Das Projekt 1971 und 1972 der Gotthard-Basislinie

Von **W. Rutschmann,** Adliswil

Schweizerische Bauzeitung
Sonderdruck aus dem 90. Jahrgang, Heft 18, 4. Mai 1972
Druck: Offset + Buchdruck AG, Zürich

Das Projekt 1971 der Gotthard-Basislinie

Von **W. Rutschmann**, Adliswil

Die doppelspurige Gotthard-Basislinie gemäss Projekt 1971 ist Bestandteil des zukünftigen Schnellverkehrsnetzes der SBB. Sie ist dimensioniert für den Betrieb mit verschiedenen Zugsgattungen, darunter Intercityzüge mit der Maximalgeschwindigkeit von 200 km/h. Sie ist eine Netzergänzung und misst zwischen dem auszubauenden Bahnhof Erstfeld und dem neuen Bahnhof Biasca 59 km. Ihre Kulmination liegt auf 555 m ü. M. innerhalb des Basistunnels. Der 46 km lange Alpendurchstich und sein Seitenstollen führen von Amsteg nach Giornico. Sie unterfahren das Tavetsch, das Gebiet des Lukmanierpasses sowie die mittlere und untere Leventina. Der Trasseverlauf im Grundriss ist bedingt durch günstige Lokationen für den Zwischenangriff beim Tunnelbau bei Rueras, im Val Medel und bei Chiggiogna. Beim Bau des Tunnels sind keine ausserordentlichen Schwierigkeiten zu erwarten.

Organisation und Verlauf der Projektierungsarbeiten ermöglichen – unter Voraussetzung, dass das Parlament bis Ende 1972 dem Projekt zugestimmt haben wird – den Beginn der ersten Bauarbeiten 1973 und des eigentlichen Tunnelbaues bei Anwendung des konventionellen Vortriebes 1974 und bei mechanischem Vortrieb 1975. Eine Kombination beider Vortriebsverfahren kann zweckmässig sein. Die Zeitspanne für die betriebsbereite Fertigstellung der Gotthard-Basislinie umfasst – wiederum ein zustimmender Entscheid des Parlamentes bis Ende 1972 vorausgesetzt – die Jahre 1984/85.

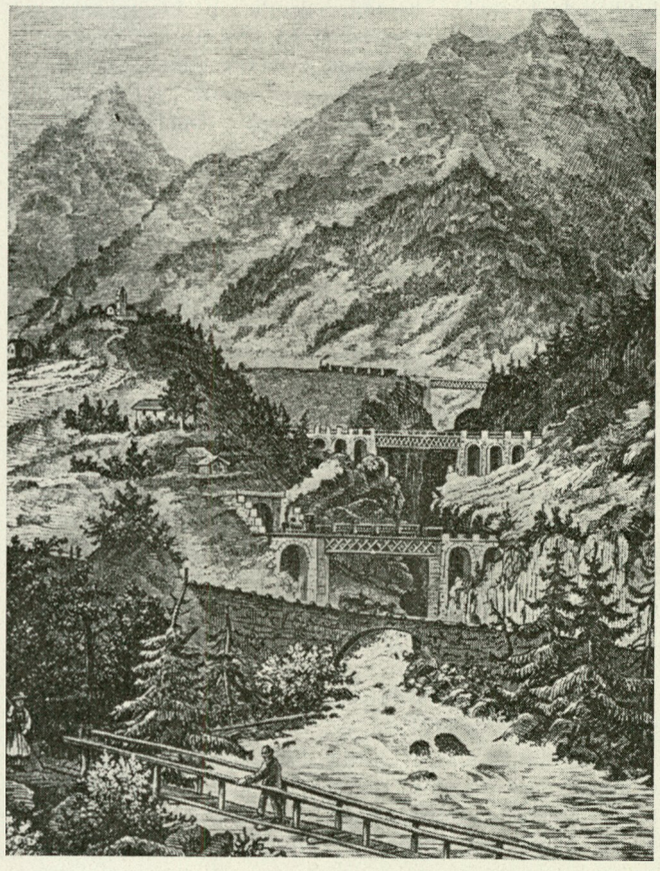
1. Entwicklung des Projektes

Der erste Vorschlag für eine Gotthardbahn mit tiefliegendem Alpendurchstich stammt aus der Projektierungszeit der in der Folge über Göschenen und Airolo geführten Linie. Der Geologe *Arnold Escher* schreibt in einem Gutachten: «Ist es nicht wahr, dass ein Tunnel Wassen–Madrano die für den Betrieb gefährlichste, schwierigste, kostspieligste Strecke in die sicherste und zugleich wohlfeilste zwischen dem Langen- und dem Vierwaldstättersee umwandeln würde . . .» [1]. Viel später fand die Projektidee eines von Amsteg in die Leventina führenden Basistunnels Erwähnung. Zu ihren Befürwortern zählt der Basler Ingenieur *Ed. Gruner*. Er setzte sich zuerst für einen doppelspurigen Bahntunnel Amsteg–Biasca ein [2] und brachte später einen kombinierten Basistunnel für Bahn und Strasse in Vorschlag [3].

Das erste eigentliche Projekt für eine Gotthard-Basislinie wurde im Rahmen der Tätigkeit der Studiengruppe Gotthardtunnel von der Elektro-Watt AG ausgearbeitet. Dieses «Generelle Projekt Juni 1962» enthält eine neue Linie von Erstfeld im Norden nach Biasca im Süden der Alpen mit einem Durchstich zwischen Amsteg und Giornico [4]. Es wurde nach der Durchführung ergänzender Berechnungen für die Tunnellüftung als «Generelles Projekt Juni 1962/Januar 1964» von der Technischen Arbeitsgruppe der Kommission Eisenbahntunnel durch die Alpen anfänglich in den Vergleich mit den Projekten für andere Bahnen durch die Schweizer Alpen einbezogen. Später legte die Kommission ihren Arbeiten das «Generelle Projekt Februar 1967» zugrunde [5]. Dieses Projekt berücksichtigte neue Projektierungsgrundlagen sowie die inzwischen überarbeiteten «Generellen Projekte 1966 für die Anschlusslinien».

An ihrer Sitzung vom 22. Juni 1970 beschloss die Kommission Eisenbahntunnel durch die Alpen mit 15 zu 3 Stimmen, dem Vorsteher des Eidg. Verkehrs- und Energiewirtschaftsdepartementes den Bau eines Gotthard-Basistunnels zu empfehlen. Dieser Beschluss sowie die anhaltend

Bild 1. Bahnanlage bei Wassen mit der Strassenbrücke und den drei Eisenbahnbrücken über die Meienreuss (alter Stich)



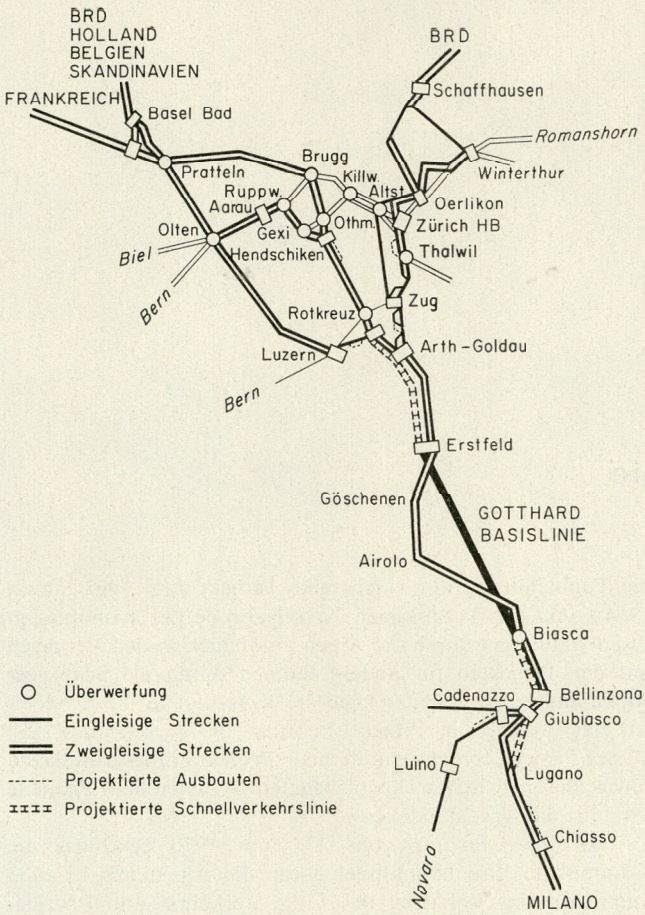


Bild 2. Gotthard-Basislinie mit ihren Zufahrten [6]

starke, der Prognose der Kommission längst enteilte Zunahme des transalpinen Eisenbahnverkehrs, welche die Dringlichkeit des Vorhabens besonders deutlich machte, veranlassten die Schweizerischen Bundesbahnen, ergänzende Studien – besonders im Hinblick auf eine Bauzeitverkürzung des Basistunnels – durchführen zu lassen. Im Frühjahr 1971 erweiterten die SBB im Einvernehmen mit dem Vorsteher des Eidg. Verkehrs- und Energiewirtschaftsdepartementes den Umfang der Ingenieurvorarbeiten für das Bauprojekt. Durch diese Arbeiten sollte der zu erwartende Entscheid für eine neue Alpentransversale durch den Bundesrat und das Parlament keinesfalls präjudiziert werden. Die SBB handelten im Rahmen der Empfehlungen der Kommission Eisenbahntunnel durch die Alpen und im Hinblick darauf, dass nach der politischen Entscheidung möglichst rasch mit dem Bau begonnen werden kann.

Das Projekt 1971 ist gekennzeichnet durch einen Seitenstollen, durch den auf 4,2 m vergrösserten Gleisabstand, durch zwei Überholstationen im Basistunnel und durch drei Zwischenangriffsschächte. Diese ermöglichen eine kürzere Bauzeit des Basistunnels und eine frühere Inbetriebnahme der Linie als die Zweischachtdispositive der früheren Projekte. Die Dauer der bei einem weiteren Ansteigen des Verkehrs ab etwa 1983 wahrscheinlich entstehenden Unterkapazität der Schweizerischen Alpenbahnen lässt sich dadurch verkürzen.

2. Begriff der Gotthard-Basislinie und betriebliche Charakteristika des Projektes 1971

Die doppelspurige Gotthard-Basislinie, für Reise- und Güterzüge, verbindet im Rahmen der bestehenden Gotthardbahn Erstfeld im Norden mit Biasca im Süden der zentralen Alpen. Ihre Länge beträgt 59 km. Der von Amsteg nach Giornico führende Basistunnel ist rund 46 km lang. Die Linienkulmination liegt innerhalb des Basistunnels auf 555 m ü. M. Die Linie ist vorgesehen als Bestandteil des zukünftigen Schnellverkehrsnetzes der SBB und soll von bestimmten Zügen mit einer Maximalgeschwindigkeit von 200 km/h befahren werden, siehe Bild 2 [6]. Der minimale Kreisbogenradius beträgt 3000 m für die offenen Strecken und 4000 m im Basistunnel. Die offenen Strecken steigen maximal mit 10‰ und der Basistunnel mit nicht mehr als 7‰.

3. Projektbeschreibung

3.1. Strecke Erstfeld–Nordportal des Basistunnels

Die Basislinie beginnt im Bahnhof Erstfeld, dessen Gleisanlagen für die Bedürfnisse der Basislinie und im Hinblick auf den Weiterbetrieb der bestehenden Gotthard-Bergstrecke umzubauen sind. Die neue Doppelspur überquert unmittelbar nach dem südlichen Weichenkopf des Bahnhofes die Reuss, verläuft auf einer Länge von rund 400 m auf dem westlichen Reussufer und überbrückt den Fluss ein zweites Mal, um den S-Rand der Ebene von Schützen zu erreichen. Beide Brücken schneiden den Fluss schiefwinklig. Die nördliche Brücke ist rund 425 m, die südliche rund 150 m lang. Anschliessend an diese Brücke verläuft das Trasse bis zum Nordportal des Basistunnels auf dem E-Ufer der Reuss. Der bis an den Fluss vorgestossene Ablagerungskegel des Efibaches mit dem Ellbogenchapelli wird mittels eines 260 m langen Tunnels durchquert. Im Bereiche der südlich anschliessenden Ebene bis zum Schuttkegel des Schüpfibaches ist die Linie auf einem 3 bis 4 m hohen, an das Leitwerk der Reuss angelehnten Damm geführt. Sie erreicht zusammen mit der Nationalstrasse N2 den an die Reuss abfallenden westlichen Erosionsrand des Schuttkegels. Basislinie und Nationalstrasse N2 folgen diesem Hang in einem gemeinsamen Anschnitt, die Basislinie rund 3 m über der Nationalstrasse gelegen. Am E-Rand der Ebene südwestlich von Russli, dem Nordportal des Basistunnels unmittelbar vorgelagert, ist eine Baudienststation vorgesehen. Diese sowie die Basislinie werden von der lokal zu verlegenden Kantonsstrasse (Erstfeld–)Silenen–Amsteg unterquert.

Die nördliche Anschlusslinie zum Basistunnel vom Bahnhof Erstfeld, 471,9 m ü. M., bis zum Nordportal auf 515,0 m ü. M. misst 5,35 km.

