

So wird das Risikokzept Naturgefahren angewendet

Das Bundesamt für Strassen der Schweiz (ASTRA) hat verschiedene Projekte gestartet, um die Risiken ausgehend von gravitativen Naturgefahren netzweit zu analysieren, zu bewerten und zu bewältigen. Mit einem dieser Projekte wurde das methodische Fundament für die transparente und einheitliche Beurteilung und Bewältigung dieser Risiken gelegt. Im Folgeprojekt «Netzbezogene Gefahren- und Risikoanalyse» wird seit dem Jahre 2010 das gesamte Nationalstrassennetz etappenweise in Form von einzelnen Losen durch ausgewiesene Fachleute beurteilt. Dabei werden jeweils rund 30 bis 60 km lange Streckenabschnitte pro Los bearbeitet – hier anhand der Ergebnisse und Erfahrungen aus dem Streckenabschnitt der A2 zwischen Airolo und Bellinzona.

VON HANS-HEINI UTELLI, PHILIPPE ARNOLD, LUKAS HUNZINGER, UELI GRUNER, ANDY KIPFER, BERNHARD PERREN UND MARTIN BLUM*

Gefahrenanalyse

Der Beurteilungsperimeter umfasst die Autobahn A2 vom Südportal des Gotthardtunnels (km 108.6) bis zur Autobahnverzweigung A2/A13 in Bellinzona (km 55.8). Er umfasst mit allen Zubringern rund 123 km Fahrbahn (richtungsgetreunt, 2-spurig oder nicht richtungsgetreunt) sowie fünf Nebenanlagen (Werkhöfe, Raststätten und Rastplätze). Der Perimeter der detaillierten Gefahrenbeurteilung (= Perimeter Schadenpotenzial) umfasst in der Regel die Fahrbahn plus einen Puffer von je 10 m links und rechts der Fahrbahn.

In der Gefahrenanalyse wurden insgesamt 147 Gefahrenquellen im Detail beurteilt. Für 106 Prozessquellen wurde eine relevante Gefährdung der Nationalstrassen nachgewiesen (siehe Abbildung 1).

	detailliert beurteilt	Hauptachse betroffen	nur Ausfahrten betroffen	Strasse nicht betroffen
Sturz	24	15	4	5
Rutsch	11	1	1	9
Lawinen	30	18	1	11
Wildbach	57	44	4	9
Talflüsse	6	6	0	0
Einsturz/ Absenkung	2	2	0	0
Total	128	86	10	34

1 | Übersicht über die Anzahl Gefahrenquellen, die auf dem vorgestellten Streckenabschnitt im Detail beurteilt wurden und welche die Nationalstrassen gefährden können (Abbildung ARGE IMPULS-geo7-flussbau-Kellerhals+Haefeli, 2011).

1 | Vue d'ensemble du nombre de sources de danger qui ont été évaluées en détail sur le tronçon présenté ici et qui peuvent menacer les routes nationales (figure de ARGE IMPULS-geo7-flussbau-Kellerhals+Haefeli, 2011).

Für die Gefahrenbeurteilung wurden – wie in der Methodik vorgesehen – alle bisherigen relevanten Naturereignisse erfasst und umfangreiche Gelände- und Modellierungsarbeiten durchgeführt. Weiter wurden alle bestehenden Schutzbauten wie auch der Schutzwald erfasst, hinsichtlich Relevanz beurteilt und in einem Schutzbautenkataster zusammengestellt. So wurden zum Beispiel zum Schutz vor Lawinengefahren in der Leventina in den letzten mehr als 100 Jahren auch umfangreiche Trockensteinmauern in den Lawinenanrissgebieten erstellt. Wie diese hinsichtlich Zustand und Wirkung beurteilt wurden, ist in der Tabelle links unten beschrieben.

