

A27, Malojastrasse:

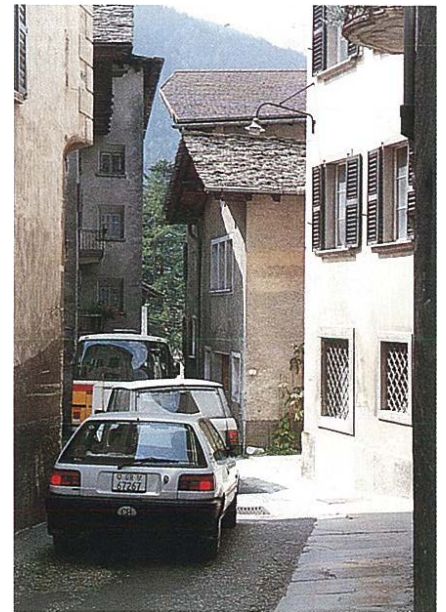
Umfahrung Promontogno

Die Malojastrasse ist Bestandteil des schweizerischen Hauptstrassennetzes. Sie führt von Maloja durch das Bergell bis zur Landesgrenze bei Castasegna und schliesst dort an das italienische Strassennetz an. Die Malojastrasse stellt die direkte Verbindung zwischen dem norditalienischen Raum mit der Wirtschaftsmetropole Mailand und dem Engadin dar. Die Verkehrsbelastung der Strasse ist im Jahresdurchschnitt zwar nicht sehr hoch, sie steigt aber während den Tourismussaisons stark an.

Das schmale Tal sowie die Lage und Bauweise der Ortschaften haben die historische Linienführung der Strassen stark geprägt. So sind denn auch die engen, winkligen und unübersichtlichen Ortsdurchfahrten markante Verkehrshindernisse, die einen sicheren und reibungslosen Verkehrsfluss meist nicht zulassen. Entsprechend leidet auch die Lebensqualität der Anwohner, deren berech-

tigte Anliegen nach mehr Ruhe, Sicherheit und besserer Luft meist nur durch grossräumige Umfahrungen erfüllt werden können. Bereits 1968 in Vicosoprano und 1974 in Borgonovo konnten mit einer neuen Linienführung der Kantonsstrasse diese Ortschaften vom Durchgangsverkehr befreit werden.

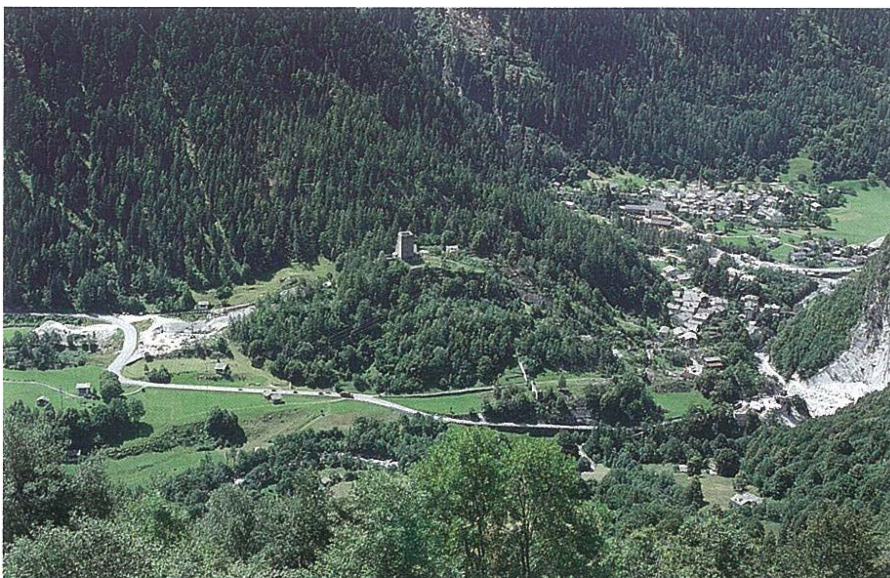
Abgesehen von Castasegna sind zur Zeit noch die Verhältnisse in den beiden Dorffraktionen Promontogno und Spino kritisch, die an einer schluchtartigen Verengung des Bergells liegen. Diese wird denn auch zutreffenderweise "La Porta" genannt. Die heutigen Verhältnisse sind so prekär, dass verschiedene Abschnitte nur im Einbahnverkehr befahren werden können. In diesen Engpässen kommt es häufig zu Verkehrsstauungen mit den entsprechenden Lärm- und Abgasimmissionen und auch Gefährdung für die Dorfbewohner. Eine wirksame Verbesserung dieser Verhältnisse kann



Die Ortsdurchfahrt in Promontogno

nur mit einer Ortsumfahrung erreicht werden.