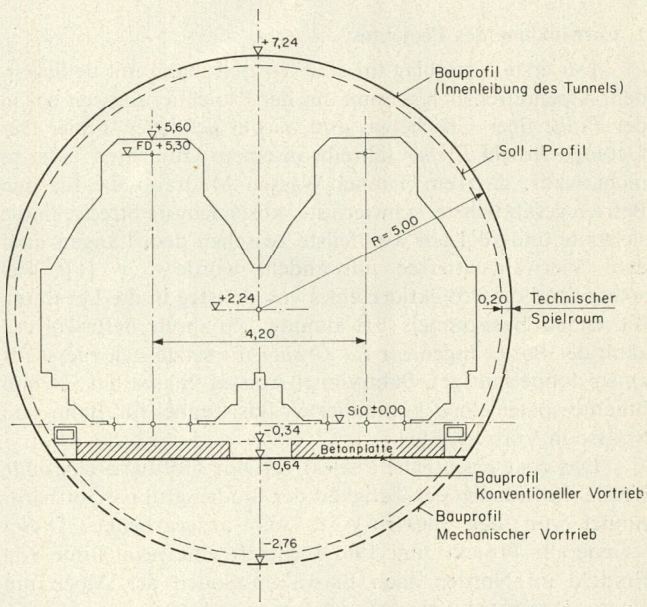


Bild 3. Lichtraumprofil des Basistunnels. Massstab 1:150

3.2. Gotthard-Basistunnel

3.2.1. Die Bauwerke des Alpendurchstiches

Die Bauwerke des Basistunnels sind: Die doppelspurige Tunnelröhre mit zwei Überholstationen, der Seitenstollen und die Zwischenangriffs- bzw. Lüftungsschächte.

Doppelspurige Tunnelröhre: das Lichtraumprofil des Tunnels ist durch eine Kreislinie begrenzt (Bild 3). Bei einem Achsabstand von 4,2 m der beiden Gleise wirkt sich der Druckstoss bei der Kreuzung besonders von sehr schnell fahrenden Zügen noch nicht schädlich aus, und die Durchführung von Transporten sperriger Güter erfordert nur in seltenen Fällen die Ausserbetriebsetzung des Nachbargleises. Der lichte Durchmesser des Bauprofils beträgt 10,0 m. Dieses umhüllt die international festgelegte Begrenzung des lichten Raumes und berücksichtigt einen auf einem Plattformwagen verladenen, 2,5 m breiten und 4,0 m hohen Lastwagen bei einer Höhe des Fahrdrahtes von 5,3 m über den Schienen. Sein Radius schliesst einen elektrischen Sicherheitsabstand von 0,3 m und eine technische Toleranz für die Bauausführung von 0,2 m ein.

Die beiden Überholstationen bestehen aus der durchlaufenden doppelspurigen Tunnelröhre sowie aus zwei doppelspurigen parallelen Röhren, eine je Fahrrichtung, für das Aufstellen von 700 m langen zu überholenden Zügen (Tafel 16).

Seitenstollen: 10 bis 20 m westlich der Tunnelröhre liegt der Seitenstollen. Er ist mit jener in Abständen von 400 bis 500 m durch die verlängerten Kammern des Bahndienstes verbunden. Der lichte Durchmesser des Kreisprofils beträgt rund 3,5 m. Der Seitenstollen bringt Vorteile für die Projektierung, die Bauausführung sowie den Betrieb des Tunnels.

Zweckmässigkeit hinsichtlich Projektierung:

- Es ist ernsthaft in Betracht gezogen, mindestens bestimmte Abschnitte des Tunnels mittels Vortriebsmaschinen aufzufahren. Der Vortrieb des Seitenstollens wird in der ersten Phase als Versuchsbohrvortrieb durchgeführt. Dabei werden Erhebungen angestellt über die Penetration der Werkzeuge – nach Möglichkeit verschiedener Bohrsysteme – und über den Bohrwerkzeugverschleiss, beides in Abhängigkeit mechanischer Eigenschaften von Gestein und Gebirge.
- Der Seitenstollen bietet einen lückenlosen und zuverlässigen geologischen Aufschluss des Gebirges im Hinblick auf den Bau der Tunnelröhre.
- Aufgrund von im Seitenstollen durchzuführenden felsmechanischen Messungen wird sich das Verhalten des Gebirges beim Vortrieb des Tunnels besser voraussagen lassen.
- Geothermische Messungen im Seitenstollen ermöglichen eine Überprüfung der Berechnungsannahmen für die Lüftung und Kühlung des Tunnels während des Baues und im Betrieb sowie der Wirksamkeit der Staubabscheidung beim Bohrvortrieb.

Zweckmässigkeit hinsichtlich Bauausführung:

- Mit dem Seitenstollen sollen die Fusspunkte der Zwischenangriffsschächte erschlossen werden, bevor von dort aus mit dem Tunnelvortrieb begonnen wird. Das beim Tunnelvortrieb anfallende Wasser wird durch den Seitenstollen zu einem Portal abgeleitet, und auf die kostspielige Wasserförderung mittels Pumpen durch die Schächte kann verzichtet werden.
- Der Seitenstollen kann als grosskalibriges Ventilationsrohr beim Bau der Tunnelröhre Verwendung finden.
- Beim Seitenstollenvortrieb für die Tunnelröhre als geologisch-bautechnisch besonders schwierig erkannte Zonen können vom Seitenstollen aus vorbehandelt oder vorgängig durchörtert werden.

Tabelle 1. Vertikalschächte

Standort	Tiefe (m)	Durchmesser Ausbruch (m)	Durchmesser Licht (m)
Rueras	840 + 60	9,4	8,8
Sta. Maria	1300 + 60	9,5	8,8
Chiggiogna	270 + 60	9,4	8,8

- Vom Seitenstollen aus lassen sich Nebenbauwerke des Tunnels, wie die Kammern des Bahndienstes oder die Kavernen der Sicherungszentren, ausbrechen und ausbauen, ohne die Arbeiten im Tunnel zu beeinträchtigen.

Zweckmässigkeit beim Bahnbetrieb:

- Im Seitenstollen können die nicht direkt zu den Verbrauchern führenden Hauptkabel verlegt werden.
- Der Seitenstollen ist ein vom Bahnbetrieb unabhängiger Zu- bzw. Ausgang der Tunnelröhre für die Durchführung von Unterhalts- und Reparaturarbeiten und in Notfällen für Hilfeleistung und Evakuation.
- Die Nutzung des Seitenstollens als Element des Betriebslüftungssystems kann in Betracht gezogen werden.

Zwischenangriffs- bzw. Lüftungsschächte: Es sind drei abzuteufende Vertikalschächte vorgesehen, deren Standorte und Abmessungen aus Tabelle 1 ersichtlich sind.

Bei gleichem Höhenunterschied kann ein Vertikalschacht in kürzerer Zeit abgeteuft und ausgerüstet werden als ein Schrägschacht, überdies ist seine Förderkapazität grösser und der Förderbetrieb sicherer. Der lichte Durchmesser der Schachtscheiben ergibt sich vor allem aus den Dimensionen des sperrigsten Bauteiles der abzusenkenden Tunnelvortriebsmaschinen sowie aus dem Querschnittbedarf für die Förderanlagen und Leitungen während der Verwendung der Schächte für den Zwischenangriff beim Tunnelbau (Bild 4). Anstelle des ursprünglichen Schachtpaares ist nunmehr für jeden Zwischenangriff ein Einzelschacht vorgesehen.

3.2.2. Linienführung im Grundriss und Längenprofil

Die Talböden von Amsteg und unterhalb Giornico sind die Endpunkte auf beiden Seiten der Alpen einer offenen, mit maximal 10‰ ansteigenden Linienführung.

