SCHWEIZERISCHE BUNDESBAHNEN

SCHWEIZERISCHE NATIONALSTRASSEN

EIDG. DEPARTEMENT DES INNERN
STUDIENGRUPPE GOTTHARDTUNNEL

GENERELLES PROJEKT

FÜR EINEN

GOTTHARD BASISBAHNTUNNEL

TECHNISCHER BERICHT

JUNI 1962

ELEKTRO-WATT
ELEKTRISCHE UND INDUSTRIELLE
UNTERNEHMUNGEN AG
ZÜRICH

SCHWEIZERISCHE BUNDESBAHNEN

SCHWEIZERISCHE NATIONALSTRASSEN

EIDG. DEPARTEMENT DES INNERN
STUDIENGRUPPE GOTTHARDTUNNEL

GENERELLES PROJEKT

FÜR EINEN

GOTTHARD BASISBAHNTUNNEL

TECHNISCHER BERICHT

JUNI 1962

ELEKTRO-WATT
ELEKTRISCHE UND INDUSTRIELLE
UNTERNEHMUNGEN AG
ZÜRICH

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Einleitung	
Aufgabestellung, Durchführung der Arbeit	1
I. Teil	
Projektbeschrieb	3
1. Portale	3
1.1 Nordportal	3
1.2 Südportal	3
2. Grundriss der Tunnelaxe, Längenprofil	3
2.1 Grundriss der Tunnelaxe	3
2.2 Längenprofil	5
3. Querschnitt des Tunnels	5
3.1 Profil des lichten Raumes	5
3.2 Tunnelnormalprofile	6
4. Schächte	6
4.1 Erfordernis von Schächten	6
4.2 Schächte Tavetsch	7
4.3 Schächte Chiggiogna	8
5. Bauliche Anlagen des Bahnbetriebes	8
5.1 Projektgrundlagen, Geleiseschema	8
5.2 Ueberholungsstation in Tunnelmitte	12
5.3 Oberbau	13
5.4 Fahrleitung	14
5.5 Sicherungsanlagen	15
5.6 Dreiphasenstromversorgung, Niederspannungs- und Fernmeldeanlagen	16
5.7 Fahrstromversorgung	18
5.8 Nischen und Kammern	21

Seite

6. Lüftung des Tunnels 22
6.1 Erfordernis der Lüftung des Bahntunnels 22
6.2 Disposition der Lüftung 24
6.3 Lüftung und Bahnbetrieb 26

II. T e i l

Geologie 27

1. Art und Lagerung der Gesteine 27
2. Wasseranfall 27
3. Ursprungstemperatur des Felsen in der Tiefe des Tunnels 29
4. Mutmassliches bautechnisches Verhalten der Gesteine und des Gebirges 30
5. Definition und mutmassliche Verteilung der Gebirgsklassen 32

III. T e i l

Bauausführung Anlagekosten 35

1. Ausführungskonzeption 35
2. Vermessung und Absteckung 37
2.1 Beschaffung der Absteckungsgrundlagen 37
2.2 Absteckungskontrolle und Vermessung der Tunnelaxe 38
2.3 Schachtlotung und Tiefenmessung 38
2.4 Schätzung der Durchschlagsgenauigkeit 38
2.5 Durchschlagsgenauigkeit und Bauvorgang 39
3. Ausführung der auf einem Portal basierenden Arbeiten (Hauptvortrieb) 39
3.1 Installationsplätze, Bauinstallationen 39
3.2 Arbeitsstrecke 40
3.3 Transporte 45
3.4 Wasserhaltung 46
3.5 Deponien 46
3.6 Baustromversorgung 48

		Seite
4.	Ausführung der auf einem Zwischenangriffspunkt basierenden Arbeiten (Sekundärvortrieb)	49
4.1	Dimensionierungsgrundlagen für die Bauinstallationen	49
4.2	Vertikalschächte	50
4.3	Förderung des Ausbruchmaterials	50
4.4	Personen-, Geräte- und Baumaterialtransport	52
4.5	Tunnelvortrieb, Uebergang vom Schmalspur- auf Normalspurbetrieb	53
4.6	Wasserhaltung	55
4.7	Bauwerke am Schachtfuss	56
4.8	Deponien	56
4.9	Baustromversorgung	58
5.	Ueberholungsstation in Tunnelmitte	59
6.	Lüftung und Kühlung der Arbeitsstrecken	59
6.1	Lüftung	59
6.2	Kühlung	60
7.	Bauprogramm	60
7.1	Zeit- und Leistungsannahmen	60
7.2	Dauer des Tunnelbaues	62
8.	Anlagekosten	63
9.	Art der Vergebung der Bauarbeiten	65

Seite

Planbeilagen des Technischen Berichtes

EW Nr.	Bezeichnung der Pläne	
41 670	Situationsplan	2/3
43 290	Lichtraumprofil	5/6
43 682	Schema der Fahrleitungs-schaltung	14/15
43 407	Schema der Bedienung und Ueberwachung der Zugsicherung	15/16
43 691	Disposition der Tunnellüftung	24/25
43 692	Lüftungsbetrieb	25/26
42 957	Ursprungstemperatur des Felsen in der Tiefe des Tunnels	29/30
44 014	Mittelwerte klimatischer Grenz-bedingungen	59/60
43 695	Schema der Kühlung der Arbeits-strecke	59/60
43 983	Strassentunnel Mont Blanc, Techn. Angaben über die Bauausführung bis 30.6.62	61/62

E i n l e i t u n g

An ihrer 4. Sitzung vom 31. Januar 1962 in Luzern erteilte die Studiengruppe Gotthardtunnel der Elektro-Watt den Auftrag zur Bearbeitung eines generellen Projektes für einen Gotthard-Basisbahntunnel von Amsteg nach Giornico.

In Auswertung des "Berichtes über die Ergebnisse der geologischen und bautechnischen Untersuchungen sowie Kostenvergleiche für einen Gotthard-Basisbahntunnel Amsteg - Giornico" der Elektro-Watt vom November 1961 - im folgenden Studienbericht genannt - bekannten sich die Schweizerischen Bundesbahnen zur folgenden Grundkonzeption des Projektes:

- Zweispurtunnel, gebaut mit Vertikalschächten bei Selva und Chiggiogna (im Studienbericht als Trasse B bezeichnet).
- Zweispurige Ueberholungsstation von ca. 2 km Länge in Tunnelmitte, in der Achse einer allfälligen später zu bauenden zweiten Tunnelröhre liegend.
- Je eine Ueberholungsstation vor den Portalen Amsteg und Giornico.

Anlässlich einer Besprechung vom 15.2.1962 in Bern beauftragten die Schweizerischen Bundesbahnen die Elektro-Watt auch mit der Ausarbeitung der generellen Projekte für die zweispurigen Zufahrtslinien:

- Südkopf Bahnhof Erstfeld zum Nordportal Amsteg
- Neue Brennobrücke Biasca zum Südportal Giornico

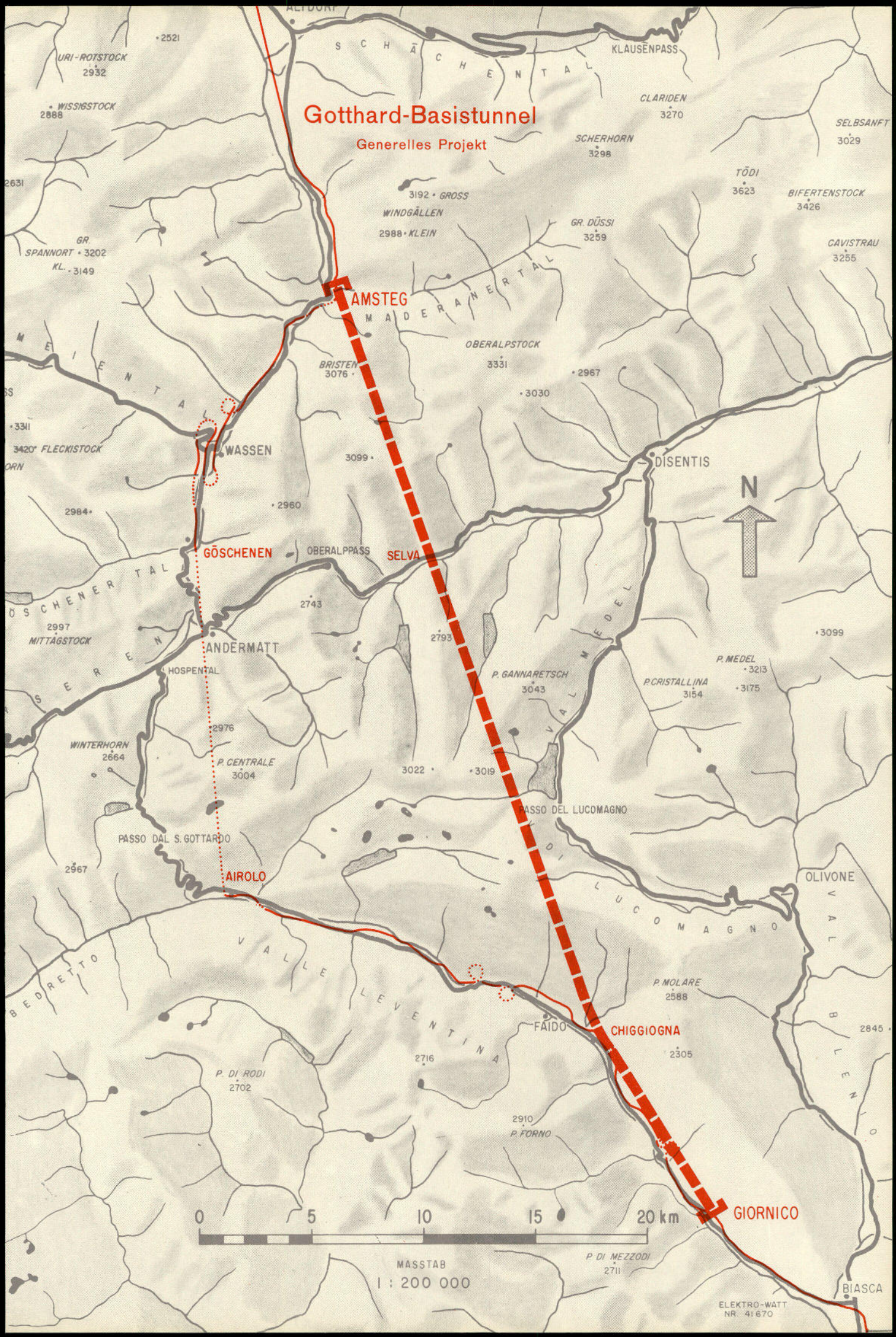
Gleichzeitig gaben die SBB die bahntechnischen Projektierungsrichtlinien bekannt.

Die generellen Projekte für den Basistunnel und die Zufahrtsrampen wurden zusammenhängend bearbeitet, gelangen aber für jedes Objekt getrennt zur Darstellung. Die Arbeiten für den Basistunnel wurden auf der Grundlage des Studienberichtes weitergeführt. Für das generelle Projekt grundsätzliche, bereits im Studienbericht behandelte Probleme geologischer, bautechnischer und betrieblicher Art sind im vorliegenden technischen Bericht nicht wieder behandelt, bzw. die gewählten Lösungen werden nicht nochmals begründet.

Der Umfang sowie die Vielseitigkeit der Arbeiten, welche im vorliegenden generellen Projekt vereinigt sind, erforderten eine Arbeitsaufteilung. Der Elektro-Watt oblag dabei neben der Projektierung der baulichen Anlagen und der Planbearbeitung die Formulierung der Aufträge an die zahlreichen mitarbeitenden Experten, Verwaltungen und Firmen, die Koordination aller Arbeiten sowie die Auswertung der durch Dritte bearbeiteten Unterlagen. Der Arbeitskreis umfasste neben der Elektro-Watt:

- die geologischen Experten der Studiengruppe Gotthardtunnel
- die Bauabt., die Abt. für Zugsförderung und Werkstättedienst und die Abt. für Kraftwerke bei der Generaldirektion der SBB, Bern
- das Sekretariat sowie die Bauabteilung des Kreises II der SBB, Luzern
- das Institut für Aerodynamik an der ETH, Prof. Dr. J. Ackeret, Zürich
- das Kommando des Festungskreises III, Andermatt
- die Eidg. Landestopographie, Wabern/Bern
- die Bauunternehmung Prader & Co. AG, Zürich
- die Unternehmung Schachtbau Thyssen GmbH, Mülheim/Ruhr
- die Firma Ventilator AG, Stäfa
- die Firma Gebrüder Sulzer AG, Winterthur

Die Elektro-Watt schuldet für diese wertvolle Mitarbeit verbindlichen Dank.



Gotthard-Basistunnel
Generelles Projekt
AMSTEG
WASSEN
GÖSCHENEN
SELVA
ANDERMATT
AIROLO
FAIDO
CHIGGIOGNA
GIORNICO
DISENTIS
OLIVONE
BIASCA
KLAUSENPASS
CLARIDEN
3270
SCHERHORN
3298
SELBSANFT
3029
TÖDI
3623
BIFERTENSTOCK
3426
CAVISTRAU
3255
GR. DÜSSI
3259
3192 GROSS
WINDGÄLLEN
2988 KLEIN
URI-ROTSTOCK
2932
WISSIGSTOCK
2888
GR. SPANNORT 3202
KL. 3149
OBERALPSTOCK
3331
BRISTEN
3076
3030
2967
3311
3420 FLECKISTOCK
3099
2960
2984
OBERALPPASS
2743
2997
MITTAGSTOCK
2793
HOSPENTAL
P. GANNARETSCH
3043
P. CRISTALLINA
3154
P. MEDEL
3213
3175
3099
2976
WINTERHORN
2664
P. CENTRALE
3004
3022
3019
PASSO DEL LUCOMAGNO
PASSO DAL S. GOTTARDO
2967
P. MOLARE
2588
2305
2845
2716
P. DI RODI
2702
2910
P. FORNO
P. DI MEZZODI
2711
0 5 10 15 20 km
MASSTAB
1 : 200 000
ELEKTRO-WATT
NR. 41670
N

I. Teil

Projektbeschrieb

1. Portale

1.1 Nordportal

Plan EW Nr. 43284

Das Nordportal, NP, liegt:

- zwischen der Station und dem Dorfe Amsteg, ca. 1 km N desselben,
- in der SE Ecke der rechtsufrig der Reuss gelegenen Ebene W der Gemeindefraktionen Russli und Dörfli,
- NE und am Fusse der Felsrippe, welche die Ruine Zwinguri trägt.

Die Koordinaten des Portalpunktes betragen: 694'185/181'180

Diese nördliche Portalvariante war einer südlichen, unmittelbar am Fusse der grossen Steigung des Reusstales liegenden vorzuziehen. Jenes Portal wäre nur über zwei Reussbrücken zu erreichen gewesen und hätte im Bereich der Bristenlaui, S des Kraftwerkes Amsteg, gelegen.

1.2 Südportal

Plan EW Nr. 43285

Das Südportal, SP, liegt:

- ca. 1 km SE des Dorfes Giornico
- am Fusse des Dammes der heutigen Gotthardlinie, welcher dem linksufrigen Widerlager der untern Ticinobrücke von Giornico anschliesst.

Die Koordinaten des Portalpunktes betragen: 711'220/139'515

Das Portal liegt soweit im Norden der Leventina, als sich überhaupt eine Zufahrtsrampe ohne künstliche Entwicklung mit der zulässigen Maximalsteigung von 10 ‰ trassieren lässt.

2. Grundriss der Tunnelaxe, Längenprofil

2.1 Grundriss der Tunnelaxe

Pläne EW Nr. 42513, 43284, 43285

Ausschnitt aus der Landeskarte 1:100.000 im Studienbericht, Trasse B

Der Grundriss der Tunnelaxe ist gegeben durch das Nordportal, N Amsteg, das Südportal, SE Giornico und den aus dem Erfordernis von Schächten in der Leventina gegebenen Knickpunkt bei Chiggiogna, Koord. 706'020/147'630. Zur definitiven Festlegung des Knickpunktes Chiggiogna werden allerdings im Zusammenhang mit der Detailprojektierung der Schächte noch Sondierbohrungen ausgeführt werden müssen. Es ist auch möglich, dass auf Grund der für die Bearbeitung des Bauprojektes auszuführenden Sondierbohrungen und Lawinenbeobachtungen bei Selva die Schachtbaustellen im Tavetsch in geringem Masse verschoben werden müssen, so dass sich evtl. ein weiterer Axknick ergeben wird. Aus betrieblichen Gründen (Blendwirkung) ist die Anordnung einer Richtungsänderung unmittelbar vor den Ausfahrten aus dem Tunnel zweckmässig.

Die Kurve beim Nordportal Amsteg dient lediglich der Verhinderung der Blendung des Lok-Personals auf S-N fahrenden Zügen. Die Kurve beim SP Giornico ist in erster Linie geologisch-bautechnisch bedingt. Unterhalb der steilen Wände des Leventinagneises sind im weiten Bereiche des SP ausgedehnte Blockschutthalden anzutreffen. Die geradlinige Verbindung vom SP zum Knickpunkt Chiggiogna würde ca. 1 km ungefähr parallel, d.h. durch diese Schutthänge verlaufen. Um den ebenso zeitraubenden wie kostspieligen Tunnelbau im Blockschutt so weitgehend wie möglich zu vermeiden, wurde eine Trassierung gesucht, welche vom Portal aus in N Richtung möglichst rasch den gewachsenen Fels erreicht, ausserdem soll die Richtung der Tunnelaxe beim Portal eine möglichst gestreckte Weiterführung der Bahnlinie im Freien in S Richtung ermöglichen. Die aufgezeichnete Lösung, welche nur auf einer Gelände- und Planbeurteilung basiert, erfordert einen Tunnelabschnitt durch ca. 150 m Blockschutt und zwingt durch den geforderten grossen Kurvenradius von 1040 m zu einer Ueberbrückung des Ticinos unterhalb des SP. Vor der Bearbeitung des Bauprojektes werden im Gebiete der Schutthalden N des SP jedenfalls Sondierbohrungen durchgeführt werden müssen, um den Verlauf des gewachsenen Leventinagneises mit Sicherheit abzuklären.

Die Kurven der Tunnelaxe sind vorgesehen als Kreisbogen von 1500 m Radius und Ueberhöhungen sowie Uebergangsbogen entsprechend der neuen Geleisegeometrie der SBB. Die Länge der Uebergangsbogen beträgt im vorliegenden Falle 60 m.

Die Länge des Tunnels zwischen den beiden Portalen wurde aus Landeskoordinaten zu 45.32 km bestimmt. Dem generellen Projekt entsprechend ist die ohnehin sehr kleine Differenz zwischen der wahren Länge und der aus Koordinaten gerechneten Länge (Projektionsverzerrung am NP = 0, am SP = 4 cm/km; Geoidradius auf 0 m ü. M. = 6380 km, mittlere Höhe der Tunnelaxe 485 m ü.M., Geoidradius auf Tunnelhöhe = 6380.5 km) vernachlässigt worden.

2.2 Längenprofil

Plan EW Nr. 40657

Vom NP mit der Schienenhöhe auf 509 m ü.M. steigt die Nordrampe mit 2.5 ‰ auf eine Länge von 16 km zur Tunnelkulmination auf 549 m ü.M., welche innerhalb des N Randes des Gotthardmassives liegt. Die anschliessende 29.32 km lange Südrampe fällt mit 6.3 ‰ Gefälle zum Südportal mit der Schienenhöhe auf 364 m ü.M. Der Radius der Vertikalausrundung zwischen der Nord- und Südrampe beträgt 10.000 m, ebenso zwischen den Tunnelrampen und den beidseitig anschliessenden freien Strecken.

Die Abflusskapazität der bis auf die Höhe der Querversteifung des Rigolenaufsatzes gefüllten Rigolen beträgt auf der:

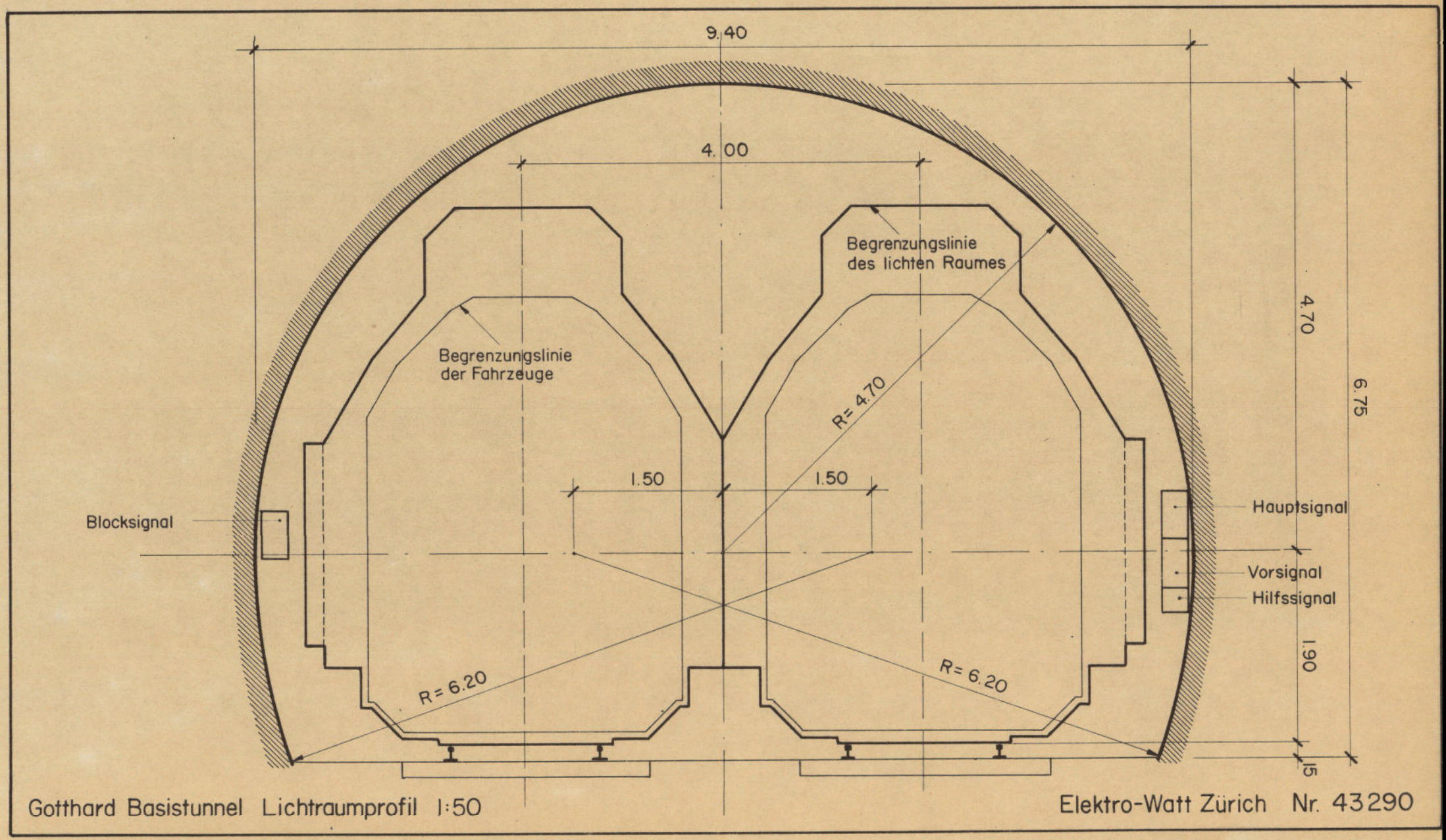
- Nordrampe mit 2.5 ‰ Gefälle: ca. 1.7 m^3/s
- Südrampe mit 6.3 ‰ Gefälle: ca. 2.7 m^3/s

Der Einfluss der relativ grossen Steigung von 6.3 ‰ der Südrampe auf die Traktionsverhältnisse im Tunnel ist im folgenden 6. Abschnitt dargestellt.

