4

AlpTransit Gotthard AG

Grundlagendossier Bahntechnik

Stand 1999
Basis für die Bauprojekte Bahntechnik

Datum: *23. Juni 1999*

Erstellt:	Geprüft:	Genehmigt:	Registratur Code:
ATG-Bt	L ATG-Bt	VGL ATG	763.75

Geändert			
A:	A:	A:	
B:	B:	B:	
C:	C:	C:	

AlpTransit Gotthard AG
Bahntechnik
Mittelstrasse 43
3000 Bern 65

Angaben zum Dokument

Inhalt	Dieses Dokument beschreibt den 1999 erreichten Projektstand Bahntechnik.
Autoren	Dr. O. Bratschi, L ATG-Bt N. Steinmann, FPL EA A. Schweizer, FPL ST P. Favre, FPL Kz T. Stutz, FPL Kn A. Gerold, FPL Fb/E, Gruner AG, Basel R. Zingg, Ingenieurbüro Zingg, Meggen P. Auberson, Brandenberger+Ruosch AG, Bern
Review	ATG/SIOP/BT/TC/EN
Wordprocessor	Microsoft Word 97
Dateiname	Pa99623d.doc

Das Urheberrecht an diesem Dokument verbleibt jederzeit der AlpTransit Gotthard AG. Ohne deren schriftliche Einwilligung darf es nicht vervielfältigt oder dritten Personen, auch nicht in abgeänderter Form, ganz oder teilweise mitgeteilt, zugänglich oder nutzbar gemacht werden. Dieses Dokument ist Fabrikations- und Geschäftsgeheimnis im Sinne von OR 192 und StGB 273.

ZUSAMMENFASSUNG

Hochleistungsstrecke AlpTransit Gotthard

Mit AlpTransit Gotthard entsteht ein Jahrhundertbauwerk. Kernstück der Gotthard-Achse bildet der 57 km lange Basistunnel am Gotthard, ergänzt durch den ca. 11 km langen Zimmerberg-Basistunnel Teil 2 von Thalwil nach Litti (Totallänge des Zimmerberg-Basistunnels von Zürich bis Litti ca. 20 km) und den ca. 15 km langen Ceneri-Basistunnel zwischen Bellinzona und Lugano. Damit findet die Schweiz Anschluss an das europäische Hochgeschwindigkeitsnetz und die Lücke zwischen Deutschland und Italien wird geschlossen. Verantwortlich für Projektierung und Bau ist die AlpTransit Gotthard AG (ATG AG), eine Tochtergesellschaft der Schweizerischen Bundesbahn AG (SBB AG). Bei den Investitionen wird zwischen den Rohbauarbeiten (Tunnel, Gebäude etc., über 80% der Investitionen) und den bahnspezifischen Installationen, der Bahntechnik (knapp 20% der Investitionen), unterschieden. Zur hier behandelten Bahntechnik zählt man jene Komponenten, die zum engeren technischen System Eisenbahn gehören. Sie kommt im Bauablauf erst zuletzt, ist aber für die Funktionsfähigkeit in der Betriebsphase von entscheidender Bedeutung:

Bahntechnik

- Oberbau
- Sicherungsanlagen
- Telekomanlagen
- Bahnstromanlagen ($16^2/_3$ Hz)
- Elektrische Anlagen

Stand der Technik und Projektierung per 1999

Das vorliegende Grundlagendossier Bahntechnik stellt in konzentrierter Form den Stand der Technik und der Projektierung auf Stufe Vorprojekt per 1999 dar. Es bildet damit die Basis

Grundlage für Ausschreibungen Rohbau

- für die Anforderungen der Bahntechnik (Vorgaben) an die ab 1999 im grossen Stil erfolgenden Ausschreibungen der Rohbauarbeiten und ist damit das entscheidende Bindeglied zwischen dem reinen Rohbau und dem System Eisenbahn.

Basis für Bauprojekt Bahntechnik

- für die nach der Jahrhundertwende zu erstellenden Bauprojekte Bahntechnik und den anschliessend erfolgenden Einbau der bahntechnischen Installationen.

Review ETHZ, SBB, ATG

Das Grundlagendossier wurde vernehmlasst durch

- SIOP Bahntechnik (Prof. Brändli, ETH Zürich)
- SBB
- ATG

Internationaler Erfahrungsaustausch

Zudem sind Erfahrungen aus internationalen Bahngrossprojekten wie Eurotunnel, Storebaelt und Neubaustrecke Köln – Rhein/Main eingeflossen.

Ziele

Die Projektierung und der Einbau Bahntechnik stellt aufgrund seines Umfanges und seiner Komplexität hohe Ansprüche an alle Beteiligten. Die übergeordneten Ziele Bahntechnik liegen in der Erreichung

Funktionalität (hohe Verfügbarkeit, Interoperabilität)

- der vereinbarten (minimalen) Funktionalität. Entscheidend in der Umsetzung ist dafür einerseits eine möglichst hohe Verfügbarkeit (geringe Störungsrate, kleiner Erhaltungsaufwand, hohe Sicherheit), andererseits ein optimaler Einsatz international genormter resp. standardisierter Systeme und Komponenten (Interoperabilität).

Minimale Kosten (minimale Standards und Lebenszykluskosten)

- zu minimalen Kosten. Die Anlagen, Standards und Abläufe sind soweit minimiert, optimiert und normiert, dass die vereinbarte Funktionalität erreicht wird (Motto: so gut wie nötig, aber nicht so gut wie möglich). Es werden nicht die reinen Erstellungskosten sondern die gesamten Lebenszykluskosten minimiert (Life Cycle Costs, LCC).

Konzentrierter Einbau

- in möglichst kurzer Einbauzeit. Der Einbau erfolgt konzentriert, rund um die Uhr im Mehrschichtenbetrieb. Eine möglichst kurze Einbauzeit ist einerseits nötig um eine rasche Inbetriebnahme zu ermöglichen, andererseits um die Zinskosten des investierten Kapitals zu minimieren. Dabei ist nicht nur allein ein rascher Einbau der Bahntechnik anzustreben, sondern die Gesamtbauzeit (inkl. Rohbau) ist zu optimieren.
- und unter Beachtung der politischen, technischen, ökonomischen, ökologischen und raumplanerischen Randbedingungen.

Zimmerberg-Basistunnel Teil 2 (ZBT)

Der Zimmerberg-Basistunnel (ZBT) umfasst den ca. 11.3 km langen Doppelspurtunnel Teil 2, Nidelbad bis Litti mit dem Anschluss an die Stammlinie in Litti. Dabei wird von einer direkten Fortsetzung des Zimmerberg-Basistunnels Teil 1 ausgegangen, d.h. der Rohbau für den Teil 2 beginnt 2000 und endet 2004. Als Basis für die Terminplanung Bahntechnik für den Zimmerberg-Basistunnel Teil 2 gelten die Eckdaten der Fertigstellung der Rohbauten. Der Einbau Bahntechnik erfolgt konzentriert, rund um die Uhr im 3-Schichtenbetrieb vom Nidelbad her.

Termine ZBT Teil 2

Beginn	2005	Ende	2006	Doppelspurtunnel durchschn. Leistung	1 km / Mt

Kosten Bahntechnik ZBT Teil 2 130 Mio. Fr.

Die Gesamtkosten Bahntechnik für den Zimmerberg-Basistunnel inkl. den Anschlüssen betragen 130 Mio. Fr. (exkl. MwSt.). Es handelt sich um eine Kostenschätzung Stufe Vorprojekt mit einer Kostengenauigkeit von ± 20%. Sie basiert auf dem Projektstand 1999 und beinhaltet sowohl Baukosten, Ingenieurhonorare als auch Projektführungskosten Bahntechnik. Die Kostenangaben enthalten keinerlei Reserven, Zuschläge oder Positionen für Unvorhergesehenes.

Der Gotthard-Basistunnel (GBT)

Der Gotthard-Basistunnel besteht im wesentlichen aus den beiden je ca. 57 km langen Einspurröhren. Im Norden erfolgt die Verknüpfung mit der Stammlinie im Raum Altdorf Rynächt mit je einem Überholgleis pro Richtung als ca. 4 km lange offene Strecke. Im Süden bildet die ca. 7.5 km lange offene Strecke mit einem Überholgleis in Süd-Nord Richtung den Anschluss an die Stammlinie. Im gesamten Werk sind 4 doppelte Spurwechsel vorgesehen, wovon 2 im Tunnel bei den Multifunktionsstellen und 2 in der Nähe der Portale Nord und Süd. Die bahntechnischen Einrichtungen werden soweit möglich in 1. Priorität in den von aussen zugänglichen technischen Räumen bei den Tunnelportalen Nord und Süd sowie den Multifunktionsstellen plaziert. Erst in 2. Priorität und nur sofern absolut notwendig werden weitere bahntechnische Installationen in den ca. 650 m auseinanderliegenden Querschlägen untergebracht. Als Basis für die Terminplanung Bahntechnik für den Gotthard-Basistunnel gelten die Eckdaten der Fertigstellung der Rohbauten. Der Rohbau beginnt 1999 und endet 2009. Der Einbau Bahntechnik erfolgt konzentriert, rund um die Uhr im 4-Schichtenbetrieb (wegen Extremklima), teilweise parallel zum Rohbau und gleichzeitig vom Norden (Altdorf) und Süden (Biasca) her.

Minimierung der Anlagen im Tunnel (hohe Verfügbarkeit, einfache Erhaltung)

Termine GBT

Beginn	2006	Ende	2010	Durchschn. Leistung pro Einspurröhre	1 km / Mt

Kosten Bahntechnik GBT 939 Mio.Fr.

Die Gesamtkosten Bahntechnik für den Gotthard-Basistunnel inkl. den Anschlüssen betragen 939 Mio. Fr. (exkl. MwSt.). Es handelt sich um eine Kostenschätzung Stufe Vorprojekt mit einer Kostengenauigkeit von ± 20%. Sie basiert auf dem Projektstand 1999 und beinhaltet sowohl Baukosten, Ingenieurhonorare, Projektführungskosten als auch Zusatzkosten die sich aus der Komplexität des GBT ergeben. Die Kostenangaben enthalten keinerlei Reserven, Zuschläge oder Positionen für Unvorhergesehenes.

Ceneri-Basistunnel (CBT)

Der Ceneri-Basistunnel umfasst die Anpassungen der Gleisanlagen ausgangs Giubiasco, die Auffahrt im Raum Camorino, den ca. 15,3 km langen Doppelspurtunnel sowie die Verknüpfung mit der Stammlinie im Raum Vezia. Der Rohbau beginnt 2006 und endet 2014. Der Einbau Bahntechnik erfolgt konzentriert rund um die Uhr im 3-Schichtenbetrieb vom Raum Camorino her. Als Basis für die Terminplanung Bahntechnik für den Ceneri-Basistunnel gelten die Eckdaten der Fertigstellung der Rohbauten.

Termine CBT

Beginn	2015	Ende	2016	Doppelspurtunnel durchschn. Leistung	1 km / Mt

Kosten Bahntechnik CBT 222 Mio.Fr.

Die Gesamtkosten Bahntechnik für den Ceneri-Basistunnel inkl. den Anschlüssen betragen 222 Mio. Fr. (exkl. MwSt.). Es handelt sich um eine Kostenschätzung Stufe Vorprojekt mit einer Kostengenauigkeit von ± 20%. Sie basiert auf dem Projektstand 1999 und beinhaltet sowohl Baukosten, Ingenieurhonorare als auch Projektführungskosten Bahntechnik. Die Kostenangaben enthalten keinerlei Reserven, Zuschläge oder Positionen für Unvorhergesehenes.

Anforderungen Bahntechnik an Rohbau

Aus der Projektierung Bahntechnik resultieren umfangreiche Anforderungen an den Rohbau. Sie sind in Form von detaillierten Vorgaben Bahntechnik an die projektierenden Ingenieure des Rohbaus abgegeben und in die Projekte Rohbau eingearbeitet worden. Sie regeln die folgenden Punkte:
Nahtstellendefinition Rohbau-Bahntechnik
Koordination der Einbauplanung Rohbau-Bahntechnik inkl. Abnahmen

- Anforderungen Bahntechnik an Rohbauten (Räume, Tunnelquerschnitte, Kabelrohre etc.)
- Anforderungen aus Sicht Aero- und Thermodynamik (Temperatur, Druckschläge etc.)

Nicht im Perimeter AlpTransit enthaltene betriebsnotwendige Elemente

Nicht Gegenstand der Projektierung Bahntechnik und nicht im Kredit AlpTransit enthalten sind alle Elemente, die ausserhalb des Perimeters AlpTransit liegen. Diese für den Betrieb der Neubaustrecke notwendigen Systeme müssen in enger Koordination mit AlpTransit AG von der SBB AG projektiert und realisiert werden. Es handelt sich dabei primär um
die Erhaltungszentren und Erhaltungsausrüstungen
die Unterwerke und die übergeordnete Bahnstromversorgung
die Investitionen auf der Rollmaterialseite (Führerstandssignalisierung etc.)

Weiteres Vorgehen

Die Schwerpunkte in der weiteren Projektierung Bahntechnik liegen in

- der Fertigstellung der notwendigen Entwicklungen Bahntechnik
- der Evaluation und Wahl der geeignetsten Ausschreibungsart Bahntechnik (GU, Einzelleistungsträger etc.)
- der laufenden Anpassung und Erweiterung der Vorgaben Bahntechnik und der Sicherstellung derer Umsetzung durch den Rohbau
- der Koordination und Abstimmung der Nahtstellen zur SBB AG
- der Erstellung des Bauprojektes Bahntechnik

Gesamtinhaltsverzeichnis

A ALLGEMEIN 15

A.1 Einführung 15
A.1.1 Einleitung 15
A.1.2 Ziele und Anforderungen 16
A.1.3 Angaben zum Dossier 18

A.2 Projektübersicht 19
A.2.1 Perimeter AlpTransit Gotthard AG 19
A.2.2 Projektorganisation 24
A.2.3 Ablauforganisation 26
A.2.4 Aktueller Stand der Arbeiten und Verfahren Bau 29

A.3 Auftrag 31
A.3.1 Anforderungspflichtenhefte 31
A.3.2 Randbedingungen 34

A.4 Projektkosten- und termine 36
A.4.1 Gesamtkosten 36
A.4.2 Termine 37
A.4.3 Projektstruktur 38

A.5 Qualitätsmanagement 39
A.5.1 Unternehmensbezogenes Qualitätsmanagement 39
A.5.2 Projektbezogenes Qualitätsmanagement 39
A.5.3 Risikoanalyse 39
A.5.4 Sicherheitsorientierte Prüfung 40

B GRUNDLAGEN UND ENTWICKUNGEN 47

B.1 Begriff Bahntechnik und Abgrenzung 47
B.1.1 Grundsätze 48
B.1.2 Grundsätzliche Festlegungen 50
B.1.3 Technik (gewählte und zukünftige Technik) 51
B.1.4 Rückfallebenen (Risikopunkte) 52
B.1.5 Terminprogramm 52

B.2 Elektrische Anlagen 54
B.2.1 Allgemein 54
B.2.2 Fahrleitung 55
B.2.3 Bahnstromversorgung (15 kV, $16^2/_3$ Hz) 61
B.2.4 50 Hz-Stromversorgung 68
B.2.5 Kabelanlagen ($16^2/_3$ Hz et 50 Hz) 74

B.3 Fahrbahn 79
B.3.1 Allgemein 79
B.3.2 Tunnelstrecken 79
B.3.3 Strecken im Freien 85

B.4 Sicherungsanlagen und Telekommunikation 87
B.4.1 Allgemein 87
B.4.2 Sicherungs- und Automationsanlagen (SA) 88
B.4.3 Telekommunikation (TC) 105
B.4.4 Schnittstellen SA/TC als Grundlage für die Projektierung 116

B.5 Konzepte Sicherheit 117
B.5.1 Allgemeines 117
B.5.2 Elektrische Anlagen 120
B.5.3 Fahrbahn 123
B.5.4 Sicherungs- und Automationsanlagen, Telekom 124
B.5.5 Nicht bahntechnisch-relevant 125
B.5.6 Erhaltung 126
B.5.7 Einbau 126
B.5.8 Aerodynamik und Klima 126

B.6 Erhaltung 128

B.7 Einbau 138
B.7.1 Ausgangslage 138
B.7.2 Geographie, Lage der Installationsplätze 140
B.7.3 Annahmen 141
B.7.4 Übergeordneter Ablauf 144
B.7.5 Schlussfolgerungen 147

B.8 Aerodynamik und Klima 148
B.8.1 Allgemein 148
B.8.2 Klima im GBT 149
B.8.3 Rückfallebenen 158
B.8.4 Rezirkulation GBT 162
B.8.5 Freie Querschnittsfläche im GBT 164
B.8.6 Querschläge GBT 167
B.8.7 Klima Bauphasen GBT 169
B.8.8 Druckwellen ZBT, GBT, CBT 174
B.8.9 Ereignisfall 178

C PROJEKTIERUNG 185

C.1 Einführung 185
C.1.1 Übersicht 185
C.1.2 Abgrenzung Stammlinie NBS-Strecke 185
C.1.3 Schnittstellen innerhalb der Bahntechnik 186
C.1.4 Ausschreibungsmodelle 189

C.2 Zimmerberg-Basistunnel inkl. Anschlüsse an Stammlinie 192
C.2.1 Projektübersicht 192
C.2.2 Verknüpfungen mit Stammlinie 192
C.2.3 Projekt EA 193
C.2.4 Projekt Fb 196
C.2.5 Projekt-Sicherungsanlagen und Telekommunikation 197

C.2.6 Einbau 200
C.2.7 Terminprogramm 201
C.2.8 Kosten 202
C.2.9 Vorgaben an Bau 203

C.3 Gotthard-Basistunnel inkl. Anschlüsse an Stammlinie 204
C.3.1 Projektübersicht 204
C.3.2 Verknüpfungen mit Stammlinie 205
C.3.3 Projekt EA 206
C.3.4 Projekt Fb 212
C.3.5 Projekt-Sicherungsanlagen und Telekommunikation 212
C.3.6 Einbau 216
C.3.7 Terminprogramm 218
C.3.8 Kosten 220
C.3.9 Vorgaben an Rohbauten 220

C.4 Ceneri-Basistunnel inkl. Anschlüsse an Stammlinie 221
C.4.1 Projektübersicht 221
C.4.2 Verknüpfungen mit Stammlinie 222
C.4.3 Projekt EA 223
C.4.4 Projekt Fb 226
C.4.5 Projekt-Sicherungsanlagen und Telekommunikation 227
C.4.6 Einbau 228
C.4.7 Terminprogramm 228
C.4.8 Kosten 229
C.4.9 Vorgaben an Rohbauten 230

D DIVERSES 235

D.1 Energie 235
D.1.1 Allgemeines 235
D.1.2 Integration in das bestehende Netz 236
D.1.3 Zimmerberg 236
D.1.4 Gotthard 237
D.1.5 Ceneri 241
D.1.6 Auswirkungen auf die bestehenden Übertragungsleitungen 241
D.1.7 Planung und Realisierung der Infrastrukturen 242

D.2 Rollmaterial: Vereinbarung ATG-ZfW 244
D.2.1 Einleitung 244
D.2.2 Zugbildung 244
D.2.3 Reisezugwagen 247
D.2.4 Güterwagen 247
D.2.5 Transport von Gefahrengütern 248
D.2.6 Sicherheitsmässiges Anforderungsprofil an das Rollmaterial für ATG-Neubautunnels 248

D.3 Verwandte Projekte 249
D.3.1 Neubaustrecke Mattstetten - Rothrist 249
D.3.2 Alpetunnel 253

E BEILAGEN

E.1 Pläne

E.2 Detaillierte Kosten und Mengengerüste

E.3 Technische Vorgaben Bahntechnik für das Bauprojekt Zimmerberg-Basistunnel

E.4 Technische Vorgaben Bahntechnik für das Bauprojekt Gotthard-Basistunnel

E.5 Technische Vorgaben Bahntechnik für das Bauprojekt Ceneri-Basistunnel

F VERZEICHNISSE 267

F.1 Abkürzungsverzeichnis 267

F.2 Tabellen- und Abbildungsverzeichnis 271

F.3 Referenzdokumente 276

F.4 Sachregister 282

Grundlagendossier Bahntechnik

A Allgemein

Inhaltsverzeichnis A

A ALLGEMEIN 15

A.1 Einführung 15
A.1.1 Einleitung 15
A.1.2 Ziele und Anforderungen 16
A.1.3 Angaben zum Dossier 18

A.2 Projektübersicht 19
A.2.1 Perimeter AlpTransit Gotthard AG 19
A.2.2 Projektorganisation 24
A.2.3 Ablauforganisation 26
A.2.4 Aktueller Stand der Arbeiten und Verfahren Bau 29

A.3 Auftrag 31
A.3.1 Anforderungspflichtenhefte 31
A.3.2 Randbedingungen 34
A.3.2.1 Internationales Umfeld 34
A.3.2.2 Netzzugangsverordnung Schweiz 34
A.3.2.3 Bahnreform 35

A.4 Projektkosten- und termine 36
A.4.1 Gesamtkosten 36
A.4.2 Termine 37
A.4.3 Projektstruktur 38

A.5 Qualitätsmanagement 39
A.5.1 Unternehmensbezogenes Qualitätsmanagement 39
A.5.2 Projektbezogenes Qualitätsmanagement 39
A.5.3 Risikoanalyse 39
A.5.4 Sicherheitsorientierte Prüfung 43

A ALLGEMEIN

A.1 Einführung

A.1.1 Einleitung

Hochleistungsstrecke AlpTransit Gotthard

AlpTransit ist das Markenzeichen für die neue Hochleistungsachse durch die Alpen. Kernstück der Gotthard-Achse bildet der 57 km lange Basistunnel am Gotthard, ergänzt durch den ca. 11 km langen Zimmerberg-Basistunnel Teil 2 von Thalwil nach Litti (Totallänge des Zimmerberg-Basistunnels von Zürich bis Litti ca. 20 km) und den ca. 15 km langen Ceneri-Basistunnel zwischen Bellinzona und Lugano. Damit findet die Schweiz Anschluss an das europäische Hochgeschwindigkeitsnetz [Bt.A] [Bt.B] [Bt.C].

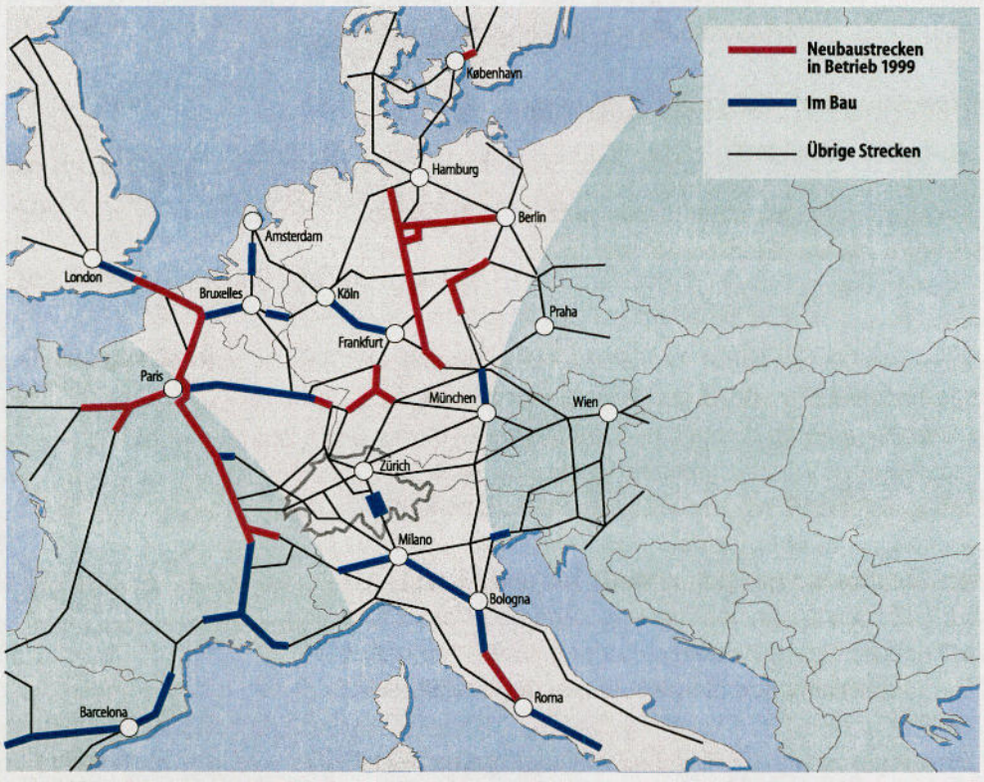


Abbildung 1 Hochgeschwindigkeitsnetz Schweiz und angrenzendes Ausland mit Achsen

standardisierte neuste Technik

Mit einer Gesamtlänge (inkl. Anschlüsse) von über 100 km bildet AlpTransit die längste Neubaustrecke, die in der Schweiz seit ca. 1920 in Betrieb genommen wird. Es bietet sich deshalb die einmalige Gelegenheit, bei der Bahntechnik

- sich bezüglich Geschwindigkeit dem europäischen Stand anzunähern
- die Technik auf die wesentlichen Aufgaben zu konzentrieren

europaweit standardisierte und erprobte Komponenten einzusetzen

und damit

klare, einfache Konzepte

- einen gut kontrollierbaren, nach einfachen Grundsätzen geführten, wirtschaftlichen Eisenbahnbetrieb zu ermöglichen
- dem Unternehmen Eisenbahn zu einem Innovationsschub und damit zu erhöhter Konkurrenzfähigkeit und modernerem Image zu verhelfen.

Dossier ist Grundlage für Bauprojekte Bahntechnik

Das vorliegende Dossier stellt den Stand der Projektierung Bahntechnik unter Berücksichtigung obiger Grundsätze zusammen. Es bildet die Grundlage für die in den nächsten Jahren zu erstellenden Bauprojekte Bahntechnik.

Die Neubaustrecke AlpTransit Gotthard stellt an die Bahntechnik einige ganz besondere Anforderungen, wie z.B. hohe Geschwindigkeiten bei ausgeprägtem Mischverkehr, grosse Leistungsdichten, sehr hohe Verfügbarkeit und extreme klimatische Bedingungen im Gotthard-Basistunnel.

Komponenten der Bahntechnik

Zur Bahntechnik zählt man jene Komponenten, die zum engeren technischen System Eisenbahn gehören [Bt.D]. Sie kommt im Bauablauf erst zuletzt, ist aber für die Funktionsfähigkeit in der Betriebsphase von entscheidender Bedeutung:

- Oberbau
- Sicherungs- und Automationsanlagen
- Telekomanlagen
- Bahnstromanlagen 16 $^{2}/_{3}$ Hz
- Elektrische Anlagen

A.1.2 Ziele und Anforderungen

Oberstes Ziel Bahntechnik

Oberstes Ziel für die Planung, die Projektierung und den Einbau der Bahntechnik für AlpTransit Gotthard liegt in der Erreichung

- der vereinbarten (minimalen) Funktionalität (Qualität, Verfügbarkeit, Sicherheit etc.)
- zu minimalen Kosten (für gesamte Lebensdauer, Life Cycle Costs)
- in möglich kurzer Einbauzeit

immer unter Beachtung der Gesamtsystemoptimierung sowie der politischen, technischen, ökonomischen, ökologischen und raumplanerischen Randbedingungen.

Anforderungen an ideale Bahntechnik

Die ideale Bahntechnik erfüllt bezüglich Qualität die folgenden Anforderungen [Bt.E]:

- hohe Verfügbarkeit (minimale Störungen, kein oder wenig Unterhalt, rasch auswechselbar)
- hohe Flexibilität
- geringer Personalbedarf
- Anpassungsfähigkeit an veränderte Anforderungen
- hohe Resistenz gegen äussere Einwirkungen

Im Rahmen der vereinbarten Qualität und bei vergleichbaren Kosten werden die Systeme im Hinblick auf diese idealen Kriterien projektiert.

Die Begriffe "vereinbarte Qualität" und "minimale Kosten" werden durch die folgenden Anforderungen definiert resp. beeinflusst:

Betriebliche Anforderungen

- Betriebliche Anforderungen: Die optimale Befriedigung der Marktbedürfnisse bei minimalem finanziellem Aufwand bildet die Leitschnur bei der Ausarbeitung der Bahntechnik. Die Umsetzung der marktnahen Bedürfnisse in betriebliche Anforderungen ist ein komplexer Prozess mit vielen Rückkoppelungen und nicht Gegenstand des vorliegenden Dossiers.

Hohe Anforderungen an Verfügbarkeit

- Anforderungen an die Verfügbarkeit: Die Bedingungen für die Anlagenerhaltung auf den AlpTransit-Neubaustrecken unterscheiden sich wesentlich von denjenigen auf bestehenden SBB-Strecken. Insbesondere erschwerend wirken die hohen Geschwindigkeiten, die hohe Streckenbelastung, die schlechte Zugänglichkeit und die teilweise extremen Klimabedingungen. Die Störungsrate der wichtigen Komponenten muss deshalb soweit reduziert sein, dass möglichst wenige, nicht planbare Interventionen nötig sind.

Funktionale Beschreibung Life Cycle Costs

- Anforderungen an die bahntechnischen Vorgaben: Um möglichst präzise Vorgaben machen zu können ohne die effektive Wahl der Elemente einzuschränken, ist eine funktionale Beschreibung der Elemente/Qualität nötig. Nicht der Weg zum Ziel sondern das Ziel wird definiert. Um die Qualität/Kosten trotzdem vergleichbar zu machen, ist die Betrachtung über die gesamte Lebensdauer der Komponenten (Life Cycle Costs) vorzunehmen.

Homogenisierung der Standards

- Anforderungen an die Standards: Homogenisierung der Standards innerhalb der Bahntechnik. Mit einem Minimum an Kosten soll ein Optimum an Qualität resultieren. Muss eine bestimmte Eigenschaft des Bahntechniksystems verbessert werden, sind die Mittel dort einzusetzen, wo mit dem kleinsten Aufwand der grösste Nutzen erzielt wird.

Abstimmung zwischen Bahntechnik und Bauwerk

- Anforderungen an die Qualität: Abstimmung der Qualität von Bahntechnik und Bauwerk: Besonders im Bereich der Tunnels können durch eine mehr oder weniger geeignete Wahl der Bahntechnik Anforderungen an das Bauwerk verursacht werden, deren Kosten diejenigen der Bahntechnik übersteigen. Das Gleiche gilt umgekehrt. Es muss die Lösung gewählt werden, die die geringsten Gesamtkosten verursacht.

1. Priorität Ereignisverhinderung
2. Priorität Ausmassverhinderung

- Sicherheitsanforderungen: Die ereignisverhindernden Massnahmen bilden den eigentlichen Schwerpunkt in der Bahnsicherheit. Dadurch kann die Eintretenswahrscheinlichkeit eines Ereignisses oft so stark vermindert werden, dass zusätzliche ausmassmindernde Massnahmen nicht mehr gerechtfertigt sind. Kann trotz ereignisverhindernder Massnahmen die Auftretenshäufigkeit der Ereignisse nur ungenügend gesenkt werden, ist eine Reduktion des Schadenausmasses durch ausmassmindernde Massnahmen zu erreichen. An die Qualität der bahntechnischen Anlagen werden aus Sicht Sicherheit die folgenden Grundanforderungen gestellt:
  - Möglichst hohe Verfügbarkeit um in erster Priorität die Eintretenswahrscheinlichkeit eines Ereignisses zu verhindern respektive stark zu reduzieren.
  - Erreichen der übergeordnet definierten Schutzziele, welche die einschlägigen schweizerischen Gesetze und anwendbaren nationalen und internationalen Normen integrieren.

Optimierung des Einbaus Bahntechnik

- Anforderungen an den Einbau der bahntechnischen Anlagen: 25% der Gesamtinvestitionen sind vom Bund als fest verzinsliche, bedingt rückzahlbare Darlehen vorgesehen. Da der Einbau Bahntechnik erst nach der Fertigstellung der Rohbauarbeiten erfolgt, fallen während dem Einbau Bahntechnik enorme Zinskosten des investierten Kapitals an. Es ist unabdingbar, dass eine zeitliche Optimierung des Einbaus stattfindet.

A.1.3 Angaben zum Dossier

Dossier ist Grundlage für Bauprojekte Bahntechnik

Basis gemäss Vorlage FinöV

Das vorliegende Dossier bildet die Grundlage für die in den nächsten Jahren zu erstellenden Bauprojekte Bahntechnik. Es stellt den Stand der Projektierung Bahntechnik für die etappierte NEAT gemäss Bundesbeschluss über die Finanzierung von Infrastrukturvorhaben des öffentlichen Verkehrs vom 20. März 1998 für die drei Basistunnel Zimmerberg Teil 2, Gotthard und Ceneri inkl. Anschluss-Strecken zusammen. Die Arbeiten entsprechen dem Stand der Technik und des Wissens von 1999 [Bt.F].

Das Dossier ist in den Grundlagenbericht für die Bauprojekte Bahntechnik sowie verschiedene Beilagen gegliedert. Im Grundlagenbericht sind die wesentlichen Resultate der Projektierung Bahntechnik zusammengestellt, in den Beilagen sind die weiterführenden, detaillierten Berichte abgelegt. Dies erlaubt, das relativ schlanke Grundlagendossier für das Bauprojekt Bahntechnik einem breiten Publikum abzugeben, während für die fachtechnisch Interessierten ein vollständiges Dossier existiert, damit auch die Nachvollziehbarkeit der Arbeiten im Sinne des Qualitätsmanagementes gewährleistet ist.

Dossierstruktur

Das Grundlagendossier für die Bauprojekte Bahntechnik ist wie folgt strukturiert:

Allgemeine Übersicht

A) Allgemein
Dieser Teil beinhaltet eine Einführung, eine Projektübersicht, den Auftrag resp. das Pflichtenheft für die Bahntechnik sowie eine Übersicht über Termine und Kosten.

Grundlagen Bahntechnik

B) Grundlagen
In diesem Abschnitt sind das System Bahntechnik und die einzelnen Bereiche detailliert beschrieben. Pro Bereich ist es gegliedert in die grundlegenden Konzepte, eine Zusammenfassung des Vorprojektes, den heutigen Stand der Technik und einem Ausblick auf die Entwicklung der Technologie bis zum Beschaffungszeitpunkt. Das Schwergewicht liegt in der Zusammenstellung des heutigen Stands der Technik und den darauf basierenden Einheitskosten für die einzelnen Elemente. Neben den einzelnen Fachbereichen ist ebenfalls der Stand der Planung in den bereichsübergreifenden Gebieten (Einbau, Erhaltung, Umweltbedingungen, Sicherheit) dokumentiert.

Projektierung Bahntechnik

C) Projektierung
Dieses Kapitel enthält die Resultate der Projektierung Bahntechnik auf den drei Neubaustrecken Zimmerberg-Basistunnel Teil 2, Gotthard-Basistunnel und Ceneri-Basistunnel. Einerseits werden für diese Strecken die Kosten Bahntechnik unter Verwendung der in B definierten Einheitskosten bestimmt, andererseits sind die Anforderungen, Vorgaben und Randbedingungen der Bahntechnik an den Rohbau objektspezifisch ausformuliert.

Verwandte Gebiete

D) Verwandte Gebiete
Dieser Teil enthält eine kurze Zusammenfassung des Standes der Projektierung in verwandten Gebieten. Dies sind primär der Bereich Energie (Unterwerke, etc.), das Rollmaterial und andere Neubauprojekte (Bahn 2000 Mattstetten - Rothrist, Alpetunnel).

A.2 Projektübersicht

A.2.1 Perimeter AlpTransit Gotthard AG

Das Projekt der AlpTransit Gotthard AG (ATG) umfasst als Bestandteil der neuen schweizerischen Eisenbahn-Alpen-Transversalen (NEAT) die Achse Gotthard und den Anschluss Ostschweiz.

Werke	Abschnitte
Achse Gotthard	Gotthard Nord
	Gotthard-Basistunnel (GBT)
	Gotthard Süd
	Ceneri-Basistunnel (CBT)
Anschluss Ostschweiz	Zimmerberg-Basistunnel (ZBT)

Tabelle 1 Projektumfang ATG gemäss Projektstrukturplan

Etappierter Ausbau FinöV

Entgegen dem für das Vorprojekt zugrunde gelegten Vollausbau der Achse Gotthard und des Anschlusses Ostschweiz mit einer Neubaustrecke von Arth-Goldau bis Lugano und den neuen Linien aus dem Raum Wädenswil - Au (Hirzel) und dem Raum Thalwil (Zimmerberg) nach Litti/Baar wird heute ein etappierter Ausbau gemäss FinöV[1] zugrunde gelegt. In einer ersten Etappe werden die drei Basistunnel am Gotthard, Monte Ceneri und Zimmerberg realisiert.

Der etappierte Ausbau gemäss FinöV umfasst,

für die Achse Gotthard
- eine Neubaustrecke Altdorf/Rynächt - Giustizia (Raum Biasca) mit dem ca. 57 km langen Gotthard-Basistunnel
- eine Neubaustrecke Camorino - Vezia mit dem ca. 15 km langen Ceneri-Basistunnel
- Anpassungen und Erweiterungen von bestehenden Bahnanlagen zur Verknüpfung der Neubaustrecken mit dem bestehenden Netz

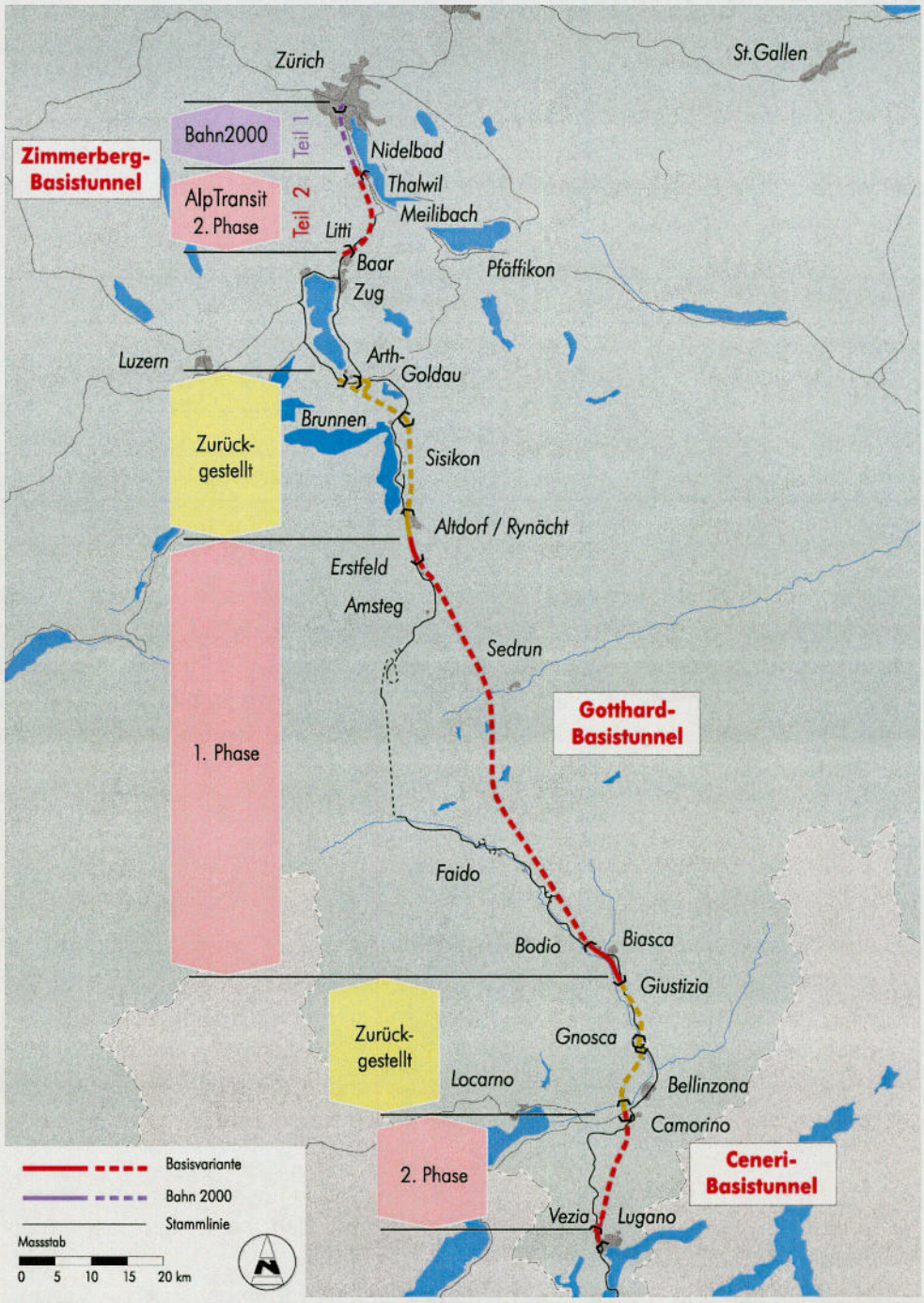
für den Anschluss Ostschweiz
- eine Neubaustrecke Nidelbad (Thalwil) - Litti mit dem ca. 11 km langen Zimmerberg-Basistunnel (Teil 2)
- Anpassungen und Erweiterungen von bestehenden Bahnanlagen zur Verknüpfung der Neubaustrecke mit dem bestehenden Netz

[– eine Verbindung zwischen der linken Zürichsee- und der Gotthardlinie sowie teilweiser Ausbau der Strecke St. Gallen – Arth-Goldau: NICHT Bestandteil des Auftrages an die ATG.]

In einer ersten Phase soll der Gotthard-, in einer zweiten der Zimmerberg- und der Ceneri-Basistunnel verwirklicht werden.

