

Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 111 (1993)
Heft: 33/34

Artikel: Flimser Bergsturzgebiet: geologische Untersuchungen
Autor: Bonanomi, Yves / Brunschwiler, Jean-Pierre / Frei, Walter
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-78223>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 01.04.2025

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

Flimser Bergsturzgebiet

Geologische Untersuchungen

Im Zusammenhang mit der Projektierung der Umfahrung von Flims (GR) ergaben sich interessante Erkenntnisse zur Problematik von geologisch-geophysikalischen Untersuchungen in komplex aufgebauten Lockergesteinen.

Das Dorf Flims GR soll durch eine Umfahrungsstrasse vom Durchgangsverkehr entlastet werden. Im Rahmen der

VON YVES BONANOMI, CHUR,
JEAN-PIERRE BRUNSCH-
WILER, SARGANS, UND
WALTER FREI,
SCHWERZENBACH

Baugrundabklärungen zeigte sich, dass die Lage der Felsoberfläche unter der aus Bergsturzmaterial bestehenden Quartärüberdeckung nur schwer zu erfassen ist. Geologische Feldaufnahmen sollen in Kombination mit seismischen Untersuchungen und Sondierbohrungen die Mächtigkeiten des Lockergesteins über dem anstehenden Fels räumlich aufzeigen und den Verlauf einer verdeckten Abrisskante des Felsuntergrundes kartieren.

Geologische Situation

Nach dem Rückschmelzen des Rheingletschers im Spätwürm brach am Flimserstein der grösste Bergsturz der Alpen mit rund 10–15 km³ Fels (Parautochthon der Vorab-Tschepp-Decke) in das Ur-Rheintal nieder und bildete eine bis zu 600 m mächtige Trümmersmasse. Das Bergsturzmaterial bedeckte eine Fläche von mehr als 50 km² und staute den Rhein zum 1. Ilanzer See auf. Durch nachfolgende Gletschervorstösse und Nachbrüche bildeten sich noch zwei weitere Seen. Der murgangähnliche Durchbruch des 2. Ilanzer Sees ergoss sich bis ins Domleschg und lagerte die «Bonaduzer Schotter» ab.

Die Vorab-, Segnes- und Bargisgletscher überfuhren praktisch die gesamte Trümmersmasse. Nachbrüche fielen direkt auf den Gletscher und wurden beim Rückzug relativ locker (zum Teil mit grossen Hohlräumen) als oberste Schicht abgelagert. Die Flimser Seen bildeten sich aus abschmelzendem Toteis, das in den Senken liegen blieb.

Hydrologie

Genauere Kenntnisse über die Lage und Schwankungen des Grundwasserspiegels sowie über die Fließwege sind für die Projektierung ausserordentlich wichtig. Insbesondere weil ein tiefliegender Tunnel das Zufluss-Regime der Flimser Seen beeinträchtigen könnte.

Die hydrologischen Verhältnisse sind entsprechend des kompliziert aufgebauten Untergrundes sehr komplex. Mit Hilfe der Pegelmessungen aus 13 Sondierbohrungen und der Oberflächengewässer konnte die Grundwasser-oberfläche mit genügender Genauigkeit konstruiert werden. Somit konnten Variantenlösungen gefunden werden, bei denen ein Einfluss auf das Zufluss-Regime der Flimser Seen ausgeschlossen werden kann.

Linienführung

Von anfänglich über 20 Varianten wurden 6, sowohl nördlich als auch südlich

von Flims verlaufende Linienführungen aus bautechnischer und hydrogeologischer Sicht als machbar bezeichnet und in der Vorstudie detailliert untersucht. Nachfolgend wird v.a. über die Nordvarianten berichtet, da hier umfangreichere Untersuchungen notwendig waren.

Baugrund

Lockergesteine

Der Baugrund der südlichen, zu einem Teil auch der nördlichen Umfahrungsvarianten von Flims wird nicht aus in situ abgelagertem Bergsturzmaterial aufgebaut, sondern aus morärentransportierten Blöcken bis Hausgrösse mit einer siltig-sandig-kiesigen Matrix und mit reichlich Hohlräumen in den obersten 10–40 m. Dieses Material ist tunnelbautechnisch nur schwer und mit hohem finanziellem Aufwand in den Griff zu bekommen. Unterfahrungen von Gebäuden müssen auch bei grösserer Überlagerung wegen der Setzungsgefährdung vermieden werden.

