

# Der Felssturz in der Schöllenschlucht vom Mai 2015: Ausgewählte Aspekte bei der Bewältigung einer konkreten akuten Gefahrensituation

Stefan Schneider<sup>1</sup> (s.schneider@csd.ch)

Peter Leu<sup>2</sup> (peter.leu@biglerag.net)

Philippe Arnold<sup>3</sup> (philippe.arnold@astra.admin.ch)

<sup>1</sup> IG Teufelsstein / CSD INGENIEURE AG, Thusis; Teilprojektleiter Geologie und Naturgefahren

<sup>2</sup> IG Teufelsstein / Bigler AG, Altdorf; Projektleiter

<sup>3</sup> Bundesamt für Strassen ASTRA, Ittigen; Fachunterstützung

## Zusammenfassung

Am 20. Mai 2015 lösten sich in der Schöllenschlucht (Kanton Uri) oberhalb der Galerie Tanzenbein rund 700 m<sup>3</sup> Fels. Mehrere, teils über 10 m<sup>3</sup> grosse Blöcke erreichten die Galerie der Nationalstrasse zwischen Göschenen und Andermatt oder übersprangen diese. Dabei wurde die Lawinengalerie punktuell beschädigt und statisch stark beansprucht. Infolge der akuten Gefährdung durch Nachbrüche musste der Strassenabschnitt für mehrere Wochen für sämtlichen Verkehr geschlossen werden.

Nach einer aufwändigen Sicherung der Felswand durch Verankerungen konnten die darunterliegenden Schutthalde sukzessive gesichert und geräumt werden.

## Die Schöllenschlucht

Die Schöllenschlucht liegt im Kanton Uri zwischen den beiden Ortschaften Göschenen und Andermatt. Die in vielen Kehren durch die tief eingeschnittene Schlucht führende Strasse ist Teil der Route über den Gotthard-Pass. Seit über 800 Jahren bildet der Verkehrsweg über den Gotthard und durch die Schöllenen eine bedeutende Verbindung zwischen Nord und Süd. Heute gilt die Gotthard-Passstrasse als wichtigste Ausweichroute für den einröh-

rigen Gotthard-Strassentunnel. Der Abschnitt der Schöllenschlucht dient zudem als Haupterschliessung für das Urserental sowie als Zufahrt zu den Alpenpässen Furka und Oberalp. Nebst der Passstrasse führt auch das Trasse der Matterhorn Gotthard Bahn durch die Schöllenschlucht.

Die Verantwortung über die Gotthard-Passstrasse liegt heute beim Bund und somit beim zuständigen Bundesamt für Strassen ASTRA. Zurzeit wird die Nationalstrasse in der Schöllenen im Rahmen eines Erhaltungsprojektes saniert. Dabei werden im Zeitraum zwischen 2013 bis 2018, aufgeteilt in zwei Bauolose, die Fahrbahn erneuert, die Strassenentwässerung optimiert und die Kunstbauten (Galerien, Stützmauern und Tunnels) instand gestellt und teilweise erneuert.

## Das Ereignis und dessen Bewältigung

### Ereignis und Sofortmassnahmen (Phase 0)

Am Mittwoch, 20. Mai 2015 um 17.40 Uhr lösten sich oberhalb der Gotthard-Passstrasse in der Schöllenschlucht im Bereich der „Chaltbrunnenchele“ rund 700 m<sup>3</sup> Fels und stürzten zu Tale. Die Sturzmassen lagerten sich mehrheitlich in den steilen Schutthalde

oberhalb der Strasse ab, welche in diesem Bereich durch die Lawinengalerie „Tanzenbein“ geschützt wird. Grössere, bis zu 40 Tonnen schwere Blöcke kamen teils erst auf dem Galeriedach zum Stillstand, einige rollten und sprangen bis in das Bachbett der Reuss (siehe Abbildung 1).

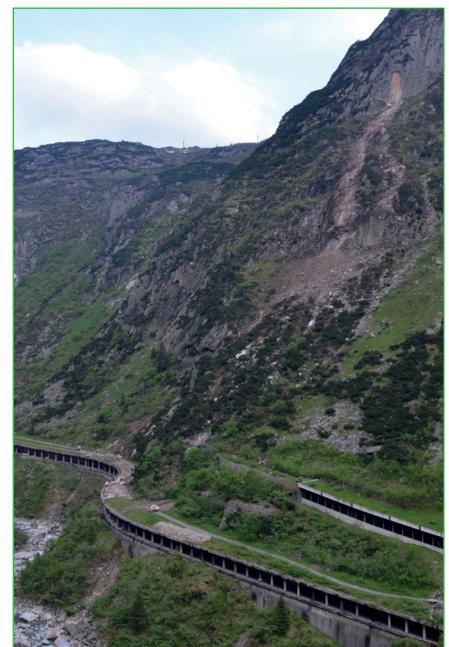


Abbildung 1: Gesamtansicht des Prozessraumes. Der frische Ausbruch in der Felswand und der Transitbereich sind deutlich zu sehen. Auf der unteren Strassengalerie Tanzenbein sind die abgelagerten Stützblöcke ersichtlich (obere Galerie Trasse der Matterhorn Gotthard Bahn). Foto: IG Teufelsstein.

Wie eingangs erwähnt, fanden zum Zeitpunkt des Ereignisses in der Schöllenen Schlucht im Rahmen des Erhaltungsprojektes Gotthard Passstrasse umfangreiche Sanierungsarbeiten am Strassentrassée und an den Kunstbauten statt. Aus diesem Grund waren an mehreren Stellen in der Schöllenen Schlucht Bauarbeiten im Gange, so auch an diesem Tag bei der Galerie Tanzenbein. Die mit Instandsetzungsarbeiten innerhalb der Galerie beschäftigten Bauarbeiter wurden vom Felssturz überrascht und flüchteten umgehend zum zugewiesenen Sammelplatz beim Südportal der Galerie. Die mit Gerüstungen im Bereich des Galeriekordons beschäftigten Arbeiter wurden zuerst als vermisst gemeldet, und es musste das Schlimmste befürchtet werden. Glücklicherweise konnten die Personen kurze Zeit später an einem sicheren Ort ausfindig gemacht werden.

Der durch die Bauarbeiter alarmierte Verkehrsoperator sperrte mit der auf der Baustelle vorhandenen Lichtsignalanlage umgehend die Schöllenenstrasse. Gleichzeitig wurde die Polizei alarmiert, und die Projektverantwortlichen der Baustelle wurden gemäss dem vorhandenen Notfallkonzept orientiert und aufgeboten. Der rund eine halbe Stunde nach dem Ereignis nach Göschenen beorderte Helikopter musste wegen dichten Nebels erst mal am Boden bleiben. Um 19.45 Uhr, vor Einbruch der Dunkelheit, konnte doch noch ein erster Rekoflug durchgeführt werden. Bedingt durch den dichten Nebel und den einsetzenden Schneefall konnte nur der untere Abschnitt des Sturzperimeters aus dem Helikopter inspiziert werden. Das Ablösungsgebiet konnte nur annähernd lokalisiert werden. Die nachfolgende Inspektion zu Fuss konzentrierte sich somit auf den unmittelbaren Bereich der Schöllenenstrasse. Dabei wurden auf der Dachkonstruktion der Galerie Tanzenbein zahlreiche Grossblockablagerungen, massive Einschlagmulden und teils beschädigte Baustelleneinrichtungen angetroffen (siehe Abbildung 2). Die Inspek-



Abbildung 2: Abgelagerte Sturzblöcke auf dem Galeriedach im Baustellenbereich. Zu erkennen ist auch die mit Holzstämmen erstellte Not-Unterspriessung. Foto: IG Teufelsstein.

tion der Galerietragkonstruktion zeigte lokal ausgeprägte Betonschäden, verursacht durch entsprechende Blockeinschläge auf die Dachkonstruktion. Durchschlagen wurde die Galerie jedoch nirgends.