Die ersten Variantenstudien führten bereits 1970 zu einem Projekt. Nach Behandlung der Einsprachen genehmigte die Regierung das Projekt im Oktober 1972. Wegen Finanzierungsschwierigkeiten und auch wegen einer weiteren Überarbeitung des Projektes konnte schlussendlich erst 1987 mit den ersten Bauarbeiten begonnen werden. Spätestens bis 1994 wird die ganze Umfahrung fertiggestellt und damit die Bevölkerung wirkungsvoll vor den negativen Auswirkungen des Durchgangsverkehrs geschützt sein.

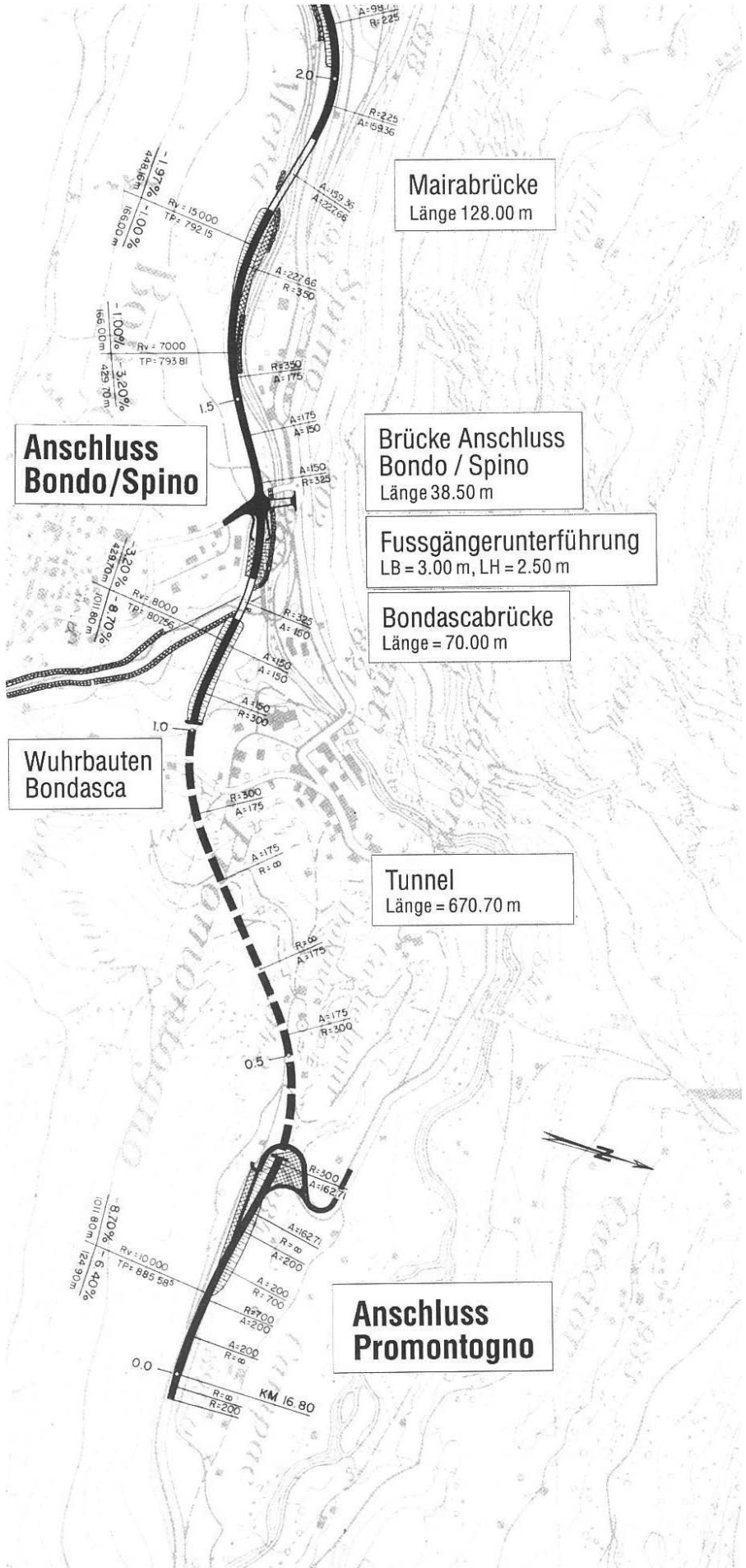


Die Talverengung La Porta mit dem Burghügel Castelmur und der Kirche Nossa Donna in der Bildmitte, rechts Promontogno und Bondo.

Tunnel Crap Ses eröffnet!

Am 3. Juli 1992 wurde der Crap Ses Tunnel offiziell in Betrieb genommen. Bericht auf Seite 7.

