

Zeitschrift:	Swiss bulletin für angewandte Geologie = Swiss bulletin pour la géologie appliquée = Swiss bulletin per la geologia applicata = Swiss bulletin for applied geology
Herausgeber:	Schweizerische Vereinigung von Energie-Geowissenschaftern; Schweizerische Fachgruppe für Ingenieurgeologie
Band:	22 (2017)
Heft:	1
Artikel:	Rückblick der Ingenieurgeologie auf den Bau der Alpentransversalen : Tagung und Generalversammlung der SFIG, Olten, 7. April 2017
Autor:	Bollinger, Daniel
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-738122

Nutzungsbedingungen

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

Conditions d'utilisation

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

Terms of use

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

Download PDF: 26.01.2026

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

Rückblick der Ingenieurgeologie auf den Bau der Alpentransversalen – Tagung und Generalversammlung der SFIG, Olten, 7. April 2017

Daniel Bollinger¹

1 Tagungsthema

Am 1. Juni 2016 wurde der 57 km lange Gotthard-Basistunnel feierlich eröffnet, 9 Jahre nach dem Lötschberg-Basistunnel. Die Schweizerische Fachgruppe für Ingenieurgeologie (SFIG) nutzte diese Gegebenheit, um aus ingenieurgeologischer Sicht einen Blick auf die beiden Alpentransversalen (NEAT) zu werfen. Nicht fehlen durfte dabei die Frage zur Bedeutung der Zusammenarbeit zwischen Geologe und Bauingenieur sowie der Umgang mit geologischen Risiken aus Sicht eines Grossversicherers. Nicht unerwartet stiess das Tagungsthema auf grosses Interesse, wie die Zahl von rund 80 Teilnehmerinnen und Teilnehmern zeigte.

Ein Blick zurück: Die Erfolgsfaktoren für den zeit- und kostengerechten Bau des Gotthard-Basistunnels

Peter Zbinden, ehemaliger CEO der Alp Transit Gotthard AG eröffnete die Tagung mit einem Blick zurück, um die Erfolgsfaktoren für den Bau des Gotthard-Basistunnels aufzuzeigen. Er skizzierte in seinem – nach eigenen Aussagen nun wirklich letzten – Vortrag, den politischen Weg, den die NEAT nach Einreichen der Motion Sergio Salvioni im Jahre 1984 bis zur Zustimmung des Souveräns zum NEAT-Beschluss am 27. September 1992 nahm. Bereits während der politi-

schen Behandlung in den Jahren 1990–1992 steckten Geologen und Ingenieure die Köpfe zusammen, zwecks Vervollständigung des Gefahrenkatalogs, denn: «Wer die Gefahren kennt, kann zu deren Beherrschung die notwendigen Massnahmen zeitgerecht planen und umsetzen. Wer die Chancen kennt und die Massnahmen dazu ergreift, kann zur effizienten Zielerreichung beitragen.»

Dazu diente auch ein Gang in die Archive, nämlich die Auswertung früherer Tunnelbauprojekte, beginnend mit dem 64 m langen Urnerloch in der Schöllenlen (Bauzeit 1707–1708). Welche Lehren können aus diesen Projekten gezogen werden? – so die Fragestellung. Die Erkenntnisse waren vielfältig. Sie reichen von unterschätzten oder gar verschwiegenen Gefahren am Lötschberg-Scheiteltunnel (offenbar gab es Untersuchungen, die einen grösseren Tiefgang des Gasteralttropes prognostizierten) über – nach heutiger Auffassung – unfairen Vertragsverhältnissen und unfairem Bauherren/Bauherrenvertreter-Verhalten (Gotthard-Bahntunnel, Escher vs. Favre), nach politischen Kriterien entworfenen Kostenvoranschlägen (Hauenstein-Basistunnel) und unerwarteten Gebirgsdeformationen (Rawil-Tunnel) bis hin zum Thema Arbeitssicherheit.

Daraus wurden folgende Erfolgsfaktoren identifiziert:

- Auswahl von geeigneten Geologen und Ingenieuren als Team zu fairen Preisen;

¹ Vorstandsmitglied SFIG

- Vier-Augen-Prinzip;
- Qualitätsmanagement (Stand der Technik);
- offener Umgang mit Gefahren;
- Risikoanalysen und Massnahmenpläne;
- aktive und offene Kommunikation;
- umfassende Überwachungsmassnahmen;
- geeignete Organisation mit ungeteilter Verantwortung und klaren Kompetenzen;
- enge Zusammenarbeit mit der BLS Alp-Transit AG (Erfahrungen vom Bau des Lötschberg-Basistunnels, Bauzeit 1996-2006);
- Zusammenarbeit mit Lehre und Forschung;
- klare Grundsätze zu Planung und Projektierung («robust und einfach»);
- korrekter, nicht nach politischen Kriterien erstellter Kostenvoranschlag;
- Arbeitssicherheit durch Verlangen von Sicherheitskonzepten und Schulung.