Aufgrund einer ersten Abschätzung der Tragsicherheit wurde als Sofortmassnahme die Galeriekonstruktion im Bereich der Grossblockablagerungen und der Betonschäden durch lokale Unterspriessungen verstärkt (siehe Abbildung 2).

Das Ausbruchsgebiet konnte bis zu diesem Zeitpunkt noch nicht eingesehen werden und auf die Nacht waren Niederschläge angesagt. Mögliche Folgeereignisse oder Murgänge aus den Sturzablagerungen waren daher nicht auszuschliessen.

Auf Grund der ersten Erkenntnisse wurde der mutmassliche Gefahrenperimeter festgelegt. Der Sturz- bzw. Gefahrenperimeter im Bereich der Galerie wurde mittels Schweinwerfern ausgeleuchtet und eine dauernde Überwachung durch Beobachtungsposten vor Ort organisiert, welche rund um die Uhr die Situation und die Aktivität im Gebiet beobachteten und rapportierten. Die Kommunikationswege und Interventionswerte wurden definiert und vor-

gegeben.

Basierend auf den ersten Erkenntnissen, der Analysen und Beurteilungen durch die Spezialisten vor Ort und nach Abschluss der Sofortmassnahmen im Bereich Galerie Tanzenbein (Unterspriessung) wurde die Schöllenenstrasse noch am gleichen Tag, am Mittwoch, 20. Mai 2015 um 23.30 Uhr wieder einspurig für den Strassenverkehr geöffnet. Die Freigabe erfolgte unter der Voraussetzung der ständigen Überwachung der Situation vor Ort durch die Beobachtungsposten und unter dem Vorbehalt einer erneuten Sperrung in Folge neuer Ereignisse oder Erkenntnisse.

Da das Trassée der Matterhorn Gotthard Bahn MGB im gefährdeten Bereich in einem Tunnel verläuft, wurde der Betrieb der Schöllenenbahn nicht tangiert und konnte ohne Unterbruch aufrechterhalten werden.

Am Folgetag des Ereignisses konnte wegen der weiterhin schlechten Witterungsverhältnisse (Schneefall) lediglich der Transit- und Ablagerungsbereich nur seitlich zu Fuss begangen und vom sicheren Bereich aus eingesehen werden. Die Ausbruchsstelle konnte wegen des dichten Nebels nicht eingesehen und somit nicht beurteilt werden. Erst am

dritten Tag nach dem Ereignis, am Samstag, 23. Mai 2015 um 10.30 Uhr hatte sich der Nebel soweit gelichtet, dass ein umfassender Rekoflug durchgeführt werden konnte. Erstmals seit dem Ereignis war es nun möglich, das Ausbruchsg Gebiet zu lokalisieren und zumindest aus der Luft genau zu inspizieren. Zudem bot sich erstmals auch die Gelegenheit, einen Gesamtüberblick über die Situation vom Ablösungsgebiet über die darunterliegenden Sturzzone bis hin zur Reuss zu erhalten (siehe Abbildung 1 und Abbildung 3).

**Geologische Situation und Gefahrenabschätzung**

Ausbruchgebiet: Beim ausgebrochenen Gestein handelt es sich um massigen Biotitgranit (Zentraler Aare-Granit des Aar-Massivs). Das Gebirge wird durch mehrere Kluftsysteme



Abbildung 3: Frontalansicht der Ausbruchsstelle. Deutlich zu sehen sind die beiden überhängenden Felsblöcke über dem Ausbruch und die freigelegten Seitenflanken beidseits der Ausbruchsstelle. Foto: IG Teufelsstein.

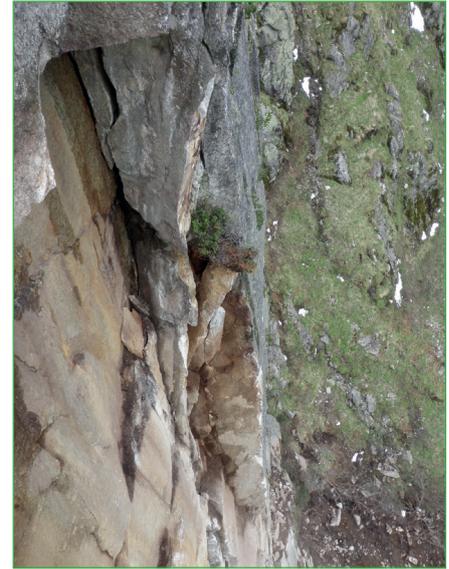


Abbildung 4: Detailansicht der abbruchgefährdeten, nördlichen Seitenflanke. Ansicht des sogenannten „nördlichen Felszapfens“ oberhalb der Ausbruchsnische und direkt unterhalb der überhängenden Blöcke. Foto: IG Teufelsstein.