Tunnelbau im Lockergestein im überwiegenden Teil der Umfahrungsvarianten

Der grosse Block- und Hohlraumanteil des Lockergesteins schliesst verschiedene Systeme für den Vortrieb aus. Das Gesamtgefüge erlaubt keinen Vortrieb ohne Unterstützungsmassnahmen. Der klassische Schildvortrieb ist zwar zeitraubend, jedoch bei diesen Verhältnis-

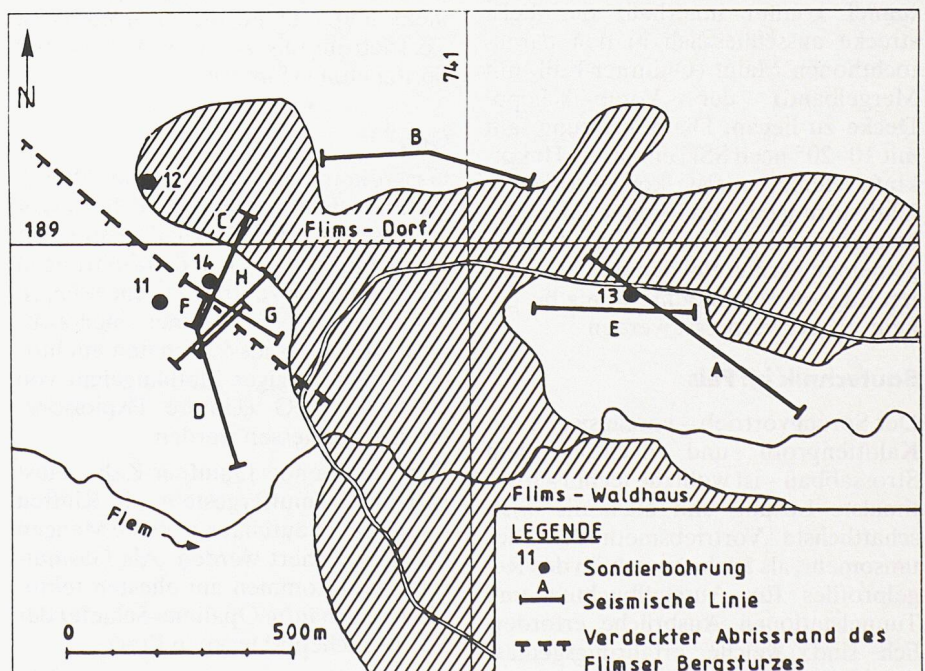


Bild 1. Ausschnitt des Projektgebietes mit Lage der Sondierungen und der seismischen Linien

