

Klimawandel und Naturgewalten in den Alpen: Schutz und Krisenmanagement der Schweizer Bahnen

Steigende Temperaturen, intensivere Niederschläge, stärkere Winde – die häufiger werdenden Wetterkapriolen machen den Bahnen im Gebirge zu schaffen. Die Unternehmen stehen mitten im Wandel von der Gefahrenabwehr durch bauliche Massnahmen hin zum Integralen Risikomanagement von Naturgefahren (IRM).

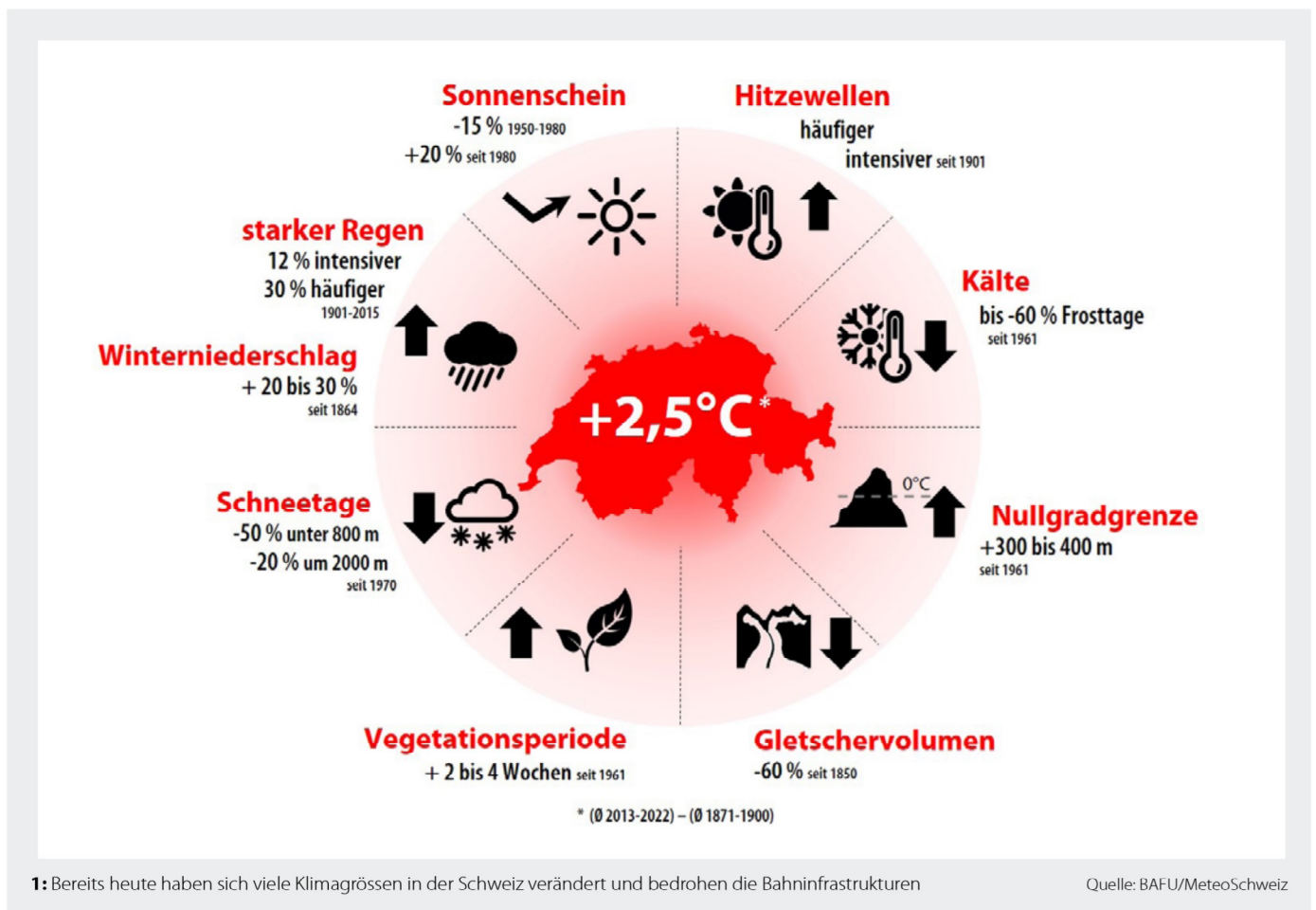


Über den Stand der Klimaentwicklungen orientierte zum Auftakt einer zweitägigen Fachexkursion der «Bahnjournalisten Schweiz – Medienschaffende des öffentlichen Verkehrs» die Klimatologin Regula Mülchi. Die Fahrt im September 2023 führte ab Spiez im Berner Oberland durch den

Lötschberg-Scheiteltunnel ins Wallis und in die Gebirgskantone Uri und Graubünden, also quer durch die Alpen bis nach Chur. Mülchi ist promovierte Klimawissenschaftlerin und arbeitet beim Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie MeteoSchweiz am Flughafen Zürich. Als wissenschaftliche

