Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt

Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine

Band: 98 (1980)

Heft: 18

Artikel: Tunnel- und Trasseebauten im Domleschg: der Nationalstrassenbau zwischen Thusis und Reichenau

Autor: [s.n.]

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-74109

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

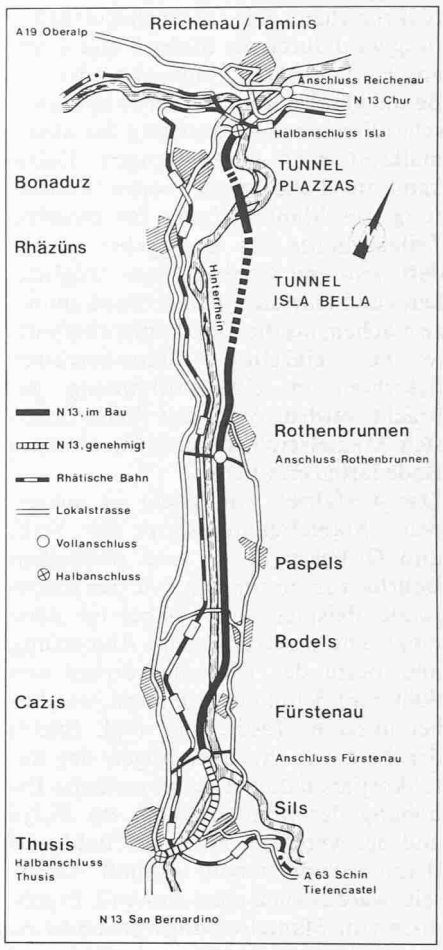
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media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

Download PDF: 09.08.2025

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

Tunnel- und Trasseebauten im Domleschg

Der Nationalstrassenbau zwischen Thusis und Reichenau



Situation

Projektbeschrieb

Das Projekt der Nationalstrasse im Domleschg beginnt von Süden her kommend unmittelbar nach dem *Tunnel Rongellen I der Viamala*. Die heutige Strasse nach *Thusis* wird Bestandteil des Halbanschlusses Thusis, während die N13 über den Hinterrhein und die Kantonsstrasse Thusis–Sils in Richtung *Plattis/Sils* führt. Auf der Höhe des Schiessstandes Thusis überquert die Nationalstrasse den Hinterrhein und mündet in den Anschluss *Fürstenau*. Danach überquert sie wieder den Hinterrhein und verläuft orographisch auf der rechten Flussseite, unmittelbar am Rheinwuhr in Richtung Anschluss Rothenbrunnen. Im Raume *Ravetg/Rothenbrunnen* mündet sie in den 2,4 km langen *Isla Bella-Tunnel* ein. Unmittelbar danach überquert sie wiederum den Hinterrhein und unterfährt den Hügel von Plazzas mit einem 250 m langen Tunnel. In der Ebene der *Isla Bonaduz* befindet sich der Halbanschluss Isla. Gleich danach mündet die Nationalstrasse in die bestehende Strecke Reichenau–Chur ein.

Neben den erwähnten Anschlüssen ist bei Sils noch eine Verzweigung in Richtung Schin vorgesehen. Bei Rothenbrunnen und Fürstenau ist jeweils eine neue Querverbindung gebaut worden. Ein Nationalstrassen-Werkhof an der Querverbindung Fürstenau sowie eine noch zu planende Raststätte sind ebenfalls Bestandteil des Projektes.

Die 16 km lange Nationalstrasse wird *vorläufig als 2spurige Autostrasse* betrieben, wobei ein späterer Ausbau auf vier Spuren durchaus möglich ist. Die entsprechenden Vorkehrungen (Überführungen, Unterführungen, Wuhrungen, Baulinien) sind bereits getroffen. Die Kronenbreite der Autostrasse beträgt 15 m (8 m Fahrbahn, 2×2,5 m Standstreifen, 2×1 m Bankett), die Oberbaustärke mindestens 1 m (mindestens 80 cm Kieskoffer, 20 cm Heissmischtragschicht und Belag). Die Nationalstrasse verläuft meist auf einem *Damm*, wobei das Oberflächenwasser lediglich in den Gewässerschutzgebieten gefasst und einem Vorfluter zugeleitet wird. Soweit notwendig, wird die Nationalstrasse mit *Leitschranken* ausgerüstet. Die ganze Strecke wird mit einem *Wildschutzzaun* versehen und mit *Notrufsäulen* ausgestattet.

Neben dem eigentlichen Autostrassenprojekt müssen verschiedene Feldwege umgelegt, Bäche korrigiert und der Rhein streckenweise neu bewuhrt werden. Elektrische Freileitungen müssen umgelegt, die Ölleitung geschützt und Steinschlagsicherungen gebaut werden. Zusammen sind etwa *30 grössere und kleinere Kunstbauten* zu erstellen.