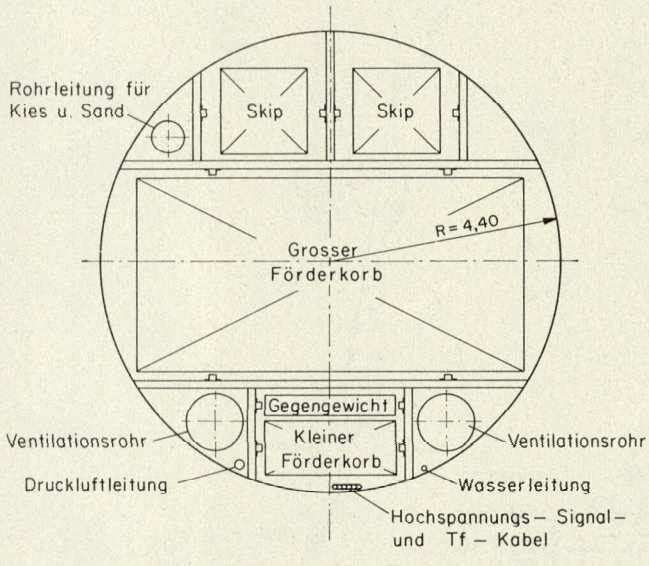


Bild 4. Lichter Querschnitt der Zwischenangriffsschächte, 1:150

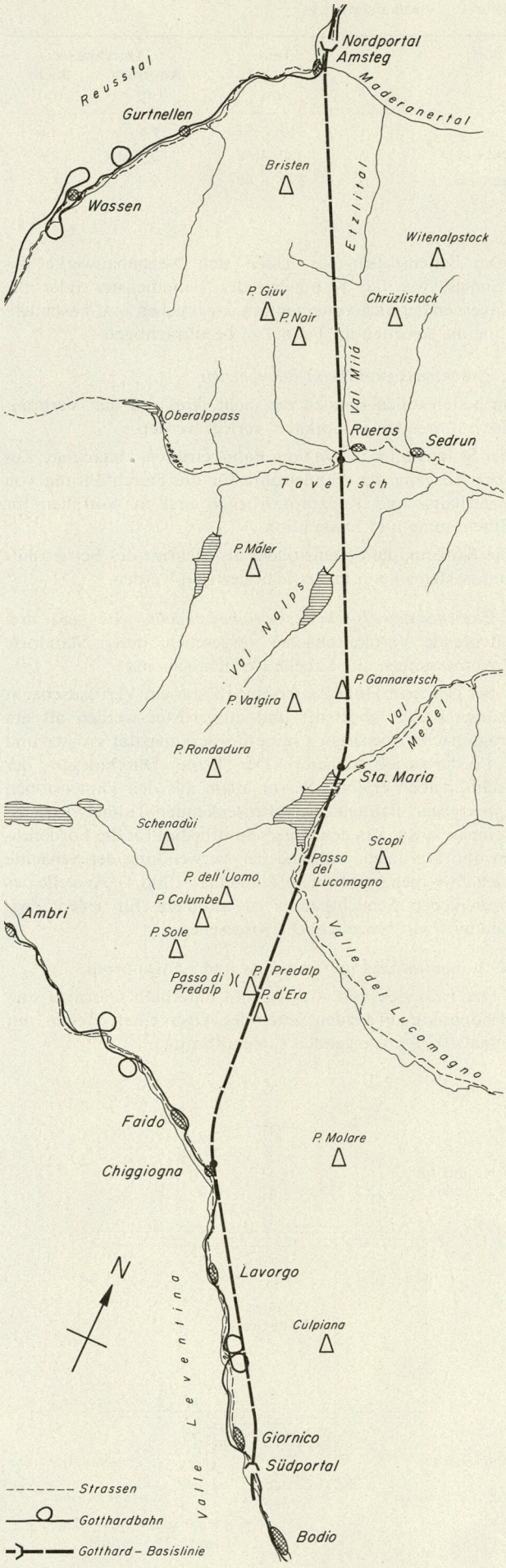


Bild 5. Tunnelachse Variante Ost rund 1:100 000

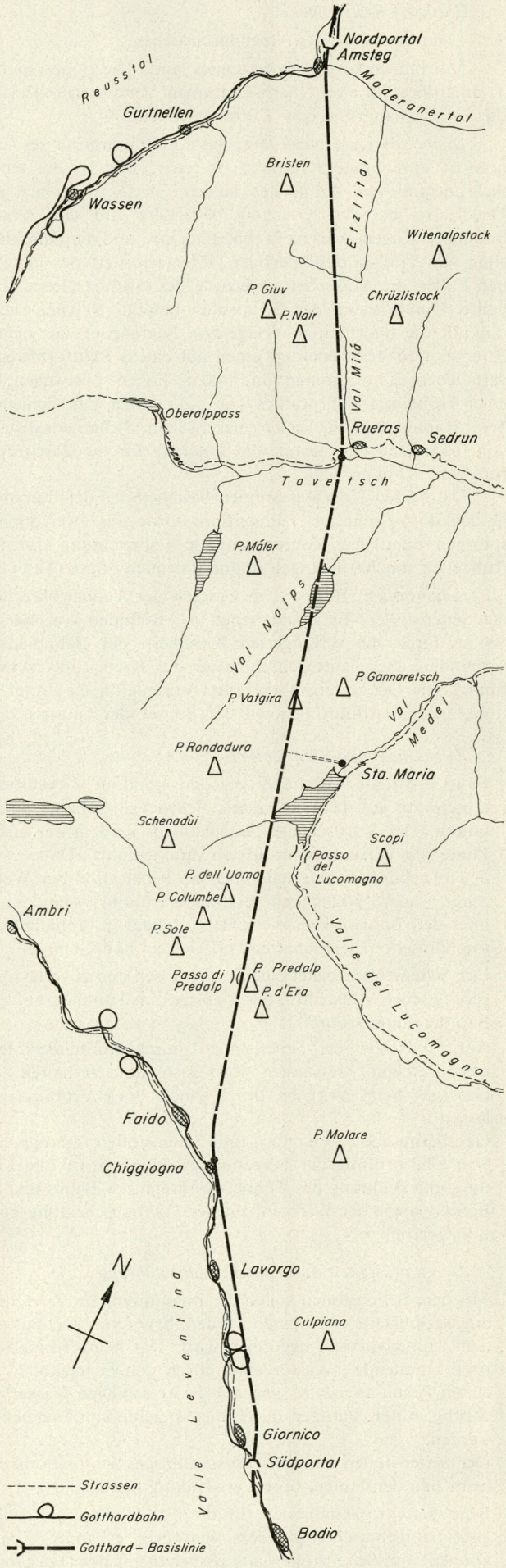


Bild 6. Tunnelachse Variante West rund 1:100 000

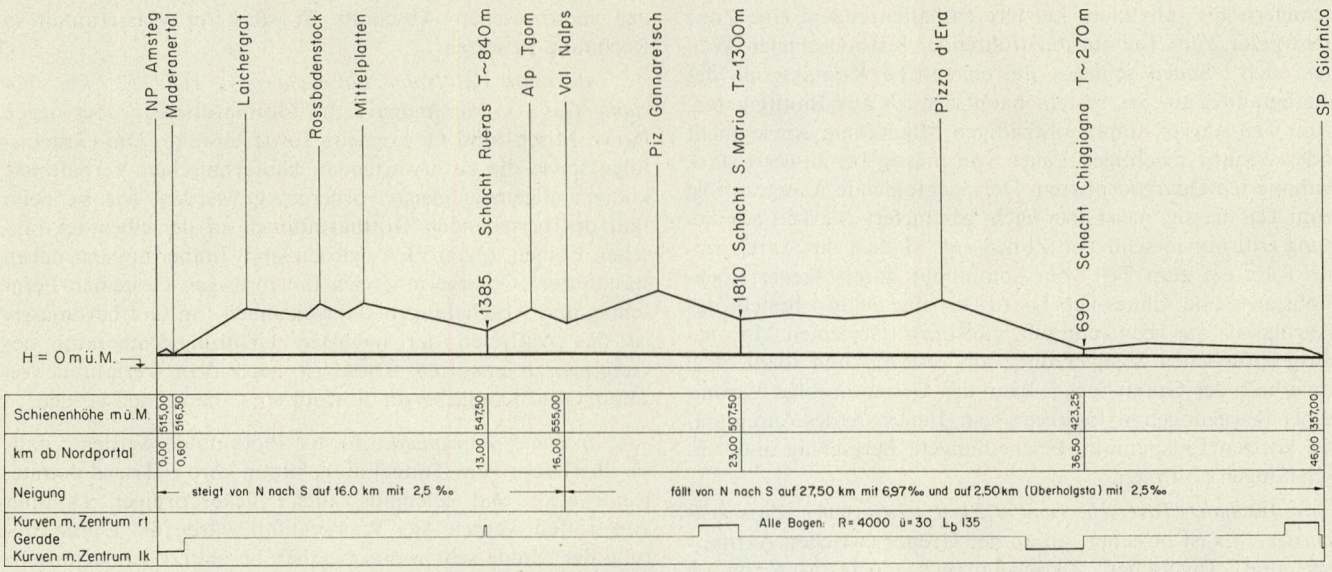


Bild 7. Längenprofil des Basistunnels. Längenmassstab 1:300 000

Das Nordportal des Basistunnels liegt rund 1 km nördlich des Dorfes Amsteg am Fusse der von der Ebene südwestlich von Russli aufsteigenden östlichen Talflanke. Die Portalstelle befindet sich im anstehenden Fels.

Das Südportal, definiert als Ausgangspunkt des bergmännischen Tunnelbaues, ist 450 m südöstlich der unteren Ticinobrücke von Giornico der bestehenden Bahnlinie im Blockschutt gelegen.

Da innerhalb eines breiten Streifens beidseits der geradlinigen Verbindung zwischen den Portalen die geologischen Verhältnisse praktisch gleich sind, geben keinerlei geologische Umstände Anlass zur Abweichung vom kürzesten Tunneltrasse. Der Grundrissverlauf des Tunnels mit Abweichungen von der Geraden im Nord- und Mittelabschnitt nach E und im Südabschnitt nach W ist ausschliesslich bedingt durch die zweckmässige Lage für die Zwischenangriffe beim Tunnelbau im Tavetsch, im Val Medel und in der mittleren Leventina. Während vom Nordportal bis Rueras und vom Südportal bis nördlich Chiggiogna das Trasse des Tunnels festliegt, bedarf es noch weiterer geologischer Abklärungen zur endgültigen Trassierung im Bereiche des Lukmanierpasses. Die Ergebnisse dieser Abklärungen werden die Ausführbarkeit des Projektes nicht in Frage stellen. Sie werden aber dafür ausschlaggebend sein, ob der Schacht Sta. Maria direkt auf dem Tunnel aufsitzen kann oder ob er mit diesem durch einen im Tunnelhorizont nach W führenden Stollen zu verbinden sein wird. Bei der Trassevariante Ost (Bild 5 u. Tafel 17) fährt der Tunnel den Schachtfuss an. Er unterquert südlich des Schachtes die oberflächlich aufgeschlossene, auf dem Gotthardmassiv auflagernde mesozoische Scopimulde. Der Verlauf in die Tiefe der nach E einfallenden Grenzfläche zwischen dem bautechnisch günstigen Kristallin und der geologisch-bautechnisch ungünstigen triadischen Muldenhülle ist noch nicht mit der erforderlichen Genauigkeit bekannt, um mit Sicherheit auszuschliessen, dass das Trasse der Variante Ost die Mulde nicht auffährt. Demgegenüber bestehen keine Zweifel darüber, dass die Trassevariante West (Bild 6 u. Tafel 17) innerhalb des Gotthardmassivs verbleibt. Sollte von der Variante Ost Abstand genommen werden müssen, wäre die Lösung durch eine Variante Mitte, mit einem möglichst kurzen Stollen zwischen dem Schachtfuss und dem westlich davon liegenden Tunnel, zu suchen.

Der Tunnel unterfährt kurz nach seinem Nordportal das unterste Maderanertal und in der Folge die E-Flanke des Bristen und östlich des Piz Nair die Wasserscheide zwischen dem Etzli- und dem Vorderrheintal. Das Tavetsch wird bei Rueras unterquert. Rund 500 m südwestlich der Ortschaft ist der Zwischenangriffsschacht vorgesehen. Weiter südlich unterfährt der Tunnel das Val Nalps, den Stausee Sta. Maria und zwischen dem Passo Predelp und dem Pizzo d'Era den Grenzgrat zwischen dem Valle del Lucomagno und dem Valle Leventina. Der mittlere Zwischenangriffsschacht ist rund 250 m nördlich der Staumauer Sta. Maria, der südliche bei Chiggiogna vorgesehen. Unter den E-Hängen der mittleren und der unteren Leventina erreicht der Tunnel das Südportal.

Die Länge des Basistunnels beträgt rund 46 km. Von seinem Nordportal, mit der Schwellenhöhe auf 515,0 m ü.M., steigt er auf einer Länge von 16,0 km mit 2,5 ‰ zur Kulmination auf 555,0 m ü.M. Die anschliessende Südrampe fällt zusammengefasst auf 27,5 km mit 6,97 ‰ und dazwischen, im Bereiche der Überholstation, auf 2,5 km Länge mit 2,5 ‰ zum Südportal auf 357,0 m ü.M. (Bild 7).

3.2.3. Geologie des Trassebereiches

Von N nach S durchörtert der Gotthard-Basistunnel die nachgenannten tektonischen Einheiten:

- Aarmassiv
- evtl. Disentiser Zone
- Tavetscher Zwischenmassiv
- Urseren-Garvera-Zone
- Gotthardmassiv
- evtl. Pioramulde
- lepontinische Gneismasse

Von Amsteg bis südlich des Lukmanierpasses streicht die Gesteinsschieferung und -schichtung WSW-ENE und fällt ausnahmslos steil ein. Der Tunnel quert also die Schieferungsflächen und die Schichten der Sedimente ungefähr senkrecht. Die anschliessenden Gneise fallen unmittelbar südlich des Grenzgrates gegen die Leventina flacher nach N ein und lagern schliesslich im weit überwiegenden Teil der lepontinischen Masse praktisch horizontal.

3.2.4. Geologisch-bautechnische Verhältnisse

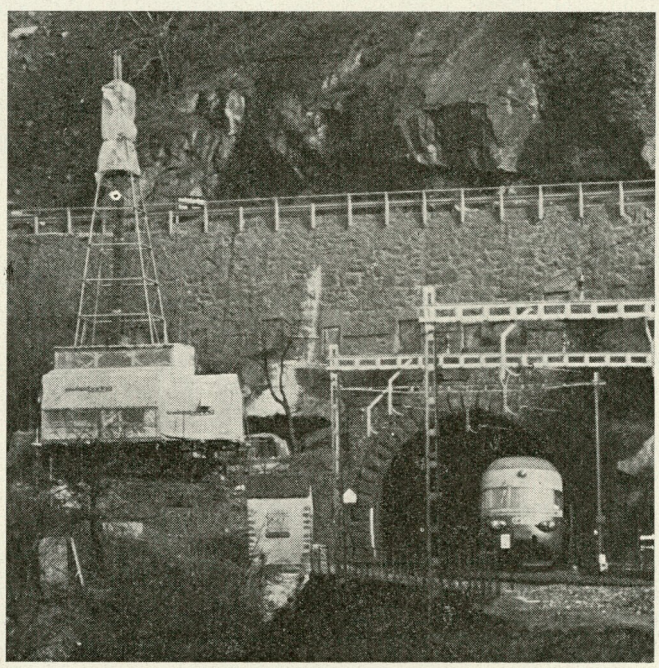
Abschnitt Amsteg–N-Flanke des Tavetsch, rund 12,0 km (Aarmassiv): Nördlich des Chärstelenbaches steht der massige bis gerichtete Erstfelder Granitgneis an. Südlich folgt zuerst die altkristalline Schieferhülle des Aaregranites. Sie besteht hauptsächlich aus Sericit-Chlorit-Gneisen und -Schiefern mit Einschaltungen von granitischen Apophysen und Sericit-

schiefern bis -phylliten. Letztere enthalten zudem eine Zone schwarzer, zum Teil anthrazitführender Karbonschiefer. Weiter nach Süden schliesst die eigentliche Kontaktzone des Aaregranites an. Sie besteht hauptsächlich aus Biotitgneisen, zum Teil stärker amphibolithaltigen Migmatiten sowie mehr oder weniger mächtigen Lagen von mässig bis äusserst stark laminierten Quarzporphyren. Der nachfolgende Aaregranit ist zum Teil massig, meist aber leicht geschiefert. Starke Laminierung tritt nur in schmalen Zonen auf. Südlich des Aaregranites folgt ein zum Teil von Amphibolit durchzogener Injektionsgneis und schliesslich Diorit. Im allgemeinen besteht das Aarmassiv aus bautechnisch günstigen Gesteinen. In den ausgesprochenen Schieferzonen am N-Rand und lokal auch innerhalb des Granitstockes kann das Gestein infolge tektonischer Bewegungen mylonitisiert sein. Innerhalb des Aaregranites können Entspannungserscheinungen, Bergschlag und Abschalungen auftreten.

Abschnitt Tavetsch, rund 3,2 km (Tavetscher Zwischenmassiv): Es ist unsicher, ob an der Grenze zwischen Aarmassiv und Tavetscher Zwischenmassiv noch Mesozoikum (Disentiser Zone) aufgefahren wird. Diese Formation dürfte wenig mächtig sein. Das Zwischenmassiv besteht überwiegend aus Sericitschiefern und -gneisen. Diese enthalten Einlagerungen von Serpentin, Talkschiefer, Diorit sowie Quarzporphyr und sind in einzelnen Zonen stark von Pegmatiten durchschwärmt. Die Gesteine sind häufig intensiv verschiefert. Die zwischen mylonitisierten Sericitschiefern eingeschalteten härteren Gesteine sind durch tektonische Beanspruchung oft extrem stark zerbrochen. Niederbrüche sind deshalb nicht auszuschliessen. Ferner ist in einzelnen feinschieferigeren Serien auch mit druckhaften Zonen zu rechnen.

Abschnitt S-Flanke des Tavetsch, rund 0,5 km (Urseren-Garvera-Zone): Die an das Tavetscher Zwischenmassiv im S anschliessende Urseren-Garvera-Zone ist in ihrem rund 250 m langen N-Abschnitt aus Kalken und Kalkschiefern des Lias sowie aus Anhydrit, Dolomit und Schiefern der Trias aufgebaut. Der ebenfalls rund 250 m lange S-Abschnitt besteht aus permokarbonischen Sammitgneisen und Sericitschiefern. In der Zone ist neben standfestem, besonders im Permokarbon, auch gebräches und druckhaftes Gebirge zu erwarten. Für den mesozoischen Abschnitt ist stärkerer Wasseranfall in Rechnung zu setzen.

Bild 8. Sondierbohrung Biaschina, Südportal Travi-Tunnel, rund 460 m ü. M., Endtiefe 650 m



Abschnitt Val Nalps–Lukmanierpass, rund 12,7 km, Variante Ost (Gotthardmassiv): Im Gotthardmassiv überwiegen Para-, Misch- und Orthogneise sowie Granite. Die Gesteinsfolge sowie die zu erwartenden bautechnischen Verhältnisse können allgemein gleich vorhergesagt werden, wie sie beim Bau des bestehenden Gotthardtunnels in derselben tektonischen Einheit angetroffen worden sind. Immerhin sind neben standfestem Gebirge in Zonen mit massigen Gesteinen Bergschlag und Abschalungen wahrscheinlich. Im Gotthardmassiv ist das Auftreten der höchsten Ursprungstemperatur des Gebirges zu erwarten. Diese ist nach dem Verfahren von Thoma und Königsberger zu rund 60 °C berechnet worden.