Die konsequente Anwendung dieser und weiterer Erfolgsfaktoren trug massgeblich zum zeit- und kostengerechten Bau des Gotthard-Basistunnels bei. Das erklärte Ziel von null Todesopfern konnte indes nicht erreicht werden. 9 Bergleute bezahlten ihren Einsatz beim Bau dieses Jahrhundertbauwerks mit dem Leben.

Die Arbeit des Geologen im druckhaften Gebirge – spezielle Anforderungen

Nach diesen einleitenden Worten ging es ins Berginnere. Peter Guntli (Sieber Cassina und Handke AG, Chur), Projektgeologe im Abschnitt Sedrun des Gotthard-Basistunnels, erläuterte die speziellen Anforderungen an die Arbeit des Geologen im druckhaften Gebirge.

In der Prognose 1998 wurden das Tavetscher Zwischenmassiv (TZM) Nord und die Urseren-Garvera-Zone als Risikozonen eingestuft. Nachdem für die Piora-Mulde mit den Ergebnissen der dortigen Erkundung eine

Entwarnung gegeben werden konnte, wurde noch heftig über die Machbarkeit der Durchörterung des «TZM Nord» diskutiert. Das Gotthard Massiv hingegen wurde aufgrund der erwartet hohen Gesteinsfestigkeiten trotz der hohen Überlagerung als ohne besondere Risiken eingestuft.

Die Hauptgefährdungen in den Risikobereichen waren druckhaftes (Deformation von Querschnitt und Brust) sowie nachbrüchiges Verhalten an der Ortsbrust bis hin zu Ortsbrustinstabilitäten.

Die mutmassliche Risikozone «TZM Nord» wurde in Vortriebsrichtung systematisch mit vorauselgenden Bohrungen erkundet. Die Bohrkerne wurden im Detail analysiert sowie hinsichtlich Gesteinstyp und spröder Deformation bzw. Kakiritisierung klassifiziert. Darauf basierend wurden geologisch-geotechnische Homogenbereiche ausgeschieden, denen entsprechende bautechnische Massnahmen bzw. Ausbruchsicherungstypen zugeordnet wurden. Die Analysen erlaubten eine ingenieurgeologische Klassifikation des Gebirges in drei Kakiritisierungsgrade. Ungefähr 10% des erkundeten Gebirges entfielen auf die ungünstigste Klasse (extrem kakiritisierte Gesteine), circa 30% waren mäßig bis stark und gut 60% nicht oder nur schwach kakiritisiert. Für die einzelnen Klassen wurden Deformationen von 30-70 cm prognostiziert, mit entsprechenden Auswirkungen auf die Ausbruchquerschnitte (Mehrausbruch für Deformationen bis zu 75 cm) und die Ausbruchsicherung. Ab ca. 30 m hinter der Ortsbrust setzte der Einbau von Stahlträgern mit hohem Deformationsvermögen, Ankern und Spritzbeton ein.

Die Gebirgsdeformation im kreisrunden Tunnelprofil (Vollausbruch) wurde anhand von Messquerschnitten systematisch überwacht. Eine Intervention erfolgte nach dem Erreichen eines vorgegebenen Alarmwertes. Ein mächtiger Spritzbetonauftrag führte dann jeweils das Ende der Deformationen

herbei. Das gesamte Ausmass der Verformungen wurde erst etwa drei Tunneldurchmesser hinter der Ortsbrust klar.

Das Gebirge reagierte je nach Kakiritisierungsgrad mit sehr unterschiedlichen Deformationen. Änderungen von 30–70 cm Radialdeformationen über wenige Tunnelmeter waren keine Seltenheit. Auch die Abhängigkeit der Deformationen vom Verlauf der Tunnelachse zur Schichtung/Schieferung (stumpf- vs. spitzwinklig) zeigte sich deutlich.

Im Ergebnis kann festgehalten werden, dass beide Tunnelröhren ohne Überfirstung oder massgebende Nacharbeiten erstellt werden konnten. Die Vorhersagen der Radialdeformationen sahen sich im Befund insgesamt bestätigt.