5 Bauwerke und 2090 m Strassentrassee



Für die Umfahrung von Promontogno und Spino werden 2090 m Strasse neu gebaut. Die Fahrbahnbreite ist analog dem Ausbaustandard der im Bergell bereits realisierten Erneuerungen auf 7.00 m festgelegt. Als Ausbaugeschwindigkeit wurden 80 km/h angestrebt. Aus bautechnischen und wirtschaftlichen Gründen konnte aber dieses Ziel nicht verwirklicht werden. Das geometrische Normalprofil, die Linienführung und die Querneigung im Tunnel ergeben eine Projektierungsgeschwindigkeit von 65 km/h. Diese "Unterschreitung" ist aber im Vergleich mit der gesamten Malojastrasse durchaus vertretbar. Das maximale Längsgefälle beträgt 8.7%, der minimale horizontale Kurvenradius 225 m.

Die Neubaustrecke beginnt im Osten mit dem Halbanschluss Promontogno, der die Zufahrt über die alte Kantonsstrasse ins Dorf sicherstellt. Wegen der Talenge bei "La Porta" ist die Umfahrung nur mit einem Tunnel möglich. Dieser ist 670 m lang. In der Mitte des Tunnels sind zwei Ausstellbuchten für allfällige Pannenfahrzeuge angeordnet. Vom östlichen Tunnelportal, das durch den Bergücken von Castelmur optimal vom Dorf abgeschirmt ist, verläuft der Tunnel in einer S-Kurve mit Radien von 300 m zum Westportal. Anschliessend wird mit einer 70 m langen Betonbrücke die Bondasca überquert. Hier waren zum Schutz von Bondo und der neuen Strasse umfangreiche Wuhrbauten notwendig. Beide Ufer mussten mit grossen Steinblöcken verstärkt werden.

Im Bereich des Anschlusses Bondo/Spino wurde aus Sicherheitsgründen für die Fussgänger und den Viehtrieb eine 3.00m breite Unterführung gebaut. Über eine neue Mairabrücke erfolgt der Anschluss an das gemeindeeigene Strassennetz. Die alte Betonbogenbrücke aus den Dreissiger Jahren liess sich nicht mehr in die Neuanlage integrieren und musste abgebrochen werden. Anschliessend quert das neue Strassentrassee schräg zum Flusslauf die Maira auf einer 128 m langen Dreifeldbrücke, um auf der rechten Talseite wieder an die bestehende Hauptstrasse anzuschliessen.

Die Verkehrsentwicklung im Bergell von 1979 -1991

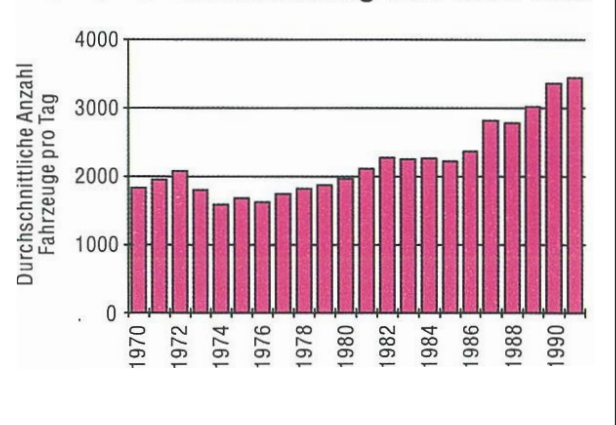
Der Verkehr ist am zunehmen, aber um wieviel? Mit Verkehrszählungen lässt sich diese Frage leicht beantworten. An den wichtigen Durchgangsstrassen im Kanton sind automatische Verkehrszähler installiert, die die Durchfahrt der Fahrzeuge erfassen. 1991 waren 31 Zählstationen im Einsatz. Ein wichtiger Begriff bei Verkehrszählungen ist der DTV, der sogenannte *durchschnittliche tägliche Verkehr*, der sich aus der jährlichen Verkehrsmenge geteilt durch 365 Tage ergibt. Entsprechend lässt sich auch ein DTV für die Werktage, Samstage und Sonntage ausrechnen. Mit diesen Werten kann die Verkehrsbelastung einer Strasse auf einer objektiven Grundlage beurteilt werden.

Erste systematische Zählungen wurden gesamtschweizerisch schon in den Zwanziger Jahren durchgeführt. So wurde 1929 für den Zollplatz in Castasegna ein DTV von 107 Fahrzeugen errechnet, mit 56 Automo-

bilien, 7 Autobussen, 8 Motorrädern, 7 Fahrrädern und 28 Fuhrwerken! Seit 1969 ist in Castasegna ein automatischer Verkehrszähler in Betrieb. Interessanterweise zeigen die Resultate zu Beginn der Siebziger Jahre eine markant fallende Tendenz, was vermutlich auf die Eröffnung des San Bernardino Tunnels und den Bau der N13 zurück-

zuführen sein dürfte. 1975 beginnt die Verkehrsmenge aber wieder zu steigen und 1991 erreicht sie mit 3444 Fahrzeugen pro Tag knapp den doppelten Wert von 1970. Der Vergleich der Verkehrsbelastung der einzelnen Wochentage zeigt klar, dass die Frequenzen am Wochenende einiges höher sind. So betrug zum Beispiel im Januar 1990 die Verkehrsmenge an den Sonntagen durchschnittlich 5806, werktags aber nur 2002 Fahrzeuge! Der Höchstwert wurde am Samstag, dem 17. August 1991, mit 7173 Fahrzeugen erreicht. Auch die Jahresganglinie zeigt, wann im Bergell am meisten Fahrzeuge unterwegs sind: in den Monaten Januar/Februar/März und Juli/August.