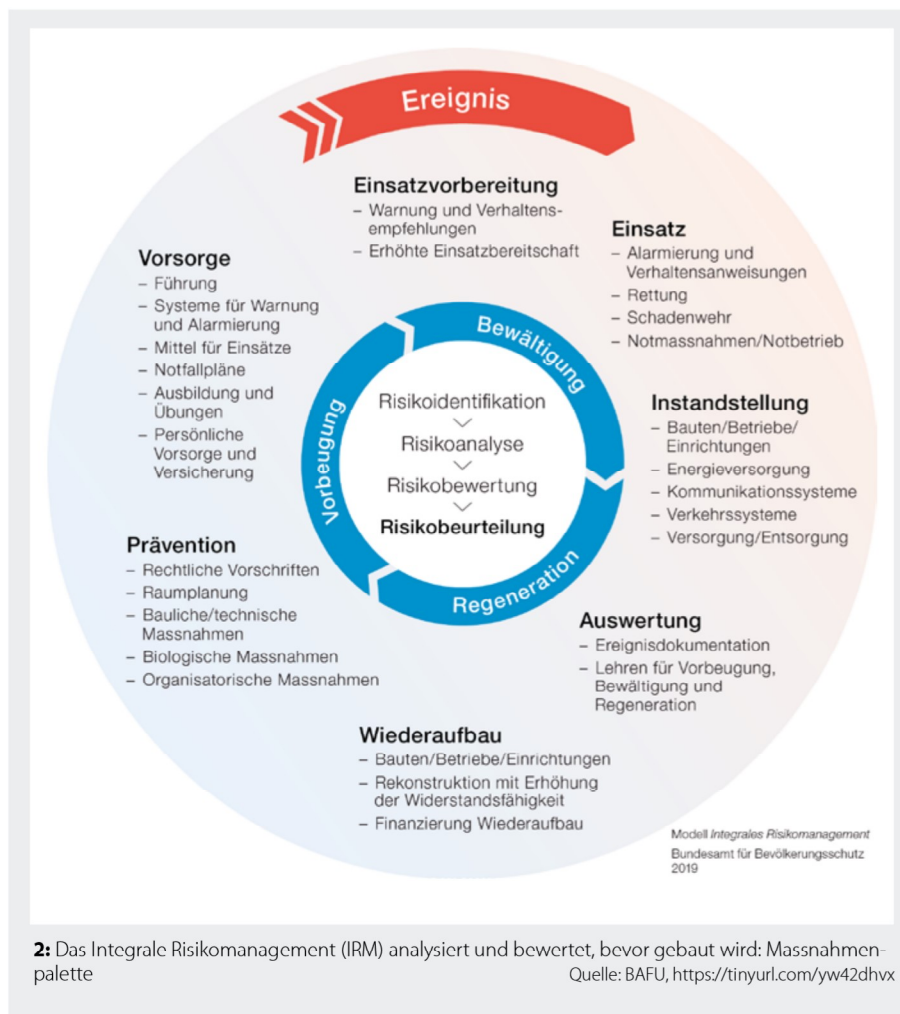


Kurt Metz
Diplom-Politologe der Universität Genf, Kommunikationsberater und Publizist SFJ-BR für Mobilität und Logistik
mail@kurtmetz.ch



1: Bereits heute haben sich viele Klimagrößen in der Schweiz verändert und bedrohen die Bahninfrastrukturen

Quelle: BAFU/MeteoSchweiz



IRM Naturgefahren ist eine gesellschaftliche Herausforderung und damit eine Verbundaufgabe. Das IRM betrachtet also alle Aspekte – technische, biologische, organisatorische/temporäre, raum-planerische – und der Unterhaltsaufwand muss gleichwertig berücksichtigt werden. Basis bei der Umsetzung des IRM bezüglich der Naturgefahren sind daher die folgenden Schritte:

1. Gefahrenanalyse: Wie oft ist wo mit welchen Gefahrenprozessen und Intensitäten zu rechnen?
2. Expositionsanalyse: Welche Objekte sind wie stark betroffen?
3. Risikoanalyse: Was sind die möglichen Konsequenzen aus der Gefährdung? Wie gross ist der erwartete Schaden und mit welcher Wahrscheinlichkeit tritt er ein?
4. Risikobewertung: Welches Risiko ist tragbar? Welche (zukünftigen) Risiken sollen vermieden werden? Was kann und was darf passieren?
5. Massnahmenplanung: Mit welchen Massnahmen erzielt man die grösste Risikoreduktion? Welche Massnahmen reduzieren das Risiko auf effiziente Weise?

BLS: Nord und Süd verschieden

Die Nordrampe der Lötschberg-Bergstrecke führt nach Verlassen des Talbodens bei Frutigen (650 Meter über Meer) weitgehend durch eine dicht bewaldete Landschaft mit den für die Höhenlage typischen Laub- und Nadelhölzern bis auf knapp 1200 Meter über Meer nach Kandersteg. Kritische Stellen sind entweder durch Lawingalerien geschützt oder verlaufen in sicheren Tunnels. Die Niederschläge sind im Grossen und Ganzen ausreichend, wenn gelegentlich auch mit kurzzeitig höheren Mengen. Die Alpenkette wird durch den 14,6 Kilometer langen, 1913 eröffneten Scheiteltunnel durchquert. Ganz anders sieht es auf der Walliser Seite aus: Hier herrschen oft lange trockene Phasen und auf dem felsigen Grund ist die natürliche Be-

Projektleiterin von Klima CH2025¹⁾ befasst sie sich mit der nächsten Auflage der Klimaszenerien für die Schweiz.

Die Erkenntnisse sind beunruhigend: In Zukunft werden trockenere Sommer, schneearme Winter einerseits und intensiver und häufiger auftretende Starkniederschläge sowie mehr Hitzetage und Tropennächte andererseits erwartet. Diese wissenschaftlichen Beurteilungen bilden die Basis für den Schutz von Verkehrsinfrastrukturen in der ganzen Schweiz und besonders im Alpenraum.

