

H19 Oberalpstrasse, Umfahrung Flims

## Flims vom Durchgangsverkehr befreit

Von der Eröffnung der Umfahrung von Flims profitieren viele. Allen voran die Bevölkerung und die Gäste von Flims. Sie werden in Zukunft vom Durchgangsverkehr in die Surselva befreit, was das Leben in Flims ruhiger und beschaulicher machen wird. Es profitieren aber auch die Automobilistinnen und Automobilisten, die vor allem während der Wintersaison erhebliche Stau- und Wartezeiten in Kauf nehmen mussten. Statt in Flims im Stau zu stehen, werden sie in Zukunft früher zu Hause und bei der Arbeit sein oder aber länger die wohl verdienten Ferien geniessen können. So betrachtet profitieren von der Umfahrung von Flims durch die bessere Erreichbarkeit auch die oberliegenden Ferienorte. Und wenn die bessere Erschliessung der Surselva sogar dazu beitragen kann, dass die Menschen in der Stadt oder in den regionalen Zentren arbeiten und in ihrem kleinen Dorf leben können, hat das Umfahrungsprojekt noch einen zusätzlichen Nutzen.

Die Umfahrung von Flims verläuft fast ganz im Berg, und sie verläuft dort, wo es der Natur am wenigsten schadet. Aus über 20 Varianten, bei denen vor allem die komplexen hydrogeologischen Verhältnisse berücksichtigt wurden, um soweit voraussehbar, eine Gefährdung des Wasserhaushaltes der Flimser Seen zu vermeiden, entschied sich die Regierung im Jahre 1993 für die nördliche Tunnelumfahrung. Diese zwar teuerste Lösung war die umweltfreundlichste und bautechnisch vorteilhafteste der im Detail geprüften Umfahrungsvarianten.

Seit dem Spatenstich am 25. Juni 1998 sind bis zum heutigen Tag rund 9 Jahre vergangen. Während dieser Bauzeit stellten sich den Ingenieuren und den Tunnelbauern unterschiedlichste Herausforderun-



gen. Als Folge der verheerenden Tunnelbrände hat man sich nachträglich entschieden, zur Erhöhung der Sicherheit das Lüftungssystem anzupassen und den Tunnel mit Fluchtausgängen und einem Fluchstollen zu ergänzen. Im Oktober 2002 – auf den letzten Metern der Felsstrecke – stiessen die Tunnelbauer auf Wasser, welches sich aus einem grossräumigen Karstsystem im Flimser Felsuntergrund ergoss. Eine Quelle im Tunnel ist etwa das Letzte, was sich Tunnelbauer wünschen. Unerwartetes gehört aber zum Tunnelbau. Alle Geheimnisse gibt der Berg nie preis. Will der Wissenschaftler den Berg aushorchen, schickt er Schall in den Fels. Geophone fangen dann das Echo auf. Nur, das Echo aus dem Berg antwortet nicht immer die ganze Wahrheit. Und trotzdem: Der Tunnelbau hat seit eh die Menschen fasziniert. Ob mit Spitzhacke, Dynamit oder riesigen Tunnelbaumaschinen; den harten Fels und damit die Naturgewalt zu besiegen, war und ist eine besondere Herausforderung. Die Wahrheit ist: Der Fels ist bezwun-

gen und Flims wird staufrei.

Nicht selbstverständlich ist, dass ein so grosses Bauwerk ohne nennenswerte Unfälle abgelaufen ist. Dafür ist eine wirkungsvolle Baustellen-Organisation erforderlich, welche der Arbeitssicherheit hohe Bedeutung beimisst.

Die Eröffnung der Umfahrung von Flims ist ein weiterer Meilenstein in der Verkehrspolitik unseres Kantons. Daran dürfen sich heute viele freuen. Dankbar sind wir all jenen gegenüber, die, in welcher Art auch immer, einen Beitrag dazu geleistet haben: Die Schweizerische Eidgenossenschaft, die Bündner Bevölkerung, das Bundesamt für Strassen, das Tiefbauamt Graubünden und alle am Werk beteiligten Geologen, Ingenieure und die Tunnelbauer, die für den Vortrieb und den Innenausbau verantwortlich waren.

*Stefan Engler*  
Regierungsrat Kanton Graubünden  
Vorsteher Bau-, Verkehrs- und Forstdepartement

# Die Umfahrung als Projektaufgabe

Stefan Hosang, dipl. Ing. FH und Markus Weissenberger, dipl. Ing. ETH, Amberg Engineering AG, Chur

Bereits 1904 erfolgte in Flims die Gründung des Kur- und Verkehrsvereins zur Förderung des Verkehrswesens und der Verschönerung der einzigartigen Flimser Bergwelt. Mit dem Bau der Bahnlinie durch die Rheinschlucht zerschlugen sich jäh die Hoffnungen der Flimser auf eine Bahnverbindung Reichenau-Flims-Ilanz. Als Ersatz wurden der Ausbau der Strasse und effiziente Postautokurse gefördert. Der zunehmende Transitverkehr hat die Wohn- und Lebensqualität im modernen Sport- und Ferienort in den letzten Jahren zusehends beeinträchtigt. Vor allem in den Wintermonaten kreuzen sich der Strassenverkehr und der mit Skiern und Schlitten ausgerüstete, flanierende Touristenstrom nur allzu oft.

Im Juli 1991, als die Umfahrung Trin bereits im Bau war, entschied die Regierung des Kantons Graubünden, die Erschliessung der Surselva über Flims und nicht durch die Rheinschlucht zu führen. Danach wurden die Planungsarbeiten auf die Dorfumfahrung Flims konzentriert. Bis zur öffentlichen Projektauflage der Umfahrung im Jahre 1994, wurden über 20 verschiedene Liniennführungen untersucht. Der Entscheidung fiel schlussendlich zugunsten der Nordumfahrung aus, die bezüglich Umwelt- und Landschaftsschutz am besten abschnitt. Mit dieser Variante konnte die alpine Seenlandschaft sowie das wertvolle Naherholungsgebiet am besten geschützt werden. Nicht weniger als 75 Prozent der gesamten Strecke verläuft dabei in Tunnels. Nach einer Redimensionierung des Projektes im Anschluss Staderas wurde dieses im April 1996 durch die Regierung genehmigt. Der Spatenstich erfolgte am 25. Juni 1998.

Die rund 4.5 km lange 2-spurige Umfahrung mit einem maximalen Längsgefälle von 5 % und einer maximalen Höhe bei rund 1'117 m ü. M. beginnt beim Halbanschluss Vallorca. Anschliessend folgen mit dem 2'922 m langen Tunnel Flimserstein sowie dem 463 m langen Tunnel Prau Pulté die Kernstücke des neuen Strassenabschnitts. Verbunden werden die beiden Tunnels durch die 70 m lange Flembücke, welche das Stennatobel überspannt. Den



Anschluss Staderas mit dem Portal des Tunnels Prau Pulté und dem Lag Prau Pulté

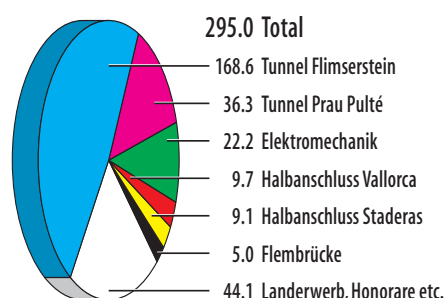
Anschluss an die bestehende Hauptverkehrsstrasse findet die Umfahrung im Bereich Staderas, welcher ebenfalls als Halbanschluss ausgestaltet ist. Zur niveaufreien Kreuzung der Einfahrt mit der neuen Hauptverkehrsstrasse wurde die Unterführung Staderas errichtet.