Abschnitt Pioramulde: In der Pioramulde werden – falls sie überhaupt vom Tunnel aufgefahren wird – Triasdolomite, Rauhwacke und allenfalls auch zuckerkörniger Dolomit angetroffen werden. Bei Wasseranfall würde die Durchörterung der Mulde sehr wahrscheinlich besondere bautechnische Massnahmen erfordern.

Abschnitt südlich P. d'Era, rund 17,6 km (lepontinische Gneismasse): Der N-Abschnitt dieser südlichsten tektonischen Einheit besteht vorwiegend aus Paragneisen, untergeordnet aus Lucomagno-Granitgneis und Augengneisen, der S-Abschnitt aus Granitgneisen. Diese Gesteine sind im allgemeinen bautechnisch günstig. Die Standfestigkeit der dickbankigen Leventina-Granitgneise kann, bedingt durch ihre praktisch horizontale Lagerung, beeinträchtigt sein. Im Bereich der Gneismasse sind Bergschlag und Abschalungen nicht auszuschliessen.

3.2.5. Wahrscheinlichkeit des Zutreffens der geologischen Prognose

Für das Aarmassiv, das Tavetscher Zwischenmassiv und die Urseren-Garvera-Zone war eine geologische Prognose mit einer hohen Wahrscheinlichkeit des Zutreffens möglich. Die Zulässigkeit der Trassierung der Variante Ost am E-Rand des Gotthardmassivs, im Gebiete des Lukmanierpasses, wird durch die Sondierungen 1972, allenfalls 1973, schlüssig abgeklärt werden können. Die Prognose für die Trassevariante West steht nicht in Frage. Die in den Jahren 1964/65 durchgeführte, rund 1600 m tiefe Bohrung Gana Bubaira, rund 3 km südlich des Lukmanierpasses, hat den Nachweis erbracht, dass die zwischen Gotthardmassiv und lepontinischer Gneismasse oberflächlich aufgeschlossene triadische Pioramulde nicht nach Süden in das Tunnelniveau einbiegt. Diese Tiefbohrung, die Flachbohrung Campo Solario mit der Endtiefe 320 m und 1965 durchgeführte seismische Messungen haben überdies gezeigt, dass im nördlichen und mittleren Teil der Pioramulde deren Unterfläche deutlich über dem Tunnelniveau liegt. Diese Erkenntnis ist durch eine weitere Seismikkampagne im Herbst 1971 bestätigt worden. Gleichzeitig liessen sich weitere Informationen über den Verlauf des S-Randes der Mulde gewinnen. In diesem Rahmen sind Durchschallungen über Entfernungen bis zu 5,1 km quer zum generellen Schichtstreichen unter Benutzung der bis rund 1040 m Tiefe wieder aufgewältigten Bohrung Gana Bubaira durchgeführt und überdies ist ein 6,5 km langes refraktionsseismisches Profil im Muldenstreichen gemessen worden. Unter Voraussetzung der theoretisch maximal möglichen Zunahme der Ausbreitungsgeschwindigkeit der elastischen Wellen mit der Tiefe hat sich errechnen lassen, dass auf der Höhe von etwa 1100 m ü. M. ein Keil am S-Rand der Mulde höchstens eine Breite von 200 bis 250 m aufweisen könnte. Wird die theoretisch grösstmögliche Geschwindigkeitszunahme nicht vorausgesetzt, verringert sich für die erwähnte Tiefe die Keilbreite sehr rasch, und es gibt keine Anhalts-

punkte mehr für bis in den Tunnelhorizont reichendes triadisches Material mit einer Wellenfortpflanzungsgeschwindigkeit kleiner als 3600 m/s. So stellt die Pioramulde im Querschnitt etwa die Form eines Zahnes mit zwei Wurzeln dar, die sich sehr wahrscheinlich nach der Tiefe verjüngen. Ende 1971 und anfangs 1972 in Chiggiogna, 300 m, und am Fusse der Biaschina, 650 m, abgeteufte Bohrungen haben bis deutlich unter das Tunnelniveau nur die vorausgesagten, für die Leventinamasse typischen Gneise aufgeschlossen (Bild 8).

3.3. Strecke Südportal des Basistunnels–Biasca

Nach dem Südportal des Basistunnels, am nördlichen Hangfuss unterhalb der unteren Ticinobrücke von Giornico, unterfährt die südliche Anschlusslinie die bestehende Bergstrecke und die anzuhebende Kantonsstrasse. Die Linie soll zwischen dem Tunnelportal und der Unterführung unter der Bergstrecke überdeckt werden. Nach der Überquerung des Ticino mit einer 80 m langen Brücke führt sie auf einem 7 m hohen Damm über die Ebene oberhalb der Fabrikanlagen von Bodio zum nördlichen Widerlager des Viadotto di Bodio. Zwischen der Überführung der Kantonsstrasse und dem Viadukt ist eine Baudienststation vorgesehen. Der rund 1600 m lange Viadukt verläuft zuerst parallel zu den Fabrikhallen und dann wieder auf das linke Ufer des Ticino. Unmittelbar vor dem südlichen Widerlager des Viaduktes wird noch die bestehende Strasse von Bodio nach Personico überquert. Im Hinblick auf die südliche Fortsetzung der Transitlinie mit dem Minimalradius von 3000 m wird es notwendig, das bestehende Bahntrasse südöstlich der Ortschaft Bodio auf einer Länge von 1100 m nach Osten zu verlegen. Basislinie und Bergstrecke, diese südöstlich von Pollegio abermals verlegt, verlaufen zwischen dem Bahnhof Bodio und dem neuen, zwischen der Ortschaft und dem Ticino projektierten Bahnhof Biasca parallel nebeneinander. Die Basislinie erreicht, südlich des Viadotto di Bodio immer auf einem Damm geführt, das Niveau der Bergstrecke südöstlich von Pollegio. Beide Linien überqueren den Brenno rund 250 m oberhalb seiner Einmündung in den Ticino und führen unmittelbar nach der 75 m langen Überbrückung in den westlichen Weichenkopf des neuen Bahnhofes von Biasca.

Die südliche Anschlusslinie misst zwischen dem Südportal des Basistunnels, auf 357,0 m ü. M., und dem Aufnahmegebäude des neuen Bahnhofes Biasca, auf rund 293 m ü. M., 7,65 km. Der neue Bahnhof ist talabwärts des bestehenden und vorläufig als Rangieranlage weiterzubetreibenden an die vorhandene, über Castione-Arbedo nach Bellinzona führende Linie angeschlossen. In seinem südlichen Weichenkopf wird die geplante Schnellverkehrslinie in Richtung Bellinzona ihren Anfang nehmen.

3.4. Anlagen des Bahnbetriebes [7]

3.4.1. Zugsgattungen

Während auf der New Tokaido Line und bald auch auf der New Sanyo Line der Japanischen Staatsbahnen JNR nur Züge mit gleicher Geschwindigkeit verkehren und auch die Schnellverkehrslinie Paris–Lyon der SNCF für entsprechende Züge projektiert ist, wird die im Bau befindliche Direttissima Roma–Firenze der FS sowie die Gotthard-Basislinie von Zügen verschiedener, sich auch durch ihre Geschwindigkeit unterscheidender Gattungen befahren werden. Wenn dereinst Konstruktion und Ausrüstung aller Güterwagen ihren Einsatz mit der Geschwindigkeit von 100 km/h ermöglichen, sind auf der Gotthard-Basislinie vier Zugsgattungen anzutreffen. Ihre Charakteristika, ihre planmässige Fahrzeit von Erstfeld nach Biasca sowie ihr relativer Anteil an der Gesamtzugszahl ist aus der Tabelle 2 ersichtlich.

Tabelle 2. Zugsgattungen

Gattung		Max. Geschwindigkeit (km/h)	Max. Anhängelast (t)	Planmässige Fahrzeit (Min)	Anteil am Verkehr rund
Intercity	IC	200	300	20	1/3
Schnellzug	S	140	600	27½/29½*	
Schnellgüterzug	SG	120	1000	33½*	2/3
Güterzug	G	100	1600	41*	

* Mit Halt in Erstfeld und Biasca

3.4.2. Überholstationen, Spurwechsel

Der gemischte Betrieb mit Zügen, deren Verhältnis der Maximalgeschwindigkeiten 2:1 beträgt, führt zu Überholungen. Wird im Hinblick auf eine möglichst kleine Kapazitätsverminderung der Doppelspur vorausgesetzt, dass der langsamere Zug dabei anzuhalten hat, ergibt sich das Erfordernis von Überholstationen. Die Bahnhöfe Erstfeld und Biasca werden Zugsüberholungen ermöglichen. Zwischen diesen Bahnhöfen sind im Basistunnel zwei weitere Überholstationen vorgesehen. Die betrieblich zweckmässige Lage – unmittelbar südlich des Schachtes Rueras und nördlich des Schachtes Chiggiogna – ihre Gleisanlagen und Überholgleise für jede Fahrrichtung und die Möglichkeit, gleichzeitig zwei und überdies nebeneinander anhaltende Züge einer Fahrrichtung zu überholen, sind das optimale Resultat betrieblicher Studien. Neben diesen sind aber auch in Anbetracht der grossen Ausbruchprofile im Bereich der Tunnelverzweigungen die Ergebnisse felsmechanischer Studien zu berücksichtigen. Der betrieblich zweckmässigen Lage der nördlichen Station steht die geologisch günstigere innerhalb des Südrandes des Aarmassives gegenüber.

Den betrieblichen Studien hat ein sogenannter theoretischer Maximalfahrplan zugrunde gelegen. Dieses Fahrplanmodell stellt die theoretisch maximale Anzahl von Fahrordnungen dar, welche sich ergeben können unter Voraussetzung günstiger, aber noch realer Annahmen betreffend die Zugfolgezeiten, die Zahl der Züge der einzelnen Gattungen sowie deren allfällige Bündelung und die Mischung der Gattungen. Die theoretische Leistungsfähigkeit der durchgehend doppelspurig betriebenen Gotthard-Basislinie beträgt rund 750 Züge pro Tag. Auf Grund betrieblicher Erfahrungen kann die praktische Leistungsfähigkeit etwa mit 50 % der theoretischen prognostiziert werden, d. h. es ergibt sich, dass nur die Hälfte der verfügbaren Fahrordnungen belegt wird. Deshalb wird damit gerechnet, dass auf der Gotthard-Basislinie – ohne Berücksichtigung der weiterhin betriebenen Bergstrecke – im Spitzenverkehr um die 350 Züge verkehren werden [6].

Beidseits der Bahnhöfe und Überholstationen, in den Bereichen des Anschlusses der Baudienststationen vor den Tunnelportalen an ein Streckengleis und überdies zwischen diesen Anlagen sind doppelte Gleisverbindungen vorgesehen (Tafel 16). Die Unterhalts- und Erneuerungsarbeiten an den Anlagen bedingen häufig auf einzelnen Abschnitten einspurigen Betrieb. Die optimale Länge dieser Abschnitte, welche durch je vier Spurwechselweichen zu begrenzen sind, misst rund 6 km. Bei siebenstündigem Einspurbetrieb zwischen zwei um etwa 6 km auseinanderliegenden Gleisverbindungen vermindert sich die praktische Leistungsfähigkeit der Basislinie auf rund 280 Züge pro Tag.

3.4.3. *Sicherungsanlagen*

Die Gotthard-Basislinie soll mit dem automatischen Streckenblock für Wechselbetrieb ausgerüstet werden. Die Blockabschnitte werden 1100 bis 1300 m lang vorgesehen. Der Wechselbetrieb ermöglicht das Befahren jedes Streckengleises in beiden Richtungen. Es sind zwei Signalsysteme vorgesehen: die Linienzugsbeeinflussung, LZB, mit Linienleiter und die konventionellen Signallichter auf ortsfesten Tafeln. Bei Normalbetrieb werden die Anzeigen automatisch durch die fahrenden Züge ausgelöst, und der Betrieb wird von Erstfeld und von Biasca aus überwacht. Unter besonderen Betriebsverhältnissen können die Signale von diesen Zentren und von örtlichen Stellwerken bei den Überholstationen und den Spurwechselstellen aus gesteuert werden.

Bei Linienzugsbeeinflussung werden die Signalbegriffe, die höchstzulässige Fahrgeschwindigkeit und der Abstand zum nächsten Gefahrenpunkt fortlaufend im Führerstand der Triebfahrzeuge angezeigt. Die Zugsfahrten werden aber auch kontinuierlich überwacht. Computergesteuert werden erforderlichenfalls die Geschwindigkeiten vermindert oder die Züge zum Halten gebracht. Es darf angenommen werden, dass im Zeitpunkt der Inbetriebnahme der Basislinie zumindest ein einfaches LZB-System betriebsbereit zur Verfügung stehen wird.

Fällt die LZB aus, erfolgt die Signalisierung durch das herkömmliche System. Diese der LZB untergeordnete Ersatzlösung, ohne fortlaufende Geschwindigkeitsüberwachung, wird eine kleinere Leistungsfähigkeit gewährleisten und nur eine Maximalgeschwindigkeit von etwa 140 km/h ermöglichen.