3. Querschnitt des Tunnels

3.1 Profil des lichten Raumes

Das Profil des lichten Raumes, s. nachfolgenden Plan EW Nr. 43290, wurde von der Bauabt. bei der Generaldirektion der SBB entworfen. Bei einem Abstand der Geleiseaxen von 4.00 m handelt es sich um das grösste bisher für das schweizerische Bahnnetz entworfene Lichtraumprofil eines Zweispur-Tunnels. Auf Weisung der Bauabt. GD SBB wurden keine Untersuchungen angestellt für die Berechnung des optimalen Querprofils hinsichtlich des Luftwiderstandes auf die den Tunnel durchfahrenden Züge



Gotthard Basistunnel Lichtraumprofil 1:50

Elektro-Watt Zürich Nr. 43290

sowie für den Abstand der beiden Geleiseaxen in Bezug auf die Bruchsicherheit von Fensterscheiben bei der Kreuzung schnellfahrender Züge. Ebenso waren keine besonderen baulichen Massnahmen vorzusehen für das evtl. Verlegen einer Oelleitung im Tunnel oder für die Belegung eines Teiles des Querprofils durch bahnfremde Kabel.

3.2 Tunnel Normalprofile

Plan EW Nr. 42506

Für die im Abschnitt 5 des II. Teiles definierten Felsklassen wurden Normalprofile entworfen, welche sich vor allem hinsichtlich der Stärke der Auswölbung, also der Verkleidung oder der tragenden Gewölbe, unterscheiden. Jedes der vier Normalprofile soll als repräsentatives Mittelprofil für die entsprechende Felsklasse aufgefasst werden. Die Dimensionen der Tunnelverkleidung, der tragenden Gewölbe und der Sohlengewölbe erfuhren gegenüber dem Studienbericht keine Aenderungen, dagegen wurde der Radius der Sohlengewölbe mit 8.00 m neu festgesetzt.

Die Konstruktion der Rigole, bestehend aus einem betonierten Rigolenkasten und einem vorfabrizierten Aufsatz mit Deckel, erleichtert den während des Betriebes fällig werdenden Rigolenunterhalt gegenüber den heutigen Konstruktionen bedeutend - ohne die maschinelle Geleiseerneuerung zu beeinträchtigen - und ergibt einen zwischen den Geleisen liegenden bequem zu beschreitenden Gehweg, welcher notfalls auch als Fluchtweg benutzt werden könnte. Bei den Sicherheitsnischen und Tunnelkammern, d.h. in Abständen von 50 m sind Schlammsammler-Schächte vorgesehen.

Ueber beiden Fundamentstreifen verläuft ein Kabeltrasse.

4. Schächte

Pläne EW Nr. 43683 b und c

4.1 Erfordernis von Schächten

- Die Verwendung von Schächten, abgeteuft aus der Gegend von Selva im Tavetsch und Chiggiogna in der Leventina für den Zwischen-Angriff des Tunnelvortriebes bringt einen Gewinn an Bauzeit und in Berücksichtigung der Bauzinsen auch eine Verminderung der Anlagekosten gegenüber einem nur von den Portalen bei Amsteg und Giornico aus gebauten Tunnel.

Leistungsfähige Bauschächte müssen als Vertikalschächte ausgeführt werden. Im III. Teil dieses Berichtes wird die Zweckmässigkeit des Abteufens von zwei nebeneinander liegenden Bauschächten - eines Förderschachtes für den Transport von Ausbruchmaterial von 5.5 m bzw. 5.0 m Durchmesser und eines Seilfahrtsschachtes für den Transport von Personen und Baumaterial von 7.0 m Durchmesser - an jeder Zwischenangriffsstelle nachgewiesen.

- Die Bauschächte dienen nach erfolgten Sekundärdurchschlägen der Erzeugung einer dauernd von den Portalen gegen die Schächte gerichteten Luftströmung von relativ hoher Geschwindigkeit. Dadurch kann sich in diesen Tunnelabschnitten bereits frühzeitig ein Kältemantel um die Tunnelröhre ausbilden und der Einfluss der ursprünglich hohen Felstemperatur auf die Temperatur der Tunnelluft nimmt dauernd ab und verschwindet praktisch mit der Zeit. Nach dem Hauptdurchschlag wird die Kältemantelbildung um den zentralen Tunnelabschnitt zwischen dem Tavetsch und der Leventina forgesetzt.

- Zür Lüftung des Tunnels während des Betriebes - zur Erhaltung des Kältemantels und vor allem zur Ableitung der aus dem Zugsverkehr anfallenden bedeutenden Wärmemengen wird je einer der beiden Schächte von Selva und Chiggiogna verwendet.

- Die Stromversorgung der Fahrleitung, beschrieben im folgenden 5. Abschnitt, erfolgt u. a. über zwei innerhalb des Tunnels liegende Speisepunkte, welchen die elektrische Energie durch die beiden nicht von der Tunnellüftung beanspruchten Schächte bei Selva und Chiggiogna zugeführt wird.

4.2 Schächte Selva

Plan EW Nr. 43683 b

Die Tunnelaxe unterfährt das Tavetsch E des Dorfes Selva. Linksufrig des Vorderrheines liegen die wenigen intensiv zu bewirtschaftenden Grundstücke von Selva. Der rechtsufrig des Flusses gelegene Boden steht mit Ausnahme weniger Maiensässe im Besitze der Gemeinde Tavetsch, und ist praktisch nur karges, steiniges Weideland. Sowohl die beiden Schachtbaustellen wie die Ausbruchmaterial-Deponie können auf dem Selva gegen-

überliegenden Hang Platz finden. Die Lage der Schächte ist auf dem Plan EW Nr. 43683 b provisorisch eingetragen. Die definitive Festlegung kann erst erfolgen nach der Ausführung von Sondierbohrungen zur Feststellung des Felsverlaufes im Schachtbereiche und nach einer weiteren Abklärung der Lawinensicherheit, welche an den vorgesehenen Stellen allerdings wesentlich höher ist als andernorts im Kessel von Selva.

Die Vertikalschächte werden bis auf die Tunnelsohle ca. 940 m abgeteuft.

4.3 Schächte Chiggiogna

Plan EW Nr. 43683 c

Auch die Festlegung der definitiven Lage dieser beiden Schächte erfordert noch Sondierbohrungen. Im Hinblick auf die Unsicherheit über den Felsverlauf im Talboden wurden die Schachtbaustellen N der Ortschaft, am Fusse der Steinbrüche vorgesehen. Da sich nach Abschluss der Bauarbeiten im Schachtbereich keine dauernden Installationen befinden werden, ist die Inanspruchnahme von Wiesland nur vorübergehend.

Die Vertikalschächte werden bis zur Tunnelsohle ca. 260 m tief werden.

5. Bauliche Anlagen des Bahnbetriebes

5.1 Projektgrundlagen, Geleiseschema

Plan EW Nr. 52513

Die Gotthard-Basislinie - weit eher berechtigt, den Namen "Europabahn" zu tragen, als jede andere bisher ausgeführte oder projektierte Geleiseverbindung - wird im Bereiche der eigentlichen Alpendurchquerung aus dem 45.32 km langen zweispurigen Basistunnel und den Zufahrtsrampen von den Bahnhöfen Erstfeld und Biasca zu den Tunnelportalen, mit 5.4 bzw. 8.5 km Länge (Distanzen ab Mitte Empfangsgebäude gemessen), bestehen. Neben diesen Neuanlagen, deren generelle Projekte hiermit vorliegen, erfordert sie den Umbau des Südkopfes des Bahnhofes Erstfeld, den Bau eines neuen Bahnhofes in Biasca sowie gewisse Sanierungen der Zufahrtslinien, im Besonderen der Grenz- und Rangierbahnhöfe. Diese Bauten sind Gegenstand bahninterner Studien und werden

bei der nachfolgenden Betrachtung über die Leistungsfähigkeit der Linie als verwirklicht angenommen.

Die projektierten Radien von 1500 m der drei Kurven der Tunnelaxe würden Fahrgeschwindigkeiten ermöglichen, welche bis heute von keinem serienmässig hergestellten Triebfahrzeug im Tunnel erreicht werden können. Im folgenden 6. Abschnitt wird nachgewiesen, welche Fahrgeschwindigkeiten sich mit den heute und in unmittelbarer Zukunft verfügbaren Lokomotiven im Tunnel überhaupt erreichen lassen bzw. welche Zugkräfte verfügbar sein müssen, um mit bestimmten Zugsgattungen relativ hohe Geschwindigkeiten zu fahren. Für die Berechnung der Leistungsfähigkeit der Tunnelstrecke werden für die verschiedenen Zugsgattungen die folgenden mittleren Geschwindigkeiten vorausgesetzt, aus welchen die nachgenannten theoretischen Fahrtzeiten durch den Tunnel resultieren:

Tabelle Nr. 1

Zugsgattung	Geschwindigkeit	Durchfahrtszeit
Schnellzug	120 km/h	23 Min
Eilgüterzug	95 km/h	28 Min
Güterzug	75 km/h	37 Min

Besondere Züge für den Autotransport werden in die Betrachtung nicht einbezogen.

Die Fahrzeitunterschiede der einzelnen Zugsgattungen erfordern die Schaffung von Ueberholungsmöglichkeiten. Mit Rücksicht auf die hohen Baukosten soll die Zahl der Ueberholungsstationen innerhalb des Tunnels möglichst klein sein. Entsprechende Berechnungen des Studienbüros für Bau und Betrieb bei der Generaldirektion der SBB ergaben, dass mit einer Station in der Tunnelmitte die Leistungsfähigkeit der Tunnelstrecke um ca. 50 % gesteigert werden kann, während mit zwei Ueberholungsstationen, je in den Drittelspunkten vorgesehen, die Leistungsfähigkeit um 75 % ansteigen würde, d.h. die Tunnelstrecke mit zwei Ueberholungsstationen wäre nur um 1/6 leistungsfähiger als mit einer Ueberholungsstation. Innerhalb des Basistunnels wurde deshalb eine einzige Tunnelstation mit den durchlaufenden Geleisen und mit je einem Ueberholungsgeleise für jede Fahrrichtung vorgesehen.

Beidseitig der Tunnelstation ermöglichen je zwei Weichenverbindungen den Uebergang auf die Geleise der Gegenrichtung. In jeder Tunnelhälfte sind ausserdem je drei Spurwechselstellen projektiert. Diese ermöglichen den Einspurbetrieb auf relativ kurzen Tunnel-Teilstrecken, z.B. während Unterhaltsarbeiten, zu deren Durchführung die Ausserbetriebsetzung eines Geleises unumgänglich ist, oder im Falle einer Zugspanne. Da während der ersten Betriebsjahre des Tunnels kaum mit bedeutenden Unterhaltarbeiten gerechnet werden muss, wird anlässlich der Detailprojektierung der Betriebseinrichtungen zu entscheiden sein, ob vorerst nur die Weichenverbindungen No. 2 und 5 eingebaut werden sollen. Der Bau vorläufig nur dieser Weichenverbindungen würde die Einsparung von Kapital- und Unterhaltskosten für 16 Weichen während zahlreicher Jahre ermöglichen.

Weitere Ueberholungsmöglichkeiten sind unmittelbar vor den beiden Portalen vorgesehen. Zu jeder Portal-Ueberholungsstation gehört mindestens eine Weichenverbindung für den Spurwechsel.

Die im vorliegenden generellen Projekt angenommene Blockeinteilung mit normal ca. 1700 m langen Blockstrecken erlaubt eine Zugfolgezeit von weniger als 4 Minuten für die gewöhnlichen Güterzüge (V = 75 km/h) und von ca. 2,5 Min. für die Schnellzüge. Anschliessend an die Ueberholungsstationen sind die Blockabschnitte bis auf Bremsweglänge (ca.1000 bis1100 m) verkürzt. Zusammen mit einer zweckmässigen Signalisierung lässt sich damit der Zeitverlust für Bremsen, Halt und Wiederanfahren eines Güterzuges, der von einem Schnellzug überholt wird, theoretisch auf ca. 3,5 bis 4 Minuten begrenzen. Im praktischen Betrieb vergrössern sich selbstverständlich diese Verlustzeiten, da der überholende Zug normalerweise nicht unmittelbar auf Distanz folgen wird.

Für die Berechnung der Leistung der Gotthard-Basisstrecke zwischen Erstfeld und Biasca ist zu berücksichtigen, dass die verschieden schnellfahrenden Züge in der Regel in gemischter Folge verkehren. Die oben angegebenen kurzen Folgezeiten von 2,5 bis 4 Minuten zwischen gleich raschen Zügen bilden deshalb eher die Ausnahme. Die Zugfolgezeit zweier Schnellzüge, zwischen denen ein gewöhnlicher Güterzug von einer Ueberholungsstation zur nächsten verkehrt, beträgt bei den angenommenen Geschwindigkeiten ungefähr 11 bis 12 Minuten. Beim Zugfolgefall Schnellzug-Eilgüterzug-Schnellzug sinkt die minimale Zugfolgezeit

infolge des kleineren Fahrzeitunterschiedes auf 8 bis 9 Minuten.

Die aus dem Vorstehenden sich ergebende Stundenleistung von 10 bis 14 Zügen pro Fahrrichtung kann aber im normalen Betrieb nicht erreicht werden, da einerseits die Schnellzüge und auch die wichtigsten Güterzüge in ihrer zeitlichen Lage fixiert sind und andererseits gewisse Zeitlücken notwendig sind, damit die unvermeidlichen Verspätungen einzelner Züge sich nicht auf eine ganze Reihe weiterer Züge fortpflanzen. Die Erfahrung zeigt, dass im Mittel nur mit ungefähr 5 bis 6 Zügen pro Stunde und Fahrrichtung gerechnet werden darf, woraus sich eine mittlere Tagesleistung von 240 bis 280 Zügen ergibt.

Im Vergleich zur heutigen Gotthardbahn, wo auf den beiden Rampenstrekken im Jahresdurchschnitt täglich um die 170 Züge verkehren, ist zu berücksichtigen, dass bei der Basisstrecke die ungefähr 40 Personenzüge und leerfahrenden Lokomotiven (zurückfahrende Vorspann- und Zwischenlokomotiven) wegfallen werden. Ferner ist auf der Basislinie mit längeren und schwereren Güterzügen zu rechnen, dies nicht nur wegen des günstigeren Strecken-Längenprofils und der besseren Ueberholungsmöglichkeiten, sondern auch, weil bei weiter zunehmendem Verkehr die Züge besser ausgelastet werden können.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die nach dem vorliegenden generellen Projekt ausgebaute Gotthard-Basislinie einen Durchgangsverkehr aufnehmen und fördern kann, welcher zweieinhalb bis dreimal grösser ist als der gesamte Verkehr, inkl. Lokalverkehr, welcher heute "über den Berg" geführt wird, also über eine Mehrlänge der Strecke von 31 km und eine zusätzliche Höhendifferenz von 600 m.

Es kann wohl kaum vorausgesagt werden, bis zu welchem Zeitpunkt das Leistungsvermögen des neuen Schienenweges dem zukünftigen Verkehr genügen wird. Zwar kann nicht in Abrede gestellt werden, dass eine dreispurige Anlage den Bedürfnissen eines stets zunehmenden Verkehrs in weitere Zukunft entsprechen würde als eine zweispurige. Im Studienbericht wurde dargestellt, dass die totalen Anlagekosten eines Dreispurtunnels mehr als 50 % über denjenigen eines Zweispurtunnels liegen und dass die bautechnische Beurteilung zu Extrapolationen führen müsste. Die Schweizerischen Bundesbahnen haben in Würdigung der sehr grossen

Leistungsfähigkeit einer Zweispur-Lösung und in Beurteilung der wirtschaftlichen Konsequenzen der Verwirklichung einer Dreispur-Lösung sich zu einer zweispurigen Basislinie bekannt. Die Portale, die Linienführung der Tunnelaxe sowie die Ueberholungsstation in Tunnelmitte sind so projektiert, dass sich gegebenenfalls in sehr weiter Zukunft die zweispurige Anlage in eine vierspurige erweitern liesse.

5.2 Ueberholungsstation in Tunnelmitte

Plan EW Nr. 43286

Die Ueberholungsstation in Tunnelmitte wird die beiden Hauptgeleise mit je einem Ueberholungsgeleise, also total vier Fahrspuren aufweisen. Aus geologischen Gründen - die Station liegt im Bereiche einer Felsüberlagerung von 2000 bis 2200 m - ist die Disposition der vier Geleise in zwei parallel verlaufenden Doppelspur-Röhren erforderlich. Die neben dem durchlaufenden Tunnel liegende Röhre ist in der Axe des evtl. später, anlässlich der Verwirklichung eines Vierspur-Basistunnels, zu bauenden Paralleltunnels angeordnet. Der Axabstand der beiden Tunnelröhren wurde zu 45 m angenommen. Der aus Verkleidungsbeton und Fels bestehende feste Kern zwischen den beiden Hohlräumen beträgt damit 35.5 m. Erfahrungsgemäss genügt diese Kernbreite, um die Beeinträchtigung des einen Tunnels durch den späteren Bau des andern zu verhindern. Beide Tunnel sind in der Mitte der Ueberholungsstation durch einen Stollen verbunden. Seitlich dieses Verbindungsstollen liegen die Kammern für einen Fahrleitungsschaltposten, eine Trafostation des Wechselstromnetzes 50 Hz. sowie die Relais-, Ueberwachungs- und Bedienungsinstallationen der Sicherungsanlagen. Die Station steigt von S nach N mit 6.3 ‰.

In jeder Tunnelröhre verläuft das Hauptgeleise einer Fahrrichtung und das zugehörige Ueberholungsgeleise. Der Süd-Nord-Verkehr wird die durchlaufende Röhre befahren, deren Axe die topographisch und geologisch optimalen Portalpunkte verbindet. Der Nord-Süd-Verkehr wird die verschwenkte Röhre benützen, deren verlängerte und zum zuerst gebauten Tunnel parallele Axe dereinst etwas weniger günstige Portalstellen verbinden wird. Die einspurigen Verbindungstunnel zwischen der durchgehenden und der verschwenkten Röhre liegen fast auf der ganzen Länge in Kurven von 1500 m Radius.

Im Hinblick auf Unregelmässigkeiten im Zugslauf, besonders bei zeitweiligem Einspurbetrieb werden die Ueberholungsgeleise zur Aufnahme von zwei Zügen vorgesehen. Das Ueberholungsgeleise für die N-S Fahrrichtung misst 2000 m, dasjenige der S-N Richtung ca. 2470 m. Die Länge der Station, gemessen von der Abzweigung des nördlichen bis zur Einmündung des südlichen Verbindungstunnels in den durchlaufenden Haupttunnel beträgt 3360 m. Die Ueberholungsgeleise werden durch je ein Blocksignal (kombiniertes Vor- und Hauptsignal) unterteilt.

Beidseitig der Ueberholungsstation ist eine Spurwechselstelle angeordnet.

5.3 Oberbau

Plan EW Nr. 42506

Obwohl sich die "klassische" Konstruktion des Oberbaues, bestehend aus Schienen, Schienenbefestigungsmitteln, Querschwellen und Schotterbett als in der Anlage wirtschaftlichste Lösung behauptet, werden neue, besonderen Unterbau-Verhältnissen Rechnung tragende Anordnungen entwickelt.

Dem Schotterbett der klassischen Bauart fällt u.a. die Aufgabe zu, die beim Befahren des Geleises auftretenden Schwingungen des Verbandes von Schienen und Schwellen durch die in der Bettung auftretenden Reibungskräfte zu dämpfen. Die Entwicklung neuer Schienenauflagerungselemente, mittels welcher die Reibungsdämpfung in gewissen Grenzen nachgebildet werden kann, hat zum neuen bettungslosen Oberbau geführt. Da der Verzicht auf ein Schotterbett durch unmittelbare Schienenauflagerung die Möglichkeit bietet, die Konstruktionshöhe des Oberbausystems zu verringern, ist die neue Bauart für Tunnelstrecken besonders vorteilhaft. Das neue Oberbausystem steckt indes noch in den Anfängen, darüber können auch die Versuchsstrecken in zwei Tunneln der Deutschen Bundesbahn sowie der neue Oberbau in einzelnen Japanischen Unterwassertunneln nicht hinwegtäuschen.

Auch bei den SBB findet der bettungslose Oberbau alle Beachtung und es besteht kein Zweifel darüber, dass im Gotthard-Basistunnel diese im Unterhalt nur wenig aufwendige Bauart zur Ausführung gelangen wird. Die entsprechenden Studien sind indes noch nicht abgeschlossen und praktische Versuche der SBB fehlen bisher. Es wäre nicht gerechtfertigt gewesen, die noch nicht ausgereifte Konstruktion in das Projekt aufzunehmen.

In den Plänen des vorliegenden Generellen Projektes ist der klassische Oberbau, bestehend aus Schienen Typ SBB III auf Holzschwellen, Verlegeart "D", eingezeichnet und auch der Kostenvoranschlag bezieht sich auf diese Bauart. Nach den wenigen verfügbaren Erfahrungen ist der bettungslose Oberbau um ca. 30 % teurer als der klassische. Diesen erhöhten Anlagekosten steht eine gewisse Bau-Verbilligung gegenüber, bedingt durch die Einsparungen an Bauhöhe und damit an erforderlicher Tunnelquerschnittsfläche.

Als Weichentyp für die Spurwechselstellen und die Tunnelstation sind EW 900 - 1:19 der neuen Einheitsbauart vorgesehen, welche mit 90 bis 95 km/h in der Ablenkung befahren werden können.

Der gesamte Oberbau wird für die Schienenstromkreise der Sicherungsanlagen isoliert.