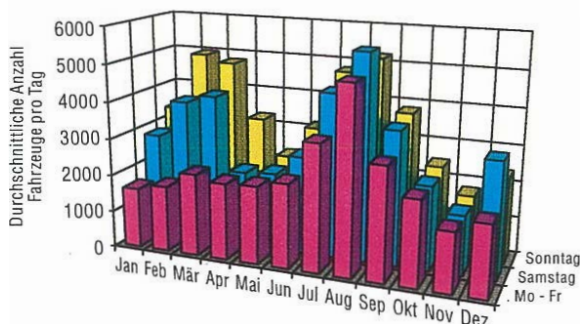
Die Verkehrsentwicklung von 1970-1991



Die Resultate der Verkehrszählungen bestätigen also eindeutig, dass das Verkehrsaufkommen im Bergell vor allem vom Ferien- und Wochenend-Reiseverkehr beeinflusst wird.

Einen grossen Anteil haben dabei die Feriengäste aus dem Grossraum Mailand, die ihre Ferien oder das Wochenende im Engadin verbringen.

Jahresganglinie 1991



Ingenieure/Geologen:

- E. Winkler + Partner AG, Chur
- Büchi & Müller AG, Chur
- Brüniger & Co., Chur

Unternehmer:

- ARGE Zogg + Schneller/ Battaglia/Giovannini/ Schumacher/Fanconi

Das Projekt in Zahlen

Trassebau:

km 16.80 - km 19.20	2 090 m
Baugrubenaushub	13'000 m ³
Dammschüttungen	50'000 m ³
Foundationsschicht	8'000 m ³

Tunnel Promontogno:

Tunnellänge	670 m
Längsgefälle	8,7 %
Höhe Lichtraumprofil	4,50 m
2 Fahrbahnen	7,00 m
Ausbruchquerschnitt	70 m ²
Gesamter Ausbruch	40'000 m ³
Felsanker	1800 St

Spritzbeton	3 000 m ³
Beton Innengewölbe	6 000 m ³
Abdichtung	11'000 m ²

Brückenbauwerke:

Totale Brückenfläche	2850 m ²
Bohrpfähle	190 m
Beton	4200 m ³
Armierungsstahl	490 t
Spannstahl	2040 lm

Wuhrbau:

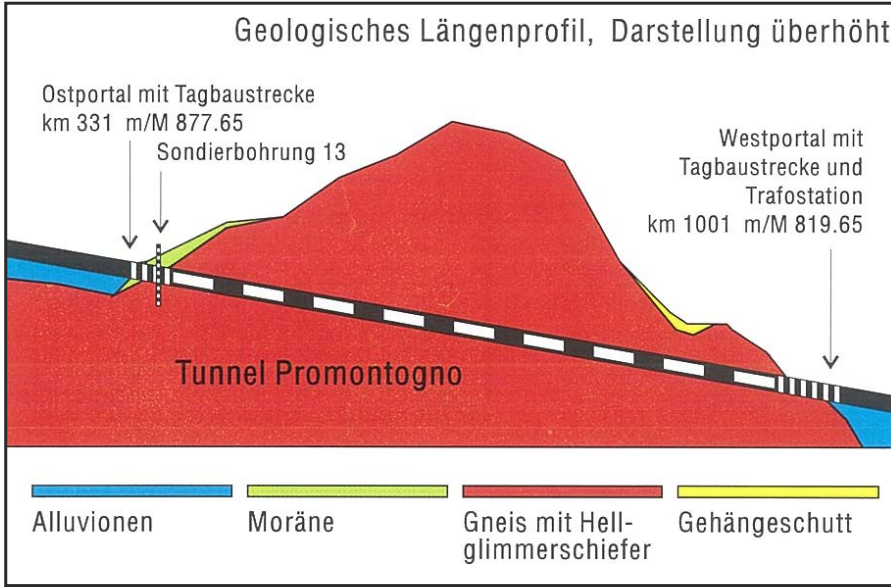
Wuhrsteine	9500 tn
------------	---------

Projektkosten

(Preisbasis 1987, in Millionen Fr.)