[1] Bundesbeschluss über Bau und Finanzierung von Infrastrukturvorhaben des öffentlichen Verkehrs (FinöV) vom 20.3.98

Abbildung 2
Übersicht Achse Gotthard und Anschluss Ostschweiz



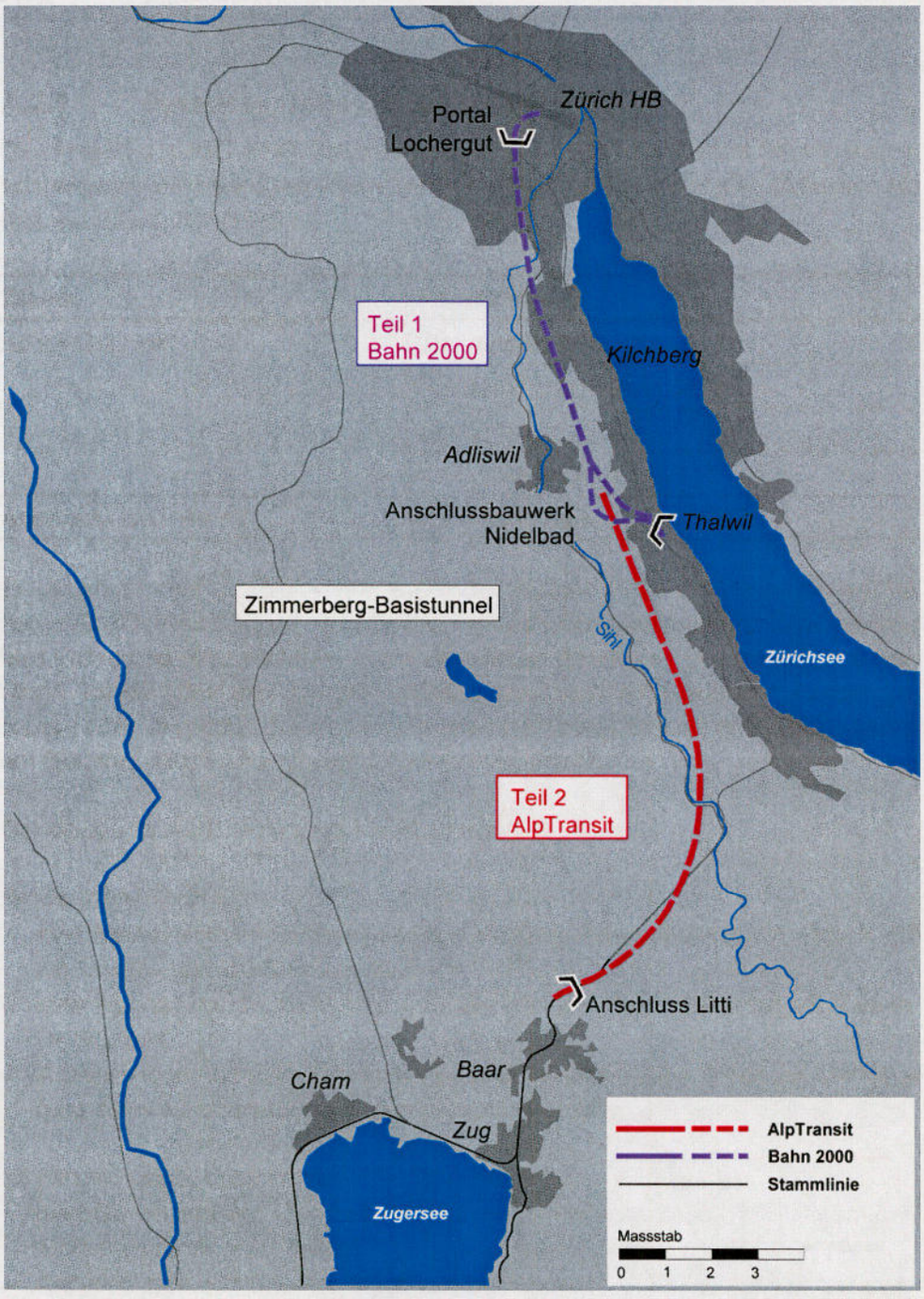
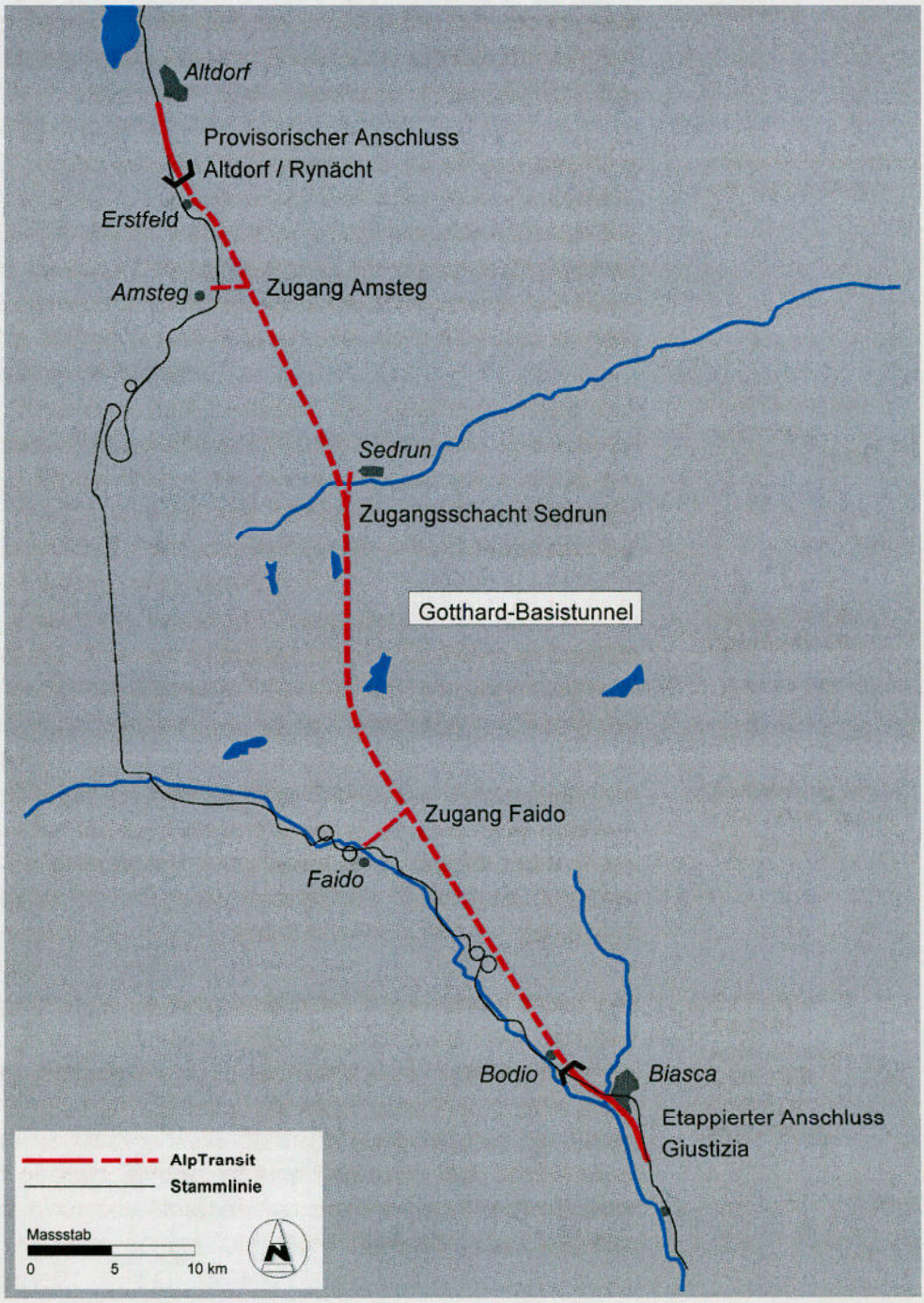


Abbildung 3
Zimmerberg-Basistunnel

Abbildung 4
Gotthard-Basistunnel



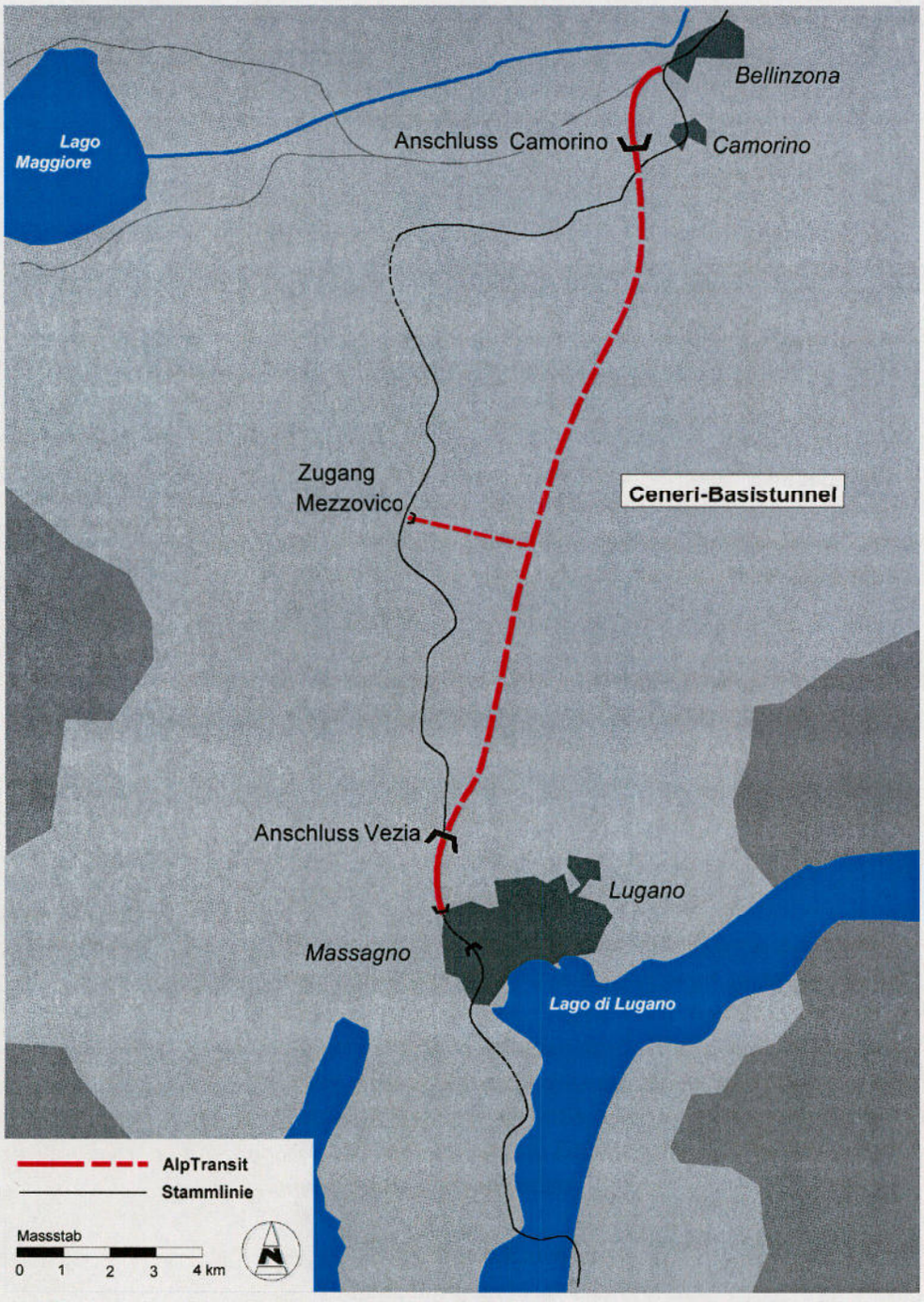


Abbildung 5
Ceneri-Basistunnel

Projektperimeter Bahntechnik aufgrund FinöV

Das Projekt Bahntechnik umfasst für die 1. Etappe gemäss FinöV die folgenden Neubaustrecken:

- Gotthard-Basistunnel mit Anschlüssen an die Stammstrecke beim Nordportal im Raum Altdorf/Rynächt und beim Südportal im Raum Pollegio/Biasca/Giustizia
- Ceneri-Basistunnel mit Anschlüssen an die Stammstrecke beim Nordportal im Raum Camorino und beim Südportal im Raum Vezia
- Zimmerberg-Basistunnel mit Anschlüssen an die Stammstrecke im Norden bei Nidelbad (unterirdisch an Tunnel Zürich-Thalwil B2000) und beim Südportal im Raum Litti

Rechtliche Grundlagen

Die AlpTransit Gotthard AG ist durch den Bund beauftragt, den Ausbau der Transitachse Gotthard und den Anschluss Ostschweiz zu projektieren und zu bauen. Rechtliche Grundlage für den Bau der Neuen Eisenbahn-Alpentransversale (NEAT) bilden u.a.

Bundesbeschlüsse

- Bundesbeschluss über den Bau der schweizerischen Eisenbahnen-Alpentransversalen (Alpentransit-Beschluss, ATP) vom 4. Oktober 1991
- Bundesbeschluss über Bau und Finanzierung von Infrastruktur des öffentlichen Verkehrs (FinöV) vom 20. März 1998.

Der Bundesbeschluss über Bau und Finanzierung vom Infrastrukturvorhaben des öffentlichen Verkehrs wurde von Volk und Ständen am 29. November 1998 angenommen. Der Bundesrat konnte somit die Änderung des Bundesbeschlusses über den Alpentransit (ATP) vom 20. März 1998 in Kraft setzen. Sie sieht unter anderem die Etappierung der NEAT vor.

A.2.2 Projektorganisation

Für die Projektierung und den Bau der Achse am Gotthard und Anschluss Ostschweiz wurde von den SBB innerhalb der Stammorganisation eine Organisationseinheit „AlpTransit" unter der Leitung des Delegierten AlpTransit geschaffen.

AlpTransit Gotthard AG

Am 12. Mai 1998 wurde sie durch eine neue und unabhängige, privatrechtliche Aktiengesellschaft, die AlpTransit Gotthard AG (ATG), abgelöst. Die bisherige Projektleitung AlpTransit wurde in diese neue Rechtsform überführt, so dass die bisherigen Arbeiten lückenlos weitergeführt werden können. Auf der operativen Ebene bleiben die Ansprechpartner die gleichen wie bisher.

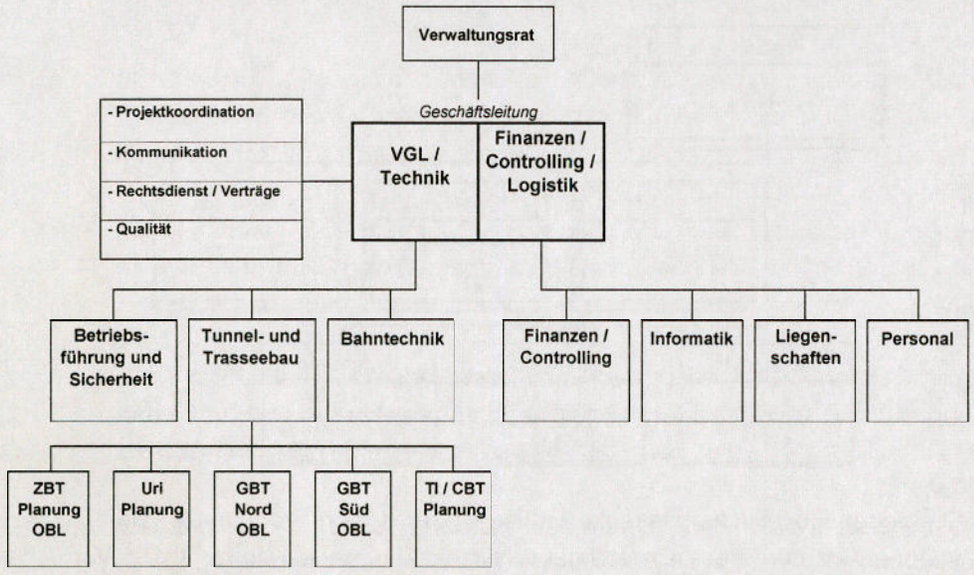


Abbildung 6 Organigramm Projektleitung ATG (1999)

Aufgaben der Bahntechnik

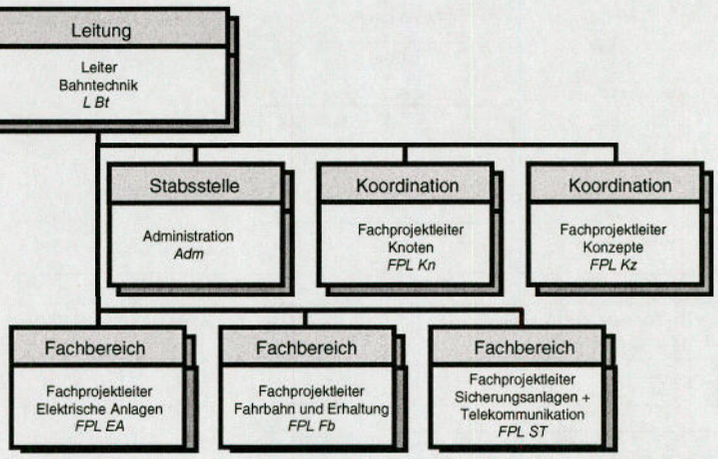
Der Bereich Bahntechnik ist mit der Projektierung und Realisierung der Bahntechnik-Ausrüstung für die Achse Gotthard und den Anschluss Ostschweiz beauftragt. Er ist dem Direktor ATG unterstellt.

Die Aufgaben des Bereiches Bahntechnik teilen sich auf in eine Grundlagenfunktion und eine Projektierungs- und Realisierungsfunktion. Basis bilden die betrieblichen Anforderungen, die in Form von Bestellerpflichtenheften von ATG-Grundlagen erstellt werden. Bahntechnik *erstellt* die Bahntechnik-Ausrüstung und *bestellt* beim Bau die notwendigen baulichen Infrastrukturen.

Die Hauptaufgaben sind:

- Definiert die Anforderungen bezüglich einzubauender Technik, Erhaltung, Störungsszenarien, Klima etc.
- Erarbeitet die technischen Grundlagen für Fahrbahn, Signalisations-, Telekommunikations- und Elektroanlagen in Koordination mit den Fachdiensten Stammorganisation SBB unter Berücksichtigung zukünftiger Technologien (inkl. Rollmaterial) und führt Projektingenieure und Spezialisten
- Stellt den Kontakt mit den Fachdiensten Stammorganisation SBB (Bau, Betriebsführung, Rollmaterial, Energie, Telecom) in bahntechnischen Belangen sicher und hält Verbindung zu ausländischen Bahnen
- Projektiert und realisiert die integralen bahntechnischen Anlagen für die Neubaustrecken (NBS)
- Koordiniert die Knoten (Verknüpfung NBS mit Stammstrecke)
- Übt die Oberbauleitungsfunktion gemäss SIA 103/108 für bahntechnische Anlagen aus
- Definiert in Koordination mit den Abschnittsleitungen die Anforderungen an den Bau, um die Anlagen der Bahntechnik für die Erhaltung etc. realisieren zu können

Abbildung 7 Organigramm Bahntechnik



Einbindung Bahntechnik in Stammorganisation SBB

Die neuen Hochleistungsstrecken müssen so mit dem Stammnetz verknüpft resp. integriert werden, dass ein optimaler Nutzen, d.h. hohe Kapazität und Verfügbarkeit sowie tiefer Erhaltungsaufwand, resultiert. Aus diesem Grund muss im Bereich Bahntechnik eine enge Zusammenarbeit mit der Stammorganisation gewährleistet sein.

ATG führt die gesamte Planung, Realisierung und Abnahme der Bahntechnik in enger Zusammenarbeit mit der Stammorganisation durch. Die Stammorganisation stellt fachliche und logistische Unterstützung sicher.

Diese Organisationsform wird für jede neue Projektphase überprüft und hinterfragt.

A.2.3 Ablauforganisation

Projektablauf

Der Ablauf des Projektes Bahntechnik unterscheidet sind von den herkömmlichen Projektabläufen des Rohbaus. Er wird geprägt von der sehr langen Bauzeit was dazu führt, dass der Einbau der bahntechnischen Komponenten erst zu einem sehr späten Zeitpunkt erfolgen wird. Der grosse Zeitraum bis zum Einbau ermöglicht, dass die dannzumalig einzubauende Technik entwickelt und erprobt wird. Damit besteht die grosse Chance, die modernste und adäquateste Technik einsetzen zu können. In der Planung Bahntechnik wird zwischen zwei Typen von Aktivitäten für das Projekt unterschieden:

- Grundlagen und Entwicklung
- Projektierung und Realisierung

Grundlagen und Entwicklungen

Unter *Grundlagen und Entwicklungen* werden losgelöst von der Strecken-Geographie Bahntechnik-Konzepte und -Systeme entwickelt und erprobt, die die Basis für die nachfolgende Projektierung bilden. Auf Ende dieser Phase müssen die Grundlagen und Entwicklungen soweit aufgearbeitet sein, dass sie im Bauprojekt Bahntechnik verwendet werden können. Dazu gehören auch Evaluation und Wahl des Ausschreibungsmodells (TU?, GP und GU?...)

Projektierung und Realisierung

Unter *Projektierung und Realisierung* werden für die einzelnen Strecken die Bahntechnik-Projekte ausgearbeitet und anschliessend realisiert. Ein Kernpunkt der Projektierung bildet die möglichst stufengerechte Definition der fachlichen und zeitlichen Nahtstellen zum Tunnel- und Rohbau sowie zu den Knoten (Verknüpfungspunkte Stammlinie SBB).

Projektphasen

Das Projekt Bahntechnik wird in Phasen abgewickelt. Die nachstehende Abbildung zeigt die Projektphasen und deren prinzipielle Abfolge. Unterschieden wird zwischen den Aktivitätsfeldern *Grundlagen und Entwicklungen* sowie *Projektierung und Realisierung.*

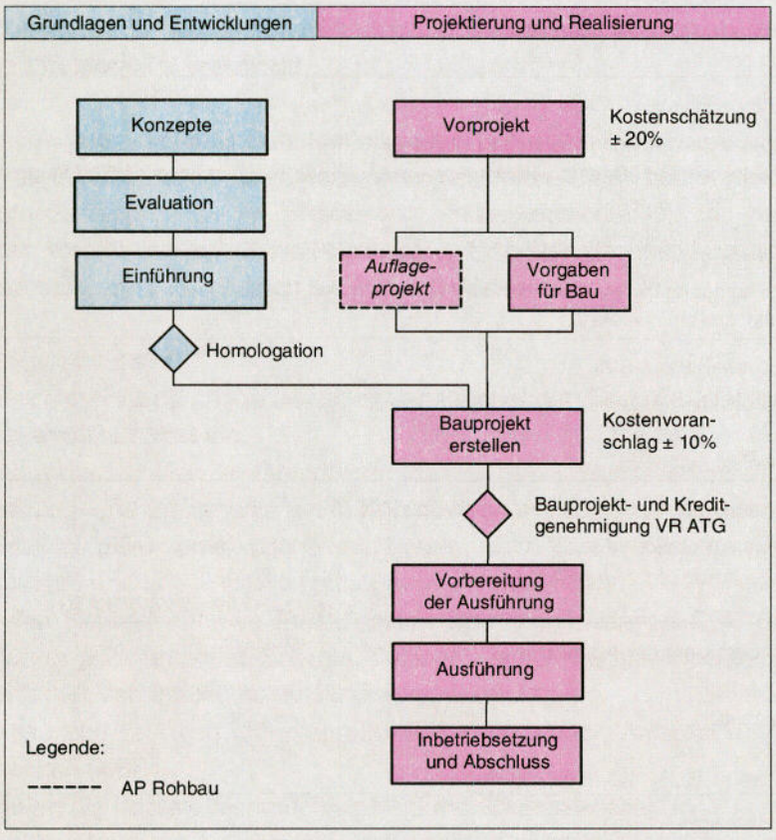


Abbildung 8 Projektablaufschema

Hinweis:
Der Projektablauf *Projektierung* und *Realisierung* wird durch das Ausschreibungsmodell beeinflusst. Dieses wird für Bahntechnik später gewählt. Sollte z.B. eine Totalunternehmensausschreibung erfolgen, wird der Projektablauf angepasst werden (vgl. Kapitel C.1.4).

Inhalte der Projektphasen *Grundlagen und Entwicklung:*

Tabelle 2 Projektphasen Grundlagen und Entwicklungen

Aufgaben/Tätigkeiten	*Resultate/Entscheide*
Phase Konzepte – Vorstudie: Bedürfnisanalyse, Konzept Bem.: Basis bilden die Bestellerpflichtenhefte von ATG-Grundlagen	– Grobpflichtenhefte – Konzeptentscheid ATG (fallweise)
Phase Evaluation – Studie: Systemevaluation	– Konzept- und Systementscheide ATG
Phase Einführung – Entwicklung, Pilot: Systementwicklung und -test	– Homologation – Basis für das Bauprojekt

Inhalte der Projektphasen *Projektierung und Realisierung*:

Tabelle 3 Projektphasen Projektierung und Realisierung

Aufgaben/Tätigkeiten	*Resultate/Entscheide*
Phase Vorprojekt – Ausarbeiten Vorprojekte – Kostenschätzung ± 20 % Bem.: Vorprojekte Bau und Bahntechnik werden gleichzeitig erstellt	– Durchführen VPGV (BAV) – Genehmigen VP (BR) – Entscheid über Linienführung (BR)
Phase Auflageprojekt – Ausarbeiten der auflagerelevanten Bt-Elemente, die in die Auflageprojekte der Rohbauten aufgenommen werden – Überprüfen Kostenschätzung Vorprojekt ± 20 % Bem.: Bt erstellt keine eigenen Auflageprojekte, die Genehmigung der raumwirksamen Bahntechnikelemente erfolgt im Rahmen PGV	– Durchführen PGV (UVEK) – Plangenehmigungsverfügung (UVEK)
Phase Vorgaben Bt an Bau – In der Funktion als Besteller, erstellt Bahntechnik Technische Vorgaben für die Bauten, jeweils für jede Projektphase Bau	– Bestellung an Bau
Phase Bauprojekt – Bauprojekt (Bahntechnik) – Kostenvoranschlag ± 10 %	– Bauprojektgenehmigung (VR ATG) – Kreditfreigaben (VR ATG)
Phase Vorbereitung der Ausführung – Ausschreibung – Homologation – Vergabe – Ausarbeiten der Ausführungsprojekte	– Vergabeantrag – Vergabeentscheide – Ausführungsprojekte
Phase Ausführung – Ausführung – Überwachen der Ausführung (Oberbauleitung) – Abnahmen	– Fertig eingebautes Bahntechniksystem
Phase Inbetriebsetzung und Abschluss – Inbetriebnahme des Bahntechniksystems – Schulung Betriebspersonal – Abschluss- und Garantiearbeiten	– Dokumentation – Übergabe betriebsbereites Bahntechniksystem an Betreiber – Genehmigen Kreditabrechnung

Projektphasen Bahntechnik - Projektphasen Bau

Der Projektablauf Bahntechnik wird durch den Projektablauf Bau beeinflusst. Die sehr lange Bauzeit für den Rohbau führt dazu, dass erst mehrere Jahre nach dem eigentlichen Baubeginn, wenn die Tunnelröhren fertiggestellt sind, mit dem Einbau der bahntechnischen Ausrüstung begonnen werden kann. Die Projektphasen Bahntechnik und Bau laufen somit nicht synchron, sondern zeitverschoben.

Eine Ausnahme bildet die Vorprojektphase, die gleichzeitig abgewickelt wurde. Die Vorprojekte Bahntechnik sind in eigenen Bahntechnik-Dossiers dokumentiert. Hingegen werden keine Bahntechnik-Auflageprojekte erstellt. Die auflagerelevanten Elemente Bahntechnik werden in die Auflageprojektdossiers Bau aufgenommen und mit diesen im Rahmen der Plangenehmigungsverfahren genehmigt. Zudem werden für die Auflageprojekte die Kosten Bahntechnik aus dem Vorprojekt überprüft.

Vorgaben Bahntechnik

In der Funktion als Besteller erstellt Bahntechnik für jede Projektphase Bau technische Vorgaben für den Bau. Infolge der grossen Zeitverschiebung im Projektablauf zwischen Bau und Bahntechnik müssen die Angaben Bt, die eigentlich erst im Rahmen des Bauprojektes vorliegen würden, vorgezogen werden. So müssen in der Phase Grundlagen und Entwicklungen, in der die Basis für die Erstellung des Bauprojektes Bt geschaffen wird, parallel dazu technische Vorgaben ausgearbeitet werden. Diese Vorgaben basieren daher auf der heute zugrunde gelegten Technik und berücksichtigen soweit möglich die Anforderungen von absehbarer zukünftiger Technik.

A.2.4 Aktueller Stand der Arbeiten und Verfahren Bau

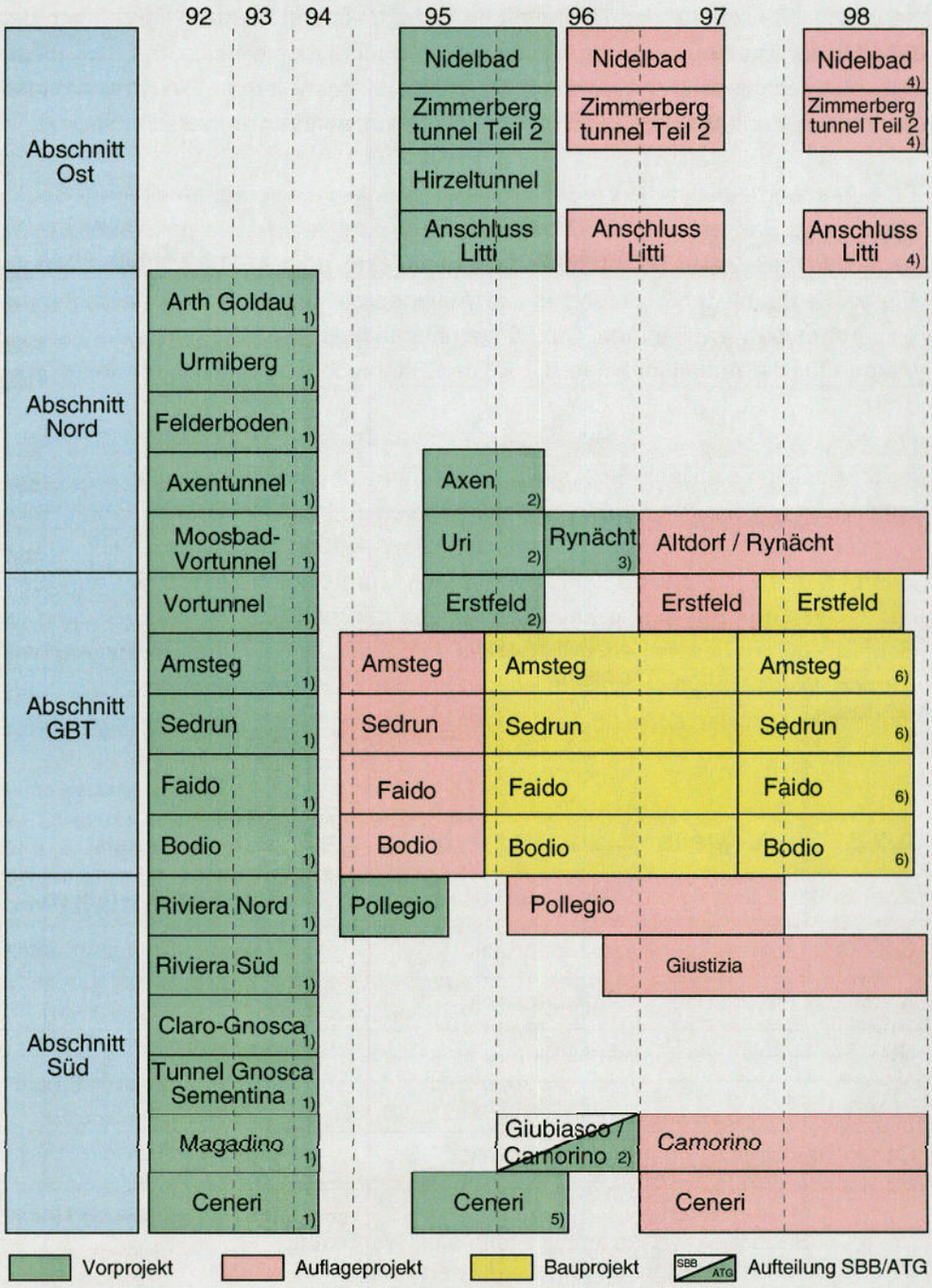
Tabelle 4 Stand Arbeiten und Verfahren Bau

Abschnitt	Stand der Arbeiten	Stand der Verfahren
Ost (Zimmerberg)	Auflageprojekt [1)]	VPGV
Anschluss Nord GBT	Auflageprojekt [1)]	VPGV
GBT	Ausschreibung [2)]	PGV
Anschluss Süd GBT	Auflageprojekt	VPGV
Ceneri-Basistunnel	Auflageprojekt[1)]	VPGV / PGV

[1)] in Bearbeitung Stand 1998
[2)] Bauprojekt Teilabschnitt Erstfeld in Bearbeitung
VPGV Vorprojektgenehmigungsverfahren
PGV Plangenehmigungsverfahren

Im Vergleich dazu befindet sich das Projekt Bahntechnik über die gesamte Achse Gotthard und Anschluss Ostschweiz heute nach wie vor in der Phase Vorprojekt.

Abbildung 9
Übersicht über die bisherigen Projektierungsarbeiten AlpTransit Rohbau (Stand 1998)



1) Basis- und Alternativvariante
2) Basisvariante II und Bergvariante
3) Provisorischer Anschluss Rynächt
4) Variante Vortrieb ab Nidelbad
5) Optimierte Alternativvariante
6) Überarbeitung Abgabe an VR ATG zur Genehmigung

A.3 Auftrag

A.3.1 Anforderungspflichtenhefte

Die betrieblichen Anforderungen an die Bahntechnik sind das Ergebnis eines langen Vertiefungs- und Präzisierungsprozesses, an dessen Anfang die Forderungen derjenigen Stellen der Transportunternehmung stehen, die mittel- und langfristige Marktbedürfnisse analysieren.

Die Umsetzung der primären marktnahen Bedürfnisse in die Bestellung gegenüber der Bahntechnik ist ein komplexer Prozess mit vielen Rückkoppelungen.
Der zentrale Gegenstand dieses Prozesses ist das Betriebskonzept. Dieses wurde im Rahmen der Redimensionierung des AlpTransit -Projekts auf die 3 Tunnel entsprechend angepasst (Schlussbericht Finanzierung öffentlicher Verkehr / Angebots- und Fahrplanstruktur der Transitachsen vom 18. Februar 1996). Es bildet eine wesentliche Grundlage, ist jedoch nicht Gegenstand des Dossiers Bahntechnik.

Die betrieblichen Bedürfnisse an die Bahntechnik werden für jede Planungsphase jeweils in Form von Pflichtenheften definiert. Diese beschreiben, abgeleitet von einem Fahrplan, die Bedürfnisse an die festen Anlagen.
Im Bereich der Tunnel sind dies vor allem die Anforderungen an die Trassierung, an die Zugfolgezeit, sowie an die zu berücksichtigenden Profile.

Im Bereich der Tunnelportale, wo die notwendigen Überholgleisanlagen und Verbindungen mit der Stammlinie vorgesehenen sind, wurden die Pflichtenhefte im Rahmen der zwischenzeitlich erarbeiteten Auflageprojekte entsprechend verfeinert. (Aktueller Stand gemäss Liste am Schluss dieses Kapitels)

Die betrieblichen Pflichtenhefte bilden die Grundlage zur Festlegung der bahntechnischen Lösung und geben dem verantwortlichen Planer in seinem Spezialgebiet den nötigen Spielraum zur Optimierung der Technik und der Parameter.

Die betrieblichen Anforderungen
Kurz zusammengefasst sind die betrieblichen Anforderungen für die wichtigsten Parameter wie folgt festgelegt (Details gemäss Entwurf Standards für Werke Achse Gotthard und Anschluss Ostschweiz in der Beilage E.2):

Wichtigste Parameter gemäss Standards

Geschwindigkeiten:	
Für die Dimensionierung massgebende Geschwindigkeit der Reisezüge	v = 200 km/h
Maximale Geschwindigkeit von einzelnen Zügen mit besonderen Eigenschaften (Achsdruck <= 14 - 17 t)	v = 230 km/h – 250 km/h
Geschwindigkeitsbereich der Güterzüge	v = 100 km/h – 160 km/h
Minimale Geschwindigkeit z.B. Bauzüge	v = 80 km/h

Längenprofil:	
Maximale Steigung	12,5 ‰
Maximale Steigung im Gotthard-Basistunnel	max 8‰
Radien:	
Die ideale Linienführung ist die Gerade.	
Dies gilt insbesondere für Weichenbereiche	
Minimalradien offene Strecken	5000 m
In Ausnahmefällen (ohne Einschränkung HGV)	4000 m
(mit Einschränkung HGV)	3200 m
Minimalradien in Tunnel	5000 m
Lichtraumprofil:	
Neubaustrecken	EBV 4
	Stromabnehmerraum S3
Angenommene Zugzahlen, Horizont 2015,	
entsprechend Angebot und Fahrplanstruktur	
Schlussbericht B 2000 vom 18.2.1997	
unter Berücksichtigung der Erhaltung:	
Zimmerberg-Basistunnel	145 - 160
Gotthard-Basistunnel	240 - 270
Ceneri-Basistunnel	220 - 230
Zugfolgezeiten:	
Zwischen Güterzügen v = 120 km/h	3 Min
Zimmerberg-Basistunnel Reisezüge	2,5 Min

Die optimale technische Umsetzung dieser Anforderungen mit minimalem finanziellem Aufwand (Life Cycle Costs) muss die Leitschnur bei der Ausarbeitung der Konzepte für die Bahntechnik bilden.

Die Erhaltung, als Teilaspekt des Betriebskonzepts, wurde in der Zeit seit dem Vorprojekt 1994 soweit ausgearbeitet, dass auch Aussagen und Vorgaben an die Rohbauten und die Bahntechnik gemacht werden können.

Die aktuell gültigen "Gesamtpflichtenhefte" bilden integrierenden Bestandteil der phasenbezogenen Vorgaben zu Handen der Projektingenieure. Sie bilden auch die Basis zur Erstellung der bahntechnischen Konzepte und Projekte aus welchen wiederum Vorgaben an die Rohbauplaner resultieren.

Für die Erarbeitung des vorliegenden Dossiers wurden folgende Anforderungspflichtenhefte und Dossiers als Basis verwendet:

			Grundlagen				
Bahntechnik-Einheiten	*Abschnitt*	*Teilabschnitt*	*Betrieb*	*Bau*	*Sicherheit*	*Bahntechnik*	
Gotthard-Basistunnel inkl. Anschlüsse	Abschnitt Nord	Prov. Anschluss Altdorf / Rynächt	Gesamtpflichtenheft für das AP, 16.12.96	Auflageprojekt 97	Sicherheitsanforderungen AP, 15.1.97 mit Austauschblatt A5.5 vom 2.5.97 [2]	Vorprojekt 96 Auflageprojekt 97[1] prov. Anschluss	Vorgaben Auflageprojekt, 1.12.97
		TA Erstfeld	Gesamtpflichtenheft für das AP, 8.2.95			Vorprojekt 94 Vorprojekt 96 (Bergvar.)	
	Abschnitt GBT	TA Amsteg, Sedrun, Faido, Bodio		Bauprojekt 97	Sicherheitsanforderungen AP, 24.5.95 [2]	Vorprojekt 94	Vorgaben Ausschreibung, 30.9.97
	Abschnitt Süd	Verlegung Stammlinie Tunnelportal GBT		Bauprojekt 97 (Vorarbeiten Pollegio/ Buzza di Biasca)		Vorprojekt 94 Bauprojekt 96 BT2	Vorgaben Auflageprojekt, 1.12.97
		Pollegio Verlegung Stammlinie	Gesamtpflichtenheft für das AP, 11.11.96	Auflageprojekt II 97		Vorprojekt 94 Auflageprojekt 97[1]	
		Biasca Neubaustrecke, Überholgleisanlage	Gesamtpflichtenheft für das AP, 4.3.97	Auflageprojekt 95, Planänderung 98 Campagna (letztere als 2. Entwurf)		Vorprojekt 96 Auflageprojekt 97/98[1]	
		Anschluss Giustizia		Auflageprojekt 98 (2. Entwurf)	Sicherheitsanforderungen AP, 19.3.97[2]	Vorprojekt 96 Auflageprojekt 98[1]	
Ceneri-Basistunnel inkl. Anschlüsse		Ceneri-Basistunnel (inkl. Anschlüsse Camorino, Vezia)		Auflageprojekt 98, Vorprojekt 98 (Bhf Giubiasco) (KD2) (2. Entwurf)		Vorprojekt 96, Vorprojekt 98 (Bhf Giubiasco) (KD2), Auflageprojekt 98 [1]	
Zimmerberg-Basistunnel inkl. Anschlüsse	Abschnitt Ost	Zimmerberg-Basistunnel, Teil 2 (inkl. Nidelbad, Litti)	Gesamtpflichtenheft für das AP, 22.10.96	Auflageprojekt 97	Sicherheitsanforderungen AP, 18.12.96[2]	Vorprojekt 96 Auflageprojekt 97[1]	Vorgaben Auflageprojekt, 1.12.97
	B2000	ZH - Thalwil, Teil 1		Bauprojekt 96		Bauprojekt 97 (B2000)	

[1] Elemente Bahntechnik in AP-Dossier Bau eingeflossen, Fachdienstangaben bei FPL vorhanden (kein eigenes Bt-Dossier).