3.4.4. *Fahrbahn*

Beim Verkehr mit verschiedenen Zugsgattungen stellen sich besondere Anforderungen für die Festlegung der Fahrbahngeometrie. Für die Gattung der SG- und G-Züge wird ein fahrdynamisch ausgeglichener Lauf mit möglichst geringer Gleisabnützung, für die IC- und S-Züge ein guter Fahrkomfort gefordert. Diese beiden Forderungen können vor allem bei Kreisbogen mit einem Radius von weniger als 4000 m nur unter in Kauf nehmen eines Kompromisses bei der Festlegung der Gleisüberhöhung befriedigt werden. Dieser Kompromiss ist für die Anschlusslinien unvermeidbar, weil die Topographie und die vorhandene oder geplante Überbauung zur Anwendung eines Bogenhalbmessers von 3000 m nötigen. Aus der Tabelle 3 sind die geometrischen Kennzeichen der projektierten Kreisbogen sowie die daraus sich ergebenden betrieblichen Folgen ersichtlich.

Im Hinblick auf eine Verbilligung des Gleisunterhaltes ist für den Basistunnel ein schotterloser Oberbau vorgesehen. Die Konstruktion dieses Systems, siehe Bild 9, ist derjenigen des klassischen Oberbaues mit Betonschwellen

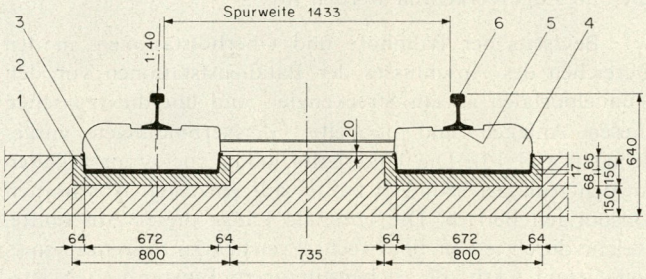


Bild 9. Regelbettungsquerschnitt des Gleises

1 Armierte Betongrundplatte
2 Feinbeton
3 Gummischuh
4 Zweiblock-Betonschwelle
5 Elastische Zwischenlage
6 Schiene 60 bis 75 kg/m

Tabelle 3. Kreisbogen des Gleises

	Bogenradius R (m)		
	5000	4000	3000
Überhöhung (mm)	20	30	50
Übergangsbogenlänge (m)	115	135	165
Für IC-Zug, 200 km/h			
– Fehlende Überhöhung (mm)	74	88	107
– Nichtkomp. Seitenbeschleunigung (m/sec²)	0,48	0,57	0,70
Für G-Zug, 100 km/h			
– Fehlende Überhöhung (mm)	3,5	—	—
– Überschuss an Überhöhung (mm)	—	0,6	10,7

Tabelle 4. Primärstrom je Zug

	Primärstrom am Fahrdraht (A) *Streckenneigung (‰)*			
Zugsgattung	+ 2,5	— 2,5	+ 7,0	— 7,0
IC	530	440	620	350 [1])
S	315	200	420	100 [2])
SG	385	240	510	115
G	395	210	565	40

[1]) inkl. 10 A für Klimatisierung [2]) inkl. 30 A für Klimatisierung

Tabelle 5. Primärstrom für verschiedene Betriebszustände

Betriebszustand	*Primärstrom am Fahrdraht (A)* *(Fahrdraht)*	
	N–S	*S–N*
Normal, mehrstündiges Mittel	720	1380
momentane Spitze	2100	2320
Gestört, Wiederaufnahme des Betriebes nach dem Unterbruch		
momentane Spitze	6520	
einminütige Spitze	5830	

ähnlich. Die Konstruktionselemente des schotterlosen Gleises sind: die armierte, auf der Tunnelsohle liegende Betongrundplatte mit Aussparungen für die Schwellenklötze, die Schwellen, bestehend aus zwei mit Gummi ummantelten und durch eine Spurstange verbundenen armierten Betonklötzen, die Schienen mit einem 60 bis 75 kp/m schweren Profil und die elastische Einlage zwischen Schienen und Schwellenklötzen. Diese Einlage sowie die Blockummantelung sind Dämpfungselemente mit den Eigenschaften einer Schotterbettung. Auch die Weichen vom Typ 900–1:19 für die Spurwechsel und 900–1:16 für die Abzweigungen in die Überholstationen und die Aufspaltung in die Überholgleise, bei Ablenkung von den Reisezügen mit 95 und den Güterzügen mit 90 km/h befahrbar, sollen schotterlos verlegt werden.

3.4.5. *Fahrstromversorgung, Fahrleitungen*

Unter Berücksichtigung des Luft- und Rollwiderstandes sowie der Streckenneigung errechnet sich für die einzelnen Zugsgattungen bei der Fahrt mit Höchstgeschwindigkeit auf der N- und S-Rampe des Tunnels die Stärke des Primärstromes am Fahrdraht gemäss Tabelle 4.

Der Projektierung der Fahrstromversorgung liegen praktische Fahrplanmodelle zugrunde, aus welchen sich Belastungsdiagramme ableiten lassen. Tabelle 5 zeigt aus solchen Belastungsdiagrammen gewonnene Werte des Primärstromes.

Für die Fahrstromversorgung, auch der Gotthard-Basislinie, wird bis 1985 in den Kraft- und Umformwerken Amsteg, Göschenen und Ritom bzw. Giubiasco eine Einphasengeneratorleistung von rund 600 MVA installiert sein. Die Speisung der Fahrleitungen soll durch Unterwerke vor den beiden Portalen des Basistunnels und durch ein oder zwei Unterwerke im Tunnel erfolgen. Zwischen diesen neuen Unterwerken bzw. dem zu erweiternden Unterwerk Amsteg ist eine 132-kV-Leitung vorgesehen, entweder als Freileitung mit einem minimalen Transitvermögen von 190 MVA oder als Kabelanlage für mindestens 150 MVA. Die Schnellfahrleitung jeder Spur besteht aus je zwei nachspannbaren Fahrdrähten und zwei Tragseilen mit einem totalen Querschnitt von rund 400 mm² Cu sowie einer Rückleitung. Die Nachspannabschnitte betragen 800 bis 1000 m.

4. Ingenieurvorarbeiten

Die geologischen und technischen Probleme einer neuen Alpenbahn [8] sind bei der Bearbeitung der früheren Projekte 1962, 1962/64 und 1967 weitgehend und über den Rahmen eines generellen Projektes hinaus behandelt worden. Die Resultate jener Untersuchungen waren aber noch nicht ausreichend, um direkt als Grundlagen für die Bearbeitung des allgemeinen Bauprojektes sowie anderer Submissionsunterlagen Verwendung finden zu können. Überdies gab die seither eingetretene technische Entwicklung Anlass dazu, einige Studien zu wiederholen.

Die SBB als Bauherr sind gewillt, alle geologischen Untersuchungen fortzusetzen, welche ein dreiköpfiges Team von unabhängigen Geologen und Experten in Vorschlag gebracht hat und welche für die Projektierung und Bauausführung von direktem Nutzen sind sowie schlüssige Resultate liefern. Für die Qualifizierung der Submissionsunterlagen erwarten sie von den mitarbeitenden Geologen bei jeder Beurteilung die Klarstellung «nach sicherem Wissen» oder «nach geologischer Vermutung und Möglichkeiten».

Ingenieurprobleme, deren Bearbeitung aus Gründen der technischen Entwicklung wiederholt wird, sind zum Beispiel: Grundlagenvermessung und Absteckung mit Berücksichtigung elektronischer Mess- und neuer Rechengeräte; Felsmechanik unter Anwendung neuer Berechnungsverfahren; Tunnelvortrieb in Anbetracht der Möglichkeit von mechanischem Vortrieb in wirklichem Hartgestein; Wärmeableitung beim Bahnbetrieb mit Berücksichtigung des eigenen Wärmeaufnahme- und -transportvermögens der Züge. Ausser solchen Studien werden im Rahmen der laufenden Ingenieurvorarbeiten die allgemeinen Bauprojekte für die Anschlusslinien und den Seitenstollen und überdies besondere Probleme der Bauausführung bearbeitet. Die zeitliche Planung der Ingenieurvorarbeiten trägt der Absicht der SBB Rechnung, nach dem parlamentarischen Entscheid für die Gotthard-Basislinie unverzüglich das allgemeine Bauprojekt in Auftrag zu geben, das Plangenehmigungsverfahren und den Landerwerb für die Anschlusslinien durchzuführen und mit den Bauarbeiten für den Seitenstollen zu beginnen.

An den Ingenieurvorarbeiten wirken neben Ingenieurfirmen, einer Unternehmergruppe, Instituten der ETH Zürich und der ETH Lausanne, einem geologischen Büro und Experten zahlreiche Dienste der Generaldirektion sowie der Kreisdirektion II der SBB mit. Die Bauabteilung der Generaldirektion der SBB leitet und koordiniert diese Arbeiten.

5. Vorstellungen über die Bauausführung

5.1. Bauabschnitte

Es sind fünf Bauabschnitte vorgesehen:

A Umbau des Bahnhofes Erstfeld mit späterer Ein- und Durchführung der neuen Linie für den Schnellverkehr Arth-Goldau–Erstfeld

B Anschlusslinie Erstfeld–Nordportal Basistunnel

C Basistunnel

D Anschlusslinie Südportal Basistunnel–Brücke über Brenno bei Biasca

E Neubau Bahnhof Biasca mit Anschluss an das bestehende Trasse südlich Biasca, später auch an die neue Linie für den Schnellverkehr Biasca–Bellinzona–Taverne.

Mindestens die Abschnitte B, C und D werden in Baulose eingeteilt.

5.2. Basistunnel

5.2.1. Mitwirkung des Bauherrn bei der Planung

Bauausführungsstudien unter Leitung der SBB sind für einige besondere Fachgebiete notwendig: Das Erarbeiten einer wirtschaftlichen Lösung für die Lüftung und Kühlung der Baubetriebspunkte des langen und tiefliegenden Tunnels erfordert Spezialisten, welche den Unternehmungen in der Regel nicht direkt verfügbar sind. Über das Abteufen von tiefen Vertikalschächten in hartem Gestein liegen bei europäischen Unternehmungen nur wenige Erfahrungen vor. Der Bohrvortrieb in wirklichem Hartgestein, wie Granit und Gneis, ist erst von wenigen Unternehmungen ausgeführt worden, und die Erfahrungen über seine Anwendung unter grosser Gebirgsüberlagerung sagen für das vorliegende Bauobjekt wenig aus. Die Durchführung der Transporte zu den Baubetriebspunkten erfordert die direkte Mitwirkung der SBB. Die Ergebnisse dieser Studien sollen den submittierenden Unternehmungen zur Verfügung gestellt werden und ihnen die eigene Bearbeitung erleichtern. Sie werden den Charakter einer Dokumentation und von «möglichen Lösungen» haben. Sie sollen die Entscheidungsfreiheit der Unternehmungen nur in jenen Fällen beschränken, für welche bei der Bauausführung eine Teilung der unternehmerischen Verantwortung vorgesehen ist.

5.2.2. Die Ausgangspunkte des Seitenstollen- und Tunnelbaues

Der Seitenstollen soll bis zur Fertigstellung der Füllörter und der Inbetriebnahme der endgültigen Förderanlagen der Schächte Rueras und Chiggiogna im N zuerst vom S-Ufer des Chärstelenbaches, später vom Nordportal aus und im S vom Südportal aus vorgetrieben werden. In der Folge können diese Vortriebe ganz oder zum Teil auf den Schächten basieren.

Der Tunnelvortrieb soll auf den beiden Portalen Amsteg und Giornico sowie auf den Zwischenangriffsschächten Rueras, Sta. Maria und Chiggiogna – von diesen aus in zwei Richtungen durchgeführt – basieren. Die sich auf die Portale abstützenden Vortriebe werden als Hauptvortriebe, die von den Zwischenangriffsschächten ausgehenden als Nebenvortriebe bezeichnet. Nach einem Durchschlag zwischen einem Haupt- und einem Nebenvortrieb können die nunmehr auch vom Portal aus erreichbaren Nebenvortriebe für alle oder nur für einen Teil der Arbeiten auf dem entsprechenden Portal basiert werden.

5.2.3. Einteilung der Baubetriebsstrecke des Tunnels zwischen Ausgangspunkt und Ortsbrust

Die Tunnelstrecke zwischen einem Portal oder einem Schachtfüllort und der Ortsbrust wird aufgeteilt in die Transportstrecke und die bei Ursprungstemperaturen des Gebirges von über etwa 25 °C zu klimatisierende Baustrecke. Bei den Hauptvortrieben liegt zwischen der Transport- und Baustrecke noch die Rangier- bzw. Lokwechselstrecke.

Innerhalb der Baustrecke eines Hauptvortriebes gelangen sämtliche Arbeiten des Tunnelbaues, inbegriffen die Montage der endgültigen Anlagen des Bahnbetriebes, zur Ausführung. In der Baustrecke eines Nebenvortriebes sollen nur die eigentlichen Bauarbeiten ausgeführt werden. Für alle Transporte im Tunnel ist Gleisbetrieb vorgesehen. In den Haupt- und Nebenvortrieben sollen normalspurige Baugleise verlegt werden, um nach einem Durchschlag zwischen einem Portal und einem Schacht mit Normalspurfahrzeugen bis zur nächsten Baubetriebsstrecke fahren zu können.