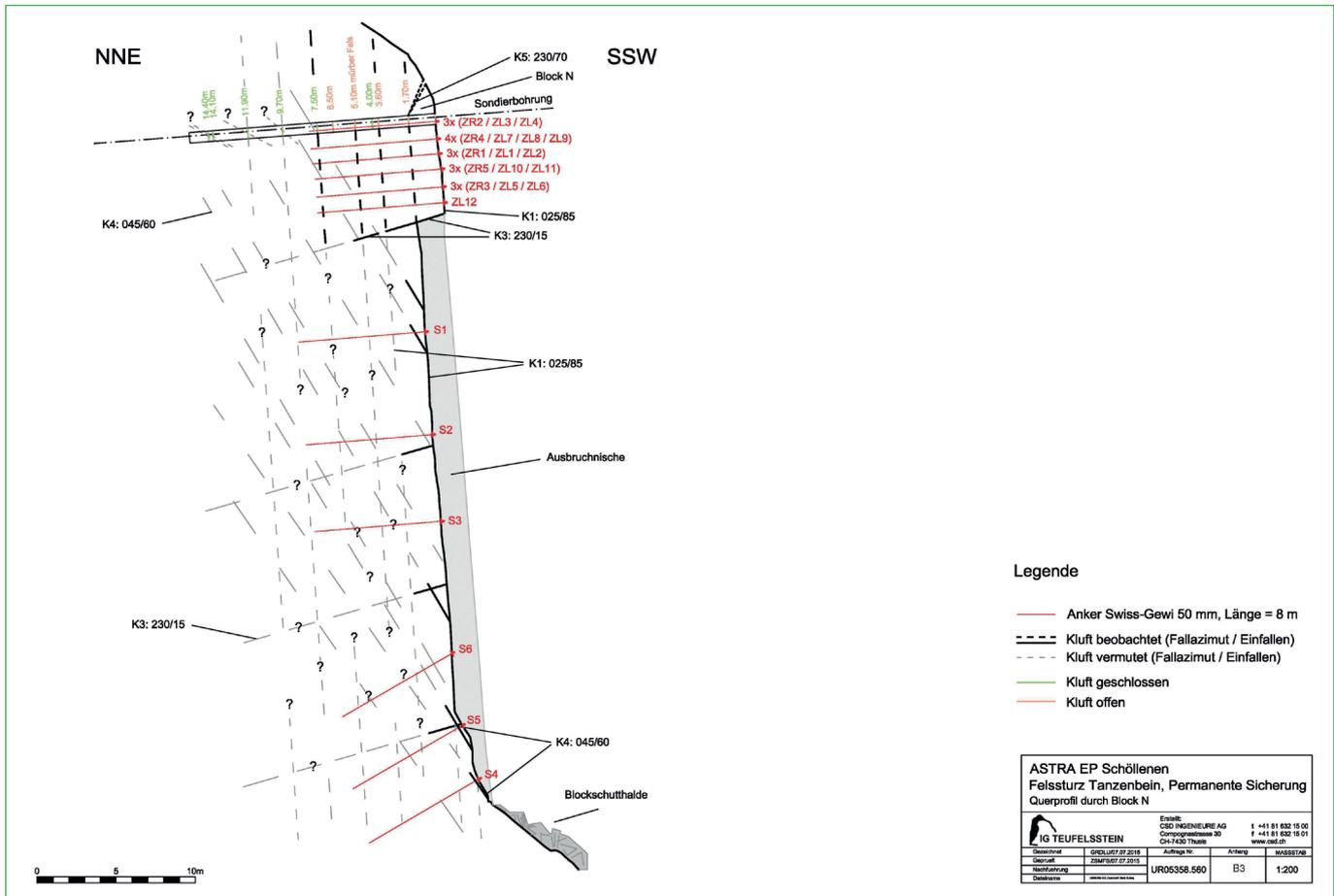


Abbildung 5: Geologischer Querschnitt durch die Ausbruchsstelle und Darstellung der Sicherungsmassnahmen. IG Teufelsstein, Gasser Felstechnik AG.

durchtrennt. Auf Grund der weiten Kluftabstände von mehreren Metern entstehen Trennflächenkörper von beachtlichen Dimensionen von bis zu 80 m<sup>3</sup>. Charakteristisch in der ganzen Schöllenschlucht ist die Disposition für eine ausgeprägte, zwiebelschalenartige Ablösung von meterdicken Gesteinsplatten parallel zu den Talflanken längs der Talklüftung.

Die genaue Ursache des Felssturzereignisses konnte nicht abschliessend eruiert werden. Die ungünstigen Wetterverhältnisse der dem Ereignis vorangehenden Tage mit Frost-/Tau-Wechseln und mit viel Schmelzwassereintrag hatten vermutlich zu einer Zunahme der Kluft- und Porenwasserdrücke und somit zu einer Destabilisierung der Felspartie beigetragen. Möglich ist auch ein Versagen des Felsfusses mit Abgleiten der gesamten Felspartie. Ein Überkippen erschien aufgrund der Kluftgeometrie als weniger wahrscheinlich. Der Felssturz kann für den Bereich der Schöllenschlucht als 100- bis 300-jährliches Ereignis eingestuft werden.

Im Bereich der ausgebrochenen Felsmassen auf rund 1'700 m ü. M. wurden durch das Versagen des Felspfeilers die seitlichen Flanken freigelegt und stark aufgelöst. Bedingt durch die neu entstandenen Freiheitsgrade war die seitliche Stabilität der Felsflanken reduziert (siehe Abbildung 4). Ebenso musste die Stabilität der über der Ausbruchzone noch hängenden Felsmassen von rund 145 m<sup>3</sup> in Frage gestellt werden (siehe geologisches Querprofil durch die Ausbruchsstelle in Abbildung 5).

Transit- und Ablagerungsgebiet: Das Felsmaterial stürzte zuerst über einen hauptsächlich grasbewachsenen Steilhang, danach über eine rund 50 m hohe Felswand und nachfolgend über eine mehr oder weniger mit Legföhren bewachsene Schutthalde bis zur gut 400 Meter tiefer gelegenen Strassengalerie. Einige Blöcke stürzten sogar darüber hinaus bis in die Reuss.

Nebst dem instabilen Ausbruchsgebiet bildeten die zahlreich im Sturzperimeter labil abgelagerten Grossblöcke mit Massen bis zu 10 Tonnen sowie die Blockschuttablagerungen im Bereich der steilen Zwischentraversen und Runsen ein weiteres Gefahrenpotential. Diese Gesteinsmassen drohten bei Niederschlägen mit entsprechender Hangwasserführung abzugleiten. Zusammen mit dem abgelagerten Feinmaterial wären auch Murgänge nicht auszuschliessen gewesen (siehe Abbildung 6).

Im Gebiet Chaltbrunnen wurde bislang aufgrund des ausgewiesenen monetarisierten Risikos aus Intensitäten von Blockschlag in Funktion der Jährlichkeiten und des Schadensausmasses zwar ein Handlungsbedarf ausgewiesen, aber infolge der nicht erfüllten Kostenwirksamkeit von möglichen Massnahmen nichts umgesetzt und dies als Restrisiko akzeptiert. Durch das Ereignis vom 20. Mai 2015 stellten sich in dessen Umfeld neue Verhältnisse ein, welche die Auslösung von Folgeereignissen begünstigten.

Anlässlich einer Koordinationssitzung am Sonntag, 24. Mai 2015 im Bauleitungsbüro in

Göschenen wurde die Situation sorgfältig abgewogen, die Gefährdungslage analysiert und über das weitere Vorgehen entschieden. Unter der Prämisse „Sicherheit hat oberste Priorität“ und hinsichtlich des zu erwartenden grossen Verkehrsaufkommens am Pfingstwochenende wurde entschieden, die Strasse ab dem Pfingstmontag, den 25. Mai 2015 ab 15:00 Uhr gänzlich für den Verkehr zu sperren. Dies aufgrund der folgenden Faktenlage und Szenarien:

- Die Stabilität der Felsflanken der unter-schnittenen Felsmassen als auch diejenige der in der Wand verbleibenden Grossblöcke wurde als kritisch beurteilt. Mit einem Nachbrechen der Gesteinsmassen musste jederzeit gerechnet werden.
- Die abgelagerten Grossblöcke in den Sturzrinnen befanden sich in labiler Lage. Mit den für den Folgetag angekündigten Niederschlägen musste angenommen werden, dass weitere Grossblöcke abrutschen würden.
- Die Galerie ist nur für Lawineneinwirkungen ausgelegt. Eine zusätzliche Auflast



Abbildung 6: Abgelagerte Sturzmassen in den steilen Rinnen oberhalb der Galerie Tanzenbein. Foto: IG Teufelsstein.

zu den bereits aus dem Ereignis abgelagerten Grossblöcken würde die zulässige Traglast der Galeriekonstruktion überschreiten.

### Massnahmenevaluation und Erstsicherungsarbeiten (Phase 1)

Bereits nach der Auswertung der ersten Rekonoszierungen wurden mögliche Massnahmen im Ablösungsgebiet und im Sturzperimeter im Projektteam diskutiert und analysiert. Basierend auf den erarbeiteten Szenarien ging es darum, eine auf die Gesamtsituation abgestimmte Sanierungslösung zu finden. Im Vordergrund standen dabei die beiden Lösungsansätze „Felssicherungen“ oder „Sprengungen“. Das Risiko von Nachbrüchen, ausgelöst durch Erschütterungen bei den Bohrarbeiten, bestand bei beiden Varianten. Insofern beschränkte sich die Argumentation zur Lösungsfindung weitgehend auf die Tragstruktur des Felsgefüges im Endzustand.