[2] Zudem gelten die Sicherheitsanforderungen für das AP *Allgemeine Aspekte*, 18.12.96

A.3.2 Randbedingungen

A.3.2.1 Internationales Umfeld

Internationale Entwicklungen

In jüngster Zeit beginnt sich in Europa im Schienenverkehr ein Wandel zu mehr Wettbewerb zwischen den Anbietern abzuzeichnen. Dies als Folge der Absicht der EU den Binnenmarkt auch im Schienenverkehr zu verwirklichen. Andererseits ist dies die Folge der Suche nach einer effizienten Betriebsform für die Bahnen aufgrund wachsender Defizite und schwindender Marktanteile. Aus diesem Grunde hat die EU 1991 die Richtlinie 91/440 „Entwicklung der Eisenbahnunternehmen in der Gemeinschaft" erlassen. Sie legt verbindlich (Gesetzescharakter) die folgenden 4 Hauptpunkte fest:

EU Richtlinie 91/440

- Unabhängigkeit der Geschäftsführung der Eisenbahnunternehmungen (internationale Trennung vom Staat)
- Trennung zwischen dem Betrieb der Infrastruktur und der Erbringung von Verkehrsleistungen (mindestens getrennte Rechnungsführung)
- Finanzielle Sanierung (Mitgliederstaaten schaffen die Basis dafür)
- Zugang zur Eisenbahninfrastruktur (für internationale Gruppierungen, kombinierter Güterverkehr, diskriminierungsfrei)

Weissbuch zur Revitalisierung der Eisenbahnen

1996 wurde ein Weissbuch zur Revitalisierung der Eisenbahnen in der Gemeinschaft publiziert, in dem die Weiterentwicklung der Bahnen in der EU aufgezeigt wird. Eine ganze Reihe europäischer Staaten sind gegenwärtig dabei, die Richtlinie 91/440 praktisch umzusetzen (Österreich, Dänemark, Finnland, Deutschland, Irland, Niederlande, Schweden, UK). Gegen Mitgliedstaaten, die die Richtlinie noch nicht vollständig umgesetzt haben, wurden von der EU-Kommission Vertragsverletzungsverfahren eingeleitet.

A.3.2.2 Netzzugangsverordnung Schweiz

Die Gewährung des Netzzugangs bedeutet, dass ein Transportunternehmen grundsätzlich berechtigt ist, die Bahninfrastruktur einer Bahnunternehmung gegen Bezahlung eines Entgeltes zu benützen.

Für die Schweiz drängt sich aufgrund der internationalen Entwicklungen ein faktischer Nachvollzug der EU-Richtlinie 91/440 auf. Die Tatsache, dass die Umsetzung dieser Richtlinie in den einzelnen EU-Staaten unterschiedlich vorangetrieben wird, stellt für die Schweiz insofern einen Vorteil dar, als sie bezüglich der Ausgestaltung des Netzzugangs über einen gewissen Spielraum verfügt.

diskriminierungsfreier Netzzugang

Im Rahmen der Bahnreform soll der diskriminierungsfreie Netzzugang analog den voraussehbaren Entwicklungen im EU-Recht gewährt werden (gesamter Güterverkehr, einzelne Leistungen im Personenverkehr). Gemäss dieser müssen die Bahnunternehmungen ihre Infrastruktur künftig gegen Gebühr diskriminierungsfrei auch Dritten zur Verfügung stellen. Damit eine Zulassung erfolgen kann und ein fairer Wettbewerb möglich ist, müssen neben der Gegenseitigkeit u.a. zwingend technische Bestimmungen eingehalten werden.

Anforderungen an die Infrastruktur

Die Verordnung stellt auch Anforderungen an die Infrastrukturbetreiber. Die wichtigsten sind:
Für den eigenen Bedarf sowie für Dritte gelten die gleichen Regeln.

- Es dürfen keine technischen Randbedingungen gestellt werden, die nicht eine gesetzliche Grundlage haben.
- Dritte müssen bei der Trassenzuteilung und dem Trassepreis unter gleichen Bedingungen gleich behandelt werden.
- Die grundsätzlichen Randbedingungen des Netzzugangs und die wesentlichen technischen Gegebenheiten der Strecke sind zu publizieren.

Anforderungen an Fahrzeuge

Betreffend Fahrzeuge ist geregelt, dass nur solche die einen sicheren Betrieb gewährleisten eingesetzt werden dürfen, was heisst:

- Es dürfen nur Fahrzeuge gemäss Eisenbahnverordnung (EBV), mindestens gleichwertiger ausländischen Bestimmungen oder gemäss Bestimmungen der UIC, zugelassen werden.
- Die Fahrzeugparameter müssen mit den Streckenvoraussetzungen gemäss EBV übereinstimmen.

Betreffend Fahrdienstvorschriften ist festgelegt, dass nur die vom Bundesamt erlassenen schweizerischen Fahrdienstvorschriften gelten dürfen.

A.3.2.3 Bahnreform

Die von der Schweiz verfolgte Bahnreform geht insbesondere in Bezug auf den Netzzugang Dritter (gesamter Güterverkehr) noch weiter als die EG-Richtlinie und lehnt sich in wesentlichen Punkten an die Reform der DB AG an.Sie wurde in der Schweiz anfangs 1999 eingeführt und wird verschiedentlich nur als 1. Etappe bezeichnet.
Die Konsequenzen aus der Bahnreform und der Netzzugangsverordnung auf die bahntechnischen Einrichtungen eines Jahrhundertprojekts wie AlpTransit lassen sich nicht in allen Teilen absehen. Klar sind jedoch die folgenden 2 allgemeinen Hauptpunkte:

- **Interoperabilität, Diskriminierungsfreiheit:** Es werden grundsätzlich alle Fahrzeuge zugelassen, die die Bestimmungen gemäss UIC respektive Eisenbahnverordnung (EBV), einhalten. Weitergehende Anforderungen können nur sehr restriktiv bewilligt und müssen auf Gesetzesstufe festgehalten werden.
- **Infrastruktur:** Alle technischen Randbedingungen, die die Interoperabilität einschränken, müssen eine gesetzliche Grundlage haben.

A.4 Projektkosten- und termine

A.4.1 Gesamtkosten

Gesamtkosten Bahntechnik

Die Gesamtkosten Bahntechnik für den etappierten Ausbau gemäss FinöV der Achse Gotthard und des Anschlusses Ostschweiz (Zimmerberg Teil 2) betragen 1.291 Mia. Fr. (exkl. MwSt.).

Die Kosten teilen sich auf:

Tabelle 5 Kosten Bahntechnik pro Basistunnel

Zimmerberg-Basistunnel (inkl. Anschlüsse)	130 Mio. Fr. (exkl. MwSt.)
Gotthard-Basistunnel (inkl. Anschlüsse)	939 Mio. Fr. (exkl. MwSt.)
Ceneri-Basistunnel (inkl. Anschlüsse)	222 Mio. Fr. (exkl. MwSt.)

Kostengenauigkeit, Projektstand

Es handelt sich um eine Kostenschätzung Stufe Vorprojekt mit einer Kostengenauigkeit von ± 20 %. Sie basiert auf dem Projektstand 1999.

Die Kosten Bahntechnik beinhalten:
- Baukosten
- Ingenieurhonorare
- Kosten für Grundlagen und Entwicklungen (im GBT eingerechnet)
- Projektführungskosten (Eigenleistungen ATG-Bt und Fremdleistungen)

Die Kostenangaben enthalten keinerlei Reserven, Zuschläge oder Positionen für Unvorhergesehenes.

Im Gegensatz zum Vorprojekt 1994, wo die Kosten aufgrund des aktuellen Standes der Technik ermittelt wurden, sind in die Kostenermittlung 1999 zum Teil Kosten für zukünftige Technik bzw. sich in Entwicklung/Einführung befindlichen Systeme berücksichtigt worden (z.B. für die Führerstandsignalisierung).

Weitergehende Kostenangaben

Hinweis: Weitergehende Kostenangaben befinden sich im Kapitel C Projektierung jeweils unter den einzelnen Basistunnels und in der Beilage E.2 *Detaillierte Kosten und Mengengerüste*.

Teuerung Bahntechnik

Gemäss der NEAT-Controlling-Weisung des BAV vom Februar 1997 wird im Projekt AlpTransit mangels einer adäquaten Indexreihe der Zürcher Index der Wohnbaukosten (ZIW) angewendet (Preisbasis 1991, Index 119.3).

Aus der Sicht Bahntechnik ist die Wahl des ZIW nicht ideal, da dieser Index viele mit der Bahntechnik nicht vergleichbare Kostenelemente einbezieht und dafür andere bahntechnikspezifische nicht berücksichtigt.

Für die im Rahmen des Grundlagendossiers Bahntechnik erfolgte Kostenermittlung wird in den Jahren 1991 bis 1999 von einer Teuerung von > 0 % ausgegangen.

A.4.2 Termine

Die Terminplanung Bahntechnik baut auf den aktuellen Terminplanungen der Abschnitte auf. Die Eckdaten der Fertigstellung der Bauten bestimmen den Einbaubeginn der Bahntechnik und somit die Gesamtterminplanung Bahntechnik.

Zimmerberg-Basistunnel	Auflageprojekt 1998, Vortrieb ab Nidelbad
Altdorf / Rynächt	Auflageprojekt 1998 (Entwurf)
Gotthard-Basistunnel	Bauprojekt 1998, Terminprogramm GBT Stand 1. Quartal 1999
Pollegio – Biasca – Giustizia	Auflageprojekte 1997 / 1998
Ceneri-Basistunnel	Auflageprojekt 1998

Tabelle 6 Übergeordnete Grundlagen für die Terminplanung Bahntechnik

Die Terminplanung Bahntechnik geht von einer zeitgerechten Kreditsprechung und Projektgenehmigung durch die übergeordneten Stellen aus.

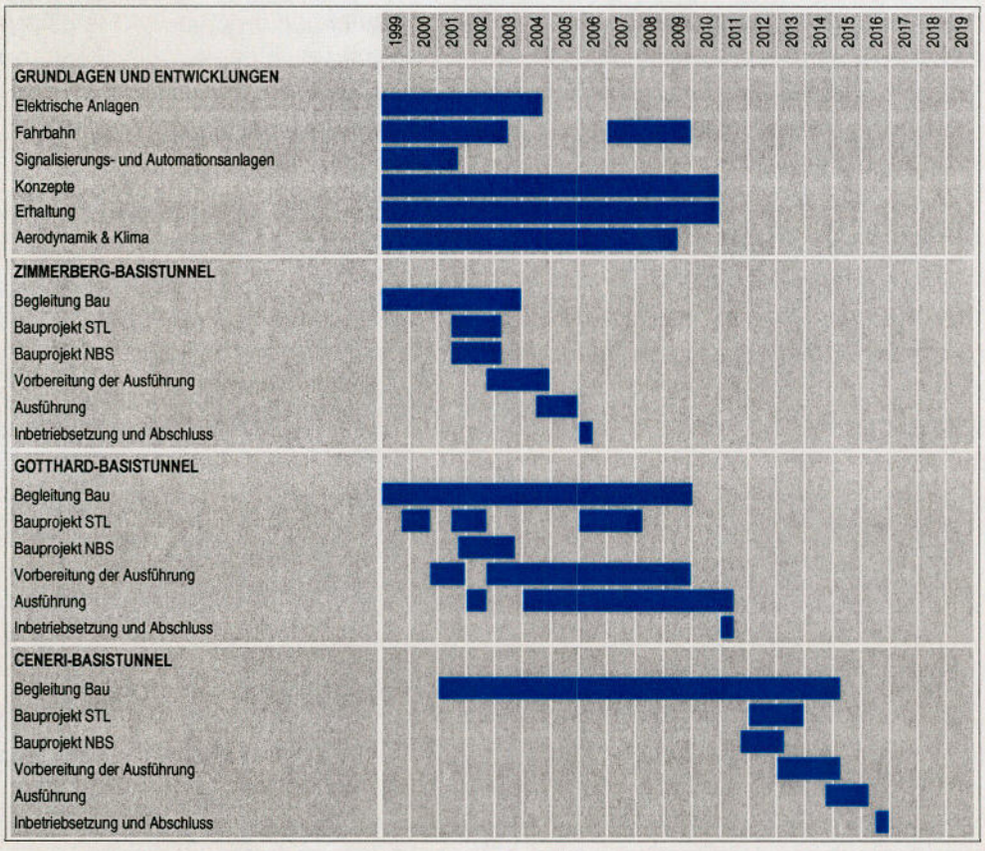


Abbildung 10 Gesamtterminprogramm Bt, Stand April 1999 (gemäss FinöV)

A.4.3 Projektstruktur

Im Rahmen der Controllig-Weisung AlpTransit des Bundesamtes für Verkehr (BAV) ist der Projektstrukturplan (PSP) AlpTransit festgelegt. Für die Bahntechnik ist folgende Projektstruktur vorgegeben (am Beispiel GBT):

Tabelle 7 Projektstrukturplan AlpTransit

Abschnitt	Teilabschnitt	Projektgruppe
Gotthard-Basistunnel	Bahntechnik GBT	Fahrbahn
		Elektrische Anlagen
		Signalanlagen und Automation
		Telecom-Anlagen

Die Bahntechnik ist als Teilabschnitt in die jeweiligen Abschnitte Gotthard Nord, Gotthard-Basistunnel, Gotthard Süd, Ceneri-Basistunnel und Zimmerberg-Basistunnel integriert. Der Teilabschnitt Bahntechnik ist weiter auf Stufe Projektgruppe in die einzelnen Fachbereiche aufgesplittet.

Anpassung der Projektstruktur Bahntechnik

Aus heutiger Sicht Bahntechnik ist die nach Rohbauanforderungen festgelegte Projektstruktur für die Bahntechnik nicht zweckmässig, da nicht funktionsfähige Einheiten gebildet werden. Die Problematik ist von der Projektleitung ATG und ATG-FC erkannt. Es ist vorgesehen, den Projektstrukturplan sobald wie möglich, dass heisst spätestens mit dem Bauprojekt Bahntechnik, anzupassen.

Arbeitshypothese PSP für Bahntechnik

In der Zwischenzeit gilt der vorliegende Projektstrukturplan als Basis, wobei die Teilabschnitte Bahntechnik in den Abschnitten Gotthard-Nord und -Süd auf Null gesetzt werden und alles im Teilabschnitt Gotthard-Basistunnel aufgenommen wird. Somit wird ein funktionales Bahntechnik Gesamtsystem GBT gebildet.

A.5 Qualitätsmanagement

A.5.1 Unternehmensbezogenes Qualitätsmanagement

UQM

Das unternehmensbezogene Qualitätsmanagement (UQM) der Bahntechnik ist einerseits im "Projekthandbuch" von AlpTransit Gotthard [Bt.D] und andererseits im spezifischen "Projektheft Bahntechnik" [Bt.G] dokumentiert. In den Kapiteln A.2.2 und A.2.3 des vorliegenden Dokumentes sind die wesentlichsten Merkmale aus dem Projektheft (insbesondere die Ablauf- und Aufbauorganisationen) zusammengefasst.

A.5.2 Projektbezogenes Qualitätsmanagement

PQM

Das UQM wird durch ein projektbezogenes Qualitätsmanagement (PQM) [Bt.H] ergänzt. Ansatzpunkt des PQM sind die grossen Projektrisiken. Ein grosses Projektrisiko besteht dann, wenn die Erfüllung von bedeutungsvollen Projektanforderungen stark gefährdet ist. Die grossen Projektrisiken und die dazugehörenden Risikofaktoren werden anhand einer Risikoanalyse ermittelt.

A.5.3 Risikoanalyse

Aus übergeordneter Sicht ergibt eine Risikoanalyse über alle Projektphasen (vgl. A.2.2) für die gesamte Bahntechnik das folgende Ergebnis:

Projektrisiken

Grosse Projektrisiken
(bedeutungsvolle, stark gefährdete Projektanforderungen):
- Termine (Planungs- und Einbauzeit, Inbetriebnahme)
- Kosten (Investitionskosten, Life Cycle Costs, Betriebskosten)
- Bt-System (Funktionalität, Verfügbarkeit etc.)
- Gesamtsystem (Nahtstellen Bau - Bt etc.)

Risikofaktoren

Risikofaktoren (massgebende Gefahren):

a) Technischer Art:
- Entwicklungen, Ausschreibungsmodelle Bt und Homologationen: Auswirkung auf Bt-System / Termine
- Randbedingungen GBT (Klima, Erhaltung, etc.): Auswirkung auf Kosten
- Einbaulogistik: Auswirkung auf Termine
- Funktionalität und Verfügbarkeit: Auswirkung auf Gesamtsystem
- Abnahme Bau: Auswirkung auf Termine
- Abnahme Bt: Inbetriebsetzung und Schulung: Auswirkung auf Gesamtsystem

b) Beziehungen, Abläufe:
- Nahtstelle Bau: Auswirkungen auf Termine und Kosten
- Bestellungsänderung (Sicherheit, Standards etc.): Auswirkungen auf Kosten
- Nahtstelle Stammlinie: Auswirkungen auf Termine
- Termineinhaltung Bau: Auswirkungen auf Termine

c) Finanzieller Art:
- Finanzierung: Auswirkungen auf Termine
- Wirtschaftsentwicklung: Auswirkungen auf Kosten

A.5.4 Sicherheitsorientierte Prüfung

SIOP

Gemäss der Weisung Bau GD 4/87 vom 11.2.1987 ist eine sicherheitsorientierte Prüfung (SIOP) Bestandteil des Plangenehmigungsverfahrens. Die SIOP umfasst alle Gesichtspunkte, die mit der Bauwerks- und Gebrauchssicherheit in Zusammenhang stehen. In Erfüllung dieser Weisung wird von der Bereichsleitung Bahntechnik eine Begleitgruppe SIOP Bahntechnik eingesetzt.

Begleitgruppe SIOP Bahntechnik

Die Begleitgruppe SIOP Bahntechnik stellt im Rahmen der SIOP eine Massnahme des unternehmensbezogenen Qualitätsmanagement der AlpTransit Gotthard ATG dar. Sie beurteilt und überprüft die Projektierung unter den Aspekten auf Vollständigkeit, sinnvolle Konzeption, stufengerechte Planung, fachliche Plausibilität und Gewichtung der grossen Projektvisiten. Die Begleitgruppe soll weitere relevante Punkte erkennen und beurteilen. Zum Aufgabenfeld gehören die Fachbereiche elektrische Anlagen, Signalanlagen, Telekommunikation, Fahrbahn, Erhaltung, Knoten und Konzepte sowie aero- und thermodynamische Fragestellungen.

Grundlagendossier Bahntechnik

B Grundlagen und Entwicklungen

Inhaltsverzeichnis B

B GRUNDLAGEN UND ENTWICKUNGEN 47

B.1 Begriff Bahntechnik und Abgrenzung 47
B.1.1 Grundsätze 48
B.1.2 Grundsätzliche Festlegungen 50
B.1.3 Technik (gewählte und zukünftige Technik) 51
B.1.4 Rückfallebenen (Risikopunkte) 52
B.1.5 Terminprogramm 52

B.2 Elektrische Anlagen 54
B.2.1 Allgemein 54
B.2.2 Fahrleitung 55
B.2.2.1 Allgemein 55
B.2.2.2 Technik 56
B.2.2.3 Weiteres Vorgehen, Risikopunkte 59
B.2.3 Bahnstromversorgung (15 kV, $16^2/_3$ Hz) 61
B.2.3.1 Allgemein 61
B.2.3.2 Konzepte und Technik 63
B.2.3.3 Weiteres Vorgehen, Perspektiven 66
B.2.4 50 Hz-Stromversorgung 68
B.2.4.1 Allgemein 68
B.2.4.2 Technik 71
B.2.4.3 Perspektiven bis 2003 (im Zusammenhang mit dem Projekt für den Gotthard-Basistunnel) 73
B.2.5 Kabelanlagen ($16^2/_3$ Hz et 50 Hz) 74
B.2.5.1 Allgemein 74
B.2.5.2 Technik 74
B.2.5.2.1 Kabelanlagen für Strecken im Freien 74
B.2.5.2.2 Kabelanlagen für Tunnelstrecken 76
B.2.5.2.3 Kabelanlagen in Zugangsstollen oder Schächten 77
B.2.5.3 Untersuchungsschwerpunkte für die Erstellung des Bauprojekts 78

B.3 Fahrbahn 79
B.3.1 Allgemein 79
B.3.2 Tunnelstrecken 79
B.3.2.1 Konzept, Grundsätze, Festlegungen 79
B.3.2.2 Technik 80
B.3.2.3 Risiko-Punkte 81
B.3.3 Strecken im Freien 85
B.3.3.1 Konzept, Grundsätze, Festlegungen 85
B.3.3.2 Technik 85
B.3.3.3 Rückfallebenen, Alternativen 85

B.4 Sicherungsanlagen und Telekommunikation 87
B.4.1 Allgemein 87
B.4.1.1 Abgrenzung, Aufgabenbereiche 87
B.4.2 Sicherungs- und Automationsanlagen (SA) 88
B.4.2.1 Konzepte, Grundsätze, Festlegungen 88
B.4.2.1.1 Stellwerk (Stw) 88
B.4.2.1.2 Weichenantriebe, Zwergsignale, Weichenheizungen 89
B.4.2.1.3 Gleisfreimeldung (GFM) 90
B.4.2.1.4 Führerstandsignalisierung (FSS) 90
B.4.2.1.5 Leittechnik (LT) 92
B.4.2.1.6 Permanente Warnanlage (PWA) 93
B.4.2.1.7 Zugkontrolleinrichtungen (ZKE) 93
B.4.2.2 Technik (für Kostenberechnung) 94
B.4.2.2.1 Stellwerk (Stw) 94
B.4.2.2.2 Weichenantriebe, Zwergsignale, Weichenheizungen 95
B.4.2.2.3 Gleisfreimeldung (GFM) 95
B.4.2.2.4 Führerstandsignalisierung (FSS) 96
B.4.2.2.5 Leittechnik (LT) 97
B.4.2.2.6 Stromversorgung (USV) 99
B.4.2.2.7 Zugkontrolleinrichtungen (ZKE) 99
B.4.2.3 Rückfallebenen (Risikopunkte) 101
B.4.2.3.1 Weiteres Vorgehen bezüglich Stellwerk-Konzept 101
B.4.2.3.2 Weiteres Vorgehen bezüglich Führerstandssignalisierung 104
B.4.3 Telekommunikation (TC) 105
B.4.3.1 Konzepte, Grundsätze, Festlegungen 105
B.4.3.1.1 Übertragung (U) 105
B.4.3.1.2 Vermittlung (V) 105
B.4.3.1.3 Betriebsfernmeldeanlagen (B) 105
B.4.3.1.4 Datennetze (D) 107
B.4.3.1.5 Mobilfunk (F) 107
B.4.3.2 Technik (für die Kostenberechnung) 108
B.4.3.2.1 Übertragung (U) 108
B.4.3.2.2 Vermittlung (V) 108
B.4.3.2.3 Datennetze (D) 109
B.4.3.2.4 Mobilfunk (F) 110
B.4.3.2.5 Stromversorgung (USV) 112
B.4.3.3 Rückfallebenen (Risikopunkte) 113
B.4.3.3.1 Tunnelfunk-Konzept 113
B.4.3.3.2 Allgemeine Bedürfnisanalyse für TC-Systeme im Tunnel. 113
B.4.3.3.3 Allgemeine Bedürfnisanalyse für TC-Systeme im Tunnel. 114
B.4.3.3.4 Problematik lange Einbaudauer 114
B.4.4 Schnittstellen SA/TC als Grundlage für die Projektierung 116

B.5 Konzepte Sicherheit 117
B.5.1 Allgemeines 120
B.5.1.1 Einleitung 117
B.5.1.2 Betriebsmodi, Sicherheitsanforderungen und Massnahmen 117
B.5.2 Elektrische Anlagen 120
B.5.2.1 Allgemeines 120
B.5.2.2 Fahrleitung 120
B.5.2.3 Bahnstromversorgung 121
B.5.2.4 50 Hz-Stromversorgungsanlagen 122
B.5.2.5 Kabel 122
B.5.3 Fahrbahn 123

B.5.4 Sicherungs- und Automationsanlagen, Telekom 124
B.5.4.1 Allgemeines 124
B.5.4.2 Sicherungs- und Automationsanlagen (SA) 124
B.5.4.3 Telekommunikation (TC) 124
B.5.5 Nicht bahntechnisch-relevant 125
B.5.5.1 Rollmaterial 125
B.5.5.2 Bauliche Massnahmen 126
B.5.6 Erhaltung 126
B.5.7 Einbau 126
B.5.8 Aerodynamik und Klima 126

B.6 Erhaltung 128

B.7 Einbau 138
B.7.1. Ausgangslage 138
B.7.1.1 Bisherige Arbeiten 138
B.7.1.2 Ziel 139
B.7.1.3 Abgrenzung 139
B.7.2 Geographie, Lage der Installationsplätze 140
B.7.2.1 Zimmerberg-Basistunnel 141
B.7.2.2 Gotthard-Basistunnel 141
B.7.2.3 Ceneri-Basistunnel 141
B.7.3 Annahmen 141
B.7.3.1 Trennung Rohbau - Einbau Bahntechnik 141
B.7.3.2 Teilabschnittsweise Ausrüstung 142
B.7.3.3 Systematisierung 142
B.7.3.4 Trennung der Fachdienste 142
B.7.3.5 Arbeitsdauer 143
B.7.3.6 Installationsplätze Bahntechnik 143
B.7.3.7 Lüftung/Kühlung während der Einbauphase 143
B.7.3.8 Baustromversorgung 143
B.7.3.9 Erhaltung der ausgerüsteten Streckenabschnitte 143
B.7.3.10 Baukommunikation 143
B.7.4 Übergeordneter Ablauf 144
B.7.4.1 Einbauleistungen im Gotthard-Basistunnel 145
B.7.4.2 Einbauleistungen in den Doppelspurtunnels 146
B.7.5 Schlussfolgerungen 147

B.8 Aerodynamik und Klima 148
B.8.1 Allgemein 148
B.8.1.1 Einleitung 148
B.8.1.2 Grundsätze 148
B.8.2 Klima im GBT 149
B.8.2.1 Übersicht 149
B.8.2.2 Betriebsfall 150
B.8.2.3 Erhaltungsfall 151
B.8.2.4 Grenzwerte 151
B.8.2.4.1 Situation in den Fahrröhren 151
B.8.2.4.2 Situation in den technischen Nischen 154
B.8.2.5 Fehlerquellen 155

B.8.3 Rückfallebenen ... 158
B.8.3.1 Übersicht ... 158
B.8.3.2 Lufttauscher ... 159
B.8.3.3 Trockenkühlung ... 160
B.8.3.4 Betrieb ... 160
B.8.3.5 Trocknung ... 161
B.8.3.6 Fazit ... 161
B.8.4 Rezirkulation GBT ... 162
B.8.4.1 Übersicht ... 162
B.8.4.2 Nordportal (Erstfeld) ... 162
B.8.4.3 Südportal (Bodio) ... 163
B.8.5 Freie Querschnittsfläche im GBT ... 164
B.8.5.1 Übersicht ... 164
B.8.5.2 Resultate ... 165
B.8.5.3 Kosten ... 166
B.8.6 Querschläge GBT ... 167
B.8.6.1 Übersicht ... 167
B.8.6.2 Anforderungen ... 167
B.8.6.3 Empfehlung ... 168
B.8.7 Klima Bauphasen GBT ... 169
B.8.7.1 Übersicht ... 169
B.8.7.2 Übergang Bau-Installation ... 170
B.8.8 Druckwellen ZBT, GBT, CBT ... 174
B.8.8.1 Übersicht ... 174
B.8.8.2 ZBT ... 174
B.8.8.3 GBT ... 176
B.8.8.4 CBT ... 178
B.8.9 Ereignisfall ... 178
B.8.9.1 Übersicht ... 178
B.8.9.2 Grundlagen ... 179
B.8.9.3 Nothaltestellen ... 179
B.8.9.4 Beliebige Stelle ... 180

B GRUNDLAGEN UND ENTWICKUNGEN

B.1 Begriff Bahntechnik und Abgrenzung

Zur Bahntechnik werden alle diejenigen Komponenten gezählt, die durch besondere Merkmale und Ansprüche des Verkehrssystems Eisenbahn geprägt werden. Es gehören dazu insbesondere:

Komponenten der Bahntechnik

Oberbau
- Schienen
- Schwellen
- Weichen
- Bahnkörper (Schotter bzw. Betonplatte beim schotterlosen Oberbau)

Sicherungs- und Automationsanlagen
- Stellwerke
- Leittechnik
- Weichenantriebe und Überwachungen
- Gleisfreimeldeeinrichtungen
- Signale und Führerstandsignalisierung

Telekomanlagen
- Mobilfunk
- Datenübertragung
- Vermittlung
- Störmeldesysteme

Bahnstromanlagen $16\,^{2}/_{3}$
- Fahrleitung
- Schaltanlagen der Bahnstromverteilung in 15 kV

Elektrische Anlagen
- Beleuchtungen
- 50 Hz Stromversorgungen in Tunnels
- Kabelanlagen

Die Bahntechnik als Fachdisziplin hat sich allgemein und bei den SBB im besonderen bei der Grundlagen-Entwicklung, bei der Projektierung, beim Bau und bei der Erhaltung in einzelne Spezialgebiete aufgeteilt.

Diese Spezialisierung in einzelne Fachdienste (Fahrbahn, Signalanlagen, Telekommunikation, Elektrische Anlagen inkl. deren Teilgebiete) bewirkte nicht automatisch eine Homogenisierung der Standards über alle Fachgebiete.
Erst das optimierte Zusammenwirken der Elemente der Bahntechnik zu einem Gesamtsystem bildet jedoch die Basis für eine wirtschaftliche und sichere Betriebsführung.

Beim Projekt AlpTransit wird deshalb bereits vom Ansatz her ein starkes Gewicht auf die integrale Sichtweise bei der Konzeption, der Parametrisierung und bei der Realisierung der einzelnen Teilgebiete der Bahntechnik gelegt.

Es wird konsequent eine Vereinfachung der Systeme angestrebt. Die Grösse des Projekts bietet die einmalige Chance Standards wirklich zu hinterfragen.

Die dafür erforderliche Loslösung von üblichen Standards ist ein notwendiger Prozess. Dies heisst nicht, dass bisher verwendete Standards und Techniken schlecht sind. Sie genügen jedoch vielfach im Zusammenspiel nicht in allen Teilen den gestellten Anforderungen an die Verfügbarkeit in langen Tunnels oder auch an die Wirtschaftlichkeit.

Abgrenzungen

A. Nicht Bestandteile der Leistungen, Kosten und Termine von ATG:
- Die Inbetriebsetzung, die Stromversorgung der Neubaustrecke bis zur Ausgangsklemme der Unterwerke, Einrichtungen auf den Zufahrtsstrecken (Streckenausbauten, Zugkontrolleinrichtungen ZKE, Unterhaltszentren etc.) sowie Aufwendungen Dritter (BAV, SBB etc.).

B. Nicht Bestandteile der Leistungen, Kosten und Termine von ATG-Bahntechnik:
- Fahrbahnplatte Doppelspurtunnel: Im Verantwortungsbereich Bau
  [Im Verantwortungsbereich Bahntechnik: Fahrbahnplatte im Gotthard-Basistunnel]
- Stromversorgung für die Erstellung der Bauwerke (Baustrom), Hilfsbetriebe der Infrastruktur (u.a. Haustechnik) sowie deren elektrische Speisung ab dem 50 Hz Netz der Tunnelstromversorgung. Dies betrifft insbesondere die gesamte Niederspannung inkl. Beleuchtung in den Räumen der MFS und der Portalgebäude: Im Verantwortungsbereich Bau
  [Im Verantwortungsbereich Bahntechnik: Stromversorgung und -verteilung für den definitiven Betrieb der bahntechnischen Anlagen, hochspannungsseitige Einspeisungen ab den energieliefernden Werken sowie 50 Hz Netz der Tunnelstromversorgung. Dies betrifft insbesondere die gesamte Stromversorgung inkl. Beleuchtung in der Tunnelröhre und den Querschlägen.]
- Aufwendungen Rohbau (wie z.B. Betrieb Tunnelwasserbehandlungsanlage etc.)

B.1.1 Grundsätze

Grundsätze im Bahntechnikprojekt

Um die im Kapitel A.1.3 gesetzten Ziele betreffend Qualität, Termine und Kosten zu erreichen, gelten für die Planung und Projektierung der Bahntechnik die folgenden Prioritäten:

Erreichen der vereinbarten Funktionalität

1. Erreichen und Einhalten der vereinbarten (minimalen) Funktionalität
   Insbesondere gilt dies für die betrieblichen Anforderungen an Geschwindigkeit und Kapazität, die Anforderungen an Verfügbarkeit und Erhaltung sowie an die Anforderungen an die Sicherheit.

2. Minimierung der Gesamtkosten
   Um die Wirtschaftlichkeit des Gesamtsystems zu optimieren, müssen die Standards der Bahntechnik zwischen den Fachbereichen homogenisiert, die Anforderungen zwischen der Bahntechnik und dem Rohbau abgestimmt sowie die Kosten über die gesamte Lebensdauer (Life Cycle Costs) berücksichtigt werden.

Minimierung Gesamtkosten, harmonisierte Standards

3. Minimierung der Einbauzeiten
   Um die Einbauzeiten klein zu halten sind systematisierte Verfahren, ein modularer Aufbau sowie die logistischen Mittel effizient einzuplanen.

Minimierung Einbauzeit

4. Beachtung der Randbedingungen
   Die politischen, technischen, ökonomischen, ökologischen und raumplanerischen Randbedingungen müssen beachtet werden.

Beachtung Randbedingungen

Die Bahntechnik weist gegenüber den reinen Ingenieurbauten einige Besonderheiten auf:

- Die technologische Lebensdauer der Komponenten (technologische Generation) ist zum Teil kürzer als die Dauer von heute bis zum Einbau, respektive bis zur Inbetriebnahme (Beispiel Telekommunikation). Für das vorliegende Dossier ist konsequent der heutige Stand der Technik als Basis verwendet worden (Führerstandsignalisierung Stand Pilotprojekt).

- Viele Komponenten haben eine typische Abschnittslänge, die wesentlich über der Länge der einzelnen Teilabschnitte des Rohbaus liegt (Beispiel Stellwerk 10-20 km). Für das vorliegende Dossier und die weitere Projektierung wird immer von einem integrierten Gesamtsystem Bahntechnik ausgegangen, das nicht auf einzelne Teilabschnitte aufgeteilt ist.

- Im Gegensatz zum Rohbau, wo sich Schäden und Defekte in der Regel frühzeitig ankündigen und sich die Erhaltung langfristig planen lässt, treten, vor allem bei den elektrischen Anlagen, Ausfälle meistens spontan mit einer schlechten Voraussagbarkeit auf. Um trotz der erschwerten Bedingungen für die Anlagenerhaltung eine ausreichende Verfügbarkeit des Gesamtsystems zu erhalten, haben klare Konzepte zur Verminderung der Störungshäufigkeit, zur Erleichterung der Störungsbehebung und die Schaffung von notwendigen Redundanzen eine entsprechend hohe Priorität.

Änderung der Anforderungen im Projektverlauf

Über den grossen betrachteten Zeitraum bestehen in der gesellschaftlichen, politischen und wirtschaftlichen Entwicklung grosse Unsicherheiten. Dementsprechend können sich auch die betrieblichen Anforderungen ändern. Es gelten die folgenden Grundsätze für die Planung und Projektierung:

Als Grundszenarium gilt die Entwicklung, die aus heutiger Sicht mit grösster Wahrscheinlichkeit eintritt.
Gegenüber Entwicklungen (Szenarien) die ebenfalls mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit eintreten, soll nichts verbaut werden.

Daraus lässt sich als Fazit ableiten:

Minimalwerte nur im Ausnahmefall ausnutzen

- Minimalwerte werden nur im Ausnahmefall ausgenutzt. Je weiter weg vom Minimalwert desto besser, wenn wirtschaftlich machbar (Beispiel Trassierung, Ausnahme-Radien <= 5000 m).

Festgelegte Ziele als Basis für die Konzepte

- Aus den in A.1.3 definierten Zielen ergeben sich grundlegende Konzepte, auf denen das vorliegende Dossier aufbaut. Sie bilden die übergeordnete Basis für die Planung, Projektierung und den Einbau der gesamten bahntechnischen Ausrüstungen und damit auch für die Zielerreichung gemäss A.1.3.

Integrales Bahntechniksystem

- Es wird ein Bahnsystem projektiert und gebaut und nicht einzelne, unabhängige Elemente. Die einzelnen Komponenten sind im Rahmen eines integralen Ganzen zu betrachten.

Minimierung der Elemente

- Die Technik muss auf die wesentlichen Aufgaben konzentriert werden. Die dadurch mögliche Minimierung der Anzahl Komponenten erhöht die Verfügbarkeit.

Einheitliche Systeme und Abläufe

- Die technischen Systeme sind so auszurichten, dass klare und einheitliche Abläufe im Betrieb resultieren. Dies kann durch weitgehende Automatisierung und einfache, konsequente und einheitliche Konzepte erreicht werden.

Einsatz standardisierter und erprobter Systeme

- Es werden ausschliesslich standardisierte, normierte und erprobte Systeme eingesetzt. Die Basistunnel werden nicht als Teststrecken verwendet.

Modularer Aufbau, systematisierte Einbauverfahren

- Es wird soweit möglich und sinnvoll ein modularer Aufbau der Systeme und ein systematisierter Einbau angestrebt.

B.1.2 Grundsätzliche Festlegungen

Die Dominanz des Tunnelanteils beim Projekt AlpTransit führt automatisch zur Fokussierung der Bahntechnik (Bahntechnik-Technologie) auf Anlagen im Tunnel.

Allgemeine Grundsätze bei der Festlegung der eingesetzten Technik:
Die Wahl eines Tunnelsystems ohne Diensttunnel stellt ganz besondere Ansprüche an die Bahntechnik, da naturgemäss der Zugang zu den technischen Einrichtungen stark erschwert ist. Problematisch dabei sind weniger der planmässige Unterhalt und die Wartung der Anlagen der Bahntechnik, als vielmehr die Behebung von spontan auftretenden Störungen. Die nachfolgend aufgeführten, der Projektierung zu Grunde zu legenden Grundsätze, sollen dazu beitragen, dass die Verfügbarkeit der Anlagen im GBT und den Doppelspurtunnel die gestellten Anforderungen erfüllen.

- Nur diejenigen Anlagen, die absolut zwingend notwendig sind, werden überhaupt gebaut.
- Alle technischen Einrichtungen, die ausserhalb der Tunnels untergebracht werden können, werden bei den Portalen oder aussen bei den Zugangsstollen plaziert. Jede Einrichtung erleidet Störungen und bedingt Unterhalt. Daher wird bei jeder Einrichtung geprüft, ob diese bei gleichem Nutzen nicht auch ausserhalb der Tunnel untergebracht werden kann.

- Ist die Notwendigkeit der Plazierung im Tunnel gegeben, wird zuerst geprüft, ob ein Einbau in den von aussen gut zugänglichen Räumen (beim GBT Multifunktionsstellen) möglich ist.
- Als Standorte für technische Einrichtungen, die - weil örtlich gebunden - nicht in den Multifunktionsstellen eingebaut werden können, kommen ausschliesslich die Querschläge zwischen den Tunnelröhren in Frage. Bei den Doppelspurtunneln sind dies die technischen Nischen.
- Ausnahmen sind ausschliesslich Anlageteile, die standortgebunden sind, wie Gleis, Fahrleitung, Kabel, Beleuchtung, Zugbeeinflussungssystem und Gleisfreimeldung.
- Klimatisierte Räume sind nur bei den Multifunktionsstellen und den Bahntechnikgebäuden bei den Tunnelportalen vorgesehen. Alles was ausserhalb dieser Räume im Tunnel eingebaut wird, muss dessen klimatische Bedingungen aushalten.

B.1.3 Technik (gewählte und zukünftige Technik)

Technologische Generationenwechsel beachten

Eine Schwierigkeit bei der Schätzung der Kosten der bahntechnischen Anlagen ist der Umstand, dass bis zum Einbaubeginn noch ca 6 Jahre vergehen werden und in einigen Bereichen die Technik dannzumal ziemlich anders aussehen wird als heute. Die Entwicklungs-Stossrichtungen sind bekannt. Im entscheidenden Bereich, nämlich bei der Signalisierung, sind seitens SBB die Entwicklungen in Richtung des europaweit normierten Systems der Führerstandsignalisierung, mit der Realisierung einer Pilotstrecke, bereits voll im Gang.

Andererseits sind z.B. im Bereich Fahrleitung, sowie als Folge der Liberalisierung des Telecom Markts im Bereich Funk, Entwicklungen zu erwarten, die auf Konzepte und Kosten einen Einfluss haben werden.

Kostenermittlung basiert auf aktueller Technik

Eine Kostenschätzung, die auf einer noch nicht eingesetzten oder noch nicht fertig entwickelten Technik basiert, ist naturgemäss mit grossen Unsicherheiten behaftet. Um dem Problem aus dem Wege zu gehen, wird für die Kostenberechnung konsequent auf bekannte Technik, Stand 1999, zurückgegriffen. Wo immer möglich, ist dies bereits bei den SBB eingebaute Technik, wo die Kosten aufgrund vorliegender Abrechnungen verifiziert werden können. Besonders im GBT ergeben sich dabei einige Probleme. Zum einen genügt die heute eingesetzte Technik den Anforderungen nicht (z.B. Redundanz für lange Reparaturwartezeiten), zum anderen werden die Kosten durch die Länge des Tunnels wesentlich beeinflusst. So geht z.B. ein nicht zu vernachlässigender Teil der Arbeitszeit durch Transporte zu den Arbeitsplätzen tief im Tunnel verloren.

Bei den kritischen Punkten wie Einbaulogistik und Signalisierung (Erstellung Pilotstrecke FSS) sind die entsprechenden Studien, Konzepte und Untersuchungen seit dem Vorprojekt 1994 entsprechend intensiviert worden, so dass eine zuverlässige Aussage über die Kosten gemacht werden kann.