Integrales Risikomanagement (IRM)

Das IRM fordert ein bezüglich allen Naturgefahren vergleichbares Sicherheits-

1) Das Ziel des Projekts Klima CH2025 ist die Erarbeitung, Aufdatieren und Bereitstellen der physikalischen Grundlagen des Klimawandels in der Schweiz. Die Informationen verknüpfen die vergangene Entwicklung aus Beobachtungen mit den zu erwartenden Veränderungen aus Klimaszenarien. Der Fokus wird auf die Veränderungen von Klimaextremen sowie deren Prozessen gelegt. <https://bit.ly/3tyaaQr>

niveau, das zudem sämtliche Aspekte der Nachhaltigkeit berücksichtigt. Mit dem IRM werden Risiken verglichen und beurteilt. Diese Risiken umfassen auch die Kosten für Personenschäden und Schäden an der Bahninfrastruktur sowie möglicherweise auch indirekte Kosten wie jene für Betriebsunterbrüche. Aus den berechneten Risiken können Kosten-Nutzenanalysen gemacht und so möglichst nachhaltige Verbauungslösungen ermittelt werden.

Management statt Stahl und Beton

In den letzten Jahren hat in der Schweiz der Paradigmenwechsel stattgefunden von der Gefahrenabwehr zum Risikomanagement. Das bedeutet:

- agieren statt reagieren: Risiken antizipieren
- Ressourcen da einsetzen, wo sie den grössten Nutzen stiften
- risikobasiert und kostensensitiv vorgehen
- Massnahmen integral und vorausschauend planen mit dem Ziel des grösstmöglichen Nutzens

Die Schweiz als Alpenland ist vom Klimawandel stärker betroffen als der Rest Europas.

Marc Hauser, Leiter Natur – Naturgefahren & Geologie, SBB Infrastruktur.

wachung karg. Die BLS kaufte 250 Hektar steppenähnliches Gelände beidseits der Bahnstrecke. Gegen Steinschlag, Hangrutschungen und Lawinen baute sie zwischen 1920 und 1943 rund 1200 Schutzmauern und pflanzte zehn Millionen Jungbäume. Gleichzeitig übernahm sie die Bewässerungsrechte der am Südhang des Rhonetals vorhandenen, meist offen verlaufenden Wasserleitungen, den Suonen.

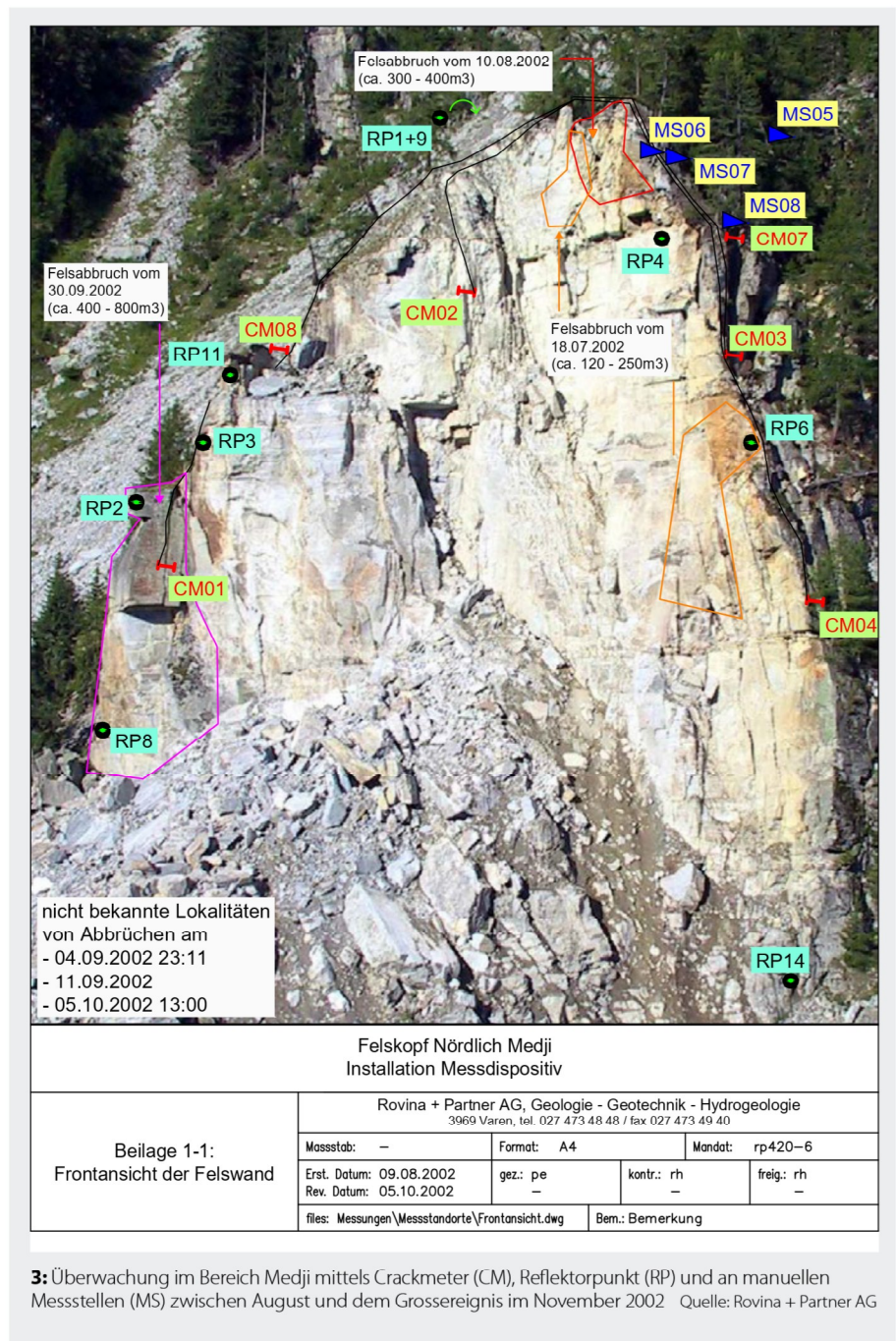
Über die Jahre hat die BLS eine Strategie zur Schutzwaldbewirtschaftung entwickelt, die sich bis vor kurzem bewährte. Mit den klimatischen Veränderungen der letzten Jahre stellte sich die Frage, ob die Vegetation weiterhin den notwendigen Schutz für die Bahnstrecke gewährleisten kann. Dazu sagte Nicole Viguié, BLS-Fachspezialistin Naturgefahren: «Der Klimawandel geht zu schnell vor sich, als dass sich die Natur rechtzeitig anpassen kann. Der Schutzwald ist in Gefahr wegen Hitze, Pilzbefall durch höhere Temperaturen und den Wassermangel. Wir suchen nun nach Baumarten, die mit weniger Feuchtigkeit und dem steigenden Trockenstress umgehen können.»