Ein besonderes Augenmerk in der Gefahrenbeurteilung lag auf den zu erwartenden Prozesskombinationen. So wurde erkannt, dass infolge von Lawinnenedergängen der Ticino gestaut werden kann und es deswegen in sehr seltenen Fällen zur Überflutung der Nationalstrasse kommen kann. Ein weiteres strassenspezifisches Augenmerk lag in der Bestimmung der massgebenden Einwirkungen bei betroffenen Kunstbauten (z. B. Kolk-tiefen bei Brückenpfeilern, Sturzenenergien oder Lawinendrucke auf Schutzgalerien).

Die Gefährdung wurde in Form von Intensitätskarten in den vier Wiederkehrperioden (häufiger als 10-jährlich, 10- bis 30-jährlich, 30- bis 100-jährlich, 100- bis 300-jährlich) dargestellt.

Expositions- und Konsequenzenanalyse

Die Angaben zum Schadenpotenzial wurden vom ASTRA zur Verfügung gestellt. Der durchschnittliche tägliche Verkehr (DTV) auf der A2 zwischen Bellinzona und Airolo beträgt zwischen knapp 14 000 Fahrzeugen pro Fahrri-chtung in der



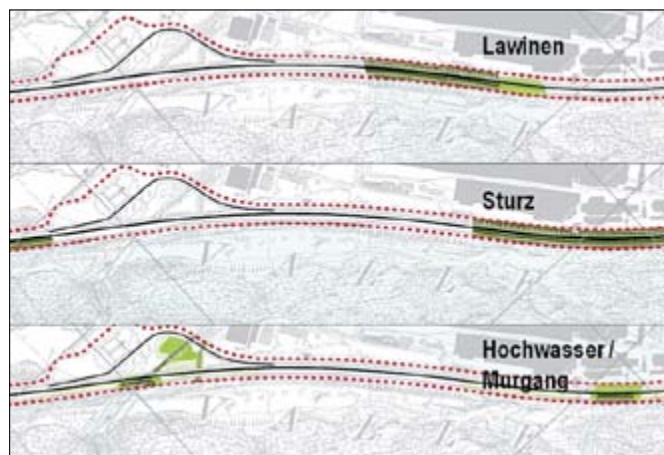
2 | Die Gefährdung durch Naturgefahrenprozesse wird nicht nur für Prozesse auf der Fahrbahn selber beurteilt, sondern für das gesamte Bauwerk. Hier galt es, die Gefährdung der Brückenpfeiler durch Unterkolkung zu beurteilen (Abbildung Judith Dobmann).

2 | La menace par des processus de dangers naturels ne se limite pas à l'évaluation des processus touchant la chaussée elle-même, mais concerne aussi l'ensemble des ouvrages. Ici il fallait évaluer la menace pesant sur les piles d'un pont par affouillement (photo de Judith Dobmann).

unteren Leventina und rund 8500 Fahrzeugen kurz vor dem Südportal des Gotthardtunnels. Besonders zu berücksichtigen ist die Stauwahrscheinlichkeit auf der Strecke. Diese ist zwar auf weiten Teilen der Strecke sehr klein, steigt aber auf der Fahrbahn Richtung Norden vor dem Gotthardtunnel an.

Die Kosten, die infolge eines Streckenunterbruchs entstehen (sogenannte Sperrungskosten), wurden mittels Verkehrsmodell der ETH berechnet (siehe auch Erath et al., 2009) und vom ASTRA für die Risikoermittlung zur Verfügung gestellt. Die Sperrungskosten betragen je nach betroffenem Streckenabschnitt zwischen 200 000 Franken pro Tag und mehr als 1 000 000 Franken pro Tag.

Ob es bei den von Naturereignissen betroffenen Kunstbauten wie Brückenpfeilern oder Tunnelportalen zu Schäden am Gesamtbauwerk kommt, wurde in diesem Bearbeitungsschritt gutachterlich aufgrund einer Grobabschätzung und mit eher pessimistischen Grundannahmen bestimmt.