Umgang mit ändernden Technologien

Somit wird in der weiteren Projektphase der Grundsatz gelten, dass die heute gewählte Technik nur dann durch eine neuere Generation ersetzt werden darf,

- wenn deren Life Cycle Costs (LCC) bei gleicher Leistung kleiner sind.
- wenn sie bei gleichem Preis mehr leistet, oder
- wenn sich durch eine teurere Technik entsprechende Einsparungen bei den Rohbauten oder im Bauprogramm erzielen lassen.

Das bisher Gesagte gilt für die Kostenberechnung. Als Vorgabe für die Rohbauten wurde von den hier aufgeführten Grundsätzen abgewichen, wenn schon heute klar ist, dass eine andere Technik zur Anwendung kommen wird.

B.1.4 Rückfallebenen (Risikopunkte)

Sehr spezifische Projektrisiken...

Bedingt durch die lange Projektdauer, die hohen Projektkosten sowie die weltweite Einmaligkeit des Bauwerks, entstehen zwangsläufig Risiken welche zu identifizieren sind. Daraus können die entsprechend notwendigen Massnahmen definiert werden. Auf sich ändernde Umwelteinflüsse muss die Bahntechnik und deren zugrundegelegten Konzepte richtig reagieren können.

Sache vom PQM

Die relevanten Projektanforderungen und Gefahren sind im Rahmen des projektbezogenen Qualitätsmanagement identifiziert worden und werden laufend behandelt (Kapitel A.5).

Hinweise auf die technischen Rückfallebenen können den fachspezifischen Kapiteln B.2, B.3 und B.4 entnommen werden.

B.1.5 Terminprogramm

Als Basis für die Terminplanung Bahntechnik für den Bereich Grundlagen und Entwicklungen gelten die Eckdaten der Fertigstellung der Bauten. Diese bestimmen, ab wann mit dem Einbau der Bahntechnik begonnen werden kann.

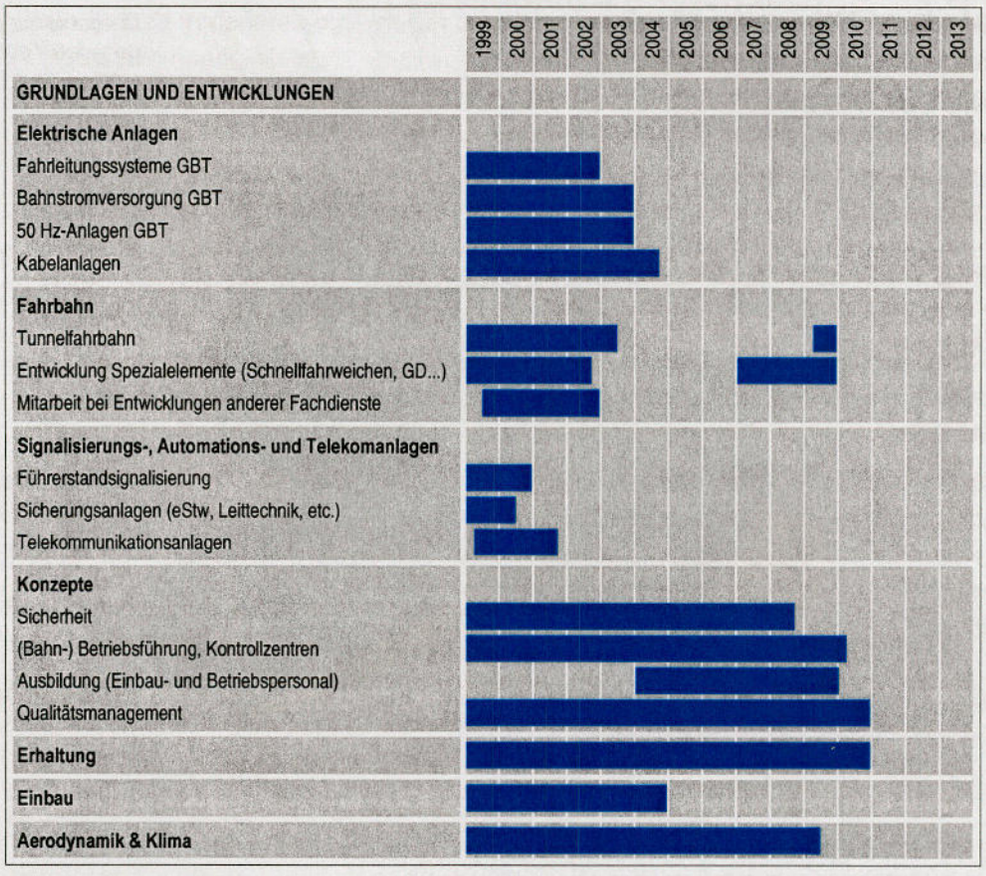
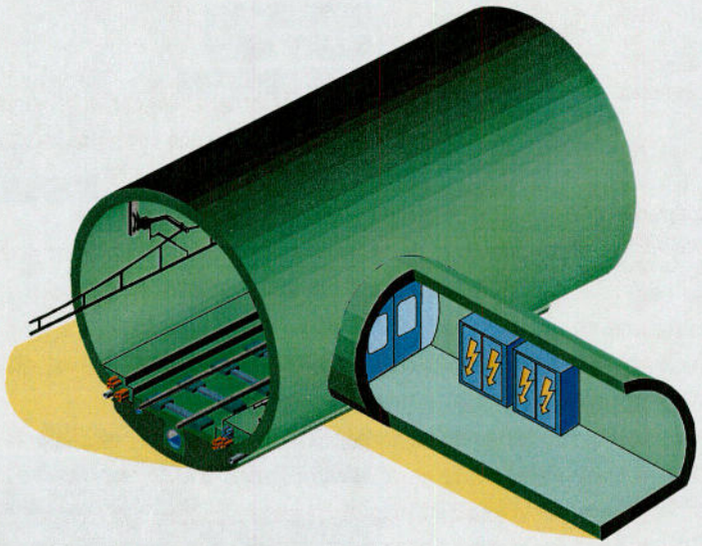


Abbildung 11
Terminprogramm Grundlagen und Entwicklungen

B.2 Elektrische Anlagen

B.2.1 Allgemein

Abbildung 12 Elektrische Anlagen im Tunnel



5449\Abb-B-2.dsf

Komponenten der elektrischen Anlagen

Die elektrischen Anlagen eines Bahnsystems lassen sich in die vier folgenden Hauptbereiche unterteilen:

- Fahrleitung
- $16^2/_3$ Hz-Bahnstromversorgungsanlagen (einschliesslich Bahnstromrückführungssystem)
- 50 Hz-Stromversorgungsanlagen
- Kabelanlagen allgemein[1]

Einige dieser Elemente hängen vom Streckentyp ab. Die Fahrleitung einer Strecke im Freien beispielsweise unterscheidet sich von jener in einem Doppelspurtunnel, und letztere unterscheidet sich wiederum von der Fahrleitung in einem Einspurtunnel. Ein anderes Beispiel: Im Tunnel erfolgt die Kabeltrassierung in Kabelschutzrohren, die in das seitliche Bankett eingegossen sind. Im Freien dagegen werden die Kabel meist in abdeckbaren oberflächlichen Kabelkanälen verlegt. Andere Elemente finden sich nur auf bestimmten Streckenabschnitten. Das gilt insbesondere für die 50 Hz-Stromversorgung, die nur in Tunneln oder für bestimmte lokal zentralisierte Anlagen (Stellwerke) erforderlich ist, oder für einige Anlagen im Freien (Beleuchtung der Überholgleisanlagen etc.).

Seit dem Vorprojekt von 1994 durchgeführte Untersuchungen

Seit 1994 hat sich die Grundlagenarbeit im Bereich der elektrischen Anlagen vor allem auf diejenigen Elemente konzentriert, die Auswirkungen auf das Bauwerk haben oder die eine langfristige Entwicklung erfordern. Dies trifft namentlich für die Elemente im Tunnel wie die Kabeltrassierung oder die Fahrleitung für den Ein-

[1] Dazu gehören Datenübertragungskabel, Kabel für die 50 Hz-Stromversorgung sowie für die $16^2/_3$ Hz-Bahnstromversorgung.

spurtunnel zu. Für die anderen Bereiche wurden im Hinblick auf ähnliche Eisenbahnprojekte bereits von den SBB Studien und Untersuchungen durchgeführt. Ein Beispiel dafür ist das Konzept für die 50 Hz-Stromversorgung für kurze und mittellange Tunnels [EA.A].[1]

B.2.2 Fahrleitung

B.2.2.1 Allgemein

Aufgabe der Fahrleitung ist es, die Stromversorgung der Triebfahrzeuge sicherzustellen. Die Stromabnahmequalität ist von verschiedenen Parametern stark abhängig, die sich wiederum gegenseitig beeinflussen. Im folgenden Schema sind diese Parameter dargestellt:

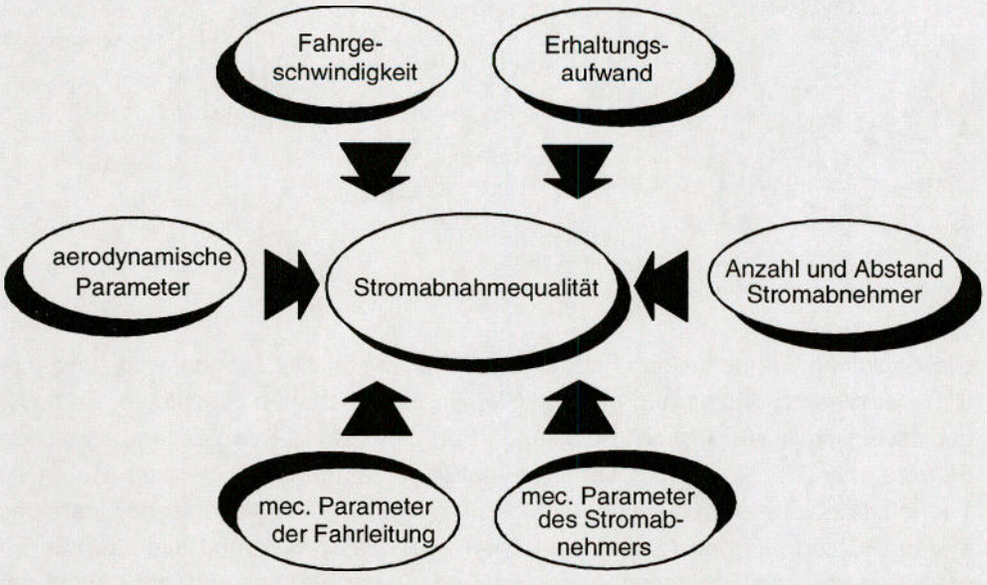


Abbildung 13 Wechselwirkung zwischen den verschiedenen Parametern des Bahnstromversorgungssystems, die die Stromabnahmequalität beeinflussen

Ein wesentlicher Parameter ist die Fahrgeschwindigkeit. Eine höhere Geschwindigkeit führt automatisch zu einer Zunahme der aerodynamischen Auswirkungen auf das Verhalten des Stromabnehmers. Für die AlpTransit Gotthard-Achse sind einerseits hohe Fahrgeschwindigkeiten, andererseits Schwergüterzugsverkehr in der betrieblichen Plattform vorgesehen. Daraus ergeben sich sehr hohe Stromstärken, welche für die Fahrleitung einen sehr grossen äquivalenten Kupferquerschnitt erforderlich macht. Dies gilt besonders für Einspurtunnel, in welchen der Fahrwiderstand hoch und ausserdem die Entfernung zwischen zwei Unterwerken gross ist. Zum jetzigen Zeitpunkt existiert noch keine Fahrleitung in einem Tunnel, die für Geschwindigkeiten von über 160 km/h **und** für so grosse elektrische Belastungen konzipiert wurde [2].

---

[1] Die Angaben in [ ] beziehen sich auf die Bibliographie in Kapitel F.3.

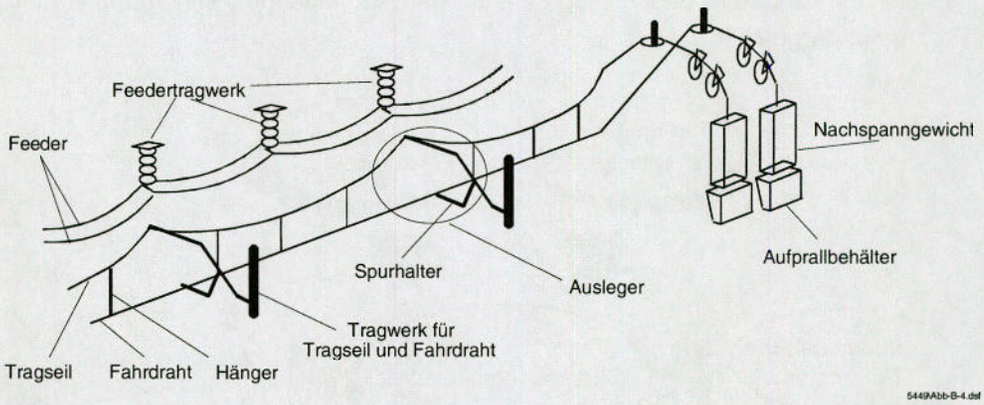
[2] Die Fahrleitung des Eurotunnels ist für die höchsten elektrischen Belastungen der Welt konzipiert (2500 A), aber die Fahrgeschwindigkeit ist auf 160 km/h begrenzt. In Italien kommt es aufgrund des Gleichstromnetzes ebenfalls zu hohen Amperezahlen, aber die schwächeren Kurzschlussströme haben einen weniger grossen Einfluss auf die Konstruktionsart der Fahrleitung, insbesondere was den Abstand zwischen den elektrischen Leitern betrifft (Systemhöhe, Nachspannlänge etc.).

Elemente der Fahrleitung

Eine konventionelle Fahrleitung besteht aus:

- dem Tragseil, welches den Fahrdraht mittels Hänger trägt;
- dem Tragwerk, bestehend aus dem Ausleger, einem Spurhalter und, bei Strekken im Freien, auf einem Mast montiert;
- dem Nachspannsystem mit Nachspanngewicht zur Regulierung der mechanischen Spannung der Fahrleitung;
- den Verstärkungsleitungen genannt Feedern, die die elektrische Belastbarkeit der Fahrleitung erhöhen;
- dem Erdseil und den Erdungsgarnituren.

Abbildung 14 Elemente der Fahrleitung



Die einzelnen Elemente der Fahrleitung beeinflussen sich gegenseitig, und ihre Dimensionierung erfolgt aufgrund der Streckeneigenschaften (Topologie, Betriebsgeschwindigkeit, elektrische Belastung, Fahrplan etc.). Der Abstand zwischen Fahrdraht und Tragseil, der vom Raumangebot abhängt (begrenzter Raum im Tunnel), hat beispielsweise einen direkten Einfluss auf die mechanische Spannung in den Drähten, auf den Abstand zwischen zwei Tragwerken und auch auf die Dimensionierung des Nachspannsystems und seiner Befestigung etc. Auch der Stromabnehmer beeinflusst das Verhalten der Fahrleitung und somit die Stromabnahmequalität, und zwar nicht nur aufgrund seiner spezifischen Eigenschaften und seiner Einstellung (Zeitkonstante der Federsysteme, statischer Druck etc.), sondern auch aufgrund seines aerodynamischen Verhaltens, das von seiner Form, der Form des Fahrzeugs und dem Streckenprofil abhängt.

B.2.2.2 Technik

Die Fahrleitungen der AlpTransit Gotthard-Achse sind für das Bahnstromversorgungssystem der SBB konzipiert:

- eine einphasige Nennspannung von 15 kV;
- eine Frequenz von $16^2/_3$ Hz;
- einen Nennstrom von: 1600 A für die Zufahrtsstrecken;
  bis zu 2000 A für den Gotthard-Basistunnel;
- einen Kurzschlussstrom von 32 kA bis 40 kA 1;
- ein Bahnstromrückführungssystem über die Schiene und die dafür vorgesehenen Rückleitungen.

[1] Maximaler Kurzschlussstrom, in unmittelbarer Nähe eines Unterwerks.

Diese Eigenschaften bilden zusammen mit anderen Parametern für die geometrische Dimensionierung (wie dem Lichtraum- und dem Stromabnehmerprofil) sowie mit Überlegungen zum Betrieb (Geschwindigkeiten, Mindestabstand zwischen Stromabnehmern in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit etc.) die Basis für das Pflichtenheft zur Entwicklung und Realisierung des Bahnstromversorgungssystems für die AlpTransit Gotthard-Achse [EA.B].

Ausgehend von den Fahrleitungstypen, die im bestehenden SBB-Netz eingesetzt werden, sind die Fahrleitungstypen für die einzelnen Streckentypen (Tunnel, Strekke im Freien etc.) festgelegt worden:
- Maste und Tragwerke vom Typ R250 für Strecken im Freien;
- Tragwerke vom Typ 10 für Doppelspurtunnels;
- Tragwerke vom Typ 21 ... 52 für den Gotthard-Basistunnel (für Fahrleitung und Feeder).

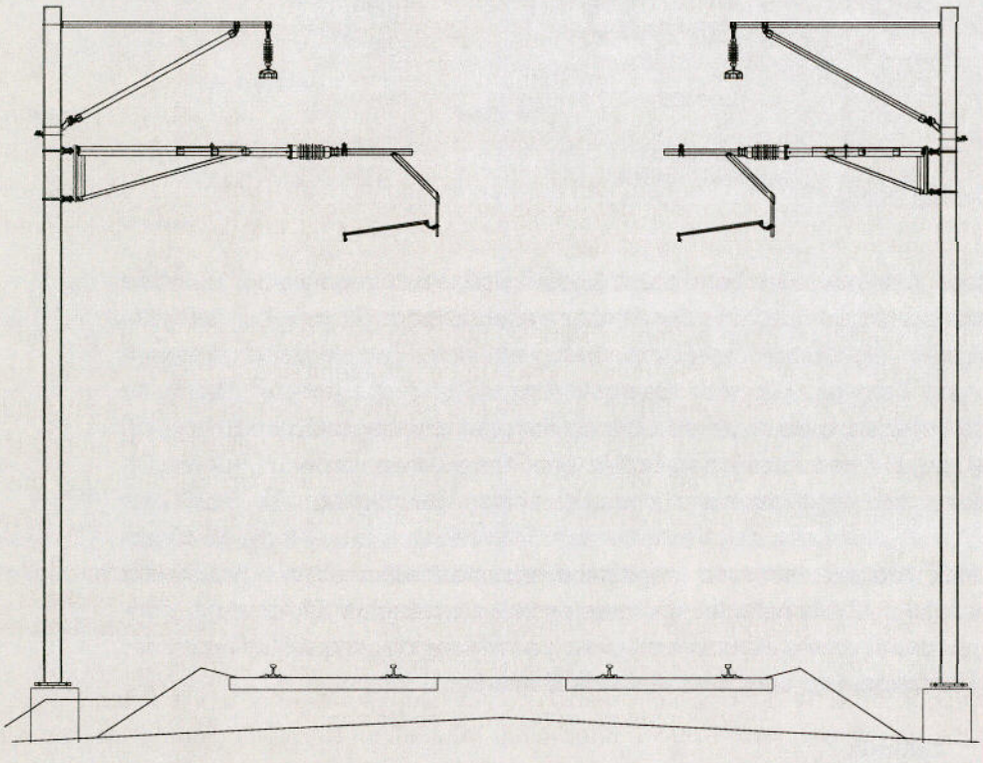


Abbildung 15
Fahrleitung für Strecken im Freien

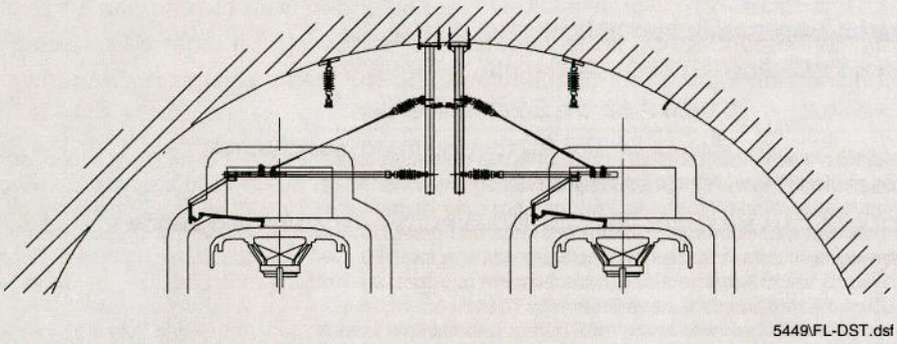
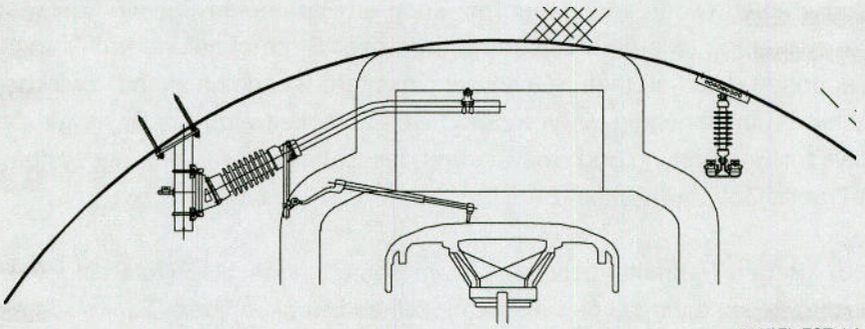


Abbildung 16
Fahrleitung für Doppelspurtunnel

Abbildung 17 Fahrleitung für Einspurtunnel (Modell 1994)



5449\FL-EST.dsf

Geometrische Eigenschaften der Fahrleitungen

Die Fahrdrahthöhe wurde auf 5.35 m festgelegt, mit Ausnahme des Gotthard-Basistunnels, in welchem aus Platzgründen die Höhe ab Schienenoberkante auf 5.20[1] m begrenzt ist.

Die Nachspannlänge und der Abstand zwischen den Tragwerken betragen:

- 550 m bzw. 45 m bis 50 m bei Strecken im Freien;
- 600 m bzw. 38 m bis 42 m in Doppelspurtunnels;
- 600 m bzw. 25 m bis 28 m im Gotthard-Basistunnel (GBT)[2].

Im Portalbereich langer Tunnels muss die Nachspannlänge auf 400-450 m verringert werden. Grund dafür sind die grossen Temperaturschwankungen, die an diesen Stellen auftreten können, und der begrenzte Raum im Tunnel, insbesondere in einem Einspurtunnel (stärkere Ausdehnung der elektrischen Leiter und kleinerer umgebender Raum).

Klimatische Anforderungen

Die Fahrleitung kann extremen klimatischen Bedingungen ausgesetzt sein, insbesondere im Gotthardbasistunnel (hohe Umgebungstemperatur zusammen mit hoher Luftfeuchtigkeit). Der Erhaltungsaufwand für die Anlagen und ihre Lebensdauer hängen weitgehend von der Korrosionsfestigkeit ab. Die geltenden Normen der SBB beruhen auf Werten, die von noch härteren klimatischen Bedingungen ausgehen, als nach den schlimmsten Szenarios für den Gotthard-Basistunnel zu erwarten sind.

Korrosionsschutz

Die geplanten Korrosionsschutzmassnahmen sehen den Einsatz von Chrom-Nickel-Molybdän-Legierungen oder feuerverzinktem Stahl und eine Korrosionsschutzfarbe für die mechanischen Teile vor (Duplex-Verfahren). Die leitenden Elemente werden aus Bronze oder einer Aluminium-Kupfer-Legierung hergestellt. Nicht verwendet werden sollte dagegen Temperguss. Bei den Isolatoren haben die bislang durchgeführten Experimente mit synthetischen Materialien (Glasfasern, Silikon) gegenüber dem Porzellan keine bedeutenden Verbesserungen gezeigt. Die Methode besteht darin, die Isolatoren der Fahrleitung mit einer Silikonschicht zu bestreichen und damit die Staubablagerung auf dem Isolator zu begrenzen.

---

[1] Beim konventionellen System ist im Gotthard-Basistunnel zwischen der Fahrdrahthöhe und dem minimalen Profil des Tunnelgewölbes (der Konstruktionshöhe) ein Abstand von mindestens 1.08 m erforderlich, einschliesslich des technischen Nutzungsraums von 15 cm für 80 cm Systemhöhe (Abstand zwischen der Fahrdrahtunterkante und dem obersten Teil des FI-Tragwerks). Dieser Raumbedarf wird unter anderem durch den Abstand zwischen zwei Tragwerken und der mechanischen Zugskraft in den Drähten vorgegeben. Um die Systemhöhe bzw. die Konstruktionshöhe zu vergrössern, ist demnach die Fahrdrahthöhe zu verringern.

[2] Ein Hauptmerkmal der Fahrleitung im Gotthard-Basistunnel besteht darin, dass der Sockel der Fahrleitungs- und der Feedertragwerke mit dem gleichen Raster kommt. Damit können in gewisser Weise die Befestigung der Tragwerke der Fahrleitung zusammengefasst werden.

Damit kann das Risiko eines Durchschlags beträchtlich verringert werden.

Ferndiagnosesystem

Um eine rasche Diagnose über den Zustand der Fahrleitung zu erhalten, ist es denkbar, für ihre wichtigsten Elemente Störmeldesysteme einzurichten, indem beispielsweise die Temperatur der Leiter, die elektrischen Parameter (Spannung - Laststrom) oder das Sinken der Nachspanngewichte gemessen werden. Solche Systeme stehen allerdings im Widerspruch zum Grundsatz der Einfachheit, der der Dimensionierung von bahntechnischen Anlagen zugrunde liegt (Grundsatz des *keep it simple*). Sollten aus betrieblichen oder Sicherheitsgründen solche Systeme trotzdem erforderlich werden, so sollten sie auf ein absolutes Minimum beschränkt und an den geeigneten Stellen angebracht werden, beispielsweise in unmittelbarer Nähe der technischen Nischen oder der Multifunktionsstellen (MFS), damit sie leicht an das Datenübertragungsnetz angeschlossen werden können. Es darf aber nicht vergessen werden, dass die Verarbeitung dieser Daten und insbesondere ihre Auswertung in Echtzeit sehr komplex sein können, namentlich im Fall eines Kurzschlusses. Das Anbringen von Messwertaufnehmern an der Fahrleitung führt somit nicht automatisch zu einer höheren Zuverlässigkeit der Fahrleitung oder einer vereinfachten Anwendung von Notfallbetriebsmassnahmen.
Bestimmte Informationen über das Bahnstromversorgungssystem sind jedoch bis auf die Stufe der Schaltposten und der Speispunkte vorgesehen und können für das rasche Ergreifen von Primärmassnahmen dienen, wie dies bereits im bestehenden SBB-Netz der Fall ist.

Automatisches Erdungssystem

Um die Zeit für die Ausserbetriebsetzung und die Wiederinbetriebnahme der Fahrleitung vor und nach einer Erhaltungsphase auf ein Minimum zu begrenzen, ist der Einsatz eines Erdungssystems direkt nach der Ausserbetriebsetzung des entsprechenden Abschnittes denkbar. Dadurch müssten nicht an jedem Abschnittsende Erdungsstangen gelegt werden. Nur bei Arbeiten an den Fahrleitungselementen selber sehen die Vorschriften und Richtlinien zur Erdung von elektrischen Starkstromanlagen für Erhaltungsarbeiten ausdrücklich vor, dass an jedem Ende der Baustelle Erdungsstangen gelegt werden, was ein *automatisches* Erdungssystem ausschliesst.

B.2.2.3 Weiteres Vorgehen, Risikopunkte

Entwicklung im Bereich Fahrleitung

Das langfristige Verhalten einer Fahrleitungsanlage ist vor ihrer Ausführung bzw. vor der Erstellung des Bauprojekts zu untersuchen. Das liegt daran, dass ihre Lebensdauer als ziemlich hoch eingeschätzt wird (25 Jahre und mehr). Hinzu kommt, dass sie in Funktion der betrieblichen Plattform homologiert werden muss, woraus sich ebenfalls eine relativ lange Entwicklungsdauer ergibt (man rechnet mit drei bis fünf Jahren). Das Mandat von ATG umfasst gegenwärtig nur die Entwicklung der Fahrleitung für den Gotthard-Basistunnel, da die Fahrleitungen für die Zufahrtsstrecken (Doppelspurtunnels und Strecken im Freien) bereits im bestehenden Netz ausgeführt sind (Grauholz-Tunnel, R250 auf bestehenden Neubaustrecken). Nach den europäischen Normen über den Free Access und den *Standards techniques d'interopérabilité* (STI) sind jedoch auch die verschiedenen Stromabnehmertypen und die auf den Strecken eingesetzten Triebfahrzeuge und die Zugskompositionen zu berücksichtigen. Es sind daher 1:1-Versuche mit den verschiedenen Stromabnehmertypen durchzuführen, entweder in einem vorzeitig eingerichteten Abschnitt des zukünftigen Gotthardtunnels (wenn der Terminplan für die Realisierung der

bahntechnischen Anlagen dies ermöglicht) oder auf einer dafür vorgesehenen Pilotstrecke.

Entwicklungsprogramm für eine Doppelfahrleitung

Für den Gotthard-Basistunnel ist zur Zeit eine konventionelle Fahrleitung vorgesehen (einfache Fahrleitung, verstärkt durch Feeder). Durch verschiedene Untersuchungen im Bereich der Stromverteilung und der Rückströme und durch eine Vordimensionierung der Anlage konnten noch Optimierungsmöglichkeiten aufgezeigt werden, und zwar auf der Ebene der Konstruktion (Verringerung der Materialkosten, der Platzbedürfnisse des Systems) oder der Erhaltung durch eine vereinfachte Montage und damit eine Erhöhung der Lebensdauer. Daher konzentrierten sich die Anstrengungen hauptsächlich auf die Entwicklung und Optimierung einer Doppelfahrleitung (zwei Tragseile, zwei Fahrdrähte, aber keine Feeder), deren Beschreibung in Kapitel C.3.3 zu finden ist.

Versuche im Wallis

Erste 1:1-Versuche mit Hochgeschwindigkeiten wurden auf einer 1 km langen Strecke (was einer Nachspannlänge entspricht) zwischen Martigny und Saxon im Wallis durchgeführt. Nach den Umbauarbeiten auf dieser Strecke konnte im Sommer 1998 eine erste Versuchsreihe mit 230 km/h durchgeführt werden, deren Ergebnisse noch ausgewertet werden. Auf den ersten Blick scheint die Stromabnahmequalität bei dieser Doppelfahrleitung zufriedenstellend zu sein. Zur Zeit werden weitere Veränderungen vorgenommen (vgl. Kapitel C.3.3), so dass eine zweite Hochgeschwindigkeits-Testreihe noch vor Sommer 1999 durchgeführt werden kann. Das Entwicklungsprogramm hat als interessante Ergebnisse auch gewisse Angaben bezüglich der Abnützung der Fahrdrähte gegeben. Auf einer existierenden Doppelfahrleitungsstrecke (im Heitersbergstunnel) hat man die Abnützung der beiden Fahrdrähte gemessen. Unter Berücksichtigung der Anzahl Zugsdurchfahrten pro Tag (Anzahl Stromabnehmer) kann man heute die Lebensdauer einer Doppelfahrleitung auf circa 30 bis 40 Jahre schätzen (leicht höher als für eine konventionelle Fahrleitung). Über den Einfluss der Doppeltraktion[1] auf die Stromabnahmequalität sind auch noch Untersuchungen durchzuführen.

Konventionelle Fahrleitung als Rückfallebene

Wenn die Versuche bestätigen, dass das System einsatzfähig ist, und wenn es homologiert wird, könnte es als Grundlage für das Bauprojekt gewählt werden. Die bisher vorgesehene konventionelle Fahrleitung würde dann als Rückfallebene beibehalten. Durch die Wahl einer Doppelfahrleitung könnte der Fahrdraht um mindestens 10 cm auf 5.30 m erhöht werden.

Weitere Entwicklungsprogramme

Die folgenden weiteren Entwicklungsprogramme sind vor der Erstellung des Bauprojekts vorgesehen:

- Bewertung bzw. Entwicklung/Optimierung eines Nachspannsystems auf mechanischer (mit Nachspanngewicht oder Federsystem), pneumatischer, hy-

[1] Es besteht eine Arbeitsgruppe *Doppeltraktion*, die die Bereiche ATG-Gr, ATG-Bt, IM und BT EA umfasst und die folgenden Ziele hat:
- Klärung der Frage, ob sich auf der Gotthard-Achse das Problem der Doppeltraktion mit zwei gehobenen und nahe beieinander liegenden Stromabnehmern stellt, was der Fall zu sein scheint;
- falls erforderlich die Formulierung von wirtschaftlich vertretbaren Lösungen, wie beispielsweise betriebliche Massnahmen, mit welchen solche Zugskompositionen auf ein absolutes Minimum begrenzt werden oder die Geschwindigkeit für diesen Zugstyp auf 160 km/h beschränkt wird u.a.

Es scheint auf den ersten Blick, dass eine technische, kurz- oder mittelfristige Lösung die Kosten beträchtlich erhöhen würde. Der Endbericht der Arbeitsgruppe liegt noch nicht vor, aber das Dokument [EA.H] liefert Zusatzinformationen zur Problematik der Doppeltraktion.

draulischer oder anderer Grundlage;
- Eventuell eine letzte Hochgeschwindigkeits-Versuchsreihe mit neuem Rollmaterial oder anderen Stromabnehmertypen (voraussichtlich 2002-2003 oder später im Gotthard-Basistunnel selbst).

Fahrleitung für Doppelspurtunnels

Was die Doppelspurtunnels betrifft, so werden die laufenden Realisierungen auf dem SBB-Netz (Zimmerberg, Adler, Vauderens) sowie die bereits existierenden Tunnelstrecken (Grauholz, Heitersberg) genügend Erfahrungsmaterial produzieren, auf welches man für die Erstellung des Bauprojekts zurückgreifen kann.

Ende der Versuchsphase

Das Ende der Typenprüfungsphase ist für Ende 2001 vorgesehen. Ab diesem Zeitpunkt sollte das Bauprojekt für die Fahrleitung des Gotthard-Basistunnels erstellt werden. Dieser Zeitpunkt hängt aber von der Art des gewählten Ausschreibungsverfahrens sowie vom Programm Bahntechnik in Tunnels ab.

B.2.3 Bahnstromversorgung (15 kV, $16^2/_3$ Hz)

B.2.3.1 Allgemein

Zum Bereich der 15 kV $16^2/_3$ Hz-Stromversorgung gehören im vorliegenden Projekt die Elemente, die auf der Sekundärseite der Fahrleitungstransformatoren der Unterwerke liegen. Die Unterwerke selbst sowie die $16^2/_3$ Hz-Stromerzeugung und das entsprechende 66 kV/132 kV-Verteilnetz unterstehen der Zuständigkeit der Direktion Energie der SBB (vgl. auch Kapitel D.1 Energie).

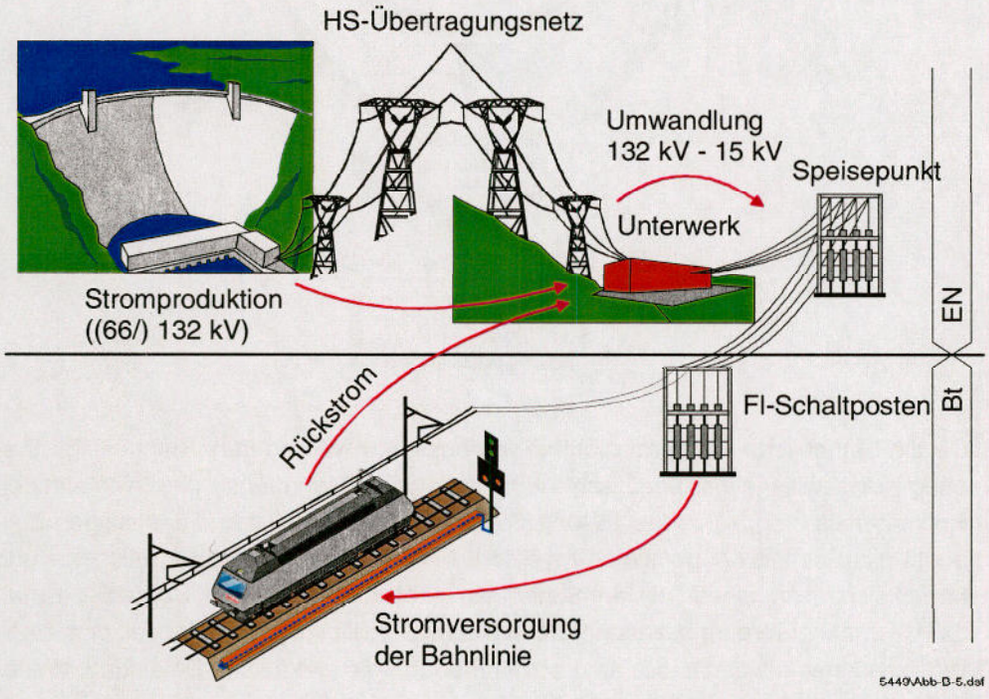
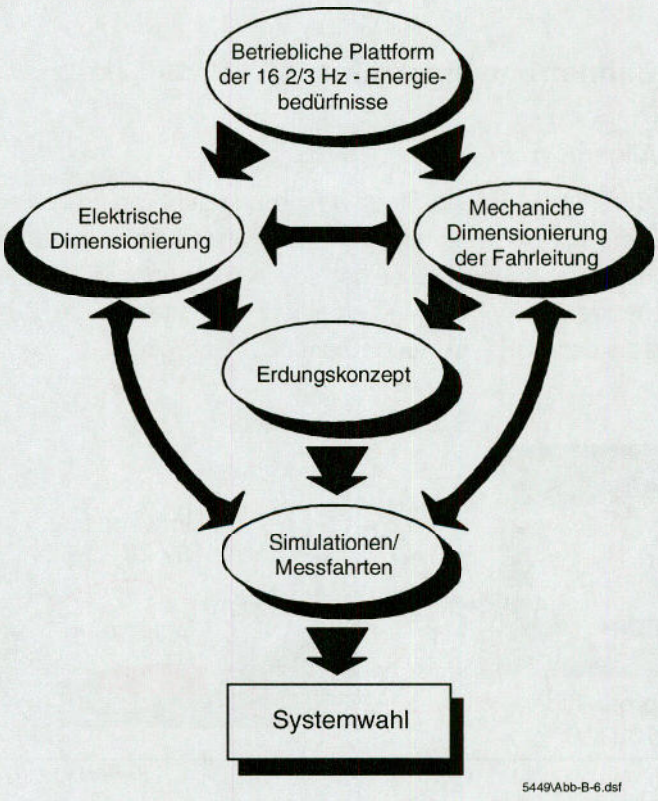


Abbildung 18 Darstellung des Bahnstromversorgungssystems

Das 15 kV $16^2/_3$ Hz-Konzept bildet die Grundlage für die Entwicklung der gesamten Bahnstromanlagen. Es wird aufgrund der im Gesamtpflichtenheft *Betrieb* definierten betrieblichen Plattform und aufgrund des Erhaltungskonzepts dimensioniert. Der $16^2/_3$ Hz-Bahnstrombedarf hängt von der Anzahl der Züge, vom Zugstyp (Güter- oder Reisezug, Fahrgeschwindigkeiten, Tonnagen, aerodynamische Parameter etc.) und von anderen Parametern wie den Streckeneigenschaften (Steigungen, Tunnelstrecken etc.) ab. Sobald der Bahnstrombedarf und die Lage der Unterwerke bekannt sind, wird der äquivalente Kupferquerschnitt bestimmt, der die Grundlage für die Dimensionierung der Fahrleitung, der Feeder (falls erforderlich) und des Bahnstromrückführungssystems bildet. Da die Leiteranordnung die Stromverteilung in den Leitern beeinflusst, muss der Dimensionierungsprozess iterativ verlaufen, wie das untenstehende Schema deutlich macht:

Abbildung 19
Prozess der Dimensionierung und der Wahl der $16^2/_3$ Hz-Systeme



Da die betriebliche Plattform nicht genau bestimmt werden kann (langfristige Planung, Ungewissheiten bezüglich des zukünftigen Fahrplans, des eingesetzten Rollmaterials etc.), kann das 15 kV $16^2/_3$ Hz-Versorgungssystem zum jetzigen Zeitpunkt nicht definitiv dimensioniert werden. Man geht daher etappenweise vor und berücksichtigt in einem ersten Schritt die schlimmstmöglichen Betriebs-, Erhaltungs- und Versorgungsszenarios, beispielsweise die Ausserbetriebsetzung eines UW (reasonable worst case), und bestimmt dann die elektrische Belastung. Weitere Vordimensionierungsetappen folgen, sobald der Betriebsbedarf genauer bekannt ist oder wesentlichen Veränderungen unterliegt.

Das trifft für die betriebliche Plattform nach FinöV zu, die durch ihr etappenweises Realisierungsprogramm den Bahnstrombedarf gebenüber Vorprojekt 1994 eher verringert, wobei die Erhöhung der Tonnagen der Güterzüge von 2000 auf 4000 t diese Verringerung teilweise kompensieren dürfte.

B.2.3.2 Konzepte und Technik

Das Versorgungskonzept für die gesamte AlpTransit Gotthard-Strecke beruht auf den folgenden Prinzipien:

- Die Energieversorgung in den Einspurtunneln erfolgt für die beiden Gleise getrennt, wobei die Möglichkeit einer elektrischen Querverbindung bei den Schaltposten, den Speispunkten und/oder den Spurwechseln besteht.
- Bei Doppelspurstrecken erfolgt eine gemeinsame Versorgung der beiden Gleise, mit möglicher Trennung auf der Ebene der Schaltposten und / oder der Speispunkte.
- Eine elektrische Sektionierung erfolgt nur, wo erforderlich (Weichen, Spurwechsel, Speispunkte etc.). Der Maximalabstand zwischen zwei Sektionierungen sollte allerdings auf 8 bis 10 km begrenzt sein.
- Wo es möglich ist, werden die Schaltposten bei den Fahrleitungs-Einspeisestellen angeordnet.