Stand der Projektierung

Aufgrund der zweiphasigen Genehmigung durch das Eidg. Departement des Innern (Thusis–Fürstenau am 26.9.1979, Fürstenau–Reichenau am 15.7.1976) weist die Projektierung *unterschiedlichen Bearbeitungsstand* auf. Für die Teilstrecke Fürstenau–Reichenau sind die Trasseepläne fertig und es geht nun darum, die Projekte für die Begründung, die Leitschranken, die SOS-Anlage, die Wildschutzzäune und weitere Details auszuarbeiten. Beim Tunnel Isla Bella ist die *Projektierung der Lüftungszentrale* in vollem Gange. Dabei stehen die Probleme der Infrastruktur (Lüftung, Beleuchtung, Hydrantenanlage, SOS-Einrichtungen, elektrische Versorgung usw.) im Vordergrund. Die Pläne der Hochbauten für den Werkhof Thusis werden dem Baufortschritt entsprechend angefertigt.

Beim oberen Abschnitt, *Halbanschluss Thusis – Anschluss Fürstenau*, steht die Detailprojektierung noch am Anfang. *Umfangreiche geologische Untersuchungen* sind im Gange. Für die verschiedenen Kunstbauten sind die statischen Berechnungen noch auszuführen und die Schalungs- und Armierungspläne zu zeichnen. Die Baupläne des Trassees werden sukzessive erstellt. Das Rodungs- und Landerwerbsverfahren sind eingeleitet. Das Problem Verzweigung und Umfahrung Sils ist noch offen.

Anschluss Fürstenau–Reichenau

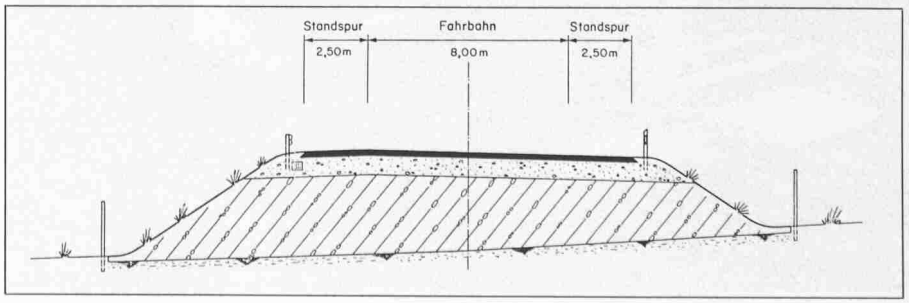
Am 26. März 1975 genehmigte der Bundesrat das generelle Projekt der N13 2spurig zwischen dem Anschluss Fürstenau und der Isla Reichenau. Bestandteil des Projektes waren das Trassee der N13, die Tunnels Isla Bella und Plazzas, die verschiedenen Kunstbauten sowie die drei Querverbindungen Fürstenau, Rodels und Rothenbrunnen.

Am 15. Juli 1976 erfolgte die Zustimmung des Eidg. Departementes des Innern zum Ausführungsprojekt der obgenannten Strecke. Damit waren die Vorbedingungen für den Landerwerb und den Beginn der Bauarbeiten gegeben.

Vor Baubeginn wurde für den Ausbau der Strecke Fürstenau–Reichenau ein generelles Bauprogramm aufgestellt, das sich nach den jährlich zur Verfügung stehenden Budgetkrediten des Bundes und des Kantons zu richten hat. Bei einer mittleren Kreditzuteilung von 28 Mio Fr. jährlich würde sich eine Bauzeit von sieben Jahren, d.h. von 1976 bis Ende 1982, ergeben.

Als *erste Bauetappe* wurden die drei Querverbindungen im August 1976 in Angriff genommen. Damit konnte das Trassee der zu bauenden Nationalstrasse von allen Seiten her erschlossen werden.

Die Schüttmaterialien standen für die Querverbindung Rodels und Rothenbrunnen aus einer früheren Materialdeponie der Schinstrasse bei Sils zur Verfügung. Die Transporte zur Verwendungsstelle mussten notgedrungen über die Domleschgerstrasse geführt werden. Dafür konnte nach Abschluss der Transporte zu Lasten der N13 auf der Domleschgerstrasse ein neuer Belag eingebaut werden. Die Materialien für die Querverbindung Fürstenau kamen aus einer der



Normalprofil Autostrasse

Bürgergemeinde Thusis gehörenden Parzelle in unmittelbarer Nähe der Querverbindung. Landwirtschaftlich genutztes Land ging nicht verloren, da am Fusse des abgebauten Bordes der Humus wieder aufgetragen werden kann.

Die Verkehrsübergabe der mit einem Kostenaufwand von 18 Mio Franken erstellten drei Querverbindungen erfolgte im Mai 1978.

Als zweite Bauetappe begannen im Jahre 1977 die Bauarbeiten für den 2447 Meter langen Isla Bella-Tunnel und die Erstellung der 170 m langen Hinterrheinbrücke Cazis. Die Arbeiten an der Brücke verliefen problemlos und konnten im Mai 1978 bereits im Rohbau abgeschlossen werden. Die Erstellungskosten betrugen 3,1 Mio Fr.