Baumarten aus dem Balkan

Ferdinand Pfammatter, Förster und Leiter der dreissigköpfigen Forstgruppe Süd der BLS, sieht sich somit neuen Herausforderungen gegenüber: «Für die bisher auf dieser Höhe heimischen Gehölze wird es zu warm und zu trocken. Zudem wird die Baumgrenze in den nächsten Jahren um einige hundert Meter ansteigen. Das zwingt uns, nach neuen Baumarten Ausschau zu halten, die mit dem zukünftig mediterranen Klima klar kommen.» Eignen werden sich Büsche und Bäume aus dem Balkan und der Türkei, wo vergleichbare Verhältnisse herrschen. Dazu gehören Stein- und Korkeiche wie auch Feigenbäume.

Gegen Feuer vorgesorgt

Entscheidend für die Eignung der neuen Arten ist auch deren Widerstandsfähigkeit gegen Feuer. Sie treten nach wie vor in den stark besonnten und trockenen Hängen entlang der BLS-Bahnlinie aus - wenn auch dank der neuen Kunststoffbremsen der Züge weit weniger als die einst Funken werfenden Bremsklötze aus Gusseisen. «Wir müssen nach Feuerschutz innert einer halben Stunde vor Ort sein, um einen Flächenbrand zu verhindern,» erläuterte Pfammatter. «Dazu steht jederzeit ein



Löschzug bereit. Zudem haben wir Wasserbecken in der Nähe der Bahnstrecke gebaut, aus denen Helikopter das Nass ohne lange Hin- und Herflüge schöpfen und den Brand aus der Luft bekämpfen können.»

Exponierte Matterhorn Gotthard Bahn

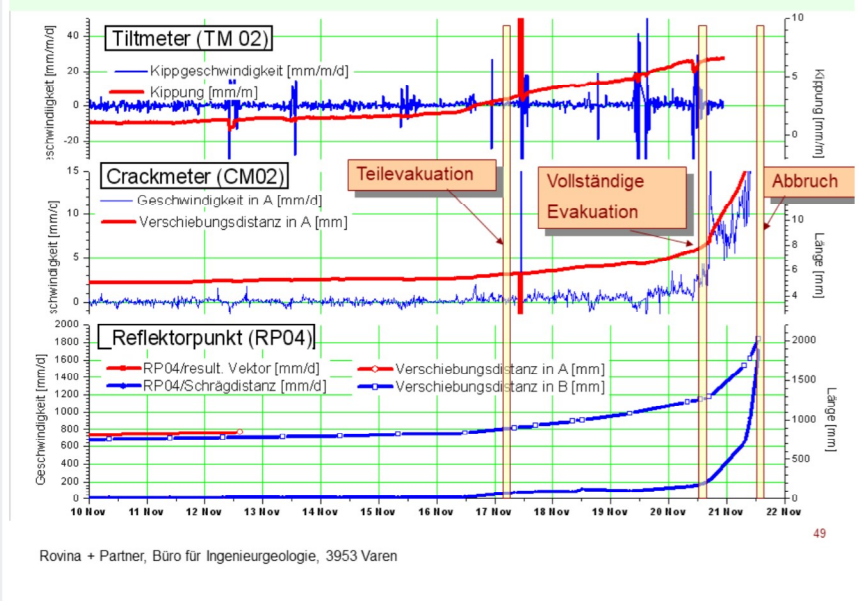
Die Streckenlänge der meterspurigen Matterhorn Gotthardbahn (MGBahn) von Zermatt über Brig durch den Furka-Basistunnel nach Andermatt und weiter über den Oberalppass (2044 Meter über Meer) nach Disentis beträgt 144 km inklusive des An-

schlusses von Andermatt nach Göschenen an die Gotthard-Panoramalinie der SBB. Es werden folgende Bauwerke befahren:

- 170 Brücken
- 47 Tunnel mit 23.400 m Länge
- 36 Galerien mit 4830 m Länge
- 176 Durchlässe (60 cm - 200 cm)
- 812 Stützmauern mit 48.450 m Länge
- 18.250 m Schutzverbauungen

Aus diesem Infrastruktur-Inventar lässt sich erkennen, welchen Herausforderungen diese Gebirgsbahn sich stellen muss,