Lage der Schaltposten

Alle Versorgungsanlagen der Fahrleitung liegen unmittelbar neben dem Trassee, damit die 15 kV-Zuleitung zur Fahrleitung so kurz wie möglich ist. Deshalb liegen einige Schaltposten im Tunnel. Im Hinblick auf eine maximale Zuverlässigkeit werden die Verbindungen zwischen dem Schaltposten und der Fahrleitung möglichst als Freileitungen und sonst als Kabel durchgeführt.



Abbildung 20 Schaltposten im Freien mit Gerüst

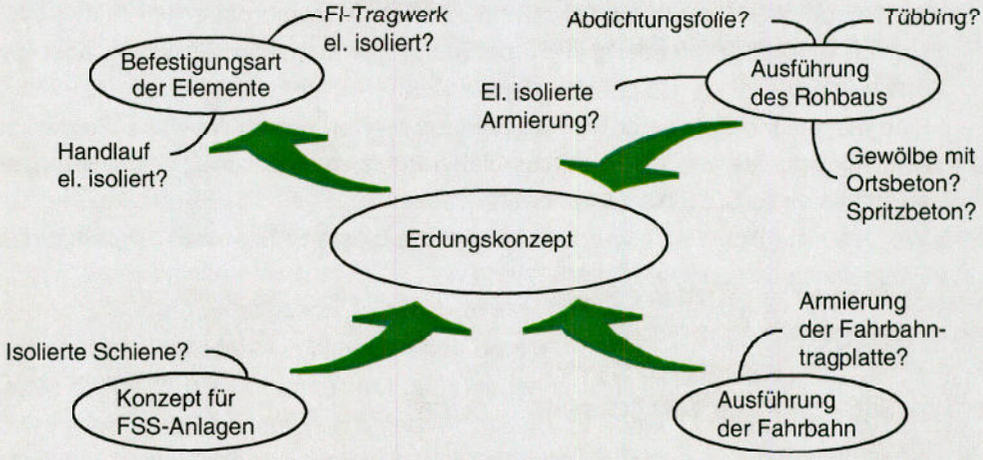
Erdungskonzept

Das Erdungskonzept beruht im wesentlichen auf den geltenden Eisenbahnnormen und der bei den SBB bewährten Philosophie, d.h.:

- Es gibt nur eine elektrische Erde, **die Bahnerde**.
- Für die Streckenabschnitte ohne Schotter (hauptsächlich in Tunnels) ist eine Armierung der Fahrbahntragplatte vorzusehen, um die Bahnstromrückführung zu erleichtern. Vorzusehen sind ebenfalls Erdungspole bei den Speispunkten.

Im Innern der Tunnels sowie in den Diensträumen und den technischen Nischen ist ein geeignetes Potentialausgleichssystem vorzusehen.

Abbildung 21 Parameter für die Wahl des Erdungskonzeptes



Wahl des Erdungskonzeptes

Wie aus der obenstehenden Abbildung hervorgeht, wird die Wahl des Erdungskonzeptes von vier Hauptparametern diktiert. Es sind:

- die Konstruktionsart des Bauwerkes;
- die Ausführungsart des Sohlbereiches;
- die Art der Gleisfreimeldungsanlagen (mit oder ohne isolierter Schiene);
- das Vorhandensein oder Nichtvorhandensein von Streuströmen.

Aufgrund dieser vier wichtigen Hauptelemente wird das Erdungskonzept festgelegt. Es bildet unter anderem die Basis für die Festlegung der Befestigungsart von Bahntechnik-Objekten wie Fahrleitungstragwerken, Handlauf, Erdseilen und deren Dimensionierung (mechanisch wie auch elektrisch), aber vor allem werden die Angaben für mögliche Rohbaumassnahmen gegeben. Bei der Ausführung von elektrisch isolierten Befestigungen ist im Bahntechnikbereich mit Mehrkosten zu rechnen.

Das Risiko der Korrosion der Tragstrukturen (beispielsweise durch Makroelementbildung auf den Verankerungen im Tunnel oder auf den Armierungseisen des Bauwerks) steht hauptsächlich im Zusammenhang mit Streuströmen (Gleichstrom). In einem solchen Fall sind zwei Möglichkeiten denkbar:

- Massnahmen zur Eliminierung dieser Streuströme durch Erdungspotentialskompensation, beispielsweise durch einen Gleichspannungspunkt auf tiefem Potential ausserhalb der Bauwerke, oder
- eine elektrische Trennung des Bauwerkpotentials und der Bahnerde durch die

Isolierung aller leitenden und mit der Bahnerde elektrisch verbundenen Elemente wie Fl-Tragwerke, Handlauf, aufgehängte Kabelkanäle etc. gegenüber den Bauwerkstrukturen.

Die erste Methode ist wirtschaftlich und technisch viel interessanter, weil sie räumlich begrenzt ist, während die Massnahmen zur elektrischen Isolierung des Bauwerks auf dem gesamten betreffenden Abschnitt zu treffen sind. Hinzu kommt, dass die Verwendung von isolierendem Mörtel einen wesentlichen Einfluss auf die Dimensionierung der Befestigungssysteme in den Tunnels hat[1]. Das wirtschaftliche Verhältnis zwischen den beiden Methoden wird auf 1 zu 20 bzw. 1 zu 50 geschätzt (2 Mio. bis 3 Mio. Fr. für die erste Lösung, 20 Mio. bis 100 Mio. für die zweite).

Elektrisch isolierte Armierung und minimale Betonüberdeckung

Andererseits dürfen bei einem Erdungskonzept, das das Bauwerk mit der Bahnerde verbindet, auf keinen Fall metallische Armierungen mit isolierender Schutzschicht verwendet werden. Wie bei den Streuströmen besteht das grosse Risiko, dass sich aufgrund der Konzentration des Wechselstroms an einer Stelle Makroelemente bilden. Zudem ist für die Armierungen eine Betonüberdeckung von mindestens 30 mm vorzusehen.

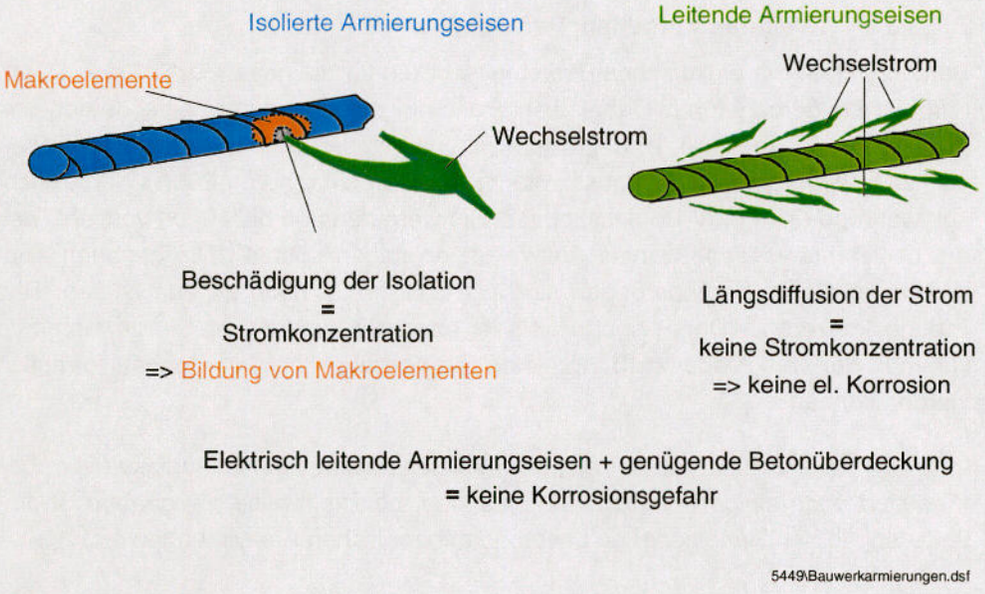


Abbildung 22 Makroelementbildung auf Bauwerkarmierungen

Bahnstromstärke, Energiebedarf

Aus den Untersuchungen, die zusammen mit anderen Arbeiten zur Entwicklung der Fahrleitung durchgeführt wurden, lassen sich die folgenden Schlussfolgerungen ziehen:

- Die Bahnstromstärken, von denen das Vorprojekt ausgeht, sind realistisch: bis zu 1600 A auf den Zugangsstrecken in den Doppelspurtunneln und unter 2000 A im Gotthard-Basistunnel bei einer 100%igen Streckenauslastung. Die Stromstärke nimmt zu:

[1] Als Beispiel kann der Grauholz-Tunnel dienen: Dort mussten die Befestigungspunkte mechanisch überdimensioniert werden, damit solcher Mörtel eingesetzt werden konnte. Die elektrische Isolierung des Bauwerks wurde durch das Gleichstromnetz der RBS erforderlich. Im Fall von AlpTransit Gotthard sind es die Bauwerke, die in der Region zwischen Bodio und Vezia bzw. Erstfeld und Vezia liegen, die dem Einfluss von Streuströmen aus dem italienischen Eisenbahnnetz ausgesetzt sein werden.

a) wenn der Abstand zwischen zwei Unterwerken grösser wird und/oder
b) wenn die Verkehrsdichte steigt (d.h. der Abstand zwischen den Zügen kleiner wird) oder die Tonnagen zunehmen.

- Der Höchstbedarf an Bahnstrom ergibt sich eher bei einem Betriebsszenario mit Schwergüterzügen mit niedrigerer Geschwindigkeit (120 km/h) als bei Reisezügen mit hoher Geschwindigkeit (200 km/h und mehr), da die Verkehrsdichte in diesem Fall kleiner ist.
- Die Anordnung der elektrischen Leiter im Streckenprofil spielt, insbesondere in Einspurtunneln, für die Stromverteilung zwischen den verschiedenen Leitern und für das Bahnstromrückführungssystem eine entscheidende Rolle. Diese Tatsache ist besonders wichtig für die Untersuchungen und die Vordimensionierung der Fahrleitungselemente (vgl. auch Kapitel B.2.2).
- Die Art des Rollmaterials hat ebenfalls einen nicht unbedeutenden Einfluss auf den Bahnstrombedarf. Die Triebfahrzeuge der neuesten Generation haben bessere elektrische Eigenschaften, insbesondere weisen sie einen $\cos\varphi$ nahe bei 1 auf. Dadurch sind bei gleicher Leistung die Verluste aufgrund der Blindleistung viel kleiner, wodurch sich die elektrischen Leiter der Fahrleitung weniger stark erwärmen.

B.2.3.3 Weiteres Vorgehen, Perspektiven

Berechnungen der elektrischen Belastung wurden für die gesamte AlpTransit Gotthard-Achse durchgeführt. Dabei diente allerdings keine einheitliche betriebliche Plattform als Grundlage. In der Untersuchung für den Gotthard-Basistunnel beispielsweise wurden nur Betriebsszenarios mit Güterzügen von 2000 t berücksichtigt, während das FinöV-Betriebskonzept Schwergüterzüge bis 4000 t vorsieht, was auf bestimmte kritische Punkte Auswirkungen haben könnte[1]. Die genauen Auswirkungen dieser Veränderungen sind bis Ende 1999 noch zu analysieren. Das Erdungskonzept für Doppelspurtunnels ist ebenfalls noch zu realisieren, damit im Rahmen der verschiedenen Bauprojekte die Vorgaben an den Rohbau formuliert werden können.

Im Bereich der Zyklen und der elektrischen Belastbarkeit in Abhängigkeit vom Betrieb sind noch einige Punkte zu untersuchen, beispielsweise die genaue Stromverteilung in den verschiedenen Leitern, die thermischen Auswirkungen etc.

Mittelfristig sind weitere Untersuchungen und Entwicklungen vorgesehen, insbesondere in Zusammenarbeit mit den SBB. Zu erwähnen sind namentlich:

- eine genauere Untersuchung der maximalen Stromdichte, die die verschiedenen Leitertypen einer Fahrleitung (Kabel und Drähte mit verschiedenen Querschnitten) aushalten, die tolerierbaren thermischen Zyklen im Vergleich zu den Lastzyklen;
- die Entwicklung und Homologation eines automatischen Erdungssystems zur raschen und sicheren Ausserbetriebsetzung der Streckenabschnitte für Erhaltungsarbeiten;

[1] Die Untersuchungen über den Bahnstrombedarf wurden 1996 durchgeführt, also vor der Abfassung des Berichts, der das Angebotskonzept nach FinöV festlegte (1997).

– das Testen von Montageprototypen von elektrischen Schaltapparaten für Stromstärken über 1600 A (Laststromschalter bzw. Kurzschlussstrombegrenzer).

Hier ist darauf hinzuweisen, dass die Kurzschlussströme einer der wichtigsten Parameter für die Dimensionierung der Stromversorgungsanlagen und vor allem der Kabel sind. Durch eine Verringerung dieser Stromstärken könnten Kabel mit kleineren Kupferquerschnitten oder weniger Kabelleitungen verwendet werden, was zweifellos eine Kostenersparnis bedeuten würde.

Sektionierung der Fahrleitung

Auch im Bereich der Fahrleitungssektionierung müssen noch einige Überlegungen gemacht werden. Infolge der äusserst geringen Anzahl an Spurwechseln und Bahnhöfen (namentlich aus Erhaltungs- und Sicherheitsgründen) gibt es nach den aktuellen Versorgungskonzepten bis zu 16 km lange Streckenabschnitte ohne vorgegebene Sektionierungsmöglichkeit. Der Einfluss dieser langen elektrischen Teilstrecken ohne Streckentrennung auf die Betriebsszenarios muss noch studiert werden. Insbesondere ist im Rahmen der quantitativen Risikoanalyse die Entfernung zwischen zwei Sektionierungen, falls erforderlich, noch leicht zu verringern.

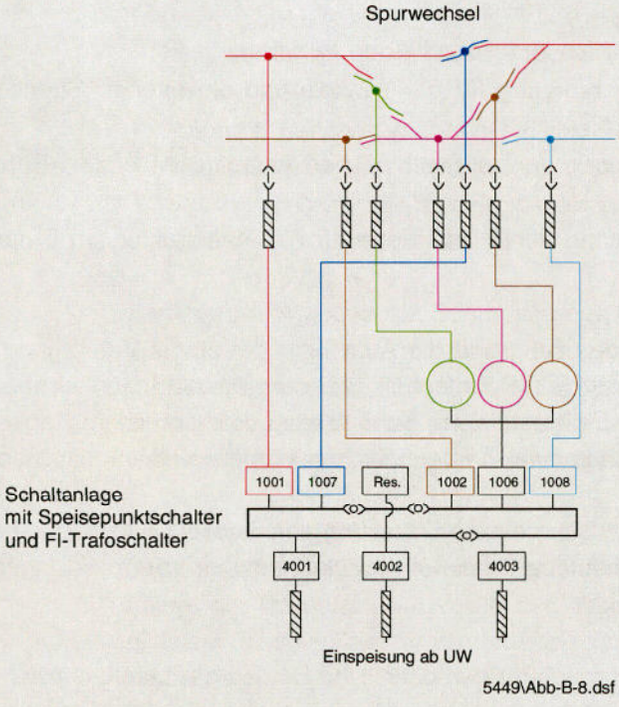
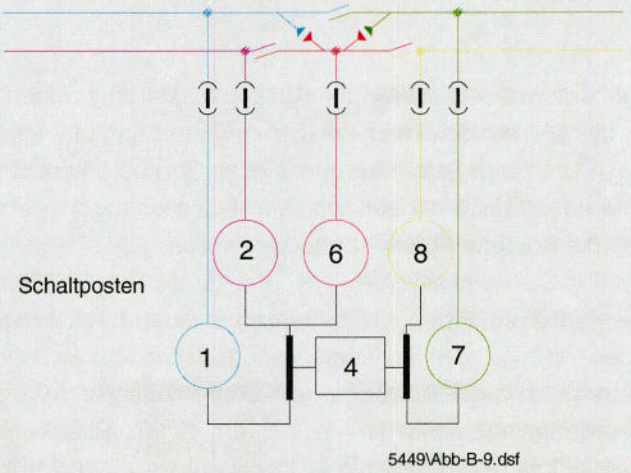


Abbildung 23 Bahnstromversorgungskonzept bei Einspurtunnel, FI-Sektionierung und Einspeisung in einem Spurwechsel

Abbildung 24
FI-Sektionierung bei Doppelspurstrecke, Schaltposten für Spurwechsel



B.2.4 50 Hz-Stromversorgung

B.2.4.1 Allgemein

Systemabgrenzung

Es ist grundsätzlich zu unterscheiden zwischen:

- der Stromversorgung für die Tunnels und die offenen Strecken sowie in den Tunnels;
- der Versorgung der bahntechnischen Anlagen (im Projekt Bahntechnik enthalten);
- der Versorgung der Hilfsbetriebe für die Infrastruktur (im Projekt Ingenieurbau enthalten).

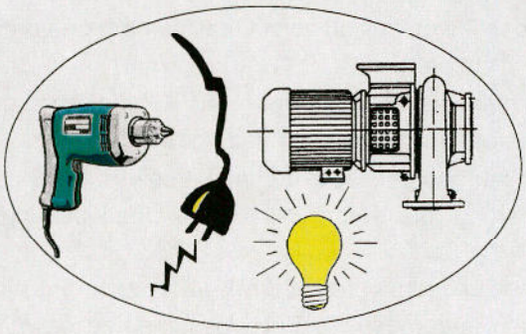
Die Systemabgrenzung und die Aufteilung der 50 Hz-Versorgung in den Tunnels zwischen dem Projekt Bahntechnik und dem Projekt Ingenieurbau ist in Abbildung 25 dargestellt. Eine detaillierte Schnittstellendefinition ist im Kapitel *Bt 1.3 Schnittstellen Bau-Bahntechnik* der technischen Vorgaben Bahntechnik spezifiziert.

Prinzip

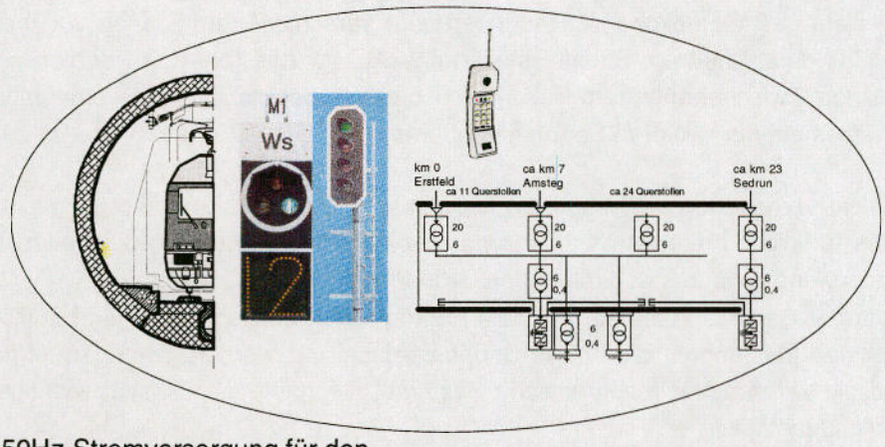
Die Stromversorgung für die Erstellung der Bauwerke sowie die betriebliche Speisung der Hilfsbetriebe für die Infrastruktur sind im Vorprojekt Ingenieurbau enthalten.

Die Stromversorgung für den definitiven Betrieb der bahntechnischen Anlagen inkl. der gesamten hochspannungsseitigen Einspeisung und Verteilung ist im Bereich Bahntechnik enthalten.

Abbildung 25 Aufteilung der 50 Hz-Anlagen zwischen Rohbau und Bahntechnik



Baustromversorgung während der Bauphase, Pumpensysteme, Lüftung, Klima, Stromversorgung Haustechnik (ausserhalb des Bahnbereiches)



50Hz-Stromversorgung für den Bahnbetrieb und die Zugsausrüstung (Signalisation, Kommunikation, ...) Tunnelbeleuchtung, Versorgungsnetz

5449\Abb-B-7.dsf

50 Hz-Versorgung auf offener Strecke

Auf offener Strecke (vor allem auf dem Streckengleis) ist keine durchgehende 50 Hz-Stromversorgung vorgesehen. Auf diesen Streckenabschnitten werden örtliche Anschlussstellen für Verbraucher realisiert, die direkt ab dem jeweiligen Ortsnetz gespeist werden. Verbraucher der Sicherungsanlagen werden ab deren Stromversorgung gespeist.

50 Hz-Versorgung in den Tunneln

In den Tunneln wird für alle elektrischen Verbraucher die benötigte Leistung in der definierten Qualität auf der gesamten Strecke zur Verfügung gestellt. Dieses System ermöglicht die Realisierung der 50 Hz-Stromversorgung durch **eine verantwortliche Stelle**. Dadurch sind kabelsparende Lösungen möglich. Alle Einspeisstellen sowie Ersatzstromanlagen sind an jederzeit zugänglichen Standorten vorgesehen: für den Gotthard-Basistunnel bei den Zwischenangriffsschächten bzw. Multifunktionsstellen und Tunnelportalen, für die Doppelspurtunnel jeweils bei den Portalen.

Netzstruktur in den Tunneln

Für die Struktur des Stromnetzes in den Tunneln sind zwei Qualitätsebenen vorgesehen:

- grosse Leistung bei normaler Zuverlässigkeit (Lüftungs- und Kühlungssystem, Beleuchtung, Niederspannungsversorgung für Erhaltungsaufgaben etc.);
- hohe Zuverlässigkeit und grosse Autonomie, aber für mittleren bis niedrigen Leistungsbedarf (für die Signalisierung, die Kommunikations-, Überwachungs- und Steuerungssysteme etc.).

Wegen der grossen Länge der Tunnelstrecken (8 bis 18 km), aber auch, um eine den verschiedenen Spannungsebenen angemessene Zuverlässigkeit zu gewährleisten, sieht das Grundkonzept Redundanz auf verschiedenen Ebenen vor, beispielsweise durch mehrere Einspeisstellen des Abschnittes (bei den Portalen sowie bei den Zwischenangriffen) oder durch eine Verdopplung des Stromversorgungsnetzes auf der mittleren Spannungsebene.

Es ist nicht vorgesehen, im definitiven Netz das 50 Hz-Baustromversorgungsnetz oder das für die Tunnelerstellung erforderliche Stromversorgungsnetz weiterzuverwenden, und zwar aus den folgenden Gründen:

- Die in der Betriebsphase der Tunnels erforderlichen Leistungen liegen deutlich unter den Leistungen, die für die Bauphase installiert wurden. Dagegen ist für gewisse Verbraucher (elektronische Systeme, Rechner) die Qualität wichtiger als die Quantität.
- Aufgrund der langen Bauzeit (7 bis 10 Jahre) werden einige Anlagen bei der Inbetriebnahme der Strecke vermutlich das Ende ihrer Lebensdauer erreichen, was in den ersten Betriebsjahren zu einem erhöhten Erhaltungsaufwand führen würde.

Denkbar ist hingegen die Stromversorgung in bestimmten Ausrüstungsphasen des Tunnels mit Hilfe der definitiven Stromversorgung, sobald diese eingerichtet ist[1]. Die Anlagen und Einrichtungen, die im bestehenden Stromnetz der lokalen Elektrizitätswerke gebaut oder umgebaut wurden, werden soweit wie möglich ebenfalls weiterverwendet (Zuleitungen, Trenntransformatoren etc.).

50 Hz-Versorgungskonzept im Tunnel

Das Versorgungskonzept unterscheidet sich leicht, je nachdem, ob es für einen Doppelspurtunnel oder für ein System mit zwei Einspurtunneln gedacht ist. Die Länge der Tunnelstrecke sowie der Abstand der möglichen Zwischenangriffe beeinflusst die zu wählende Struktur ebenfalls. Das Grundkonzept bleibt aber dasselbe, nämlich:

- eine Mittelspannungsebene (oder für lange Tunnelstrecken sogar zwei Ebenen), die an verschiedenen Punkten gespeist wird (zum Beispiel ab den Tunnelportalen und den Zwischenangriffen);
- eine Niederspannungsebene für die Stromverteilung in den Bahntechnikräumen, den technischen Nischen oder im Tunnel selbst;
- eine Mittelspannungsebene für die unterbruchsfreie Stromversorgung (für die

[1] Kritisch ist beispielsweise die Stromversorgung für die Baustelle der MFS Sedrun im Gotthard-Basistunnel, deren Versorgung über den Schacht Sedrun während dessen Fertigstellung (Dauer ungefähr 8-10 Monate) nicht möglich ist. Es ist vorgesehen, die Baustelle via Amsteg über die definitiven Mittelspannungsanlagen der Bahntechnik, die zu diesem Zeitpunkt eingerichtet sein werden, zu versorgen.

langen Tunnelstrecken);
- eine Niederspannungsebene für die unterbruchsfreie Stromversorgung in den technischen Nischen und den Multifunktionsstellen mit Stellwerken für das FSS.

Diese Struktur gibt dem 50 Hz-Stromversorgungsnetz eine hohe Zuverlässigkeit und eine grosse Autonomie, die den Sicherheitskriterien eines 57 km langen Tunnels entsprechen.

50 Hz-Grundversorgungssystem

Der Abstand zwischen den Einspeisstellen, die an das lokale Stromnetz angeschlossen sind, liegt zwischen 8 und 18 km. Dieser Abstand bestimmt die zu wählende Mittelspannungsebene (3 kV bis 6 kV und/oder 10 kV bis 24 kV für ein System mit zwei Mittelspannungsebenen).
Beim Niederspannungssystem wird der Abstand zwischen zwei Transformatorenstationen durch den Abstand zwischen zwei technischen Nischen vorgegeben. In den Doppelspurtunneln liegt dieser zwischen 500 und 600 m, in den Einspurtunneln zwischen 325 und 650 m. Der Höchstabstand zwischen zwei Niederspannungstransformatorenstationen, der vom tolerierbaren Spannungsabfall abhängt, kann höchstens 1000 m betragen.

Unterbruchsfreies Stromversorgungssystem (USV)

Parallel zum 50 Hz-Stromnetz stellt das mit ihm verbundene unterbruchsfreie Stromversorgungsnetz (USV) eine nahezu unterbruchsfreie Versorgung des elektronischen FSS sicher (Stromunterbruch während weniger als 100 Millisekunden) und verleiht ihm eine Autonomie von bis zu zwei Stunden. Im Hinblick auf eine Begrenzung des Erhaltungsaufwands und je nach Technologie, die zum Zeitpunkt der Realisierung verfügbar ist, können die Notfallsysteme statische oder rotierende Systeme sein. Eine Schnittstelle mit dem $16^2/_3$ Hz-System ist, falls erforderlich, ebenfalls denkbar. Batterieanlagen werden ausschliesslich in leicht zugänglichen Räumen mit guten klimatischen Verhältnissen angeordnet (zum Beispiel bei den Portalen der Zugangsstollen oder bei den Einspeisstellen bzw. den MFS).

B.2.4.2 Technik

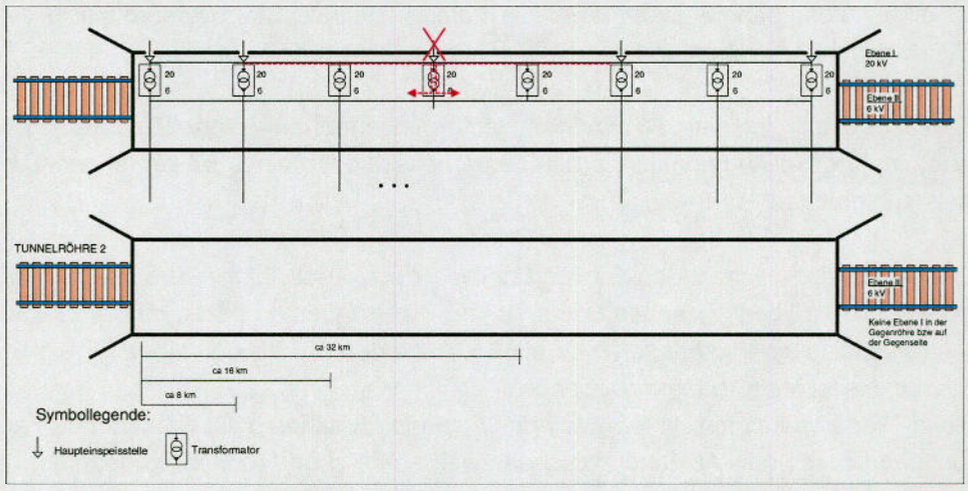
Primäre Versorgungsebene

Sowohl für ein System mit zwei Einspurtunneln als auch für einen Doppelspurtunnel ist das primäre Versorgungsnetz als 20 kV-Mittelspannungsnetz vorgesehen und umfasst mehrere Einspeisstellen, die so die Redundanz sicherstellen.

Primärstruktur des 50 Hz (20 kV)-Versorgungssystems für einen Einspurtunnel

Bei Ausfall einer Haupteinspeisstelle erfolgt die Speisung ab einer benachbarten Einspeisung.

Abbildung 26
Ausfall einer Haupteinspeisstelle

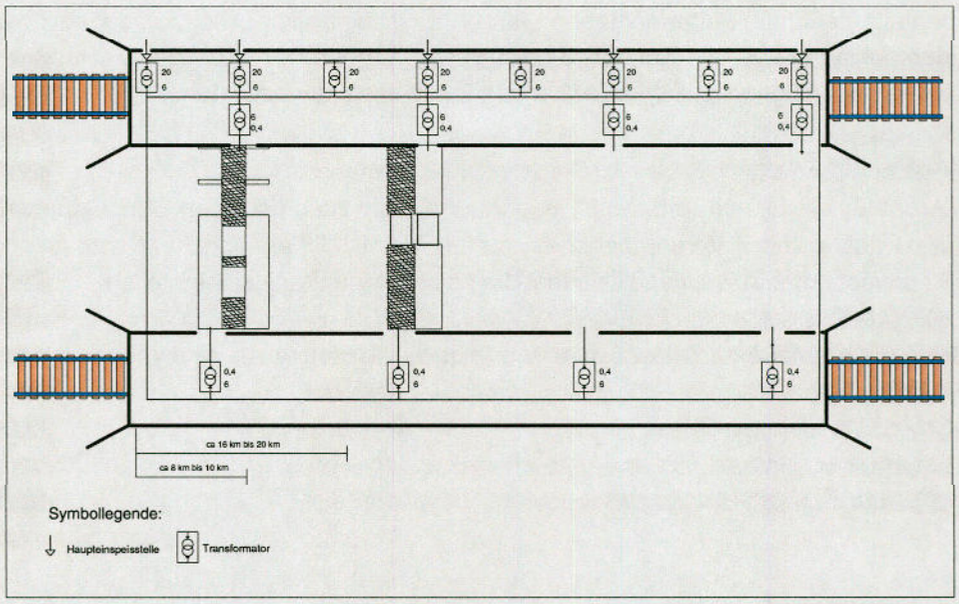


5449\Abb-B-15a.DSF

Sekundäre Ebene der Mittelspannungsversorgung (nur für den Gotthardbasistunnel)

Für die sehr langen Tunnels (in unserem Fall der Gotthard-Basistunnel) ist auch eine sekundäre Mittelspannungsebene vorgesehen (beispielsweise 6 kV), die die beiden Einspurtunneln und die Querschläge abdeckt. Versorgt von den Hauptspeisleitungen in den Tunnelröhren ist alternierend in jedem zweiten bis vierten Querschlag ein Trafo zur Speisung des Niederspannungsnetzes vorgesehen. In den Querschlägen können die Versorgungsnetze der beiden Tunnelröhren über das Niederspannungsnetz verbunden werden, was eine zweite Redundanz auf dieser Ebene ermöglicht (Verdoppelung des sekundären Systems und damit grössere Zuverlässigkeit der Stromversorgung).

Abbildung 27
Sekundärstruktur des 50 Hz-Versorgungsnetzes



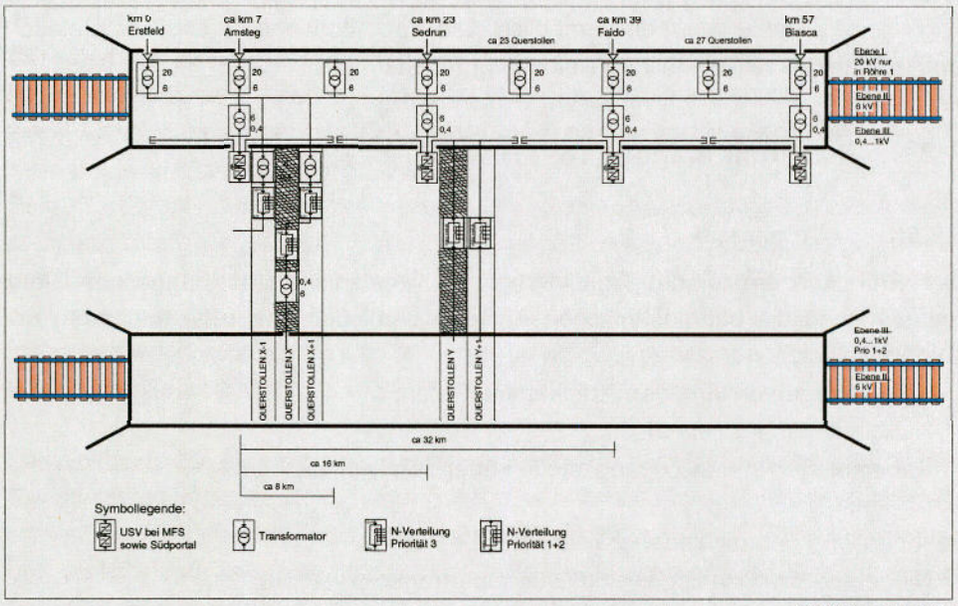
5449\Abb-B-15b.DSF

Niederspannungsebene der Stromversorgung

Niederspannungsverteilungen sind vorgesehen in bzw. für:

- sämtlichen Querschlägen bzw. technischen Nischen
- bei den Multifunktionsstellen
- für die Speisung der elektrischen Verbraucher in den Zugangsstollen
- in den bahntechnischen Gebäuden und Räumen.

Alle 100 Meter und in jeder technischen Nische sind Steckdosen vorgesehen. Das gegenwärtige Versorgungskonzept beruht auf einem Abstand von 500 bis 650 m zwischen den technischen Nischen (im Gotthard-Basistunnel wie in den Doppelspurtunneln). Im Gotthard-Basistunnel werden die zu Sicherheitszwecken vorgesehenen Querschläge primär nur mit einem Beleuchtungssystem ausgestattet.



5449\Abb-B-15c.DSF

Abbildung 28
Struktur der Niederspannungsversorgung

B.2.4.3 Perspektiven bis 2003 (im Zusammenhang mit dem Projekt für den Gotthard-Basistunnel)

Für die nächste Zukunft sind zwei Schwerpunkte in der Bearbeitung vorgesehen:

1. Ermittlung der Grundbedürfnisse gemäss aktuellem Stand vor Erarbeitung des Bauprojektes Bahntechnik;
2. Vertiefte Untersuchung des Einbaus bzw. des Übergangs vom Baustellenbetrieb (Baustromversorgung) zum definitiven Betrieb (Betriebsstromversorgung).

Der Übergang von der provisorischen zur definitiven Anlage muss mit besonderer Sorgfalt studiert werden, damit die Stromversorgung aller Punkte im Tunnel dauernd gewährleistet ist und Konflikte während der Ausrüstungsphase vermieden werden können.
Die beiden Audits zum Versorgungskonzept gemäss Vorprojekt zeigten Hauptschwerpunkte, auf welche die Verbesserungsanstrengungen und Überlegungen zu konzentrieren sind ([EA.M] und [EA.N]), wie beispielsweise der Verzicht auf eine Spannungsebene und die Aufbereitung der unterbruchsfreien Stromversorgung, die auf eine Vereinfachung des Netzes hinausläuft, oder ein multisystemischer Ansatz. Diese Vorschläge werden geprüft, sobald die Überprüfung des Strombedarfs der Verbraucher erfolgt ist.

Was die Niederspannungsanlagen im Tunnel, die für Erhaltung und Sicherheit erforderlich sind, betrifft (insbesondere die Beleuchtung), so entsprechen die aktu-

ellen Konzepte den Standards, die bei den SBB gelten. In naher Zukunft wird man auch Erkenntnisse aus verschiedenen Projekten, die zur Zeit realisiert werden (Bahn 2000-Projekte wie Adlertunnnel, Zimmerberg-Basistunnel Teil 1 etc.), bei der Planung einbeziehen können. Zur Zeit gilt im wesentlichen das Prinzip der Gehwegbeleuchtung in den Tunnels: Die Beleuchtung soll dazu ausreichen, dass man sich unter den im Tunnel möglichen Bedingungen sicher fortbewegen kann (im Evakuierungs- wie im Erhaltungsfall). Bei dieser Art der Beleuchtung sind allerdings keine Erhaltungsarbeiten möglich. Die dazu notwendige stärkere Beleuchtung ist nicht als fest installierte Anlage vorgesehen.

B.2.5 Kabelanlagen ($16^2/_3$ Hz et 50 Hz)

B.2.5.1 Allgemein

Das Grundkonzept für die Trassierung der Kabelanlagen, die längs der Gleise verlaufen und die bahntechnischen Anlagen verbinden, sieht die folgenden drei Kategorien vor:
- Kabelanlagen entlang der Strecken im Freien;
- Kabelanlagen im Tunnel;
- Kabelanlagen in den Zugangsstollen oder den Dienstschächten.

Daneben wird unterschieden zwischen Kabel für:
- Niederspannungsanlagen und Datenübertragungsysteme;
- 50 Hz-Stromversorgungsanlagen (Hochspannung);
- $16^2/_3$ Hz-Bahnstromversorgungsanlagen (Hochspannung).

Diese drei Kategorien von Kabelanlagen sind auf der gesamten Trasseelänge physisch zu trennen (kein gemeinsamer Kabelschacht).
Da der genaue Kabelbedarf für die verschiedenen Stromversorgungs- und Datenübertragungsnetze noch nicht genau bestimmt werden konnte sowie im Hinblick auf die Erhaltung der Kabelanlagen, erfolgte die Dimensionierung aller Kabeltrassees auf der Grundlage des im Vorprojekt von 1994 festgelegten Bedarfs. Dabei wurde eine technische Reserve von 50% eingeschlossen. Die so festgelegte Anzahl Kabelschutzrohre, die in die seitlichen Bankette zu integrieren sind, ermöglicht die Formulierung von baulichen Vorgaben zuhanden des Rohbaus (vgl. auch die Vorgaben der Bahntechnik und [EA.L]).
Die minimalen Biegeradien der Trasseetypen betragen mindestens 1 Meter.

B.2.5.2 Technik

B.2.5.2.1 Kabelanlagen für Strecken im Freien

Die Kabel werden im allgemeinen in Oberflächen-Kabelkanälen beidseitig der Eisenbahnlinie verlegt. Aufgrund der Kabelnetzstruktur sind im Normalfall keine Gleisunterquerungen notwendig, da jedes Gleis eigene Signalisations- und Versorgungsanlagen hat und die Kabelnetze somit pro Gleis getrennt sind. Vorgesehen sind Gleisunterquerungen bei den Überholgleisanlagen und den 15 kV $16^2/_3$ Hz-Schaltposten. Die Unterquerungen bestehen aus Kabelrohrblöcken mit einem Kabelschacht an jedem Ende. Im Hinblick auf eine einfache Erhaltung und infolge der Zugänglichkeit der Strecke (Dienststrassen parallel zum Bahntrassee), werden

die Kabeltrassees in der Regel ausserhalb der Lärmschutzwände verlaufen. Auf mittelgrossen Brücken kann auch eine Kabelstrecke mit Rohrblockanlagen für die gesamten Kabelanlagen in Betracht gezogen werden.
Die 50 Hz-Energieversorgungskabel und die $16^2/_3$ Hz-Bahnstromversorgungskabel werden alle in getrennten Rohrblockanlagen verlegt, die je nach Krümmung des Trassees und nach den vorgesehenen Zwischenangriffen alle 250 bis 500 Meter mit Kabelschächten versehen sind. Dieses Grundkonzept eines gesamten mechanischen Schutzes der Kabel erhöht die Zuverlässigkeit der Kabelanlagen und reduziert die Gefahr der Beschädigung paralleler Kabel im Kurzschlussfall.
Für die Kabeltrassierung im Freien erfolgte noch keine Vordimensionierung. In diesem Bereich sind vor der Bauprojektphase für die betreffenden Strecken auch keine besonderen Aktivitäten vorgesehen, da die aktuelle Technik und die heutigen Kenntnisse vollkommen ausreichen. Es gibt bereits heute Baumethoden für Oberflächen-Kabelkanäle, die fast vollständig mechanisiert sind (Ausschachten des Trassees, Verlegung der Kabelkanäle und der Kabel und automatische Zudeckung der Kabelkanäle). In diesem Bereich ist somit keine weitere Forschung erforderlich.