Die beiden Tunnels boten aus bautechnischer Sicht einige Herausforderungen, insbesondere die Lockergesteinsabschnitte, welche teilweise wassergesättigt waren. So mussten verschiedene Vortriebsmethoden angewendet werden, um den Berg zu durchfahren. In der Felsstrecke kam mit Ausnahme der gestörten Sackungsmasse, welche mit Abbauphämmer abgebaut wurde, ein Sprengvortrieb zur Anwendung. Die wassergesättigte Verrucano-Strecke wurde im so genannten Jetting-Verfahren durchörtert, und die Strecke im Bergsturzmaterial wurde im Schutze eines Messerschildes mit Abbauphämmer aufgeföhren.

Die Bauarbeiten an der Umfahrung erfolgten von verschiedenen Angriffspunkten: In Vallorca mit steigendem Vortrieb im Tunnel Flimserstein und den Trassearbeiten im Anschluss, in Prau Pulté mit fallendem Vortrieb im Tunnel Prau Pulté und

anschliessend im Tunnel Flimserstein sowie den Trassebauarbeiten im Anschluss Staderas. Im Stennatobel erfolgten die Bauarbeiten mit der Erstellung der beiden Tunnelvoreinschnitte und der dazwischen liegenden Flembücke.

Die Hauptinstallation für die Arbeiten befand sich in Marcau. Dort waren auch sämtliche Büros, Unterkünfte, die Kantine und die Materialaufbereitung zu finden. Beim Projekt wurde auf eine grösstmögliche Wiederverwertung des Ausbruchmaterials innerhalb der Umfahrung Wert gelegt, und somit auf einen möglichst umweltfreundlichen Einsatz der Ressourcen. Das Ausbruchmaterial aus dem Felsvortrieb wurde zu Betonzuschlagstoff oder Fundationsmaterial aufbereitet und wieder verwendet.



Projektkosten in Millionen Franken



Ungeeignetes Ausbruchmaterial wurde in der Bauschuttdeponie Flims, unmittelbar neben dem Portal Val-lorca, abgelagert. Damit konnten umweltbelastende Strassentransporte vermieden, oder zumindest auf ein Minimum beschränkt werden.

Der Durchschlag im Tunnel Flimserstein erfolgte am 2. Dezember 2004. Danach dauerte es noch knapp 2 Jahre bis die Rohbauarbeiten abgeschlossen wurden. Bereits Anfang 2006 begannen die Installationsarbeiten der elektromechanischen Anlagen im Tunnel Prau Pulté. Den Abschluss finden die Installationsarbeiten, welche wie die Sicherheitsausrüstungen dem neusten Stand der Technik entsprechen, mit der Verkehrsübergabe am 28. Oktober 2007. Die Umfahrung kann somit nach etwas mehr als 9 Jahren Bauzeit dem Verkehr übergeben werden.

Aufgrund der aktuellen Kostenkontrolle unterschreiten die definitiven Kosten mit 295 Mio. Franken den Voranschlag von 300 Mio leicht. Im Endbetrag berücksichtigt sind dabei aber schon die Teuerung und die nachträglich angeordneten Sicherheitsmassnahmen, wie der Sicherheitsstollen und die Zwischendecke für eine verbesserte Lüftung.

Die Umfahrung konnte somit innerhalb des festgelegten Termin- und Kostenrahmens realisiert werden. Dies darf als eine respektable Leistung aller am Projekt Beteiligten bezeichnet werden, mussten doch einige unvorhergesehene Arbeiten ausgeführt und Unwegsamkeiten bewältigt werden. So wurde während den Ausbrucharbeiten das Lüftungs- und Fluchtkonzept angepasst, weil neue verschärfte Sicherheitsbestimmungen infolge der grossen Tunnelbrände in Kraft traten. Der Tunnel Flimserstein erhielt neu eine Zwischendecke mit Brandabsaugklappen. Die Leistung der Ventilation wurde dabei wesentlich erhöht. Zudem wurden ein paralleler Sicherheitsstollen und ca. alle 300 m Fluchtausgänge angeordnet. Ebenfalls nicht eingeplant waren die Mehraufwendungen, welche durch das unerwartete Antreffen einer grossen Karstquelle im Tunnel Flimserstein anfielen.



*Baumeisterarbeiten im Tunnel: Ausbruch des Tunnels, Abdichten gegen Bergwasser, Betonieren der Zwischendecke, Einbau des Fahrbelages.*



# Eine Brücke als Tunnelverbindung

Heinrich Figi, dipl. Ing ETH, Tiefbauamt Graubünden

Wie bei vielen Ortsumfahrungen der Neuzeit ist auch in Flims eine Brücke das von aussen gesehen wohl imposanteste Bauwerk der gesamten Anlage. Die Fleمبرücke, welche die beiden Tunnel Flimserstein und Prau Pulté verbindet, ist rund 70 m lang und quert das enge Tal knapp 25 m über dem Bach.

Das Stennatobel ist ein weitgehend unberührtes, stark bewaldetes V-Tal. Der Talgrund ist kaum breiter als der Bach und die Hangflanken steigen unter einem Winkel von etwa 45° an. Für den Bau der Brücke und insbesondere der beiden Tunnelportale waren empfindliche Eingriffe in die idyllische Landschaft nicht zu vermeiden. Im Endzustand, wenn die vielen Fahrzeuge, die sich während Jahren durch Flims zwängen mussten, einmal über die Brücke sausen, wird die ursprüngliche Idylle wohl kaum zurückkehren. Im Bestreben, eine bestmöglich intakte Umgebung wieder herzustellen, wurden an die Gestaltung der Brücke und der Tunnelportale hohe Anforderungen gestellt.



*Die in die steile Hangflanke eingepasste Widerlagerkonstruktion und die unkonventionell geformten Sprengwerkstützen*

Aus statischen Erwägungen wäre für die 70 m lange Brücke eine dreifeldrige Konstruktion mit vertikalen Pfeilern nahe liegend gewesen. In gestalterischer Hinsicht vermochte dieser Lösungsansatz jedoch nicht zu befriedigen; die Pfeiler hätten das Tal zu stark eingeengt. Zudem wären die Pfeilerfundamente in den steilen Hangflanken wegen der erforderlichen Sicherungsmassnahmen ausführungstechnisch problematisch gewesen. Eine Sprengwerkstruktur mit geneigten Stützen wird der Situation besser gerecht. Da unmittelbar nach der Brücke unter dem Portal des Tunnels Flimserstein eine Trafostation platziert ist, kann diese der Brücke als Endwider-

lager und ihre Bodenplatte den Sprengwerkstützen als Fundament dienen. Die lediglich 7 m Höhendifferenz zwischen Strasse und Bodenplatte der Trafostation ergeben sehr flache Sprengwerkstützen. Das Weiterführen der Schrägstützen in den Mittelfelddruckgurt des Brückenträgers ergibt ein Pfeilverhältnis von 1:6 und eine unkonventionelle, formal jedoch ausserordentlich interessante Konstruktion. Der Brückenträger ist als massive Platte mit variabler Dicke ausgebildet und einer Nut auf der Unterseite, in der die vielen Leitungen in ästhetisch befriedigender Weise von Tunnel zu Tunnel geführt werden können. Die Strassenachse und die Richtung des Tales schneiden sich unter einem Winkel von 60 bis 70°. Damit sich die Brücke gut ins Gelände einfügt, sind die Widerlager in den steilen Hangflanken schief zur Brückenachse angeordnet.