Ein wichtiger Aspekt bildeten dabei die unterschrittenen Felsmassen über der Ablösungszone, welchen eine massgeblich stützende Wirkung der Seitenflanken zuzuordnen war (siehe Abbildung 3). Bei einer Sprengung dieser Felsmassen musste damit gerechnet werden, dass die Seitenflanken ausbrechen und der abschälende Sturzprozess nach Norden und Süden ausgedehnt würde. Bei diesem Prozessablauf wäre mit weiteren grossblockigen Niederbrüchen und entsprechenden Schäden im Bereich der darunter liegenden Verkehrsträger zu rechnen gewesen. Wie die statischen Berechnungen der Lawingalerie gezeigt haben, war die Konstruktion mit der Auflast der Ablagerungen aus dem Ereignis bereits an ihrer Tragbarkeitsgrenze oder sogar darüber. Ein weiteres Aufbringen von Sturzmaterial auf das Galeriedach aus den Sprengungen hätte mit grosser Wahrscheinlichkeit zum Einsturz von Teilen der Galeriekonstruktion geführt. Zudem war der sich daraus ergebende

Zustand im Ablösungsgebiet ungewiss und erforderte eine entsprechende Neubeurteilung und nach Bedarf auch umfangreichere Massnahmen im erweiterten Ablösungsgebiet. In der Gesamtabwägung sämtlicher Sicherheits- und Risikoaspekte erwies sich die Variante „Sicherung“ als richtige Lösung. Der sich nach dem Felssturzereignis eingestellte Gleichgewichtszustand sollte durch entsprechende Vernagelungen und begleitende Massnahmen gesichert werden.

In Anlehnung an die zwischenzeitlich durchgeführten Analysen sowie in Kenntnis des öffentlichen Drucks zur baldigen Strassenöffnung wurde im Projektteam ein zweiphasiges Massnahmenkonzept entwickelt. Dieses umfasste in einem ersten Schritt die Ausführung der unabdinglichen Erstsicherungs- und Räumungsarbeiten im Sinne der Ereignisbewältigung, damit nach Möglichkeit eine frühzeitige Strassenöffnung oder ein beschränktes Verkehrsregime frühzeitig möglich würde

Tabelle 1: Gefährdungsbilder im Bereich des Ausbruches und Massnahmen

Gefährdungsbild GF		Massnahmen
GF0	Gefährdung der Arbeiten durch Nachbrüche der instabilen Felsmassen	Gewährleistung der Arbeitssicherheit durch sukzessive Sicherung (Verankerungen) von oben nach unten: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Verdübelung der Flanken seitlich der überhängenden Blöcke oberhalb Ausbruch</li> <li>• Sicherung des nördlichen Felszapfens (siehe Abb. 4) oberhalb Ausbruchnische vor Ankerarbeiten an Flanken unterhalb</li> <li>• Sicherung der rechten, hohl aufliegenden Flankenplatte mittels Handbohrankern</li> </ul>
GF1	Absturz der überhängenden Blöcke oberhalb Ausbruch (z.B. via Versagen des nördlichen Felszapfens oder Reduktion der seitlichen Einspannung durch Frost-Tauwechsel)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Massnahmen: Aufhängen gesamte Masse mittels Verdübelung</li> <li>• Verfüllung Spalt hinter Zapfen mittels Beton <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bewahrung Dübelwirkung; Begrenzung Biegebeanspruchung und Deformation Dübel</li> <li>• Begrenzung Wasserzutritte in seitliche Pfeiler</li> </ul> </li> </ul>
GF2	Versagen der seitlichen Flanken durch Abgleiten / Abscheren in Basis auf Kluft K4 (analog Ausbruch vom 20.05.2015) und Folgeversagen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verdübelung der potentiellen Scher-/Gleitzone im Fuss</li> </ul>
GF3	Auflockerung Pfeiler / Verscheren von Pfeilern und Knicken / Ausscheren	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lagefixierung und Spannungskonservierung der Pfeiler mittels Dübel (und Handbohrdübel)</li> </ul>
GF4	Tiefere, zum Ereignis vom 20. Mai 2015 analoge Ausbrüche (im Bereich der bestehenden Ausbruchnische und/oder auch seitlich)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Abgestimmte Längenwahl der Dübel</li> </ul>
GF5	Gebirgsauflockerung infolge veränderter Wasserwegsamkeiten und veränderter Frosteinwirkungen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verfüllung Spalt hinter Zapfen mittels Beton (siehe auch GF1)</li> <li>• Drainagemassnahmen</li> </ul>

(Phase 1). Der zweite Schritt umfasste dann die ergänzenden und weitergehenden Sicherungs- und Schutzmassnahmen (Phase 2). Im Sinne der Zielvorgaben der Bauherrschaft wurden diese Massnahmen auf folgende wesentlichen Punkte beschränkt:

- räumlich: Es ist nur der unmittelbar durch den Ausbruch beeinflusste Bereich zu sichern
- Umfang: Die Sicherungsmassnahmen sind im Umfang so zu beschränken, dass ein Sicherheitszustand hergestellt werden kann, welcher der generellen Felssturzgefährdung im Gebiet Kaltbrunnen entspricht.

Die massgeblichen Gefährdungsbilder im Bereich des Ausbruches in der Felswand und die daraus hergeleiteten Massnahmen sind in der Tabelle 1 aufgelistet.

Unmittelbar nach der Strassensperrung vom Pfingstmontag, 25. Mai 2015 wurde mit den Baustelleneinrichtungen und den umfangreichen Massnahmen für die Baulogistik begonnen (siehe auch Kapitel „Baulogistik“). Im Rahmen der Erstsicherungsmassnahmen wurden zuerst der Kopfbereich der seitlichen Felsflanken sowie die überhängenden Felsmassen und im zweiten Schritt die Flanken-Fussbereiche mittels Stabankern gesichert (siehe Abbildung 7 und Abbildung 8). Im Sinne der Arbeitssicherheit erfolgten sämtliche Arbeiten generell von oben nach unten. Die Detailprojektierung der Massnahmen erfolgte dabei – bedingt durch die engen Terminvorgaben – fortlaufend und weitgehend „just in time“.

Nach den Erstsicherungen im Ausbruchgebiet erfolgte anschliessend die Räumung der Sturz- bzw. Hangzonen. Dabei ging es in der ersten Phase darum, Grossblöcke soweit zu zerkleinern bzw. abzutragen, dass diese keine Gefährdung der Lawinengalerie bzw. folglich für den Strassenverkehr darstellten. Die Gross-



Abbildung 7: Ausführung der Erstsicherungsmassnahmen im Kopfbereich der Ablösezone. Foto: Gasser Felstechnik AG.