5.4 Fahrleitungen

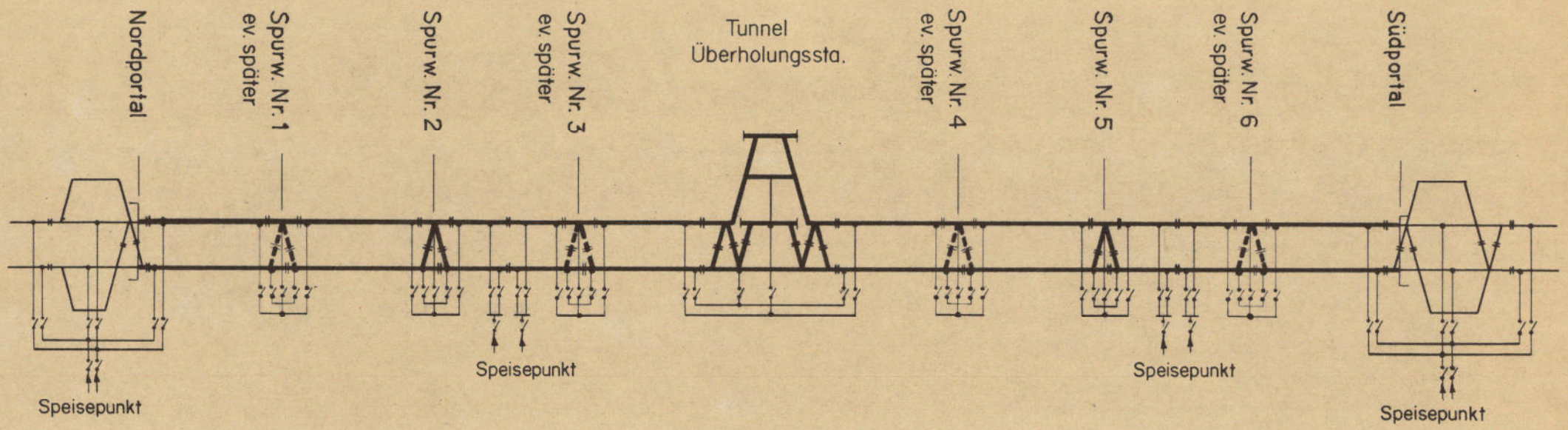
Plan EW Nr. 42506

Die Fahrleitungen über dem doppelspurigen Hauptgeleise des Tunnels werden mit einem verstärkten Querschnitt von äquivalent ca. 300 mm^2Cu, bestehend aus dem Fahrdraht von 150 mm^2Cu, einem Bimetall-Tragseil von 92 mm^2 St/Cu und wegen der grossen Speisedistanzen und der hohen Traktionsströme mit einer Speiseleitung (Feeder) von 95 mm^2 Cu in einer Bauart für hohe Fahrgeschwindigkeiten vorgesehen. Die Fahrleitungen der Ueberholungsgeleise der Tunnelstation sind von einfacherer Bauart, (kleinerer Querschnitt, keine Speiseleitung).

Die in Abständen von 25 m angeordneten Tunneltragwerke stellen eine besondere Konstruktion dar, um während des Tunnelbaues die Aufhängung eines Ventilationsrohres von 125 cm Durchmesser zu ermöglichen.

Die Stromversorgung der Fahrleitung ist im folgenden Abschnitt 5.7 beschrieben.

Bei den sechs Spurwechselstellen (je 3 zwischen Portal und Tunnelstation) sowie bei der Ueberholungsstation in Tunnelmitte sind Schaltposten vorgeshen, s. Plan EW Nr. 43682, durch welche die Fahrleitung in einzelne abschaltbare Abschnitte unterteilt wird. Mittels des Schaltpostens in Tunnelmitte können sowohl die Fahrleitungen der Ueberholungs-



Schema der Fahrleitungsschaltung

GOTTHARD BASISTUNNEL

EW Nr. 43682

SBB Bau/GD/Fl 15.6.62 Ak

station sowie die an die beiden Weichenverbindungen anschliessenden Tunnelstrecken abgeschaltet werden. Auch bei den Ueberholungsstationen vor den beiden Portalen ist je ein Schaltposten vorgesehen.

5.5 Sicherungsanlagen

Plan EW Nr. 42513

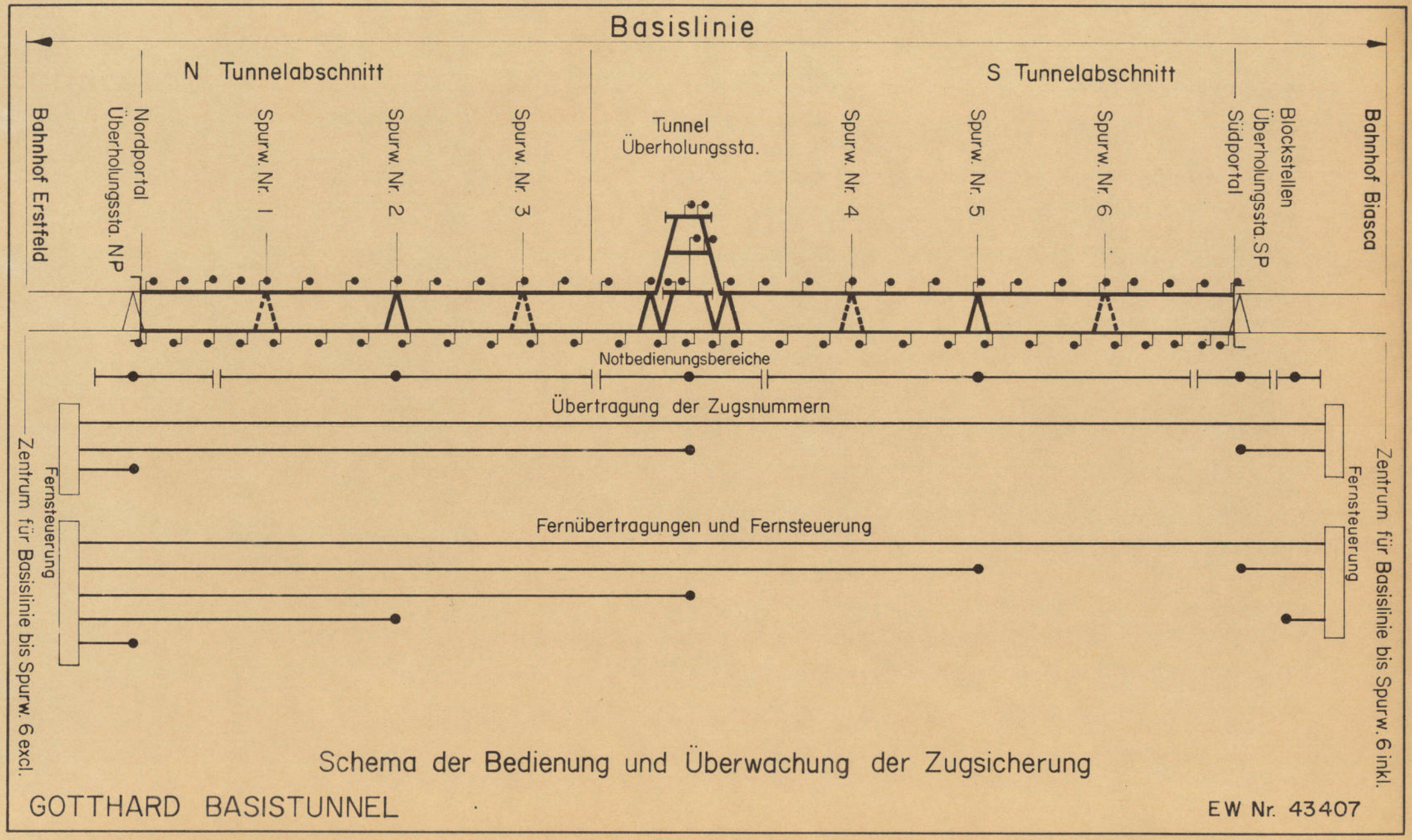
Die ganze Tunnelstrecke wird in 28 Blockabschnitte von durchschnittlich 1.6 km Länge eingeteilt. Das Blocksystem wird vollautomatisch arbeiten. Es wird bis zur Spurwechselstelle Nr. 6 (inkl.) von Erstfeld und südlich davon von Biasca aus überwacht und ferngesteuert.

Die sicherungsmässige Unterteilung der Tunnelstrecke wird ermöglicht durch die Isolierung der Geleiseanlage. Die Geleisestromkreise werden mit Wechselstrom von 2 - 10 V und 125 Hz. gespiesen und ermöglichen die automatische Ueberwachung der einzelnen Blockabschnitte und die entsprechende Steuerung der Signale. Jedes Tunnelgeleise wird für beide Fahrrichtungen mit Tunnelblocksignalen ausgerüstet, welche die Fahrbegriffe "Halt" (rot), "Warnung" (brandgelb) und "Fahrt" (grün) anzeigen. Die Blocksignale wirken daher sowohl als Hauptsignal für den unmittelbar dahinter liegenden Blockabschnitt wie als Vorsignal zum nächstfolgenden Signal. Vor einem dauernd zur freien Fahrt berechtigten Zug müssen mindestens die beiden folgenden Blockabschnitte unbelegt sein. Die Blocksignale werden bei einer Nische an der Tunnelwand angebracht. Jedem dieser kombinierten Signale ist ein Streckengerät der automatischen Zugsicherung zugeordnet.

Die vor den Weichen der Spurwechselstellen angeordneten Signale vermitteln ferner die Begriffe "gerade" bzw. "abgelenkte" Fahrt.

Die Speisung und Nahsteuerung der Signale, Geleise-Stromkreise und der Weichen erfolgt von fünf mit Relaisapparaturen ausgerüsteten Zentren aus:

- Portalstation Nord
- Spurwechselstelle Nr. 2
- Ueberholungsstation in Tunnelmitte
- Spurwechselstelle Nr. 5
- Portalstation Süd



Schema der Bedienung und Überwachung der Zugsicherung

GOTTHARD BASISTUNNEL

EW Nr. 43407

Die Anlage in Tunnelmitte ermöglicht die evtl. Notbedienung der Signale und Weichen der Ueberholungsstation, diejenige bei der Spurwechselstelle Nr. 2 bedient die Signale und Weichen des N Tunnelabschnittes und von der Spurwechselstelle Nr. 5 aus werden die Weichen und Signale der S Tunnelstrecke gesteuert, s. Plan EW Nr. 43407. Die Verbindung von den Spurwechselstellen Nr. 2 und 5 zu den evtl. erst später einzubauenden Weichengruppen Nr. 1 und 3 bzw. Nr. 4 und 6 erfolgt über ein Kabel von 4mm^2 Querschnitt. Für die Kabel der Stellwerkanlagen ist ein Querschnitt von 1,5 mm^2 vorgesehen.

Die ganze Strecke Erstfeld-Biasca erhält eine automatische Zugnummermeldeeinrichtung.

5.6 Dreiphasenstromversorgung, Niederspannungs- und Fernmeldeanlagen

Dreiphasenstromversorgung 50 Hz. Sie speist die folgenden Installationen und Apparate:

- Beleuchtung der Nischen und Kammern
- Steckdosen für den Anschluss von Unterhalts- und Reparaturgeräten sowie der provisorischen Beleuchtung für Bauarbeiten
- Steueranlagen der Fahrleitungsschaltung
- Sicherungsanlagen
- Automatische Telefonanlage

Ein Hochspannungskabel, 16 kV, 3 x 70 mm^2, bei jedem Portal an die örtliche Energieversorgung angeschlossen, wird durch den ganzen Tunnel verlegt. In Abständen von 1000 m befinden sich Trafostationen mit Niederspannungsverteilanlagen für die Normalspannung 220/380 V.

Niederspannungskabel 4 x 25 mm^2 führen die Energie den Verbrauchern zu, u.a. den in Nischen oder Kammern in Abständen von 300 m installierten Steckdosen.

Fernmeldeanlagen. Ein Fernmeldekabel mit 80 Adern (20 Vierern) ist vorgesehen für:

- Automatisches Telefon
- Streckentelefon
- Zugsmeldeeinrichtungen (Zugsnummern, Block)

- Fernsteuerung der Fahrleitungsschalter
- Fernsteuerung der Sicherungsanlagen
- Unfallleitung

In der Tunnelüberholungsstation wird eine kleine automatische Telefonzentrale installiert mit Anschluss an das Bahntelefonnetz. Direkte Anschlüsse an dieses Netz werden in Abständen von 3 km in Kammern vorgesehen, ferner bei den Spurwechselstellen und den Fahrleitungsspeisepunkten. Die Anschlüsse des Streckentelefons liegen 1000 m auseinander, ausserdem sind zwischen je zwei Streckentelefonposten Steckdosen für den Anschluss tragbarer Telefonapparate montiert.

Kabelführung. Die Kabel werden in vorfabrizierten Betonkanälen über den Fundamentstreifen verlegt und zwar längs des E-Paramentes die Starkstromkabel, 16 kV, 50 Hz. sowie im Bereiche der Fahrleitungsschaltposten auch die Kabel 15 kV, 16 2/3 Hz., und längs des W-Paramentes die Kabel der Sicherungs-, Fernmelde- und Niederspannungsanlagen. Ausser den bahneigenen Kabeln könnten noch weitere Kabel in den Kanälen untergebracht werden.

Im Unterbau und unterhalb des Rigolenkastenaufsatzes sind an den folgenden Stellen Kabelüberleitungen von einem Parament zum andern erforderlich:

- Spurwechselstellen und Fahrleitungsspeisepunkte, Hochspannungskabel 16 2/3 Hz.
- Trafostationen, Niederspannungskabel
- Signal- und Weichenstandorte, Steuer- und Fernmeldekabel

Sowohl das Hochspannungskabel der Dreiphasenstromversorgung wie zahlreiche Adern des Fernmeldekabels finden bereits während des Tunnelbaues Verwendung.

5.7 Fahrstromversorgung

Plan EW Nr. 43 732

Die Abteilung für Kraftwerke bei der Generaldirektion der SBB beauftragte am 5.6.62, nach Durchführung eigener Studien, die Elektro-Watt mit der Bearbeitung des generellen Projektes für die Fahrstromversorgung des Gotthard-Basistunnels. Die kurze, noch verfügbare Zeit erlaubte leider nicht die uneingeschränkte Annahme dieses Mandates. Die vorliegende Konzeption ist das Ergebnis erweiterter Studien und stellt eine mögliche Lösung dar.

Die durchgeführten Studien basieren auf den folgenden von der Abt. für KW der SBB festgelegten Projektierungsgrundlagen:

- Speisung der Fahrleitung an den beiden Tunnelportalen und am Fuss der Schächte von Selva und Chiggiogna.
- An jedem Tunneportal wird den beiden Fahrleitungen zusammen eine Leistung von 25.000 kVA, an jedem Schachtfuss 50.000 kVA zugeführt. Auf die ganze Tunnelstrecke ist die Einspeisung von total 150.000 kVA vorgesehen.
- Für die Energielieferung stehen die Kraftwerke Amsteg, Goeschenen und Ritom zur Verfügung.
- Die Fahrstromversorgung kann über die projektierte und demnächst zur Ausführung kommende 132 kV-Leitung von Piotta nach Giornico und über das Unterwerk Giornico verfügen.
- Die Deckung des Leistungsbedarfes des Bahnbetriebes südlich des Gotthardes erfordert eine 132 kV-Verbindung zwischen den Kraftwerken Goeschenen und Ritom.

Diesen Gegebenheiten entspricht die folgende Disposition für die Energielieferung an die einzelnen Speisepunkte:

- Nordportal: ab KW Amsteg.
- Südportal: ab Unterwerk Giornico.
- Schacht Chiggiogna: über eine mit der neuen 132 kV-Leitung Piotta-Giornico verbundene Freiluftschaltanlage 132/16 kV
- Schacht Selva: über eine Freiluftschaltanlage 132/16 kV, welche entweder an einer neuen Alpenleitung Goeschenen-Selva-Piotta oder an einer Stichleitung Goeschenen-Selva angeschlossen ist.

Die Studien und der Kostenvoranschlag hatten sich auf alle mit dieser Disposition im Zusammenhang stehenden Anlageteile (mit Ausnahme der bereits projektierten 132 kV-Leitung Piotta-Giornico) zu beziehen ohne Rücksicht darauf, ob sie nur für die Stromversorgung des Basistunnels erforderlich sind oder ganz oder teilweise ohnehin dem elektrischen

Bahnverkehr südlich des Gotthardes dienen.

Die Untersuchungen für eine Hochspannungsverbindung zwischen den Kraftwerken Goeschenen und Ritom sowie einer Verbindung zur Freiluftanlage Selva beim Schacht km 13,29 haben gezeigt, dass aus topographischen Gründen nur zwei Varianten in Frage kommen, welche nachstehend beschrieben und verglichen werden. Die naheliegende Lösung scheint eine Verbindung, welche von der Schaltanlage Goeschenen direkt über den Rötiboden an den Südhang des Bätzberges und ungefähr parallel zum Trasse der bestehenden 220 kV-Gotthardleitung geführt würde. Bei einer solchen Trassierung könnten weitgehend die noch vorhandenen Transportmöglichkeiten im Bereich der 220 kV-Leitung benützt werden. Auch betrieblich wäre diese Disposition günstig, indem für den Unterhalt beider Leitungen dieselben Monteur-Equippen eingesetzt werden könnten.

Mit Rücksicht auf die topographischen Verhältnisse würde bei dieser Trassierung die Leitung nach dem Tavetsch am zweckmässigsten auch an die Anlage Goeschenen angeschlossen, da eine separate Schaltstation für die Abzweigung nach Selva, z.B. im Urserental, keine Vorteile oder Einsparungen bringen würde.

Die zweite Möglichkeit bestände darin, die Verbindung Goeschenen-Selva von dieser Station aus durch das Val Maighels und über den Bornengo-Pass direkt nach Piotta weiterzuführen. Diese Variante hätte den Vorteil, dass die Anlage Selva über zwei unabhängige Leitungen entweder von Piotta oder von Goeschenen aus versorgt werden könnte. Zudem ist bei dieser Trasseführung die Leitung um ca. 6 km kürzer. Die Transportverhältnisse nach dem Val Maighels und vom Bornengo-Pass zum Ritomsee sind allerdings ungünstiger und müssten bei der Detailprojektierung genau überprüft werden.

Die totale Leitungslänge beträgt für diese Variante:

Goeschenen - Selva	:	ca. 14 km
Selva - Piotta	:	ca. 21 km
Total	:	ca. 35 km

Ausser dem Neubau der erwähnten Hochspannungsverbindung ist der Neu- oder Umbau der folgenden Hochspannungsanlagen erforderlich:

Kraftwerk Amsteg

Um die notwendige Leistung am Nordportal des Tunnels bereitzustellen, müssen die bestehende 16 kV-Innenraumschaltanlage erweitert und zwei der Maschinentransformatoren durch Dreiwicklungstransformatoren von 12000/8500/18000 kVA ersetzt werden.

Kraftwerk Goeschenen

Im Kraftwerk Goeschenen steht heute nur ein Reservefeld 132 kV zur Verfügung. Eine Erweiterung der bestehenden Freiluftschaltanlage um 2 oder 4 Abgangsfelder ist im engen Bereich der Schaltanlage aus Platzgründen nicht möglich. Eine geeignete Disposition wird bei der Detailprojektierung studiert werden müssen.

Kraftwerk Ritom

Im Kraftwerk Ritom muss der Anschluss des 132 kV-Netzes an die bestehende 66 kV-Sammelschiene erfolgen. Dazu sind 2 Reguliertransformatoren von 25 MVA und Platz für 1 Reservetransformator vorgesehen. Die 66 kV-Anlage wird als Erweiterung der bestehenden 66 kV-Innenraumschaltanlage und die 132 kV-Anlage als Freiluftschaltanlage mit Doppelsammelschienen und insgesamt 4 Freileitungsabgängen projektiert.

Anlage Giornico

Auch in dieser Anlage muss der Anschluss des 132 kV-Netzes an die bestehende 66 kV-Sammelschiene erfolgen. Es werden hierzu dieselben Transformatoren wie für Ritom vorgeschlagen. Die 132 kV-Freiluftschaltanlage wird 2 Freiluftabgänge und 2 Anschlussfelder für die Transformatoren umfassen. Ein Feld ist als Reserve für einen dritten Transformator vorgesehen.

Die bestehende 66/16 kV-Anlage muss ebenfalls erweitert werden. Ein weiterer 9000 kVA-Reguliertransformator soll zu den 2 bereits bestehenden hinzugefügt werden. Die 66 kV-, die 16 kV-Apparate und der Transformator sind für Innenraumaufstellung vorzusehen und in die bestehenden Anlagen einzugliedern.

Station Selva

Diese Station wird mit vier 132 kV-Freileitungsfeldern an das Hochspannungsnetz angeschlossen. Zwei Reguliertransformatoren von ca. 25.000 kVA

und ein Reserveplatz für einen weiteren Transformator sind vorgesehen. Nach Angabe verschiedener Lieferanten sollten Einphasentransformatoren für 16 2/3 Hz. und ca. 25.000 kVA Gewichte und Ladeprofile aufweisen, die einen Transport auf der Strecke der Rhätischen Bahn und der Furka-Oberalp-Bahn wahrscheinlich gerade noch zulassen. Die Lieferanten weisen jedoch darauf hin, dass erst nach einer genauen Dimensionierung der Transformatoren, welche der Detailprojektierung vorbehalten bleibt, diese Frage mit Bestimmtheit beantwortet werden könne.

Von der 16 kV-Schaltanlage Selva zum Schaltposten bei km 13.29 müssen zwei Leitungsstränge für je 25.000 kVA in einem der beiden 940 m tiefen Vertikalschächte verlegt werden. Es sind zwei Varianten studiert worden, eine Variante mit blanken Kupferschienen und Gitter oder Blechabdeckungen und eine Variante mit kunstharzisolierten Schienen. Beide Varianten ergeben ungefähr gleiche Kostenbeträge. Die Vor- und Nachteile der beiden Varianten müssten bei der Detailprojektierung noch genauer untersucht und gegeneinander abgewogen werden. Der während des Tunnelbaues für die Materialförderung verwendete Schacht mit einem lichten Durchmesser von 5.5 m soll die Schienen aufnehmen. Da zu Kontroll- und Ueberwachungszwecken die Schienen auch innerhalb des Schachtes jederzeit zugänglich sein sollten, muss ein Lift installiert werden.

Station Chiggiogna

Diese Station soll über 4 Freiluftabgangsfelder an die beiden zweisträngigen 132 kV-Leitungen angeschlossen werden. Zwei Reguliertransformatoren 25.000 kVA in gleicher Ausführung wie für die Station Selva und ein Reserveplatz für einen weiteren Transformator sind vorgesehen. Die Schachttiefe beträgt hier nur 270 m. Die Schienenverbindung im früheren Förderschacht von 5,0 m Durchmesser zwischen der 16 kV-Innenraumschaltanlage Chiggiogna und dem Schaltposten bei km 35.86 wird gleich ausgeführt wie im Schacht von Selva.

Auch in diesen Schacht ist zu Kontrollzwecken ein Lift einzubauen.

5.8 Nischen und Kammern

Plan EW Nr. 42513 und 43283

Für die Sicherheit des Personals, das Lagern von Baumaterial und Geräten sowie für Betriebseinrichtung sind in der Tunnelwandung die folgenden Nischen und Kammern vorgesehen:

Nischentyp	Nischenabstand
Sicherheitsnische für Personal	50 m beidseitig
Kammer für Geräte und Material	500 m beidseitig
Kammer für Dreiphasen-Wechselstrom Trafo	1000 m E-Parament
Schaltposten für Fahrleitung	je Spurwechselstelle Nr. 1, 2, 3, 4, 5, 6 W-Parament sowie Tunnel-Ueberholungsstation
Steuerzentrum für Sicherungsanlagen	

Die in der Vortriebsstrecke auszubrechenden Kammern werden den Tunnelvortrieb vorübergehend verzögern. Es war deshalb angezeigt, die Kammern möglichst zusammenzulegen, sofern dadurch kein Hohlraum von ausserordentlichen Dimensionen entstand. Demnach gelangen die folgenden einfachen und kombinierten Kammern zur Ausführung:

Sicherheitsnische für Personal
Einf. Kammer für Geräte und Material
Einf. Kammer für Dreiphasen-Wechselstrom Trafo
Komb. Kammer für Geräte und Material sowie Dreiphasen-Wechselstrom Trafo
Einf. Kammer für Fahrleitungsschaltposten
Einf. Kammer für Sicherungszentrum
Komb. Kammer für Fahrleitungsschaltposten sowie Sicherungszentrum

Die vorgesehene Verteilung dieser Nischen- und Kammer-Typen geht aus dem Plan EW Nr. 42513, die Dimensionen aus dem Plan Nr. 43283 hervor.