Die planliche Darstellung und die Ausbildung von Schalung und Bewehrung für die viele schiefe Flächen aufweisende Brückenkonstruktion waren für den Projektverfasser wie auch für die Bauunternehmung eine besondere Herausforderung, welche sie gut gemeistert haben.



*Schalen und Armieren der Schrägstützen*



# Himmlische Zeiten für Flims

Dr. Thomas Ragettli, Gemeindepräsident Flims

Flims atmet auf. Nun ist es soweit. Gemeinsam haben wir es geschafft. Die Zeit des Wartens ist vorbei! Nach jahrzehntelanger Belastung durch den Durchgangsverkehr sehen wir Flimserinnen und Flimser, aber auch unsere Feriengäste einer neuen Lebensqualität entgegen.

Für den Einheimischen soll Flims der Ort der Identifikation und Verbundenheit sein, für den Gast ein Ort der Erholung und des Wohlbefindens, an den er immer wieder gerne zurückkehrt. Einkaufen und Bummeln in Flims soll und muss genauso ein Erlebnis werden wie die Einker in einem unserer sehr guten Gastronomiebetriebe. Kann sich der Einheimische und der Gast all seine Wünsche in Flims erfüllen, wird er auch nicht andere Orte für Shopping und Unterhaltung suchen. Gleichzeitig spiegelt sich die Zufriedenheit und Harmonie aller Beteiligten im Zusammenleben in unserer Gemeinschaft wieder. Diese Voraussetzungen sind, neben einer Top-Infrastruktur und sehr guten Dienstleistungen, wichtig für einen Tourismusort.

Mit der Eröffnung der Umfahrung wird nun dieses grandiose Werk am Wochenende vom 26. bis 28. Oktober 2007 seiner Bestimmung übergeben. Mit der Eröffnung des Tunnels stellen wir uns auch neuen Herausforderungen: Strassen sind ein wichtiger Teil der Infrastruktur unseres Dorfes. Ihre Funktion beschränkt sich nicht nur auf den Individualverkehr, auf ihnen wird auch der ganze öffentliche Verkehr abgewickelt. Für Fussgänger und Radfahrer sind Strassen in einem Dorf wichtige Verkehrs- und Verbindungswege. Wir in Flims möchten zeigen, dass Strassen neben ihrer funktionellen Bedeutung auch als vortreffliche Gestaltungsräume dienen können. Der Tunnel wird vieles ermöglichen. Der schwere Durchgangsverkehr hat Flims jahrzehntelang belastet; mit der neuen Umfahrung wird dem ein Ende gesetzt. Ich denke aber – und dies belegen auch unsere gemachten Studien –, dass in Flims trotzdem ein Restverkehr zurückbleiben wird. Diesen zu minimieren ist eine der Herausforderungen der nächsten Zeit. Die Gemeinde hat frühzeitig erkannt, dass



*Neue Lebensqualität mit der Umfahrung von Flims*

nur durch sorgfältige Planung und viele gute Ideen die bevorstehenden Veränderungen im Dorf gemeistert werden können. Diverse Projekte und Planungen wie zum Beispiel Stennacenter, Begegnungsräume im Dorf und Waldhaus sind in Bearbeitung resp. können nun bald realisiert werden. Die reibungslose und konstruktive Zusammenarbeit mit allen Wirtschaftszweigen hat uns bereits gezeigt, dass praktisch alle am gleichen Strick ziehen und das gleiche Ziel verfolgen. Durch die Neu- und Umgestaltung des Dorfes haben wir die grosse Chance, aus Flims etwas Be-

sonderes und Einzigartiges zu machen. Diese Möglichkeit wollen wir nutzen!