Projekt und Bauleitung	4.72
Landerwerb	1.08
Trassee	9.02
Tunnel	21.1
Tunnelbau	17.2
Elektromech. Ausrüstung	3.9
Kunstabauten	6.70
Wuhrbauten	0.78
Gesamtkosten	
Umfahrung Promontogno	43.40

Bergeller Gneis und Glimmerschiefer



Die Tunnelröhre liegt praktisch auf der ganzen Länge in Gesteinen der Wurzelzone der Tambodecke. Dieser Fels besteht aus mittelkörnigen Gneisen mit ausgeprägter Schieferung, welche zu einer bankigen, plattigen Struktur führt. Die Platten und Bänke sind Zentimeter bis Dezimeter dick und ebenmässig ausgebildet. Dazwischen eingelagert finden sich stellenweise Zonen mit Glimmerschiefer. Diese können Zentimeter bis mehrere Meter dick sein. In der näheren Umgebung des Westportals ist der Gneis grobkörnig ausgebildet und nur wenig, d.h. lagig im Dezimeter- bis Meterbereich strukturiert.

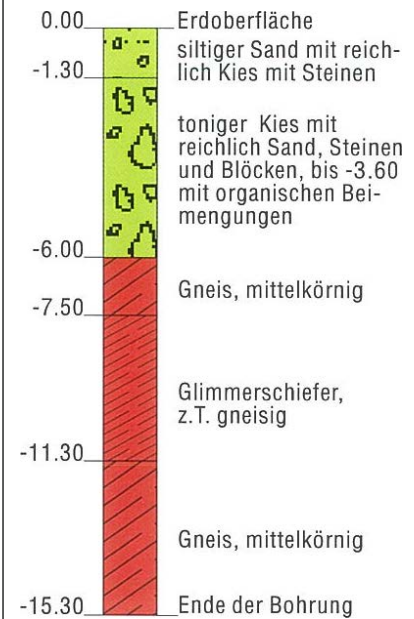
Die Gneise und Glimmerschiefer weisen über die ganze Tunnelänge eine sehr konstante Orientierung der Schieferung auf. Entsprechend ih-

rer grosstektonischen Lage fällt die Schieferungsrichtung mittelsteil gegen Norden ein. Die Zerklüftung ist im allgemeinen mittelmässig mit Kluftabständen von 0.1 bis 1 m. Abgesehen von etwas Tropfwasser in den beiden Portalbereichen wurden beim Ausbruch keine Wasseradern angetroffen.

Der Einschnitt für das Ostportal liegt bis zu 8 m in kiesigen Flussaushüttungen mit einzelnen Zonen aus blockreichem Material und Gehängeschutt. Die anschliessende, 35 m lange Tagbaustrecke durchstösst dann die flach aufsteigende Felslinie. Beim Westportal befindet sich die Felsoberfläche unter wenigen Metern Gehängeschutt, so dass sich für den Voreinschnitt keine besonderen Probleme ergaben.

Sondierbohrung 13

Wie lässt sich die Beschaffenheit des Untergrundes im Bereich eines projektierten Tunnels bestimmen? Mit Bohrungen, die bis zur Tiefe des geplanten Bauwerkes mit einer speziellen Maschine abgeteufelt werden. Da die Bohrkronen an der Spitze offen ist, wird beim Bohren das anstehende Material in die hohlen Bohrröhre gepresst. Nach dem Zurückziehen des Bohrgestänges kann das Bohrgut ausgestossen und vom Geologen beurteilt werden. Aufgrund dieser punktuellen Aufschlüsse und weiterer Beobachtungen im Gelände erstellt er dann das geologische Längenprofil.



Vortrieb im Bergeller Gneis: Das Bohren der Sprenglöcher

Granit oder Gneis?

Granit ist ein sogenanntes magmatisches Gestein, dass bei der Abkühlung von einem heissen, flüssigen Gesteinsbrei oder eben Magma im oberen Erdmantel auskristallisiert. Seine Hauptbestandteile sind Quarz, Feldspate und Glimmer. Wenn dieser Granit in grossen Tiefen bei hohen Temperaturen und Drücken umgeformt wird, entsteht daraus Gneis, der sich vom Granit vor allem durch die plattige oder schiefrige Struktur unterscheidet. Wegen dieser natürlichen Spaltbarkeit wird Gneis als Baumaterial, zum Beispiel als Dacheindeckung sehr geschätzt.