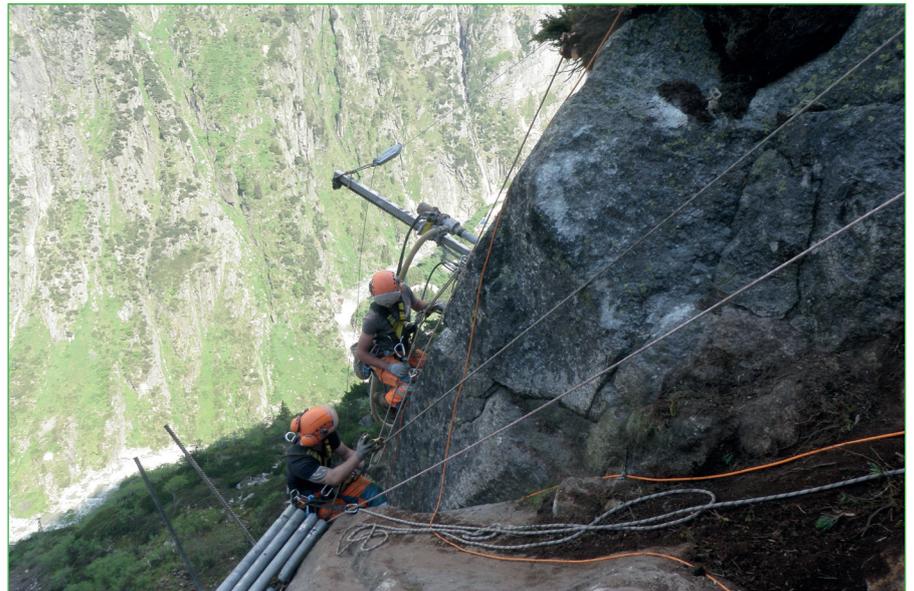


Abbildung 8: Versetzen der Erstsicherungsanker im Bereich der Seitenflanken hoch über der Schöllenen-schlucht. Foto: IG Teufelsstein.

blöcke wurden sprengtechnisch zerkleinert und dann kontrolliert zum Absturz gebracht (siehe Abbildung 9). Das unterliegende Galerie-dach wurde entsprechend periodisch von den Sturzmassen geräumt. In einem letzten Arbeitsgang wurden schliesslich auch noch die beim Felssturz abgelagerten Grossblöcke auf der Galeriekonstruktion abgetragen.

Am Freitag 26. Juni 2015 um 16.00 Uhr wur-



Abbildung 9: Zerkleinerung und Abtrag von Blockmaterial im Sturzperimeter. Foto: IG Teufelsstein.

de die Strasse zwischen Göschenen und Andermatt wieder für den Verkehr freigegeben. Die Verkehrsregimes für die beiden laufenden Baustellen wurden wieder in Betrieb genommen.

**Weitergehende Schutzmassnahmen (Phase 2)**

Nachdem die Phase der Erstsicherungsarbeiten abgeschlossen war und die Schöllenenstrasse wieder freigegeben werden konnte, wurde in Anlehnung an das Sicherungskonzept an den definitiven und ergänzenden Sicherungsmassnahmen im Ablösungsgebiet nahtlos weitergearbeitet. Diese Arbeiten umfassten neben der ergänzenden Anordnung von Felsankern auch die Ausbildung des Kraftschlusses im Übergang der überhängenden Felsmassen zu den seitlichen Felsflanken mit Spritzbeton. Im Weiteren wurde auch der Felskopfbereich abgedichtet, damit die Frosteinwirkungen auf das Felsgefüge reduziert werden konnten. Im Sturz- bzw. Hangbereich wurden weitere Blöcke zerkleinert oder gesichert sowie entsprechende Hangräumungen teils maschinell vorgenommen. Zum Schutz des Langsamverkehrs auf dem Dach der



Abbildung 11: Fertigstellungsarbeiten am Schutzdamm. Foto: IG Teufelsstein.

Galerie Tanzenbein wurde ein ergänzender Schutzdamm im obliegenden Hang erstellt (siehe Abbildung 11). Die erforderliche Schutzdammlänge und -höhe wurden auf Basis von Gefährdungsbildern und Sturzmodellierungen vorgängig dimensioniert.

Am Freitag 26. September 2015 konnten die weitergehenden Sicherungs- und Schutzmassnahmen abgeschlossen und die Baustellen geräumt werden.

Tabelle 2 gibt einen Überblick über das Ausmass der erstellten Sicherungsmassnahmen am Fels. In Abbildung 10 sind die umgesetzten Massnahmen im Bereich der Ausbruchsstelle schematisch dargestellt. Tabelle 3 zeigt die wichtigsten Eckdaten zum Neubau des Steinschlagschutzdammes.

Die Kosten für die Bewältigung des Sturzeignisses beliefen sich auf rund 4.1 Mio. CHF.

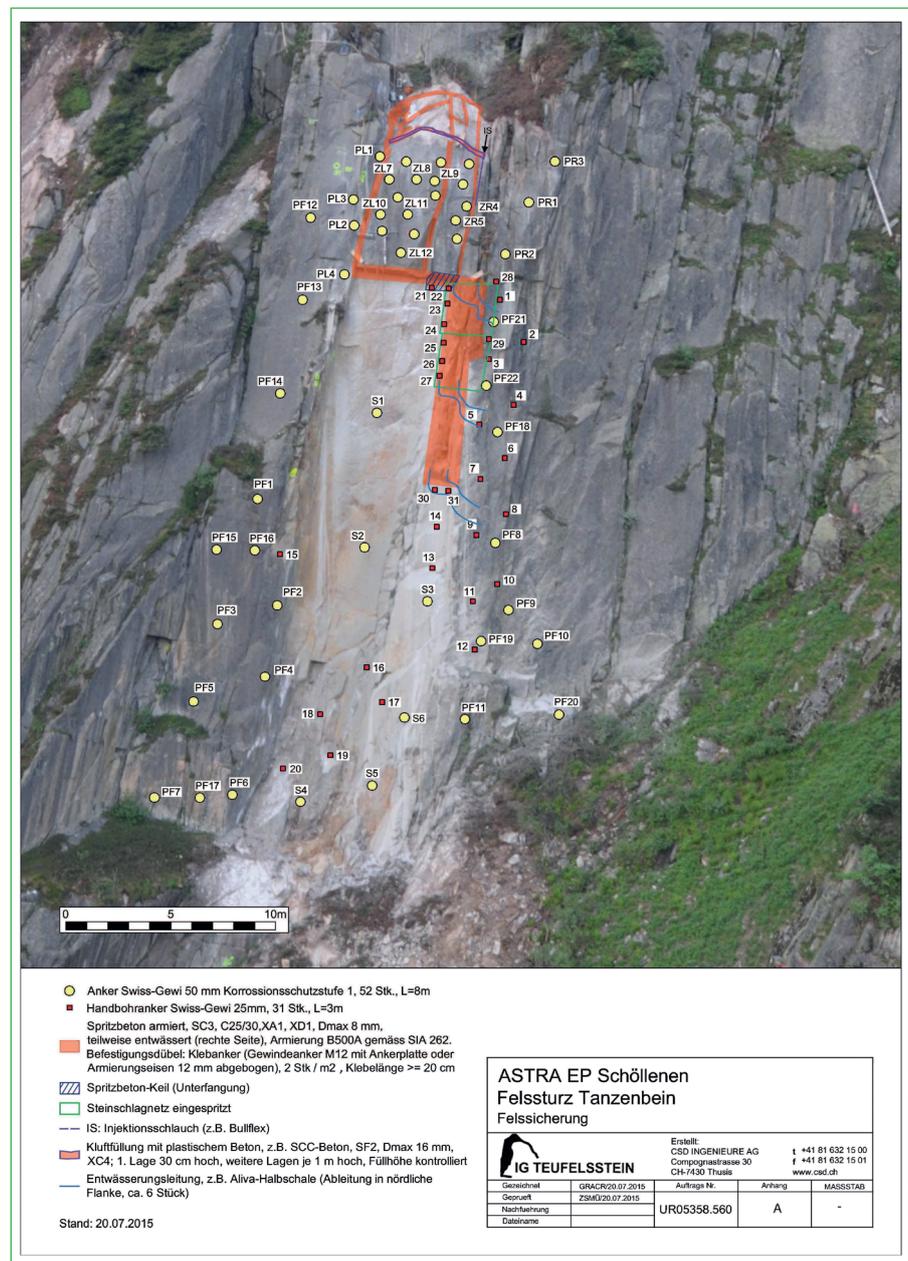


Abbildung 10: Übersicht der definitiven Sicherungsmassnahmen im Bereich der Ausbruchsstelle. IG Teufelsstein.