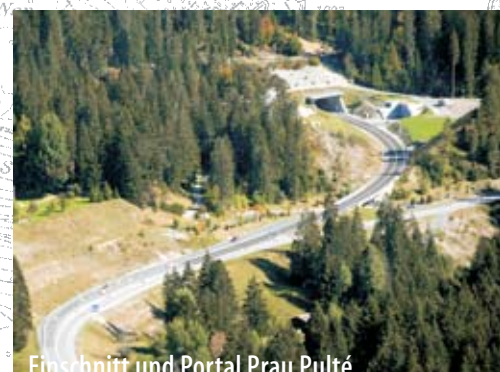
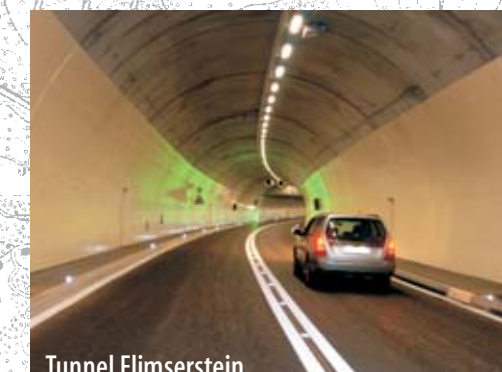
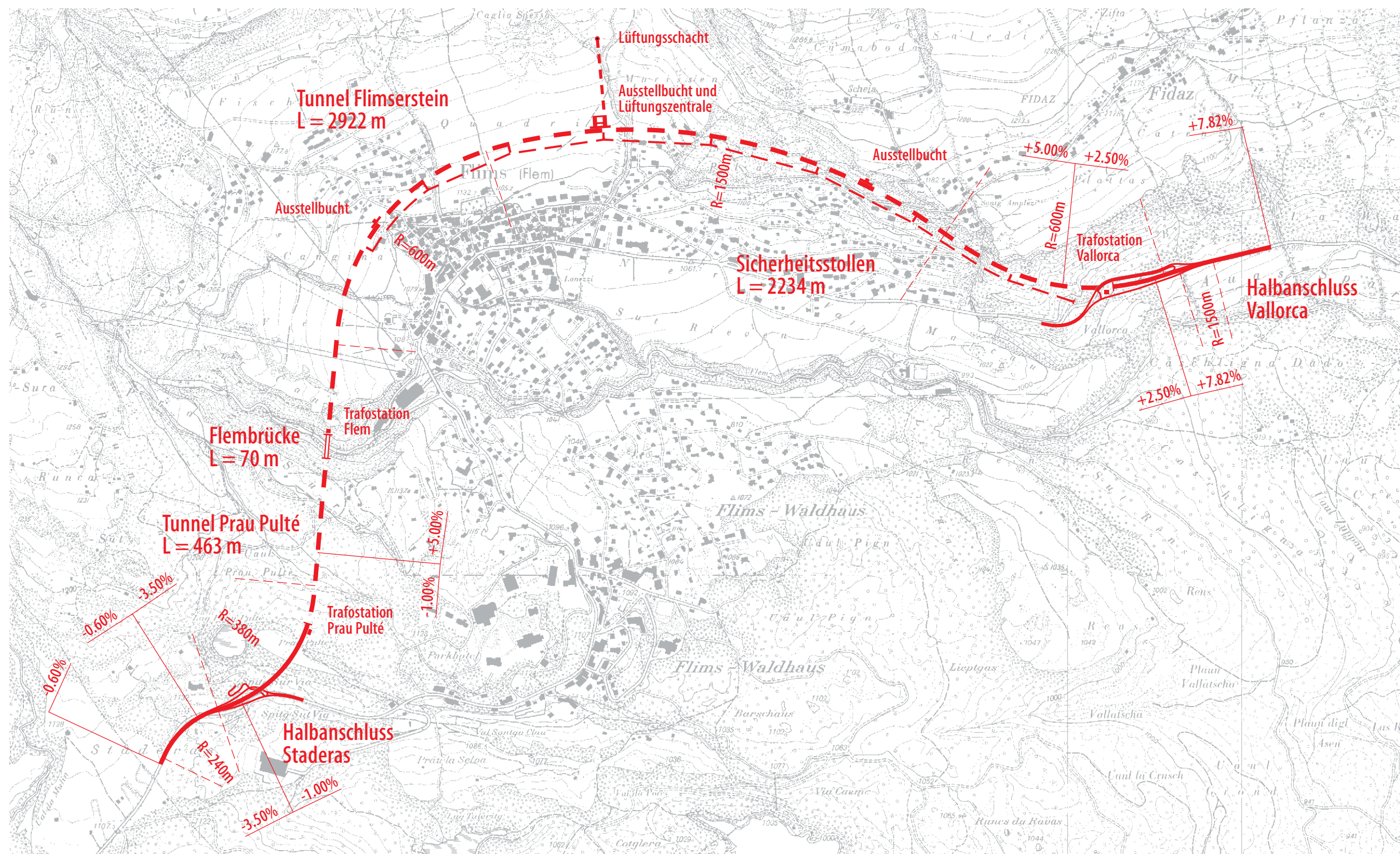
Während der ganzen Planungs- und Bauphase konnte ich eine ausgezeichnete Zusammenarbeit zwischen Kanton, Gemeinde, Bevölkerung und den beteiligten Unternehmen erleben. Probleme wurden offen ausdiskutiert und zur Zufriedenheit aller gelöst. Dafür danke ich. Freuen wir uns nun gemeinsam auf die Zeit nach der Tunneleröffnung. Blicken wir selbstbewusst in die Zukunft. Gemeinsam haben wir es geschafft. Flims ist Zukunft!



*Die Schülerinnen und Schüler von Flims beim Spatenstich im Jahr 1998*



## Die Umfahrung im Überblick





# High-Tech-Tunnelbau im Flimserstein

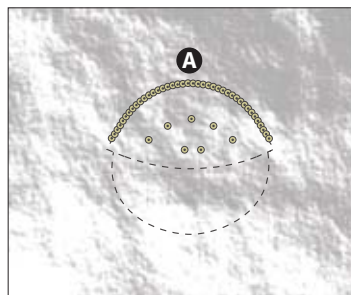
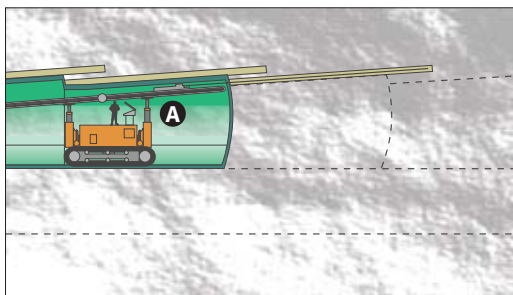
Peter Wenger, dipl. Ing. ETH, Amberg Engineering AG

Der High-Tech-Tunnelbau im Gebirge ist nicht frei von Überraschungen, wie der Vortrieb des Tunnels Flimserstein gezeigt hat. Aber auch in instabilem, wasserführendem Geröll findet die Tunnelbautechnik noch einen sicheren Weg. Für die Durchörterung des Verrucano-Rutschmaterials im Tunnel Flimserstein wurde 1999 auf der Grundlage eines Variantenvergleiches ein Kalottenvortrieb im Schutz eines Jetgewölbes vorgesehen. Bei diesem Verfahren dient ein Schirm aus horizontalen Einzelpfählen als Überkopfsicherung. Für die Herstellung der Pfähle (Jetting) wird jeweils eine 15 bis 18 Meter lange horizontale Bohrung vorgetrieben und während

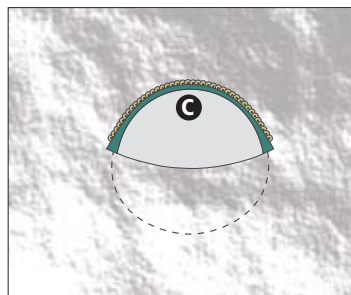
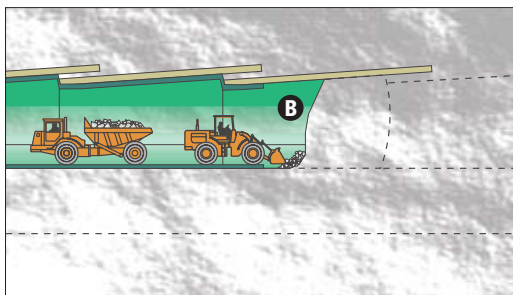
des Zurückziehens des Bohrgestänges aus dem rotierenden Bohrkopf eine Zement-Wasser-Mischung unter Druck ins Erdmaterial gespritzt. Das Erhärten der Mischung aus Zement und Verrucanomaterial ergibt einen tragfesten Pfahl.

Zur Stabilisierung von zerbrochenem, strukturempfindlichem Material wurden in der Startphase zwei parallele Jettingschirme über der Kalotte erstellt und zusätzlich mit Bewehrungsstahl in Pfahlmitte verstärkt. Die Ergiebigkeit der sechs in der Ortsbrust erstellten Entwässerungsbohrungen war sehr gering und erhöhte sich auch mit Unterdruck nur unwesentlich.

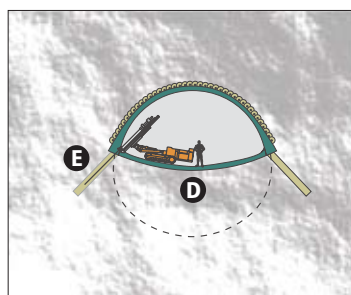
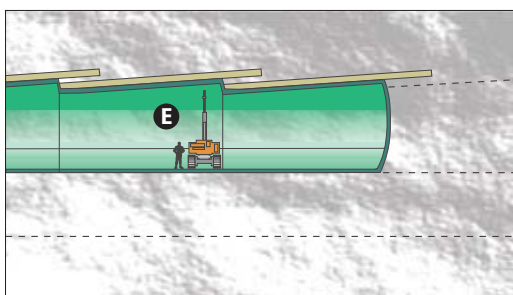
Beim nachfolgenden Vortrieb im moränenartigen Material zeigte sich dann auch, dass trotz Entwässerungsbohrungen Wasser in die Tunnelbrust eintrat. Es traten lokale Instabilitäten an der Tunnelbrust auf, bis nach ca. 8 Meter das prognostizierte Verrucanomaterial angefahren wurde. Auch hier erwiesen sich die geotechnischen Verhältnisse als stark wechselnd, und es zeigten sich Anzeichen von Instabilitäten in der Ortsbrust. Als Massnahme zur Sicherstellung der Ortsbruststabilität wurden anstelle von horizontalen Entwässerungsbohrungen zusätzlich zu den bereits vorhandenen 10 Brustpfählen weitere 15 Pfähle erstellt.