Die Tunnelröhre im Endausbau

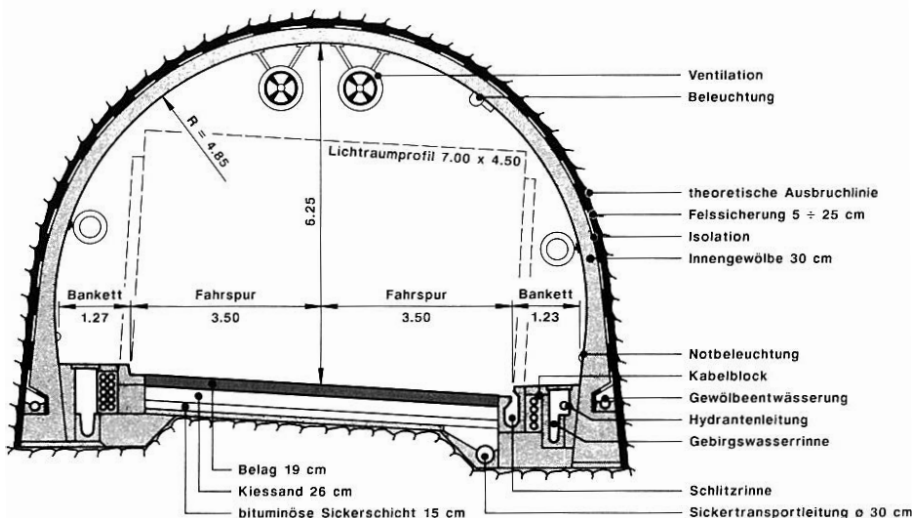
Das hufeisenförmige Normalprofil entspricht mit einem Innenradius von 4.85 m den Richtlinien des Bundesamtes für Strassenbau. Die Fahrbahnbreite beträgt 7.00 m mit beidseitigen Banketten von 1.27 m und 1.23 m. In den beiden Kurvenradien erreicht die Querneigung einen maximalen Wert von 7 %.

Auf Grund der Länge muss der Tunnel künstlich mit im Tunnelfirst aufgehängten Strahlventilatoren belüftet werden. Damit die Wohngebiete von Bondo nicht durch die Tunnelabgase belastet werden, wird der Tunnel im Normalfall von West nach Ost, das heisst in steigender Richtung ventiliert. Bei starkem Ostwind kann es aber erforderlich sein, die Blasrichtung umzukehren. Neben Lüftung und Beleuchtung sind für den



Die mit PVC-Folie verkleidete Tunnelröhre, im Vordergrund die Schalung für das Betonieren des Innenrings.

Normalprofil Tunnelröhre



sicheren Betrieb des Tunnels folgende Überwachungsanlagen und Infrastrukturen vorgesehen: Messeinrichtungen zum Erfassen des CO-Gehaltes der Luft, Sichttrübungsmessgeräte, eine Brandüberwachungsanlage und die automatische Steuerung für die Strahlventilatoren in Abhängigkeit von den Luftverhältnissen im Tunnel. Die notwendige elektrische Energie wird vom Elektrizitätswerk der Stadt Zürich, dem der Albigna-Stausee gehört, geliefert und von der Trafostation beim Ostportal an die verschiedenen Verbraucher im Tunnel verteilt. Hier befinden sich auch die Einrichtungen für die Überwachung der Lüftung und der verschiedenen Messgeräte.

Die Talsperre von Promontogno

Das Bergell war schon zur Zeit der Römer Teil einer wichtigen Nord-Süd-Verbindung, die von Chiavenna, Promontogno, Septimerpass, Bivio und Tiefencastel nach Chur führte. Dabei bildete die Talverengung von Promontogno ein natürliches Hindernis, das sich auszeichnet zur Kontrolle über diesen Handelsweg eignete. Ein natürlicher Felsriegel, in den sich die Maira eingegraben hat, trennt hier die Talstufe von Vicosoprano vom tiefer gelegenen Abschnitt von Bondo. Römische Siedlungsreste und frühmittelalterliche Befestigungsanlagen sind archäologisch und urkundlich nachge-

wiesen. Die römische Strassenstation *Murus* wird hier vermutet. Der mächtige Wohnturm mit 12 m Kantenlänge zeugt heute noch von der kriegerischen Vergangenheit der Feudalburg Castelmur. Ein grosser Teil der Sperrmauer, von den Einheimischen *Muraia* genannt, ist noch gut erhalten. Hier wurde für den Bischof von Chur von den Durchreisenden Zoll erhoben. 842 wird erstmals im *rätischen Reichsguturbar* die Zollstelle *Porta Bergalliae* erwähnt.

(Aus "Burgenbuch Graubünden", Zürich 1984)



Das Ostportal mit Nossa Donna und dem Wohnturm der Burg Castelmur

A3, Julierstrasse:

Der Crap Ses Tunnel nach 5 Jahren Bauzeit dem Verkehr übergeben

Am 3. Juli 1992 fand für die Julierstrasse ein wichtiges Ereignis statt: Zwischen Tiefencastel und Cunters wurde beim Crap Ses der Verkehr definitiv in den neuen Tunnel verlegt und die alte Kantonsstrasse in der Juliaschlucht den Wanderern und Velofahrern überlassen. Die fünf Jahre Bauzeit für die Umfahrung dieses von Lawinen und Steinschlag bedrohten Strassenstückes wurden mit einer kleinen Eröffnungsfeier gewürdigt.