Der Bau des Isla Bella-Tunnels wurde in zwei Baulose (Nord und Süd) aufgeteilt. Das Los Nord bezweckte das Durchfahren der Hangschuttstrecke von etwa 50 Meter Länge bis zum anstehenden Fels. Da im oberhalb liegenden Polenweg die Ölleitung verlegt ist, musste ein Bauverfahren gewählt werden, das keine Setzungen zuliess. Gewählt wurde ein Teilausbruch, vorgetrieben im Lanzenverfahren, mit nachfolgendem Stahleinbau. Die Arbeiten wurden Ende 1978 beendet und kosteten inkl. der Betonauskleidung 3,3 Mio Fr.

Im Los Süd des Isla Bella-Tunnels wurden bis heute 21,5 Mio Fr. investiert. Der Ausbruch des ganzen Querschnittes ist bis auf einer Länge von 954 Meter erfolgt. Von dort ist die Kalotte weiter bis auf 1335 Meter vorgetrieben worden. Ebenso sind die Sicherungsarbeiten auf der ganzen Länge, bestehend aus Spritzbeton, Nägeln und kleinen Einbaustrecken in Stahl ausgeführt. Auf den letzten 300 Metern mehrten sich beim Übergang von der Gravas- auf die Lugnezerschieferserie die Klüfte, die zudem grosse Mengen Wasser führten.

Auf Grund der angetroffenen Verhältnisse wurde entschieden, ein Firststollen mit einem minimalen Querschnitt auf der gesamten verbleibenden Tunnellänge vorzutreiben. Dieser Stollen soll Aufschluss über weitere zu erwartende Klüfte und die Gebirgsverhältnisse geben und zudem als Drainage für das anfallende Wasser dienen. Damit sind die zu erwartenden Klüfte bekannt. Das in den Spalten und Klüften aufgestaute Wasser kann, ohne die Vortriebsarbeiten zu behindern, abfliessen. Auf diese Weise können bei den Ausbrucharbeiten des Vollquerschnittes die richtigen Massnahmen rechtzeitig angeordnet werden. Trotz den unvorhergesehenen Schwierigkeiten sollte der Tunnel programmgemäss auf Ende 1982 fertiggestellt werden können.

Als dritte Etappe wurden im Jahre 1978 auf der ganzen Strecke die kleinen Kunstbauten wie Unter- und Überführungen und Bachdurchlässe gebaut. Dadurch fanden vor allem verschiedene kleinere Unternehmungen aus der Talschaft eine willkommene Arbeit. Es waren die etwa zehn Bauwerke mit Gesamtkosten von 5 Mio Fr. Die Arbeiten sind heute praktisch abgeschlossen. Damit war die Strecke bereit für die Ausführung der Trasseearbeiten.

Als vorläufig letzte Etappe begannen im Jahre 1979 die Arbeiten zur Erstellung des Plazzas-Tunnels (Länge 252 Meter), der Trasseearbeiten Rothenbrunnen–Fürstenau, Isla Reichenau–Plazzas-Tunnel und die Erstellung der Rheinbrücke Bonaduz (Länge 350 Meter) zwischen dem Isla Bella-Tunnel Nord und dem Plazzas-Tunnel Süd. Die Arbeiten laufen sehr gut und werden gemäss dem aufgestellten Bauprogramm Ende 1982 fertig sein. Bis Ende 1979 waren hierfür 11,9 Mio Fr. ausgegeben, wobei die Schüttarbeiten, die mit dem Aushubmaterial des Isla Bella-Tunnels ausgeführt werden, ebenfalls darin enthalten sind. Die Schüttmaterialien für das eigentliche Trassee werden in Thusis bzw. aus den Deponien der Tunnelbauten des EWZ im Tomilsertobel und aus der Maschänzerrüfe gewonnen. Auf längeren Strecken mussten zum Schutze der neuen Anlage grössere Wuhrbauten längs des Hinterrheins und bei verschiedenen Zuflüssen erstellt werden.

Gleichzeitig mit den Bauarbeiten liefen im Rahmen des Landerwerbes die Landumlegungen Thusis und Rothenbrunnen, die heute teilweise ausgeführt sind. Die Kosten dafür waren mit etwa 2550000 Fr. veranschlagt.

Ende 1979 begannen die Arbeiten für den Ausbau der 1. Etappe des Werkhofes in Thusis.

Tunnel Isla Bella

Der Bau des Isla Bella-Tunnels wurde anfangs 1977 auf Grund der Offerte vom 15. Okt. 1976 an die ARGE Isla Bella-Tunnel mit den beteiligten Firmen Pitsch AG, Thusis, Toscano AG, Thusis und Rothpletz Lienhard Cie AG, Thusis, vergeben. Mit den Bauarbeiten wurde am 4. April 1977 begonnen.