Vorgeschichte und Felssturz vom 21.11.2002 – Ganglinien (2 / 3)



4: Aufzeichnungen der installierten Messgeräte am Medji als Entscheidungsgrundlage für die Evakuierung des Dorfes St. Niklaus (VS) rechtzeitig vor dem Ereignis am 21. November 2002 Quelle: Rovina + Partner AG

setzt. Besonders betroffen ist die Gegend rund um das Dorf St. Niklaus (VS). Am 21.11.2002 um 15:20 Uhr kam es – nach kleineren Abbrüchen von Juli bis September – zum Grossfelssturz:

- 130.000 m³ bewegten sich
- 70.000 m³ davon stürzten ins Tal direkt aufs Dorf zu
- Der grösste Block mass 1500 m³

Die Evakuierung des Dorfes konnte dank der Überwachung durch die damals modernsten Geräte genau prognostiziert werden (siehe Grafik) und fand knapp einen Tag vor dem Ereignis statt. Dank dem wenige Tage zuvor fertig gestellten Damm gab es keine Schäden an Gebäuden und der Bahninfrastruktur. Es waren auch keine Personenschäden zu beklagen.

Beispiel Hochwasserschutz Andermatt

Die durch das Dorf Andermatt fließende und die Bahnstrecke querende Unteralp-Reuss hat in den Jahren 1987 und 2005 grosse Schäden an der MGBahn-Infrastruktur verursacht: Der Geschiebesammler war vollständig gefüllt, der Fluss ergoss sich ins Dorf, überflutete den Bahnhof und die gesamten Gleisanlagen. Aufgrund des Vorfalls wurde eine Reihe von Massnahmen geplant und bereits mehrheitlich umgesetzt:

- Neuer und grösserer Geschiebesammler
- Schutz der Flusssohle im Dorfbereich gegen Erosion
- Erhöhung von Dämmen in entscheidenden Abschnitten

um einen sicheren Betrieb im Sommer und Winter sicherzustellen. Die MGBahn hat auf ihrem Streckennetz 328 Gefahrenstellen identifiziert.

Mit dem Risiko umgehen

Die MGBahn pflegt ein Integrales Risikomanagement (IRM) bezüglich den Naturgefahren. Gemäss den Vorgaben des Bundesamts für Umwelt (BAFU) ist ein Risikomanagement dann integral, wenn alle Naturgefahren betrachtet werden, sich alle Verantwortungsträger an der Planung und Umsetzung von Massnahmen beteiligen und diese in die Umsetzung einbezogen werden.

Geeignete Massnahmen

Das Credo «Die Natur ist zehn Mal billiger als Beton» dient bei der BLS als Leitmotiv. Dieses passt auch zur Strategie der MGBahn. Darunter sind beispielsweise die Pflege von Gewässern und der Schutzwälder zu verstehen. Ganz ohne Schutzbauten geht es auch bei dieser Philosophie nicht, doch ist nicht allein der Bau der Anlagen, sondern auch deren Unterhalt zu berücksichtigen. Die Überwachung der gefährdeten Streckenabschnitte gekoppelt mit

einem ausgeklügelten, oft vielseitigen Frühwarnsystem führt bei voraussehbarem Eintreten zur Verhinderung oder wenigstens der Reduktion von Schäden.

Beispiele der Felsüberwachung im Mattertal

Die MGBahn-Strecke von Visp im Rhonetal nach dem Weltkurort Zermatt ist an vielen Stellen Naturgefahren ausge-



5: Sollte die Unteralpreuss bei der MGBahn-Brücke über den Damm schwappen, so kann sie seitlich durch die bauliche Notentlastung unter dem Gebäude geführt werden ohne grösseren Schaden anzurichten Quelle: MGBahn



6: Montage eines Lawinensprengmastes. Die Trommel mit den Sprengladungen erfolgt per Helikopter direkt auf den Masten
Quelle: geoformer igp AG

- Ersatz der Fachwerkträgerbrücke durch eine Druckbrücke²⁾
- Bau eines seitlichen Überlastkorridors zur Notentlastung

In einem hydraulischen Modell wurde an der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich (ETHZ) nachgewiesen, dass die Massnahmen einschliesslich der geplanten Druckbrücke bis zu einem nur alle 300 Jahre zu erwartenden Hochwasser funktionell bleiben. Dabei konnte nachgewiesen werden, dass selbst bei einem Überlastfall durch das Versagen des Geschiebesammlers oder weiteren ungünstigen Rahmenbedingungen wie überdurchschnittlich viel Schwemmholz das Gesamtsystem robust ist und die Notentlastung funktionell bleibt.

Beispiel Lawinenschutz am Oberalpass

Die Oberalpassstrasse ist im Winter gesperrt – es verkehrt nur die MGBahn zwischen Andermatt und Disentis. Dabei überwindet sie 608 Höhenmeter bis auf die 2044 Meter über Meer gelegene Passhöhe und bedient sich auf weiten Strecken der Zahnstange. Die im hochalpinen angelegte

²⁾ Bei einer Druckbrücke wird das Ufer bis zur Oberkante des Brückenrandes erhöht und flussaufwärts mit einem «Staukragen» ergänzt. Fließt nun mehr Wasser oder wird Geschiebe unter der Brücke abgelagert, so kommt es oberhalb der Brücke zu einem Aufstau. Damit erhöht sich der Wasserdruck, die Geschwindigkeit nimmt zu und dadurch kann mehr Wasser durchfließen. Geschiebe kann so freigespült werden.