Die Neubaustrecke umfasst rund einen Kilometer der wichtigsten Strassenverbindung zwischen Nordbünden und dem Engadin. Kernstück der Neuanlage ist der 706 m lange Crap Ses Tunnel. Das Nordportal liegt im bewaldeten Hang vor der eigentlichen Juliaschlucht. Das südliche Ende des Tunnels mündet in den bereits in den Sechziger Jahren erstellten Crap Ses 2 Tunnel.

Mit der neuen, gestreckten Linienführung im Berginnern werden die steilen Schluchtwände mit ihren Steinschlag- und Lawinengefahren elegant umfahren. Aufgegeben wird damit das in den dreissiger Jahren ausgebaute Trassee mit dem kurzen Tunnel Crap Ses 1.

Das neu erstellte Bauwerk entspricht in allen Belangen den heutigen kantonalen Anforderungen an einen Tunnel des Hauptstrassennetzes. Das hufeisenförmige Profil ist mit Beton ausgekleidet und eine Kunststoffolie schützt die Konstruktion auf der ganzen Länge gegen eindringendes Bergwasser. Beidseitig der 7m breiten Fahrbahn finden sich in den Gehwegen die Entwässerungsleitungen und die verschiedenen

Elektrokabel für Beleuchtung, Lüftung und Überwachung des Tunnels. Die Zentrale für die Energieversorgung und die Überwachungsanlagen wurden kostensparend im nicht mehr befahrenen Teil des Crap Ses 2 errichtet. Der ganze Betrieb des Tunnels erfolgt automatisch.

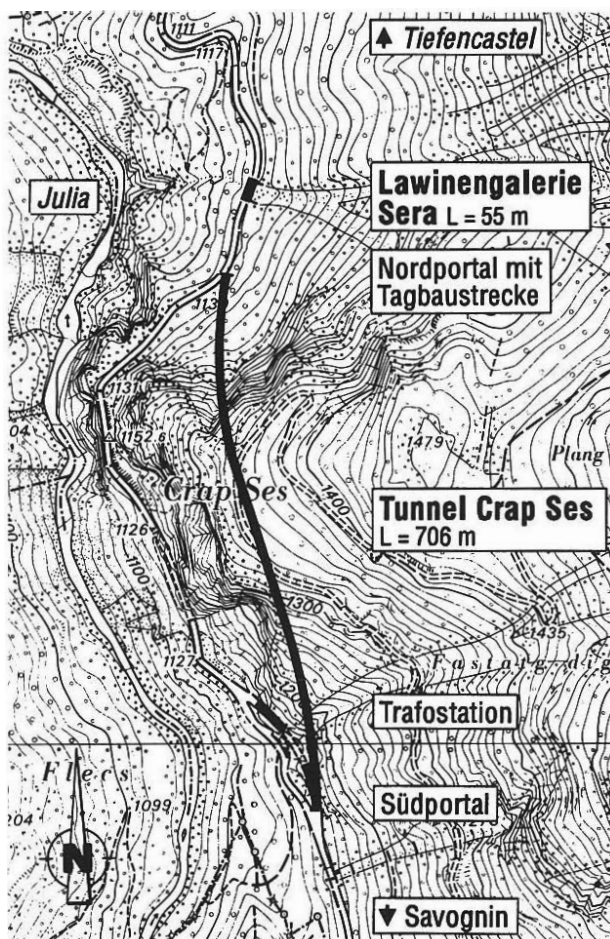
Die notwendige Überwachung erfolgt über ein Fernwirksystem in der Einsatzzentrale der Kantonspolizei in Chur und in der Betriebsleitstelle in Thusis.

Instabile Lockergesteinsstrecke Nord

Abgesehen vom Nordportal liegt der ganze Tunnel im Dolomittfels, der den Mineuren bei den Ausbrucharbeiten keine Schwierigkeiten bereitet. Beim Nordportal hingegen musste eine rund 50 m lange Lockergesteinsstrecke durchquert werden, die den Ingenieuren und dem Unternehmer einiges Kopfzerbrechen bereitet. Diese geotechnisch sehr schwierige Zone musste in Etappen ausgebrochen werden. Aber trotz des vorsichtigen Auffahrens des Profils



Der Voreinschnitt mit der Ankerwand und den beiden Sohlstollen.