Bauarbeiten im Los Süd

Bauvorgang

Wie ausgeschrieben, wird der Ausbruch des Tunnels im Kalottenvortrieb (obere Tunnelhälfte etwa 45 m²) mit nachfolgendem, zurückgestaffeltem Strossenabbau angefahren. Diese Art des Ausbruches bietet gegenüber einem Vollausbruch grössere Sicherheiten. Gemäss Offerte sind *drei Sicherungssysteme* für den Ausbruch des Tunnels vorgesehen.

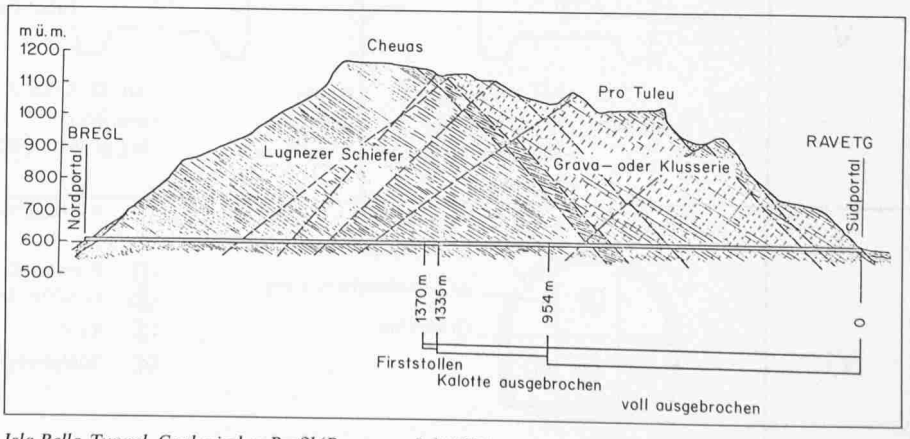
Tunnel		
Ausbruch:	Länge 2360 m Profilfläche 84–108 m²	etwa 255 000 m³
Ausbau:	Gunit und Spritzbeton	etwa 10 000 m³
	Felsanker	etwa 45 000 Stk
	Stahleinbau	etwa 1 300 t
	Beton	etwa 22 000 m³
Nebenbauwerke im Tunnel	(Lüftungszentrale, Querverbindungen, Portale)	
Ausbruch:		etwa 60 000 m³
Ausbau:	Gunit und Spritzbeton	etwa 800 m³
	Stahleinbau	etwa 300 t
	Verkleidungsbeton	etwa 6 600 m³
	Armierung	etwa 170 t
Aussenbauwerke	(Trassee Ravetg–Rothenbrunnen inkl. Wuhrbau, Bachdurchlass Val da Pedra, Portalschüttung und Diverses)	
	Abtrag	etwa 7 000 m³
	Aufschüttung	etwa 270 000 m³
	Beton	etwa 1 000 m³
	Armierung	etwa 80 t

Geologie

Auf Grund der geologischen Prognose musste mit *zwei Hauptgesteinsarten* gerechnet werden: Im südlichen Drittel mit der sogenannten *Klus od. Gravaserie (Sandkalke, Sandkalkschiefer);* im nördlichen Teil mit *Lugnezerschiefer (feinbankige, sandige Tonschiefer).*

Sie werden jeweils entsprechend den angetroffenen Felsverhältnissen angewendet.

Die *neue österreichische Bauweise*, bestehend aus einer Systemankerung, Armierungsnetzen und Spritzbeton, kann den jeweiligen Felsverhältnissen besonders gut und wirtschaftlich angepasst werden. In Verbindung mit dem sich leicht deformierenden Fels entsteht ein stabiler Tragring. Dadurch kann ein betonierter Aussenring eingespart werden.



Isla Bella-Tunnel. Geologisches Profil (Prognose: Juli 1976)

Methode / Typ	Neue österreichische Bauweise	Betonschalenbauweise	Bauweise mit Stahleinbau
I	Anker; Länge bis 3 m; Gunit- und Spritzbeton; Ausbau-etappen; ①; ② Anker : einzelne Anker Gunit/Spritzbeton: bis 5 cm		
II	①; ②; Länge bis 4 m Anker : bis 10 Anker/m' Gunit/Spritzbeton: bis 10 cm mit Netzarm	Gunit; Rippenblech; ①; ②; Ortsbeton Ortsbeton : bis 15 cm	
III	①; ②; Länge bis 10 m Anker : bis 20 Anker/m' Gunit/Spritzbeton : bis 15 cm mit Netzarm. u. Rinnenprofilen	①; ②; Länge bis 6 m Anker : bis 6 Anker/m' Ortsbeton : bis 20 cm	Gunit; Stahleinbau + Verzugsbleche; ①; ②; Ortsbeton zwischen Einbau Stahleinbau : HEB 140-160
IV	①; ②; Länge bis 10 m Anker : bis 30 Anker/m' Gunit/Spritzbeton : bis 20 cm mit Netzarm. u. Rinnenprofilen	①; ②; Länge bis 6 m Anker : bis 12 Anker/m' Ortsbeton : bis 30 cm	①; ② Stahleinbau : HEB 180-220
V	②; ①; ②; ③; Länge bis 12 m; Firststollen Anker : bis 25 Anker/m' Gunit/Spritzbeton : bis 25 cm mit Netzarm. u. Rinnenprofilen	②; ①; ②; ③; Stahleinbau; Gewölbeabstützung; Länge bis 6 m Anker : bis 12 Anker/m' Ortsbeton : bis 35 cm Stahleinbau : HEB 160-240	Gewölbeabstützung; Gunit; Ortsbeton zwischen Einbau; Stahleinbau + Verzugsbl.; ②; ①; ②; ③ Stahleinbau : HEB 180-240
VI	Verzugsbleche (hinterfüllt); Stahleinbau; ev. Gewölbeabstützung; Ortsbeton; ②; ①; ③; ①; ④		