5.2.4. Eine mögliche Bauausführung eines Hauptvortriebes

In der nachfolgenden Darstellung wird die Anwendung des mechanischen Vortriebes vorausgesetzt. Diese Vortriebsart ist mindestens in zusammenhängenden, längeren Zonen von geologisch-bautechnisch guten Formationen möglich. Die Vortriebsmaschine mit den angenommenen nachgeschalteten Installationen bestimmt das Verfahren, welches auch hinsichtlich Art und Reihenfolge der Arbeiten als mögliche Lösung zu verstehen ist.

Die Baustrecke ist von der Ortsbrust in Richtung des Portals gegliedert in:

- Ausbruch- bzw. Maschinenzone
- Beladezone
- Wartezone für Folgezug
- evtl. Ausbauzone
- Nachbauzone

In Tafel 17 ist diese Gliederung schematisch dargestellt für mechanischen Vortrieb und stufenweisen, das heisst vorläufigen und endgültigen Ausbau. Die Darstellung soll kein Präjudiz bilden für das dereinst zum Einsatz gelangende Bohrsystem oder für die Art des Ausbaues. Sie ist aber repräsentativ für eine Vortriebsmaschine, deren Konstruktion es ermöglicht, unmittelbar hinter dem Bohrkopf den vorläufigen oder den endgültigen Ausbau zu versetzen. In beiden Fällen soll diese Arbeit grundsätzlich ohne Unterbruch des Bohrens durchgeführt werden.

In der Ausbauzone wird der endgültige Ausbau, die Verkleidung oder der Tragring der Tunnelröhre eingebracht, sofern dieser nicht aus einem geschlossenen Tübbingmantel besteht und bereits im Bereiche der Vortriebsmaschine versetzt würde. In diesem Bereich soll – wie immer der endgültige Ausbau gewählt wird – der Tunnelinstallationszug Aufstellung finden mit Wagen für die Bauführung, Transportleitung, Bauinstallationen wie Kältemaschinen, Kompressoren, für die erste Staffel von Werkstätten und Magazinen sowie für die Kantine und Erste Hilfe.

Sobald der Abstand zwischen der Ausbauzone und der Rangier- bzw. Lokwechselstrecke 800 bis 1000 m beträgt und in der Folge jeweils wieder nach dem Vortrieb von weiteren 800 bis 1000 m werden die endgültigen Anlagen des Bahnbetriebes nachgebaut. In der Nachbauzone steht dann für die Abwicklung der Transporte nur ein Gleis zur Verfügung, während auf der anderen Fahrspur zuerst der Oberbau, dann die Fahrleitung und schliesslich die Kabel und die übrigen Niederspannungs- und Fernmeldeanlagen montiert werden.

5.2.5. Bohrvortrieb

Die Anwendung des unternehmerischen Bohrvortriebes ist nur sinnvoll, wenn sie gegenüber dem konventionellen Verfahren Vorteile bietet. In der Regel sollen sich wirtschaftliche Vorteile ergeben. Unter Umständen zählen Zeitgewinn, Einsparung an Arbeitskräften oder Vermeidung von Immissionen. Die Wirtschaftlichkeit des Bohrvortriebes ist in hohem Masse von der Bohrbarkeit der Formation, den Bohrwerkzeugkosten und dem Ausnutzungsgrad des Vortriebssystems abhängig. Im Falle des Gotthard-Basistunnels ist das Verhalten des gebohrten Gebirges mit seiner grossen, vielleicht die Bohrbarkeit vermindernden Überlagerungshöhe auch deshalb in Betracht zu ziehen, weil es den Ausnutzungsgrad des Systems unter Umständen beeinträchtigen könnte.

Die Bohrbarkeit der zu durchörternden geologischen Formationen kann abgeschätzt werden. Ihr Mass, die Penetration der Bohrwerkzeuge, ist abhängig vom Bohrsystem bzw. vom Fabrikat der Vortriebsmaschine sowie der Bohrwerkzeuge und von bestimmten mechanischen Eigenschaften des Gesteins und des Gebirges. Auf der nachfolgenden Tabelle 6 sind für einige repräsentative Gesteine aus dem Trassebereich sogenannte Indexwerte angegeben, welche die Bohrbarkeit des Gesteins beeinflussen. Die zu erwartenden Penetrationen liegen zwischen 4 und 10 mm. Die Bohrwerkzeugkosten lassen sich zu 25 Fr./m³ und mehr abschätzen.

Es bedarf noch weiterer felsmechanischer Untersuchungen, um das Verhalten des Gebirges rund um ein hochüberlagertes, gebohrtes Tunnelprofil und an der Ortsbrust zuverlässige voraussagen, die Art des Ausbaues festlegen und schliesslich den Ausnutzungsgrad des Systems prognostizieren zu können.

Tabelle 6. Indexwerte für die Bohrbarkeit

Gestein	Herkunft		Druckfestigkeit (kp/cm²)	Spaltzugfestigkeit (kp/cm²)	E-tang 50 % (10^5 kp/cm²)	Sägehärte (s)
Aaregranit	N	Gurtnellen	2210	160	6,0	65
Aaregranit		Göschenen, Strassentunnel	1830	140	4,5	47
Biotitgneis	W	Rueras	1440	205	5,0	28
Chloritgneis	E	Andermatt	810	55	—	7
Vergneister Granitporphyr		Guspisbach, Schacht	1820	125	5,4	24
Medelser Protogin		Sta. Maria, W Staumauer	1670	130	4,4	36
Streifiger Zweiglimmergneis	W	Lukmanierpass	1030	130	3,5	36
Geschieferter Zweiglimmergneis		Stalvedro, Strassentunnel	1030	160	2,5	20
Leventinagneis		Chiggiogna	1340	120	3,4	34

Erklärungen:

Druckfestigkeit: Einachsige Zylinderdruckfestigkeit, $\phi = 1''$, $h = 2''$, Kraft senkrecht zur Schieferung.

Spaltzugfestigkeit: Brasilianer-Test, $\phi = 1''$, $h = 9$ mm, Kraft senkrecht zur Schieferung.

E-tang 50 %: *E*-Modul tangens im Bereiche von 50 % der Druckfestigkeit, berechnet aus der stufenweise durchgeführten Druckfestigkeitsprüfung.

Sägehärte: Zeit für das Sägen senkrecht zur Schieferung eines 1″ ϕ Zylinders bei gegebenen Bedingungen für Werkzeug, Kraft und Spühlmittel.

Die Vorteile des mechanischen Vortriebes für den Gotthard-Basistunnel können im Zeitgewinn liegen, vor allem aber werden weniger Arbeitskräfte benötigt und dadurch, dass gegenüber dem konventionellen Verfahren grössere physische Sicherheit des Arbeitsplatzes und der fabrikmässige Baubetrieb erreicht wird, kann die Attraktivität der Arbeit erhöht werden (Bild 10). Für den Basistunnel wird primär der Bohrvortrieb vorgesehen, ohne bei der Projektierung das konventionelle Verfahren ausser acht zu lassen. Eine Anwendung beider Verfahren ist für einzelne Baulose nicht auszuschliessen. Es könnte sich als zweckmässig erweisen, vom Nordportal aus die Schieferhülle des Aarmassivs konventionell und die anschliessenden Gneise und Granite mittels einer Vortriebsmaschine aufzufahren. Auch liesse sich vom Schacht Rueras aus die Durchörterung des Tavetscher Zwischenmassivs und der Urseren-Garvera-Zone konventionell und nachfolgend des Aarmassivs nach N und des Gotthardmassivs nach S mechanisch in Betracht ziehen.

5.3. Arbeitskräfte

Bei Anwendung des mechanischen Vortriebes sind für den Tunnelbau von den Portalen aus Belegschaften von je rund 240 und von den Schächten aus solche von je etwa 400 Mann einzusetzen. Die Beschaffung dieser ganzjährig notwendigen Arbeitskräfte und ihre Erhaltung ohne häufigen Personalwechsel erfordert besondere Vorkehrungen des Bauherrn und Zugeständnisse auch von seiten der Behörden.

Ein mit weniger Gefahren verbundenes Bauverfahren und relativ saubere, gut beleuchtete, belüftete und klimatisierte Arbeitsplätze erleichtern das Gewinnen von Arbeitskräften. Der hohe Mechanisierungsgrad verlangt einen grossen Anteil von gutqualifiziertem Baustellenpersonal. Diese Mitarbeiter stellen hohe Anforderungen auch an ihre Unterbringung, und sie werden nur dann bereit sein, über Jahre auf der Baustelle sesshaft zu bleiben, wenn ihnen u.a. die Möglichkeit geboten ist, mit ihren Familien zusammenzuleben und in der Freizeit nicht auf die Annehmlichkeiten des modernen Lebens verzichten zu müssen. Im Rahmen der Ingenieurvorarbeiten wird deshalb auch das Problem der Unterbringung der Arbeitskräfte und ihrer Familien in modernen Camps im weiteren Bereich der Baustelle bearbeitet. Diese Lösung ist auf europäischen Grossbaustellen nicht selten und in Übersee üblich. Nach Abschluss der Bauarbeiten könnten die Camps instand gestellt werden und zum Beispiel als Ferienzentren weiter Verwendung finden.

6. Bauprogramm

6.1. Grundlagen

6.1.2. Vorbereitung

Im Sommer 1970 hat die Kommission Eisenbahntunnel durch die Alpen den Bau der Gotthard-Basislinie empfohlen. Im September 1971 ist der Schlussbericht der Kommission veröffentlicht worden. Im November des Vorjahres hat der Vorsteher des Eidg. Verkehrs- und Energiewirtschaftsdepartementes sein Konzept für den Ausbau der schweizerischen Eisenbahn-Nord-Süd-Verbindungen bekanntgegeben: Ausbau der Lötschbergbahn auf Doppelspur, Bau der Gotthard-Basislinie und einer von Chur ausgehenden Alpenbahn. Es darf erwartet werden, dass die dieses Konzept darstellende Botschaft des Bundesrates an das Parlament zeitig so vorliegen wird, dass sie von der Prioritätskammer in der Herbst- und von der zweiten Kammer in der Wintersession des laufenden Jahres behandelt werden kann. Bis zum kommenden Herbst werden im Rahmen der laufenden Ingenieurvorarbeiten alle für das Allgemeine Bauprojekt des Tunnels erforderlichen Grundlagen erarbeitet und die Ausschreibungsunterlagen für den Seitenstollen fertiggestellt sein. Falls beide Räte

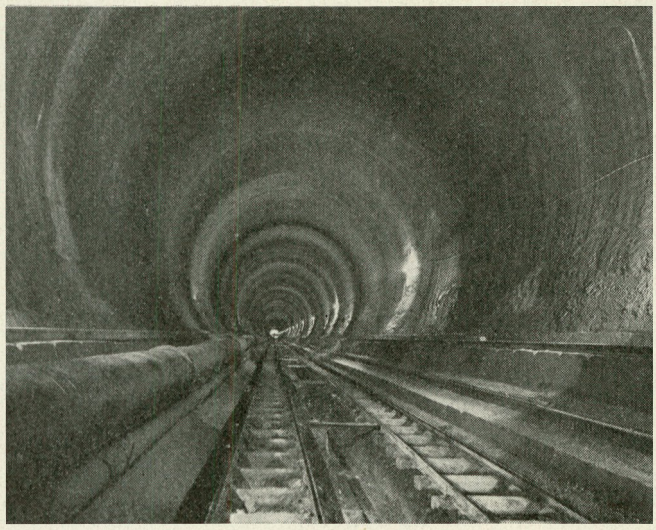


Bild 10. Gebohrte Röhre des Heitersberg-Eisenbahntunnels, Bohrdurchmesser rund 10,7 m (Aufnahme Prader AG)

des Parlamentes bis zum Jahresende 1972 dem Projekt und seiner Finanzierung ihre Zustimmung geben, können anfangs 1973 die Bauarbeiten für den Seitenstollen und die Bearbeitung der Ausschreibungsunterlagen des Tunnels zur Vergebung gelangen. Die Bauzeit des Alpendurchstiches ist massgebend für die Gesamtbauzeit der Basislinie. Nachfolgend werden deshalb nur die Voraussetzungen und die Grundlagen für die Berechnung des Tunnelbauprogramms aufgeführt.

Die an der Übernahme von Bauarbeiten interessierten Unternehmungen sollen ab Herbst 1972 regelmässig über den Stand der Projektierung orientiert werden. Sie können sich auf die gestellte Aufgabe vorbereiten. Für die Berechnung der Angebote braucht deshalb relativ wenig Zeit vorgesehen zu werden. Die Vergebung der Schächte, abgesehen von den bereits ab Frühjahr 1973 abzuteufenden Vorschächten, kann Ende 1973 und der ersten Tunnelbaulose im Frühjahr 1974 erfolgen.

6.1.2. Bautechnische Klassifikation des Gebirges für konventionellen Vortrieb

Es wird die von der Kommission Eisenbahntunnel durch die Alpen festgelegte prozentuale Verteilung der Felsklassen ([5] Abb. 59) vorausgesetzt, ausgenommen die Leventinamasse, welche neu schlechter, nämlich gleich wie die Massive klassifiziert worden ist.

6.1.3. Anzahl der Arbeitsschichten und Vortriebstage

Im Hinblick auf eine 24stündige Belegung der Betriebspunkte zur vollen Ausnutzung der Installationen, auf das Vermeiden von Verlustzeiten für die langen An- und Rückfahrwege und auf eine kurze Bauzeit muss der Dreischichtenbetrieb vorgesehen werden.

Die mittlere Anzahl der Vortriebstage ist auf 17,5 pro Monat festgelegt, entsprechend Dezember, Januar und August mit 10 und die restlichen Monate mit 20 Vortriebstagen.