3 | Mit Intensitätskarten werden die zu erwartenden Einwirkungen (hellgrün: schwache Einwirkung; grün: mittlere Einwirkung; dunkelgrün: starke Einwirkung) im Perimeter Schadenpotenzial (rot gestrichelt) dargestellt. Die Umhüllende des Prozessraums ist ausserhalb des Perimeters-Schadenpotenzials hellblau dargestellt (Abbildung ARGE IMPULS-geo7-flussbau-Kellerhals+Haefeli, 2011).

3 | Les effets attendus (vert clair: faibles, vert: moyens, vert foncé: forts) sont représentés par des cartes d'intensité pour le périmètre potentiel des dégâts (pointillé en rouge). L'enveloppe de l'espace des processus est représentée en bleu clair à l'extérieur du périmètre potentiel des dégâts (figure de ARGE IMPULS-geo7-flussbau-Kellerhals+Haefeli, 2011).

Risikoermittlung und -darstellung

Die eigentliche Risikoberechnung wurde im vom ASTRA zur Verfügung gestellten Online-Berechnungstool RoadRisk (siehe Artikel 2 von L. Dorren) durchgeführt. Dazu wurden vorgängig alle in einem Geografischen Informationssystem (GIS) erfassten Intensitätsflächen mit den Strassenachsen verschnitten. Die so produzierten Kleinstabschnitte wurden nach einer systematischen Daten- und Plausibilitätskontrolle ins Berechnungstool eingelesen. Die Ergebnisse können anschliessend pro Prozessquelle, Szenario, Schadensbild oder auch pro betroffenen Streckenabschnitt ausgewertet werden (siehe Abbildung 4).

Risikobewertung

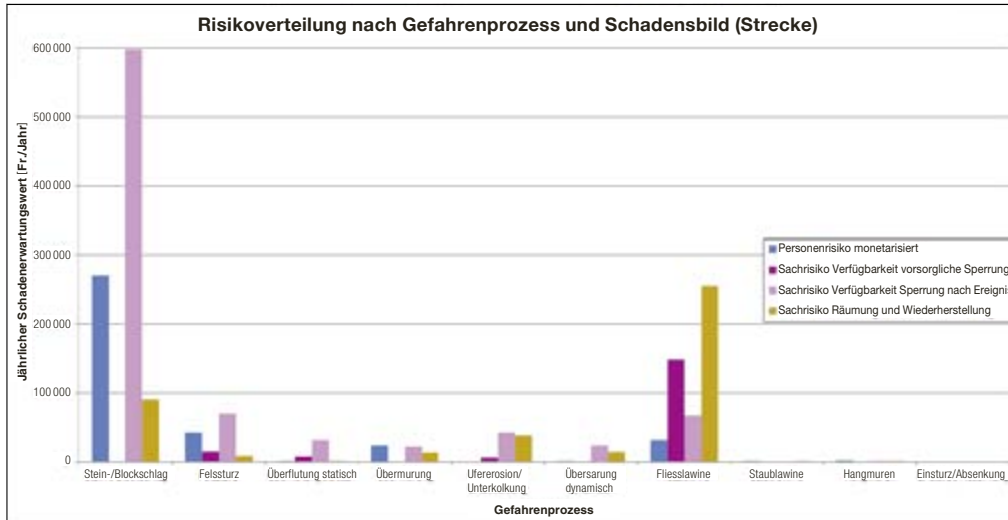
Die gemäss Methodik angewendeten Kriterien zeigen, dass das Überprüfungskriterium des individuellen Todesfallrisikos

FR

Ainsi est appliquée la conception des risques aux dangers naturels

L'Office fédéral des routes (OFROU) a lancé différents projets afin d'analyser, d'évaluer et de maîtriser, sur l'ensemble du réseau, les risques provenant de dangers naturels de type gravitationnel. L'un de ces projets a permis de poser une base méthodologique pour évaluer et maîtriser ces risques de manière transparente et uniformisée. Le projet suivant «Analyse des dangers et des risques par rapport au réseau», commencé en

2010, évaluera l'ensemble du réseau des routes nationales par étape sous forme de lots confiés à des spécialistes confirmés. Chaque lot correspond à l'étude d'un tronçon de 30 à 60 km de longueur – ici à l'exemple des résultats et expériences tirés du tronçon de l'A2 entre Airolo et Bellinzone.