Ausbruchetappen:

① Paramentstollen
② Kalotte (ev. mit Firststollen)
③ Kern
④ Sohlgewölbe

Kurzbeschrieb der Ausbruchmethoden

Typ I:
- Ausbruch des Gesamtquerschnittes in zwei Etappen, Kalottenausbruch und nachfolgende Abtiefung.
- Sicherung mit Gunit/Spritzbeton bis 5 cm Stärke und Anker bis 3 m Länge.

Typ II:
- Ausbruch des Gesamtquerschnittes in zwei Etappen analog Typ I.

1. Sicherung mit Gunit/Spritzbeton bis 10 cm Stärke und Anker bis 4 m Länge.
2. Sicherung mit Gunit und hinterbetonierten Rippenblechen.

Typ III:
- Ausbruch des Gesamtquerschnittes in zwei Etappen analog Typ I.

1. Sicherung mit Gunit/Spritzbeton bis 15 cm Stärke und vermehrte Anker bis 10 m Länge.
2. Sicherung mit Gunit und hinterbetonierten Rippenblechen sowie zusätzliche Anwendung von Ankern bis 6 m Länge.
3. Sicherung mit Gunit und hinterbetonierten Stahleinbaubogen mit Verzugsblechen.

Typ IV:
- Ausbruch des Gesamtquerschnittes in zwei Etappen analog Typ I.

1. Sicherung mit Gunit/Spritzbeton bis 20 cm Stärke und massiver Verankerung bis 10 m Länge unter gleichzeitiger Anwendung von Armierungsnetzen und leichten Stahlprofilen.
2. Sicherung mit Gunit und hinterbetonierten Rippenblechen sowie zusätzliche Anwendung von vermehrten Ankern bis 6 m Länge.
3. Sicherung mit Gunit und hinterbetonierten schweren Stahleinbaubogen mit Verzugsblechen.

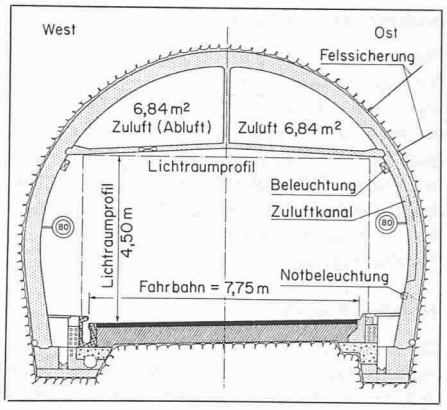
Typ V:
- Ausbruch des gesamten Querschnitts in drei Etappen, d.h. Firststollen, Ausweitung der Kalotte und nachfolgende Abtiefung.

1. Sicherung mit Gunit/Spritzbeton bis 25 cm Stärke und massiver Verankerung bis 12 m Länge unter gleichzeitiger Anwendung von Armierungsnetzen und leichten Stahlprofilen.
2. Sicherung mit Gunit und hinterbetonierten Rippenblechen, abgestützt durch einen Stahleinbau sowie Anwendung von Ankern bis 6 m Länge.
3. Sicherung mit Gunit und hinterbetonierten, zusätzlich abgestützten, schwereren Stahleinbaubogen mit Verzugsblechen.

Typ VI:
- Ausbruch gemäss der Deutschen Kernbauweise im Lockermaterial mit Teilausbruch in folgenden Etappen: Paramentstollen, Firststollen mit Ausweitung der Kalotte, Abbau des Kerns und Einzug des Sohlgewölbes.
- Sicherung der einzelnen Etappen durch hinterbetonierten, abgestützten Stahleinbau mit Verzugsblechen.

Nebenanstehende Seite:

Ausbruchprofile und Einbaumassnahmen (Felssicherung)



Isla Bella-Tunnel, Normalprofil

Die *Betonschalenbauweise,* bestehend aus mit Beton hinterfüllten Gitterblechen, wird in Zonen mit schwierigeren Felsverhältnissen angewendet.
Der *schwere Stahleinbau* wird bei schwierigeren Felsverhältnissen angewendet.
Nach dem Aufbringen der wasserdichten Isolation wird mit Hilfe einer verschiebbaren Stahlschalung der Innenring betoniert. Zum weiteren Ausbau gehören die Ausführung der Zwischendecke mit Trennwand (Ventilationskanäle), die Rigole und der Fahrbahn.