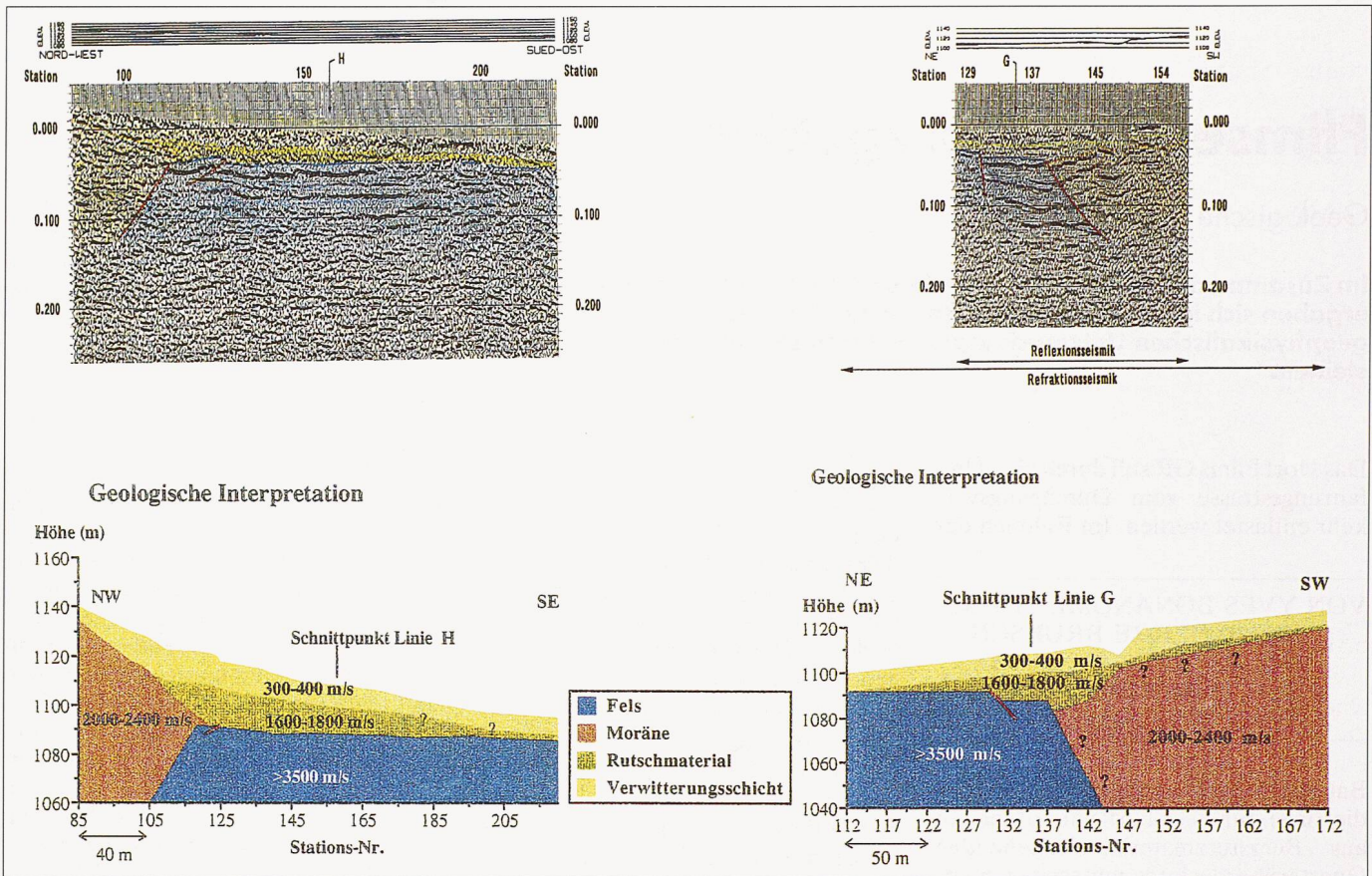


Bild 2. Reflexionsseismisches Laufzeitprofil G

Bild 3. Reflexionsseismisches Laufzeitprofil H

sen eine sichere Methode. Im Schutz des Stahlschildes wird ausgebrochen und im Schildschwanzbereich das tragende Aussengewölbe eingebaut. Bei den nördlichen Varianten ist eine andere Bautechnik wie z.B. das Jetting denkbar.

Fels

Ein allfälliger nördlicher Umfahrungstunnel kommt innerhalb der Felsstrecke ausschliesslich in den parautochthonen Malm (Quintner-Kalk mit Mergelband) der Vorab-Tschepp-Decke zu liegen. Die Schichtung fällt mit 10-20° nach SSE ein. Zwei Hauptkluftsysteme, meist konzentriert in Kluftstörungen, durchtrennen den Gebirgskörper. Der Wasseranfall ist im allgemeinen gering. Bei den durchgeführten Lugeon-Tests konnte wenig bis gar kein Wasser verpresst werden.

Bautechnik im Fels

Der Sprengvortrieb – vorzugsweise mit Kalottenprofil und nachfolgendem Strossabbau – ist wohl die technisch optimalste Lösung und auch die wirtschaftlichste Vortriebsmethode. Dies umsomehr, als auch ausserhalb des Regelprofils für Ausstellbuchten und Tunnelstationen Ausbrüche erforderlich sind, welche erfahrungsgemäss beim Sprengvortrieb mit den gleichen Installationen und teils parallel zum Hauptvortrieb zu bewerkstelligen sind.

Die Gesteinsfestigkeit schliesst den Einsatz von Teilschnittmaschinen praktisch aus. Ein Vortrieb mittels Tunnelbohrmaschine ist nur bei längeren Tunneln wirtschaftlich und wäre deshalb höchstens bei der nördlichsten Variante zu erwägen.

Die flache Gesteins-Lagerung, mit einem Einfallen von knapp 20°, wird im Firstbereich und am bergseitigen Parament laufende Felssicherungen beim Vortrieb mittels Ankern, Netzen und Spritzbeton erfordern.