Neben der Risikozone «TZM Nord» galt auch die Urseren-Garvera-Zone im Süden als problematisch. Die Zone war gegenüber der Prognose jedoch um $\frac{1}{3}$ weniger mächtig. Dank der Erfahrungen in der Beurteilung der Vorausbohrungen im TZM konnten die erforderlichen Sicherungsmassnahmen zudem schneller und präziser festgelegt werden. Im Weiteren erwiesen sich die Gesteine als wesentlich standfester und es wurde keine spröde Zerscherung angetroffen. So reichten 30% mit starrem Stahleinbau, anstatt 100% im nachgiebigen Stahl ausbau wie geplant. Die festgestellten Unterschiede sind darauf zurückzuführen, dass bei der Prognose von den Erfahrungen im Gotthard-Strassen-tunnel ausgegangen wurde. Im Vergleich zum näher an der Oberfläche verlaufenden Strassen-tunnel war die spröde Überprägung im tiefer liegenden Basistunnel nicht ausgebildet, was bessere Gebirgseigenschaften mit sich brachte. So konnte die Zone mit einem Zeitgewinn von einem Jahr bewältigt werden.

Als Fazit aus dem Abschnitt Sedrun kann folgendes festgehalten werden:

- Das verwendete Gebirgsverformungsmodell (Baugrundmodell) hat sich in der Pra-

xis bewährt. Die Befunde konnten gut ins Modell übertragen werden.

- Erfahrungen aus anderen Projekten sind stets kritisch zu hinterfragen.
- Es ist immer eine sorgfältige Auseinandersetzung mit Prognose und Befund sowie den Annahmen für die Planung der bau-technischen Massnahmen (Ausbruchsi-chung) erforderlich. Dazu ist eine Diskussion zwischen allen Projektbeteilig-ten (Geologe, Bauleitung, Projektingeni-eur, Experte) erforderlich.

Umgang mit Störungszonen – prognostizierte und unerwartete Störungen

Während der Gotthard-Basistunnel seit Dezember 2016 in fahrplanmässigem Betrieb ist, wird am Ceneri-Basistunnel weiterhin gearbeitet. Der Durchbruch erfolgte Ende Januar 2016, was Diego Pozzorini von der Dr. Baumer AG, Losone, Projektgeologe am Ceneri Basistunnel, die Gelegenheit zu einem Rückblick auf die Vortriebsarbeiten am 15.4 km langen, zweiröhri-gen Tunnel gab. Dabei fokussierte er auf den Umgang mit Störungszonen bzw. konkreter auf pro-gnostizierte und unerwartete sowie auf pro-gnostizierte, bezüglich Ausmass jedoch unerwartet mächtige Störungen.

Der Ceneri Basistunnel verläuft im südalpi-nen Grundgebirge direkt südlich der insubri-schen Linie. Er durchfährt von N nach S die Strona-Ceneri-Zone und dann die Val Colla Zone. Das Kristallin wurde alpin vor allem vom dextral-transpressiven Deformationsre-gime der Insubrischen Linie betroffen. Die bestehenden geologischen Atlasblätter ent-halten nur wenige Störungslineamente, eine Neukartierung drängte sich auf. Es zeigte sich bald, dass die Ceneri-Zone komplex auf-gebaut ist, einerseits lithologisch-petrogra-fisch durch eine sehr intensive Wechsellege-rung von verschiedenen Gesteinstypen und andererseits strukturell-tektonisch durch das Vorkommen verschiedenster Störungslinien.

neamente, deren Orientierungen bezüglich der Tunnelachsen stark variieren.

Wegen der Komplexität des Gebirgsaufbaus war die Tunnelprognose mit Unsicherheiten behaftet, insbesondere im nördlichen Abschnitt, wo der Tunnel die steil nach SE-fallenden Strukturen und Gesteinseinheiten sehr spitzwinklig ($10\text{--}15^\circ$) schneidet. Bau-technisch ungünstige Schichten können den Tunnel daher auf längeren Strecken begleiten. Auf Stufe Bauprojekt wurden geologisch-bautechnische Risikoanalysen durchgeführt, um die Auswirkungen der Prognoseunsicherheiten auf Bauzeiten und Baukosten zu erfassen und die Wahl der Vortriebsmethoden auf fundierte Unterlagen abzustützen.