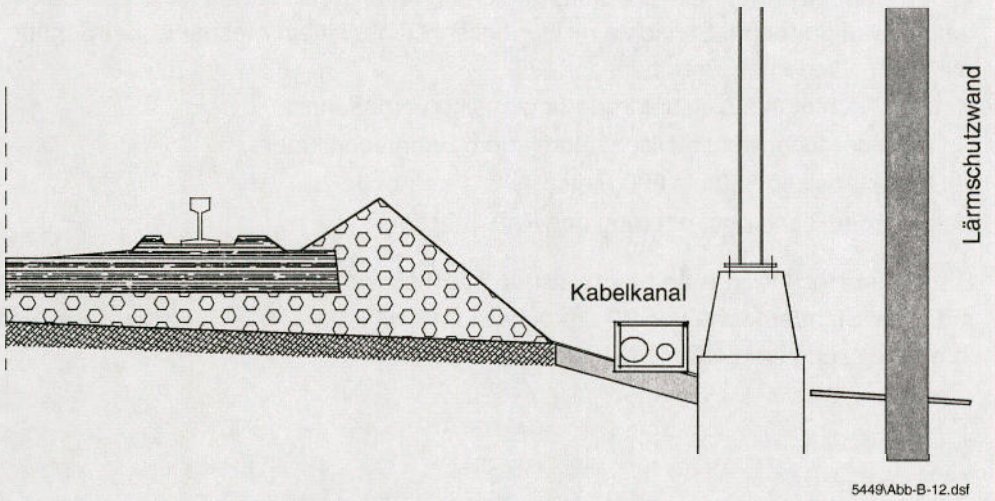


Abbildung 29 Kabelanlagen für Strecken im Freien, ohne Zugangsstrasse entlang der Bahnlinie (Erhaltung ab dem Gleis)

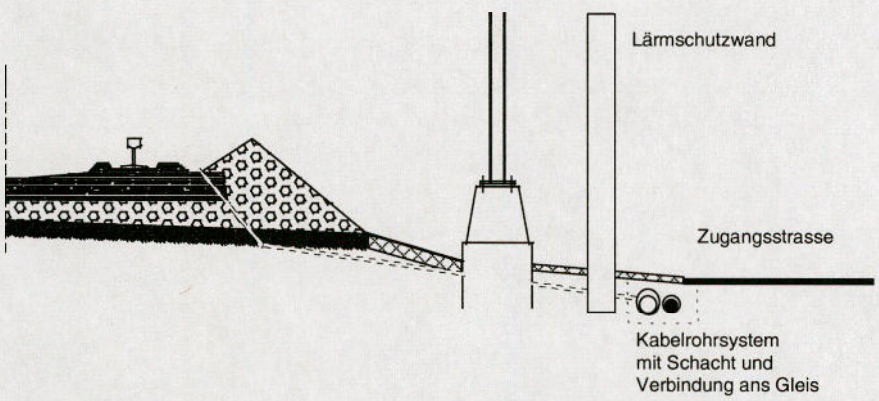


Abbildung 30 Kabelanlagen für Strecken im Freien mit Zugangsstrasse entlang der Bahnlinie

B.2.5.2.2 Kabelanlagen für Tunnelstrecken

Aus Gründen der Sicherheit, der Zuverlässigkeit und der Konstruktionszeit sollen die meisten Kabel in Kabelrohrblöcken in den seitlichen Banketten verlegt werden. Nur das strahlende Kabel am Gewölbescheitel und die Niederspannungskabel für die Versorgung der Tunnelbeleuchtung verlaufen aufgrund ihrer Funktion in aufgehängten Kabelkanälen und werden auf Putz montiert. Art und Anordnung dieser Kabelkanäle sind noch nicht festgelegt; es ist aber denkbar, sie beispielsweise mit den Trägern für die Beleuchtungskörper zu kombinieren oder sie in den Handlauf zu integrieren.

Die Kabeltrassees in Kabelrohrblöcken sind so zu konzipieren und auszuführen, dass kein magnetischer Kurzschluss ausgelöst wird (kein magnetisch leitendes Element um das Kabeltrassee).

In den Einspurtunneln ist eine vollständige Trennung zwischen den Stromversorgungskabeln (50 Hz, $16^2/_3$ Hz) und den Niederspannungs- und Datenübertragungskabeln vorgesehen, und zwar für das eigentliche Trassee wie auch für die Kabelschächte (kein gemeinsamer Kabelschacht).

In den Doppelspurtunneln sind aufgrund des Platzmangels in den seitlichen Banketten zwei getrennte Schächte nicht möglich. Daher ist ein mechanischer Schutz mit Trennwänden anzustreben.

Kabelschächte und Gleisunterquerungen sind vorgesehen:

- vor jeder technischen Nische und jedem Bahntechnikraum;
- höchstens alle 500 bis 800 Meter;
- bei jeder Richtungsänderung des Kabeltrassees.

Die Bahntechnikräume und technischen Nischen werden alle einen Doppelboden mit einer Standardhöhe von 70 cm aufweisen, damit die Einführung der Kabel und ihre Spleissung an die Geräte erleichtert wird.

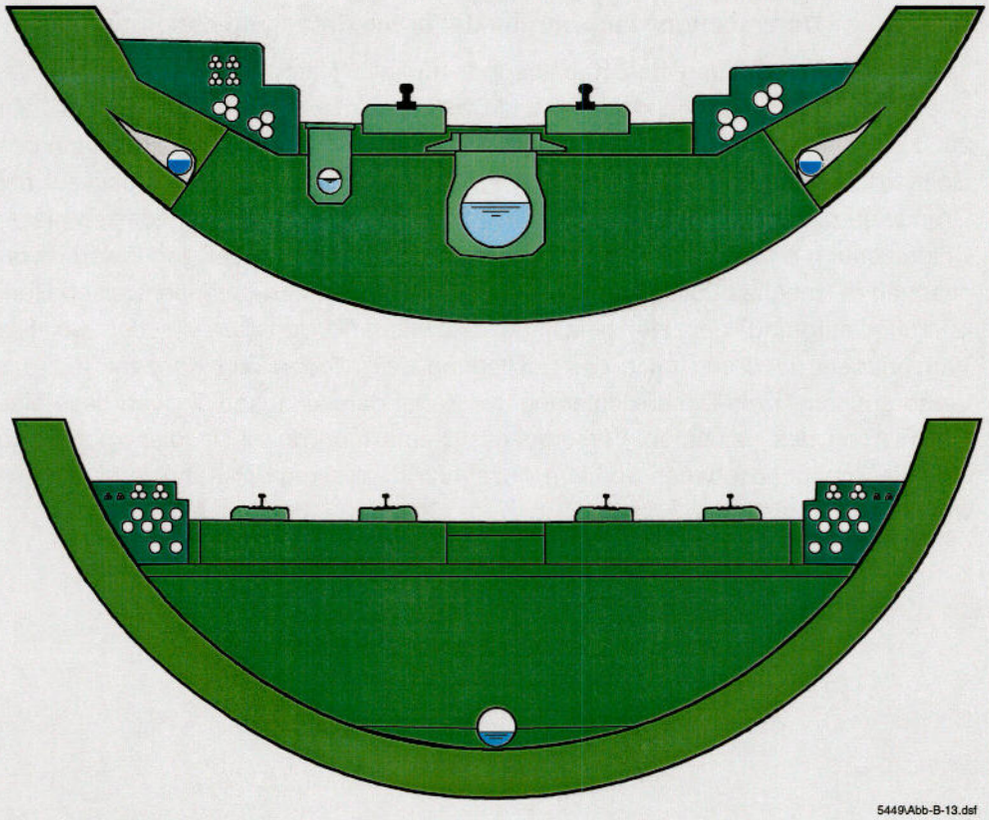


Abbildung 31
Querschnitt der Kabeltrassierung bei den Ein- und Doppelspurtunneln

B.2.5.2.3 Kabelanlagen in Zugangsstollen oder Schächten

Die Kabeltrassees in den Zugangsstollen oder Schächten werden im Normalfall auf Putz realisiert, mit einer mechanischen Trennung oder einem ausreichend grossen Abstand zwischen den verschiedenen Kabelarten. Für Datenübertragungskabel oder Kabel für den Notfall (z.B. das unterbruchsfreie Stromversorgungsnetz), die unmittelbar neben den Energieversorgungskabeln liegen, erfolgt die Trassierung in Kabelrohrblöcken. Für die Kabel auf Putz sind ein Pritschensystem oder Kabelträger, die entfernt voneinander liegen und an den Wänden befestigt sind, denkbar. Wichtig ist die Einhaltung eines Mindestabstands zwischen den verschiedenen Kabelgruppen.

Für Kabel in Vertikalschächten, die höher als 10 m sind, ist eine Aufhängetechnik mit einem Tragseil oder durch Befestigungspunkte im Abstand von 4 bis 6 Metern, je nach Länge und Gewicht der Kabel, denkbar [EA.C]. Dabei ist sicherzustellen, dass die Erhaltungs- oder Reparaturarbeiten an den Kabeln an jeder Stelle des Trassees möglich sind, beispielsweise über einen Lift oder einen Zugangsweg mit genügend Raum.

B.2.5.3 Untersuchungsschwerpunkte für die Erstellung des Bauprojekts

Neben der Überprüfung des Kabelbedarfs für alle Netze (50 Hz und $16^2/_3$ Hz-Stromversorgung, Kommunikations- und Datenübertragungsnetze etc.) bis ins Jahr 2000 soll eine Vordimensionierung der $16^2/_3$ Hz-Mittelspannungsverbindungen des Gotthard-Basistunnels vorgenommen werden, sobald die Lastberechnung auf der Grundlage der betrieblichen Plattform nach FinöV vorliegt. Die Ergebnisse dieser Untersuchung erlauben es, die Anzahl und die Querschnitte der gegenwärtig vorgesehenen Kabel zu überprüfen, und die Möglichkeiten einer etappenweisen Realisierung aufgrund der Netzbelastung festzulegen[1]. Im Bereich der 50 Hz-Verbindungen wird erst nach der Festlegung des allgemeinen Konzepts für das Versorgungsnetz die Dimensionierung der Kabel parallel ausgeführt, so dass eine Optimierung des gesamten Versorgungssystems möglich ist. In diesem Bereich sind die Spannungsebenen und ihre Anzahl für die Kosten der Kabelverbindungen weitgehend bestimmend.

[1] Der Gotthard-Basistunnel wird nicht gleich nach seiner Inbetriebnahme zu 100% seiner Kapazität ausgelastet sein. Daher wäre es denkbar, nur diejenigen 15 kV $16^2/_3$ Hz-Verbindungen zu realisieren, die für die Stromversorgung dieses Abschnittes während der ersten Betriebsphase erforderlich sind, was die Baukosten senken könnte.

B.3 Fahrbahn

B.3.1 Allgemein

Aufbau des Oberbaus

Zum Oberbau eines Eisenbahntrassees gehören folgende Elemente:

- Schienen
- Schwellen inkl. Schienenbefestigungen, evtl. Gummischuh (bei schotterlosem Oberbau)
- Schotter (bzw. Betonplatte beim schotterlosen Oberbau)

Fahrbahn als Tragrost

Die Fahrbahn stellt eine kontinuierliche Abwicklung des aus diesen Elementen gebildeten Tragrostes dar. Die Kontinuität wird lediglich durch die Anordnung von Weichen oder anderen Zwangspunkten durchbrochen. Im Vergleich zu anderen Fachbereichen baut die Fahrbahn beim Gleis auf relativ wenigen Komponenten auf, die aber in sehr grosser Stückzahl zum Einbau gelangen.

B.3.2 Tunnelstrecken

In Tunnels: schotterloser Oberbau

In Tunneln mit einer Länge von mehr als 500 bis 1000 m und stabilen geologischen Verhältnissen wird ein schotterloser Oberbau vorgesehen. Es stehen heute weltweit verschiedene Systeme in Erprobung, welche aber in Bezug auf ihr Langzeitverhalten nur tendenzielle Vergleiche zulassen. Die SBB verfügen über ein langjährig erprobtes, speziell in planerischer Voraussicht auf den GBT abgestimmtes System.

Hohe Anforderungen bezüglich Präzision und Verfügbarkeit

Um den grossen Erwartungen gerecht zu werden, müssen beim Bau der schotterlosen Fahrbahn sehr hohe Präzisionsanforderungen sowohl für die Gleis- als auch für die Weichenanlagen erfüllt werden. Eine wesentliche Anforderung für eine hohe Verfügbarkeit der Fahrbahn im Betrieb besteht darin, dass der Tunnel trocken ist und keine Schmutzablagerungen die Elastizität der Zwischenlagen vermindern.

B.3.2.1 Konzept, Grundsätze, Festlegungen

Weisungen BT gelten

Grundsätzlich gelten für die Ausgestaltung der Tunnel-Fahrbahn die Bestimmungen des Dokuments "Nutzungsanforderungen an neue Eisenbahntunnel" und die Weisung W Bau GD 17/94 "Anforderungen an den Fahrbahnunterbau im Tunnel" [Fb.A] [Fb.B].

Es kommt ein schotterloser Oberbau mit Gleisrostelementen, die in einer Betonplatte elastisch gelagert sind, zum Einsatz. Andere Konstruktionsarten (Plattenoberbau, Direktbefestigung auf der Betonplatte) werden nicht vorgesehen.

Übergang Schotteroberbau / schotterloser Oberbau erst nach einer gewissen Strecke im Tunnel

Der Übergang vom Schotteroberbau zur Tunnelfahrbahn mit schotterlosem Oberbau findet nicht unmittelbar beim Portal, sondern erst nach einer gewissen Strecke im Tunnel statt. Die Länge dieser Strecke beträgt in der Regel ca. 50 bis 100 m. Sie muss so festgelegt werden, dass keine unzulässigen Setzungen im Bereich der Beton-Fahrbahnplatte auftreten und dass die Belastung der Übergangsstelle infolge unterschiedlicher Schienentemperaturen minimiert wird. (Für die Portalbereiche von Tunneln, die auf ihrer übrigen Länge einen schotterlosen Oberbau aufweisen,

ist demnach ein spezielles Normalprofil erforderlich.)

einheitlicher Oberbau

Abgesehen von den Portalbereichen soll im gesamten Tunnel die selbe Oberbauart verwendet werden. Einzelne, "eingeschobene" Bereiche mit Schotteroberbau sind nicht erwünscht. Die Übergänge sind lageempfindlich und haben Auswirkungen auf das Längenprofil.

lückenlose Gleise ohne Isolierungen

Es wird von durchgehend lückenlos verschweissten Gleisen ausgegangen. Isolierstösse sind nicht vorgesehen (Verwendung von Achszählern für die Gleisfreimeldung).

Gemäss Erdungskonzept für ATG-Tunnel muss die Fahrbahnplatte für die Stromrückführung eine gewisse elektrische Längsleitfähigkeit aufweisen, die u.a. durch eine Armierung der Fahrbahnplatte mit Längseisen und eine elektrische Verbindung dieser mit den Schienen gewährleistet wird.

Alle Weichen im Tunnel mit WDS

Alle Weichen in Tunneln werden mit einem Weichendiagnosesystem (WDS) ausgerüstet.

B.3.2.2 Technik

Standardmaterial und -ausführungen gemäss Spezifikationen SBB

Für Standardmaterial (Schienen, Schwellen, Befestigungen, Weichentypen etc.) und -ausführungen gelten die technischen Spezifikationen der SBB (Reglemente und Weisungen).

2 zugelassene Bauarten für den schotterlosen Oberbau

Zugelassene Bauarten für den schotterlosen Oberbau sind:
- Bauart Feste Fahrbahn SBB (Stand Grauholztunnel)
- Bauart Eurotunnel.

Abbildung 32 Schotterloser Oberbau Bauart Feste Fahrbahn SBB



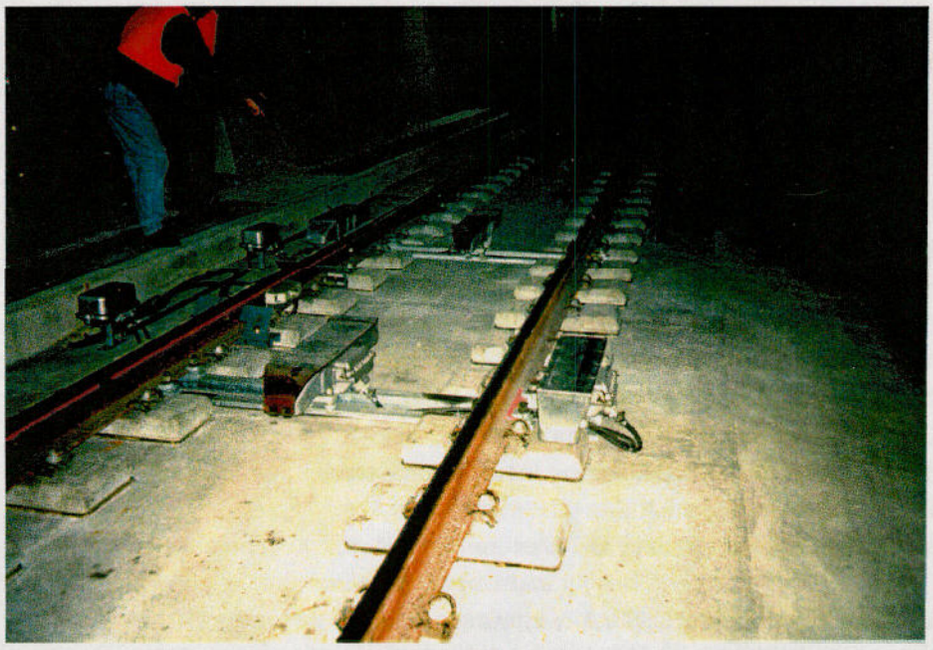


Abbildung 33 Schotterloser Oberbau Bauart Eurotunnel (Teststrecke im Grauholztunnel)

Im derzeitigen Projektstand wird von folgender Technik ausgegangen:

Tabelle 8 Fahrbahnelemente schotterloser Oberbau

	Tunnelstrecken (schotterloser Oberbau)
Gleis:	
– Schienen	UIC 60, Güte 900A
– Schwellen	Beton-2-Block mit Gummischuh und Einlage oder Beton-Einzelblöcke (Bauart Eurotunnel)
– Verlegeart	Ws, NABLA
Weichen:	
– Schienen	UIC 60
– Weichenbauteile	UIC 60, bewegliche Herzstücke
– Schwellen	Beton-Monoblock mit Gummischuh

Bei einzelnen Weichen im Ceneri-Basistunnel (Varianten für eine zukünftige, unterirdische Weiterführung) ist eine Ablenkungsgeschwindigkeit von mehr als 120 km/h (EW-1600/2600) notwendig. Da im SBB-Sortiment keine so grosse Weiche vorhanden ist, wird im jetzigen Projektstand für diesen Fall von einer Weiche analog dem bei der DB eingesetzten Weichentyp 7000/6000 1:42 ausgegangen.

Verwendung bewährter Technik

Die Ausführung der Fahrbahn im Grauholztunnel entspricht der heutigen Technik. Das Oberbaumaterial steht in einem dauernden Optimierungsprozess. Die ausgewählten Komponenten müssen auf ihre langfristige Bewährung als Gesamtsystem Fahrbahn überprüft worden sein. Im GBT sind die speziellen (klimatischen) Verhältnisse bestimmend für die Eigenschaften der Oberbaukomponenten.

B.3.2.3 Risiko-Punkte

Auf technischer Seite bestehen im Bereich schotterloser Oberbau folgende Risiko-Punkte:

- Wahl der Konstruktionsart
- Wahl der Bauart

Wahl der Konstruktionsart

3 Konstruktionsarten:

Die heute bekannten Konstruktionen des schotterlosen Oberbaus lassen sich nach ihrem Aufbau im wesentlichen in drei Gruppen zuordnen:

1: Plattenoberbau

– Plattenoberbau

Merkmale:

Auf einem verfestigten Untergrund (hydraulisch gebundene Tragschicht, Betonplatte oder auf eine andere Art stabilisierte Schicht) lagernde, armierte oder vorgespannte Fertigteile mit direkt verankerter Befestigung

Anordnung von elastischen Elementen ähnlich wie bei der Konstruktionsart "Direktbefestigung".

Erschwerte Ausgestaltung bei gekrümmter bzw. überhöhter Gleisgeometrie (insbesondere Übergangsbogen).

Einbau- und Betriebsregulierung meist durch eingebaute Schrauben und Injizierung.

Als Besonderheit gilt das BR-System "PACT" mit kontinuierlicher elastischer Lagerung der Schiene: beschränkte bzw. umständliche Regulierungsmöglichkeiten, Problem Schweisstösse, Entwässerung

Nachdem zwischen Fertigteil und der "festen" Unterlage eine mehr oder weniger elastische Ausgleichsschicht angeordnet wird, ist eine allfällige Eckwirkung bei den Fugen der Fertigteile nicht auszuschliessen.

Beispiele: Japan, FS (IPA), FIR der DB

Anwendung: Vollbahnen

2: In Betonplatte elastisch gelagerter Gleisrost

– In eine Betonplatte eingegossene (Beton oder Bitumen) oder elastisch gelagerte, standardmässige oder modifizierte Gleisrostelemente

Merkmale:

Anstelle der einzelnen Befestigungspunkte, wie beim Plattenoberbau, werden in die Tragplatte ganze Schwellen inkl. Schienenbefestigung fest oder elastisch gelagert eingegossen.

Die beiden elastischen Stufen liegen entweder oberhalb der Schwelle (fest eingegossen) oder eine Stufe in der Schienenbefestigung und die andere unter der Schwelle (mit Zwischenmasse).

Die leitende Idee dieser Lösungen ist im Bauvorgang zu sehen. Der ganze Gleisrost inkl. Schiene wird kontinuierlich (keine Eckbildung) lagemässig genau ausgerichtet und erst dann eingegossen. Die Spurhaltung wird durch die Gleisrostelemente gewährleistet.

Bei elastisch gelagerten Lösungen besteht der Vorteil der möglichen Auswechslung der Gleisrostelemente.

Beispiele:	fest eingegossen:	„Rheda“, „Züblin“
	auf Asphalt gelagert:	„Bitumenverguss SBV“, „SATO Betonschwelle“, ATD-Deutsche Asphalt/DB
	elastisch gelagert:	„Feste Fahrbahn SBB“, „Stedef“ bei RATP, „Sonneville“-Lösung (Low-vibration-Track, LVT) für Eurotunnel bzw. in den USA
Anwendung:	Vollbahnen	

3: Direktbefestigung

– Direktbefestigung auf Betontragplatten und ähnliche Lösungen
Merkmale:
z.B. Befestigung von Rippenplatten mittels eingeklebten (gebohrten oder eingegossenen) Bolzen direkt in die Tragplatte bzw. Tragelemente. Meistens zwei elastische Elemente, kleine Bauhöhe, umständlicher Einbau, praktisch keine Regulierungsmöglichkeiten. Andere Möglichkeit: Die Schiene liegt in einer trogförmigen Einbuchtung der Beton-Tragplatte, die mit einer elastischen Masse ausgegossen wird (➔ kontinuierliche Lagerung der Schiene).

Beispiele:	SBB-Lösung Bauart "Lenzburg", Bauarten "Monaco", "Delft", "Cloth", bzw. "Kölner Ei", Hilti Modifikation der Bauart "Lenzburg" bzw. "Delft" für Metro Mailand, "Upat" usw. In elastischer Vergussmasse gelagert: Infundo Corkelast
Anwendung:	Gleise mit kleinerem Belastungsspektrum, kurze Brücken mit beschränkter Bauhöhe, Industrie- und Hallengeleise, Strassenbahnen, niedrige Geschwindigkeiten.

Konstruktionsart 2 mit elastisch gelagertem Gleisrost ist geeignet

Aufgrund der oben zusammengestellten Eigenheiten der verschiedenen Konstruktionsarten kann davon ausgegangen werden, dass die Konstruktionsart mit in einer Betonplatte elastisch gelagerten Gleisrostelementen für die ATG-Tunnels geeignet ist.

keine Rückfallebene erforderlich

Die im In- und Ausland gemachten postiven Erfahrungen mit dieser Konstruktionsart zeigen, dass in Tunnels bei stabilen geologischen Verhältnissen auf eine Rückfallebene verzichtet werden kann. Als technisches Risiko verbleibt die Detailkonstruktion der Fahrbahn-Nachregulierung in Bereichen mit erhöhter Wahrscheinlichkeit aktiver geologischer Störungen oder infolge späterer Nutzungsänderungen.

Wahl der Bauart

Für ATG Gotthard zugelassen: Bauart "Feste Fahrbahn SBB" oder "Eurotunnel"

Die SBB verlegen seit geraumer Zeit in Tunnels mit stabilen geologischen Verhältnissen die Bauart „Feste Fahrbahn SBB“. In ihrer Konstruktion und der sich daraus ergebenden Funktionsweise verbindet diese Verlegeart die wichtigsten Vorteile des bewährten, klassischen Schottergleises und die angestrebten Eigenschaften der schotterlosen Verlegung. Die wichtigsten charakteristischen Merkmale lassen sich wie folgt zusammenfassen:

– Vertikale Elastizität bis zu einem bestimmten Grad, einstellbar in zwei Stufen mit einer Zwischenmasse, der Schwelle. Die Zwischenlage unter der Schiene dient mit der Zwischenmasse zum Abbau der hochfrequenten, die elastische Einlage im Gummischuh dem Abbau der tieferfrequenten Schwingungen.
– Günstige Art der Einleitung der horizontalen Beanspruchung über die Befestigung und die elastisch abgestützte Schwelle in die Betonplatte.
– Ausbildung der oberen, den Beschädigungen durch allfällige Entgleisungen direkt ausgesetzten Ebene mit standardisierten und verhältnismässig einfach auszuwechselnden Gleisrostelementen (Schwelle mit Befestigung).
– Gleiche Bauelemente unabhängig von der Trassierung (Gerade, Übergangsbogen bzw. Überhöhungsrampe, Kreisbogen).
– Bewährte, konstruktiv auf dem gleichen Prinzip beruhende Möglichkeit, Weichen schotterlos zu verlegen.

- Im Vergleich zu anderen Lösungen niedriger Kostenanstieg gegenüber Schottergleis (Faktor ca. 1.9 für Tunnelgleis bei "normalen" klimatischen Bedingungen).
- Kontinuierliche Verlegung, indem der Gleisrost zuerst lagegenau ausgerichtet und dann eingegossen wird.

Mehr oder weniger die selben Aussagen lassen sich auch bezüglich der Bauart "Eurotunnel" (LVT) machen.

Beide zugelassenen Bauarten beinhalten ein geringes technisches Risiko

Damit stehen zwei Bauarten zur Wahl, die beide ein vergleichbares, sehr geringes technisches Risiko beinhalten. Die grössten Unterschiede bestehen beim Einbau:

- Bauart Feste Fahrbahn SBB: Gute Spurhaltung gewährleistet durch Gleisrostelemente mit Zweiblock-Schwellen, erschwertes Handling der steifen Gleisroste bei Antransport und Ausrichtung, höhere Anforderungen an den Rohbau-Unternehmer, falls der Einbau analog Grauholz-Tunnel erfolgt (Herstellung der Schwellenkanäle).
- Bauart Eurotunnel (LVT): Spurhaltung muss durch besondere Massnahmen gewährleistet werden (Montageverbindungen zwischen den beiden Schienen), einfacheres Handling der Einzelschienen mit Schwellenblöcken, Fahrbahnplatte kann beim Gleiseinbau in einem Guss hergestellt werden unter Inkaufnahme einer geringeren Betonfestigkeit (grössere Einbindetiefe der Schwellen durch höhere Lage OK Fahrbahnplatte; wird durch Wegfall der Spurstangen ermöglicht).

Abbildung 34 Regelbettungsquerschnitt schotterloser Oberbau Bauart Feste Fahrbahn SBB

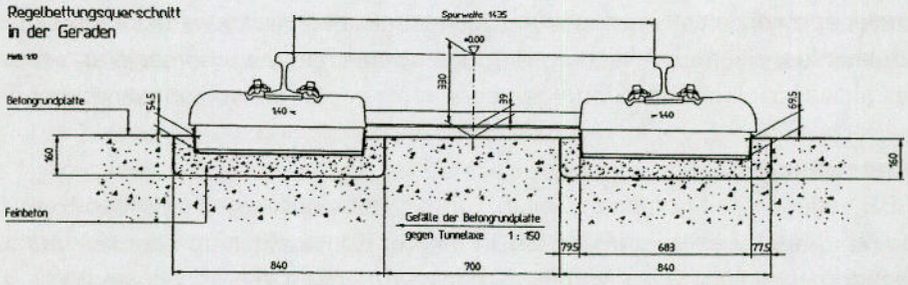
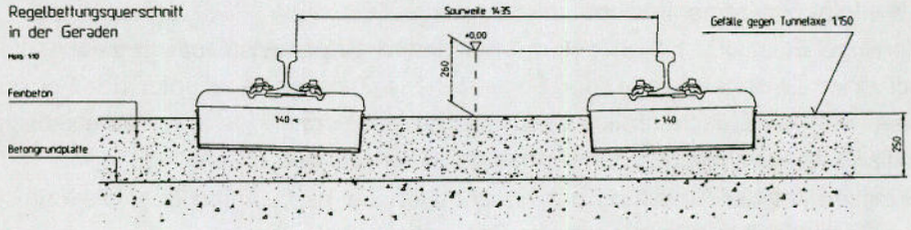


Abbildung 35 Regelbettungsquerschnitt schotterloser Oberbau Bauart Eurotunnel



keine Rückfallebene erforderlich

Die Definition einer Rückfallebene im Bezug auf die Wahl der Bauart des Oberbaus im Tunnel erübrigt sich somit.

B.3.3 Strecken im Freien

Die Neubaustrecken im Freien umfassen die Verbindung der AlpTransit-Tunnels mit den bestehenden Stammlinien und den Überholgleisanlagen.

B.3.3.1 Konzept, Grundsätze, Festlegungen

Auf den Strecken im Freien kommt der klassische Schotteroberbau mit lückenlos verschweissten Gleisen zur Anwendung. Es gelten die einschlägigen Reglemente und Weisungen der SBB.

Reglement und Weisungen SBB gelten

Alle Weichen mit beweglichen Herzstücken werden mit einem Weichendiagnosesystem ausgerüstet.

Weichendiagnosesystem

B.3.3.2 Technik

Grundsätzlich werden die auf dem Netz der SBB bewährten Gleis- und Weichenkomponenten eingesetzt. Für Standardmaterial (Schienen, Schwellen, Befestigungen, Weichentypen etc.) und -ausführungen (inklusive Unterbau) gelten die technischen Spezifikationen der SBB (Reglemente und Weisungen).

Standardmaterial gemäss Spezifikationen SBB

Im derzeitigen Projektstand wird folgende Technik angenommen:

	Strecken im Freien (Schotteroberbau)
Gleis:	
– Schienen	UIC 60, Güte 900A
– Schwellen	Beton B91
– Verlegeart	Ws
Weichen:	
– Schienen	SBB VI
– Weichenbauteile	SBB VI, bewegliche Herzstücke (Weichen in Hauptgleisen V_{Stamm} > 160 km/h
– Schwellen	Beton-Monoblock

Tabelle 9 Fahrbahnelemente Schotteroberbau

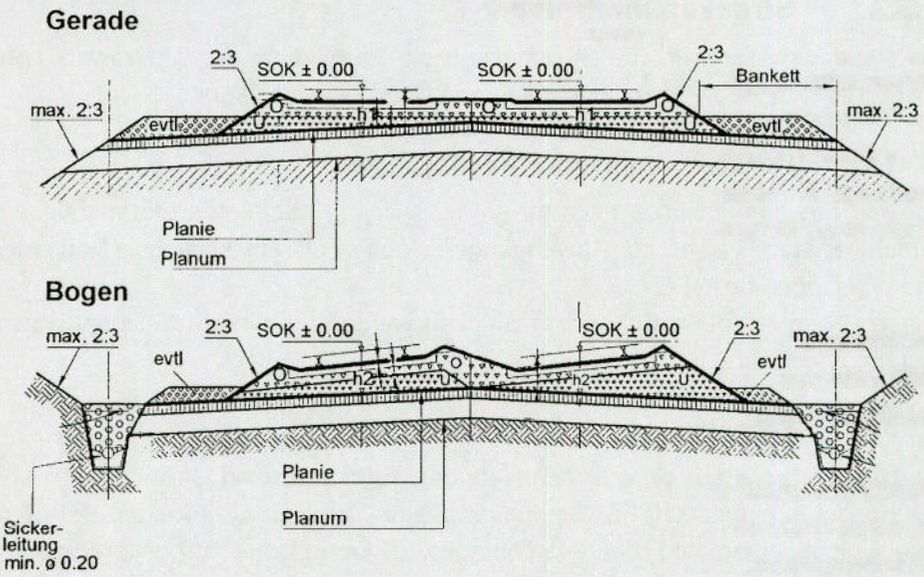
Bei einzelnen Weichen im Bereich des Knotens Camorino ist eine Ablenkungsgeschwindigkeit von mehr als 120 km/h (EW-1600/2600) notwendig. Da im SBB-Sortiment keine so grosse Weiche vorhanden ist, wird im jetzigen Projektstand für diesen Fall von einer Weiche analog dem bei der DB eingesetzten Weichentyp 7000/6000 1:42 ausgegangen.

B.3.3.3 Rückfallebenen, Alternativen

Der vorgesehene, konventionelle Schotteroberbau hat sich netzweit bereits langfristig bewährt. Analoge Oberbauformen werden auch im Ausland auf Hochgeschwindigkeitsstrecken verwendet. Es sind keine unvorhersehbaren Risiken zu erwarten. Die Definition einer Rückfallebene erübrigt sich.

Keine Rückfallebene erforderlich

Abbildung 36 Regelbettungsquerschnitt Schotteroberbau



Schotterloser Oberbau als Alternative wird nicht weiterverfolgt

Als Alternative zur gewählten Technik wurde das Verlegen eines schotterlosen Oberbaus im Freien auf dem gewachsenen Terrain überprüft. Dies würde einen garantiert setzungsfreien Unterbau bedingen und erfoderte zusätzliche technische Entwicklungen, um die mit den grossen Temperaturschwankungen verbundenen Längskräfte in der Betonplatte aufzunehmen. Wegen der nicht kalkulierbaren Risiken infolge Setzungen und wegen der hohen Erstellungskosten wurde diese Oberbauart nicht weiter verfolgt.

B.4 Sicherungsanlagen und Telekommunikation

B.4.1 Allgemein

B.4.1.1 Abgrenzung, Aufgabenbereiche

SA-Systeme

Zu den Sicherungs- und Automationsanlagen (SA) gehören folgende Teilsysteme:

- Stellwerk/Signalisierung
- Fernsteuerungen und Leittechnik
- Zugsicherungs- und Zugkontrollsysteme
- Warnanlagen

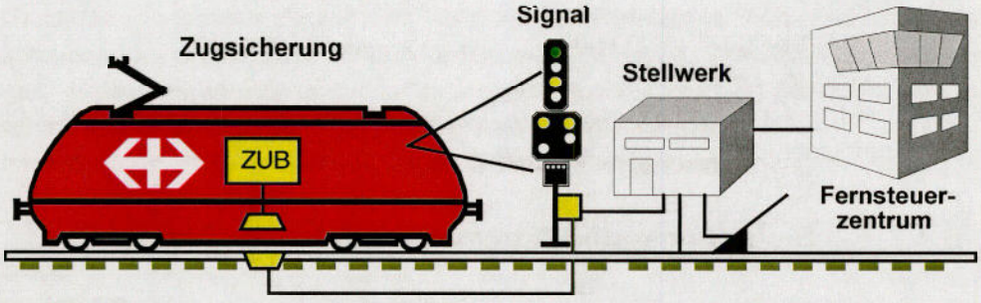


Abbildung 37
Beispiele von Sicherungsanlagen

TC-Systeme

Zu den Telekommunikationsanlagen (TC) gehören folgende Teilsysteme

- Übertragungsnetze (U)
- Vermittlungsnetze (V)
- Datennetze (D) und Störmeldesysteme (S)
- Mobilfunk (F)

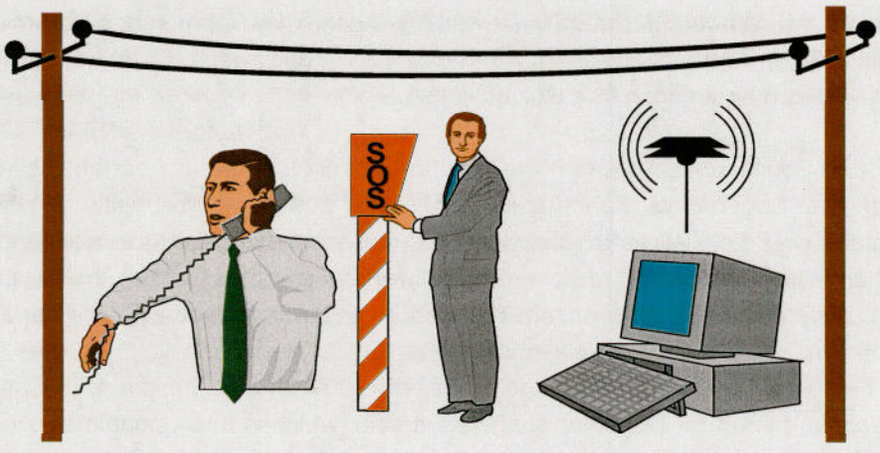


Abbildung 38
Beispiele von Telekommunikationsanlagen

Arbeits-Schwerpunkte

Die Tätigkeiten in den Fachbereichen SA und TC konzentrieren sich auf folgende Aspekte:

- Konzeptionelle Arbeiten (= Konzepte), Kapitel B.4 Definition der Anforderungen an zukünftige Anlagen und Mitwirkung bei deren Entwicklung und Einführung bei der Stammorganisation. Beispiel: Führerstandssignalisierung.
- Projektphasenbezogene Arbeiten (= Projektierung), Kapitel C.2.5, C.3.5 und C.4.5 Aktive Begleitung der perimeterspezifischen Projektplanung im Hinblick auf SA und TC-Aspekte (= Projektierungsarbeiten) Beispiele: Bauliche Vorgaben für SA und TC-Räume.

Kritische Punkte VP94

Die Untersuchungen im Vorprojekt 1994 haben als kritische Punkte insbesondere die Aspekte:

- Führerstandssignalisierung und
- Stellwerk und Leitsysteme

identifiziert. Entsprechend wurden in den letzten vier Jahren die Schwerpunkte bei den Grundlagen und Entwicklungen von ATG-Bt-SA/TC festgelegt.

B.4.2 Sicherungs- und Automationsanlagen (SA)

B.4.2.1 Konzepte, Grundsätze, Festlegungen

B.4.2.1.1 Stellwerk (Stw)

Stellwerkkonzept für hohe Verfügbarkeit

Aus Gründen der Verfügbarkeit wird die gesamte Neubaustrecke längs und quer auf verschiedene Stellwerke aufgeteilt. Dieses Konzept resultiert aufgrund der Anforderung, dass eine Gleissperrung (nur ein Gleis betreffend) aufgrund eines Ausfalls der Stellwerkanlagen nur alle 5 Jahre und eine Streckensperrung (beide Gleise betreffend) nur alle 10 Jahre vorkommen darf. Entsprechende Verfügbarkeitsanalysen wurden für das System SIMIS-C schon im Rahmen des Vorprojektes 1994 von der Firma Siemens im Auftrag von ATG durchgeführt und haben grundsätzlich auch heute noch Ihre Gültigkeit [SA.G].

Bei den Spurwechseln werden die zwei in Querrichtung benachbarten Stellwerke über eine sogenannte Fahrstrassenanpassung zusammengeschaltet. In Längsrichtung sind die Stellwerke über den elektronischen Streckenblock miteinander in Abhängigkeit. Dadurch wird bei einer Stellwerkstörung eine Totalsperrung vermieden. Zusätzlich wurde die Anzahl Stellwerke so gewählt, dass 1 Stw in der Regel höchstens einen halben Spurwechsel steuert.
Im Gegensatz zu heutigen Anlagen müssen die Stellwerke für die ATG Strecken mit einem neuen Blocksystem ausgerüstet sein, welches auch signalmässige Umkehrfahrten auf der Strecke ermöglicht. Ausserdem muss für die Zusammenschaltung der Stellwerke im Spurwechselbereich eine Fahrstrassenanpassung bestellt bzw. entwickelt werden, die beim Ausfall einer Anlage durch den fehlenden Flankenschutz nicht die gegenüberliegende blockiert.

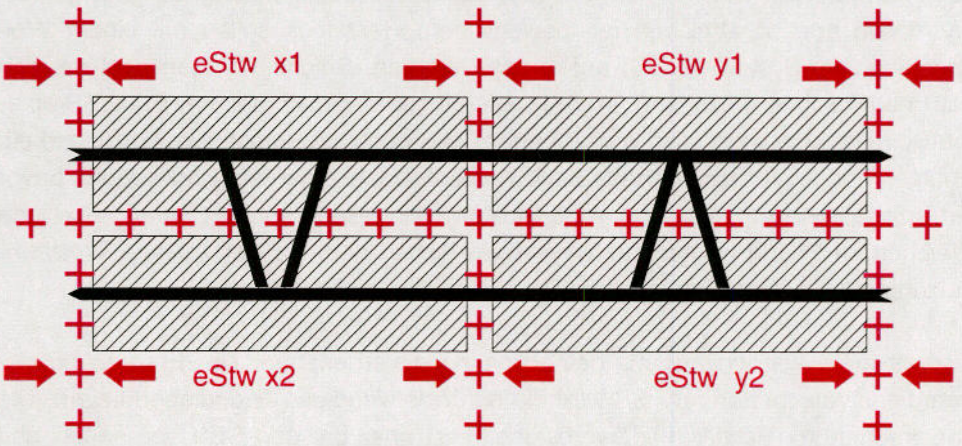


Abbildung 39 Stellwerksbereiche im 2 x Einspurtunnel ATG

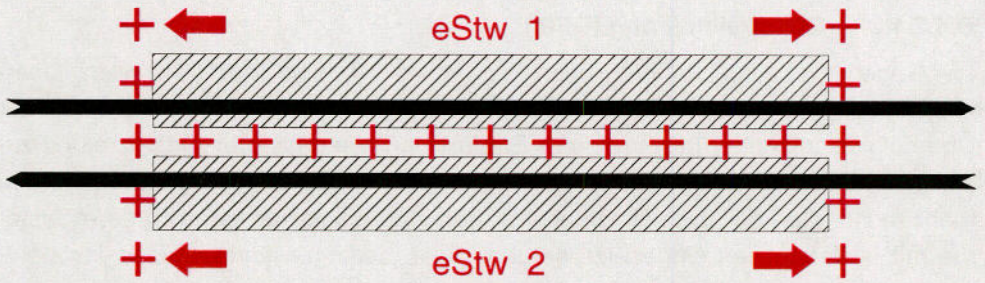
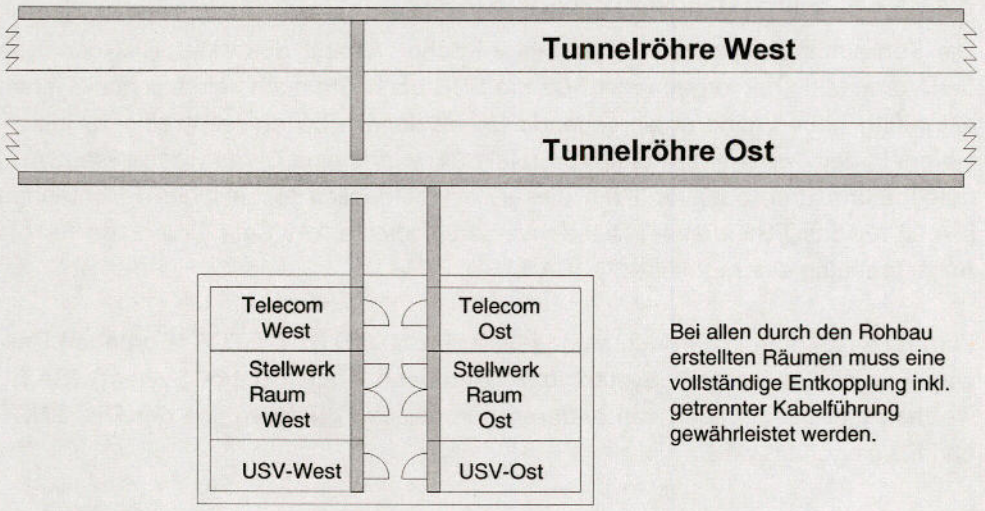


Abbildung 40 Stellwerksbereiche auf der Doppelspurstrecke ATG

Bei der Planung aller SA und TC Anlagen wird auf eine konsequente Unabhängigkeit der Systeme für die beiden Streckengleise geachtet. Dies äussert sich z.B. in einer völligen Trennung der Kabelführung sowie der technischen Räume.