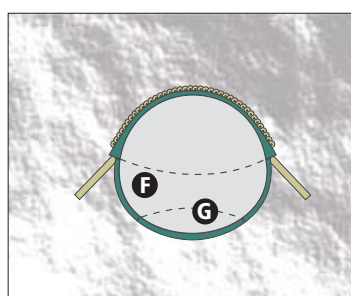
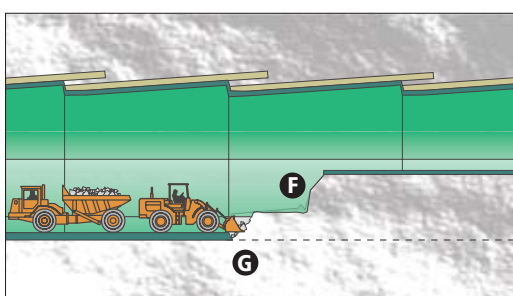
- A** Erstellen des Jetgewölbes:
1. Vortreiben der 15 m langen, horizontalen Bohrung.
  2. Zurückziehen des Bohrgestänges mit gleichzeitigem Spritzen einer Zement-Wasser-Mischung aus dem rotierenden Bohrkopf ins Erdmaterial.
  3. Erhärten der Mischung aus Zement und Verrucanomaterial ergibt einen tragfesten Pfahl.



- B** Kalottenvortrieb in Etappen von 1.5 Meter
- C** Erstellen des Aussengewölbes mit Netzen, Gitterträgern und Spritzbeton in Etappen von 1.5 Meter



- D** Ringschluss der Kalotte nach maximal 6 Meter
- E** Stützung des Gewölbes mit Jetpfählen am Kalottenfuss



- F** Strossenabbau und Einbau Aussengewölbe in Etappen von 2 Meter
- G** Ausbruch der Sohle und Einbau des Sohlgewölbes für den Ringschluss

## Die Geologie im Rückblick

Franz Keller, Dr. phil. II, Geologe, Dr. M. Kobel + Partner AG, Sargans

Geologen blicken von Berufes wegen auf die Erdgeschichte zurück: auf 135 – 150 Millionen Jahre beim Felsuntergrund von Flims, der aus Quintner Kalk besteht, welcher in einem flachen warmen Meer (Schelf) abgelagert wurde, auf rund 9'400 Jahre im Falle des Flimser Bergsturzes, der sich in einer nacheiszeitlichen Wärmeperiode ereignete, aber auch auf den geologischen Wimpernschlag von rund 6 Jahren Vortriebszeit bei der Umfahrung Flims.

Vor Baubeginn muss der Geologe jedoch vorausblicken, denn der Ingenieur möchte wissen, welches Tunnelgebirge mit welchen Eigenschaften ihn erwartet, damit er Zeitaufwand und Kosten abschätzen kann. Im Falle der Umfahrung Flims waren zwei völlig unterschiedliche Gebirgsarten zu durchhören, die unterschiedliche Vortriebsmethoden erforderten.

Einerseits war Quintner Kalk mit einem Sprengvortrieb auszubrechen. Dass dieses Gestein hohe senkrechte Felswände wie jene des Flimsersteins aufbaut zeigt, dass es fest und geotechnisch günstig ist. Beinahe das ganze Ausbruchsmaterial konnte deshalb für Betonkies verwendet werden. Im Tunnel erwies sich der Fels als standfest. Er konnte mit geringem Aufwand gesichert werden (Anker, Spritzbeton). Einzig im Bereich von Störungen und dem völlig zerbrochenen Fels bei Vallorca war ein Stahleinbau erforderlich.

Andererseits erwartete die Vortriebsmannschaften der Bergsturzschart, der bis zu zimmergrosse Kalkblöcke enthielt. Hier staunte der Geologe darüber wie gut der Messerschildvortrieb trotz den tonnenschweren auf den Messern lasten-



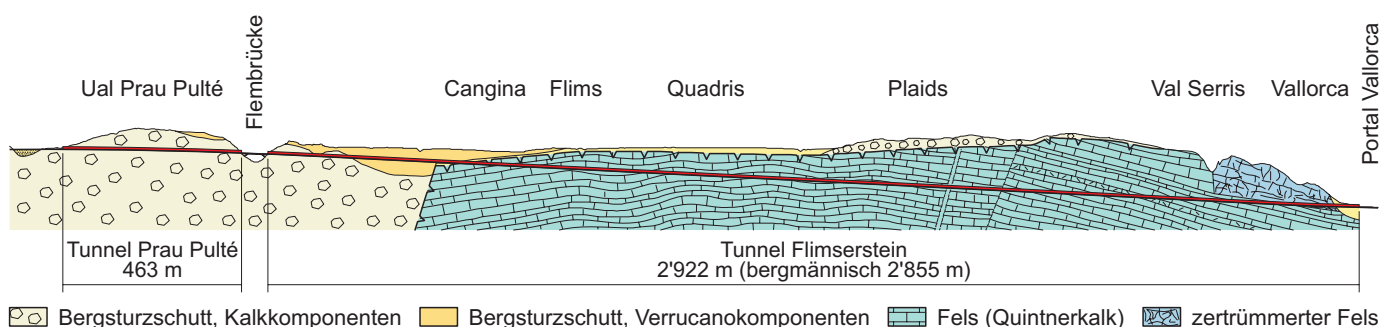
Sprengvortrieb im Quintnerkalk (oben), Messerschildvortrieb im Bergsturzmateriel

den Blöcken vorankam. Diese Vortriebsart bewährte sich so gut, dass sie im Tunnel Flimserstein im weichen Verrucanoschutt fortgesetzt wurde.

Im Rückblick bleiben vor allem spektakuläre Ereignisse im Gedächtnis haften. So die ungläubig entgegen genommene telefonische Nachricht es würden Steine am Magnetaus-scheider der Materialaufbereitung kleben. Ursache war eine in die Quintner Kalke eingeschaltete Magnetit (hochwertiges Eisenerz) führende Schicht. Oder die Mitteilung eines Skifahrers, im Schnee sei ein kreisrundes schwarzes Loch vorhanden. Hier hatte sich der nicht ganz verüllte Hohlraum eines Nie-

derbruchs im Übergang vom Fels ins Lockergestein während zwei Jahren nach oben fortgepflanzt. Auf den spektakulären Karstwassereinbruch bei km 2'712 d. h. auf den letzten 113 m Felsvortrieb wird im nächsten Artikel eingegangen.