Der Streubereich für Projektionen der Strukturen/Lineamente von der Oberfläche in die Tiefe war relativ gross. Daher war es schwierig, Störzonen auf Tunnelniveau in Lage und Mächtigkeit genau zu definieren. Diego Pozzorini erläuterte dies beispielhaft an drei bautechnisch relevanten, subparallel zum Tunnel verlaufenden Störzonen. Während die östliche und westliche ohne besondere Erschwernisse durchquert werden konnten, wich die mittlere deutlich von der Prognose ab. Dies, obwohl der Bereich vorgängig von der Terrainoberfläche aus mit einer Sondierbohrung erkannt wurde. Die Störung entpuppte sich im Befund als auf grösserer Mächtigkeit intensiv tektonisierte Zone, welche die beiden Tunnelröhren schleifend auf einer Länge von 470 m (Oströhre) bzw. 475 m (Weströhre) begleitet. Allein die Durchörterung dieser Zone beanspruchte 8 Monate (West) und 10 Monate (Ost) und verursachte einen Mehraufwand von rund 150 Arbeitstagen. Sie erforderte massive Ausbruchsicherungen (Stahlbögen im 1 m-Abstand, Anker, Netz und Spritzbeton).

Die Ursache der Abweichung zwischen Prognose und Befund liegt darin, dass auf Stufe Prognose linear in den Untergrund projiziert wurde, in natura sich die Störung räumlich indes in nicht linearer Weise erstreckt.

Als Fazit hielt Pozzorini fest, dass skalare Größen (z. B. RQD [rock quality description]) keine verlässlichen Werte für die Beurteilung der Ausbruchsicherung liefern. Die Wechselwirkungen zwischen Hohlraum und Gebirge sind zu komplex. Es braucht viel Erfahrung, um Gebirgsaufbau und Gebirgsverhalten zu verstehen. Unumgänglich ist das Denken in Gefährdungsbildern, welche einer qualitativen Einstufung entsprechen. Im Befund dagegen wird das Gebirge nach «Zahlen» quantitativ erfasst.

Jedes Gebirge hat seine Eigenheiten. Deshalb sind Vergleiche zwischen Tunnelprojekten vorsichtig anzustellen. Selbst innerhalb desselben Tunnels kann es grosse Unterschiede geben.

Destruktive Vorausbohrungen in der Tunnelachse haben sich als nützlich und kosteneffizient erwiesen. Deren Auswertung erfordert jedoch Erfahrung. Damit die Auswertungen einheitlich erfolgen und aussagekräftig sind, bedarf es einer harmonisierten Erfassungsmethodik sowie der Schulung aller zum Einsatz kommenden Personen. Mit in die Auswertung einzubeziehen sind die Bohrparameter, besonders Anpressdruck und Bohrgeschwindigkeit. Schliesslich ist es äusserst wichtig, Prognose und Befund stets miteinander zu vergleichen, um die Prognose den anfallenden Befunden anpassen zu können.

Rolle der Ingenieurgeologie aus der Sicht des Planers

Raphael Wick, Gähler und Partner AG, Ennetbaden, Gesamtprojektleiter GBTN beleuchtete in seinem Referat die Rolle der Ingenieurgeologie aus der Sicht des Planers, mit Fokus auf folgenden Fragen: Was sind die Voraussetzungen für eine erfolgreiche Zusammenarbeit? Wie wirkt sich die Vertragskonstellation auf die Zusammenarbeit aus?

Während die Aufgabe des Geologen haupt-

sächlich darin besteht, die geologischen und hydrogeologischen Daten zusammenzutragen und auszuwerten, Sondierungen vorzuschlagen und auszuführen und darauf basierend ein geologisch-hydrogeologisches Prognosemodell zu erstellen, liegt die Kernaufgabe des Bauingenieurs im Erarbeiten des geotechnischen Baugrundmodells, der Identifikation der bautechnischen Gefährdungsbilder sowie im Festlegen des Ausbaus, der Sicherungsklassen und -mittel. Zwischen diesen Aufgabenbereichen gibt es Schnittstellen, so insbesondere bei der Beratung zu den Gefährdungsbildern und den Sicherungsklassen. In der Ausführungsphase liegt die Rolle des Geologen vor allem in der geologischen Baubegleitung (Prognose vs. Befund) und der Beratung des Ingenieurs bei Abweichungen und sonst bei unvorhergesehenen Ereignissen geologischer Art. Der Geologe ist somit Grundlagenbeschaffer und Berater. Der Bauingenieur ist Projektverfasser. Er fällt bautechnische Entscheidungen und trägt hierfür die Verantwortung. Zum Gelingen eines Projekts ist eine enge Interaktion zwischen Geologe und Bauingenieur erforderlich.