Strecke verläuft zum Teil in Schutzgalerien, quert aber auch Abschnitte, die von Lawinen bedroht sind. Ziele der Schutzmassnahmen sind:

- Bahntrasse gegen Schneerutsche und Kleinlawinen zu schützen
- Senkung des individuellen jährlichen Todesfallrisikos
- Erhöhung der Verfügbarkeit der Bahntrasse
- Vereinfachte Einschätzung der Lawinengefährdung

Um diese Ziele zu erreichen, werden Varianten studiert. In der Anrisszone von Lawinen und Schnee Brettern sind bauliche Lösungen denkbar mittels Stahlschneebrücken und Schneenetzen, jedoch ist auch eine Aufforstung je nach Höhenlage denkbar (das trifft für den Oberalpass nicht zu, da oberhalb der Baumgrenze). Andererseits ist auch die künstliche und damit kontrollierte Lawinenauslösung möglich. Diese geschieht entweder durch Abwurf von Sprengkörpern aus einem Helikopter oder den Auswurf der Bomben von einem fixen, über Funk steuerbaren Sprengmasten. Dieser wird zu Beginn der Saison mit mehreren Ladungen bestückt; nötigenfalls können zusätzliche Sprengkörper während des Winters per Helikopter nachgefüllt werden.

Die zweite Variante ist die Beeinflussung der Sturzbahn und des Ablagerungsgebiets für den Lawinenschnee. Dazu dienen Ablenkdämme, Leitdämme und -wände und schliesslich der Bau von Galerien.

Rhätische Bahn: Bauwerke und Wald

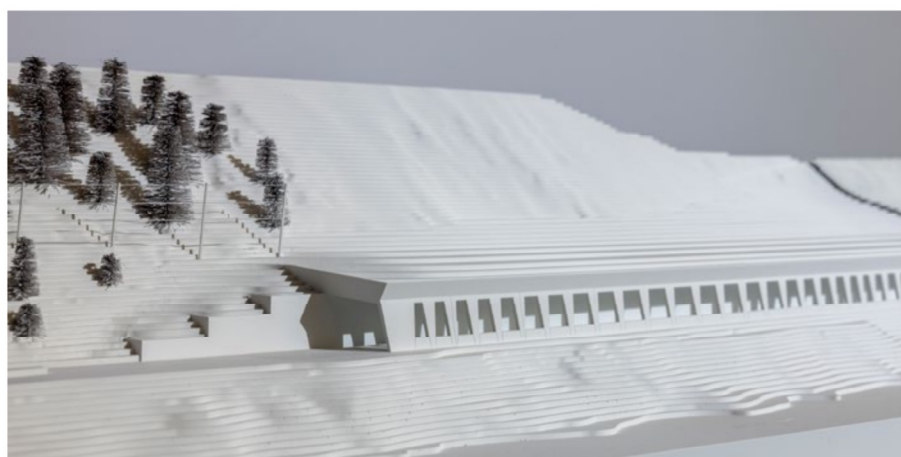
Als Gebirgsbahn ist die Rhätische Bahn (RhB) Naturgefahren stark ausgesetzt.

30 Prozent des 385 Kilometer langen Streckennetzes befinden sich über 1500 Meter über Meer. Die RhB hat seit Anbeginn vor 130 Jahren viel Erfahrung im Umgang mit Naturgefahren geschaffen und ein ausgeprägtes Risikomanagement aufgebaut. Die heute bestehenden Verbauungen wie Mauern, Netze und Lawinenrechen aneinandergereiht ergeben rund 62 Kilometer Schutzwerke. Sie stehen grösstenteils weit oberhalb der Bahnlinie und sind für die Fahrgäste selten sichtbar. Eine sehr wirksame Gefahrenabwehr bildet zudem Schutzwald, welcher sich vielerorts ab der Bahnlinie bis zur Waldgrenze erstreckt.

Trotz des hohen Verbauungsgrades und Schutzstandards bestehen noch Lücken mit kleinerem Risiko. Diese gilt es zu schliessen, wo dies machbar und angemessen ist. Für deren Bau und Unterhalt investiert die RhB jährlich rund 7.5 Millionen Schweizer Franken.

Erarbeitung einer Risikohinweiskarte

Das Risikomanagement der RhB wurde in Zusammenarbeit mit Spezialisten des Amtes für Wald und Naturgefahren Graubünden (AWN) in einem mehrstufigen Verfahren in Form einer Risikohinweiskarte über das gesamte Streckennetz erarbeitet. Diese liegt seit Ende 2013 vor. Als Basis dienten unter anderen der Ereigniskataster der RhB, in welchem seit Beginn des Bahnbaus Naturereignisse dokumentiert werden und zum Schutzbautenkataster der RhB sowie den Gefahrenkarten des Kantons Graubünden führten. Zudem floss die grosse Erfahrung der RhB-Mitarbeitenden in die pionierhafte Risikohinweiskarte ein, die sich fast täglich mit Naturgefahren auseinandersetzen und dies noch heute tun.



7: Modell des Siegerprojekts «Reflexiu» der Schutzgalerie Aulta

Quelle: Rhätische Bahn



8: Pegelsensor und Kamera zur Kontrolle des Carrerabachs 1,4 km oberhalb der Bahnbrücke
Quelle: Rhätische Bahn

Überwachung des Streckennetzes

Zum Sicherheitsdispositiv der RhB gehören zusätzlich zu den zahlreichen Schutz einrichtungen weitere Massnahmen. Die Strecken werden wöchentlich durch Bahndienstmitarbeitende zu Fuss und regelmässig mittels Kontrollfahrten überprüft. Besondere Vorkommnisse werden erfasst. Auf Streckenabschnitten mit möglichem Gefahrenpotenzial erfolgt zudem die erste Fahrt des Tages auf Sicht. Lokomotivführer melden Unregelmässigkeiten täglich.