Bei allen durch den Rohbau erstellten Räumen muss eine vollständige Entkopplung inkl. getrennter Kabelführung gewährleistet werden.

Abbildung 41 Konsequente Entkopplung der beiden Gleise

B.4.2.1.2 Weichenantriebe, Zwergsignale, Weichenheizungen

Einsatz von Schnellfahrweichen

Bezüglich der Weichenantriebe müssen für den Einsatz auf den ATG-NBS noch entsprechende Lösungen gesucht werden, da die nötigen Erfahrungen für v>160 km/h seitens der SBB noch fehlen. Die meisten Weichen werden über mehrere Verschlüsse verfügen. Eine mechanische Kopplung wird kaum mehr geeignet sein, so dass Lösungen mit mehreren Antrieben gesucht werden müssen. Im Tun-

nel kommt zudem das Problem der Fahrbahnplatte dazu, welche nur geringe Einbaumasse erlaubt. Weichen mit beweglichem Herzstück sollen mit einem Weichendiagnose-System (WDS) ausgerüstet werden. Solche Anlagen sind bei den SBB heute schon im Einsatz (Aarau), allerdings mit beschränktem Erfolg. Problematisch dabei erweist sich insbesondere die noch ungenügende Verfügbarkeit. Entsprechende Verbesserungen bzw. Weiterentwicklungen sind notwendig, bevor ein solches System auch auf ATG-Strecken eingesetzt werden kann. Sämtliche Weichen im Freien werden mit einer elektrischen oder gasbetriebenen Weichenheizung ausgerüstet (Entscheid im Bauprojekt).

Zwergsignale werden nur wo betrieblich nötig vorgesehen. Die Erarbeitung der Fahrdienstvorschriften für FSS wird die dafür notwendigen Grundlagen liefern. Die entsprechende Technik (für Zwergsignale) ist aber bei den SBB vorhanden und stellt kein spezielles Risiko dar.

B.4.2.1.3 Gleisfreimeldung (GFM)

Homogenes Konzept mit Achszähler

Im Gegensatz zum ursprünglichen Vorprojekt 94 sind auch in allen Überholgleisanlagen Achszähler vorgesehen. Durch die starke Vereinfachung der Überholgleisanlagen im Rahmen der Etappierung lässt sich der Einsatz eines zusätzlichen Gleisfreimeldesystems aus logistischen und finanziellen Gründen nicht mehr rechtfertigen. Prinzipiell könnten in den Überholgleisen zwar billigere Systeme mit Isolierstössen eingesetzt werden, diese bedingen jedoch einen Initialaufwand (Umrichter für 125 Hz), der Anlagen mit nur wenigen Abschnitten stark verteuert und damit gegenüber Achszähler nur unbedeutend günstiger macht, vor allem in Anbetracht der höheren Unterhaltskosten bei der Fahrbahn (Schienenstösse).

B.4.2.1.4 Führerstandsignalisierung (FSS)

Projektstand FSS

Die Führerstandssignalisierung ist als kritischer Aspekt aus einer Risikoanalyse des Vorprojekts hervorgegangen. Da die SBB bis heute noch kein solches System eingeführt haben, sind entsprechende Entwicklungsarbeiten rechtzeitig zu initialisieren. In der Zwischenzeit (seit Vorprojekt 94) wurde eine Bedürfnisanalyse [SA.A] durchgefuhrt und, basierend auf dieser, ein betrieblich technisches Pflichtenheft [SA.C] für das FSS erstellt. Dieses wiederum diente 1997 als Grundlage für die Ausschreibung einer Pilotstrecke [SA.E].

ERTMS/ETCS

Zum Einsatz kommt das neue standardisierte ERTMS bzw. ETCS (European Railway Traffic Management System bzw. European Train Control System) [SA.B], welches gleichzeitig auch von anderen europäischen Bahnen wie der DB, SNCF und FS eingeführt wird.

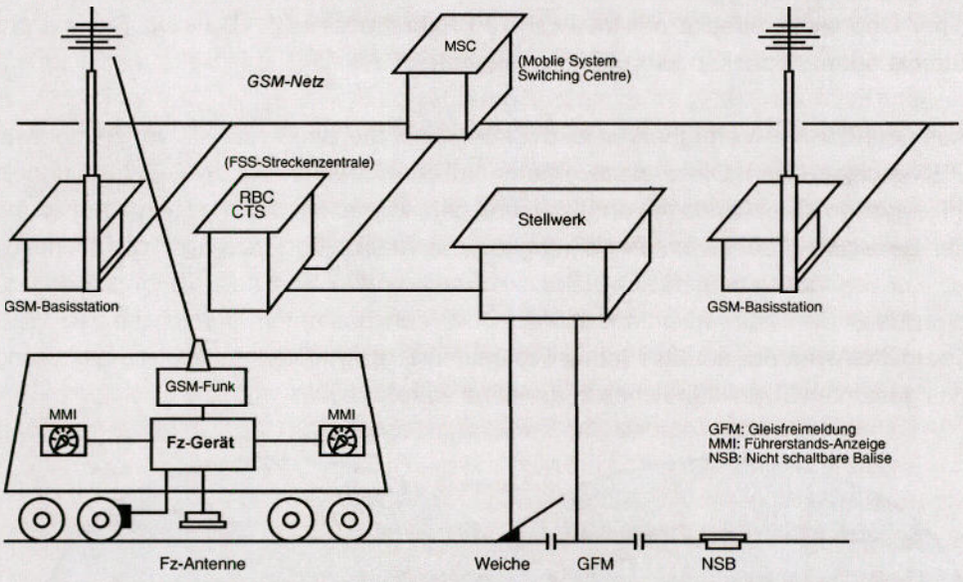


Abbildung 42 Konzept und Eigenschaften des ERTMS/ETCS Level 2

Datenübertragung mit GSM

Damit wird auch die Interoperabilität mit diesen Bahnen gewährleistet sein, d.h. die Züge für den grenzüberschreitenden Verkehr müssen (theoretisch bzw. im Endzustand) nicht mehr mit mehreren Systemen ausgerüstet werden. Die bestechenden technischen Vorteile des neuen Systems liegen in der Datenübertragung via digitalem Funk (GSM: Global System for Mobile Communication, in der Schweiz auch bekannt unter dem Namen Natel D), wodurch eine starke Vereinfachung der streckenseitigen Infrastruktur resultiert. Im Bereich des Gleises werden nur noch passive Balisen installiert sein, welche der Ortung der Fahrzeuge dienen.

Verfügbarkeit des Funks extrem wichtig

Da mit dem Funk künftig betriebswichtige Funktionen zu erfüllen sind (FSS), muss dessen Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit besondere Beachtung geschenkt werden. Entsprechende Betrachtungen wurden bis heute noch nicht in der notwendigen Tiefe angestellt, müssen aber spätestens vor dem Bauprojekt Bahntechnik vorliegen. Es ist jedoch damit zu rechnen, dass die notwendigen Minimalanforderungen im Rahmen der Neubauprojekte Bahn 2000 erarbeitet werden und von ATG übernommen, allenfalls angepasst werden können.

Pilotstrecke FSS

Im Hinblick auf die komplexe technische wie auch betriebliche Einbettung des neuen Systems in die bestehende Infrastruktur bzw. Betriebsführung haben sich die SBB dazu entschlossen, vor der Inbetriebnahme der ersten Neubaustrecke einen Pilotversuch mit Führerstandssignalisierung durchzuführen. Dieser soll insbesondere auch zur Ausbildung des Personals im Hinblick auf den Einsatz auf den Neubaustrecken dienen. Ausgewählt wurde für diesen Pilotversuch die ca. 35 km lange Strecke Zofingen-Sempach (exklusive) zwischen Olten und Luzern [SA.D].

Einbezug des BAV

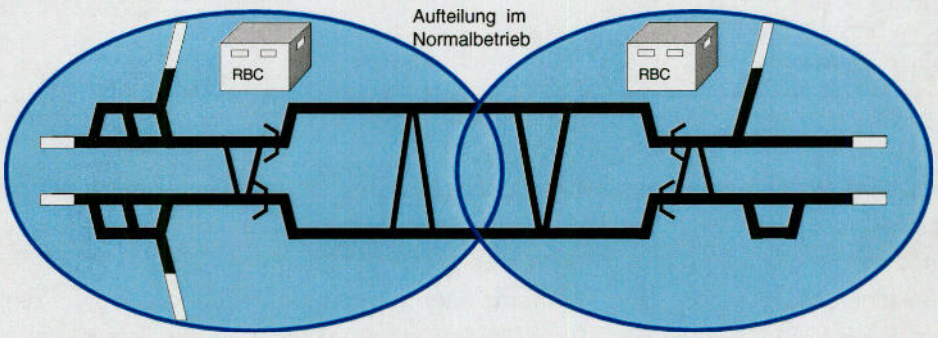
Aufgrund der einschneidenden betrieblichen Auswirkungen der Einführung des FSS (Zulassungsbestimmungen für Fahrzeuge, Konsequenzen auf die Fahrdienstvorschriften usw.) erfolgt dessen Entwicklung unter Einbezug des BAV. Die notwendigen betrieblichen Anpassungen werden bereits im Rahmen der laufenden Revision der Fahrdienstvorschriften, bei welchen das BAV ebenfalls involviert ist, berücksichtigt.

RBC-Bereich, Projektierung FSS

Es wird davon ausgegangen, dass ein RBC etwa einen Bereich von 30 - 40 km einer Doppelspurstrecke mit total ca. 100 Fahrstrassen (2 - 3 fiktive Signale pro Strecken-km) abdecken kann (Optimalvariante).

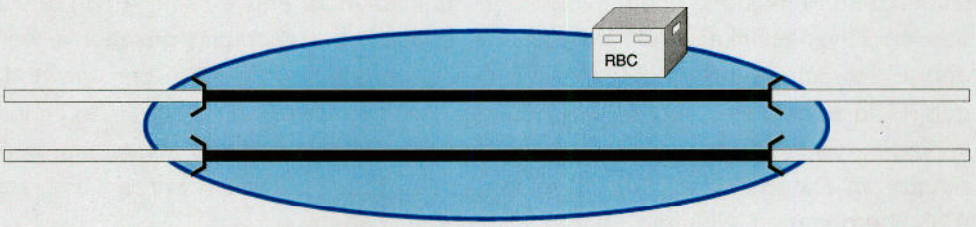
Aus Gründen der Verfügbarkeit wird für den anspruchsvollen Basistunnel von zwei RBC ausgegangen. Diese steuern den nördlichen bzw. südlichen Teil des Tunnels inklusive entsprechende Überholgleisanlagen, da in diesem Fall eine Aufteilung der Bereiche in Längsrichtung analog zu den Stellwerken technisch nicht sinnvoll ist. Zur Gewährleistung der notwendigen Verfügbarkeit wird aber davon ausgegangen, dass die Stellwerksinformationen über den gesamten Bereich beiden RBC übermittelt werden, so dass jedes der beiden RBC im Störungsfall zur Steuerung des gesamten Tunnelbereiches in der Lage wäre.

Abbildung 43 RBC-Bereiche im GBT (2 x Einspur)



Für die beiden Doppelspurtunnel kann von einer einfachen RBC-Konfiguration ausgegangen werden, da hier die Verfügbarkeitsanforderungen geringer sind als beim Gotthard-Basistunnel.

Abbildung 44 RBC-Bereiche im Doppelspurtunnel



In jedem RBC-Bereich herrscht konsequent Wechselbetrieb (banalisert). Es muss mit mindestens einem Ortungspunkt (Balise) pro km Gleis gerechnet werden. Ein Ortungspunkt kann in beiden Fahrrichtungen ausgenutzt werden. Damit ergeben sich etwas gleich viele Ortungspunkte wie Zugfahrstrassen (Signalabschnitte 1 - 2 km).

B.4.2.1.5 Leittechnik (LT)

Konzept Leitstelle ATG

Die „Leitstelle" (Fernsteuerzentrum im heutigen Sinne) AlpTransit übernimmt neben den rein operativen und teilweise dispositiven Aufgaben (Zuglauf-Optimierung, Kurzfristplanung) des eigentlichen Bahnbetriebes auch das Notfall-, Störungs- und Instandhaltungsmanagement. So muss es beispielsweise möglich sein, bei einer abrupten Schliessung einer Tunnelröhre automatisch auf gewisse vorprogrammierte Notfallszenarien (im Fall vom Stellwerk z.B. Umwegfahrten) umzuschalten. Andere Bereiche sind beispielsweise Überwachung der Bahnstromversorgung, Beleuchtung, Ventilation, Zugkontrolleinrichtungen sowie Organisation von Bau-,

Instandhaltungs- und Rettungsdiensten. Die entsprechenden Bereiche müssen im Rahmen des Bauprojektes bzw. der Submission in die Erarbeitung des technisch betrieblichen Konzeptes eingebunden werden (z.B. EA/BS, FI-Spannungsfernmeldung über FSS).

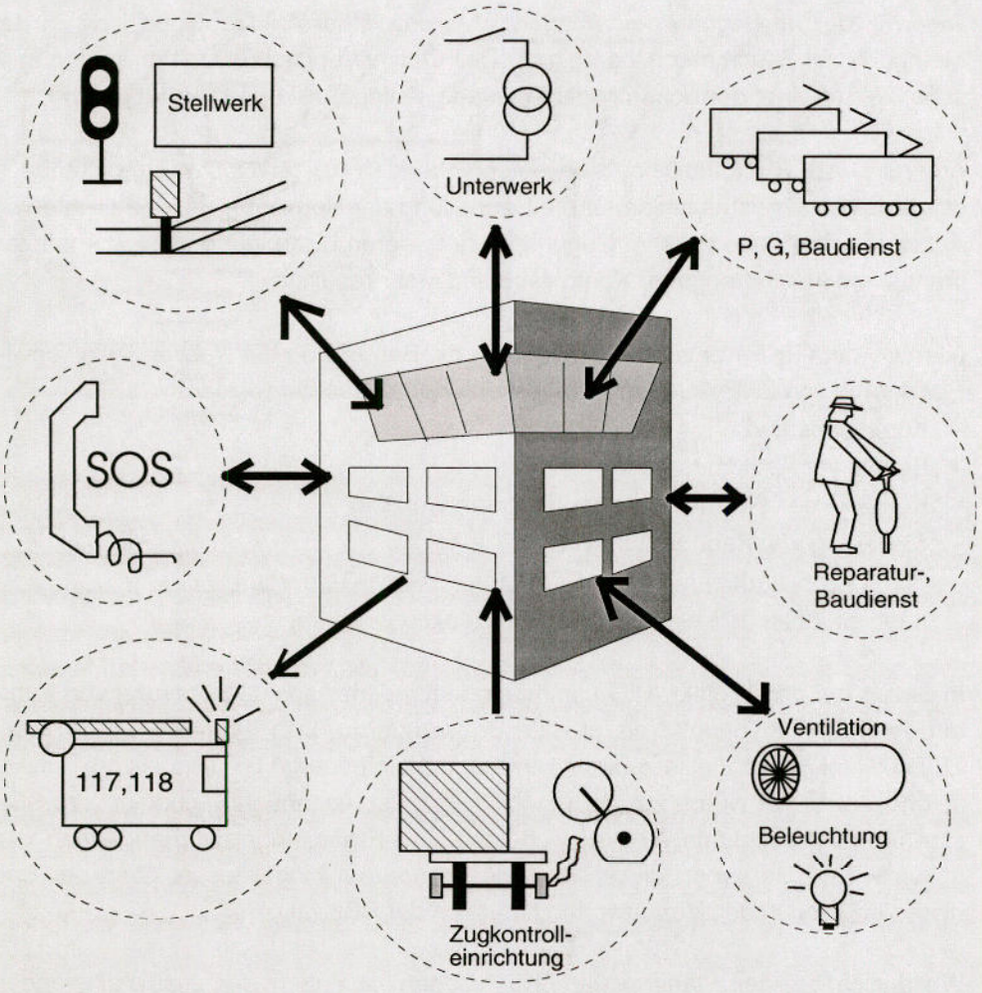


Abbildung 45 Wechselwirkung der verschiedenen Bereiche mit dem Fernsteuerzentrum

B.4.2.1.6 Permanente Warnanlage (PWA)

Verzicht auf PWA dank Totalsperren

In den ATG-Tunnels sind aufgrund des Erhaltungskonzeptes konsequent keine permanenten Warnanlagen vorgesehen (Prinzip der Totalsperre während dem Unterhalt).

Die Problematik der Bauzugbewegungen im gesperrten Abschnitt muss in der künftigen Planung noch eingehend untersucht werden (mobile Warnanlagen). Konsequenzen für den Rohbau sind dabei nicht zu erwarten.

B.4.2.1.7 Zugkontrolleinrichtungen (ZKE)

Heutige ZKE-Konzepte

Seit dem ATG-Vorprojekt 1994 haben nicht nur die Randbedingungen hinsichtlich der Streckenführung von ATG wesentlich geändert (Etappierung), sondern auch das ZKE-Konzept selbst wurde weiterentwickelt und optimiert. Kurz nach der Fertigstellung des ATG-Vorprojektes wurde zuerst das ZKE-Konzept 95, zwei Jahre später dann das ZKE-Konzept 97 ausgearbeitet und vom Verwaltungsrat der SBB

genehmigt. Aufgrund der zu unterschiedlichen Planungshorizonte wurden die Neubaustrecken von ATG bisher von den ZKE-Konzepten 95 und 97 bewusst nicht berücksichtigt.

ZKE-Konzeptänderungen seit Vorprojekt 94

Die wesentlichsten Änderungen des ZKE-Konzeptes seit dem ATG-Vorprojekt 94 liegen in der Festlegung der Anlagendichte sowie der Anlagentypen bzw. in der Methodik zur Bestimmung derselben. Der Optimierungsprozess hat in der Zwischenzeit zu einer deutlichen Minimierung der Anlagenzahl und Vielfalt geführt.

Aufgrund von Risikoanalysen und entsprechenden Kosten/Nutzen-Betrachtungen wurden neue Gesichtspunkte für die Beurteilung der Notwendigkeit und Dichte von Anlagen definiert, so dass im Gegensatz zu früheren Überlegungen bzw. Ansätzen im Ausland kein homogener Kontrollabstand mehr resultiert.

ZKE-Konzept 97 unter Berücksichtigung ATG

Gemäss dem ZKE-Konzept 97 müssen für die Beurteilung der Notwendigkeit sowie Platzierung von ZKE-Anlagen folgende Kriterien betrachtet werden:

- Kontrollabstand
- Schutz vor Agglomerationen
- Kontrolle des Rollmaterials nach starken Gefällen
- Sicherung von Fahrten durch lange Tunnels
- Schutz von stark befahrenen Güterstrecken (mit Gefahrgut)
- Interventionsmöglichkeiten (optimale Reaktion Betrieb)

Sicherung von Fahrten durch lange Tunnels

In Bezug auf das Projekt ATG kommt eindeutig dem Aspekt "Sicherung von Fahrten durch lange Tunnels" die grösste Bedeutung zu. Das gegenwärtige Konzept ZKE 97 kann diese Zielsetzung im Hinblick auf die neuen ATG-Tunnels nur teilweise erfüllen. Daher wurde zusammen mit dem entsprechenden Fachdienst der SBB eine Planung der durch ATG notwendigen ZKE-Ergänzungen vorgenommen und dokumentiert. Es sei an dieser Stelle jedoch darauf hingewiesen, dass der Bau dieser Anlagen in den Verantwortungsbereich der SBB fällt.

Interventionsplanung ZKE-Anlagen

Wesentlich bei der Planung der ZKE-Anlagen ist neben der zu installierenden Technik auch die Planung der Interventionsmassnahmen. Darunter versteht man die betrieblich notwendigen Massnahmen, wenn eine ZKE-Anlage angesprochen hat. In einem solchen Fall müssen die betroffenen Züge über geeignete Massnahmen gestoppt bzw. auf ein dafür vorgesehenes Kontrollgleis gefahren werden. Es wird davon ausgegangen, dass die Planung und Realisierung der Interventionsmassnahmen ausserhalb der ATG-Strecken durch die Stammorganisation erfolgt.

B.4.2.2 Technik (für Kostenberechnung)

B.4.2.2.1 Stellwerk (Stw)

Heutige Stellwerktypen

Für die Projektierung wird immer noch von einem bei den SBB eingeführten elektronischen Stellwerk ausgegangen (SIMIS oder ELEKTRA). Die Plazierung der Stellwerke wird von verschiedenen Kriterien bestimmt:

- Anforderung an die Gesamtverfügbarkeit der Anlage
- Stelldistanzen

- Vorhandensein eines klimatisierten Raumes
- Erreichbarkeit der Anlage

Stellwerk Sedrun

Die Stellwerk-Innenanlagen Sedrun werden in Containern aufgebaut. Dadurch kann die ganze Stellwerk-Innenanlagenprüfung ausserhalb des Tunnels durchgeführt werden. Der spätere Ersatz des Stellwerks am Ende seiner Lebensdauer wird ebenfalls vereinfacht. Die Stellwerke werden gegenüber konventionellen Anlagen konsequent ohne ortsfeste Signale für Zugfahrten gebaut.

Abbildung 46 Container-Lösung für Stellwerke Sedrun



Die Stellwerke Sedrun werden in separaten Containern untergebracht und vormontiert und geprüft in den Tunnel eingebracht

B.4.2.2.2 Weichenantriebe, Zwergsignale, Weichenheizungen

Zwergsignale

Für die Kostenberechnung wurde davon ausgegangen, dass die Weichen in den Überholgleisanlagen sowie bei den Spurwechseln im Tunnel mit Zwergsignalen ausgerüstet sind. Diese Annahme wird aber bei der weiteren Planung nochmals überprüft werden.

Weichen und Weichendiagnose

Weichen im Hauptgleis (vmax>160 km/h) werden mit beweglichem Herzstück ausgerüstet (zwei Antriebe pro Weiche). Es wird davon ausgegangen, dass alle Weichen im Hauptgleis mit einem Weichendiagnose-System (WDS) ausgerüstet sind. Die genauen Schnittstellen dieses Systems wurden bis jetzt noch nicht näher untersucht.

Weichenheizungen

Für die Auflageprojekte wurde (im Gegensatz zum Vorprojekt 1994) von Gasheizungen ausgegangen, da diese bezüglich der Plangenehmigung kritischer sind und man sich damit möglichst grossen Handlungsspielraum offen behalten will. Die Bearbeitung erfolgte daher vom Fachprojektleiter Fahrbahn. Kostenmässig erfolgt die Berücksichtigung der Weichenheizung allerdings immer noch bei SA auf der Basis elekrischer Heizungen. Der Entscheid Gas/elektrisch erfolgt im Rahmen des Bauprojektes aufgrund vordefinierter Kriterien.

B.4.2.2.3 Gleisfreimeldung (GFM)

Verdoppelte Achszählanlage

Da heute bei den SBB kein redundantes Achszählersystem eingeführt ist, wird von einer verdoppelten Achszählanlage ausgegangen. Dies bedeutet, dass für jeden Abschnitt zwei voneinander unabhängige Achszähler vorgesehen sind. Diese Lö-

sung ist zwar technisch möglich, wäre jedoch kaum sinnvoll da zu aufwendig und soll daher nur als Gedankenmodell betrachtet werden, bis ein entsprechendes System bei den SBB eingeführt ist. BT-SA beabsichtigt im Jahre 1999 eine Ausschreibung für ein neues Gleisfreimeldesystem, bei welchem die Bedürfnisse ATG einfliessen werden. Für die Speisung der streckenseitigen Achszählpunkte wird in den Tunnels von einer lokalen Stromversorgung ausgegangen (Speisung ab 230V USV Netz mit entsprechenden örtlichen Speisegeräten). Für die Datenübertragung von den Achszählpunkten zu den Stellwerken wird von Kupfer-Stichleitungen zum Stellwerk ausgegangen.

B.4.2.2.4 Führerstandsignalisierung (FSS)

Architektur wie Pilotstrecke FSS

Für die ATG-Strecken wird für die Planung vorderhand von der gleichen Architektur wie auf der geplanten Pilotstrecke Zofingen - Sempach der SBB ausgegangen. Die Fernsteuerung der ganzen Anlage erfolgt über konventionelle Stellwerke und Leittechnik. Die Daten für das FSS werden lokal bei den Stellwerken über eine sogenannte Schnittstellenanpassung (SAp) ausgekoppelt und via SBB-Übertragungsnetz zur FSS-Streckenzentrale (RBC: Radio Block Centre) transferiert. Für jedes im RBC-Bereich liegende Stellwerk wird eine Schnittstellenanpassung benötigt. Ebenso ist im Übergangsbereich zur optischen Signalisierung für die Früherfassung eine Schnittstellenanpassung vorgesehen. Im Fernsteuerzentrum selbst befindet sich auch eine Bedienkonsole des RBC für den Fahrdienstleiter (sogenanntes User-MMI), an welchem z.B. Langsamfahrstellen eingegeben werden können. Daneben besitzt das RBC natürlich die entsprechenden Anschlüsse an das GSM-Netz für die Kommunikation mit den Zügen. Das RBC wird wie auch die Stellwerke ab einer unterbruchsfreien Stromversorgung gespiesen.

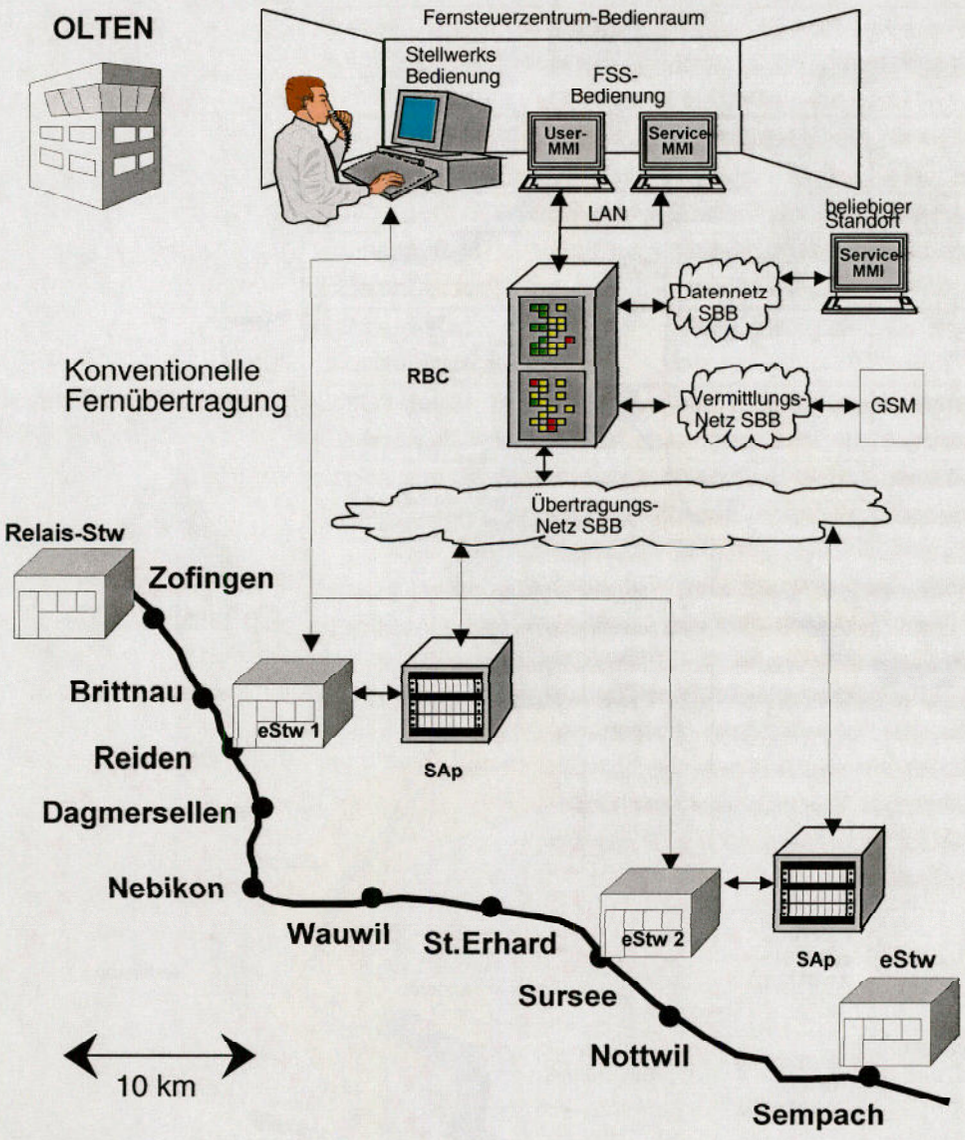


Abbildung 47 Technik auf der Pilotstrecke der SBB für FSS zwischen Sempach und Zofingen

B.4.2.2.5 Leittechnik (LT)

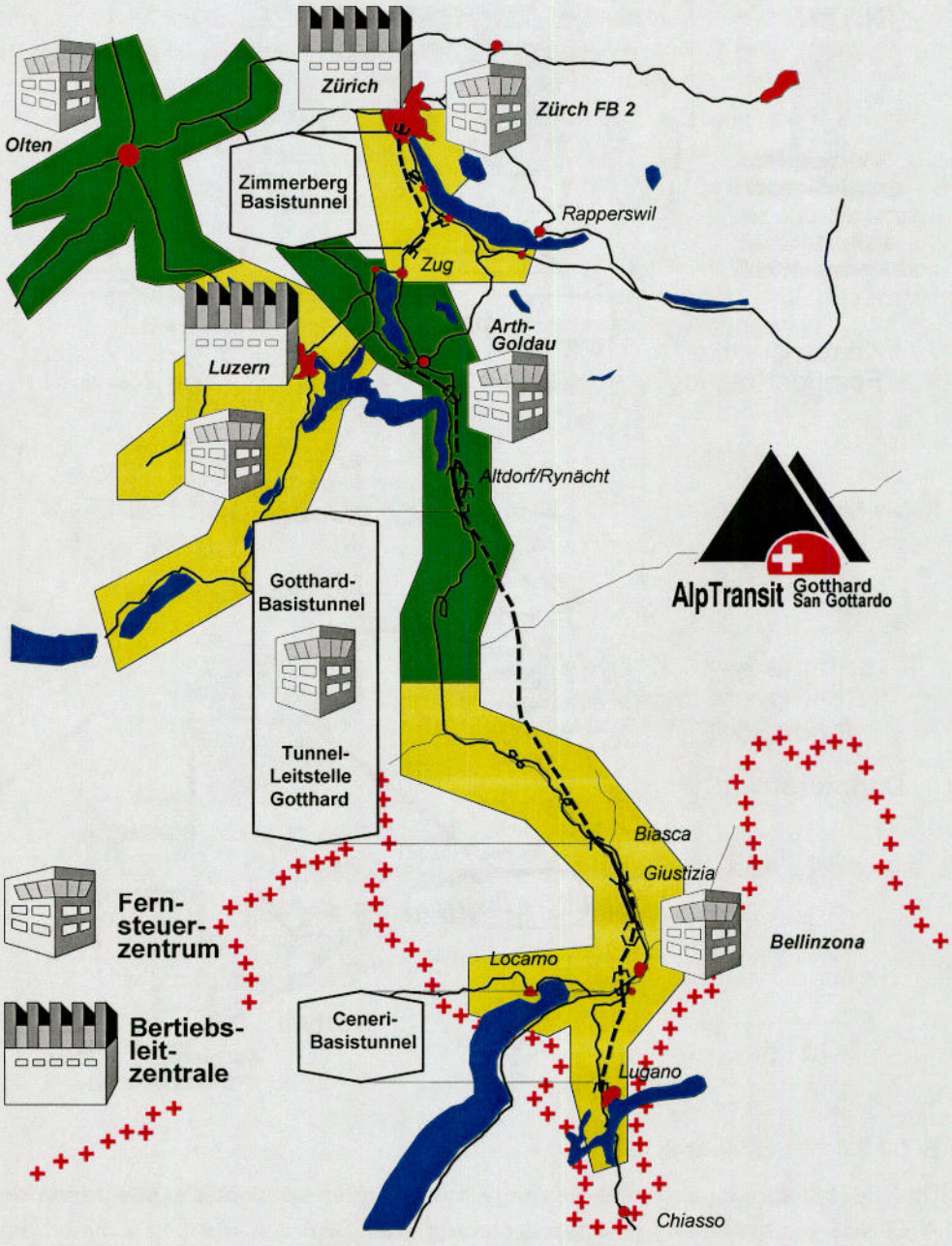
Betriebführung Zimmerbergtunnel

Das Betriebsführungskonzept für den Zimmerbergtunnel sieht die Integration der ATG-NBS ins bestehende Fernsteuerzentrum der SBB vor. Für den Zimmerbergtunnel ist dies der Fernbereich 2 von Zürich. Für diesen Anwendungsfall muss das ATG-Streckenstellwerk von der dort vorhandenen Leittechnik bedient werden können. Technisch entspricht diese Schnittstelle der heutigen Fernübertragung (FU).

Betriebsführung Gotthard und Ceneri

Für die operative Betriebsführung des Gotthard-Basistunnels wird derzeit von einer neuen Leitstelle (Fernsteuerzentrum im heutigen Sinne inkl. Fahrleitungs-Spannungsfernmeldung) ausgegangen, einer sogenannten „Tunnelleitstelle Gotthard". Die Betriebsführung des Ceneri-Basistunnel ist derzeit noch Gegenstand von detaillierten Untersuchungen. In Frage kommt nach heutigen Erkenntnissen eine Integration in das Fernsteuerzentrum Bellinzona oder aber ebenfalls in die Tunnelleitstelle Gotthard.

Abbildung 48
Aktuelles Fernsteuerkonzept der SBB im Bereich der ATG-Strecken (Die Farben gelb und grün haben keine besondere Bedeutung)



Für die Kostenberechnung wird von der heutigen Technik ausgegangen (System ILTIS von Siemens), wobei für den GBT die gesamte Technik doppelt vorgesehen ist. Der Grund dafür liegt darin, dass bis heute noch nicht klar ist, ob für den GBT aus Verfügbarkeits bzw. Sicherheitsgründen zwei separate und unabhängige Tunnelleitstellen notwendig sein werden.

Es muss an dieser Stelle darauf hingewiesen werden, dass der Standort der neuen Tunnelleitstelle(n) Gotthard bis jetzt noch nicht festgelegt wurde. Für die entsprechenden Hochbauten existieren demnach auch noch keine konkreten Projektunterlagen.

Durch die Anbindung der ATG-Strecke Zimmerberg Teil 2 an den Fernsteuerbereich 2 Zürich resultiert eine Aufteilung der gesamten ATG-NBS auf zwei verschiedene Betriebsleitzentralen (BLZ Zürich für Zimmerberg, BLZ Luzern für Gotthard und Ceneri). Dies ist aus Projektsicht nicht unbedingt ideal, kann jedoch aufgrund der geographischen Situation infolge der Etappierung nicht anders gelöst werden. Eine Zuscheidung des Zimmerberg Teil 2 zur BLZ Luzern würde technisch und betrieblich wenig Sinn machen.

B.4.2.2.6 Stromversorgung (USV)

Übergeordnetes USV-Konzept

Da von den verschiedenen Diensten auf der ganzen Länge der Tunnels elektrische Energie benötigt wird, wird diese übergeordnet, als Teil der elektrischen Anlagen (EA), in den geforderten Qualitäten aufbereitet und zur Verfügung gestellt. Für die SA-Anlagen bedeutet dies:

- Die Stromversorgung fängt erst nach der gesicherten Sammelschiene an.
- Mit diesem Stromversorgungskonzept resultiert eine Vereinfachung der SA-Kabelanlagen, da für die Achszähler nicht spezielle Speiseleitungen via Stellwerk ans Gleis vorgesehen werden müssen.

Da der grösste Teil der NBS aus Tunnels besteht und auch alle Bahntechnik Gebäude in unmittelbarer Nähe dieser Tunnels vorgesehen sind (Portalbereich bzw. Zugangsstollen), werden auch die Anlagen ausserhalb des Tunnels mit diesem Stromversorgungsgkonzept bedient.
Demnach wird in allen technischen Nischen der Tunnels sowie in den Bt-Gebäuden von einer USV-Versorgung (1. Priorität) ausgegangen.

B.4.2.2.7 Zugkontrolleinrichtungen (ZKE)

Erweiterung des ZKE 97-Konzeptes

Das ZKE-Konzept 97 sieht in seinem Endausbau insgesamt 42 Anlagen vor. Etliche davon sind auch im Perimeterbereich von ATG vorzufinden, nicht alle haben aber auch eine für ATG relevante Wirkung. Die Zielsetzung "Sicherung von Fahrten durch lange Tunnels" führt dazu, dass Zimmerberg- Gotthard- und Ceneri-Basistunnel in ihren Zuläufen je mit einer Heissläufer- und Festbremsortungsanlage, welche auf beiden Gleisen und in den meisten Fällen in beiden Richtungen wirkt, ausgerüstet werden muss. Zusätzlich ist im Hinblick auf den durch ATG zunehmenden grenzüberschreitenden Verkehr vorderhand eine Radlastwaage zwischen Chiasso und Lugano vorzusehen, für den Fall, dass sich keine kombinierte Lösung zusammen mit der FS (welche in diesem Raum ebenfalls stark ZKE ausbaut) finden lässt.

Tabelle 10 ZKE-Anlagen für ATG

Sicherung von Fahrten durch lange Tunnels im Zulauf....	**ZKE Konzept 97**	**Berücksichtigung durch ATG (Heissläufer/Festbrems.)**
Zimmerberg Nord (Zch HB)	Wiedikon	nein (da bereits vorhanden und für ATG genügend)
Zimmerberg Süd (Zug/Litti)	nein	neue Anlage vorsehen
Gotthard Nord (Flüelen/Altdorf)	Flüelen, eingleisig	als Ergänzung vorzusehen
Gotthard Süd (Biasca/Giustizia)	Claro, zweigleisig	als Ergänzung vorzusehen
Ceneri Nord (Giubiasco/Camorino)	nein	kann mit Gotthard Süd kombiniert werden
Ceneri Süd (Melide/Lugano)	nein	neue Anlage vorsehen
Grenzübertritt Chiasso	nein	Radlastwaage vorzusehen

Es wird davon ausgegangen, dass die Planung und Realisierung der Interventionsmassnahmen ausserhalb der ATG-Strecken durch die Stammorganisation erfolgt (Integration der Technik in bestehende Fernsteuerzentren). Für den GBT sind derzeit je ein Kontrollgleis in Altdorf sowie in Biasca vorgesehen.