Das Erfolgsmodell beim Bau des Gotthard-Basistunnels bestand darin, alle wesentlichen Akteure auf Seite Planung in einem Boot zu haben (Eingeneralplanermandat). Das heisst: 1. Umfassendes Planungsmandat mit Geologe, Bauingenieur und weiteren Spezialisten (z. B. Umweltbereich); 2. Gleiches Team über alle Phasen (Planung, Submission, Realisierung), das Kontinuität, wenig Schnittstellen-/Reibungsverluste und Planungssicherheit verheisst; 3. Interdisziplinarität für die Überwachung bei der Bauausführung (örtliche Bauleitung, Vortriebsgeologe, Umweltbaubegleitung). Nebst diesen strategischen Erfolgspositionen gehören auch die zwischenmenschlichen Faktoren dazu, nämlich gegenseitiges Kennen und Vertrauen, Respekt und Hilfsbereitschaft in einem Verhältnis gleichwertiger Partner. Dies ist die Rezeptur – so der Referent – für

ein Team mit hoher «Schlagkraft», auch bei unvorhergesehenen Ereignissen.

Alternative Vertragskonstellationen sind möglich, schneiden aber eher etwas schlechter ab (z. B. «Klassiker» mit separaten Mandaten für Geologe und Bauingenieur, Gesamtplanermandat, Hybridmodelle, phasenweise Neuauusschreibung/Neubeschaffung). Dazu einige kritische Anmerkungen bzw. Anregungen:

- Ein «Pferdewechsel» kann neuen Wind und frische Ideen bringen. Dem stehen aber diverse Risiken gegenüber, wie Know how-Verlust, Reibungsverluste, Verlust an Verbindlichkeit/Verantwortung gegenüber vorheriger Planer-/Geogenarbeit und Potenzial für Nachforderungen.
- Als «Grundlagenbeschaffer» muss der Geologe schon zu Beginn der Projektbearbeitung beauftragt werden (ohne Grundlagen keine vernünftige Planung).
- Beizug des Bauingenieurs für Definition des Pflichtenhefts/Leistungsumfangs und eventuell zusätzlich nötiger Untersuchungen bei einer Neubeschaffung.
- Anspruchsvolle Schnittstellenbewirtschaftung (Bauherr als Katalysator und Koordinator).
- Eigenverantwortung des Geologen wahrnehmen und Ingenieurgeologie nicht zum Selbstzweck betreiben. Eigeninitiative ergreifen und aktiv auf den Ingenieur zugehen.
- Der Projekt ingenieur hat den Geologen in den Planungsprozess einzubinden. Er muss sein Wissen teilen, Informationen beim Geologen abholen und Informationsbedürfnisse rechtzeitig anmelden.

Eine Zusammenarbeit im Team, basierend auf offenem, fairem Umgang, gegenseitigem Respekt und Hilfsbereitschaft ist die Grundlage für eine erfolgreiche Projektabwicklung, was zusammenfassend und treffend durch das folgende Schlusszitat zum Ausdruck kam: «Ein intelligentes Team ist mehr als die

Summe seiner Intelligenzen» (Bernd Wolfgang Lubbers).

Prognose und Erfahrungen mit Wasserzuflüssen und Abdichtungs injektionen am Gotthard-Basistunnel

Das Referat von Simon Löw, Professur Ingenieurgeologie ETH Zürich, widmete sich der Prognose und den Erfahrungen mit Wasserzuflüssen im Gotthard-Basistunnel.

Für die Prognose wurden die Ergebnisse aus etwa 25 Tunnels und Stollen im Gotthardraum (zentrales Aar- und Gotthardmassiv) analysiert. Die Auswertung über insgesamt 497 Abschnitte mit Tunnelzuflüssen $> 0.01 \text{ l/s}$ zeigt, dass der Grossteil des Tunnelwassers wenigen Zuflussstellen entstammt. Konkret: 78% des gesamten Tunnelzuflusses entspringen 33 Stellen (6.6%) mit hohen Zuflüssen ($> 25 \text{ l/s}$). Die starken Zuflüsse konzentrieren sich auf relativ kurze Abschnitte (2.4% der Gesamtlänge der untersuchten Tunnels und Stollen). Der grösste Bergwasseranfall wurde jeweils beim erstmaligen Anfahren einer wasserführenden Zone registriert. Die Auswertungen verdeutlichen ferner die Abnahme der Gebirgstransmissivitäten mit zunehmender Tiefe.