Gas

Gasvorkommen konnten im Parautochthon von vornherein nicht ausgeschlossen werden. Deshalb wurde mit einem Gasmessgerät in den Bohrungen die Methankonzentration gemessen. In einer Bohrung konnte über einen Zeitraum von mehr als 5 Monaten ein luftdruckunabhängiger Methangehalt von 40-65% UEG (Untere Explosionsgrenze) gemessen werden.

Der anstehende Quintner-Kalk selbst ist kein Gasmuttergestein – in Klüften können aber durchaus grössere Mengen Gas gespeichert werden. Als Gasmuttergestein kommen am ehesten tektonisch angehäuften Opalinus-Schiefer der Vorab-Tschepp-Decke in Frage.

Die Machbarkeit einer Tunnelumfahrung im Fels wird durch das mögliche Auftreten von primären Gasbläsern in

keiner Weise in Frage gestellt. Die wahrscheinliche Gasführung bedingt jedoch ein Sicherheitsdispositiv mit einer automatischen Gasmessung durch Messgeräte auf dem Mann sowie einer Verdünnung der Ausgasungen durch eine Ventilation im turbulenten Strömungsbereich.

Sondierungen für eine nördliche Umfahrungsvariante

Um der Problematik der bergmännisch zu durchörternden Lockergesteinstrecken weitgehend zu entgehen, wurden unter anderem Varianten geprüft, bei denen die Unterfahrung überbauter Gebiete im Fels verlaufen könnte.

Aus den wenigen vorhandenen Aufschlüssen des anstehenden Oberen Quintner-Kalkes konnte eine untiefe Felsoberfläche erwartet werden. Mit Sondierbohrungen, kombiniert mit seismischen Untersuchungen, sollte dies überprüft und die genaue Lage der Grenze Lockergestein-Fels bestimmt werden. Die Auswertung der grossräumigen Kluftstrukturen zeigte, dass sich oberflächlich sichtbare Abrissränder des Flimser Bergsturzes unter Umständen bis in den Projektbereich fortsetzen.

Im Bereich der nördlichen Umfahrungsvarianten wurden vier Sondierbohrungen (SB 11-14) mit einer Ge-

samtlänge von 226,6 m abgeteuft. Die Felsoberfläche (Quintner-Kalk) wurde von drei Bohrungen nach 18 m, 19 m, respektive 40 m erreicht. Das zutage geförderte Kerngut bestand aus Rutschmaterial mit ausschliesslich schiefrigen Verrucano-Komponenten (helvetisch), Schwemmschutt sowie aus feinkörnigen, tonig-siltigen Schwemmlehm. Eigentliches moränentransportiertes Bergsturzmaterial wurde hier nicht angetroffen.

Die Vermutung lag nahe, dass die über 50 m tiefe, reine Lockergesteinsbohrung 11 talseits eines verdeckten Abrissrandes abgeteuft wurde. Weitere Sondierungen erschienen somit nicht erfolgversprechend.

Geophysik

In einer ersten Phase wurden entlang des Trassees einer Variante über die gesamte Länge der projektierten Tunnelstrecke refraktionsseismische Untersuchungen durchgeführt. Mit Ausnahme des Gebietes nordwestlich von Flims konnte die Lage der Grenze Lockergestein – Fels eindeutig bestimmt werden. Das Verfahren der Refraktionsseismik ist, verglichen mit der Reflexionsseismik, weniger aufwendig, setzt für eine schlüssige Auswertung jedoch mehr oder weniger planare Schichtgrenzen (Refraktoren) voraus. Solche Bedingungen sind im Bereich von Cangina, wo die Felsoberfläche unter komplex strukturiertem, moränentransportiertem Bergsturz- und Rutschmaterial eine bewegte Topographie aufweist, nicht mehr gegeben.

Noch während der ersten Messphase wurde im Gebiet von Cangina eine reflexionsseismische Versuchsmessung (auf einem 100 m langen Teilstück der Linie C) durchgeführt. Die Ergebnisse wurden anschliessend anhand der Befunde aus der Bohrung 14 geeicht. Als seismische Energiequelle diente ein Fallgewicht von 50 kg, mit dem die vorgegangenen refraktionsseismischen Aufnahmen durchgeführt wurden. Es zeigte sich, dass die Energie dieses Geräts nur knapp ausreicht, um hier die Felsoberfläche in ca. 40 m Tiefe zu kartieren. Eine vermutete Abrisskante der

Felsoberfläche war auf diesen Aufnahmen denn auch nur schwach sichtbar.