6. Lüftung des Tunnels

6.1 Erfordernis der Lüftung des Bahntunnels

Im Studienbericht wurde darauf hingewiesen, dass durch die Verwendung eines im Tavetsch ausmündenden Bauschachtes als Lüftungsschacht eine von beiden Portalen aus gegen den Schachtfuss gerichtete Luftströmung im Tunnel erzeugt werden kann. Die dem Gebirge entströmende Wärme wird durch diese Luftströmung abgeleitet. Um die Tunnelröhre wird sich in der Folge ein Kältemantel ausbilden.

Die durchgeführten Studien führten zum Schluss, dass bei anhaltend gleichgerichteter Bewegung der Luft im Tunnel, zuerst während der Bauzeit, dann während des Bahnbetriebes, die Bildung eines wirksamen Kältemantels relativ wenig Zeit erfordert. Um dieses bedeutungsvolle Problem weiter

zu behandeln, wurde im vergangenen Frühjahr im Gotthardtunnel mit der Installation von Messgeräten begonnen. Die ersten Messresultate sind im kommenden Herbst zu erwarten.

Bereits heute kann nicht verkannt werden, dass die einige Zeit nach der Aufnahme des Bahnbetriebes noch aus dem Gebirge der Tunnelröhre zufliessenden Wärmemengen vernachlässigbar klein sind gegenüber den bei der Durchfahrt der Züge im Tunnel freiwerdenden Wärmemengen. Die den Fahrleitungen entnommene elektrische Energie wird praktisch vollständig in Wärme umgesetzt: (Motoren- und Getriebeverluste der Lok, Verluste aus der Rad-, Lager- und Luftreibung). In Auswertung der im vergangenen Mai von den SBB durchgeführten Versuchsfahrten zum Zwecke der Messung des Luftwiderstandes auf Eisenbahnzüge in Tunneln ist für die beiden nachgenannten repräsentativen Zugstypen bei der Tunneldurchfahrt mit den folgenden Stromentnahmen aus dem Fahrdraht zu rechnen (Mittelwerte aus Fahrten in beiden Richtungen); die mittlere Geschwindigkeit der Luft im Südabschnitt wurde zu 4.5 m/s, im Nordabschnitt mit 7.0 m/s vorausgesetzt:

Reisezug: Lok 120 t
Wagen 52 Achsen = 13 Wagen, total 440 t
ganzer Zug: Länge = 330 m, Gewicht = 560 t

Geschwindigkeit km/h	Erf. Hauptstrom kW
90	1240
110	2000
130	3040

Güterzug: Lok 120 t
Wagen 90 Achsen = 45 Wagen, total 880 t
ganzer Zug: Länge 490 m, Gewicht = 1000 t

Geschwindigkeit km/h	Erf. Hauptstrom kW
70	1360
85	2080
100	3040

Daraus berechnet sich die folgende Wärmeerzeugung im ganzen Tunnel:

Verkehr bei der Inbetriebnahme des Tunnels

	50 Reisezüge/Tg.	130 km/h	46 Mio kcal/Tg.
	120 Güterzüge/Tg.	85 km/h	117 Mio kcal/Tg.
Tatal:	170 Züge/Tg.		163 Mio kcal/Tg.

Verkehr entsprechend der praktischen Leistungsfähigkeit des Tunnels

	75 Reisezüge/Tg.	130 km/h	69 Mio kcal/Tg.
	175 Güterzüge/Tg.	85 km/h	171 Mio kcal/Tg.
Total:	250 Züge/Tg.		240 Mio kcal/Tg.
	75 Reisezüge/Tg.	110 km/h	53 Mio kcal/Tg.
	175 Güterzüge/Tg.	75 km/h	147 Mio kcal/Tg.
Total:	250 Züge/Tg.		200 Mio kcal/Tg.

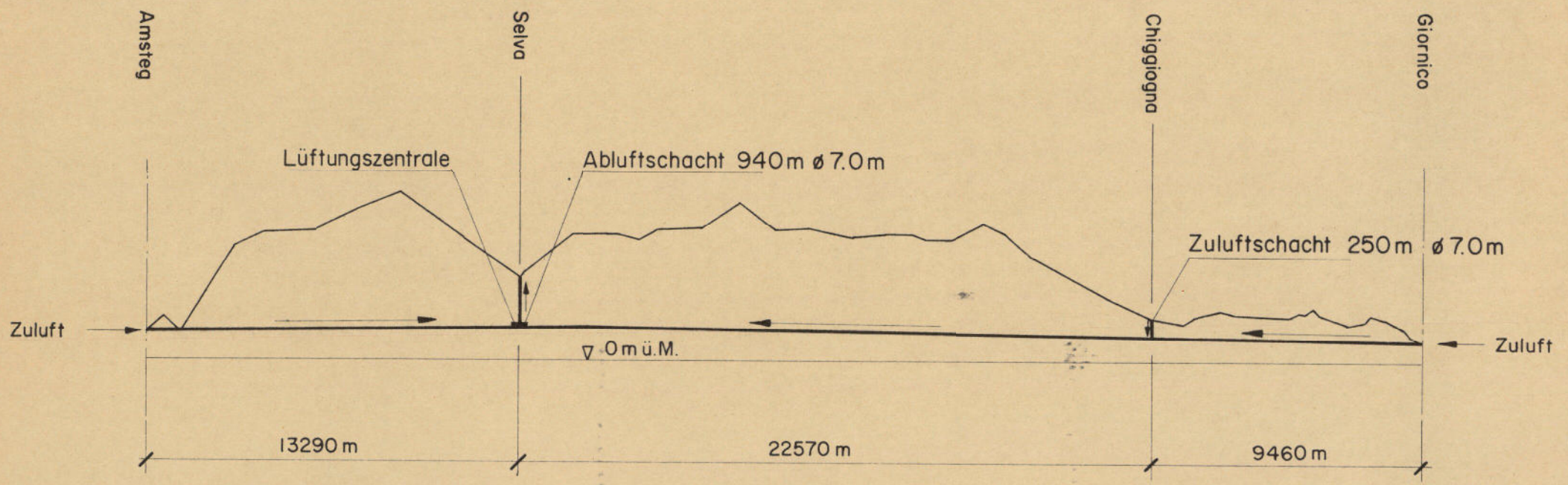
Diese Wärmemengen müssen von der den Tunnel durchströmenden Luft abgeleitet werden.

6.2 Disposition der Lüftung

Es liegt im Interesse des Komfortes des Reiserverkehrs, wie der Produktivität des Bahnunterhaltsdienstes, dass die allerdings nur lokal auftretende maximale Temperatur der Tunnelluft 35 °C nicht übersteigt. Die Rechnung zeigt, dass die durch den thermischen Auftrieb im Lüftungsschacht, durch Meteo-Verhältnisse und den Zugsverkehr erzeugte Bewegung der Luft im Tunnel nicht genügt zur Erfüllung dieser Bedingung. Es ist deshalb eine künstliche Ventilation des Tunnels vorzusehen.

Von den zahlreichen untersuchten Lüftungssystemen wäre einer Disposition mit einem Lüftungsschacht in Tunnelmitte aus strömungstechnischen und betrieblichen Gründen der Vorzug zu geben, wenn nicht das Abteufen eines ausschliesslich der Lüftung dienenden ca. 1400 m tiefen Schachtes aus technischen und wirtschaftlichen Gründen problematisch wäre. Die gewählte, unter Verwendung der Bauschächte entworfene Lösung ist auf dem Plan EW Nr. 43961 dargestellt. Die Zufuhr der Frischluft erfolgt durch das Nordportal, das Südportal und einen der bei km 35.9 ab Nordportal gelegenen Schächte von Chiggiogna. Von diesen Stellen aus strömt die Luft auf die bei km 13.29 ab Nordportal gelegenen Schächte von Selva zu, wo sie wieder in die freie Atmosphäre austritt. Die Lüftung ist somit eine reine Längslüftung, wobei die Strömungsrichtungen so gewählt sind, dass die Luftbewegung den Zügen bei der Ueberwindung der Steigungen hilft. Am Fusse des Abluftschachtes sind in einer Maschinenkaverne die für die Luftförderung notwendigen Ventilatoren und die Hilfsinstallationen untergebracht.

Die Dimensionierung der Ventilationsanlage erfolgte im Hinblick auf die praktische Leistungsfähigkeit des Tunnels von zusammen ca. 250 Zügen in beiden Richtungen pro Tag. Es ist vorgesehen, die Anlage von Anfang an



Tunnelquerschnitt : 54 m²
Hydraulischer ø : 7.2m
Reibungskoeff. λ : 0.022

DISPOSITION DER TUNNELLÜFTUNG

GOTTHARD BASISTUNNEL

EW Nr. 43691

auf diese Leistung auszubauen und mindestens zeitweilig auch zu betreiben, um die anfänglich noch anfallende Gebirgswärme abzuleiten und die Ausbildung des wirksamen Kältemantels zu beschleunigen. Auf dem folgenden Plan EW Nr. 43692 sind für den Bahnbetrieb mit 170 und mit 250 Zügen pro Tag die erforderlichen Kühlluftmengen im Südabschnitt des Tunnels eingetragen, ebenso die daraus resultierenden Druckverluste und die Störddrücke aus dem Bahnbetrieb sowie die den nördlichen Tunnelast und den Vertikalschacht von 7 m Durchmesser bei Selva durchströmenden Luftmengen. Die für die beiden Varianten des Bahnbetriebes erforderlichen Ventilatorleistungen von 450 bzw. 900 kW sind Dauerleistungen, welche momentan durch den Zugsbetrieb um die Werke ± 190 bzw. ± 220 kW verändert werden können.

Für die Förderung der notwendigen Luftmengen und die Erzeugung des notwendigen Druckgefälles sind drei gleiche, parallel laufende Ventilatoren vorgesehen mit Auslegungsdaten, wie sie im Bergbau üblich sind. Die einfach beschaufelten Axialgebläse mit Drallregulierung zur Bewältigung der durch den Bahnverkehr bedingten Druckstösse, (verstellbare Leitschaufeln) weisen die folgenden Konstruktionsdaten auf:

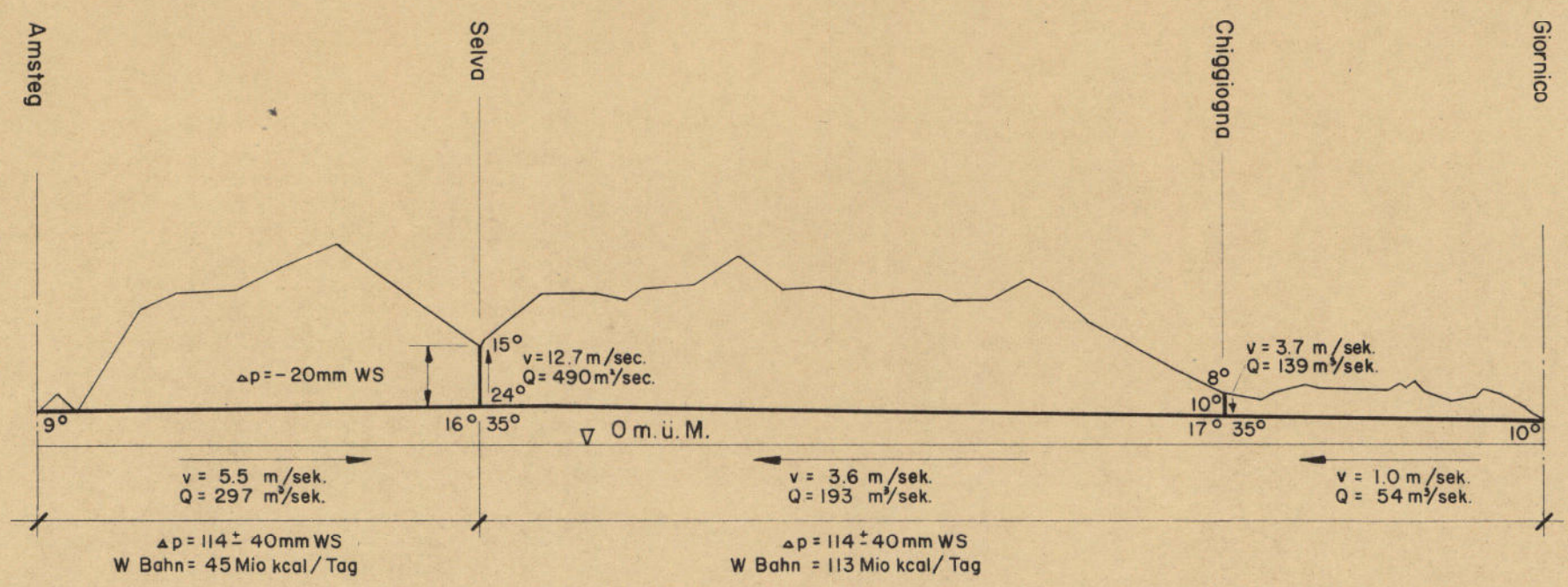
Durchmesser	3150 mm
Luftmenge	200 m^3/s
Druckhöhe	160 + 40 mm WS
Normal-Drehzahl	480 UpM
Umfangsgeschwindigkeit	80 m/s

Die drei polumschaltbaren Antriebsmotoren werden mit Dreiphasenstrom von 500 V Spannung betrieben. Die dazu benötigten Kabel werden während des Baues für die Baustromversorgung installiert und dienen anschliessend während des Betriebes für die Versorgung der im Tunnel untergebrachten Dreiphasen-Verbraucher. In der Lüftungszentrale sind deshalb nur noch 2 Trafo 16 kV/500 V zu je 2000 kVA mit den nötigen Schalt- und Steuervorrichtungen vorzusehen.

Die Disposition der Lüftungszentrale im Bereich des Füllortes der Schächte von Selva ist auf dem Plan EW Nr. 43694 dargestellt. Als Lüfterkaverne kommt ein Teil der für den Tunnelbau erforderlichen Pumpenkaverne zur Verwendung. Für die Bearbeitung des Bauprojektes der Lüftungsanlage wird wohl auf die Durchführung aerodynamischer Modellversuche nicht verzichtet werden können.

Verkehr bei Inbetriebnahme des Tunnels

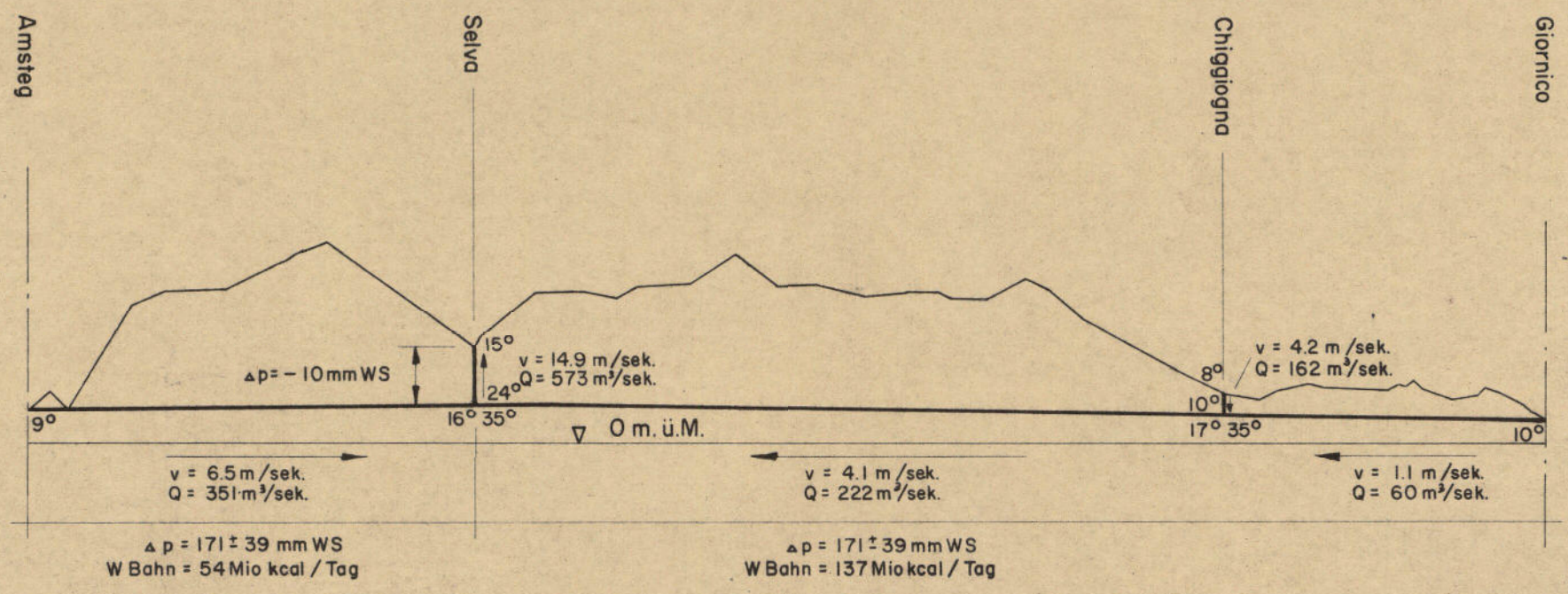
pro Tag: 50 Personenzüge mit 130 km/Std., Gewicht 560 t Luftwiderstandsbeiwert Cw = 6.5
120 Güterzüge mit 85 km/Std., " 1000 t " Cw = 13.6



Ventilatorleistung = 450 ± 190 kW
Erforderliche elektrische Leistung = 920 kW

Verkehr entsprechend der praktischen Leistungsfähigkeit des Tunnels

pro Tag: 75 Personenzüge mit 110 km/Std., Gewicht 560 t Luftwiderstandsbeiwert Cw = 6.5
175 Güterzüge mit 70 km/Std., " 1000 t " Cw = 13.5



Ventilatorleistung = 900 ± 220 kW
Erforderliche elektrische Leistung = 1600 kW

LÜFTUNGSBETRIEB

6.3 Tunnellüftung und Bahnbetrieb

Die bei der Fahrt der Züge durch den Tunnel freiwerdende Wärme muss abgeleitet werden und erfordert eine künstliche Lüftung. Je grösser die Wärmeentwicklung, umso grösser ist die erforderliche Kühlluftmenge und die Geschwindigkeit der Tunnelluft von den Portalen gegen die Lüftungszentrale und damit auch die aus der Luftreibung zusätzlich entstehende Wärme. Die Berechnungen für den massgebenden S Abschnitt haben ergeben, dass bei einer zulässigen maximalen Temperatur von 35 °C am Schachtfuss eine Wärmeableitung überhaupt nur möglich ist, solange die erzeugte Wärme unterhalb des Wertes von ca. 330 Mio kcal/Tg. liegt. Diese Wärmeerzeugung, welche aus der Durchfahrt sehr schnellfahrender und schwerer Züge resultiert, kann aber nicht zugelassen werden, weil zu ihrer Ableitung Luftgeschwindigkeiten im Tunnel erforderlich wären, welche jede sorgfältige Kontrolle und Ueberwachung der Bahnanlagen durch im Tunnel tätiges Personal unmöglich machen würde. Die Ableitung von ca. 190 Mio kcal/Tg. aus dem ganzen Tunnel, z.B. bedingt durch 75 Reisezüge mit einer Geschwindigkeit von 110 km/h und 175 Güterzüge mit 70 km/h, beide vom erwähnten repräsentativen Typ, führt im N Tunnelabschnitt bereits auf eine mittlere Luftgeschwindigkeit von 6.5 m/s.

Eine Beschränkung der Fahrgeschwindigkeit einzelner Züge wird also nicht etwa wegen einer Ueberbelastung der Lok geboten werden müssen, sondern zur Vermeidung einer übermässigen Wärmeerzeugung bei der Tunneldurchfahrt.

II. T e i l

G e o l o g i e

Plan EW Nr. 42 958

1. Art und Lagerung der Gesteine

Das geologische Längenprofil, Plan EW Nr. 42958 ist von den geologischen Experten der Studiengruppe Gotthardtunnel konstruiert worden, auf der Grundlage der Pläne 216 a/2, "Geologische Kartenskizze" und 216 a/5, "Geologischer Horizontalschnitt auf Kote 400 m ü.M." ihres "Vorläufigen geologischen Gutachtens für einen Basistunnel" vom 31. Juli 1961.

Für die Konstruktion der erwähnten geologischen Profile und Karten im Gebiete S des Gotthardmassives standen nur ältere geologische Aufnahmen zur Verfügung. Trotzdem sie als ausgezeichnet bewertet werden können, ist die Darstellung der strukturellen Gegebenheiten viel zu einfach, so dass die folgenden beiden Probleme als nicht genügend abgeklärt bezeichnet werden müssen:

- Verlauf der mesozoischen, triasführenden Pioramulde am Südhang des Gotthardmassives
- Abgrenzung der Leventinadecke in die Tiefe

Um den räumlichen Verlauf der Pioramulde und der Leventinadecke im Frontalbereich erfassen zu können, werden im Sommer 1962 in diesem Gebiet ausgedehnte geologische Untersuchungen über die Schichtlagerung und die Kleinfältelung angestellt. Je nach den Ergebnissen dieser Feldarbeiten wird dann zu entscheiden sein, ob die geologische Kartierung evtl. durch Sondierbohrungen zu ergänzen sei.

Das vorliegende generelle Projekt ist bearbeitet unter Verwendung des Planes EW Nr. 42958, dessen Richtigkeit nach Ansicht der geologischen Experten durch die laufenden geologischen Untersuchungen sehr wahrscheinlich nicht prinzipiell in Frage gestellt wird.

2. Wasseranfall

Die weitergeführten Studien über beobachteten Wasseranfall bei Stollen- und Tunnelbauten im Alpengebiet sowie in europäischen

Gruben geben keinen Anlass, die ursprüngliche Prognose für den mutmasslichen Wasseranfall zu ändern. Die Tunnelrigole wurde bemessen:

- im Aare- und Gotthardmassiv sowie im Bereich der Tessinerdecken für 10 bis 20 l/s km
- im Bereiche der Ursern-Garveramulde des Permocarbon, auf total ca. 0.4 km, sowie der Pioramulde, ca. 0.2 km, für die Grössenordnung von 100 l/s
- längs des ganzen Tunnels für lokale und zeitlich beschränkte Wassereinbrüche in der Grössenordnung von 1 m3/s

Die Berechnung der Kosten von Arbeiten für das Fassen und Ableiten sowie das Abdichten der Tunnelröhre gegen Wasser, erfordert eine Ausscheidung der mutmasslichen Längen von trockenen, feuchten (Tropfwasser) und nassen Zonen (fliessendes Wasser). Die Ungenauigkeit dieser Schätzung darf nicht verkannt werden.