Am Beispiel einer kataklastischen Störungszone (Nr. 44) im Gotthard-Basistunnel veranschaulichte der Referent den Umgang mit Zonen erhöhten Bergwasseranfalls. Von den geplanten, tunnelumgreifenden zwei Injektionsschirmen wurde nur der innere ausgeführt. In 18 radial angeordneten Bohrungen wurden rund 60'000 Liter an Spezialbindemittel eingepresst. Die grosse hydraulische Heterogenität im Tunnelquerschnitt wider spiegelte sich deutlich in dem pro Bohrung eingepressten Injektionsgut. Zu beachten ist, dass oft nicht die Störungszone allein, sondern auch die angrenzenden Bereiche mit verstärkter Klüftung zum Wasseranfall

beitragen und ebenfalls abgedichtet werden müssen. Bei Störungszone 44 umfasste dieser Bereich gut 30 m.

Fazit aus Prognose, Befund und Erfahrungen:

- Im Gotthard-Basistunnel entsprachen die Befunde in etwa der grossräumigen Prognose des langfristigen Bergwasseranfalls. Einzelne, initiale Wasserzuflüsse konnten nicht zuverlässig vorausgesagt werden, so beispielsweise bei Erstfeld, wo das Gebirge stark und tiefgründig aufgelockert ist. Erhöhte Durchlässigkeiten und Tiefensickerung bis auf Tunnelniveau (ca. 500 m unter Terrain) hatten dort einen unerwartet grossen, über der Prognose liegenden Bergwasseranfall zur Folge.
- Aufgrund der sehr grossen hydraulischen Heterogenitäten kristalliner Gesteine ist eine lokale Prognose der Durchlässigkeiten und Zuflüsse nur mit systematischen Vorauskundungen möglich.
- Initiale Wasserzuflüsse wurden in der Prognose systematisch überschätzt. In der Wirklichkeit fanden bereits vor der Tunnelbrust signifikante Druckabsenkungen statt, welche in den Prognoserechnungen nicht berücksichtigt waren.
- Auflockerungszonen in Oberflächennähe (200–400 m unter Terrain) zeigen erhöhte Zuflüsse mit starker saisonaler Schwankung.
- In tieferer Lage traten die präferenziellen Wasserzutritte nur zu 50% direkt bei kataklastischen Störzonen auf. Auch Kontaktzonen um Granitintrusionen und andere lithologische Kontakte zeigten erhöhte Durchlässigkeiten und Tunnelzuflüsse.
- Komplexe numerische Modellierungen sind weniger nützlich als die sorgfältige Auswertung vorhandener Grundlagendaten. Wesentlich für gute Zuflussprognosen sind demnach statistisch signifikante Datengrundlagen und nicht komplexe numerische Modelle.

Rückblick auf Karstprognose und Erfolg aus Vorauserkundungen beim Vortrieb

Nach der Schilderung der Tunnelwasserverhältnisse im Kristallin des Gotthard-Basistunnels beleuchtete Reto Wagner, Stollengeologe am Lötschberg-Basistunnel, Kellerhals + Haefeli AG, Bern, die Verhältnisse im abschnittsweise verkarsteten Gebirge des Lötschberg-Basistunnels.

Der Basistunnel durchfährt im Norden verkarstungsfähige Formationen, namentlich in der Doldenhorn-Decke. Dort sind Karstsysteme und bedeutende Karstquellen (z. B. Geltenbachhöhle im Gasteretal) bekannt. Deshalb wurde in der Tunnelprognose von einem Risiko für grosse, überraschende Karst- und Schlammwassereinbrüche mit Schüttungen von mehreren m^3/s gerechnet. Aufgrund der Gebirgsüberlagerung wurden maximale Wasserdrücke bis 75 bar erwartet. Im Weiteren wurden aggressive Wässer (sulfathaltige Triaswässer) und die Gefahr der Drainage von Quellen oder gar Oberflächenfliessgewässern nicht ausgeschlossen. Für den Karst in der Doldenhorn-Decke ist auch eine hydraulische Verbindung mit dem mächtigen Lockergesteinsaquifer im Gasteretal nachgewiesen.

Die Karstwasserprognose für einen Tunnel ist schwierig, da der Kalk an sich gering durchlässig ist und sich die Wasserwegsamkeit auf wenige Kluft- und Karsthohlräume konzentriert. Im Prognosebericht wurde daher festgehalten, dass die Prognose und Lokalisierung von Karsten nicht möglich sei. Vorauserkundungen seien daher unentbehrlich. Verkarstete und wasserführende Abschnitte müssten vorauseilend abgedichtet werden. Dazu war in einer ersten Phase vorgesehen, dass vor Erreichen der Doldenhorn-Decke aus einer zwischen den Tunnelröhren ausgebrochenen Kaverne eine 1'200 m lange, mit einem Preventer ausgestattete Vorausbohrung vorzutreiben. Dies parallel zu den Vortriebsarbeiten. Wegen Problemen