Die Juliaschlucht mit dem Crap Ses Tunnel



Die erste Lawinengalerie Sera aus der Jahrhundertwende.

mit zwei Sohlstollen kam der Hang ins Rutschen. Die Arbeiten mussten unterbrochen werden, damit zuerst die in Bewegung geratenen Lockergesteinsmassen mit Zusatzankerungen und der vorgezogenen Tagbaustrecke gestützt werden konnten. Anschliessend wurden die beiden Sohlstollen ohne weitere Schwierigkeiten weiter bis zur Felslinie vorgegraben und die beidseitigen Tunnelfundamente in den Stollen betoniert. Für den Ausbruch der Kalotte kamen erstmals in der Schweiz Mikroböhrpfähle als Überkopfsicherung zum Einsatz. Dabei wurden in Etappen von 8 Metern vorgängig die Mikropfähle über der Kalotte und parallel zur Tunnelachse versetzt und ausinjiziert, das Lockermaterial im Schutz des Pfahlschirmes ausgeräumt, Gitterträger gestellt und mit Spritzbeton gesichert. In einem weiteren Schritt folgte das Betonieren des armierten Aussengewölbes.

Problemloser Felsausbruch

Im Oktober 1988 war mit den Ausbrucharbeiten begonnen worden, der Durchschlag konnte Ende Februar 1990 gefeiert werden. Bis November

1991 war die Fahrbahn so weit hergerichtet, dass der Verkehr für die Wintermonate bereits durch den Tunnel geleitet werden konnte. Die vollständige Montage der elektromechanischen Installationen erfolgte in diesem Frühjahr. Am 3. Juli 1992 wurde dann das ganze Bauwerk definitiv dem Verkehr übergeben. Neben dem Tunnelbauwerk ist auch die knapp vor dem Nordportal gelegene Lawingalerie Sera mit einer Länge von 55 m zu erwähnen, die 1987 als erste Arbeit begonnen worden war. Beim Ausbau der Julieroute Ende der dreissiger Jahre war an dieser Stelle eine Galerie aus Stahlbeton zum Schutz gegen die Motta Palousa Lawine errichtet worden als Ersatz der ersten Galerie aus der Jahrhundertwende. Wegen altersbedingten Bauschäden und der zu knappen Strassenbreite musste auch die zweite abgebrochen und durch einen etwas grösseren Neubau ersetzt werden.



Der Übergang vom Fels zur Lockergesteinsstrecke mit dem Mikropfahlschirm und den beiden Sohlstollen.



Das Betonieren des Innengewölbes beim Südportal. Mit Blick auf die alte Strasse eingangs der Juliaschlucht.

Budget eingehalten. Die Gesamtkosten betragen rund 41 Millionen, wovon für die Projektierung und Bauleitung 7 Millionen aufgewendet wurden. Die Baukosten des Tunnels belaufen sich zusammen mit den elektromechanischen Einrichtungen auf 29 Millionen. Auf weitere 5 Millionen kamen die

Galerie Sera und das offene Strassentrassée mit den Steinschlagverbauungen zu stehen. Abgesehen von der Bauteuerung und gewissen Zusatzaufwendungen für Projektverbesserungen konnte der Kostenvoranschlag eingehalten werden.

Ingenieure/Geologen:

- Rätia Ingenieure AG, Chur
- Gysi, Rigendinger + Partner AG, Chur
- G. Luzio, Savognin
- Baugeologie AG, Chur
- Nay + Partner AG, Chur

Unternehmer:

- Pitsch AG, Thusis
- ARGE Casty/Battaglia/Guetg + Uffer/Luzio/Signorelli
- ARGE Zschokke AG/Lazzarini & Co. AG, Chur
- Walo Berschinger AG, Chur
- ARGE Rob. Rüegg & Co. / Elektro Banzer AG

Impressum:

Das Informations-Bulletin wird herausgegeben vom
 Tiefbauamt Graubünden.
 Weitere Exemplare können angefordert werden bei:
 Tiefbauamt Graubünden
 Grabenstr. 30, 7000 Chur
 Tel. 081 21 37 15
 Die Weiterverwendung von Bild und Text mit Quellenangabe ist erwünscht.
 Text, Fotos und Gestaltung:
 Tiefbauamt Graubünden
 Weitere Unterlagen zu dieser Ausgabe stammen von E. Winkler + Partner, Büchi und Müller AG,
 Satz: Peng & Felber
 Druck: Oechslin AG, Chur
 Dieses INFO-Blatt wurde gedruckt auf chlorfrei gebleichtes, umweltverträglich hergestelltes Papier.

Bauprogramm Crap Ses/Sera	1987	1988	1989	1990	1991	1992
Abbruch/Neubau Galerie Sera	█					
Montage Steinschlagnetze	█					
Herrichten Umfahrung		█				
Voreinschnitt Portal Nord		█				
Lockergesteinsstrecke Nord			█	█		
Tagbaustrecke Nord			█			
Ausbruch Felsstrecke			█			
Innenausbau Tunnelröhre				█		
Elektromech. Einrichtungen					█	█
Trasse- und Belagsarbeiten						█