Trockene, feuchte und nasse Gebirgszonen

	Trocken		Feucht		Nass	
	%	km	%	km	%	km
Aaremassiv	70	8.3	20	2.4	10	1.2
Tavetscher Zwischenmassiv	70	2.3	20	0.6	10	0.3
Ursern-Garveramulde	---	0	---	0	100	0.2
Gotthardmassiv	70	8.5	20	2.5	10	1.2
Pioramulde	---	0	---	0	100	0.2
Tessinerdecken	70	12.27	20	3.5	10	1.7
Blockschutt SP	---		---		100	0.15
Total km		31.37		9.0		4.95

Im Kostenvoranschlag sind ausserdem neben einem Grundpreis für die Massnahmen der Wasserhaltung bei Abflüssen bis 20 l/s die Aufwendungen in Rechnung zu stellen für die Ableitung von grösseren Wassermengen und für die Entschädigung der daraus resultierenden Arbeitsbeeinträchtigungen. Es wird angenommen, dass diese erhöhte Wasserhaltung beim Durchfahren der Ursern-Garveramulde, des Permocarbon, der Pioramulde sowie von 5 % der Länge der verbleibenden 44.72 km messenden Tunnellänge zur Anwendung gelangen wird.

Auf Grund der beim Bau von Alpentunneln gewonnenen Erfahrungen ist damit zu rechnen, dass die in den Tunnel eindringenden Wassermengen während der dem Bau folgenden Jahre abnehmen werden.

3. Ursprungstemperatur des Felsen in der Tiefe des Tunnels

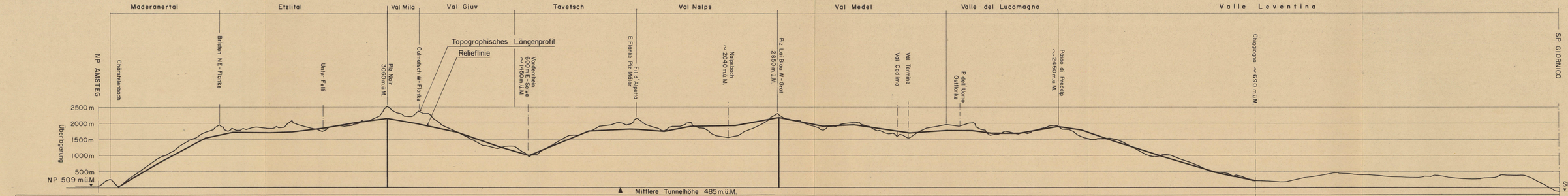
Der Verlauf der Ursprungstemperatur des Felsen in der Tiefe des Tunnels ist dargestellt auf dem folgenden Plan Nr. 42957. Die Temperaturberechnung erfolgte nach der Theorie von Thoma und Koenigsberger. Die geologischen Experten der Studiengruppe haben uns mit Ausnahme des Hinweises auf begrenzte Wasservorkommnisse auf keine zu erwartenden chemischen, pysikalischen oder vulkanischen Vorgänge im Erdinnern aufmerksam gemacht, welche die angenommene stationäre Wärmeströmung beeinflussen könnten.

Die für die Berechnung anstelle der Relieflinie eingeführten sin-Kurven des Bereiches 0 - 90° erfassen die folgenden Bereiche:

Kurve 1	Chärstelenbach - Bristen Ostflanke	N-S	4.60 km
Kurve 2	Chärstelenbach - Piz Nair	N-S	8.32 km
Kurve 3	Vorderrhein - Piz Nair	S-N	4.40 km
Kurve 4	Vorderrhein - E Flanke Piz Máler	N-S	3.10 km
Kurve 5	Vorderrhein - Piz Lai Blau	N-S	7.75 km
Kurve 6	Chiggiogna - Passo di Predelp	S-N	6.12 km

Es ist anzunehmen, dass die berechneten Temperaturen etwas zu hoch sind, weil der im allgemeinen kühlende Einfluss des Wassers im Berginnern nicht berücksichtigt wurde - da rechnerisch nicht erfassbar -, und weil der zwischen dem Maderanertal und der Pioramulde eingeführte Normalgradient von 0.028 auf Grund der für den bestehenden Gotthardtunnel durchgeführten Kontrollrechnung etwas zu gross sein dürfte. Im Gebiete zwischen der Pioramulde und der Leventina wurde entsprechend den schief stehenden kristallinen Schiefern ein Normalgradient von 0.035 angenommen, ebenso im Bereiche der praktisch horizontal liegenden Leventinagneise.

Ursprungstemperatur des Felsen in der Tiefe des Tunnels



○ Temperaturen berechnet nach Thoma - Koenigsberger

Mittlere Tiefenstufe Reliefflinie – Tunnel m		50.7	43.2	29.4	42.2	41.3	35.1	22.7
Bodentemp. bez. Reliefflinie	+10.5	+2.4	+0.3	+6.2	+2.0	+0.3	+1.4	+10.3

Gotthard Basistunnel — Generelles Projekt

Ursprungstemperatur des Felsen in der Tiefe des Tunnels

ELEKTRO-WATT ZÜRICH

GEZ. Hir./Zk. GEPR GES.

MASSTAB 1:50000

DATUM 30. 5. 62

Nr. 42957

30·105 = 0,32 m²

4. Mutmassliches bautechnisches Verhalten der Gesteine und des Gebirges

Die Angaben des "Geotechnischen Längenprofils, wahrscheinliche Eigenschaften und wahrscheinliches Verhalten der Gesteine und des Gebirges", Plan EW Nr. 40426 des Studienberichtes, haben ihre Gültigkeit auch für das Trasse B, d.h. die Linienführung des vorliegenden generellen Projektes, mit Ausnahme des Gebietes der Leventinadecke. Zwischen Chiggiogna und dem Südportal, unterhalb Giornico, ist die Ueberlagerung der Tunnelröhre durch die Leventinagneise nur noch gering. Die Mächtigkeit der Ueberlagerung sowie die tektonischen Verhältnisse sprechen nicht für das Auftreten von Abschalungen oder gar Bergschlag. Diese Beurteilung wird den beim Durchfahren der Antigoriodecke im Südabschnitt des Simplontunnels - welcher der Leventinadecke tektonisch entspricht - gewonnenen Erfahrungen gerecht.

Die geologischen und geotechnischen Verhältnisse innerhalb der vom Basistunnel durchfahrenen Gebirgskörper werden von den Experten zusammenfassend wie folgt gekennzeichnet:

Aaremassiv. Die Streichrichtung der Schieferungsflächen aller Gesteine des Aaremassivs schneidet die Tunnelachse praktisch rechtwinklig; die Schieferungsflächen fallen angenähert vertikal ein. Von Nord nach Süd fortschreitend trifft man von Amsteg bis zum Chärstelenbach die granitartigen Gesteine des Erstfeldergranitgneises, dann eine Zone mit Injektionsgneisen, Sericitgneisen und Sericitschiefern, in die eine schmale Zone schwarzer, z.T. anthrazitführender Karbonschiefer eingelagert ist. In die Sericitgneise und -schiefer, besonders an ihrer Grenze gegen den Aaregranit, sind mehr oder weniger breite Lagen von massigen bis äusserst stark laminierten Quarzporphyren eingeschaltet. Hierauf folgt Aaregranit, der z.T. massig, meist aber leicht geschiefert ist. Starke Laminierung, Mylonite, kommen nur in schmalen Zonen vor. Südlich des Aaregranites folgt ein z.T. von Amphibolit durchzogener Injektionsgneis, der im Süden von Dioriten abgelöst wird.
Soweit sich beobachten lässt, ist die Kataklase, mit Ausnahmen in den Schieferzügen, gering. Ein steilstehendes, besonders ausgeprägtes Kluftsystem schneidet die Tunnelachse unter spitzem Winkel, während ein zweites flachliegendes hauptsächlich in den granitähnlichen Ge-

steinen ausgeprägt ist und häufig eine augesprochene Mineralisation (Quarzklüfte etc.) aufweist. In den ausgesprochenen Schieferzonen, sei es in der Partie am Nordrand des Aaregranites oder in den durchwegs schmalen Myloniten innerhalb des Aaregranites und der Gneise, kann das Gestein infolge tektonischer Bewegungen dermassen zertrümmert sein, dass in ihm evtl. Druckzonen oder grössere Strecken mit Niederbrüchen zu erwarten sind. Im Aaregranit können Entspannungseerscheinungen (Bergschlag - schlagartige Ablösungen -, an der Brust auch Abschalungen) auftreten.

Tavetscher Zwischenmassiv. Auch die Schieferungsflächen der Gesteine des Tavetscher Zwischenmassivs stehen senkrecht, und ihre Streichrichtung schneidet die Tunnelachse beinahe unter rechtem Winkel. Am Aufbau des Tavetscher Zwischenmassivs sind vorwiegend Sericitschiefer und-gneise beteiligt, die Einlagerungen von Serpentinen, Kalkschiefern, Dioriten, Quarzporphyren enthalten und im allgemeinen stark von Pegmatiten durchschwärmt sind. Oft sind die Gesteine intensiv verschiefert. Die zwischen mylonitisierten Sericitschiefern liegenden etwas härteren Gesteinspartien sind infolge tektonischer Vorgänge oft stark zertrümmert. Es sind also innerhalb des Tavetscher Zwischenmassivs öfter auch gebräche, vielleicht druckhafte Partien zu erwarten.

Gotthardmassiv. Die Gesteinzusammensetzung und die geotechnischen Verhältnisse dürften gleich sein, wie sie beim Durchfahren der gotthardmassivischen Gesteine im Gotthardtunnel angetroffen worden sind. In der mesozoischen bis permokarbonischen Urseren-Garverazone sind gebräche bis druckhafte Partien zu erwarten, während in den gotthardmassivischen Gneisen und Graniten (Cristallina-Granit und Medelser-Protogin) mit Bergschlag und Abschalungen an der Brust zu rechnen ist.
Es darf erwartet werden, dass die den Südrand des Gotthardmassivs markierende Trias - sofern sie nicht über dem Tunnel auskeilt - vorwiegend aus zuckerkörnigem Dolomit besteht. Sollte dieser wasserführend sein, so wäre die Zone stark druckhaft.

Tessiner Decken. Mit Ausnahme einer ca. 1.3 km langen, an das Gotthardmassiv resp. an die Trias anschliessenden Zone aus gotthardmassivähnlichen Gesteinen, deren Schieferungsflächen leicht schief zur Tunnelachse streichen und deren Fallen zwischen 90 - 30° schwankt, besteht das zu durchfahrende Gebirge der Tessiner Decken überwiegend aus Leventinagranitgneis, dessen Schieferungsflächen ganz flach liegen und sehr spitzwinklig zur Stollenachse streichen. Es handelt sich um im allgemeinen relativ wenig zerklüftete, grobbankige Gesteine. Die Ueberlagerung ist gering und überschreitet nur im nördlichen Abschnitt 1000 m. Gebräche Zonen werden lokal begrenzt sein, Entspannungserscheinungen sind vorwiegend in den nördlichsten Partien des Leventinagneises (Umbiegung) zu erwarten. Lokal können auch Ablösungen von Bänken auftreten.

5. Definition und mutmassliche Verteilung der Gebirgsklassen

In den "Grundlagen für die Berechnung der generellen Baukosten der Gotthard-Strassentunnel-Varianten" der Studiengruppe Gotthardtunnel vom Januar 1962, sind die verschiedenen Felsklassen im Hinblick auf eindeutige Massnahmen, welche voraussichtlich auf Grund der geotechnischen Beurteilung beim Ausbruch des vollen Profils zu treffen sind, um Steinfall zu verhindern oder den Ausbruch überhaupt vornehmen zu können, wie folgt definiert:

a) Standfester Fels, mit Ausnahme von einzelnen Felsankern (im Maximum 5 Stk/lm) sind während des Ausbruches keine Sicherungen notwendig.

b) Leicht gebrächer Fels, dem Vortrieb unmittelbar folgend ist eine systematische Felssicherung erforderlich mit:

- Felsankern allein (mindestens 6 Stk/lm)
- Felsankern mit Drahtnetzen, Drahtseilen, Flugpistenblechen, Spritzbeton oder Gunit
- oder es ist einzig oder in Verbindung mit Felsankern der serienmässige Einbau von Stahlrahmen, mehr als 20 m hinter der Brust, notwendig.

c) Gebrächer Fels, während des Ausbrechens, jedenfalls aber unmittelbar nach jedem Abschlag, muss der Ausbruchquerschnitt vor Ort mit Stahl-Rahmen oder -Ringen gesichert

werden. Die Felsflächen zwischen den Rahmen oder Ringen müssen gegebenenfalls abgedeckt werden mit:

- Stahlspitzen oder Betonbrettern oder
- armiertem oder unarmiertem Gunit- oder Spritzbetonauftrag

d) Druckhafter Fels, der Vortrieb erfolgt unter Verwendung von Marciavanti oder in Anwendung eines marciavanti-ähnlichen Systems. Gegebenenfalls muss die Brust durch Einbauten gehalten werden.

Es wurde vorläufig angenommen, dass der Tunnel zwischen dem Gotthardmassiv und den Tessinerdecken die Pioramulde durchfährt und das diese Gebirgszone auf eine Länge von 0.2 km aus wasserführendem, zuckerkörnigem Dolomit bestehe und damit sehr stark druckhaft oder "schwimmend" wäre.

e) Schwimmendes Gebirge - nicht im Sinne der tektonischen, sondern der überlieferten bautechnischen Definition - besteht aus in die Einzelkomponenten desaggregiertem und stark wasserführendem Gestein, welches normalerweise erst nach vorgängiger Verfestigung oder mittels Schild und unmittelbar folgendem definitivem Ausbau durchfahren wird.

Die mutmassliche Verteilung der Gebirgsklassen auf die Tunnellänge ist auf dem geologischen Längenprofil, Plan EW Nr. 42958 sowie auf der folgenden Tabelle 2 dargestellt.

Gotthard Basistunnel
Generelles Projekt

Verteilung der Felsklassen

Grundlage: Geologisches Profil Plan Nr. 42958

Zone	Ausdehnung ca. km	Standfest m	leicht o.Einb. m	gebräch m. Einb. m	gebräch o.Sohleng. m	gebräch m.Sohleng. m	Allgemein m	Druckhaft Schwimmend m	Blockschutt m
Erstfeldergneis	0.2	190	---	---	10	---	---	---	---
Paragneise und Paraschiefer	0.8	360	120	200	70	10	40	---	---
Granit	0.7	560	105	---	35	---	---	---	---
Serizitschiefer, Quarzporphyre	1.0	450	150	250	90	10	50	---	---
Gneise, Granite Zentrales Aaremassiv.	9.2	1840	6900	---	460	---	---	---	---
Tavetscher Zwischenmassiv	3.2	160	800	800	640	640	160	---	---
Ursern-Garveramulde	0.2	90	20	20	30	20	20	---	---
Permocarbon N Gotthardmassiv	0.2	10	40	40	40	50	20	---	---
Gneise, Granite des Gotthardmassives	12.0	2400	9000	---	600	---	---	---	---
Trias der Pioramulde	0.2	---	---	---	---	---	---	200	---
Altkristallin der Tessinerdecken	1.3	650	585	---	65	---	---	---	---
Leventinagneis N-Abschnitt	4.47	890	3350	---	230	---	---	---	---
Leventinagneis S-Abschnitt	11.7	9360	1755	---	585	---	---	---	---
Blockschutt am SP	0.15	---	---	---	---	---	---	---	150
	45.32	16960 (37.4%)	22825	1310 (53.3 %)	2855	730 (7.9%)	290	200 (1.4 %)	150
	100 %	35 %	55 %		8 %		2 %		

III. T e i l

Bauausführung Anlagekosten

1. Ausführungskonzeption

- Der Tunnelbau wird von den beiden Portalen bei Amsteg und Giornico und von den zwei Doppelschächten bei Selva und Chiggiogna aus erfolgen. Dementsprechend wird unterschieden zwischen: Portalbaustellen (Hauptvortriebe) und Schachtfussbaustellen (Sekundärvortriebe).

- Wo immer die geologischen Verhältnisse dies gestatten, wird der Tunnel mit vollem Querschnitt vorgetrieben. In Teilstrecken des gebrächen, sowie im druckhaften und "schwimmenden" Gebirge kommt der Teilausbruch zur Ausführung. Bei der Berechnung der Baukosten wurde vorausgesetzt, dass das "schwimmende" Gebirge zuerst mit einem Vortriebsstollen unter Anwendung der Schildbauweise (ohne Druckluft) durchfahren werde.

- Das konventionelle Bauverfahren - Bohren, Sprengen, Räumen - gelangt zur Anwendung.

- Während des über lange Zeit andauernden Vortriebes durch Zonen hoher Ursprungstemperatur des Felsen müssen alle Arbeitsplätze klimatisiert werden. Um die Kosten der Klimatisierung möglichst tief zu halten, müssen die Arbeitsplätze in einem möglichst kurzen Tunnelabschnitt, der Arbeitsstrecke, zusammengefasst werden. Innerhalb dieser Strecke werden sämtliche Bauarbeiten ausgeführt.

- Im Verlaufe der Bauzeit, nach den Sekundärdurchschlägen, wird die Distanz zwischen den Portalen und den zugehörigen Arbeitsstrecken auf weit über 20 km ansteigen. Um alle Personen- und Materialtransporte rasch und sicher abwicklen zu können, erfolgen diese mit Normalspur-Zugskompositionen, welche auf der hinter der Arbeitsstrecke liegenden Zufahrtsstrecke, d.h. im fertiggestellten Tunnelabschnitt mit definitivem Oberbau, Fahrleitung und Sicherungsanlagen, verkehren.

- Für die Hauptvortriebe findet die Normalspur praktisch ab Baubeginn Verwendung. Die Sekundärvortriebe werden über Schmalspurlinien bedient. Nach erfolgtem Sekundärdurchschlag werden die Schmalspurgeleise durch die Normalspur ersetzt. Sobald ein Normalspurgeleise

bis zur Arbeitsstrecke der Schachtfussbaustelle nachgezogen ist, erfolgt die Umstellung vom Schmalspur- auf den Normalspurbetrieb. Die Schachtbaustelle wird damit zur Portalbaustelle.

Diese Konzeption wurde bereits im Studienbericht vorgeschlagen. Die seither auch von Unternehmungen ausgeführten Studien haben die Zweckmässigkeit dieses Bauvorganges nachgewiesen; gewisse Aenderungen erfuhren lediglich:

- die Staffelung der Bauarbeiten in der Arbeitsstrecke
- das Geleiseschema in der Arbeitsstrecke
- die Länge der Arbeitsstrecke

Staffelung der Bauarbeiten in der Arbeitsstrecke

Abschnitt Nr.	Portalbaustellen	Schachtfussbaustellen
1	Vortrieb Bohren Sprengen Räumen Profilregulierung	Vortrieb
2	Warteraum für Schutterzüge Fundamentstreifen Rigole	Warteraum Fundamentstreifen Rigole
3	Vordichten Betonieren der Auswölbung	Vordichten Auswölbung
4	Tunnelinstallationsplatz Injektionen	Injektionen Nachdichten
5	Rangier- u. Lokwechselstrecke	---
6, 7	Sohlenreinigung Sohlenausgleichsbeton ev. Sohlengewölbe ev. Nachdichten Installationen des Bahnbetriebes	---

Länge der Arbeitsstrecken

Portalbaustellen	Schachtbaustellen
1536 - 3156 m	1100 - 1400 m

Es ist damit zu rechnen, dass während des Vortriebes wechselweise günstige und ungünstige Felsverhältnisse angetroffen werden. Der zur Hauptsache für die Geschwindigkeit des Fortschreitens aller Arbeiten massgebende Vortrieb der Tunnelbrust wird daher nicht stetig verlaufen und evtl. auch den Rhythmus der nachfolgenden Arbeiten beeinflussen, welche dabei in eine organisatorische und technische Abhängigkeit geraten vom Vortrieb. Diese Abhängigkeit wird umso grösser, je kleiner die Abschnitte der Arbeitsstrecke sind. Es ist aber auch denkbar, dass durch eine Störung im Ablauf der Betonierungsarbeiten, z.B. Nachbrüche, in vereinzelten Fällen der Vortrieb wegen der Arbeitsdisposition und nicht wegen der Felsverhältnisse an der Brust beeinträchtigt wird.

Das auf den Plänen EW Nr. 42959 und 43403 dargestellte Schema des Bauvorganges zeigt Teilarbeitsstrecken mit einem gewissen Puffervermögen. Im Rahmen der Offertbearbeitung werden die submittierenden Unternehmungen die vorliegende Disposition zu überprüfen und zwischen den organisatorischen und klimatisierungstechnischen Vor- und Nachteilen zu wählen haben.

2. Vermessung und Absteckung

2.1 Beschaffung der Absteckungsgrundlagen

Für die Absteckung des Basistunnels erachtet es die Eidg. Landestopographie als notwendig, die Landestriangulation über ein geeignetes Netz, welches die vier Baustellen Amsteg, Selva, Chiggiogna und Giornico verbindet, zu kontrollieren. Daraus kann die für Absteckung wichtige Richtungsbestimmung abgeleitet werden.

Um die neuen Triangulations-Punkte in Nähe der Baustellen ins Netz einzubeziehen, wird dort eine besondere Rekognoszierung notwendig sein. Gleichzeitig kann die Signalisierung der ausgewählten Triangulationspunkte (meist I. - III. Ordg.) durchgeführt werden, die sich auf Höhen bis 3300 m befinden. Anschliessend wird die Messung durchgeführt.

Die Höhen dürfen nach Auffassung der L + T den Berechnungen des Landesnivellements entnommen werden, welches in den Jahren 1918/19 erstellt wurde. Um lokale Veränderungen feststellen zu können, sind pro Baustelle mindestens 3 Punkte des Eidg. Nivellements untereinander zu vergleichen, wofür in gewissem Umkreis eine Neumessung notwendig wird.

2.2 Absteckungskontrolle und Vermessung der Tunnelaxe

Für die Absteckung und Vermessung sind weder beim NP noch beim SP besondere Richtstollen erforderlich. Die beim gegebenen Kurvenradius von 1500 m vorhandene Sichtdistanz in der Bogensehne beträgt ca. 350 m und ist damit grösser als die von der L + T geforderte Minimaldistanz von 200 m.

Die Absteckungen des ersten Vortriebes sollen schon bald nach dessen Beginn kontrolliert werden, um grobe Fehler auszuschliessen. In fortgeschrittenem Stadium dürfte es genügen, jeweils nach 600 - 1000 m eine Absteckungskontrolle auszuführen. Um den Bauvorgang möglichst wenig zu stören, ist sie in der Regel an einem Wochenende vorzunehmen. Zusätzlich dürften pro Baustelle 2 durchlaufende Absteckungskontrollen notwendig sein. Durchschlagskontrollen werden die Absteckungsgenauigkeit ergeben, zudem wird damit auch die definitive Lagebestimmung der Tunnelaxe ermöglicht.