Die wichtige Grenze zwischen Fels und Lockergestein wurde fast metertgenau prognostiziert, was uns mit Befriedigung erfüllt, aber letztlich auf die umfangreichen Voruntersuchungen mit Bohrungen und Seismik zurückzuführen ist. Insgesamt war die Umfahrung Flims mit ihren unterschiedlichen Gebirgsarten und Vortriebsmethoden für uns Geologen eine interessante und auch lehrreiche Baustelle.



Geologisches Längsprofil der Umfahrung



# Die Macher: Ingenieure und Unternehmungen

## Gesamtleitung und Oberbauleitung

- Tiefbauamt Graubünden

## Gesamtprojektleitung

- Amberg Engineering AG, Chur

## Projektverfasser

### Tunnel Flimserstein und Prau Pulté

- IG Basler & Hofmann AG / Locher AG, Zürich

### Projektverfasser Trasse

- Pöyry Infra AG Graubünden, Chur

### Projektverfasser Flemlücke

- Chr. Fanzun & Söhne, Chur

## Projektverfasser

### Unterführung Stadleras

- Rigendinger Hans, Chur

## Projektverfasser

### Elektromechanische Anlagen

- IG Nay + Partner AG / Pöyry Energy AG, Chur

### Projektverfasser Lüftungsanlagen

- Pöyry Infra AG, Zürich

## Projektverfasser

### Wasser- und Hydrantenleitung

- Straub AG, Chur

## Vermessung und

### Deformationsmessung

- Meisser Vermessungen AG, Chur
- Grünenfelder & Partner AG, Domat/Ems
- Hasler Müggler Quinter AG, Flims-Waldhaus

## Geologie und Hydrogeologie

- GG Kobel + Partner AG / Bonanomi AG, Sargans
- Büchi + Müller AG, Igis
- Dr. von Moos AG, Zürich

## Rekultivierung und

### Landchaftsgestaltung

- CaNatura, Domat/Ems
- L. Wegelin, Malans

## Projektierung

### Nebenanlagen und Spezialisten

- Amstein + Walther, Chur
- V. Bearth und A. Deplazes, Chur
- Brüniger + Co. AG, Chur
- Heinrich Brüniger, Paspels
- Electrosuisse, Fehraltorf
- Enertel GmbH, Grono
- Flückiger + Bosshard AG, Zürich
- Foidl Hegland & Partner AG, Chur
- Gadola + Lutz GmbH, Rabinus
- GeoConCav, Castrisch
- Gruner AG, Basel
- Gysel & Preisig, Baden
- HBI Haerter AG, Zürich
- Hochstrasser, Bleiker & Partner AG, St. Gallen
- Hans-

peter Hunger, Zizers • ITECO Ingenieurunternehmung AG, Affoltern a. A. • F. Kalberer und Partner AG, Sargans • Joseph Kälin, Altendorf • Kuster + Partner AG, Chur • Samuele Mossi, San Vittore • Hanspeter Müller, Uster • Roland Müller, Küsnacht • Mullis + Cavegn AG, Chur • R. Brüniger AG, Ottenbach ZH • Schlegel GmbH, Wangs • Schneider Consulting, Rombach • Urs Steinemann, Wollerau • Tuffli & Partner AG, Chur • Reto Walder, Flims-Dorf

## Rodung und Wiederaufforstung

- Forstamt Flims, Flims-Dorf

## Ausführung

### Tunnel Flimserstein und Prau Pulté, Trasse Anschlüsse, Flemlücke

- ARGE G. Lazzarini & Co / Murer SA / A. Pitsch AG / Zschokke Graubünden AG, Chur

### Ausführung Belagsarbeiten

- ARGE Casty Bau AG / Foser + Hitz AG, Chur
- ARGE Stradun SA / Trachsel AG, Ilanz
- ARGE Vago AG / Palatini AG, Chur
- Batigroup AG, Chur
- Palatini AG, Trun
- Prader & Co. AG, Chur

## Ausführung

### Wasser- und Hydrantenleitungen

- ARGE Kunz / Brosi, Klosters-Dorf
- ARGE A. Candrian AG / Caduff + Caderas GmbH, Flims-Dorf
- Caduff + Caderas GmbH, Laax
- A. Candrian AG, Flims-Dorf
- Hawle Armaturen AG, Sirnach
- Merkl AG, Luzern
- Romei AG, Rothenbrunn
- SLH AG, Untervaz
- TMH Erhard Armaturen AG, Zürich

### Ausführung übrige Bauarbeiten

- ARGE Capaul Bau AG / Stuaug Graubünden, Flims
- ARGE Walo Bertschinger AG / Implen Bau AG, Chur
- Hans-Rudolf Allemann, St. Peter
- Bohr AG Surselva, Tavanasa
- Capaul Bau AG, Flims
- Casty Bauunternehmung AG, Trin
- J. Erni AG, Flims-Dorf
- Lazzarini & Co. AG, Chur
- Otto Bohr AG, Thusis
- Andrea Pitsch AG, Thusis
- Ribbert AG, Mels
- Sika Bau AG, Chur
- Stump Bohr AG, Chur
- Ughini, Casis
- Versuchsstollen Hagerbach AG, Sargans
- Vetsch, Pragg-Jenaz
- Zindel & Co., Chur
- Zingg AG, Domat/Ems

## Ausführung

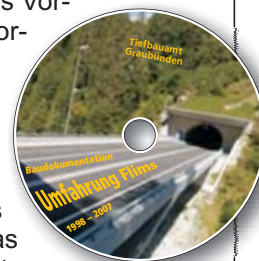
### Elektromechanische Anlagen

- ARGE ELFI-ST, Landquart
- ARGE Elektro Raetus AG / Curea Elektro AG, Chur
- ARGE Atel Gebäudetechnik AG / Aurax Electro AG, Chur
- ABB Sécheron AG, Genf
- ACG Autcomp Grischa AG, Chur
- ACP Environment AG, Biel
- All Com AG, Dübendorf
- Amatic AG, Inwil
- ARIAS Caruso & Partner, Biel
- Aurax energia AG, Ilanz
- COMLAB AG, Ittigen
- Curea Elektro AG, Chur
- Elektro Capaul AG, Flims-Waldhaus
- Elektro Rae-

## Weitere Informationen zur Umfahrung Flims

Das Tiefbauamt Graubünden orientierte die Bevölkerung regelmässig über das Vorhaben an Informationsabenden und Baustellenführungen, mit dem Infoblatt des Tiefbauamtes sowie über das Internet unter [www.tiefbauamt.gr.ch](http://www.tiefbauamt.gr.ch).