Tabelle 2: Materialbedarf für die Felsicherungsmassnahmen

Bauteil	Ausmass
Felsanker Gewi 50, Länge 8 m	52 Stück
Felsanker Gewi 25, Länge 2.5 bis 3 m	41 Stück
Hilfs- und Kurzanker für Personenschutz	80 Stück
Injektionsmörtel	9'800 kg
Spritzbeton	93'000 kg
Arbeitsgerüste	190 m <sup>2</sup>

Tabelle 3: Eckdaten zum Neubau des Steinschlagschutzdammes

Bauteil	Ausmass
Dammlänge	40 m
Dammhöhe bergseitig	3 m
Konstruktionshöhe talseitig	bis 6 m
Dimensionierungsgrösse (Blockgrösse / Einwirkungsenergie)	1 m <sup>3</sup> / 400 kJ
Blockbedarf	790 t
Betonbedarf	150 m <sup>3</sup>

### Ausgewählte Aspekte zur Bewältigung des Ereignisses Projektorganisation

Bedingt durch die laufenden Bauarbeiten an der Gotthard Passstrasse in der Schöllenen waren bereits Unternehmungen vor Ort und konnten innert kurzer Zeit für die ersten Sofortmassnahmen beigezogen werden. Ebenso waren mit der IG Teufelsstein Planer und Spezialisten vor Ort involviert, die sofort die Beurteilungen und Einschätzungen vornehmen konnten. Zudem waren durch den Baustellenbetrieb auch Notfallkonzepte vorhanden, die sofort zum Einsatz kamen. Unmittelbar nach dem Ereignis wurde in der sogenannten „Ereignisorganisation“ gearbeitet.

In Abbildung 12 ist das Organigramm der Ereignisorganisation für die Erstbeurteilung und Sofortmassnahmen dargestellt. Es zeigt auf, wie komplex die Strukturen bereits in der ersten Phase der Bewältigung waren, und dass eine stattliche Anzahl an Personen und Institutionen darin involviert war.

Für die Phase der Massnahmenumsetzung (Phasen 1 und 2) wurde von der Ereignisorganisation in eine Projektorganisation gewechselt, deren Strukturen noch um einiges an Komplexität zunahmen.

### Überwachungskonzept und Alarmierung

Basierend auf den erarbeiteten Szenarien wurde das bestehende Baustellen-Notfallkonzept mit einem Messüberwachungskonzept

ergänzt. Ziel der Überwachung war, jederzeit die Arbeitssicherheit und – für die späteren Arbeiten bei geöffneter Passstrasse – die Verkehrssicherheit zu gewährleisten.

Die messtechnische Überwachung im Ablösungsgebiet umfasste die folgenden Elemente:

- Vermessung von 16 geodätischen Referenzpunkten in der Felswand und zehn Einzelblöcken in der Schutthalde mittels einer automatischen Tachymeterstation im 15-Minuten-Rhythmus

- Fünf Telejointmeter zur Überwachung von Bewegungen an Rissen und Kluftöffnungen an ausgewählten und neuralgischen

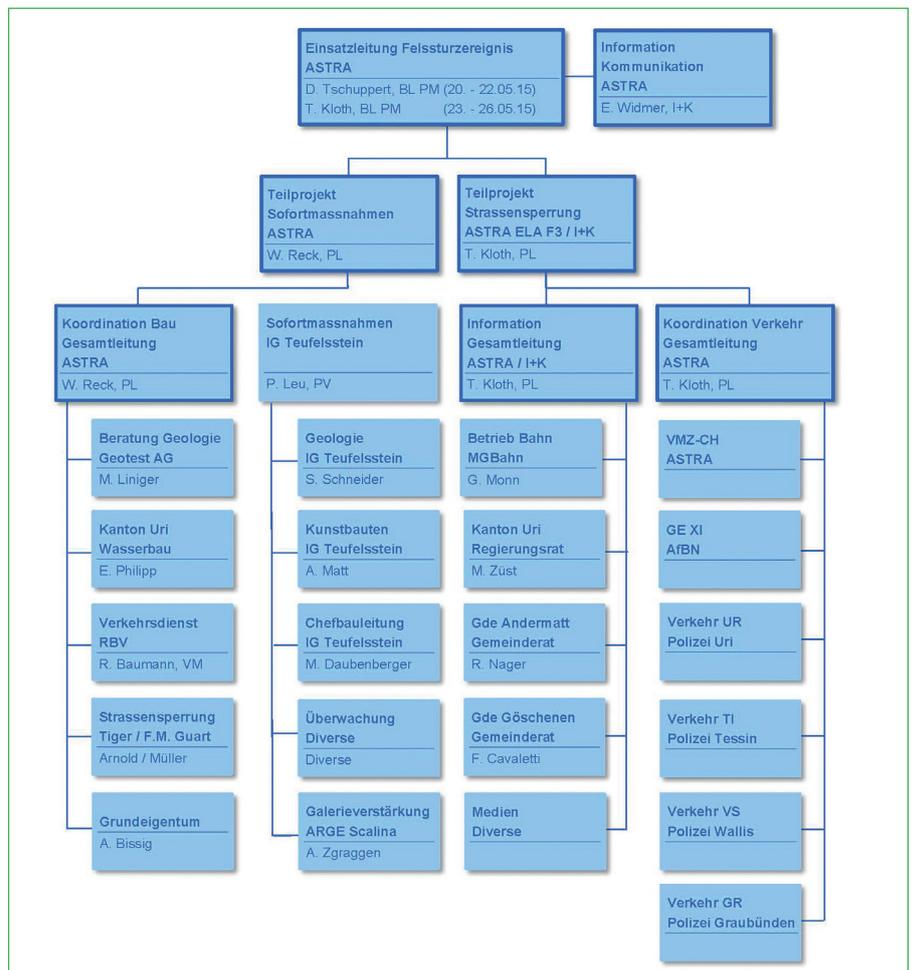


Abbildung 12: Organigramm der Ereignisorganisation für die Erstbeurteilung und Sofortmassnahmen. IG Teufelsstein.

Stellen im Ausbruchsgebiet

- Fünf Rissmeter zur Ergänzung der automatischen Messungen, täglich manuelle Ablesung
- Periodische Vermessung des weiteren Gebietes mittels Georadar (im Tages- bis Wochenintervall) zur Detektion von möglichen Bewegungen im weiteren Umfeld der Ausbruchsstelle und zur flächigen Überwachung der Bewegungen im Ablagerungsbereich in den Schutthalden unterhalb der Ausbruchsstelle
- Täglich optische Kontrollen vor Ort im Ausbruchs- und Baustellenbereich durch Geologen und Fachspezialisten
- Für die anspruchsvolle Beräumung der Sturzablagerungen in den steilen Schutthalden wurde zusätzlich ein dauernd besetzter Beobachtungsposten am Gegenhang eingerichtet.
- Zudem wurden Kriterien festgelegt, ab welchen Witterungsbedingungen (Niederschläge, Wind, Nebel) die Bauarbeiten eingestellt werden.