2.3 Schachtlotung und Tiefenmessung

In der Schweiz konnten bisher mit solchen Operationen keine Erfahrungen gewonnen werden. Voraussichtlich werden grössere Vorarbeiten und Versuche erforderlich sein, sowohl für die zweifache Richtungsübertragung (mittels Lotung und evtl. unter Anwendung eines Kreiseltheodoliten) wie für die Bestimmung der Höhe der Schachtsohle. Die nachstehend ausgewerteten Angaben betreffend die Richtungsabsteckung durch Vertikalschächte sind ausländischen Ursprungs.

2.4 Schätzung der Durchschlagsgenauigkeit

In der nachfolgenden Tabelle sind die von der L + T geschätzten maximalen Durchschlagsfehler angegeben. Die zu erwartenden Fehler dürften also innerhalb dieser Werte liegen und im Durchschnitt nur

1/3 bis 1/2 davon erreichen.

Durchschlagstelle nach Bauprogramm	Maximale Durchschlagsfehler in cm für Richtung	Länge	Höhe
Sekundärdurchschlag N	80	50	20
Sekundärdurchschlag S	50	40	15
Hauptdurchschlag	130	100	20

2.5 Durchschlagsgenauigkeit und Bauvorgang

Die zu erwartenden Durchschlagsfehler liegen in einer Grössenordnung, welche den Vollausbruch bis zum Durchschlag rechtfertigt. Notwendig werdende Anpassungen der Auswölbung des Tunnels sowie der Lage des Geleises und der Fahrleitung sind innerhalb der verfügbaren Ausgleichungsstrecken praktisch ohne Mehrkosten und Konsequenzen für den Bahnbetrieb möglich.

3. Ausführung der auf einem Portal basierenden Arbeiten (Hauptvortrieb)

3.1 Installationsplätze, Bauinstallationen

Die für die Durchführung des Tunnelvortriebes und des Ausbaues erforderlichen Bauinstallationen werden zum einen Teil stationär vor den Portalen und zum andern Teil mobil, auf einem Eisenbahnzug in der Arbeitsstrecke, im Tunnel vorgesehen.

Die Installationen vor den Portalen bestehen zur Hauptsache aus Unterkunftshäusern und Verpflegungsstätten für das Personal, aus Lagerplätzen, Magazinen und Werkstätten, aus Silos für die Betonzuschlagsstoffe sowie aus einer Rangiergeleiseanlage, welche nach der Fertigstellung des Tunnels zur Portalüberholungsstation umgebaut wird.

Bei Amsteg fällt die Ebene N des Portales, begrenzt durch die Reuss zwischen dem Zeughaus und dem Schüpfibach, die neu anzulegende Anschlusslinie und die Hauptstrasse, als Installationsplatz in Betracht. Dieser kann von Erstfeld und Amsteg aus dauernd über die Kantonsstrasse

und ca. 2½ Jahre nach Baubeschluss auch über die neue definitive Anschlusslinie, Bhf. Erstfeld - NP, erreicht werden.

Die Ebene beidseits der Ueberholungsstation beim Südportal, zwischen dem Damm der bestehenden Gotthardlinie und dem Ticino ist, als Installationsplatz bei Giornico vorgesehen. Er ist dauernd von Giornico und Biasca aus auf der Kantonsstrasse und bereits kurz nach Baubeschluss über ein provisorisches Anschlussgeleise von der bestehenden Bahnlinie aus erreichbar. Die definitive, vom neuen Bahnhof Biasca ausgehende Anschlusslinie ist zur Abwicklung der Transporte während der Bauzeit nicht erforderlich und wird ohnehin erst gegen Abschluss der Tunnelbauarbeiten verfügbar sein.

Auf dem in der Arbeitsstrecke des Tunnels stehenden Installationszug sind die folgenden Installationen montiert:

- Kompressoren und Windkessel
- Kältemaschine der Klimaanlage
- Transformatoren und Schalter der Baustromversorgung
- Vorgeschobene Staffel der Werkstätten und der Magazine
- Akku-Ladestation
- Kantine

Er enthält ferner das Zentrum der Bauführung und der Transportorganisation.

3.2 Arbeitsstrecke

Pläne EW Nr. 43 314 und Nr. 42 959

Die Arbeitsstrecke ist unterteilt in 5 bis 7 Teilstrecken. Zwischen je zwei Teilstrecken ist entweder eine einfache, 60 m lange, oder eine doppelte, 120 m lange, Weichenverbindung angeordnet. Sämtliche Bauweichen und die sie verbindenden Baugeleise werden nach einem starren Schema provisorisch in feinkörniges Tunnelausbruchmaterial verlegt.

Dieser Oberbau wird hinter der Brust mit fortschreitendem Vortrieb verlegt und praktisch ohne Umbau oder Ergänzungen belassen bis zur Fertigstellung des definitiven Unterbaues und der Montage des definitiven Oberbaues.

Im Bereiche der vier vordersten Geleiseteilstrecken kommen hintereinander die folgenden Arbeiten zur Ausführung:

Teilstrecke Nr.	Arbeitsgattung	Teilstreckenlängen m (inkl. Weichen)
1	Vortrieb	240 bis 564
2	Fundamentstreifen) Rigole)	324
3	Vordichten) Betonierung der) Auswölbung)	324
4	Installationszug) Injektionen)	324

Nachdem der Tunnel jeweils 324 m vorgetrieben ist, wird jede dieser Teilstrecken zum Arbeitsplatz für die nachfolgende Arbeitsgattung. Dieser Wechsel wird sich im standfesten Fels ca. alle 1.7 Monate, im leicht gebrächen ca. alle 2.1 Monate vollziehen.

Ebenfalls nach einem starren Schema, aber in grösseren Zeitintervallen, folgen die nachgenannten Arbeiten:

5 Die inkl. der doppelten Weichenverbindung ebenfalls 324 m lange Rangier- und Lokwechselstrecke wird jeweils erst verlegt, nachdem der Tunnel um 1296 m vorgetrieben ist.

6 In der von 0 auf 852 m anwachsenden Teilstrecke zwischen dem im 324 m - Rhythmus zu verlegenden Tunnelinstallationszug und der länger stationär bleibenden Lokwechselstrecke wird zuerst im Bereiche des einen Geleises der Unterbau definitiv fertiggestellt, und das definitive Geleise auf eine zusammenhängende Länge von 852 m verlegt, anschliessend gelangen die gleichen Arbeiten im Bereiche der andern Fahrspur zur Ausführung.

7 Ueber ein verlängertes Wochenende wird die vorverlegte Lokwechselstrecke in Betrieb genommen, d.h. die provisorischen Sicherungsanlagen und die Tram-

fahrleitung sind im Bereiche der alten Lokwechselzone zu demontieren und über der neuen wieder zu installieren. Ferner wird über der 852 m langen Teilstrecke mit definitivem Oberbau und über der alten 444 m langen Lokwechselstrecke (Länge inkl. beidseitige Weichen), also über ein Spannfeld von 1296 m die definitive Fahrleitung montiert. Anschliessend wird unter Sicherstellung der Durchfahrt auf einem Geleise in der alten Lokwechselstrecke der Unterbau fertiggestellt und der definitive Oberbau verlegt. Schliesslich sind in der nun 1296 m langen, mit definitivem Oberbau und definitiver Fahrleitung ausgerüsteten Tunnelstrecke noch die definitiven Sicherungsanlagen und die Einrichtungen der Dreiphasenstrom-Versorgung zu installieren sowie alle Hoch- und Niederspannungskabel zu verlegen.

Die Berechnung der Bau- und Installationskosten beruhen auf der nachfolgend beschriebenen Ausführung der einzelnen Arbeitsgattungen:

Nr. 1 Vortrieb

Für das Bohren und Laden der Bohrlöcher wird ein selbstfahrender Bohrwagen in Portalkonstruktion eingesetzt. Er fährt auf zwei Schienen, welche ausserhalb der Stollenbaggergeleise, im Bereiche der Fundamentstreifen verlegt sind. Die eigentlichen Bohrarbeiten werden mittels leichter auf Leitern geführter und abgestützter Hämmer ausgeführt.

Zwei nebeneinander arbeitende Stollenbagger vom Typ Convay-100 beladen nach erfolgter Sprengung je zwei Schutter-Teilzüge, bestehend aus je sieben kippbaren zweiachsigen Spezialwagen von 17 m^3 Inhalt und einer Akku-Lok. Um die Arbeits-Unterbrüche durch Rangiermanöver möglichst kurz zu halten, wird auf zeitraubende Wagenwechsel verzichtet und hinter jedem Bagger ein Dixon-Conveyer installiert, welcher die 7 Wagen der total 49.6 m langen Teilzüge (ohne Lok) belädt ohne Wagen- oder Zugswechsel. Die Dixon-Conveyers sind nicht fahrbar. Sie werden für Verschiebungen auf Schutterwagen abgestützt.

Nr. 1 Profilregulierung.

Sie folgt unmittelbar hinter dem Vortrieb von einem Portalwagen aus, welcher zusätzlich zum Bohrwagen dem Bohren der Ankerlöcher

und dem Versetzen der Felsanker dient.
Die minimale Länge des Vortriebs- und Profilregulierungsabschnittes beträgt 120 m, die maximale 444 m.

Nr. 2 Fundamentstreifen, Rigole

In diesem Arbeitsabschnitt steht nur ein Geleise dem durchgehenden Verkehr zu Verfügung, während das andere durch die Bauarbeiten (Sprengen der Gräben, Aushub, Betonierung der Streifen bzw. des Rigolen-Kastens) beansprucht wird. Die Herstellung der Rigole im Bereiche der Weichenverbindungen erfordert deren vorübergehenden Ausbau.

Nr. 3 Vordichten

Das Fassen und Ableiten des Wassers auf die Tunnelsohle erfordert den Einsatz eines Portalgerüstes, welches auf über den Fundamentstreifen verlegten Schienen verschoben werden kann. Die gleichen Schienen werden später auch von den Schalungswagen befahren.

Nr. 3 Betonierung der Auswölbung

Der Beton wird im Tunnel hergestellt. Das erforderliche Kies-Sand-Trockengemisch wird auf dem Portalinstallationsplatz dosiert und in Transport-Trommeln abgefüllt. Diese Trommeln, vom gleichen Typ wie üblicherweise auf Lastwagen montiert, weisen einen Inhalt von 5 m^3 fertigem Beton auf und sind auf Plattformwagen installiert. Jede Trommel findet als eigentlicher Betonmischer Verwendung, über welchem ein der Mischkapazität entsprechender Zement- und Wasserbehälter angeordnet ist. Die Wasser- und Zementzugabe sowie das Mischen erfolgt unmittelbar vor dem Einbringen des Betons. Je 13 Trommelwagen und die zugehörige Lok bilden einen Betonzug. Dieser wird nach Ankunft in der Betonierstrecke fortlaufend entladen, indem der zu entleerende Wagen vor einem Förderband anhält, über welches ein über einem Druckluftbetonförderer gelegener Zwischensilo beschickt wird. Der Beton wird nach Bedarf in den Förderer geleitet und von dort in die Schalung geblasen. Die Installationen für Betonierung der Auswölbung sind bemessen für ein Leistung von 20 m^3/Std. Dies ermöglicht die Durchführung des eigentlichen Betoniervorganges in einer achtstündigen Arbeitsschicht, während die rest-

lichen beiden täglichen Schichten den Schalungsarbeiten und dem Schalungsunterhalt reserviert bleiben.

Im Betonierabschnitt steht dem Durchgangsverkehr nur ein Geleise zur Verfügung.

Nr. 4 Tunnelinstallationszug

Der Installationszug belegt dauernd eines der beiden durchgehenden Geleise.

Nr. 4 Injektionen

Die Niederdruck-Füllinjektionen sind für alle, die Hochdruck-Konsolidierungsinjektion mit Ausnahme der standfesten ebenfalls für alle Felsklassen vorgesehen. Sie kommen frühestens 3-4 Wochen nach vollzogener Betonierung im Bereiche des Tunnel-Installationszuges, unter Verwendung eines Portalgerüstes, zur Ausführung.

Nr. 5 Rangier- und Lokwechselstrecke

Dieser Abschnitt mit einer konstant bleibenden Länge von 204 m wird beidseitig durch doppelte Weichenverbindungen begrenzt. Beide Geleise können durch Rangiermanöver belegt werden. Die Traktion der Züge kann sowohl mit Akku-Lok, als auch mit elektrischen Streckenloks erfolgen, da über beiden Geleisen und den anschliessenden Weichenverbindungen eine provisorische Fahrleitung installiert ist (sogenannte Tramfahrleitung). An die portalseitige Weichenverbindung schliessen der definitive Oberbau und die definitive Fahrleitung an.

Nr. 6 Definitiver Unterbau

u. 7 Dem Reinigen und Waschen der Ausbruchsohle folgt das Einbringen des Sohlenausgleichbetons. Falls sich evtl. in einzelnen Tunnelabschnitten der Einbau eines Sohlengewölbes hinter der Brust als notwendig erweist, gelangt diese Arbeit in der Teilstrecke Nr. 6 zur Ausführung. Alle Unterbauarbeiten werden nur im Bereiche eines Geleises ausgeführt unter Belassung der freien Durchfahrt auf dem andern.

3.3 Transporte

Die Planung der Versorgung der Baustelle, im Besondern der Transporte von den Portalen zu den Arbeitsstrecken, ist nicht von geringerer Bedeutung als die Planung der Bauarbeiten.

Die Transporte zwischen den Portalinstallationsplätzen und der Lokwechselstrecke werden im vollständig fertiggestellten Tunnel unter Verwendung von Streckenlok der SBB ausgeführt. Mit Ausnahme der Sicherungsanlagen sind auch alle baulichen Einrichtungen des definitiven Bahnbetriebes der Zugförderung dienstbar. Eine provisorische Sicherungsanlage wird erlauben, den Zugsverkehr in der ganzen Zufahrtsstrecke, insbesondere bei Einspurbetrieb, signal- und blockmässig gesichert abzuwickeln. In diese Sicherungsanlage werden auch die Spurwechselstellen Nr. 2 bzw. Nr. 5 eingegliedert, sobald sie in den Bereich der Zufahrtsstrecke gelangen.

Die folgenden Transporte sind an jedem vollen Arbeitstag abzuwickeln:

- Personentransporte	Arbeiter Besucher
- Materialtransporte	Tunnelausbruch Betonzuschlagsstoffe und Zement Verschiedenes Verbrauchsmaterial Munition Zünder Einbaumaterial Felsanker, Drahtnetze Mischgut für Injektionen und Gunit oder Spritzbeton Schmiermittel Installationsmaterial, Baugeräte Versorgungsgüter für Magazine und Werkstätten Verpflegung für Arbeitsschicht

Bei einem maximalen Vortrieb von 9 m/AT ist ein täglicher Materialnach- und Rückschub von ca. 2630 t, bei einem mittleren Vortrieb von 7 m/AT ein solcher von ca. 1930 t erforderlich.

Die Abt. für den Zugförderungs- und Werkstättedienst der SBB hat für verschiedene Arbeitsstadien die Fahrpläne und Lokomotivdienstpläne bearbeitet. An einem gewöhnlichen Arbeitstag ist mit folgenden Zügen in einer Fahrrichtung zu rechnen:

1 - 2 Schutterzüge zu 56 angehängten Achsen
3 Betonzüge zu 26 angehängten Achsen
3 Arbeiter-Schichtzüge
4 Züge für verschiedene Materialien
1 Zug für Baustellenbesucher

3.4 Wasserhaltung

Im steigenden Vortrieb wird das anfallende Wasser direkt durch die Rigole abgeleitet.

Im auf 6 bis 7 km anwachsenden fallenden Vortrieb der N Tunnelhälfte muss das Wasser vor dem Hauptdurchschlag über die Tunnelkulmination gepumpt werden, um anschliessend mit freiem Spiegel durch die Rigole zum Nordportal abzufliessen.

3.5 Deponien

Pläne EW Nr. 43683 a und d

Vom Nordportal aus werden bis zum Sekundärdurchschlag ca. 8.15 km und nach der Aufnahme des Hauptvortriebes S des Tavetsch bis zum Hauptdurchschlag der durchgehenden Tunnelröhre weitere ca. 4.50 km Tunnel ausgebrochen werden. Inbegriffen der Ausbruchanteil an der Ueberholungsstation in Tunnelmitte werden ca. 1.14 Mio m^3 Festgestein zum NP transportiert werden.

Der Tunnelvortrieb bei Amsteg wird nicht unter Anwendung des Geleisebetriebes, sondern mittels Motorfahrzeugen beginnen. Weil damit gerechnet wird, dass die Bauarbeiten an der Anschlusslinie - welche für den rationellen Transport der Schienenfahrzeuge fertiggestellt sein muss - den Beginn des Tunnelvortriebes deutlich überdauern, wird sogar vorausgesetzt, dass der Pneubetrieb bis ca. 1200 m ab NP angewendet werde. Aus dieser Tunnelstrecke ergeben sich ca. 0.1 Mio m^3 Festgestein, entsprechend einem Deponievolumen von ca. 0.15 Mio m^3. Dieses Material findet Verwendung für die Dämme der Ueberführung der Strasse Amsteg-Silenen über die Geleise der Ueberholungsstation und wird im übrigen entlang des Hanges W Russli deponiert. Die Böschung wird dabei so gestaltet, dass ihr Fuss entlang des E-Randes der Ueberholungsstation verläuft.

Das verbleibende Ausbruchmaterial, ca. 1.04 Mio m^3 Festgestein, soll im Urnersee versenkt werden. Dieser Vorschlag mag zuerst das Bedenken, wenn nicht gar den Widerstand der Naturfreunde hervorrufen. Er basiert

aber auf den folgenden Tatsachen:

- das Deponiematerial ist anorganisch und ohne Einfluss auf den chemischen Zustand des Sees,
- die Trübung des Wassers ist lokal und dauert nur während und kurz nach dem Kippvorgang an,
- die ausserordentliche Tiefe des Sees an der vorgesehenen Kippstelle ermöglicht das Schütten von Deponiekörpern, welche unsichtbar bleiben
- nur mittels einer Unterwasserdeponie lässt sich das Ausbruchmaterial vollständig dem Blick entziehen und führt zu keiner Beeinträchtigung des Landschaftsbildes.

Es ist vorgesehen, die Ausbruchmaterialzüge über Erstfeld-Fluelen zum Südportal des Axenbergtunnels zu führen. Dort zweigt das ca. 450 m lange Deponiegeleise vom Hauptgeleise Fluelen-Sisikon ab und folgt in einer Halbgalerie dem Steilufer des Urnersees, der Axenflue. Die Halbgalerie kann nach Abschluss des Deponierens abgedeckt und praktisch unsichtbar gemacht werden.

Anlässlich der Bearbeitung des Bauprojektes wird zu untersuchen sein, ob evtl. der Verlad des Schuttergutes auf Schiffe in Fluelen und das Deponieren vom Schiff aus organisatorische und wirtschaftliche Vorteile bringt.

<u>Vom Südportal aus</u> werden ca. 4.3 und ca. 5.4, total ca. 9.7 km des Tunnels vorgetrieben. Der totale Ausbruchmaterialanfall beträgt ca. 0.93 Mio m^3 Festgestein, entsprechend einem Deponievolumen von ca. 1.4 Mio m^3. Davon werden für die Schüttung der Dämme des Anschlussgeleises vom bestehenden Streckengeleise zum Installationsplatz und der Anschlusslinie inkl. Ueberholungsstation ca. 0.44 Mio m^3 und für das Planum des neuen Bahnhofes Biasca ca. 0.26 Mio m^3 benötigt. Die verbleibenden ca. 0.7 Mio m^3 werden deponiert zwischen dem Bodio- und dem Pollegiotunnel. Die Deponie kommt auf steinigen Boden, N begrenzt durch den Talhang, S durch den Bahndamm, zu liegen.

3.6 Baustromversorgung

Zur Deckung des Bauenergiebedarfes aller Baustellen wird Dreiphasen-Strom von 50 Hz. verwendet.

Die Portalbaustelle Amsteg kann an der Freiluftschaltanlage Plattischachen, die Portalbaustelle Giornico am KW Biaschina und nach dessen Ausserbetriebsetzung am neuen Kraftwerk Personico am 50 kV-Netz angeschlossen werden.

Von diesen Bezugspunkten aus muss die Energie mit 50 kV bis zu den in unmittelbarer Umgebung der Baustellen vorzusehenden Unterstationen übertragen werden, wo die Transformation auf 16 kV erfolgt. Die installierte Leistung in den Unterstationen beim Nord- und Südportal, beträgt entsprechend den für die Baustellen vorgesehenen Anschlusswerten unter Berücksichtigung der Ungleichzeitigkeit des Betriebes je ca. 4000 kVA. Die Weiterverteilung der elektrischen Energie zu den Transformatorenstationen vor dem Tunnelportal oder auf dem Installationszug im Tunnel erfolgt mit 16 kV Betriebsspannung. Die auf den Installationszügen befindlichen Trafostationen werden mit je zwei parallelen Dreileiterkabeln von 70 mm^2 Querschnitt angeschlossen. Eines dieser Kabel findet später für die definitive Dreiphasenstromversorgung des Tunnels Verwendung. Die Kosten eines Kabels sind im Voranschlag der baulichen Einrichtungen des Bahnbetriebes enthalten.

4. Ausführung der auf einem Zwischenangriffspunkt basierenden Arbeiten (Sekundärvortrieb)

4.1 Dimensionierungsgrundlagen für die Bauinstallationen

Es wurde vorläufig angenommen, dass von jedem Schachtfuss aus der Vollvortrieb in beiden Richtungen erfolgen werde. Anlässlich der Bearbeitung des Bauprojektes wird aber die Variante mit forciertem Richtstollenvortrieb in fallender Richtung, mit dem Ziele, möglichst rasch den Hauptvortrieb zu treffen, um die natürliche Vorflut zu erhalten, noch untersucht werden müssen.

Bei der Dimensionierung der Transportinstallationen wurde davon ausgegangen, dass die mittleren Vortriebs- und Betonierungsleistungen in diesen, auf Schächten basierenden Arbeitsstrecken nicht kleiner sein sollen, als die von den Portalen aus erzielten Leistungen. Im besonderen war der Dimensionierung eine Spitzenleistung zu Grunde zu legen, welche die Mittelleistung ebenso prägt, wie unterdurchschnittliche Fortschritte. Sie wurde zu 9 m/AT in jeder Richtung angenommen. Daraus resultieren bedeutende Transporte für die Versorgung der Baustellen und die Abfuhr des Ausbruchmaterials. Für jede dieser beiden Transportkategorien wird je ein Schacht vorgesehen, der Förderschacht und der Seilfahrtsschacht. Gesamthaft ergeben sich folgende Vorteile durch die Verwendung von zwei Schächten gegenüber der Lösung mit nur einem Schacht:

- Beim Abteufen: Beim evtl. Antreffen von Wasser in einem der beiden Schächte kann die Situation mit Hilfe des andern, sehr wahrscheinlich wasserfreien Schachtes rasch gemeistert werden.

- Zu Beginn des Tunnelvortriebes: Die sich über zwei Schächte erstrekkende Basis ergibt eine genauere Uebertragung der Tunnelrichtung.

- Während des Tunnelvortriebes: Oertlich getrennte Umschlagstellen für die beiden Transportgüterkategorien führt zu einer einfachen baulichen Disposition am Schachtfuss und zu einem unabhängigen Betrieb. Ausserdem kann der Seilfahrtsschacht (Baustellenversorgung) der Frischluft- und der Förderschacht (Ausbruchabtransport) der Abluftförderung nutzbar gemacht werden.