Nach erfolgter Abteufung der Bohrung 14 wurde eine zweite reflexionsseismische Untersuchung entlang zweier zusätzlicher Profile G und H angesetzt. Das Profil G verläuft parallel zum vermuteten Verlauf der Felsabrisskante, das Profil H senkrecht dazu. Als Energiequelle kam ein grösseres Fallgewicht von 250 kg zum Einsatz. Die Messergebnisse sind in den Bildern 2 und 3 dargestellt. Die obere Bildhälfte zeigt jeweils das reflexions-seismische Laufzeitprofil, die untere Bildhälfte die geologische Interpretation mit einer linearen Tiefenskala.

Auf *Profil G* (Bild 2) ist die Felsoberfläche von Südosten her als deutliche Reflexion bis ca. Stationsnummer 115 erkennbar. Sie liegt unter Deckschichten mit Ausbreitungsgeschwindigkeiten von 300–400 m/s für die oberflächennahe Verwitterungsschicht und von 1600–1800 m/s für das Rutschmaterial. Am nordwestlichen Profilende, links der Abrisskante, ist unter den Deckschichten eine Lockergesteinsmasse bis in Tiefen von über 100 m anzutreffen, die Geschwindigkeiten zwischen 2000–2400 m/s aufweist. Vermutlich handelt es sich hier um verkittetes moränentransportiertes Bergsturzmaterial.

Profil H (Bild 3) zeigt ein ähnliches Bild. Bei Stationsnummer 139 taucht der Fels steil ab, was sich in der Änderung des Reflexionscharakters zeigt: Südwestlich der Abrisskante weisen unterbrochene, weniger stark ausgebildete und unterschiedlich geneigte Reflektoren auf die Obergrenze des verkitteten Moränenmaterials hin.

Schlussfolgerungen

Für die oberflächennahe seismische Erkundung bis in ca. 100 m Tiefe ist bei komplex strukturierter Überlagerung und bei unregelmässiger Topographie der Felsoberfläche die Reflexionsseismik das einzige erfolversprechende geophysikalische Prospektionsverfahren.

Für die Umrechnung von Echo- oder Reflexionszeiten in verlässliche Tiefenangaben sind möglichst genaue Kenntnisse der seismischen Ausbreitungsgeschwindigkeiten über sowohl reflexionsseismische wie refraktionsseismische Analyseverfahren zu beschaffen. So wird der Übergang vom Fels in das Moränenmaterial auf beiden Profilen als laterale Änderung in den Refraktionsgeschwindigkeiten unabhängig von der reflexionsseismischen Auswertung bestätigt.

Da refraktionsseismische Angaben ohne allzu grossen Mehraufwand im Feld als Nebenprodukt zur Reflexionsseismik anfallen, empfiehlt es sich, bei der Planung reflexionsseismischer Feldaufnahmen konsequent beide Messmethoden zu berücksichtigen.

Beim vorliegenden Projekt konnte durch die Zusammenarbeit von Geophysiker und Geologe das Untersuchungsprogramm so optimiert werden, dass trotz der komplexen Baugrundverhältnisse die räumliche Lage der Felsoberfläche mit für die Projektierung ausreichender Genauigkeit prognostiziert werden konnte.

Adressen der Verfasser: *Y. Bonanomi*, dipl. nat. ETH/SIA, Büchi und Müller AG, Beratende Geologen, SIA/ASIC, Quaderstrasse 5, 7002 Chur 2; *J.-P. Brunschweiler*, Amberg Ingenieurbüro AG, Rheinstrasse 4, 7320 Sargans, und Ringstrasse 18, 7007 Chur, und *W. Frei*, GeoExpert ag, Geophysikalische Untersuchungen, Bahnhofstrasse 35, 8603 Schwerzenbach.

Literatur

- [1] Amberg Ingenieurbüro AG: A19/Oberalpstrasse/Umfahrung Flims: Hauptbericht zum Variantenvergleich. Chur, 30.11.1990.
- [2] Büchi und Müller AG: A19/Oberalpstrasse/Umfahrung Flims: Geologie und Hydrologie. Chur, 30.09.1992
- [3] *Hantke, R.*: Landschaftsgeschichte der Schweiz und ihrer Nachbargebiete. Ott Verlag Thun. 1991