6.1.4. Installationszeit und bauliche Vorbereitungen bis zum Vortriebs- bzw. Abteufbeginn ab Vergebung

Seitenstollen:		8 Monate
Schächte:	Fundamente, Vorschacht	5 Monate
	Förderturm, Windenmontage	8 Monate
Tunnel:	Bei konventionellem Vortrieb	6 Monate
	Bei mechanischem Vortrieb	14 Monate

6.1.5. Mittlere Vortriebs- bzw. Abteufleistungen

Seitenstollen: Über die ersten 500 m 7,5 m/Vortriebstag
Leistungsvortrieb 300 m/Monat

Schächte:

	Rueras	*Sta. Maria*	*Chiggiogna*
Abteufen (m/Monat)	51	54,5	35,5
Füllort, Sumpf, Ausrüstung, Montage der Vortriebsmaschine (Monate)	11	12½	8½

Tunnel:

Über die ersten 500 m, abgesehen vom Nebenvortrieb Rueras 5 m/ Vortriebstag

Mechanischer Leistungsvortrieb:

Bohrkopfdrehzahl der Vortriebsmaschine	3,4 1/Min.
Mittlere Penetration	5 mm
Mittlere Nettobohrgeschwindigkeit	1,0 m/h

Ausnutzungsgrad des Vortriebssystems:

– auf 75% der Tunnellänge	8 h/Vortriebstag = 33%
– auf 25% der Tunnellänge	6 h/Vortriebstag = 25%
Mittlere Vortriebsleistung	7,5 m/Vortriebstag

Konventioneller Leistungsvortrieb:

Es werden die von der Kommission Eisenbahntunnel durch die Alpen festgelegten Vortriebsleistungen, [5] Tabelle 38, vorausgesetzt.

Gebirge	*Ab Portalen* (m/Vortriebstag)	*Ab Schächten* (m/Vortriebstag)
standfest	8,5	7,6
leicht gebräch	7,0	6,6
gebräch Vollausbruch	3,0	3,0
Teilausbruch	1,5	1,5
druckhaft	0,5	0,5

6.1.6. Überholstationen

Für den Bau einer Abzweigung ist, sofern diese nicht bei einem Schachtfuss liegt, ein Stillstand des Tunnelvortriebes von 2 Monaten in Rechnung gesetzt.

6.1.7. Fertigstellung des Tunnels

Im doppelspurigen Tunnel können die Anlagen des Bahnbetriebes – Oberbau, Fahrleitung, Kabel, Signale – von den Portalen aus, dem Vortrieb folgend nachgebaut werden.

Beginn des Nachbaues bei Bohrvortrieb, bzw. der Sohlenreinigung bei konventionellem Vortrieb nach dem Durchschlag: 1½ Monate

Sohlenreinigung, nur bei konventionellem Vortrieb: 20 Arbeitstage/km und Spur

Nachbau schotterloser Oberbau und Fahrleitung: 19 Arbeitstage/km und Spur

Betriebsbereite Fertigstellung nach Beendigung des Nachbaues: ½ Jahr

6.1.8. Besondere Festlegung

Mit dem Tunnelvortrieb von einem Zwischenangriffsschacht aus soll erst begonnen werden, wenn der Seitenstollen den Schachtfuss erreicht hat. Der Seitenstollen gewährleistet dann die Vorflut für den Tunnelbau, und in den Schächten erübrigt sich ein Pumpbetrieb.

6.2. Graphische Bauprogramme des Basistunnels

Sie sind dargestellt für mechan. Vortrieb auf Tafel 18 oben, für das konvent. Verfahren auf Tafel 18 unten. Der Basistunnel und damit auch die Gotthard-Basislinie kann auf Ende 1983 bzw. in der zweiten Hälfte des Jahres 1985 betriebsbereit fertiggestellt werden. Aus der Berechnung eines Bauprogrammes unter Voraussetzung des konventionellen Vortriebes in der nördlichen Schieferhülle des Aarmassives, im Tavetscher Zwischenmassiv sowie in der Urseren-Garvera-Zone und des Bohrvortriebes in den übrigen Formationen ergibt sich ebenfalls die Fertigstellungszeitspanne 1984/85.

Diesen Bauprogrammen liegen 210 Vortriebstage/Jahr zugrunde. Sie sind nicht vergleichbar mit denjenigen im Schlussbericht der Kommission Eisenbahntunnel durch die Alpen [5], welche auf 264 Vortriebstagen/Jahr beruhen.

Quellennachweis

[1] Geologische Bemerkungen zu dem Entwurf einer Eisenbahn über den St. Gotthard; Bern, den 10. Juni 1864, B. Studer; Zürich, 16. Juni 1864, Arn. Escher

[2] Z.B. *Ed. Gruner*: Reise durch den Gotthard-Basistunnel, «Prisma» Nr. 4, August 1947

[3] Z.B. *Ed. Gruner*: Die zeitgemässe Erschliessung des Gotthards und ihre Bedeutung für Basel, «Die Autostrasse» *30*, 1961, Nr. 11

[4] Wintersichere Strassenverbindung durch den Gotthard, Abschn. V, J; Bern, Sept. 1963

[5] Dokumentationsanhang des Schlussberichtes der Kommission Eisenbahntunnel durch die Alpen, Bern 1971

[6] *M. Portmann:* Die Gotthard-Basislinie. Pressedokumentation der Tagung des Gotthardkomitees vom 25.11.1971 in Luzern

[7] Interne Studien und Projekte von Abteilungen der Generaldirektion SBB, nicht veröffentlicht

[8] *W. Rutschmann*: Technische Probleme neuer Alpenbahnen. NZZ, Beilage Technik, Nrn. 2637–2640 vom 17.6.1964

Adresse des Verfassers: *W. Rutschmann*, dipl. Ing. ETH, Waldistrasse 34, 8134 Adliswil

Das Projekt 1972

1. Die Pendenzen des Projektes 1971

Bis zum Zeitpunkt der Veröffentlichung des Projektes 1971 stand die Trassierung des Basistunnels im Gebiete des Lukmanierpasses noch nicht fest. Der Verlauf in die Tiefe der nach Osten einfallenden Grenzfläche zwischen dem bautechnisch günstigen Kristallin des Gotthardmassives und der geologisch-bautechnisch ungünstigen triadischen Hülle der Scopi-Mulde war durch weitere geologische Untersuchungen abzuklären.

In jenem Zeitpunkt bestanden noch drei weitere, allerdings ebenfalls nicht projektentscheidende Ungewissheiten bzw. Pendenzen:

- Die Trassierung der nördlichen Anschlusslinie mit den beiden 425 m und 150 m langen Reussbrücken südlich des Bahnhofes Erstfeld setzte voraus, dass die damaligen Projekte für die Reusskanalisierung und die Nationalstrasse N 2 zur Ausführung gelangen sollten. Sie bot deshalb nicht volle Befriedigung hinsichtlich einer zweckmässigen Nutzung von Grund und Boden, einer guten Berücksichtigung des Landschaftsschutzes und einer Verminderung der Lärmimmissionen. Es bestand das Erfordernis, noch Varianten zu bearbeiten.
- Der Trassierung der südlichen Anschlusslinie mit dem sich an japanische und italienische Lösungen haltenden Viadotto di Bodio hatte sich die Gemeinde Bodio widersetzt. Durch die Bearbeitung von Varianten war eine neue, den Vorstellungen der Gemeinde entgegenkommende Linienführung zu suchen.
- Im Juni 1972 konnten keine Hoffnungen mehr gehegt werden, dass der ursprüngliche Terminplan des Eidg. Amtes für Verkehr eingehalten würde. Dieser hatte vorgesehen, dass die Verabschiedung der Alpenbahn-Botschaft zuhanden der eidgenössischen Räte durch den Bundesrat spätestens an seiner letzten Sitzung vor den Sommerferien erfolgen würde. Es war deshalb auch nicht mehr daran zu denken, mit den ersten Bauarbeiten Anfang 1973 zu beginnen. Das Studium eines neuen Bauprogrammes war nun notwendig geworden.

2. Beschreibung der Änderungen des Projektes 1972 gegenüber demjenigen von 1971

Im Arbeitsprogramm für die Ingenieurvorarbeiten des Jahres 1972 war der Beseitigung der vier erwähnten Ungewissheiten Priorität gegeben worden.

2.1 Basistunnel

Nördlich des Lukmanierpasses wurde eine geologische Kartierung durchgeführt. Ihre Auswertung ergab, dass mit grosser Wahrscheinlichkeit die mesozoischen Sedimente der Scopi-Mulde im Bereiche der Trassevariante Ost den Tunnelhorizont erreichen. Anderseits bestätigte diese Auswertung die frühere Auffassung, dass ein Tiefgang der Scopi-Mulde bis auf den Horizont der Trassevariante West auszuschliessen ist. Da bei der Projektierung des Basistunnels grundsätzlich vermieden wird, erkennbare Risiken einzugehen, ist das Auffahren der tektonisierten Sedimente der Mulde und insbesondere deren stellenweise bautechnisch ungünstigen Hülle mit dem Tunnel zu vermeiden, und die Variante Ost musste verlassen werden. Die Möglichkeit einer Trassevariante Mitte, zwischen Ost und West verlaufend, wurde nicht genutzt, weil der Verbindungsstollen zwischen dem Fuss des Schachtes Sta. Maria und dem Tunnel eine Länge von wenigstens 1,2 km hätte aufweisen müssen. Aufgrund geologischer Aufnahmen, seismischer Messungen, Kontrollbohrungen und einer Beurteilung der Lawinenverhältnisse, wurde am Südufer des in das Val Termine ziehenden Armes des Stausees Sta. Maria eine neue Schachtlokation festgelegt. Der Zwischenangriffs- und Lüftungsschacht Lucomagno wird auf dem Gebiet der Gemeinde Olivone liegen, eine Höhe des Schachtkopfes von rund 1926 m ü. M. und eine Tiefe bis zum Tunnelhorizont von rund 1436 m aufweisen.

Mit der endgültigen Festlegung des Tunneltrasses erfolgte auch diejenige der beiden Überholstationen. Die nördliche Überholstation ist in den Südrand des Aarmassives verlegt worden. Dieser geologisch-bautechnisch günstige Standort ist zwar betrieblich weniger zweckmässig als die ursprüngliche Lage im Tavetscher Zwischenmassiv, welches aber gekennzeichnet ist durch einen starken Wechsel der Gesteinsarten und der Gesteinsbeschaffenheit sowie durch mylonitische Verschieferungen. Die südliche Überholstation, im Norden des Schachtes von Chiggiogna, liegt in der geologisch-bautechnisch günstigen Penninischen Gneismasse.

2.2 Anschlusslinie südlich Erstfeld

Durch eine örtliche Verschiebung nach Westen der projektierten Achsen von Reuss und Nationalstrasse N 2, lassen sich die beiden ursprünglich vorgesehenen langen Reussbrücken südlich von Erstfeld vermeiden. Die nördliche 5,34 km lange Anschlusslinie kann somit auf der ganzen Länge zwischen dem Bahnhof Erstfeld und dem Nordportal des Basistunnels auf dem Ostufer der Reuss trassiert werden.

2.3 Anschlusslinie Bodio–Biasca

Um mit der Trassierung der südlichen Anschlusslinie den Vorstellungen der Gemeinde Bodio kompromisslos zu entsprechen, konnte nur eine Umfahrung des Dorfes mittels Tunnels in Betracht kommen. Da die östliche Umfahrung ausschliesslich durch eine Verlängerung des Basistunnels verwirklicht werden kann und diese grundsätzlich nicht erwünscht war, wurde zuerst die westliche Umfahrung projektiert.

Vom ursprünglichen Südportal des Basistunnels unterhalb Giornico würde diese Linie den Talboden überqueren, durch einen rund 3,5 km langen Tunnel innerhalb der rechten Talflanke bis unterhalb von Personico geführt und dann

nach einer zweiten Überquerung des Talbodens mit dem Ticino bei Pollegio den bestehenden Bahndamm erreichen. Sie würde, bedingt durch Anpassungen an das Projekt der Nationalstrasse N 2, auch innerhalb des Tunnels zwischen Giornico und Personico eine Neigung von 10‰ aufweisen, rund 500 m länger werden und 27 Mio Franken Mehrkosten allein für die Bauarbeiten aufweisen als die ursprünglich vorgeschlagene Lösung.

Diese ungünstigen Erkenntnisse gaben Anlass dazu, auch eine begrenzte Verlängerung des Basistunnels bis unmittelbar südöstlich von Bodio in Erwägung zu ziehen. Bei dieser Lösung stellte sich hauptsächlich das Problem der Bauzeit für den Basistunnel und dasjenige des Basistunnel-Längenprofils mit steilerer Südrampe. Die durchgeführten Studien ergaben, dass eine Erhöhung der Bauzeit des auf 48,67 km verlängerten Basistunnels nicht stark ins Gewicht fällt. Die auf rund 7,27‰ erhöhte Steigung der Südrampe des Basistunnels bedingt einen erhöhten, aber nicht projektentscheidenden Energieverbrauch der Triebfahrzeuge. Diese nun für die Ausführung vorgesehene Variante ist deutlich billiger als die westliche Umfahrung von Bodio. Der Verlängerung des Basistunnels auf nunmehr 48,67 km steht eine Verkürzung der Anschlusslinie vom neuen Südportal unterhalb Bodio zum Bahnhof Biasca und bis zur Vereinigung mit der bestehenden Linie bei der Giustizia, südlich von Biasca, gegenüber. Sie misst nur noch 4,42 bzw. 7,97 km.