- Während des Bahnbetriebes im fertigen Tunnel: Die für die Lüftung des Tunnels verfügbare Fläche der beiden kleineren Schachtscheiben ist

grösser als der Querschnitt des entsprechenden grösseren Schachtes.

Die Baukosten zweier Schächte von kleineren Durchmessern sind nur um 5 - 10 % höher als für einen ebenso leitungsfähigen Schacht mit grossem Durchmesser.

Die Staffelung der Arbeiten in der Arbeitsstrecke ist im 1. Abschnitt dieses Berichtsteiles beschrieben. Die Durchführung der Bauarbeiten entspricht im Prinzip dem Vorgehen auf den Portalbaustellen, erläutert im Abschnitt 3.2. Die Fertigstellung des Unterbaues folgt hingegen in einer späteren Phase der Arbeiten und die Einrichtungen des Bahnbetriebes werden überhaupt vom Portal aus installiert.

Die Transportdistanzen zwischen dem Schachtfuss und der darauf basierenden Brust betragen im Maximum nur 5 bis 7 km. Deshalb und weil u.a. Normalspurfahrzeuge nur durch einen Schacht von besonders grossem Durchmesser und nur mittels sehr starker Fördermaschinen zugeführt werden könnten, erfolgen alle Transporte im Tunnel auf Schmalspurgeleise von 900 mm Spurweite.

4.2 Vertikalschächte

Die im Abschnitt 5.22 des II. Teiles des Studienberichtes festgehaltenen Ueberlegungen wurden durch die weitergeführten Studien bestätigt.

Erforderliche Schachttiefen und Durchmesser in Meter

	Selva			Chiggiogna		
	Tiefe	Durchmesser		Tiefe	Durchmesser	
		Theor. Ausbruch	Licht		Theor. Ausbr.	Licht
Förderschacht	980	6.1	5.5	310	5.6	5.0
Seilfahrtsschacht	950	7.8	7.0	280	7.8	7.0

4.3 Förderung des Ausbruchmaterials

Plan EW Nr. 43 693

Beim angenommenen Spitzenvortrieb von beidseitig je 9 m werden täglich ca. 3800 t Gestein von der Tunnelsohle an die Erdoberfläche gefördert werden müssen. In Berücksichtigung der Belegung der Förderanlage durch Kontrollfahrten, Unterhalts- und Reparaturarbeiten kann

eine verfügbare Förderzeit von täglich 18 Stunden angenommen werden. Daraus folgert eine Leistungsfähigkeit der Förderanlage von ca. 210 t/h. Die auch von zwei deutschen, in der Projektierung von Schachtförderanlagen erfahrenen Unternehmungen durchgeführten Studien ergaben, dass die erforderliche Leistung nur mit einer Skipanlage (Gefässförderung) verwirklicht werden kann.

Technische Daten der Skipanlagen

System:
- Doppeltrümmige Gefässförderung mit Unterseil, Seilführung, im Skip Förderetage für evtl. Personentransport.
- Seilscheibenantrieb mit Zwischengetriebe und Elektromotor

		Anlage Selva	Anl. Chiggiogna
Förderhöhe	m	970	300
Nutzlast	t	10	5.25
Skipinhalt	m^3	6	3
Fahrgeschwindigkeit	m/sec	7	5
Beschleunigung bzw. Verzögerung	m/sec^2	0.5	0.5
Leistungsfähigkeit Züge/h		21	40
Zeitbedarf inkl. Ent- u. Beladen	s/Zug	170	90
Erforderliche Seile		4 Obers. 2 Unters.	2 Obers. 1 Unters.
Erf. Leistungsabgabe an Elektromotor	kW	1000	370

Ausser den Transporteinrichtungen sind noch folgende Installationen in Förderschächte unterzubringen:

- Druckluftleitungen
- Nottreppe mit Ruhebühnen als Fluchtweg durch den Schacht.

Daraus resultiert ein erforderlicher lichter Durchmesser von 5.5 m des Förderschachtes bei Selva und 5.0 m desjenigen von Chiggiogna.

Das schubweise ankommende Ausbruchmaterial wird aus den Förderwagen in einen Steinbrecher entleert und gelangt dann in Stücken bis 40 cm in einen Silo, welchem der Ausgleich des in relativ kurzer Zeit angelieferten und gleichmässig über längere Zeit abzugebenden Materials zukommt. Vom Silo, dessen Inhalt mit ca. 150 m^3 angenommen wurde, fällt das Material in eine Messtasche, von wo die Beschickung der Skip erfolgt.

Die Leitungen der saugenden Ventilation aus beiden Arbeitsstrecken werden in den Förderschacht eingeführt, welcher auch die Funktion des Abluftschachtes erfüllt. Die Messtasche mit dem Füllungs- und dem Entleerungsdeckel arbeitet als Luftschleuse.

4.4 Personen-, Geräte- und Baumaterialtransporte

Eine zweite Förderanlage ist für den Transport der Arbeiter, aller für den Tunnelbau einzusetzenden Installationen sowie für die Versorgung der Baustellen vorgesehen. Die Personen- und Baumaterialtransporte könnten grundsätzlich von der weiterverwendeten Abteufanlage bewältigt werden, d.h. von einer doppeltrümmigen Gestellförderanlage mit Bobinenmaschine. Die Bühnenwinde würde die Transporte der Bauinstallationen bewältigen, welche allerdings wegen der kleinen Fahrgeschwindigkeiten bei schweren Lasten (z.B. 0.2 m/s bei 15 t) für den Baubetrieb zu einer sehr grossen Hypothek werden könnten.

Da die Werkstätten und die Batterieladestationen an der Hängebank (Schachtkopf) vorgesehen sind und relativ viele Schwertransporte in Aussicht genommen werden müssen, ist die zweckmässige Lösung in der Installation einer neuen Anlage zu suchen.

Die Dimensionen des Förderkorbes und die maximale Nutzlast von 15 t der Anlage sind gegeben durch die schwersten und grössten Bauinstallationen. Die Transportkapazität soll ausserdem genügen, um während einer achtstündigen Arbeitsschicht sämtliche Betonierungsstellen einer Arbeitsstrecke, d.h. für Auswölbung, Fundamentstreifen und Rigole, von der über Tage installierten Mischanlage aus beliefern zu können und gleichzeitig noch einzelne Installationstransporte zu ermöglichen. Diesen Forderungen ist eine Betontransportleistung von ca. 35 m^3/h äquivalent.

Technische Daten der Gestellförderanlagen

System: - Eintrümmige Gestellförderung mit Gegengewicht, Unterseil, Seilführung

- Seilscheibenantrieb mit Zwischengetriebe und Elektromotor

		Anlage Selva	Anlage Chiggiogna
Förderhöhe	m	940	270
Nutzlast	t	15.0	
Eigengewicht Korb + Geschirr	t	15.7	
Gegengewicht	t	22.5	
Max. Differenzlast	t	8.2	
Fahrgeschwindigkeit	m/s	6	2
Leistungsfähigkeit Voll-Züge/h		7	
Zeitbedarf inkl. Be- u. Entladen	s/Voll-Zug	515	
Erforderliche Seile		4 Obers. 2 Unters.	2 Obers. 1 Unters.
Erforderliche Leistungsabgabe am Elektromotor	kW	700	230

Im Seilfahrtsschacht sind ausser der Förderanlage installiert:

- Brauchwasserleitung
- Hochspannungskabel für die Baustromversorgung
- Pumpen-Förderleitungen

Der erforderliche lichte Durchmesser des Schachtes beträgt 7.0 m.

Der Seilfahrtsschacht dient der Zufuhr von frischer Luft von über Tage in die Arbeitsstrecken.

4.5 Tunnelvortrieb, Uebergang vom Schmalspur- auf Normalspurbetrieb

Plan EW Nr. 43404

Nach erfolgtem Sekundärdurchschlag steht dem Hauptvortrieb mit der Normalspurgeleiseanlage der Sekundärvortrieb mit den Schmalspurgeleiseverbindungen gegenüber. Es wird dann anzustreben sein, die Vortriebsarbeiten zwischen den Schächten und der Hauptdurchschlagsstelle rasch möglichst neu auf die Portale zu basieren und den Sekundärvortrieb in

den organisatorisch einfachen und betriebssicheren Hauptvortrieb umzugestalten.

Dieser Uebergang vom Schmalspur- auf den Normalspurbetrieb vollzieht sich zuerst zwischen der Sekundärdurchschlagsstelle und dem Schachtfuss. Sowohl vom Portal wie vom Füllort (Schachtfuss) aus erfolgt die Fertig-Betonierung der Auswölbung bis zum Zusammenschluss und vom Portal aus zudem, im normalen Rhythmus, die Fertigstellung des Unterbaues und die Installation der Anlagen des Bahnbetriebes bis zur Sekundärdurchschlagstelle. Anschliessend folgt der Bau der Bahnanlagen auf dem bereits vorher fertiggestellten Unterbau einer Fahrspur. Das Geleisematerial wird dabei entweder bei der Durchschlagsstelle auf Schmalspurfahrzeuge umgeschlagen oder unter Benützung einer im Schmalspuroberbau verlegten dritten Schiene direkt zur Baustelle transportiert. Noch auf dem Schacht basierend, schliessen die Unterbau-Arbeiten im Bereiche der zweiten Fahrspur an, welchen - wiederum auf dem Portal basierend - die Installation der Bahnanlagen folgen. Diese Arbeitsetappe ist beendet, sobald die Streckenlokomotiven vom Portal bis zum Schachtfuss verkehren können.

Die zweite Etappe - die Umstellung zwischen ca. 800 m vor der dannzumaligen Tunnelbrust und dem Schachtfuss - wurde bereits vorher eingeleitet durch die Demontage der Baugeleise und die Fertigstellung des Unterbaues im Bereiche der an den Schächten nicht direkt angeschlossenen Fahrspur. Die erste Phase der zweiten Etappe ist abgeschlossen nachdem das erste Geleise dem Bahnbetrieb verfügbar ist. Die anschliessende Umstellung der Arbeitsstrecke vom Schmalspur- auf Normalspurbetrieb könnte nicht ohne empfindliche Störung der Bau- und vor allem der Vortriebsarbeiten erfolgen und es wurde bei der Planung vorausgesetzt, dass die Bauarbeiten während der eigentlichen Umstellung eingestellt würden. Die Verlegung der Normalspurschienen und Weichen wird wieder nach dem auf dem Plan EW Nr. 42959 dargestellten starren Schema erfolgen. Mit dem Abschluss der Montage der Normalspur-Baugeleise, der Tramfahrleitung über der Lokwechselstrecke und der provisorischen Sicherungsanlagen geht die Basierung der Arbeitsstrecke auf das Portal über. Mit der baulichen, noch auf den Schächten und den betrieblichen bereits auf dem Portal basierenden Fertigstellungsarbeiten im Bereiche der zweiten Fahrspur schliesst die zweite Umstellungsetappe.

4.6 Wasserhaltung

Das im steigenden Vortrieb anfallende Wasser fliesst mit natürlichem Gefälle durch die Tunnelrigole in ein Absetzbecken am Schachtfuss. Das im fallenden Vortrieb zusitzende Wasser wird an der Brust gefasst und in das Becken gepumpt.

Die Förderung des Wassers durch einen der Schächte von Chiggiogna - vor dem Sekundärdurchschlag - wird ohne aussergewöhnliche Installationen zu bewältigen sein. Die Anlage soll eine Hauptpumpe für die Förderung von 200 l/s bei einer manometrischen Förderhöhe von ca. 300 m und eine Reservepumpe von gleicher Förderleistung umfassen.

Die durch einen der Schächte von Selva möglicherweise zu fördernde Wassermenge von 1.5 m^3/s bei einer manometrischen Förderhöhe von gegen 1000 m bedarf einer ganz aussergewöhnlichen Pumpinstallation:

Das durch die Rigole des steigenden bzw. die Pumpleitung des fallenden Vortriebes zufliessende Wasser wird im Absetzbecken entschlammt, eine im Interesse der Funktionsfähigkeit der Pumpen unumgängliche Massnahme. Vier Zubringerpumpen fördern das Wasser vom Absetzbecken zu den Hochdruck-Zentrifugalpumpen. Im Hinblick auf eine bessere Anpassungsfähigkeit an die anfallende Wassermenge sind mehrere Einheiten vorgesehen.

Technische Daten der Pumpanlage

		Hochdruckpumpen		Zubringerpumpen
Typenbezeichnung	Sulzer	HPH 54-25	HCP 64e	BPS 30
Fördermenge	l/sec	200	475	478
Manometr. Förderhöhe	m ca.	80	80	20
Drehzahl	U/min	1485	1500	1475
Stufenzahl		10	7	1
Motorleistung	PS	3500	7800	180
Spannung	Volt	6000	6000	380
Frequenz	Hz.	50	50	50
Gewicht inkl. Motor	kg	17800	33750	12400
Installierte Zahl	Stck.	5	2*	4*

* inkl. je eine Reserveeinheit

Es sind zwei Pumpen-Druckleitungen von je 600 mm Durchmesser vorgesehen, welche für den Durchfluss der mutmasslichen Wassermenge von 1.5 m^3/s, sowie auf eine zusätzliche Reservewassermenge von 0.5 m^3/s dimensioniert sind.

4.7 Bauwerke am Schachtfuss

Plan EW Nr. 43693 und 43694

Im Bereiche der Füllörter wird das Tunnelprofil so verbreitert werden müssen, dass die lokale parallele Führung von drei Schmalspur-Baugeleisen möglich ist. Dieses erweiterte Geleisenetz bietet gute Möglichkeiten für die Manöver der Bauzüge und für den Materialumschlag.

Bei jedem Füllort werden Transformatoren der Baustromversorgung und Pumpen mit zugehörigem Absetzbecken installiert werden. Diese Installationen müssen in Kavernen ausserhalb des Tunnels untergebracht werden. Um die Querschnitte dieser Bauwerke möglichst klein zu halten, sind mehrere Kavernen vorzusehen. Die Disposition dieser Kavernen am Fusse der Schächte von Chiggiogna hat praktisch nur den Bedürfnissen der Bauausführung Rechnung zu tragen. Bei der Planung der Kavernen und Stollen im Bereiche der Füllörter der Schächte von Selva ist auch die definitive Lüftungszentrale zu berücksichtigen. Die unter Selva gelegenen Bauwerke, deren Dimensionen wesentlich grösser sind als beim Füllort der Schächte von Chiggiogna sind auf den Plänen EW Nr. 43693 und 43694 dargestellt. Die Ausführung der Kavernen, Stollen und Schächte wird zu einem Teil unmittelbar nach Beendigung der Schachtabtiefung und zum andern Teil erst nach Beginn des Tunnelvortriebes erfolgen.

4.8 Deponien

Plan EW Nr. 43683 b und c

Dem Bauprogramm lässt sich entnehmen, dass von den Schächten bei Selva aus total ca. 10.9 km des Tunnels ausgebrochen werden und zwar ca. 5.15 km im Vortrieb nach N und ca. 5.75 km im Vortrieb nach S. Dementsprechend beträgt der Anfall an Festgestein an den beiden Schächten und dem Tunnel ca. 0.95 Mio m^3 und der erforderliche, auf dem Plan EW Nr. 43683 b dargestellte Deponieraum muss ca. 1.4 Mio m^3 gebrochenes Material aufnehmen.

Die Deponie befindet sich in unmittelbarer Nähe der Schachtbaustellen, auf dem rechten Ufer des Tavetscher Rheines. Das SE Selva gelegene 150 - 200 m breite und ca. 600 m lange Plateau ist mageres, steiniges und z.T. versumpftes Weideland. Der auf diesem Plateau zu schüttende ca. 500 m lange Deponiekörper, mit einer horizontalen Oberfläche auf der Höhe ca. 1550 m ü.M. wird eine mittlere Querprofilfläche von ca. 2800 m^2 aufweisen.

Aus dem Bauprogramm geht hervor, dass von den Schächten bei Chiggiogna aus bis zum S Sekundärdurchschlag ca. 5.2 km und bis zur Umstellung des auf dem Schacht basierenden Schmalspurbetriebes auf den vom S Portal nachgezogenen Normalspurbetrieb ca. 6.9 km des Tunnels ausgebrochen werden. Aus den beiden Schächten und den Tunnelstrecken werden also ca. 1.0 Mio m^3 Festgestein anfallen, was einem Deponievolumen von ca. 1.5 Mio m^3 entspricht.

Der dafür erforderliche Deponieraum konnte S Chiggiogna auf dem rechtsufrig des Ticino gelegenen Allmendland "Balma" gefunden werden, Plan EW Nr. 43683 c. Dieser nur als Weideland benutzbare steinige Boden, zerfurcht von alten Läufen des Ticino, liegt am Fusse steiler Felswände und ist sehr spärlich besonnt. Ein ca. 1000 m langer Deponiekörper mit einer mittleren Breite der Sohle von ca. 75 m und der Oberfläche von ca. 45 m sowie einer mittleren Höhe von ca. 25 m lässt sich unauffällig und ohne Inanspruchnahme von Kulturland - ein einziger baufälliger Stall wird betroffen - aufschütten. Vor Beginn des Deponierens ist die Starkstromleitung des Lokalnetzes zu verlegen.

Vom Förderschacht aus ist die Deponie einfach und ohne Behinderung des Verkehrs erreichbar; zuerst über die Zufahrtsstrasse zu den Steinbrüchen, dann über die heutige Kantonsstrasse bis ins Zentrum des Dorfes Chiggiogna, schliesslich über eine Fahrstrasse zur Niveauüberquerung der neuen, heute im Bau befindlichen Kantonsstrasse. Von diesem Punkt aus ist die Anlage einer neuen ca. 120 m langen Fahrstrasse und einer neuen 33 m langen Brücke über den Ticino erforderlich. Auf dieser Zufahrt wird auch die zukünftige Nationalstrasse N 2 unter- oder überquert, welche dem Vorprojekt der Elektro-Watt vom Juni 1962 entsprechend im Plan EW Nr. 43683 c eingetragen ist.

4.9 Baustromversorgung

Die Baustelle Chiggiogna wird voraussichtlich in der Freiluftschaltanlage Lavorgo am 50 kV-Netz angeschlossen. Von Lavorgo bis zur provisorischen Unterstation auf der Baustelle, mit ca. 8000 kVA installierter Leistung, führt eine 50 kV-Freileitung. Die Weiterverteilung mit 16 kV-Betriebsspannung erfolgt auf mindestens drei Trafostationen über Tage, je eine für die Fördermaschinen, die Kompressorenanlage und die übrigen Installationen, und auf zwei getrennte Anlagen am Schachtfuss für den Pumpenbetrieb und die übrigen Installationen. Aus Gründen der Betriebssicherheit sind für die Verbindung zum Schachtfuss zwei parallele Dreileiterkabel angenommen.

Für die Baustelle Selva kommt als nächstliegende Anschlussmöglichkeit nur das KW Sedrun in Betracht. Bis Sedrun ist wohl ein 50 kV-Netz vorhanden, dieses hat jedoch keine Verbindung mit dem 220 kV-Netz, so dass es nicht möglich ist, aus diesem Netz ca. 40.000 kVA zu entnehmen. Im Voranschlag ist deshalb ein Anschluss an die 220 kV-Sammelschiene im Kraftwerk Sedrun mit Transformatoren 220/50 kV vorgesehen. Ab Sedrun sind ca. 10 km 50 kV-Freileitung notwendig bis zu einer provisorischen Unterstation im Bereiche der Schächte. Von der mit 50 kV ankommenden Energie werden ca. 6.000 kVA auf 16 kV transformiert und den einzelnen Transformatorenstationen für die Fördermaschinen, Kompressoren und die übrigen Installationen über Tage zugeführt. Die ausserordentlich grosse Leistung, die am Schachtfuss für den Anschluss der Pumpen gefordert wird (ca. 35.000 kVA), macht es notwendig, von der Unterstation zum Schachtfuss eine 50 kV Kabelleitung zu verlegen. Mit Rücksicht auf die Wichtigkeit dieses Pumpwerkes wurden in der Kostenberechnung 2 getrennte Kabelstränge gerechnet, je bestehend aus zwei Dreileiterkabeln von 120 mm^2 Querschnitt.

Für den Antrieb der Pumpen sind 2 Synchronmotoren zu je 7.800 PS und 5 mit einer Leistung von je 3.500 PS vorgesehen. Die Anschluss-Spannung beträgt 6 kV. Es wird angenommen, dass die beiden grossen Motoren über je einen separaten Transformator von ca. 7.500 kVA 50/6 kV, bei den kleineren Typen je 2 Motoren an einen Transformator gleicher Grösse angeschlossen werden. Durch die Einheitlichkeit der Transformatoren wird die Reservehaltung und Auswechselbarkeit begünstigt. Grössere Transformatoren kommen aus Transportgründen nicht in Frage, da die Tragkraft der Förderanlage auf 15 t begrenzt ist.

Für die übrigen Installationen am Schachtfuss, deren Verbraucher mit 380/220 V gespiesen werden, ist eine zusätzliche Transformatorenstation notwendig, wobei der Anschluss an der 6 kV-Sammelschiene der Pumpstation erfolgen kann.

5. Ueberholungsstation in Tunnelmitte

Plan EW Nr. 43 286

Die aus den beiden parallelen zweispurigen Tunnelröhren mit ihren beidseitigen Verzweigungen sowie den einspurigen Verbindungstunneln bestehende Ueberholungsstation wird in drei Arbeitsetappen hergestellt.

Der Ausbruch und die Auswölbung der Verzweigungen der durchgehenden Tunnelröhre, der beiden je ca. 270 m langen Verbindungstunnel sowie der Verzweigungen der Parallelröhre werden in der ersten Etappe ausgeführt. Die Parallelröhre wird dabei von beiden Seiten her soweit ausgebrochen, dass anlässlich der spätern Fortsetzung dieser Vortriebe der Betrieb in der dannzumal fertiggestellten durchgehenden Tunnelröhre nicht mehr beeinträchtigt werden kann. Der theoretische Ausbruchquerschnitt der Verzweigungen der durchgehenden Röhre ist beinahe doppelt so gross wie derjenige des Zweispurtunnels, die maximale Fläche der Verzweigungen der Parallelröhre ist 1.7 mal grösser. Bei der vorhandenen Felsüberlagerung der Tunnelstation von 2000 bis 2200 m ist die Ausführung der Verzweigungsbauwerke nur in standfestem oder leicht gebrächen Fels wirtschaftlich möglich.

Die zweite Arbeitsetappe umfasst die Fortsetzung der Arbeiten in der durchgehenden Tunnelröhre bis zum Hauptdurchschlag sowie den Ausbruch des Verbindungsstollens in der Stationsmitte mit den Kammern für die Betriebseinrichtungen.