Im Überwachungskonzept wurden die Vor- und Alarmwerte sowie das Verhalten und Vorgehen bei Überschreitungen definiert. Beim Erreichen von Voralarmwerten wurden die Werte durch den Geologen analysiert und je nach Bedarf weitere Massnahmen eingeleitet. Bei kritischer Entwicklung von Messwerten, z.B. kontinuierliche Zunahme von Deformationen oder bei angekündigten Starkniederschlägen konnte auch frühzeitig ein Alarm ausgelöst respektive eine Räumung des Gefahrenbereichs verfügt werden.

Eine Alarmwert-Überschreitung bei den Jointmetern führte zur automatischen Alarmauslösung. Das Alarmsignal wurde unmittelbar per Funk übertragen und führte zur direkten Auslösung eines akustischen und optischen Warnsignals auf der Baustelle als auch direkt auf dem Baustellenfunk des Felsbauunternehmers, so dass die Arbeiter vor Ort in Echtzeit

alarmiert werden konnten. Bei Alarmwert-Überschreitung der tachymetrischen Überwachung wurde ein SMS ausgesendet. Die Radarüberwachung erfolgte periodisch. Die Resultate wurden unverzüglich ausgewertet und interpretiert. Im Falle kritischer Veränderungen wäre eine Evakuierung aus dem Gefahrenbereich verfügt worden. Ereignisse oder Hinweise auf möglicherweise bevorstehende Ereignisse aus der Beobachtung vom Gegenhang wurden durch die Beobachtungsstellen unmittelbar per Funk auf die Baustelle übermittelt.

Zu Ausbrüchen von Felsmassen kam es während der ganzen Bearbeitungsdauer nie. Während der ganzen Zeit der Messüberwachung kam es jedoch zu mehreren Voralarmen und einigen Alarmwert-Überschreitungen, welche gemäss den definierten Handlungsanweisungen abgehandelt wurden. Die Interpretation der Messdaten war herausfordernd, galt es doch zu eruieren, ob die registrierten Schwellenwertüberschreitungen auf äussere Einflüsse oder technische Probleme der Messeinrichtungen zurückzuführen waren oder ob tatsächliche Bewegungen am Fels abgebildet wurden. Für die registrierten Bewegungen konnten verschiedene Ursachen ausgemacht werden:

- Die z.T. extremen Temperaturschwankungen zwischen Tag und Nacht führten zu deutlichen Tagesgängen in den Messkurven. Dies dürfte auf effektive temperaturindizierte Bewegungen der Felsmassen als auch auf Längenausdehnungen der Messeinrichtung (Telejointmeter) zurückzuführen sein.
- Einige geodätische Messpunkte lieferten zeitweise am späten Nachmittag ungenaue Messwerte. Dies konnte darauf zurückgeführt werden, dass für gewisse Punkte die Messrichtung vom Fusse der Felswand schräg die Wand hoch am Abend gegen die untergehende Sonne

gerichtet war.

- Die äusserst sensiblen Telejointmeter und die Spiegel der geodätischen Vermessung mussten zwangsläufig im Perimeter der Sicherungsarbeiten versetzt werden. Trotz höchster Vorsicht der Felsicherungsspezialisten waren Störungen der Einrichtungen kaum vermeidbar (unabsichtliche Berührungen, Störungen durch herabhängende Seile, Verschmutzungen der Spiegel durch Bohrstaub, etc.). Zumindest die Telejointmeter konnten durch das Anbringen von Holzabdeckungen teilweise geschützt werden. Die Spiegel mussten regelmässig gereinigt werden.

### Baulogistik

Die Sicherstellung der Baulogistik stellte eine grosse Herausforderung dar. Mit dem Ziel einer möglichst schnellen Umsetzung der Erstsicherungsmaßnahmen wurden die Arbeiten im Zweischichtbetrieb organisiert. Das Ablösungsgebiet war selbst zu Fuss nur schwer und nur am Seil erreichbar und die Materialtransporte waren nur mit dem Helikopter möglich. Der Helikoptereinsatz war zudem durch die in der Schöllenen stets vorherrschenden, starken Winde, teils dichten Nebel sowie die oberhalb des Baubereiches verlaufenden Hochspannungsleitungen massiv erschwert (siehe Abbildung 13). Die Personal- und Materialtransporte mussten folglich auf die Wetterlagen abgestimmt werden. Die Flugintervalle wurden auf die morgens und abends schwächeren Thermikwinde angepasst. Für die ganze Ereignisbewältigung wurden rund 90 Helikopterstunden benötigt.

Da wegen der Wetterbedingungen der Helikopter an gewissen Tagen nicht oder nur teilweise zum Einsatz kommen konnte, musste gemäss den Vorgaben der SUVA zur Sicherstellung des Sicherheits- und Rettungskonzeptes eine alternative Notversorgung der Baustelle ge-



Abbildung 13: Die Baustelleninstallationen und Personentransporte im schwierigen und exponierten Gelände erfolgten per Helikopter mit eingeschränktem Flugkorridor aufgrund der bestehenden Hochspannungsleitungen. Foto: Gasser Felstechnik AG.

sucht werden. Glücklicherweise konnte dieser Notzugang durch eine naheliegende Materialseilbahn einer Elektrizitätsgesellschaft sichergestellt werden. Damit die Materialseilbahn in Betrieb genommen werden konnte, mussten jedoch erst die Zufahrtsstrasse bis auf den Bözberg vom Schnee geräumt und die Strasse fahrbar gemacht werden.

### Verkehrsmanagement

Unmittelbar nach dem Entscheid zur definitiven Sperrung der Schöllenenstrasse wurden die zuständige Verkehrsmanagementzentrale Emmen sowie die Verkehrspolizeien der Kantone Uri und Tessin anlässlich einer Koordinationssitzung über die sich abzeichnende Sperrung informiert. Angesichts des am Pfingstmontag zu erwartenden grossen Verkehrsaufkommens Richtung Norden wurden entsprechende grossräumige Verkehrsumleitungen definiert und konzeptionell festgelegt. In Zusammenarbeit mit dem kantonalen Amt für Betrieb Nationalstrassen wurden zudem die erforderlichen Signalisationen und Be-

schilderungen definiert und organisiert. Die Zufahrt in die Schöllenen musste, bedingt durch die laufenden Baustellen, von Süden und von Norden her aufrechterhalten werden. Dazu wurden in Göschenen und in Andermatt je ein Sicherheitsposten eingerichtet und bemannt.

Bedingt durch die Bedeutung der Schöllenenstrasse bezüglich der Erschliessung und Versorgung des Urserentals kam der frühzeitigen Koordination der Strassensperrung eine grosse Bedeutung zu. Der Kanton Uri, die Matterhorn Gotthard Bahn sowie die Gemeinden Andermatt, Hospental und Realp wurden frühzeitig über die geplante Strassensperrung informiert. Dadurch konnte sichergestellt werden, dass auf kantonaler und kommunaler Ebene eine ausreichende Vorlaufzeit bis zur Strassensperrung gewährleistet war. Mit Blick auf die verstärkte Nutzung der Matterhorn Gotthard Bahn durch Pendler wurden in Koordination mit den Gemeinden Andermatt und Göschenen Parkierungsflächen in der Nähe der Bahnhöfe organisiert und entsprechend

auch beschildert. Der bislang mit einem separaten Busbetrieb organisierte Velotransport zwischen Göschenen und Andermatt wurde auf die Bahn umdisponiert. Zur Sicherstellung der Baulogistik der beiden laufenden Baustellen in der Schöllenen wurden durch den Verkehrsoperator Zufahrtsbewilligungen ausgestellt. Eine grosse Bedeutung kam der Koordination der Blaulichtorganisationen während der Strassensperrung zu. Schliesslich ging es darum, den Notfalldienst ins Urserental sicherzustellen.