4 | Die in der Leventina ermittelten Risiken werden in erster Linie durch Sturz- und Lawinenprozesse verursacht. Auffallend sind die hohen Risiken, die infolge eingeschränkter Verfügbarkeit nach Sturzereignissen verursacht werden (Abbildung ARGE IMPULS-geo7-flussbau-Kellerhals+Haefeli, 2011).
4 | Les risques mis en évidence dans la Léventine proviennent en premier lieu des processus d'éboulements et d'avalanches. Les risques élevés occasionnés par suite de disponibilité limitée après des éboulements sont frappants (figure de ARGE IMPULS-geo7-flussbau-Kellerhals+Haefeli, 2011).

pro Jahr (10-5) mit dem über den gesamten Streckenabschnitt berechneten Wert von $3.9 \cdot 10^{-6}$ nicht verletzt wird.

Bei mehr als 20 Prozessquellen besteht aber prioritärer Handlungsbedarf wegen zu hoher kollektiver Risiken oder wegen zu hoher streckenbezogener Risiken (siehe Abbildung 5), wobei sich diese beiden Fälle in den meisten Fällen räumlich überlagern.

Diskussion des Vorgehens und der Ergebnisse

In der Risikoanalyse wurden teilweise stark vereinfachende und eher pessimistische Annahmen zum Schadenausmass getroffen, die in der gewählten Aussagegenauigkeit und in der gewünschten Einheitlichkeit der Beurteilung über das ganze Nationalstrassennetz begründet sind. Mit der Plausibilisierung der Ergebnisse im bearbeiteten Streckenabschnitt sind folgende Punkte aufgefallen, die vor der weiteren Verwendung der Resultate im Sinne einer Vertiefung und Detail-

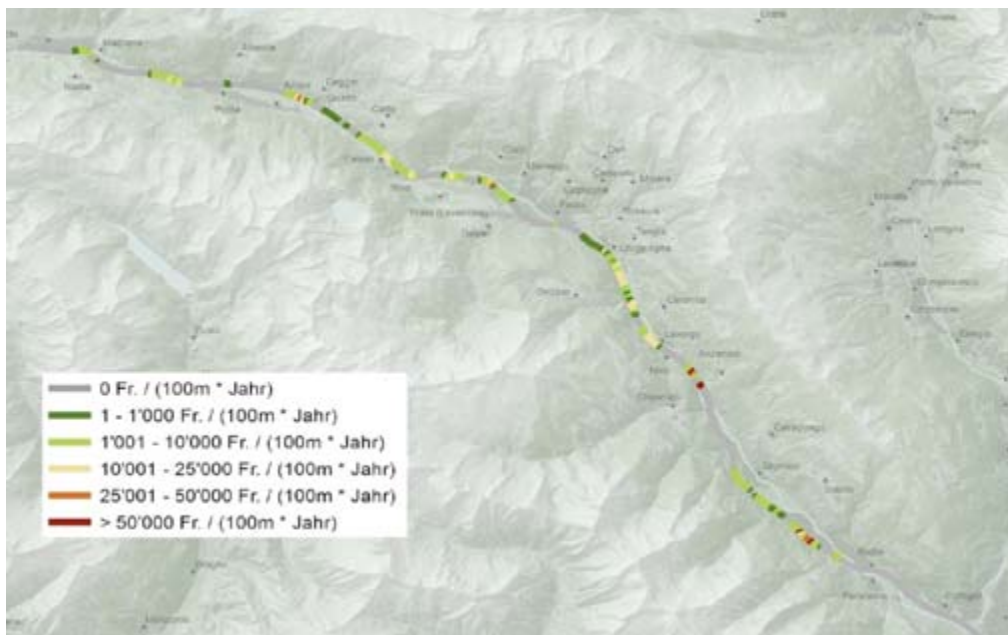
lierung kritisch hinterfragt werden müssen:

- Das Ausmass der Schäden bei Kunstbauten, insbesondere Brückenpfeilern und Tunnelportalen, ist objektspezifisch abzuklären.
- Die teilweise sehr hohen Verfügbarkeitsrisiken sind ortsspezifisch daraufhin zu prüfen, ob davon ausgegangen werden kann, dass eine benachbarte Strasse (z. B. Kantonsstrasse) im Ereignisfall verfügbar ist oder nicht. Je nachdem ist dort das Schadenausmass bezüglich Verfügbarkeit anzupassen.

Schlussfolgerungen

Mit dieser Gefahren- und Risikoanalyse verfügt der Anlagenbetreiber nun – trotz der oben genannten Vorbehalte – über folgende Ergebnisse in einheitlicher und strukturierter Form:

- Die gefährdeten Streckenabschnitte sind identifiziert.
- Die historischen Ereignisse, welche die Nationalstrassen betrafen oder für sie relevant sind, sind erfasst.



5 | Auf den grau markierten Streckenabschnitten gibt es keine durch Naturgefahren ausgelöste Risiken, auf den grün markierten Streckenabschnitten ist dieses Risiko kleiner wie 10 000 Fr./Jahr * 100 m). Auf den gelb bis rot markierten Streckenabschnitten wird dieser Wert überschritten und es besteht prioritärer Handlungsbedarf (Abbildung ARGE IMPULS-geo7-flussbau-Kellerhals+Haefeli, 2011).

5 | Il n'y a pas de risques provenant de dangers naturels sur les secteurs marqués en gris, sur ceux marqués en vert le risque est inférieur à 10 000 francs par année et 100 mètres. Cette valeur est dépassée sur les secteurs de jaune à rouge et il existe un besoin prioritaire d'intervention (figure de ARGE IMPULS-geo7-flussbau-Kellerhals+Haefeli, 2011).

- Art, Wahrscheinlichkeit und Intensität der zu erwartenden Gefahrenprozesse sind bekannt und in Form von Intensitätskarten dargestellt.
- Die bestehenden Schutzbauten wie auch der Schutzwald sind hinsichtlich Relevanz erfasst und in einem Schutzbautenkataster dokumentiert.
- Die Folgen und somit die Risiken für die Strassenbenutzer und für den Strassenbetreiber sind bekannt und in Form von Risikokarten dargestellt.
- Bezug nehmend auf die Priorisierungskriterien weiss der Anlagenbetreiber, an welchen Stellen er die Prioritäten für die nun folgende Massnahmenplanung legen muss.

Basierend auf diesen Arbeiten werden als nächste Schritte die Massnahmenplanung und die Evaluation der optimalen Massnahmenvariante nach dem in der Methodik (ASTRA, 2010) festgelegten Vorgehen demnächst gestartet.

Referenzen

ARGE IMPULS-geo7-flussbau-Kellerhals+Haefeli (2011).

Gefahren- und Risikoanalyse betreffend Naturgefahren auf Nationalstrassen, Los 3 Leventina, km 108.6 (Airolo-Tunnelportal Süd Gottard) bis km 55.8 (Gorduno).

Bundesamt für Strassen (ASTRA) (2010).

Risikokzept Naturgefahren Nationalstrassen, Ausgabe 2009 V1.30. Dokumentation. ASTRA 89 001.

Erath A., Birdsall J., Axhausen K., Hajdin R. (2009).

Vulnerability Assessment – Methodology for Swiss Road Network. Journal of the Transportation Research Board, No. 2137, Transportation Research Board of the National Academies, Washington, D.C., 2009, pp. 118–126.



