren Betrieb

Es zeigt sich, dass mit der Fahrassistenz ein System vorhanden ist, welches grundsätzlich eine gute Zuverlässigkeit aufweist (Fehlerrate mit Basisintegrität) und gleichzeitig dem Lokführer (LF) die Möglichkeit gibt, bei kritischen Fehlern einzugreifen. Es wurde deutlich, dass allfällige kritische Fehler von AFAS rechtzeitig erkannt werden und manuell in den Zuglauf eingegriffen werden kann.

Die allgemeine Aufmerksamkeit des LF nach ausen ist unter AFAS in der Regel höher als im konventionellen Betrieb. Dies liegt daran, dass seine Hauptaufgaben in der Überwachung der Geschwindigkeit, dem Fahrgastwechsel und der Freigabe der Türen bestehen, er jedoch die Geschwindigkeit nicht selbst regulieren muss. Dadurch hat er mehr Spielraum, den Streckenverlauf im Blick zu behalten.



Funktionsweise von AFAS.



Blick in den Führerstand.

Die Analysen zeigen, dass die Risiken während des Versuchsbetriebs unter Berücksichtigung der Anwendungsbedingungen und Massnahmen vergleichsweise gering sind. Zudem weist der Betrieb mit AFAS in Summe der untersuchten Szenarien ein niedrigeres Risikoniveau auf im Vergleich zum konventionellen Betrieb. Der Nachweis eines mindestens gleichen Grades an Sicherheit konnte für den kommerziellen Versuchsbetrieb AFAS erbracht werden und es konnte gezeigt werden, dass dabei eine Basisintegrität für AFAS ausreichend ist.

Praxistest: Erste Erkenntnisse

Zwischen der Aufnahme des Versuchsbetriebs Anfang Juli und Mitte Oktober 2025 wurde AFAS auf 330 Fahrten eingesetzt und damit über 5700km gefahren. Das System arbeitet sicher, stabil und zuverlässig. Die Fahrassistenz wird im Durchschnitt mehr als dreimal täglich eingesetzt, wobei ein sehr grosser Teil der möglichen AFAS-Fahrten (Einsatz von entsprechend ausgerüsteten Fahrzeugen, kombiniert mit ebensolch geschultem Lokpersonal) tatsächlich unter AFAS geführt werden. Das Zugbeeinflussungssystem ETCS L1 LS hat als Überwachungssystem im genannten Zeitraum niemals eingegriffen.

AFAS ist ein erster Meilenstein in der Weiterentwicklung des Bahnbetriebs und ein Schritt in das Zukunftsthema einer sicheren Bahnautomation.

Mit Sicherheit gut beraten.

AFRY Schweiz AG · www.afry.ch

Amstein + Walthert Sicherheit AG · www.amstein-walthert.ch

Basler & Hofmann AG · www.baslerhofmann.ch

BDS Security Design AG · www.bds-bern.ch

EBP Schweiz AG · www.ebp.ch

Emch+Berger Gruppe · www.emchberger.ch

Lombardi SA, Ingegneri Consulenti · www.lombardi.ch

MARQUART Sicherheit + Security AG · www.maq.ch

Neosys AG, RisCare · www.neosys.ch

NSBIV AG · www.nsbiv.ch

RM Risk Management AG · www.rmrisk.ch

SBIS AG · www.sbis.ch

Siplan AG · www.siplan.ch

SRB Assekuranz Broker AG · www.srb.ch

suisseplan Ingenieure AG · www.suisseplan.ch

Swiss Safety Center AG · www.safetycenter.ch

TÜV SÜD Schweiz AG · www.tuvsud.com/ch

WSP Ingenieure und Berater AG · www.wsp.com



Schweizerische Vereinigung unabhängiger
Sicherheitsingenieure und -berater