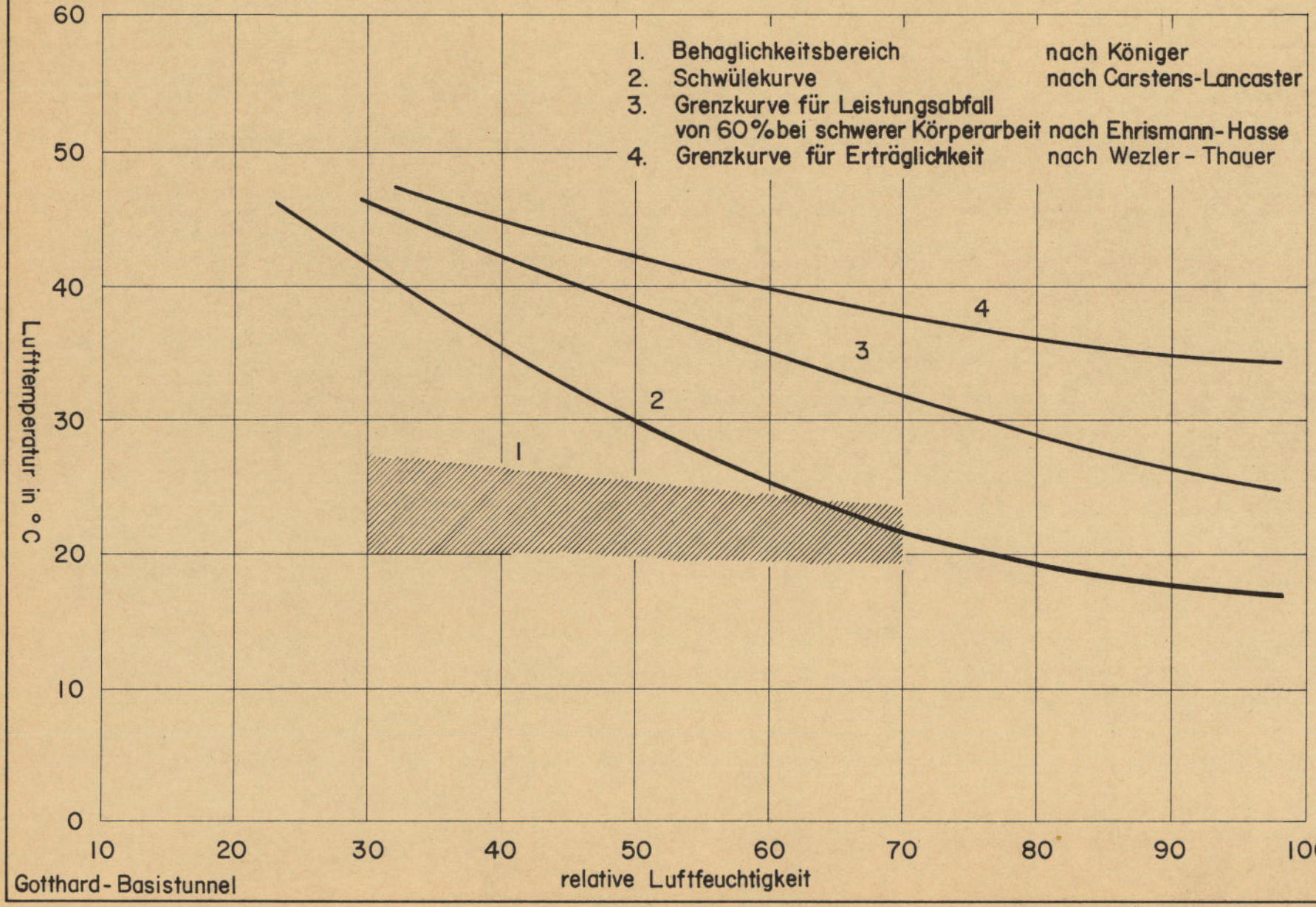
In der dritten und letzten Arbeitsetappe wird der Paralleltunnel fertiggestellt.

6. Lüftung und Kühlung der Arbeitsstrecken

6.1 Lüftung

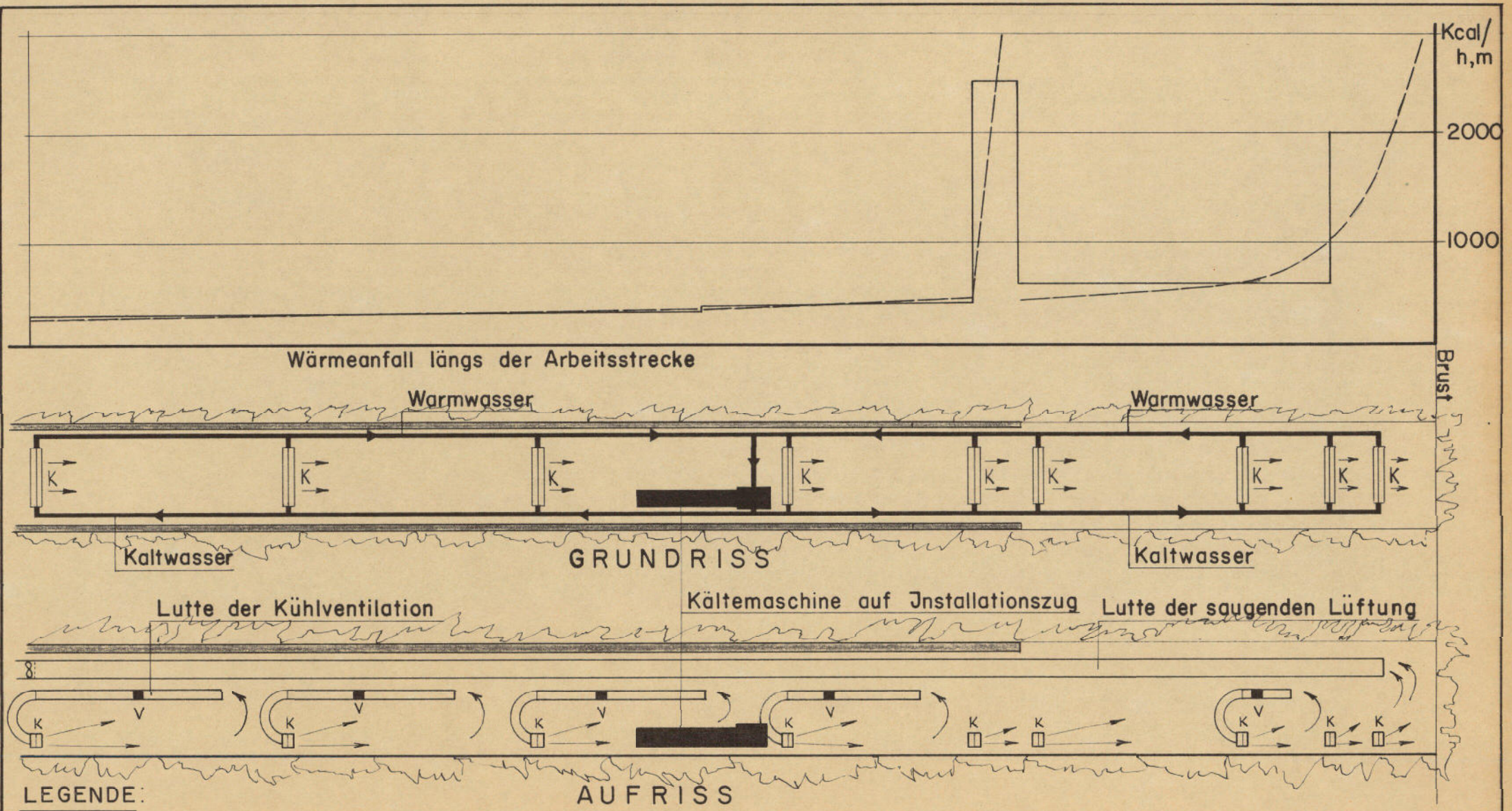
Sie soll in der im Studienbericht beschriebenen Art erfolgen (saugende Hauptventilation mit blasendem Zusatzventilator).

Mittelwerte klimatischer Grenzbedingungen



Gotthard-Basistunnel

E.W. Nr. 44 014



LEGENDE:

K = Kühler
V = Ventilator

Schema der Kühlung der Arbeitsstrecke

Gotthard Basistunnel

E.W. Nr. 43695

6.2 Kühlung

Mit der Verlängerung der Arbeitsstrecke gegenüber dem im Studienbericht angenommenen Ausmass ist mit einem grösseren Wärmeanfall zu rechnen. Bei der Durchörterung der Gebirgszone mit der höchsten Ursprungstemperatur von 56 °C - über die Arbeitsstrecke beträgt der Mittelwert ca. 53 °C - ist während des Baggerbetriebes und bei einer Kühlung der Tunnelluft auf 25 °C ein totaler Wärmeanfall von 1.7 Mio kcal/h zu erwarten. Aus den Unterabschnitten der Arbeitsstrecke fallen die folgenden Wärmemengen an:

m ab Tunnelbrust		Wärmemenge Mio kcal/h
0	Vortrieb	
200		0.40
800		0.35
	Betonierabschnitt	0.20
880	Installationszug	0.20
1400		
3150		0.55 (nach hinten stark abnehmend)

Diese Wärmemengen sind noch zu erhöhen, um die beim Betrieb der Klimaanlage freiwerdende Wärme sowie um den Wärmeanfall aus der Kühlung und Entfeuchtung der Ventilationsluft von 30 °C und 50 % r.F. auf das Raumklima.

Das in der Arbeitsstrecke gewünschte Klima (Raumklima) wurde in Anlehnung an Erfahrungswerte, welche auf dem Plan EW Nr. 44014 aufgetragen sind, weiterhin mit 25 °C und 45 % r.F. angenommen.

Das Prinzip der Klimatisierung sowie die Klimaanlage sind im Studienbericht beschrieben worden. Die Disposition der Anlage ist auf dem Plan EW Nr. 43695 dargestellt.

7. Bauprogramm

Plan EW Nr. 43 291

7.1 Zeit- und Leistungsannahmen

- Submission

	Hauptvortriebe Mt	Vertikalschächte Mt
Vorbereitung der Submission	4	2
Bearbeitung der Offerten	6	2
Vergebungsverhandlungen	4	1

- Installationsarbeiten bis zum Beginn des Vortriebes bzw. Abteufens

Nordportal (Vollvortrieb)	6 Mt.
Südportal (Teilvortrieb)	2 Mt.
Vertikalschächte	4 Mt.

- Abteufen der Vertikalschächte

50 m/Mt.

- Bau der Füllorte, Montage der definitiven Förderanlagen

6 Mt.

- Tunnelvortrieb und Ausbau

Felsklasse	Hauptvortriebe m/AT	Sekundärvortriebe m/AT
Standfest	8.5	7.6
Leicht gebräch (beide Unterklassen)	7.0	6.6
Gebräch, Vollausbruch	3.0	3.0
" , Teilausbruch o. Sohlengew.	1.5	1.5
" , " m. Sohlengew.	1.5	1.5
Druckhaft, allgem. und Blockschutt	0.5	0.5
Schwimmend	0.35	---

Für die hauptsächlich im standfesten und leicht gebrächen Fels liegenden ersten 500 m des Vortriebes ab NP wurde eine obere Leistungsbegrenzung mit 5.0 m/AT angenommen.

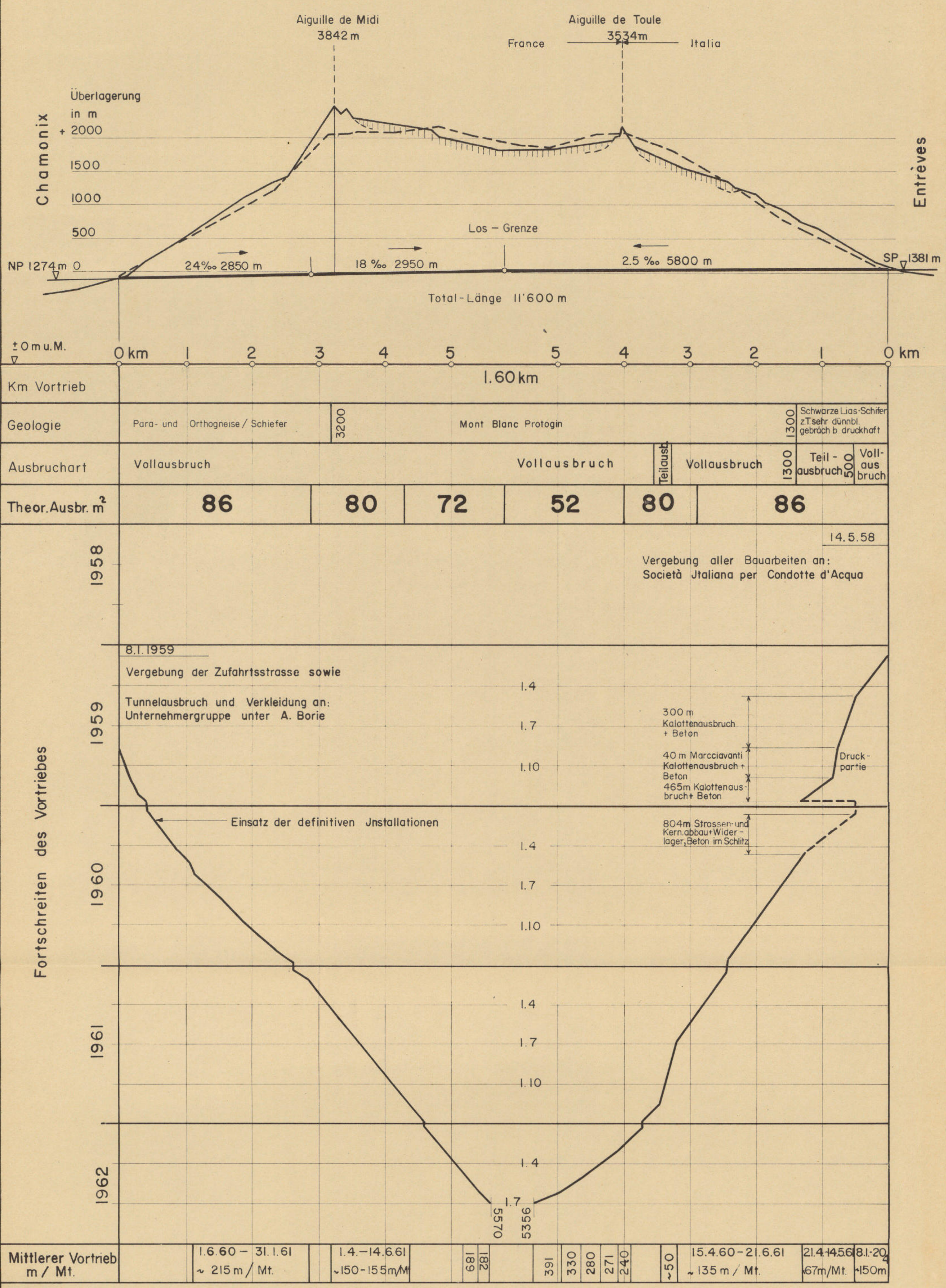
Auf dem beiliegenden Plan EW Nr. 43983 ist der zeitliche Verlauf der Bauarbeiten für den Mont Blanc-Tunnel aufgezeichnet. Diese Zusammenstellung ermöglicht den Vergleich zwischen den angenommenen Vortriebsleistungen für den Basistunnel und den am Mont Blanc-Tunnel erzielten Fortschritten.

Obwohl die Förderanlagen in den Vertikalschächten auf eine maximale Vortriebs- und Ausbauleistung von 9.0 m/AT und Vortrieb dimensioniert worden sind, wird mit einer Reduktion der Leistungen bei den Sekundärvortrieben gerechnet, und zwar mit 10 % gegenüber den Durchschnitten der Hauptvortriebe im standfesten und mit 5 % im leicht gebrächen Fels. Diese Abminderung trägt den besonderen Schwierigkeiten und Risiken der Schachtfussbaustellen Rechnung (Schachtförderung, Wasserhaltung, Abhängigkeit zwischen Tunnelarbeit und Schachtförderung). Die Leistungen der

STRASSENTUNNEL MONT BLANC

Technische Angaben über die Bauausführung bis **30.6.62**

Längenprofil 1:50'000



Elektro-Watt Zürich, 30.6.62 **Plan Nr. 43983**

Schachtfussbaustellen werden bei störungsfreiem Betrieb den Portalbaustellen entsprechen. Die erwähnte Reduktion der langanhaltenden Mittelwerte bringt den temporären Einfluss der Störungen zum Ausdruck.

Die Leistungen der Hauptvortriebe wurden im gleichen Masse vermindert angenommen für die Zeit von der Umstellung des Schmalspur- auf Normalspurbetrieb bis zur betrieblichen Fertigstellung der doppelspurigen Zufahrtsstrecke hinter der Arbeitsstrecke.

- Erste Bauetappe der Ueberholungsstation in Tunnelmitte

6 Mt.

- Fertigstellung des Unterbaues, Montage der baul. Anlagen des Bahnbetriebes

Sohlenreinigung und Ausgleichsbeton

Nur ein Geleise verfügbar für Arbeit:	25 m/AT
Beide Geleise verfügbar für Arbeit :	50 m/AT

Oberbau	5 AT/1000 m
Fahrleitung	2 AT/1300 m
Sicherungsanlagen, Kabelverlegungen	½ Mt/5000 m

- Betriebsaufnahmen

Für die betriebsbereite Fertigstellung des Tunnels zwischen den Portalen und den Sekundärdurchschlagsstellen ist mit 5 Monaten nach den Sekundärdurchschlägen zu rechnen. Die gleiche Zeit wird auch verstreichen zwischen dem Hauptdurchschlag und der Inbetriebnahme der durchgehenden Tunnelröhre.

Den Programmleistungen liegen täglicher Dreischichtenbetrieb sowie Monate mit im Mittel 22 Arbeitstagen zu Grunde.

7.2 Dauer des Tunnelbaues

Das graphische Bauprogramm, Plan EW Nr. 43 291, wurde entworfen auf der Grundlage der im II. Teil dieses Berichtes wiedergegebenen Verteilung der Felsklassen und der vorstehend aufgeführten Arbeitsleistungen. Dem Bauprogramm kann entnommen werden:

- Erforderliche Zeit vom Baubeschluss bis zur betriebsbereiten Fertigstellung des ganzen Tunnels: 12 bis 13 Jahre

- Zeitaufwand für die eigentlichen Bauarbeiten vom Baubeginn bis zur Betriebsaufnahme: ca. 11½ Jahre

8. Anlagekosten

Die im Studienbericht dargestellte Kostenschätzung sollte in erster Linie dem Vergleich der damals noch in Frage stehenden Tunnelvarianten dienen. Mit der Bearbeitung des vorliegenden generellen Projektes wurde auch die Kostenberechnung fortgesetzt und vertieft. Die Bearbeitung eines soliden Voranschlages für die Baukosten erforderte weitergehende Studien durch eine Spezialunternehmung des Tunnelbaues und eine solche des Schachtbaues. Besondere Aufmerksamkeit erfuhren dabei die Dimensionierung der Bauinstallationen, das Zusammenspiel des Schachtförderbetriebes und des Tunnelbaues und - soweit dies für die Kalkulation der Kosten der Bauarbeiten erforderlich war - die Bauvorgänge in schwierigen Gebirgspartien. Die Kosten der baulichen Anlagen des Bahnbetriebes, mit Ausnahme der Bahnstromversorgung, welche die Elektro-Watt bearbeitet hat, sowie die Kosten des Bahnbetriebes in den Zufahrtsstrecken wurden von den entsprechenden Fachsektionen der Bauabt. und der Abt. für Zugsförderungs- und Werkstättendienst bei der GD SBB berechnet.

Die Kostenberechnung ist in einem der Projektmappe angehörenden Dossier weitgehend wiedergegeben und auf der nachfolgenden Tabelle zusammenfassend dargestellt.

Anlagekosten in Mio Fr.

Pos.			
	A	Geologische Untersuchungen vor Baubeginn, Sondierbohrungen	4.000 Mio Fr.
	B	Baustromversorgung	15.700 "
	C	Benutzung von Grund und Boden Landerwerb	0.750 "
	D	Bauinstallationen und Bauarbeiten	534.710 "
	E	Vermessungsdienst	0.400 "
	F	Geologischer Dienst	1.680 "
	G	Anlagen des Bahnbetriebes	84.275 "
	H	Elektromech. Einrichtungen für die Tunnellüftung	0.950 "
	J	Diverse Gutachten	0.500 "
	K	Materialprüfung	0.500 "
	L	Repräsentation	0.750 "
	M	Sozialaufwendungen	1.500 "
	N	Baubuchhaltung	0.600 "
		Total Pos. A - N	646.315 Mio Fr.
	O	Unvorhergesehenes ca. 10 % Pos. A - N	63.685 "
		Total Pos. A - O	710.0 Mio Fr.
	P	Kapitalkosten, 4 % während 13 Jahren ab Baubeschluss auf Pos. A - N ca.	190.0 Mio Fr.
		Total Pos. A - P	900.0 Mio Fr.

9. Art der Vergebung der Bauarbeiten

Bei der Vorbereitung des relativ lange dauernden Baues eines Gotthard-Basistunnels werden die folgenden, bei andern Bauwerken im Allgemeinen nicht auftretenden Eigenarten Beachtung zu finden haben:

- In Berücksichtigung der langen Lieferfristen für gewisse Bauinstallationen wird der Bauherr nach gefasstem Baubeschluss, in Vertretung der dannzumal noch unbekannten Tunnelbauunternehmung, selber bedeutende Lieferverträge abzuschliessen haben.

- Ein wertmässig beachtlicher Teil der Bauinstallationen muss während der Bauausführung erneuert werden.

- Die Löhne der Angestellten und der Arbeiter, die Lohnkosten und die Materialgrundpreise werden während der Bauzeit ändern.

- Die laufende Entwicklung der Technik könnte zu heute noch nicht erkennbaren Installationsinvestitionen und in der Folge zu einer Verbilligung der Bauarbeiten führen.

- Trotz weitgehenden ernsten Vorabklärungen können sich im Verlaufe der Bauausführung nicht voraussehbare Schwierigkeiten einstellen, welche eine Preisgabe des vorgesehenen Arbeitsverfahrens bewirken könnten.

- Politische oder wirtschaftspolitische Entwicklungen könnten zu einem Unterbruch oder einer Einstellung der Arbeiten führen.

Die Vergebung als Pauschalakkord dürfte ausser Frage stehen.

Bei einer Vergebung zu Einheitspreisen (Akkordvertrag) müsste jede, sich auf die Ausgangslage beziehende Aenderung zu einer Beeinträchtigung der Interessen des Bauherrn oder der Bauunternehmung führen, es sei denn, jeder Aenderung würde durch ergänzende Verträge Rechnung getragen. Tiefgreifende Aenderungen könnten wohl nur durch eine Aufhebung der alten und den Abschluss einer neuen Vereinbarung Berücksichtigung finden.

Bei Verrechnung der Arbeit nach tatsächlichem Installations- und Zeitaufwand (Regievertrag) könnten Aenderungen gegenüber der Ausgangslage leicht Berücksichtigung finden, diese Art der Vergebung enthält aber keinen Anreiz für eine möglichst rasche Beendigung der Arbeit.

Keine der beiden genannten extremen Vertragsarten mag die Bedürfnisse, welche sich bei der Arbeitsvergebung und Durchführung des Basistunnels ergeben, voll zu befriedigen. Es ist damit zu rechnen, dass die dem

Bauherrn und der Tunnelbauunternehmung gleich dienende Art des Vertrages zwischen den heute praktisch ausschliesslich angewendeten extremen Lösungen liegen und eine Form der régie cointeressé zum Gegenstand haben wird.

Ru/SR