HANS-HEINI UTELLI
IMPULS AG
Wald Landschaft
Naturgefahren
Seestrasse 2, 3600 Thun



PHILIPPE ARNOLD
Bundesamt für Strassen
(ASTRA)
Mühlestrasse 2,
3063 Ittigen



LUKAS HUNZINGER
Flussbau AG SAH
Schwarztorstrasse 7,
3007 Bern



UELI GRUNER
Kellerhals+Haefeli AG
Kapellenstrasse 22,
3011 Bern



ANDY KIPFER
geo7 AG Geowissenschaftliches Büro
Neufeldstrasse 5–9,
3012 Bern



BERNHARD PERREN
IMPULS AG
Wald Landschaft
Naturgefahren
Seestrasse 2, 3600 Thun



MARTIN BLUM
IMPULS AG, Wald Landschaft Naturgefahren
Seestrasse 2, 3600 Thun

Geschichte der Trockensteinmauern im Lawinenverbau

Berücksichtigung von Schutzmassnahmen – Verbauungen aus Trockensteinmauern

Die Anfänge der Erstellung von Anrissverbauungen mit Erdterrassen, Lawinengruften und Trockenmauern sind mit der ersten Besiedlung der Bergtäler in Zusammenhang zu bringen. Das eigentliche Fundament für den präventiven Lawinenverbau wurde jedoch mit Oberforstinspektor J. Coaz Mitte des 19. Jahrhunderts gelegt. Anschliessend wurde eine grosse Anzahl an Lawinenanrissgebieten mit bis zu 7 Meter hohen Trockensteinmauern gesichert. Bis 1930 sind schätzungsweise mehr als 1000 km Trockensteinmauern zum Schutz vor Lawinen in der Schweiz erstellt worden.

Trockensteinmauern in der Gefahren- und Risikobeurteilung

Schutzbauten im Anrissgebiet von Lawinen stellen einen zentralen Bestandteil der Gefahrenbeurteilung dar. Auch für die Beurteilung der Nationalstrassen werden die bestehenden Schutzmassnahmen in die Gefahrenbeurteilung einbezogen. Die Wirkung wird dabei anhand von PROTECT, einem durch die Nationale Plattform Naturgefahren (PLANAT) ausgearbeiteten Leitfaden beurteilt. Auch Trockensteinmauern lassen sich anhand von PROTECT beurteilen. Um den Besonderheiten dieser Bauwerke Rechnung zu tragen, wurde durch das SLF ergänzend eine Anleitung für die Praxis zum Umgang mit Lawinenverbauungen aus Steinmauern und Mauerterrassen erarbeitet. Aufgrund der im Vergleich zu heutigem richtliniengemässen Anrissverbau geringen Werkhöhe und der meist grossen Abstände zwischen den Trockensteinmauern, weisen diese nur eine eingeschränkte Lawinenschutzwirkung auf. Diese wird im Leitfaden unter anderem aufgrund von Mauertyp, Hangneigung, extremer Schneehöhe und Werkabständen klassifiziert. Die so beurteilten Mauern können bei der Gefahrenbeurteilung szenarienbezogen berücksichtigt werden. Erfahrungswerte aus verschiedenen Verbauungsgebieten der Schweiz zeigen, dass Steinmauern mehrheitlich nur bei kleineren Wiederkehrperioden eine relevante Wirkung aufweisen. Bei Ereignissen mit Wiederkehrperioden von 100 bzw. 300 Jahren ist die Wirkung der Bauwerke hingegen meist ungenügend.

Weiterführende Informationen:

Margreth S., Blum M. (2011) Umgang mit Lawinenverbauungen aus Steinmauern und Mauerterrassen. Anleitung für die Praxis. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Wissen Nr. 1109: 79 S.



Auch in der Leventina wurden früher Lawinenanrissgebiete grossflächig mit Trockensteinmauern verbaut, wie hier im Verbauungsgebiet Pecian/Quinto TI (Abbildung M. Blum).

Dans la Léventine aussi, les zones de déclenchement d'avalanches ont été équipées de maçonneries de pierres naturelles sur de vastes surfaces, comme ici dans le périmètre de Pecian/Quinto TI (photo de M. Blum).