durch Sprengerschüttungen des laufenden Vortriebs und Wasserumläufigkeiten (Spülverluste) via die Tunnelröhren wurde dieses Vorgehen nach 550 m abgebrochen. Stattdessen wurden 300 m lange Vorausbohrungen ($\varnothing 96\text{ mm}/76\text{ mm}$) ab der Ortsbrust ausgeführt (zwei Bohrungen – davon eine destruktiv – in der vorauseilenden Röhre, eine gekernte in der nachfolgenden Röhre), mit einer Überlappung der Bohrungen von mindestens 20 m.

Pro Tunnelröhre wurde jeweils eine Bohrung mit dem Bohrlochscanner befahren. Im Weiteren wurden Georadaraufnahmen ausgeführt. Ergänzende Hydrotests dienten der Bestimmung von Wasserdruck, Transmissivität und Ergiebigkeit sowie weiterer Wasserparameter (Temperatur, Leitfähigkeit). Die bei diesen Bohrungen und Versuchen gewonnenen Erkenntnisse flossen anschliessend in die Beurteilungsmatrix für das Karstrisiko ein.

Die zweite Phase der Vorauserkundungen diente der Erfassung des unmittelbaren Vortriebsbereichs. Dabei wurden nach 16 m Vortrieb mit dem Jumbo 24 m lange destruktive Bohrungen vorgetrieben (6-16 Stück). Die dritte Phase umfasste schliesslich Messungen der Felstemperatur und der Temperatur angefahrener Wässer.

Dank dieser Vorgehensweise konnten sämtliche wasserführenden Zonen erkannt und die erforderlichen Massnahmen erfolgreich konzipiert und umgesetzt werden. Die Kombination verschiedener Erkundungsmethoden erwies sich dabei als optimal. Einzig eine trockene Karströhre blieb bei diesem Vorgehen unerfasst.

Die Resultate der Vorauserkundungen mussten rasch verfügbar sein, um Beschlüsse für das weitere Vorgehen zu treffen und den Vortrieb wieder freizugeben. Dies war nur dank einer engen geologischen Begleitung der Vortriebsarbeiten vor Ort möglich.

Umgang mit geologischen Risiken - Retrospektive über Mehrkosten und Versicherungsleistungen

«Vor der Hacke ist es finster», so die Titelfolie von Beat Guggisberg (Allianz-Versicherung, Zürich) zu seinem Schlussreferat. Das gilt bildhaft auch für den Versicherer, wenn er ein Untertagebauwerk versichert. Er tappt gewissermassen im Dunkeln. Er stützt seine Zusage zur Versicherungsdeckung auf Prognoseprofile und -berichte, aus denen die mutmasslichen Problemzonen hervorgehen. Aber die Wirklichkeit sieht manchmal anders aus: Am Gotthard-Basistunnel war die Rede von der Piora-Mulde, der Clavaniev-Zone oder der Urseren-Garvera-Zone, nicht aber von der Multifunktionsstelle Faido. Dort stellten Bergschläge, Niederbrüche, Konvergenzen, Sohlhebungen und darüber hinaus ein getriggertes Erdbeben die Tunnelbauer vor grosse technische Probleme, mit Mehrkosten von ein paar hundert Millionen Franken, an denen sich der Versicherer letztlich mit 10% beteiligte. Auch am Lötschberg-Basistunnel lief es nicht überall so, wie prognostiziert. Im Dorf St. Germann (VS) kam es zu erheblichen Rissenschäden an Gebäuden infolge starker Setzungen, bedingt durch eine unerwartete Tunneldrainage mit Setzungen in der Lockergesteinsbedeckung.

Dabei gibt es im Tunnelbau nicht nur geologische Risiken. Von explodierenden Batteriecontainern, Bränden auf Bohrjumbos, an Förderbändern und in der Kantine, Unfällen mit Fahrzeugen bis hin zu Hochwassern (hervorzuheben das Jahrhunderthochwasser im August 2005) sieht sich der Versicherer auf Tunnelbaustellen mit mannigfaltigen Schadenforderungen konfrontiert. Allein am Gotthard-Basistunnel musste der Versicherer wegen Schadenfällen 127-mal auf die Baustelle.