Beispiel Galerie Aulta

Die RhB-Linie Linie Reichenau–Disentis ist diversen Naturgefahren ausgesetzt: Steinschlag/Rüfen, Murgänge, Rutschungen und Hochwasser. Die Unterhaltsarbeiten durch den regionalen Bahndienst sind daher immer mit Gefahren verbunden und mit etlichen Einschränkungen konfrontiert. Besonders kritisch ist die Schlucht der Ruinalta – auch als «Grand Canyon der Schweiz» bekannt. 2018 wurde die Studie zu Steinschlagschutzmassnahmen in Auftrag gegeben. Die Eidgenössische Natur- und Heimatschutzkommission und das Amt für Wald und Naturgefahren kamen zu dem Schluss, dass eine Kombination aus Netzen, Galerien und Dämmen das sensible Bundesinventar der Landschaften und Naturdenkmäler höchstens leicht beeinträchtigen. 2020 startete der Projektierungswettbewerb für einen «Integralen Steinschlagschutz Aulta» auf dem Streckenabschnitt Trin–Versam. Es nahmen 14 (!) Teams von Ingenieurbüros, Landschaftsar-

chitekten und weiteren Fachleuten teil. Das siegreiche Projekt sieht eine neue, 295 m lange, zu ihrem Schutz zwei Meter stark eingedeckte Galerie mit einer Schutzwirkung über 10.000 kJ und rund 600 Meter flankierende Stahlnetze mit Schutzwirkung bis zu 8.000 kJ vor.

Gebaut wird seit Februar 2023 und die Fertigstellung erfolgt voraussichtlich im Frühjahr 2025. Die budgetierten Kosten belaufen sich auf 19,5 Millionen Franken für die Galerie und 3,5 Millionen Franken für die Schutznetze.

Beispiel Carrerabach

Etwas flussaufwärts mündet der Carrerabach in den Vorderrhein. Sein Einzugsgebiet erodiert stark und er bringt sehr viel Geschiebe in die Schlucht. Er wird von der RhB mittels einer Brücke überquert - diese wurde seit ihrem Bau bereits drei Mal erhöht, um den Durchlass zu erweitern. Sein Bett muss regelmässig ausgebaggert werden. Gemäss Prognose genügt das alle 10-20 Jahre. Seit 2017 jedoch fällt diese Arbeit aufgrund von Starkregen alle ein bis zwei Jahre an. Die Kosten für eine Räumung belaufen sich auf 80-140.000 Schweizer Franken. Überwacht wird die kritische Stelle mit zwei Pegel-Sensoren 1,4 Kilometer oberhalb der Bahnstrecke, zwei fixen und einer schwenkbaren Kamera sowie einem Laserscanner. Er vermisst regelmässig das Brückenprofil. Erkennt eines der Warngeräte eine Gefahr, so wird diese auf das Mobiltelefon des diensttuenden Ingenieurs übermittelt. Dieser entscheidet, ob die Bahnsignale auf Rot gestellt und die Züge angehalten werden müssen.

Die Erfahrungen mit diesem ausgeklügelten Alarmsystem sind erfreulich:

- Alle Ereignisse wurden bis jetzt richtig detektiert
- Einen Falschalarm gab es nur einmal bei Revisionsarbeiten
- Der Bahndienst wird bei Gewitter- und Starkniederschlagsphasen entlastet.

Die Räumungen bleiben hingegen nach wie vor aufwendig und teuer.

Naturgefahren-Management bei der SBB

Das Team «Naturgefahren und Geologie» der SBB Infrastruktur besteht aus 15 Mitarbeitenden. Davon sind sieben in der Zentrale und acht in den Regionen tätig. Vom Streckennetz der SBB von 3265 Kilometer Länge sind zirka 1200 Kilometer Naturgefahren ausgesetzt. 8700 Hektar Wald und 5400 Bauwerken schützen sie. Für deren Unterhalt und Ausbau steht ein jährliches Budget von rund 15 Millionen Franken bereit. Der Wiederbeschaffungswert aller Anlagen beträgt 3,72 Milliarden Franken.

Das Risikoportfolio

Hochwasser und Überschwemmungen – sogenannte statische Wassergefahren – bedrohen dabei 821 Streckenkilometer. Dynamische Wassergefahren wie Wildbäche, Übersarung³⁾ und Erosion stehen mit

3) Eine Übersarung ist ein Geschiebetransport in Gebirgsflüssen mit einer oft flächendeckenden Ablagerung der Feststoffe außerhalb des Gerinnes. Eine Übersarung tritt nur bei dynamischen Überschwemmungen in geneigtem Gelände mit hohen Fließgeschwindigkeiten auf, so dass das Wasser auch größere Steine transportieren kann.



9: Georadar im Einsatz zur Überwachung der Zufahrtstrecke zum SBB Gotthard-Basistunnel
Quelle: Rafael Caduff, GAMMA Remote Sensing AG

337 Kilometer an zweiter Stelle. Es folgen Stein- und Blockschlag sowie Felssturz, Hangmuren und Rutschungen, Murgang und schliesslich Fliesslawinen über eine Länge von zehn Kilometern. Das jährliche Gesamtrisiko aus Naturgefahren betrug für das Jahr 2020 rund 30 Millionen Franken. Das Risiko lässt sich durch Schutzbauten auf die Hälfte reduzieren. Alarmsysteme und organisatorische Massnahmen verringern dieses um weitere 14 Millionen Franken. Somit betrug das Restrisiko rund eine Million Franken. Frage ist nun, ob und wie sich der Klimawandel auf das Risiko auswirkt.