Bauablauf bis Ende 1979

Installationen, Aussenarbeiten, Portalzone
Als erste Bauarbeiten mit Beginn am 4. April 1977 mussten der Schutz der Ölleitung und der Bachdurchlass Val da Pedra (unter dem Strassentrassee) ausgeführt werden. Gleichzeitig wurden folgende Installationen erstellt: Barackendorf mit Kantine für etwa 90 Personen, Bauleitungsbüro, Unternehmerbüro, Werkstatt, Kompressorenraum, Magazine, Heizung, Abwasserreinigungsanlage, Klärbecken sowie die gesamte elektrische und sanitarische Infrastruktur.
Der Voreinschnitt im Hangschutt musste in Etappen ausgehoben und auf zwei Seiten mit verankerten Betonriegeln gesichert werden.

Tunnel im Lockergestein

Am 21. Juli 1977 wurde mit dem Durchfahren der etwa 40 m langen Lockergesteinsstrecke begonnen. Der in sogenannter deutscher Bauweise ausgeführte Arbeitsvorgang besteht aus dem Vortrieb von zwei Sohl- und einem Firststollen mit nachträglicher Ausweitung. Die Abstützung der verschiedenen Hohlräume bis zur fertigen Grösse erfolgte etappenweise mit schwerem Stahleinbau und Verzugsblechen und anschliessender Betonierung eines 45 cm starken Aussengewölbes.

Tunnel im Fels

Bis Ende Oktober 1978 war die Kalotte bis Tunnelmeter (TM) 750 ausgebrochen, wobei in der gleichen Zeitspanne auch das grössere Profil der Ausstellbucht und der komplizierte Anschluss der Lüftungszentrale ausgeführt worden sind. Dabei musste das grosse Kreuzgewölbe des Anschlusses mittels Betonschalenbauweise gesichert werden. Bei TM 700 wurde eine erste schlechte Zone mit hohem Wasserandrang aufgefahren, was die Vortriebsarbeiten behinderte.
Ende November 1978 war der Strossenabbau bis etwa TM 670 fertig. Noch vor Jahresende konnte die erste Zementstabilisation in der Sohle eingebracht werden. Mitte Januar 1979 wurde der Kalottenvortrieb wieder aufgenommen.
Bei TM 927 stoppte eine querschlägig zur Tunnelaxe liegende, stark wasserführende Kluft die normalen Vortriebsarbeiten. Bedingt durch das druckhafte Verhalten dieser Kluftfüllung musste diese Zone etappenweise mit schwerem Einbau gemeistert werden. Um das Bauprogramm einzuhalten, wurde am 26. März 1979 durch die Unternehmung vom 2- auf den 3-Schicht-Betrieb umgestellt.
Bei TM 1100 wurde am 20. Juni 1979 erneut eine wasserführende Kluft angefahren. Nur mit Wasserentlastungsbohrungen und Zementinjektionen konnte die druckhafte Schlammasse so stabilisiert werden, dass der zu durchörternde Hohlraum genügend gesichert war. Vorher musste die grosse Schlammasse, die sich etwa 30 m in den Tunnel ergossen hatte, weggeräumt werden.
Nach rund 60 m normalem Kalottenausbruch wurde durch Sondierbohrungen erneut eine grössere Kluft geortet. Mit einem Firststollen und Stahleinbau wurde auch diese Zone durchfahren. Bis etwa Tunnelmeter 1335 traten noch weitere etwas leichtere Störzonen auf, die ebenfalls im geteilten Vortrieb und Stahleinbau gemeistert werden konnten. Um in der Folge geologisch schlechte Zonen frühzeitig erkennen zu können, wurde im Oktober 1979 der *Bau eines Firststollens bis zum Nordportal* beschlossen.

Stand der Vortriebsarbeiten ab Tunnelmeter 1335

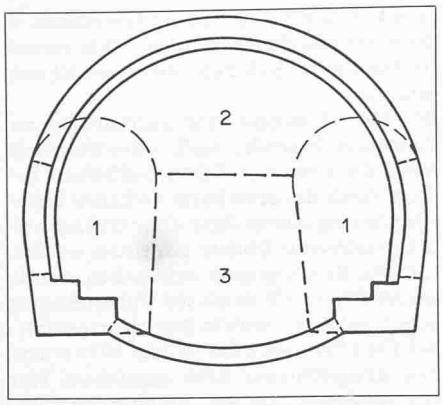
Bereits nach 27 m Firststollenvortrieb wurde eine mächtige Kluft angefahren. Der Druck der Schlammassen an der Brust war so gross, dass sie mit einem *Betonpfropfen* verschlossen werden musste. Durch verschiedene Entlastungsbohrungen wurde anschliessend versucht, das Wasser abzuführen. Zur Verfestigung des Schlammes wurden Zementinjektionen ausgeführt. Diese Arbeiten stehen vor dem Abschluss. In nächster Zeit kann mit dem Weiterausbruch des Firststollens im Marciavantivortrieb begonnen werden. Wie die Sondierbohrungen ergeben haben, wird nach etwa 20 m der Fels voraussichtlich wieder voll angefahren. Daraufhin können die Ausbrucharbeiten, wie geplant, fortgesetzt werden.