Die Voraussetzung für die Beanspruchung einer Versicherungsleistung ist die Plötzlich-

keit eines Ereignisses. Kontinuierliche Phänomene sind nicht versicherbar. Die Versicherungsleistung bezieht sich in der Regel auf gebaute Sachen. Als wichtige Ergänzung hierzu bietet sich die Versicherung von Baugrund und Bodenmassen – auch solche, die von aussen kommen, wie beispielsweise bei einem Niederbruch – an. Versichert sind die Kosten, die aufgewendet werden müssen, um Baugrund und Bodenmassen, die nicht Bestandteil der versicherten Bauleistungen sind, in den Zustand vor dem Schadenereignis zu bringen. Gemäss Guggisberg entspricht dies der wichtigsten Deckung in der Bauwesenpolice, sobald eine Schaufel in die Hand genommen wird. Neben den Aufräumungskosten gibt es auch Mehrkosten. Bei letzteren sind jene Kosten versichert, die notwendig sind, um das Bauprojekt nach einem Zwischenfall termingerecht (gemäss Bauprogramm) fertigzustellen, wobei sich hier ein grosser Diskussionsspielraum eröffnet.

Es sind nicht die Grossprojekte mit mitunter spektakulären Schadenbildern, welche die Thematik der Versicherungsdeckung so interessant machen. So führte uns Guggisberg am Schluss seiner Ausführungen dann wieder zurück in den Alltag, zum abgerutschten Sitzplatz eines Einfamilienhauses, der instand gestellt und die Strassenböschung, die nach dem Abrutschen gesichert werden musste. Ein Referat zum Schmunzeln.

2 Generalversammlung

Roland Wyss, Vizepräsident der SFIG, führte in Abwesenheit des Präsidenten durch die Generalversammlung. Nach einstimmiger Genehmigung des Protokolls der letztaährigen GV folgte ein kurzer Rückblick auf die Tätigkeiten des Vorstands im Jahre 2016.

Die Jahresrechnung wurde allen Mitgliedern per E-Mail zugestellt. Die Erträge bestehen praktisch nur aus Mitgliederbeiträgen, von

denen erfreulicherweise keine ausstehend sind. Unter den Mitgliedern waren 11 Eintritte und 5 Austritte zu verzeichnen.

Grösster Ausgabenposten war – wie üblich – das Swiss Bulletin für angewandte Geologie. Mit CHF 2'500 wurde zudem eine Fachtagung gesponsert. Mit CHF 755.20 war der Verlust kleiner als budgetiert. Nach dem Bericht der Revisoren erteilte die Versammlung Décharge an die Kassierin. Die Jahresrechnung 2016 wurde einstimmig genehmigt, wie anschliessend auch das Budget 2018.

Darauf folgend wurde der Vorstand einstimmig entlastet.

Das Bulletin ist nun in den Händen von Roger Heinz. Er kündete für die kommende Sommerausgabe ein Heft zum Thema «Rohstoffe – Fluch oder Segen» an. Grundlage dazu bilden die Referate der letztjährigen Tagung auf dem Gurten zu diesem Thema.

Markus Liniger, Präsident der 14 aktive Mitglieder und zwei Gäste umfassenden Arbeitsgruppe Geologie und Naturgefahren (AGN) orientierte über deren Tätigkeit. Neben zwei ordentlichen Sitzungen arbeiteten Untergruppen an verschiedenen Projekten (Projekte Hangmuren, Zweitmeinungen, Hangkantenproblematik, Subventionierung von Felsreinigungen). Soweit als möglich sollen die Berichte auf der SFIG-Homepage aufgeschaltet werden.

Susanne Rust informierte ausführlich über die Aktivitäten und Erkenntnisse der an der letzten GV ins Leben gerufenen Arbeitsgruppe Ingenieurgeologie (AGI). Unter ihrer Leitung haben sich Pierre Gander, Corinne Kämpfer und zeitweise der Vorstand mit dem Berufsbild des Ingenieurgeologen auseinandergesetzt. Der Auftrag besteht einerseits darin, die Kernkompetenzen des Ingenieurgeologen und seine Aufgabenfelder zu erfassen. Andererseits sollen die Zielgruppen bzw. Konsumenten von Dienstleistun-

gen des Ingenieurgeologen identifiziert und Möglichkeiten bestimmt werden, mit denen das Berufsbild des Ingenieurgeologen besser bekannt gemacht werden kann. Um die Bekanntheit und den Stellenwert des Ingenieurgeologen in der Praxis zu stärken, sind noch grössere Anstrengungen nötig.

Beide Arbeitsgruppen sind jeweils jährlich an der Generalversammlung für ein weiteres Jahr zu bestätigen, was sowohl bei der AGN wie auch der AGI einstimmig erfolgte.

Unter Varia erfolgten keine Wortmeldungen.