3. Bauprogramm

Im Januar 1973 wurde im Bundeshaus bekanntgegeben, dass der Bundesrat seinen Entscheid über den Ausbau der Alpentransversalen im kommenden Frühjahr bekanntgeben werde. Aber auch das Jahr 1973 brachte weder eine entsprechende Äusserung noch eine Entscheidung der Landesregierung. Die seit 1971 im Auftrage des Bundesrates intensiv durchgeführten Studien- und Projektierungsarbeiten hatten allerdings einen Stand erreicht, der bereits im Verlaufe des Jahres 1973 den Beginn der ersten Bauarbeiten ermöglicht hätte.

Die Bauzeit der Gotthard-Basislinie entsprechend dem Projekt 1972 ist unter Voraussetzung raschmöglicher Arbeitsvergebung nach der politischen Geschäftsbehandlung und dem Vorliegen der Plangenehmigung auf 13 bis 14 Jahre veranschlagt.

4. Anlagekosten

Sie sind berechnet worden für die Preisbasis Anfang 1972:

Um- und Ausbau Bahnhof Erstfeld	82 Mio Fr.
Anschlusslinie Erstfeld (exkl.)–Amsteg	52 Mio Fr.
Basistunnel	2485 Mio Fr.
Anschlusslinie Bodio–Brennobrücke (inkl.)	51 Mio Fr.
Neubau Bahnhof Biasca mit südlichem Anschluss	64 Mio F.r
Total	2734 Mio Fr.

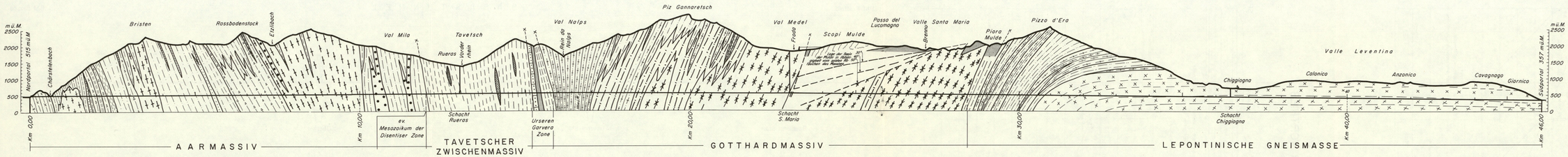
Diese Zahlen beinhalten die Kosten für Projektierung und Bauleitung sowie 10% für Unvorhergesehenes. Ihre Genauigkeit liegt zwischen derjenigen einer Kostenschätzung und eines Kostenvoranschlages nach den Definitionen des SIA.

5. Zusammenfassung

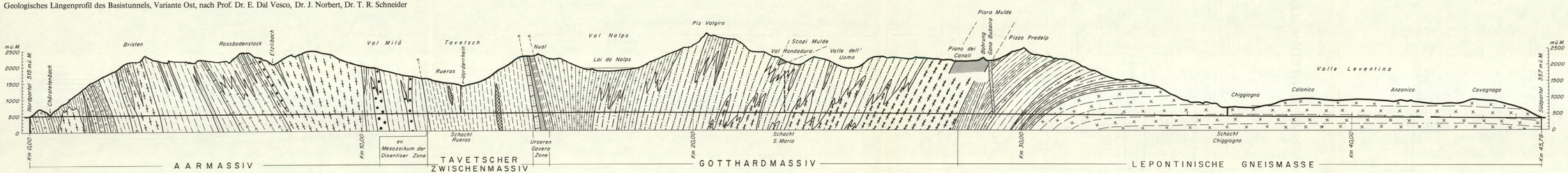
Aus der Abklärung von Ungewissheiten bzw. Pendenzen des Projektes 1971 ist das Projekt 1972 entstanden. Dieses unterscheidet sich gegenüber demjenigen des Vorjahres vor allem durch:

- die Trassierung des Abschnittes zwischen dem Bahnhof Erstfeld und dem Ellbogenchapelli der nördlichen, 5,34 km langen Anschlusslinie ohne Brücken über die Reuss,
- den Basistunnel mit geradliniger Führung zwischen dem südlichen Tavetsch und dem Nordhang der mittleren Leventina, mit dem Südportal unterhalb von Bodio und dementsprechend einer Länge von 48,67 km, und durch
- die auf 4,42 km verkürzte südliche Anschlusslinie von Bodio zum neuen Bahnhof Biasca.

W. Rutschmann, dipl. Ing. ETH



Geologisches Längenprofil des Basistunnels, Variante Ost, nach Prof. Dr. E. Dal Vesco, Dr. J. Norbert, Dr. T. R. Schneider



Geologisches Längenprofil des Basistunnels, Variante West, nach Prof. Dr. E. Dal Vesco, Dr. J. Norbert, Dr. T. R. Schneider

Quartär
- Schutt i. allg. Gletscher, Firn

Aarmassiv
- dunkle Phyllite (Karbon)
- Sericitschiefer
- Quarzporphyre
- Aaregranit
- Bündner
- helle Gneise der Kontaktzone des Erstfelder-Gneises
- glimmerreiche Gneise und Schiefer (Paragneisse)
- biotitführende Augengneise (Misch- und Injektionsgneise)
- Amphibolite

Tavetscher Zwischenmassiv
- Sericitschiefer
- Serpentin, Talkschiefer

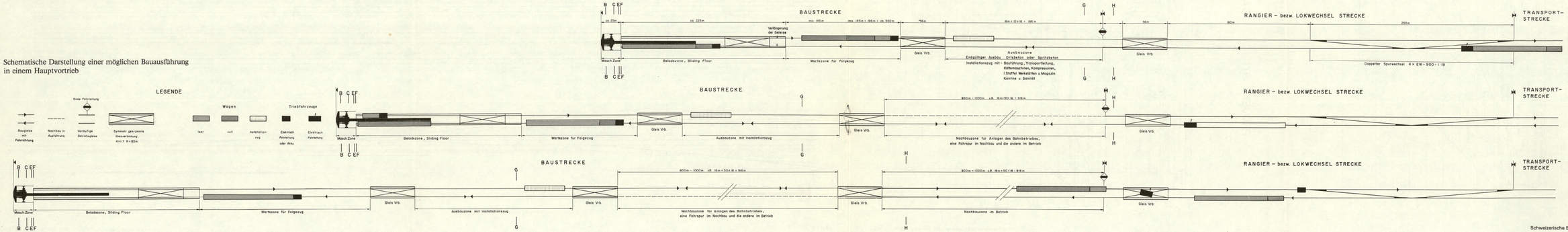
Urseren-Garvera-Zone und Disentiser Zone
- epimetamorphe Kalke, Sandkalke und Tonschiefer (Lias)
- norm. Rauhwacken und Gipslinsen (Trias)
- Sericitschiefer und epimetamorphe Sandsteine und Konglomerate (Permokarbon)

Gotthardmassiv
- glimmerreiche Gneise und Schiefer (Paragneise)
- biotitführende Augengneise (Misch- und Injektionsgneise)
- helle Gneise (Orthogneise)
- Granite
- Amphibolite
- Bündner- und Kalkbündnerschiefer bis Gneise (Tremolitschiefer)

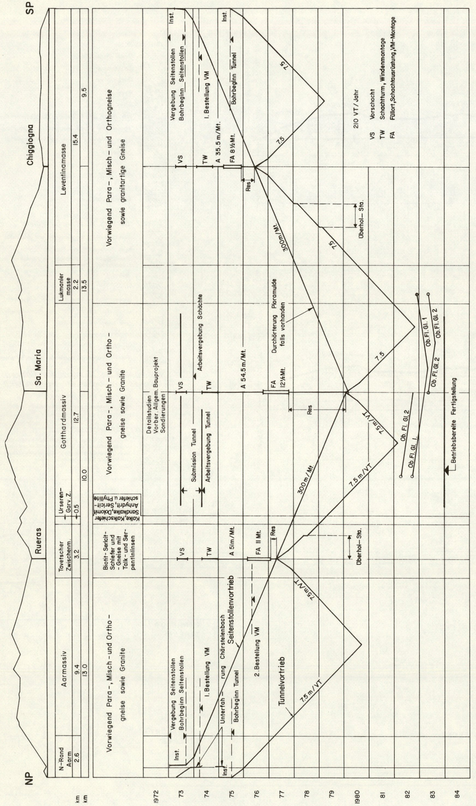
Mesozoikum am Südrand des Gotthardmassivs und am Gebiet der lepontinischen Gneismasse
- Kalk und Tonschiefer (Kieselschiefer)
- norm. Rauhwacken und Gipslinsen (Trias)

Lepontinische Gneismasse
- glimmerreiche Gneise, z.T. granat- und hornblendeführend
- hornblendeführende Gneise der Bohrung Cima Buberra
- helle Leventinagneise (Gneise z.T. Augengneise) / hornblendehaltige Gesteine der Bohrung Cima Buberra
- Leventina-Granitgneis

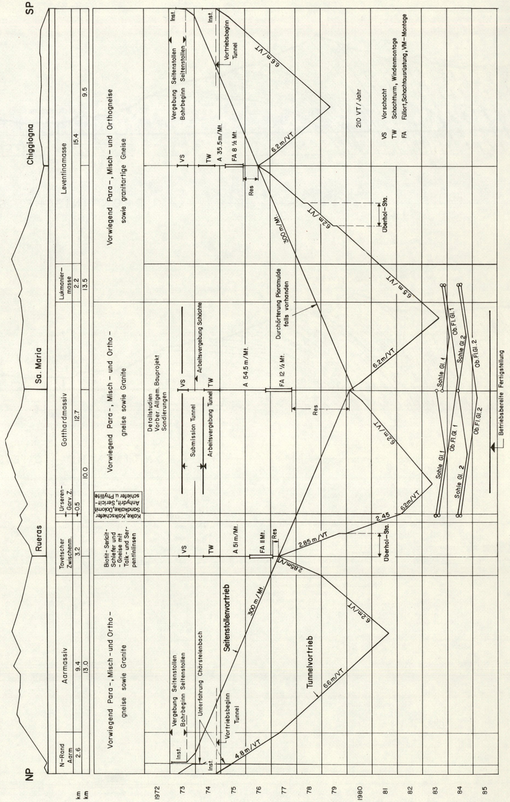
Schematische Darstellung einer möglichen Bauausführung in einem Hauptvortrieb

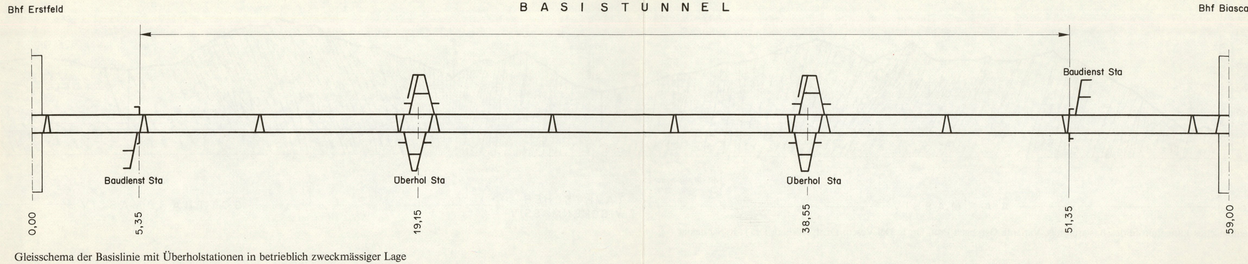


PROJEKT 1971 BAUPROGRAMM MECHANISCHER VORTRIEB

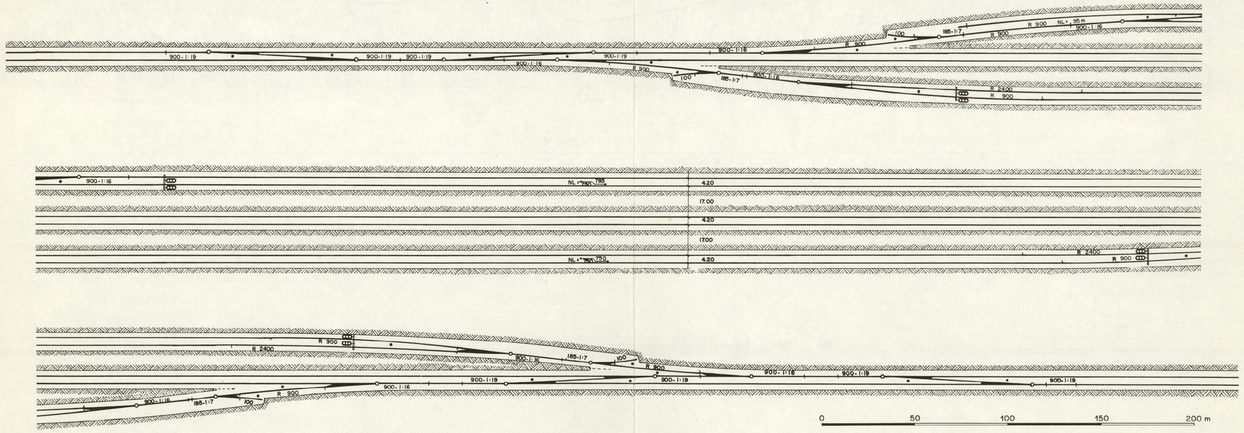


PROJEKT 1971 BAUPROGRAMM KONVENTIONELLER VORTRIEB





Gleisschema der Basislinie mit Überholstationen in betrieblich zweckmässiger Lage



Tunnel-Überholstation