Stand der Arbeiten an der Lüftungszentrale

Die Ausbrucharbeiten der Zentrale wurden programmgemäss in Etappen von oben nach unten ausgeführt. Die beiden Y-artig anschliessenden Belüftungsstollen sind ebenfalls erstellt. Gegenwärtig sind die zum Teil komplizierten Verkleidungs- und Ausbauarbeiten dieser grossen Kaverne im Bau.

Plazzas-Tunnel

Der Plazzashügel wird von der N13, östlich von Bonaduz, mit einem etwa 250 m langen Tunnel durchfahren. Der Hügel besteht aus eiszeitlichen Stauschottern, die mehr oder weniger dicht gelagert sind. Für den bergmännischen Teil dieses Tunnels wird ein Teilausbruchverfahren angewendet, *Deutsche Kernbauweise* genannt. Der Ausbruch nach diesem Verfahren bedingt folgende Etappen:



Plazzas-Tunnel. Ausbruchvorgang

Ausbruch der Sohlstollen

Bereits im Jahre 1979 sind zwei Sohlstollen durchgehend ausgebrochen worden. Der Ausbruch erfolgte im Schutz von Vortriebsmessern, die hydraulisch vorgetrieben wurden. Zur Sicherung des Stollenprofils sind sukzessive Stahleinbaurahmen und Verkleidungsbleche eingebaut worden. Im laufenden Jahr kann man nun in den Sohlstollen Fundamente und Wände betonieren.

Ausbruch Kalotte

Ebenfalls im 1980 wird mit dem Messervortrieb die Kalotte ausgebrochen, wobei im Bereich des Messerschwanzes die Gewölberinge in kurzen Etappen betoniert werden.

Ausbruch Kern und Sohle

In einem gewissen Abstand von den Ausbrucharbeiten für die Kalotte wird auch der Kern- und Sohlenausbruch folgen. Sobald die Sohle auf kurze Strecke freigelegt ist, beginnt das Betonieren des Sohlgewölbes.

Innengewölbe und Schlussarbeiten

Auf dem fertig betonierten, äusseren Gewölbe wird eine wasserdichte Isolation aufgebracht und anschliessend auf den inneren Betonring abgestützt. Dann erfolgen alle weiteren Ausbauarbeiten wie Entwässerung, Druckwasseranlage und der Innenausbau des Tunnels.

Umschau

Verschleissfestes Material für Bohrmaschinen

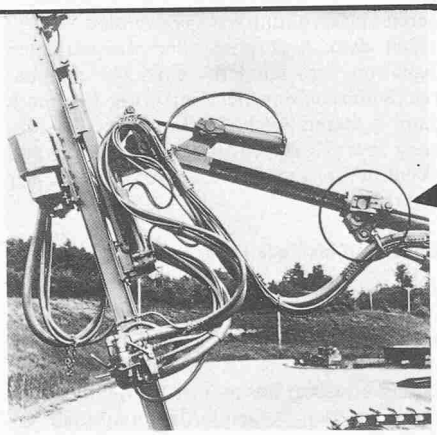
Die mechanischen Teile von Bohrmaschinen sind oft grösserem Verschleiss ausgesetzt, als normale Materialien ertragen können. Ein Hersteller von Bohranlagen stellte jedoch fest, dass eine Lagerplatte aus «Vespel» KS Aramid von Du Pont die *Nutzdauer von Gusseisen* um mehr als achtmal übertraf und somit kostspielige Zeit für Stillegen und Wartung eingespart werden konnte.

Die Firma Joy Manufacturing in Claremont, New Hampshire, entwirft und stellt Geländebohrer her, mit denen Sprenglöcher in Felsschichten über oder unter der Erde gebohrt werden. Eine grössere von der Firma Joy hergestellte Anlage besteht aus einem Bohrautomaten auf Raupenketten, der unter dem Namen «RAM»-Bohrer bekannt ist. Der Bohrarm dieses Gerätes kann nach aussen und seitwärts ausgefahren werden, so dass von einer Position aus mehrere Löcher gebohrt werden können.