### Information und Kommunikation; Medienarbeit

Der Medienbewirtschaftung wurde eine grosse Bedeutung zugemessen, dies auch bezüglich des Pfingstverkehrs und der sich abzeichnenden Staubildungen am Gotthard. Hinsichtlich eines sich abzeichnenden grossen Medieninteresses wurde die Stabsstelle „Information+Kommunikation“ des ASTRAS als Kontakt- und Schnittstelle zu den Medien festgelegt. Bereits am Sonntag, 24. Mai 2015 wurde mit der Ausarbeitung von entsprechenden Medienmitteilungen begonnen, das Vorgehen auf das geplante Verkehrsmanagement abgestimmt und am Pfingstmontag, 25. Mai 2015 veröffentlicht.

Auf Einladung des Bundesamtes für Strassen wurde am Abend des 1. Juni 2015 Uhr in Andermatt eine Informationsveranstaltung für die Bevölkerung durchgeführt. Die zahlreich erschienenen Einwohnerinnen und Einwohner des Urserentals sowie weitere Interessierte und durch die Strassensperrung tangierte Personen wurden durch die Verantwortlichen des ASTRAS, des Kantons und der Gemeinden über den aktuellen Stand der Erkenntnisse sowie das geplante weitere Vorgehen informiert. Im Weiteren wurden die Anwesenden bezüglich der organisatorischen Massnahmen wie Bahnbetrieb MGB, erweiterten Parkierungsmöglichkeiten, Verkehrserschliessung

via Gotthardtunnel sowie der Sicherstellung der Notfallversorgung informiert. Ein möglicher Termin für die Wiedereröffnung der Schöllenenstrasse konnte nicht abschliessend bezeichnet werden. Basierend auf dem damaligen Kenntnisstand wurde auf eine mögliche Strassensperrung bis Mitte Juli 2015 verwiesen. Das grosse Interesse der Medien und der Öffentlichkeit zeigte sich auch an der Tatsache, dass das Schweizer Fernsehen live von diesem Anlass berichtete.

Am Freitag, 19. Juni 2015 besuchte Bundesrätin Doris Leuthard die Baustelle und liess sich durch die Projektverantwortlichen über den Stand der Arbeit informieren. Im Rahmen der anschliessenden zweiten Informationsveranstaltung in Andermatt konnte dann Bundesrätin Leuthard den sich abzeichnenden Termin für die Wiedereröffnung der Schöllenenstrasse bekanntgeben.

## Diskussion und Fazit

Das vorliegende Fallbeispiel zeigt eindrücklich auf, wie sich aus einer latenten Gefahrenquelle eine akute Gefahrensituation entwickelt hat, nachdem ein Ereignis eingetreten ist und mit weiteren Folgeereignissen zu rechnen war. Zudem führt es auch vor Augen, wie ein zwar relativ seltenes, aber räumlich und zeitlich eng begrenztes Ereignis rasch zu überregionalem, gar nationalem Ausmass anwuchs und eine komplexe Organisation und Ereignisbewältigung nach sich zog.

Die im Folgenden diskutierten Aspekte sind nicht abschliessend, haben aber aus unserer Sicht massgebend zur erfolgreichen Ereignisbewältigung beigetragen.

Das möglichst zeitnahe Erlangen eines ersten Überblickes über das Ereignis, das Entwickeln erster geologischer Modellvorstellungen, eine daraus abgeleitete Szenarienbildung für die weitere Entwicklung der Situation und mögliche Massnahmen sind in der ersten Phase zentral. Im vorliegenden Fall war die Informa-

tionsbeschaffung jedoch über mehrere Tage wegen der misslichen Wetterverhältnisse stark eingeschränkt. Die risikobasierten Entscheidungen mussten deshalb auf die zur Verfügung stehenden Beobachtungen, Informationen und Messdaten abgestützt werden. Ein erstmaliges, umfassendes Bild der Situation konnte erst drei Tage nach dem Ereignis erhalten werden. Die Einschätzungen und Szenarien mussten dabei fortlaufend dem aktuellen Wissensstand angepasst werden, was der Bearbeitung zwangsläufig eine hohe Dynamik verlieh.

Eine möglichst baldige Definition einer klaren Projektstruktur hat sich bewährt. Auch wenn in einer ersten Phase die Zeit knapp ist und andere Aufgaben drängen: Eine klare Projektstruktur und Einsatzorganisation hilft zur Klärung von Entscheidungskompetenzen, regelt die Kommunikation und sorgt für klare und geordnete Abläufe. Solche Strukturen für Ereignisbewältigungen können natürlich auch bis zu einem gewissen Grad vorbereitet werden. Wichtig erscheint, dass die Strukturen im Ereignisfall verfügbar und bekannt sind und angewendet werden oder spätestens dann definiert werden. Im vorliegenden Fall konnte wegen der laufenden Baustelle die Ereignisorganisation optimal und professionell organisiert werden. Gewisse Notfallkonzepte waren bereits vorhanden und kamen zum Tragen. Zudem waren Unternehmungen bereits auf Platz, welche erste Sofortmassnahmen direkt umsetzen konnten. Auch seitens der Bauherrschaft, der Bauleitung, der Geologen und der Projektingenieure konnte auf ein Team zurückgegriffen werden, welches durch die laufenden Arbeiten bestens mit der Situation vor Ort vertraut war. Des Weiteren konnte vor Ort bestehende Infrastrukturen zurückgegriffen werden (Bauleitungsbüro mit Sitzungszimmer, Arbeitsplätzen, PCs, Druckern und Kopiergeräten). Diese Situation kann im vorliegenden Fall sicher als spezieller Umstand gewertet

werden, welcher eine rasche Reaktion aller Beteiligten auf das Ereignis begünstigte.

Der Felssturz ging kurz vor Pfingsten nieder. Die Erstbewältigung und die Umsetzung der Sofortmassnahmen fanden somit unter ausserordentlichem Einsatz aller Beteiligten über das Pfingstwochenende statt. Auch die weiteren Beurteilungen und Massnahmenumsetzungen fanden unter hohem zeitlichem Druck und unter grosser Erwartungshaltung der betroffenen Bevölkerung statt, was einen kurzfristig zu gewährleistenden, hohen Personaleinsatz aller Beteiligten erforderte.

Die Tatsache, dass das Ereignis den Baustellenperimeter betroffen hat, führt uns die erhöhten Risiken von solchen Gebirgsbaustellen in exponiertem Gelände vor Augen (hohe Präsenzzeiten von Baustellenpersonal, Verkehrswarteräume vor Ampeln). Für die Baustelle in der Schöllenschlucht wurde diesem Umstand bereits in der Planungsphase mit einem ausführlichen „Sicherheitskonzept Naturgefahren“ Rechnung getragen. Nach dem Felssturzereignis wurde dieses Konzept auf Grund der gemachten Erfahrungen punktuell weiter verfeinert und optimiert.

Während der Ereignisbewältigung wurde dem Aspekt der Sicherheit jederzeit oberste Priorität zugemessen. Dank dem grossen Engagement und dem professionellen Handeln aller Beteiligten konnte das Projekt „Felssturzerereignis Schöllenen 2015“ ohne nennenswerte Zwischenfälle oder gar Personenschäden nach über vier Monaten abgeschlossen werden.