Risikobasiertes Management

Als Basis zur Bemessung des Schadenpotenzials bei der SBB dient die «Verschneidung» der Belegung der Personenzüge und deren Frequenz mit dem Gefahrenpotenzial von Naturgewalten wie Wasser, Steinschlag und Lawinen. «From hazard to risk» bedeutet das Abwägen von Gefahr im Verhältnis zum Risiko, oder auch risikobasiertes Naturgefahrenmanagement. Methodisch findet eine Risikomodellierung der betroffenen Bahnstrecken und ihrer Umgebung ohne und mit Schutzbauten statt. Die neue Herausforderung ist nun die Risikoentwicklung der Naturgefahren durch die Klimaveränderung bis ins Jahr 2040 (und darüber hinaus) zu antizipieren und spezifische Anpassungsstrategien für die SBB zu entwickeln. «Wir möchten von der Risikoentwicklung nicht überrascht werden!» sagt Marc Hauser. «Wir wollen Anpassungsstrategien und Visionen für die Zukunft entwickeln mit Forschung und aktivem Monitoring.»

Interdisziplinäre Forschung

Von 2018 bis Ende 2023 lief das Programm «Climate Change Impacts on Alpine Mass Movements and Flooding». Es befasst sich mit den Themen Lawinen, Felsstürze, Rutschungen, Murgängen und Hochwasser. Geforscht wird gemeinsam von der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL, dem Institut für Schnee- und Lawinenforschung SLF, dem Geowissenschaftlichen Büro geo7, der SBB, der ETHZ und der Universität Zürich. Ziel ist, vom Ist-Zustand mit der Datengrundlage «Klimaszenarien für die Schweiz CH2018» die Zukunft I (ca. 2060) und Zukunft II (ca. 2080) abzuschätzen.

Alarm- und Warnsysteme

Die SBB setzt heute modernste digitale Technologien für die Überwachung von Gefahren-Hotspots ein. Dazu gehören das Monitoring von Felsen und instabilen Hängen mit Georadar, Laser, 3D-Bewegungskameras, mit Satellitenaufnahmen, Drohnenflügen und digitalen online-Vermessungen. Mittels Interferometrie⁴⁾ lassen sich Veränderungen im Gelände im Millimeterbereich feststellen. Georadar verfolgt beispielsweise genau die Bewegung von Felsausbrüchen und ermöglicht, den Zeitpunkt eines Abbruchs präzise vorauszusagen. Das gleiche gilt für kritische Felsmassive, um sie rechtzeitig vor dem unkontrollierten Absturz präventiv und kontrolliert zu sprengen und so Schäden an Bahninfrastruktur und Kulturlandschaften zu verhindern.

Fazit

Die Naturgefahren, welche Eisenbahninfrastrukturen im Gebirge – und teilweise auch im flachen Mittelland – bedrohen, sind vielfältig:

- Wind
- Hitze und Frost
- Stark-Regen und -Schneefälle
- Schneerutsche und Lawinen
- Steinschläge
- Murgänge
- Hangrutsche
- Sturmholz
- Böschungsbrände und Feuer

4) Interferometrie ist eine Messmethode, die das Phänomen der Interferenz von Wellen (üblicherweise Licht, Funk oder Schallwellen) verwendet.

Es wird schneller wärmer als prognostiziert und die Ereignisse verlaufen beschleunigt. Physische Verbauungen gelangen zunehmend an ihre Grenzen. Daher sind neue Lösungen gefragt, um den Anforderungen des Risikomanagements gerecht zu werden. Dazu gehört der Einsatz modernster Überwachungstechnologien. Dank dem Integralen Risikomanagement können neue und effizientere Lösungsansätze erarbeitet und umgesetzt werden. •


Literatur

- [1] Grundlagenartikel zum Klimawandel in der Schweiz des Bundesamts für Umwelt (BAFU): <https://www.meteoschweiz.admin.ch/klima/klimawandel.html>.
 [2] Nationale Plattform Naturgefahren, (PLANAT), 2018: Umgang mit Risiken aus Naturgefahren. Strategie 2018: <https://www.news.admin.ch/newsd/message/attachments/53006.pdf>.
 [3] Präsentationen der Fachexkursion «Klimawandel und Naturgewalten in den Alpen: Schutz und Krisenmanagement der Bahnen», 19./20. September 2023: <https://www.bahnjournalisten.ch/anlassreise.php?anlaesseid=142>.

Summary

Climate change and forces of nature in the Alps: protection and crisis management of the Swiss railroads

Increasing temperatures, more intensive precipitation, stronger wind – the increasingly frequent capricious weather conditions are a challenge for the railroads in the mountains. The companies are amidst the change from hazard prevention through structural measures towards integral risk management of natural hazard (IRM).



100% in der Schweiz entwickelt und hergestellt

Embedded Computers, Servers, Firewall/Routers, Switches

- Bis zu 9th Gen. Intel i7 & Xeon
- 10 Jahre Verfügbar, 20+ reparierbar
- Ambient Temp. -40 bis +85°C
- Openframe & 19" bis IP67-Gehäuse
- Lüfterloser Betrieb
- EN50155 konform
- Flexible Lösungen

MPL AG Switzerland
Phone +41 56 483 34 34
info@mpl.ch • www.mpl.ch

High-Tech • Made in Switzerland