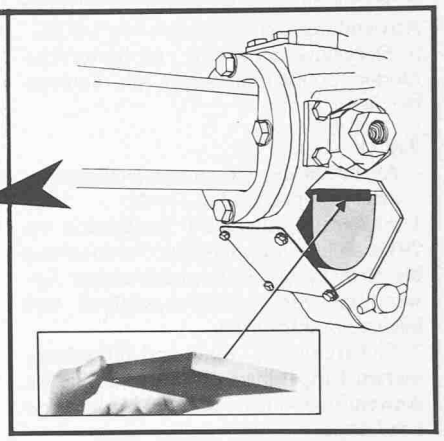
Der rechteckige Arm ruht auf einem kleinen Lager, das 10,8×6,4×0,9 cm gross ist. Da für die Lagerfläche des Bohrarms ein verschleissfestes Material erforderlich ist, verwendete der Hersteller zunächst Gusseisen. Man stellte jedoch fest, dass dieses Material unter gewissen besonders harten Bedingungen nur etwa zwei Wochen störungsfrei arbeitete. In einigen Fällen wurde die Gusseisenplatte so stark abgenutzt, dass sie zersprang. Mit Schmieren konnte das Problem nicht gelöst werden, da beim Bohren grosse Mengen scharfkantiger Partikel entstehen, die sich mit dem Schmiermittel vermischen und somit eine scheuernde Mischung bilden. Ein von Joy ausprobierter gefüllter Polyamid-Werkstoff war nicht viel leistungsfähiger als Gusseisen; das gleiche gilt für ein äusserst hochmolekulares Polyäthylen, das nur drei Wochen standhielt. Im Gegensatz hierzu hielt die «Vespel»-Stützplatte vier Monate der Abnutzung stand. Ein Werkingenieur teilte mit, dass «Vespel» unter normalen Bedingungen eine Nutzdauer von 9 bis 12 Monaten hat.

Die «Vespel»-Stützplatte wurde aus dem Werkstoff Aramid KS-205 hergestellt, dessen Gewicht zu 12 Prozent aus Graphit besteht, um seine Trocken-Verschleissfestigkeit zu erhöhen. Die Stützplatte ist einer starken Vibrationsbelastung ausgesetzt, die während des Bohrens durch eine Kombination von vertikaler Erschütterung und Rotationsbewegungen entsteht. Die Stützplatte trägt nicht nur den ausfahrbaren Arm mit einer Belastungseinheit von 20 MPa, sondern hält auch dem Scheuern durch Felsenstaub stand, der bei Bohrungen stets vorhanden ist. Die Bohranlage ist Umgebungstemperaturen ausgesetzt, die von minus 50 °C in der Pipeline-Gegend Alaskas bis zu tropischen Wärmegraden reichen. Das Bohren muss manchmal bei Regen oder bei hoher Luftfeuchtigkeit durchgeführt werden, doch treten bei der «Vespel»-Stützplatte keine feuchtigkeitsbedingten Dimensionsveränderungen ein.

Von der Firma Du Pont aus ihren eigenen Werkstoffen KS Aramid und SP Polyimid nach Mass hergestellte Präzisionsteile «Vespel» bieten hohe mechanische Belastbarkeit sowie Festigkeit gegen Verrutschen, Abnutzung, Bestrahlung und Lösungsmittel. Sie sind betriebssicher bei einem breiten Temperaturspektrum, das von Tiefsttemperaturen bis zu 480 °C reicht.



Die ausfahrbare Lagerplatte des «RAM»-Raupenbohrers ruht auf einer Stützplatte aus verschleissfestem «Vespel» KS Aramid, wobei der Arm nach aussen oder seitwärts ausgefahren werden kann



Eine Schnittansicht eines Teils der ausfahrbaren Lagerplatte eines «RAM»-Raupenbohrers zeigt eine rechteckige Platte aus KS Aramid. Das verschleissfeste Material bildet die Lagerfläche für den Arm

Das Nordlicht wird vermessen

Mit einer der grössten wissenschaftlichen Radarantennen der Welt soll das Nordlicht-Phänomen erkundet werden. Nach knapp neunmonatiger Bauzeit wurde kürzlich von einem Firmen-Konsortium (MAN, Krupp und Messerschmitt-Bölkow-Blohm/MBB) eine aus 800 Tonnen Stahl bestehende Antenne 350 Kilometer nördlich des Polarkreises in der Nähe der norwegischen Stadt Tromsoe für die EISCAT (European Incoherent Scatter Association) fertiggestellt. Die Antenne hat Ausmasse von 120 mal 45 Meter.

Die Anlage dient nach Angaben von MBB zur Erforschung der Ionosphäre. Zu diesem Zweck werden hochfrequente Signale von 224 Megahertz in die Ionosphäre abgestrahlt. Durch Messung der reflektierenden Teilchen, die beispielsweise auch die Nordlichterscheinungen verursachen, erhofft man sich Aufschlüsse über deren Art, Menge und Fluktuation.

Geothermische Kraftwerke in der Sowjetunion

Sowjetische Wissenschaftler arbeiteten an einem Entwurf für geothermische Kraftwerke, die sich fast an jedem beliebigen Ort unseres Planeten bauen lassen. Solche Kraftwerke müssen nicht unbedingt in der Nähe von Vulkanen oder heissen Quellen gebaut