Diese Zeitdokumente sind auf einer CD-ROM zusammengestellt, welche gratis bestellt werden kann unter [www.tiefbauamt.gr.ch](http://www.tiefbauamt.gr.ch) > *Umfahrung Flims* oder über Telefon 081 257 37 15.



tus, Chur • Flims Electric AG, Flims-Dorf • GE Consumer & Industrial AG, Kloten • Gebrüder Meier AG, Emmenbrücke LU • Hälg + Co. AG, Chur • Howden Ventilatoren GmbH, Heidenheim (D) • Huser + Peyer AG, Busswil TG • Nägele-Capaul AG, Flims Waldhaus • Novitas Elektronik AG, Volketswil • Optonit Industrie Haslen, Oberbüren • Rigamonti Officine Meccaniche, Contone • Rittmeyer AG, Zug • SAG Systemtechnik AG, Bern Schocher + Rüegg, Chur • Sensor Elektronik, Regensdorf • Siemens Building Technologies AG, Gossau • Siemens Schweiz AG, Zürich • Sigmaplan AG, Bern • Signal AG, Mastrils • Signaline SA, Quartino • Signalisation CDS SA, Martigny • Sirocco, Wien (A) • Studer Draht- & Kabelwerk AG, Dänikon • Swisspro AG, Chur • Thales Communications AG, Zürich • Walter AG, Sulgen • Weta AG, Thusis • Zitron Nederland B.V., LL Hengelo (NL)

### Ausführung Innenausbauarbeiten

- ARGE Trauffer AG / Andreoli & Co., Brienz
- AG für Isolierungen AG, Zizers
- BELFORT (Suisse) AG, Altstätten
- Dino's Reinigungen und Unterhalt, Chur
- Elkuch Eisenring AG, Jonschwil
- Flims Transporte AG, Flims
- Foppa AG, Chur
- Fournier Steiner AG, Zürich
- Kläy & Co. AG, Wangen
- Letrona AG, Friltschen
- Maler Hardegger, Flims
- Oera Mechanik AG, Untervaz
- Ragettli Metallbau, Flims Dorf
- Roberit AG, Windisch
- Schlüssel-Center Mutzner, Chur
- Senn AG, Oftringen
- SSC-Service Center GmbH, Uznach
- Kurt Stampa, Flims
- Stierli-Bieger AG, Sursee
- Trauffer AG, Brienz
- Vico Group, Chur
- M. C. Wegmüller, Riehen
- Weleco AG, Dietikon

## Impressum

Text und Bilder Tiefbauamt Graubünden. Die Weiterverwendung von Bild und Text mit Quellenangabe ist erwünscht. Weitere Exemplare sowie die vorhergehenden Infos zur Umfahrung Flims können bestellt werden über [info@tba.gr.ch](mailto:info@tba.gr.ch), [www.tiefbauamt.gr.ch](http://www.tiefbauamt.gr.ch) oder Tel. 081 257 37 15.



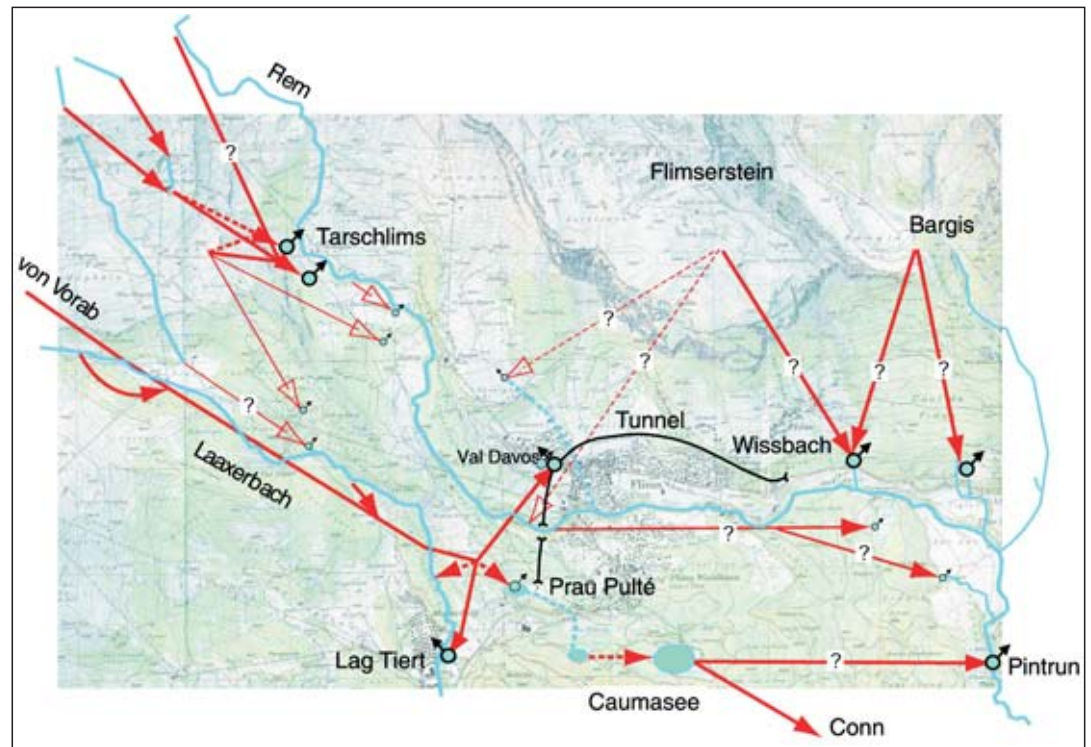
# Hochkomplexe Grundwasserströme

Ph. Häuselmann / P.-Y. Jeannin, Schweiz. Institut für Speläologie u. Karstforschung SSKA, La Chaux-de-Fonds und A. Wildberger, Geo von Moos AG, Zürich

Der Tunnel Flimserstein führt auf drei Vierteln seiner Länge, d. h. auf mehr als 2 km, durch Quintner Kalk. Dieser Kalk neigt zu Verkarstung und dementsprechend sind im Laufe des Tunnelvortriebs viele kleine und grössere, wasserführende Klüfte angeschnitten worden. Eine richtige, kleine Höhle bei Projektmeter 2'712 unter dem Dorf Flims brachte besonders viel Wasser und liess in der unmittelbaren Folge die Quellen im Val Davos versiegen. Insgesamt sammelt der Tunnel mehrere 100 Liter Gebirgswasser pro Sekunde – bei Hochwasser gegen 1 m<sup>3</sup>/s – und drainiert es zum Portal Vallorcia und von dort weiter zum Fiem.

Die regionalen Grundwasserströme im Raume Flims sind durch den verkarsteten Kalkuntergrund und die weiträumig darüber liegenden Bergsturzmassen geprägt. Obschon das Gebirgswassersystem durch den Tunnel gestört wurde, führte erst der Wassereinbruch unter dem Val Davos zu einer deutlich merklichen Reaktion an der Oberfläche. Des Weiteren bewirkte die Drainage durch den Tunnel eine Abnahme der winterlichen Schüttung der bislang ganzjährig aktiven, 2 km vom Tunnel entfernten Karstquelle des Lag Tiert. Dies hat unter anderem auch eine Abnahme der Stromproduktion im KW Bargaus der Flims Electric zur Folge.

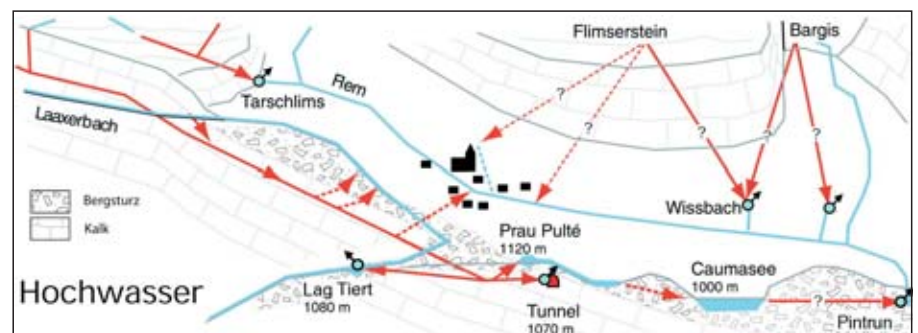
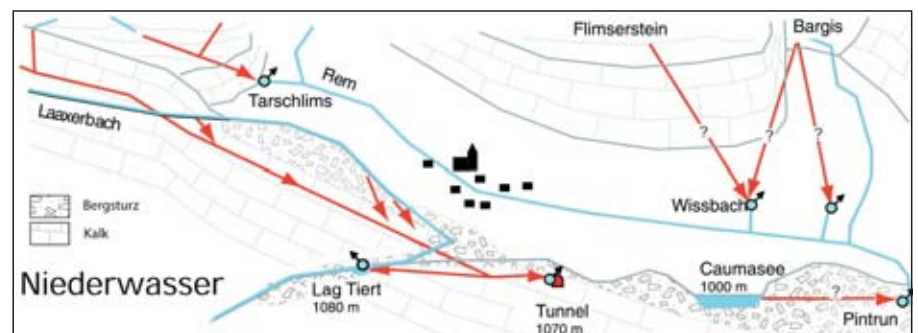
Die Auswirkungen des Tunnels auf einen anderen Überlauf des Karstsystems, dem Lag Prau Pulté, sind noch nicht ganz geklärt. Der Lag Prau Pulté, dessen Überlauf oberirdisch zum Lag Prau Tuleritg und weiter unterirdisch in den Lag la Cauma fliesst, schüttete zwar in den vergangenen Jahren deutlich weniger Wasser als früher; allerdings ging auch die Niederschlagsmenge signi-



Karte mit den wichtigsten Wasserläufen: Blau sind Oberflächengewässer, rot unterirdische Wasserläufe; durchgezogene Linien bedeuten ganzjährige Aktivität, gestrichelte Linien markieren die nur bei Hochwasser aktiven Wasserbahnen, untergeordnete Verbindungen sind dünn gezeichnet. Fragezeichen kennzeichnen vermutete (nicht durch Markierversuche belegte) Verbindungen; alle anderen unterirdischen Verbindungen sind durch die Resultate von Färbversuchen nachgewiesen.

fikant zurück. Zur Zeit wird angenommen, dass der Tunnel den Lag Prau Pulté nur unwesentlich beeinflusst und somit auch nur zu einem geringen Teil den am Caumasee zu beobachtenden Tiefstand verur-

sacht. Die obenstehende Abbildung zeigt die Komplexität der Karst- und Bergsturz-Grundwasserströme und deren Veränderlichkeit in Abhängigkeit von Wasserstand und Schüttmenge.



Darstellung der Niederwasser- und Hochwasserverhältnisse in einem Profilschnitt (im Vordergrund), gekoppelt mit einer partiellen Projektion (im Hintergrund).



# Viele Massnahmen für die Sicherheit

Franco Isepponi, dipl. Ing. ETH, Tiefbauamt Graubünden

Im Tunnel Flimserstein wird die Sicherheit der Benutzer mit einer Vielzahl von speziell dafür erstellten Bauteilen und elektromechanischen Anlagen sichergestellt. Die Aufwendungen für sämtliche baulichen und betrieblichen Sicherheitseinrichtungen betragen 46.4 Millionen Franken und damit etwa einen Sechstel der Kosten für die Umfahrung Flims. Zur Tunnelsicherheit gehören bauliche, signalisationstechnische und elektromechanische Einrichtungen.

Die wichtigsten **baulichen** Sicherheitseinrichtungen im Tunnel sind:

- Flucht- oder Sicherheitsstollen. Der Stollen mit einer Länge von 2.2 km und einem Querschnitt von 12.5 m<sup>2</sup> ist talseitig in einem Abstand von 25 m zum Haupttunnel angelegt. Der Tunnel verfügt über 8 Notausgänge in den Fluchtstollen, welche alle 300 m angeordnet sind.
- Zwischendecke und Abluftkanal. Im Brandfall können die auftretenden Gase im Brandbereich gezielt mittels zu öffnenden Gliederklappen in der Zwischendecke in den darüber liegenden Abluftkanal abgesaugt werden.
- Abluftstollen und Abluftschacht. Die im Brandfall anfal-

lenden Rauchgase werden durch den 200 m langen Abluftstollen und den rund 90 m hohen Lüftungsschacht mit einem Querschnitt von 10.7 m<sup>2</sup> ins Freie geblasen.

- Fahrbahntwässerung. Für das Auffangen von brennbaren Flüssigkeiten bei Unfällen ist auf der gesamten Tunnelänge eine Schlitzrinne angelegt. Durch diese Rinne wird die Flüssigkeit unverzüglich in den Ölabscheider geleitet.

Für den Notfall sind folgende **signalisationstechnische** Einrichtungen eingebaut:

- Orientierungstafeln mit Distanzangaben zum nächstgelegenen Notausgang in den Fluchtstollen.
- Die alle 300 m angeordneten Fluchtausgänge sind mit grünen Leuchtsäulen versehen, welche im Notfall blinken.
- Verkehrsregelungsanlage, welche sich im Notfall automatisch einschaltet.

Die **elektromechanischen** Einrichtungen umfassen eine Vielzahl von Installationen:

- Lüftungssystem mit zwei Axialventilatoren in der Lüftungszentrale mit je 400 kW installierter Leistung und einer gesamten Absaugmenge von 210 m<sup>3</sup>.
- 6 Strahlgebläse in den beiden Portal-

strecken mit einer gesamten installierten Leistung von 480 kW;

- 26 Brandklappen mit 4 m<sup>2</sup> Querschnittsfläche, welche in einem Abstand von 100 m in der Zwischendecke angeordnet sind. Die mit einem Antriebsmotor versehenen Gliederklappen öffnen sich im Brandfall in der Nähe des Brandherdes.
- 2 Ventilatoren (installierte Leistung 2 × 15 kW) beim Portal des Sicherheitsstollens (Vallorca) zur Aufrechterhaltung eines ständigen Überdruckes gegenüber dem Fahrraum im Flimsersteintunnel. Damit wird im Brandfall vermieden, dass Rauch in den Sicherheitsstollen eindringen kann.
- Die über dem Gehweg angeordnete Tunnelnotbeleuchtung wird im Ereignisfall automatisch eingeschaltet.
- Windmessgeräte bei den Portalen werden benötigt für die Regelung der Luft-Längsströmung im Fahrraum.
- Das Strahlungskabel im Gehweg erlaubt den Radio- und Funkempfang sowie die Einsprechmöglichkeit ab Noteinsatzzentrale der Polizei im UKW-Programm.
- Die leittechnische Ausrüstung ermöglicht die Daten-, Sprach- und Bildübertragung in die Verkehrsleitzentrale der Polizei und in die Leitstelle der Tunnelüberwachung.

## Die Sicherheitseinrichtungen im Überblick