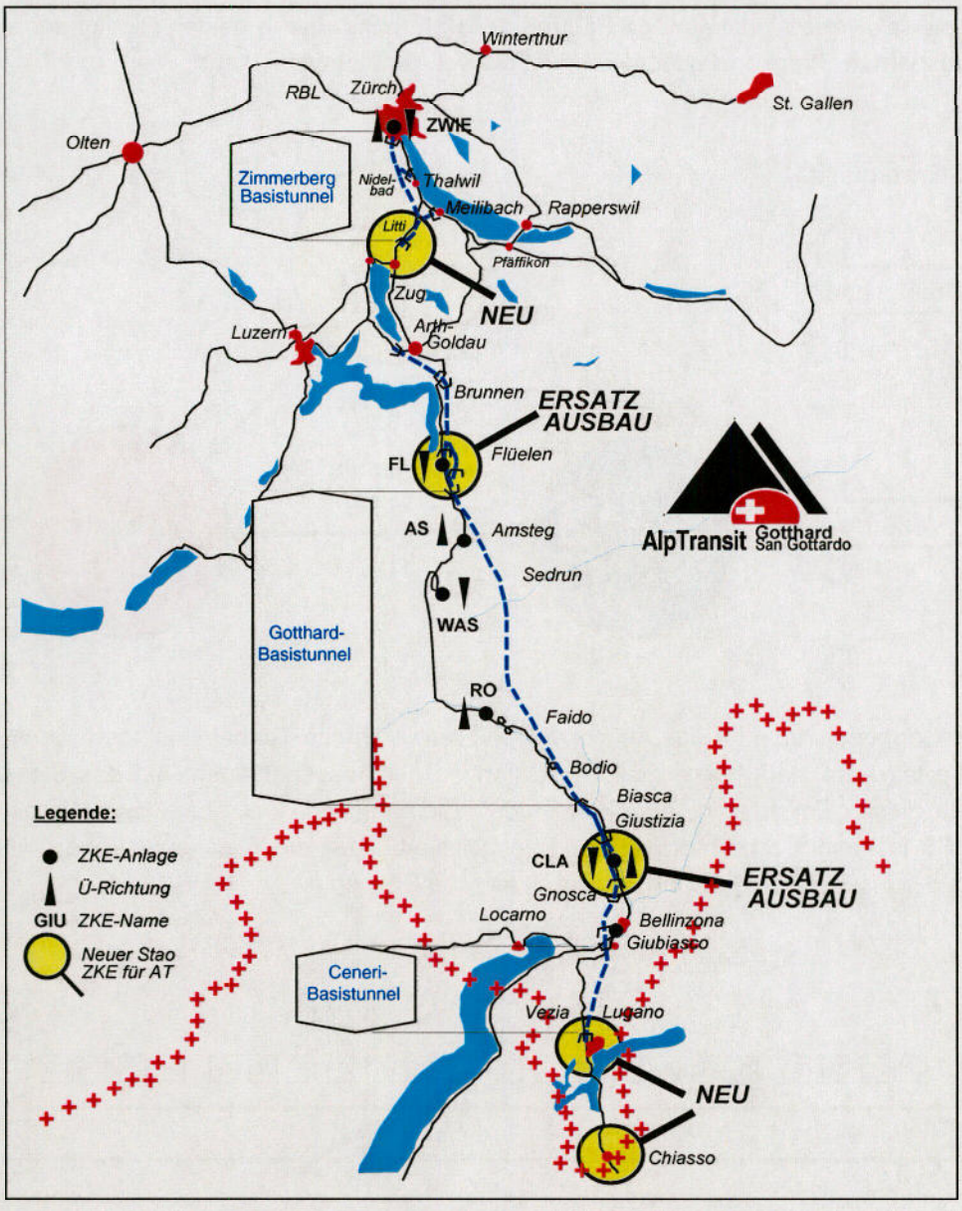


Abbildung 49
Konzept Zugkontrolleinrichtungen ZKE 1997 plus die durch ATG notwendigen Ergänzungen

B.4.2.3 Rückfallebenen (Risikopunkte)

Die kritischen SA-Elemente stellen nach wie vor das Stellwerk und das FSS dar:

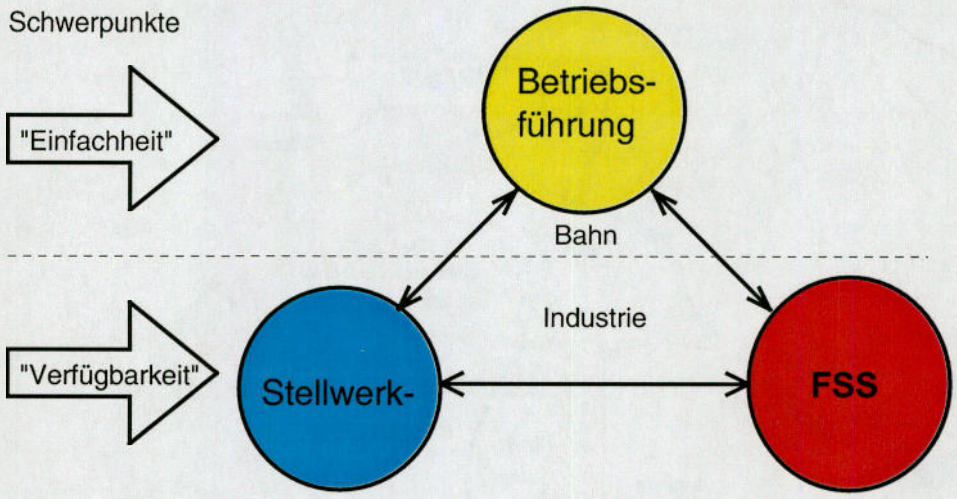
B.4.2.3.1 Weiteres Vorgehen bezüglich Stellwerk-Konzept

Bedürfnis neues Stellwerkkonzept

Das Stellwerk ist als kritischer Aspekt aus einer Risikoanalyse des Vorprojekts hervorgegangen. Die heutigen Stellwerke sind für komplexe Bahnhofanlagen konzipiert. Dieses Konzept ist für eine Strecke wie ATG nicht das am besten geeignete System. Viele enthaltene Funktionen werden nicht benutzt, womit der Grundaufwand zu gross wird. Dies trifft inbesondere bei vollständigem Ersatz der ortsfesten Signale zu. Für die neuen Strecken von ATG (sowie eventuell Bahn 2000) sollte ein Streckenstellwerk entwickelt werden, um eine bessere Wirtschaftlichkeit zu erreichen. Die Anforderungen an ein solches neues Streckenstellwerk wurden ATG in einem technisch betrieblichen Pflichtenheft [SA.F] zusammengefasst und werden u.a. als Grundlage für das Bauprojekt bzw. die Submission dienen.

Das neue Stellwerk muss andererseits neue Funktionalitäten aufweisen, welche beispielsweise signalmässige Fahrten der Unterhaltszüge in beiden Richtungen in gesperrten Streckenabschnitten erlauben (vgl. Erhaltungskonzept).

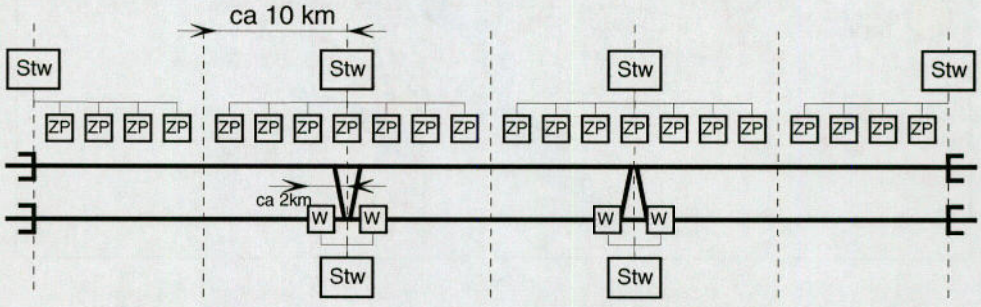
Abbildung 50 Integration von Stellwerk und FSS in die Betriebsführung



Spezielle Randbedingungen im Tunnel

Randbedingungen für das Aufstellen von Stellwerken im Tunnel sind nach wie vor die teilweise stark begrenzten Stelldistanzen der Aussenanlagen. Auf das Signal als diesbezüglich stark einschränkendes Element kann mit dem vorgesehenen FSS inskünftig verzichtet werden. Dennoch verbleiben die Weichenantriebe (WA) und Achszähler (Az) als diesbezüglich kitische Elemente.

Abbildung 51 Heutiges Stw-Konzept aufgrund der Stelldistanzen



Überprüfung anderer Lösungen

Im Rahmen eines Gutachtens aufgrund des von ATG erstellten technisch betrieblichen Pflichtenheftes für ein Streckenstellwerk [SA.F] sollen durch potentielle Stellwerklieferanten neue Lösungskonzepte aufgezeigt und in bezug auf die Eignung für ATG-Strecken geprüft werden. Die Studie soll die folgenden Fragen beantworten:

- Gibt es Stellwerksysteme, welche die technischen und betrieblichen Anforderungen von Alptransit-Tunnels erfüllen?
- Sind solche Systeme schon erprobt und eingeführt oder müssen sie ganz oder teilweise entwickelt werden? (Zeitbedarf für Einführung)
- Liegen die Kosten für solche Systeme innerhalb der im VP 94 veranschlagten Beträge?

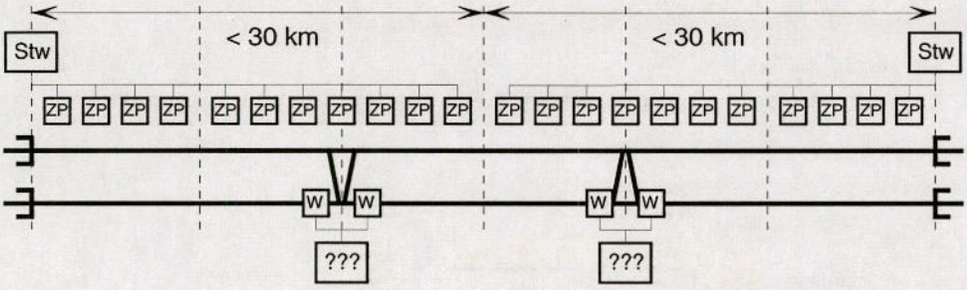


Abbildung 52 Angestrebtes Stw-Konzept, alle Stw ausserhalb des Tunnels

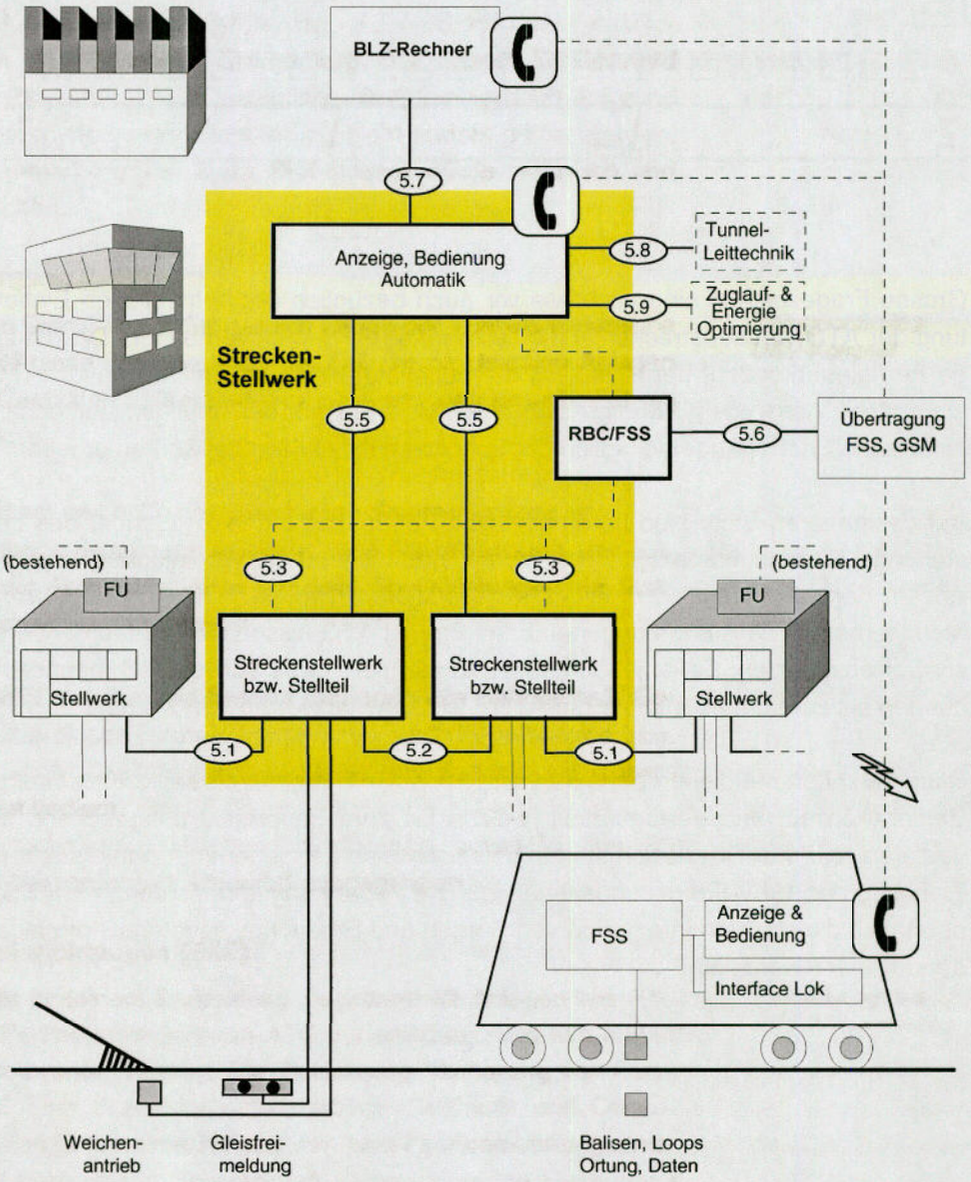
Fernsteuerkonzept „Leitstelle ATG"

Grosse Fragezeichen sind nach wie vor auch bezüglich der betrieblichen Einbettung der ATG-Neubaustrecken in die bestehende SBB-Welt vorhanden. Das heutige Fernsteuerkonzept berücksichtigt die neue etappierte Linienführung von ATG noch nicht. Ausserdem könnten sich durch den Einsatz der heutigen Leittechnik technische Sachzwänge bezüglich der Schnittstellen zu den Stellwerken ergeben.

Auf der anderen Seite sind heute seitens SBB Bestrebungen im Gange, das bestehende Fernsteuerkonzept noch einmal grundlegend zu vereinfachen und die Anzahl Fernsteuerzentren drastisch zu reduzieren (Projekt TOM: Top Operating Management). Die Auswirkungen auf das Projekt ATG lassen sich im Moment erst schwer abschätzen. Es ist jedoch damit zu rechnen, dass sich die Rahmenbedingungen bis zur Inbetriebnahme der ATG-Strecken stark verändern werden.

Stark verknüpft mit diesen Aspekten sind auch die Themenkreise Betriebsführung, Betriebskonzept und Verfügbarkeit, welche bis zum Bauprojekt entsprechend zu vertiefen sind. Zur Diskussion stehen beispielsweise der gegenüber heute stärkere Einbezug der 15kV-Fahrleitungsverteilung (z.B. Spannungsfernmeldung via FSS), aber auch die stärkere Integration von Betrieb und Erhaltungsdiensten (Störmeldesysteme- und Konzepte).

Abbildung 53 Einbettung des Streckenstellwerkes in die SBB-Umgebung



B.4.2.3.2 Weiteres Vorgehen bezüglich Führerstandssignalisierung

Mitarbeit von ATG im Pilotprojekt FSS

Die Führerstandsignalisierung ist als Entwicklungsprojekt am weitesten vorangeschritten. Seit März 1998 wurden die Arbeiten für die Entwicklung und Einführung des Systems auf der Pilotstrecke Zofingen-Sempach in Angriff genommen. An diesen Arbeiten ist auch ATG beteiligt. Das Interesse von ATG am Pilotprojekt konzentriert sich einerseits auf eine direkte Informationsbeschaffung für die laufende Projektierung, andererseits auf die NBS-gerechte, d.h. insbesonders schlanke Umsetzung und Abstimmung zwischen Betrieb und Technik.

Zeitreserven ATG grösser als B2000

Der aktuelle Terminplan gewährleistet, dass zwischen der Inbetriebnahme der Pilotstrecke FSS und der Submission Bahntechnik von AlpTransit noch mindestens ein Jahr liegt. Damit können auch im Falle von Terminverschiebungen noch genügend Betriebserfahrungen gesammelt werden, welche anschliessend in Form von Systemverbesserungen in die Submission der bahntechnischen Anlagen einfliessen können.

B.4.3 Telekommunikation (TC)

B.4.3.1 Konzepte, Grundsätze, Festlegungen

Der gegenwärtige Stand der Planung der Telekommunikationsanlagen deckt nur die bahntechnischen bzw. bahnbetrieblichen Bedürfnisse ab. Insbesondere ist zurzeit auch keine Erschliessung der Tunnels für private bzw. öffentliche Mobilteilnehmer (Natel) vorgesehen und die Übertragungsleitungen durch den Tunnel dienen rein SBB-internen Zwecken.

B.4.3.1.1 Übertragung (U)

DIFONET System

Das analoge Übertragungsnetz der SBB, bestehend aus Kupfermeldekabel und Trägerfrequenzsystemen, wird seit 1986 durch ein digitales Übertragungssystem abgelöst. Das DIFONET (Digitales faseroptisches Übertragungsnetz) besteht im wesentlichen aus dem flächendeckenden, anwendungsneutralen und transparenten Übertragungsnetz zur Übertragung von n x 2 MBps oder grösser über Lichtwellenleiter sowie dem Netzzugriff (* 2 MBps) als Bindeglied zwischen den Anwenderstromkreisen (ISDN, DataRail, Stw, Funk usw.) und dem Übertragungsnetz [TC.B].

Vorteile des DIFONET

Die optische Signalübertragung bietet wegen ihrer Immunität gegenüber elektromagnetischen Störungen ideale Voraussetzungen zum Bau eines qualitativ hochwertigen Übertragungsnetzes für Bahnen mit elektrischer Traktion. Weiter Vorteile liegen in der grossen Bandbreite sowie der geringen Dämpfung, welche wirtschaftliche Lösungen ermöglichen. Das DIFONET ist bezüglich der Kommunikationsart transparent, hat zum Anschluss von Benutzern sowie von anderen Netzen anderer Bahnen sowie der PTT, nach CCITT genormte Schnittstellen, und bietet jedem Benutzer die gewünschte Anzahl von Anschlüssen bzw. Kommunikationskanälen an [TC.D].

Veränderungen gegenüber dem Vorprojekt: KEINE.

B.4.3.1.2 Vermittlung (V)

ISDN

ISDN (Integrated Services Digital Network) ist ein Kommunikationssystem für die Sprach- und Datenübertragung mit einer Übertragungsrate von 64 kBps pro Kanal. 1995 wurden die ersten ISDN-Zentralen in Betrieb genommen und es werden ca. 10 Jahre benötigt, bis ISDN flächendeckend vorhanden sein wird.

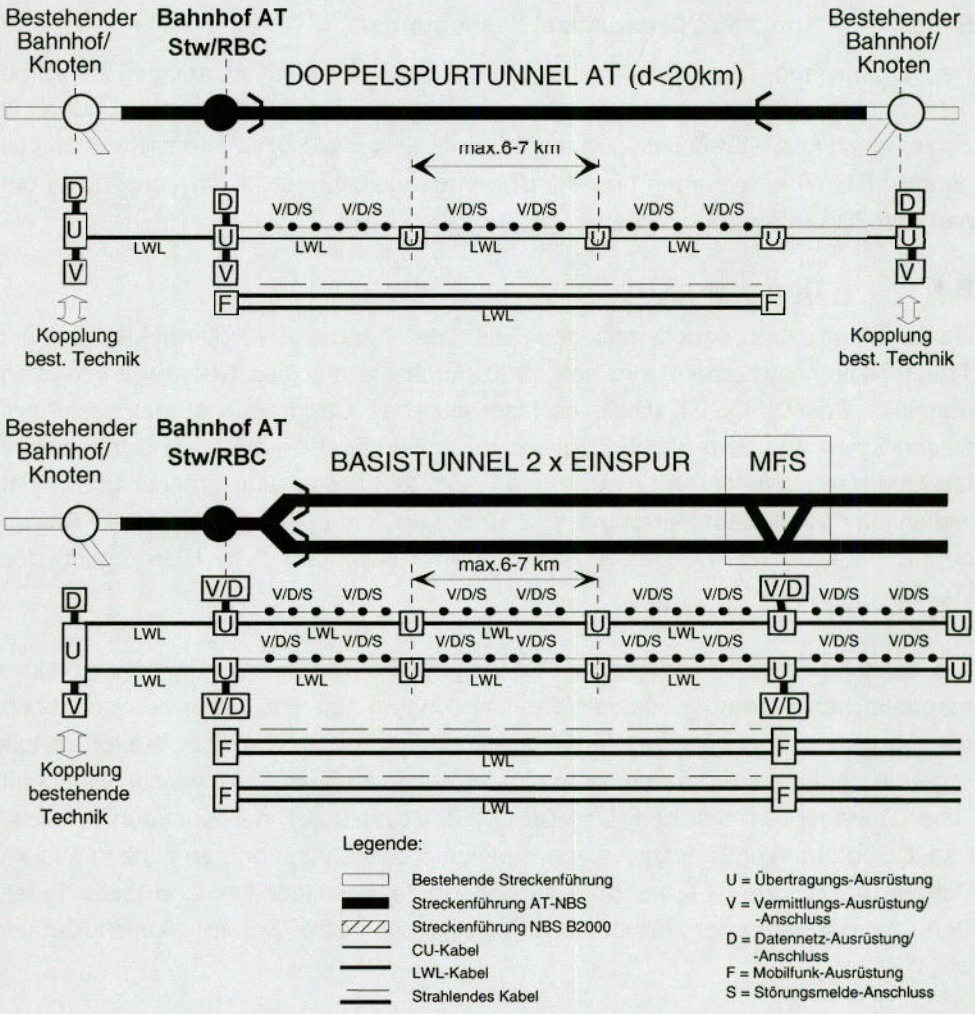
Veränderungen gegenüber dem Vorprojekt: KEINE.

B.4.3.1.3 Betriebsfernmeldeanlagen (B)

BfA (Betriebsfernmeldeanlagen) umfassen lokale Kommunikationssysteme wie Lautsprecher-, Wechselsprecher- und Telefonieanlagen mit Funkanschaltung (EL/WL-Funk). Die BfA beinhalten ebenfalls streckenbezogene Telefonieanlagen und die Funkanschaltungen.
Die Funktion der heutigen Betriebsfernmeldeanlagen wird durch die direkte Kopplung Vermittlung (ISDN) und Mobilfunk (GSM) abgedeckt werden und wird damit für ATG keine Bedeutung mehr haben.

Veränderungen gegenüber dem Vorprojekt: Wird nicht mehr betrachtet.

Abbildung 54
Grobkonzepte
Telekommunikation
ATG



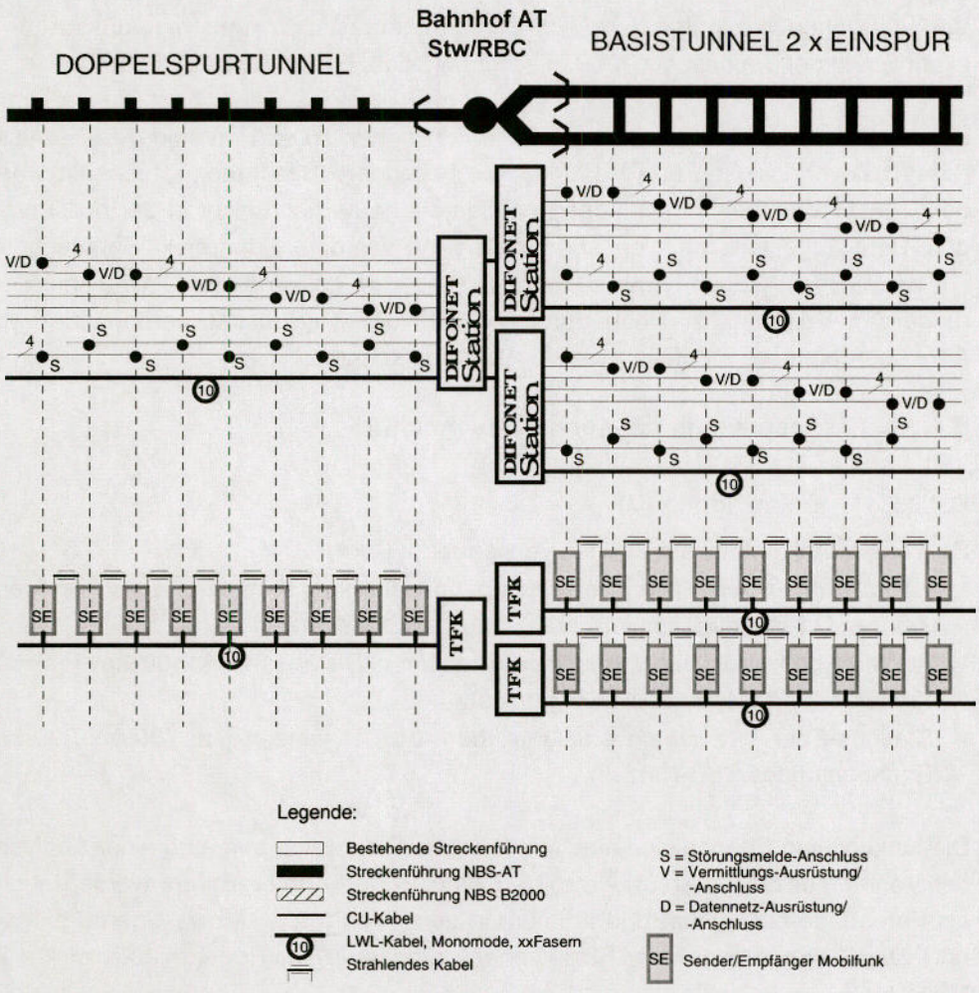


Abbildung 55
Detailkonzepte Telekommunikation ATG

B.4.3.1.4 Datennetze (D)

Datenknoten

Die Datenknoten werden unterteilt in Fern-, Regional- und Stationsknoten. Diese Geräte decken Router-, X.25- und TDM-Funktionen ab (TDM = Time Division Multiplexing). Sie werden zur Multiplexierung (Zusammenfassung) und Weiterleitung der verschiedenen Datenströme verwendet.

Modems

Es existieren Sprachband- und Basisband-Modems. Die Sprachband-Modems werden für den Fernbereich (max. 19,2 kBps) und die Basisband-Modems für den Ortsbereich (bis 2 MBps) verwendet.

Veränderungen gegenüber dem Vorprojekt: KEINE.

B.4.3.1.5 Mobilfunk (F)

Freiraum- und Tunnelfunk

Die Funkversorgung ist in eine Tunnel- und eine Freiraumversorgung unterteilt. Die Tunnelfunkversorgung umfasst nicht ausschliesslich den Tunnelbereich, sondern kann auch den angrenzenden oder den zwischen zwei Tunnels liegenden Freiraum umfassen [TC.E].

Funkdienste

Mit der Tunnelfunkversorgung und der entsprechenden Infrastruktur (Basisstationen usw.) können Dienste wie Zugfunk, Baufunk, Funk für Lösch- und Ret-

tungszug (LRZ) usw. abgedeckt werden.
Veränderungen gegenüber dem VP 94: Verstärkerabstände können gemäss aktuellem Stand der Technik auf 1000 m erhöht werden.

Da mit dem Funk künftig betriebswichtige Funktionen zu erfüllen sind (FSS), muss dessen Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit besondere Beachtung geschenkt werden. Entsprechende Betrachtungen wurden bis heute noch nicht in der notwendigen Tiefe angestellt, müssen aber spätestens vor dem Bauprojekt Bahntechnik vorliegen. Es ist jedoch damit zu rechnen, dass die notwendigen Minimalanforderungen im Rahmen der Neubauprojekte Bahn 2000 erarbeitet werden und von ATG übernommen, allenfalls angepasst werden können.

B.4.3.2 Technik (für die Kostenberechnung)

B.4.3.2.1 Übertragung (U)

Funktionale Ebenen des DIFONET

Es werden drei funktionale Ebenen verwendet:
- Hauptknoten-Ebene zur Überwindung von grossen Distanzen zwischen den Zentren (11 Hauptknoten im Endausbau des SBB-Netzes).
- Knoten-Ebene zur Überwindung von mittleren Distanzen bis 100 km (ca. 60 Knoten in Endausbau des SBB-Netzes).
- Stations-Ebenen zur Feinverteilung über kurze Distanzen (ca. 700 bis 800 im Endausbau des SBB-Netzes).

Die funktionalen Ebenen sind eine rein logische Gliederung aufgrund einer Analyse der Verkehrsbeziehungen im Netz. Hauptknoten und Knoten-Ebene werden auch als Fernebene bezeichnet und arbeiten in der Regel mit 34 Mbit/s Übertragungsrate. Die Stationsebene oder Bezirksebene arbeitet in der Regel mit bis zu 4 x 2 Mbit/s.

Technische Eigenschaften Übertragung

Besondere Ansprüche:
Temperatur: +5 - +40° C
Luftfeuchtigkeit: bis 85 % rel.

Ungefähre Abmessung:
1 - 2 19"-Gestell(e)

Benötigte Anzahl (ca.) im Basistunnel:
In jeder Multifunktionsstelle.
Evtl. vereinzelt zwischen den Multifunktionsstellen.

Entwicklung bis im Jahr 2002

Richtung SDH (Synchrone digitale Hierarchie) und ATM (Async. Transfer Mode).
Auswirkungen auf Kosten oder Rohbau sind dadurch nicht zu erwarten.

B.4.3.2.2 Vermittlung (V)

Leistungsmerkmale des ISDN

Bei gleicher Bandbreite wie im analogen Fernsprechnetz liefert ISDN eine bessere Sprachqualität durch Reduzierung der Dämpfungsverzerrungen auf ausschliesslich digitalen Übertragungsstrecken. Das Dienstprofil des ISDN umfasst die Dienste und Leistungen des analogen Fernsprechens und weitere Merkmale, die bisher aufgrund fehlender globaler Signalisierungen im öffentlichen analogen Fern-

sprechnetz nicht realisiert werden konnten. Eine Auswahl der im ISDN verfügbaren Leistungsmerkmale:

- Anzeige der Rufnummer
- Rufnummern-Identifikation
- Anklopfen
- Anrufweiterschaltung
- Sperren
- Dreierverbindungen
- usw.

Technische Eigenschaften Vermittlung

Besondere Ansprüche:
Temperatur: +18 - +25° C
Luftfeuchtigkeit: 32 - 50 % rel.

Ungefähre Abmessung:
1 19"-Gestell (90 cm)

Benötigte Anzahl (ca.) im Basistunnel:
Evtl. in jeder Multifunktionsstelle

Entwicklung bis im Jahr 2002

Die Technik wird Richtung B-ISDN (Breitband-ISDN) gehen. Bis ins Jahr 2002 werden aber keine grossen Änderungen erwartet.

B.4.3.2.3 Datennetze (D)

Technische Eigenschaften Datennetze

Besondere Ansprüche:
Temperatur: +10 - +35° C
Luftfeuchtigkeit: 35 - 80 % rel.
EMV (Modems): Schutz vor Längs- und Querspannungen auf Kabelanlagen

Ungefähre Abmessung (BxHxT):
Datenknoten:
Fernknoten: 2 19"-Gestelle
Regionalknoten: 1/2 19"-Gestell (50 x 100 x 40 cm)
Stationsknoten: 50 x 30 x 40 cm
Modems: 23 x 12 x 40 cm

Benötigte Anzahl (ca.) im Basistunnel:
Fernknoten: Keine
Regionalknoten: Evtl. in jeder Multifunktionsstelle
Stationsknoten: Evtl. vereinzelt zwischen den Multifunktionsstellen
Modems: Bei jeder Erschliessung von Datenanschlüssen zwischen den Multifunktionsstellen, wo keine Stationsknoten sind

Entwicklung bis im Jahr 2002

Die Knoten werden immer kleiner und leistungsfähiger. Da die Entwicklung im Bereich der Datennetze sehr schnell weitergeht, können heute keine genaueren Aussagen gemacht werden.

Die Modems werden teilweise durch die digitalen Übertragungssysteme ergänzt. Eine Weiterentwicklung der Modems ist kaum zu erwarten, da die technische Machbarkeit an ihre Grenzen gelangt ist.

B.4.3.2.4 Mobilfunk (F)

Aufbau Mobilfunknetz

Das Mobilfunknetz besteht aus Festfunkstationen mit Sende- und Empfangseinrichtungen Base Transceiver System (BTS) und Steuereinrichtungen Base Station Controller (BSC). Mehrere Sende und Empfangseinrichtungen können an einer Steuereinrichtung angeschlossen werden und verwaltet die Funkkanäle und schaltet diese weiter [TC.F].

Aufbau Mobilfunkvermittlung

Das Mobilvermittlungsnetz besteht aus Mobilvermittlungen Mobile Switching Center (MSC) an denen die Funknetze angeschlossen sind und Einrichtungen die den Zugang zu Festnetzen erlauben, sowei spezielle Einrichtungen die die Mobilität der Teilnehmer im Netz unterstützen. Die Mobilvermittlungen sind untereinander vernetzt.

Technische Eigenschaften Mobilfunk

Besondere Ansprüche [TC.A]:
Temperatur: -20° - +45° C
Luftfeuchtigkeit: bis 100 % rel.

Ungefähre Abmessung:
2 19"-Gestelle (alle 1300 m)
4 - 8 19"-Gestelle (alle 20 km)

Benötigte Anzahl (ca.) im Basistunnel: Alle 650 m d.h. in jedem zweiten Querschlag (theoretisch wäre alle 1000 m möglich , d.h. in jedem dritten Querschlag, es wird jedoch davon ausgegangen, dass aus übergeordneten technischen Gründen nur jeder zweite Querschlag mit Bahntechnik-Ausrüstungen bestückt wird).

Die verwendeten resp. für die Kostenberechnung zugrunde gelegten strahlenden Kabeltypen (für Tunnelfunkanlagen) sind nicht feuerhemmend.

Entwicklung bis im Jahr 2002

In Bezug auf den Tunnelfunk sind keine grossen Änderungen zu erwarten [TC.C]. Die Funktechnik wird sich in Richtung GSM weiterentwickeln. Es ist wahrscheinlich, dass sich die mit dem strahlenden Kabel überwindbaren Distanzen ohne Zwischenverstärker vergrössern werden (insbesondere bei einer Optimierung bzw. Reduktion der Bandbreite), so dass ev. beim Einbau der Bahntechnik ATG Distanzen bis 1300 m beherrschbar sind (jeder vierte Querschlag). Dies würde nicht nur zu einer Kosteneinsparung, sondern auch zu einer Steigerung der Verfügbarkeit beitragen.

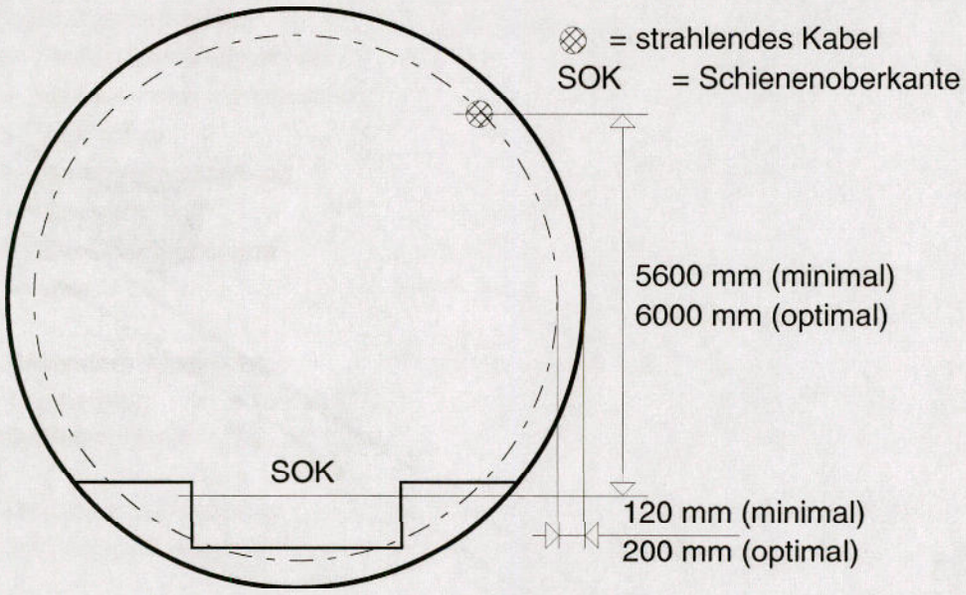
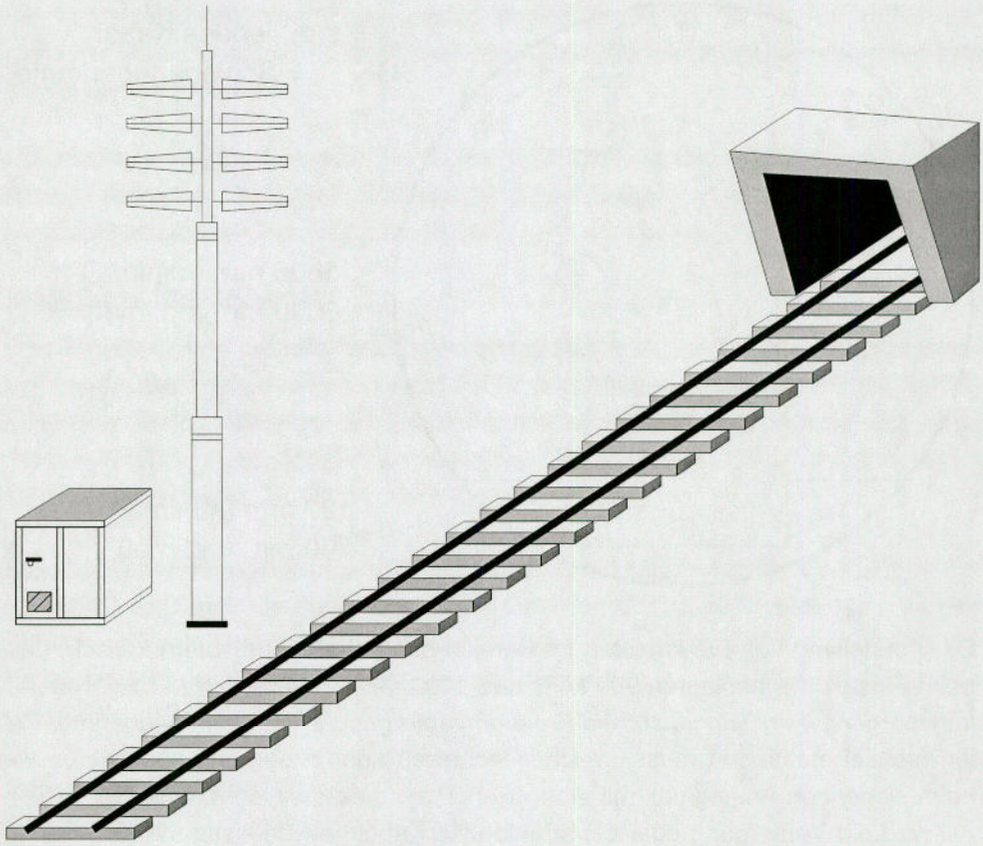


Abbildung 56 Einbau des strahlenden Kabels im Tunnel

Funkmasten im Bereich der Portale

Die Aufstellung von Funkmasten im Bereich der Portale ist insofern kritisch, dass beim Einsatz der geplanten 900 MHz und 1800 MHz Technik (GSM bzw. Natel D) im Übergang vom Tunnel auf die Freiraumversorgung immer ein sogenannter Zellenwechsel stattfinden muss, welcher technisch sehr anspruchsvoll ist (dies war beim bisherigen Analogfunk mit einer fixen Trägerfrequenz nicht der Fall). Im Tunnel wird die Versorgung über ein strahlendes Kabel gewährleistet, dessen Sendeleistung sehr begrenzt ist und ausserhalb des Portals sehr schnell abbricht. Für einen sauberen Zellenübergang aus Sicht des fahrenden Mobilteilnehmers (sogenannter Hand-Over) müssen sich die Sendesignale von einer Zelle zur anderen innerhalb einer bestimmten Wegstrecke bzw. Zeitspanne kontinuierlich ablösen, damit die Verbindung nicht abbricht oder ein Ping-Pong-Effekt auftritt. Da das strahlende Kabel wie erwähnt nur sehr beschränkt aus dem Tunnel strahlt, muss daher die Freiraumversorgung mit den Funkantennen möglichst weit und flach ins Portal strahlen. Dies bedeutet, dass der Funkmast vor dem Portal in einem möglichst flachen Winkel zur Tunnelachse und zudem nicht zu nahe am Portal stehen sollte. Ebenso sollte der Sockel des Funkmastes vertikal gesehen möglichst nahe der Schienenoberkante (SOK) platziert werden, da die maximale Sendemasthöhe nicht nur absolut, sondern auch bezüglich der Schienenoberkante vom Bundesamt begrenzt ist.

Abbildung 57 Aufstellung des Funkmastes in der Nähe von Tunnelportalen



PGV für Funkmasten kritisch

Gemäss Erfahrungen von TC ist die Platzierung eines Funkmastes im Bereich der Fahrleitungsmasten weitaus weniger kritisch als bei einem abseits der Strecke stehenden technischen Gebäude (vgl. Rynächt, Bodio), da sich der Funkmast dort meist nicht so gut (optisch) in die Landschaft integrieren lässt und entsprechende Einsprachen provoziert.

Dem gegenüber wird gemäss Erfahrungen mit PGV die Problematik der Abstände von Funkmasten von Siedlungen bzw. Häusern immer grösser, obwohl diesbezüglich keine gesetzlichen Auflagen exisitieren. Es wird daher empfohlen, diese Distanzen so gross wie möglich zu machen (idealerweise grösser als 50 m).

B.4.3.2.5 Stromversorgung (USV)

Übergeordnetes USV-Konzept

Da von den verschiedenen Diensten auf der ganzen Länge der Tunnels elektrische Energie benötigt wird, wird diese übergeordnet als Teil der elektrische Anlagen (EA) in den geforderten Qualitäten aufbereitet und zur Verfügung gestellt. Für die TC-Anlagen bedeutet dies:

- Die Stromversorgung fängt erst nach der gesicherten Sammelschiene an.
- Mit diesem Stromversorgungskonzept resultiert eine Vereinfachung der TC-Kabelanlagen.

Da der grösste Teil der NBS aus Tunnels besteht und auch alle Bahntechnik-Gebäude in unmittelbarer Nähe dieser Tunnels vorgesehen sind (Portalbereich bzw. Zugangsstollen), werden auch die Anlagen ausserhalb des Tunnels mit diesem Stromversorgungsgkonzept bedient.

Demnach wird in allen technischen Nischen der Tunnels sowie in den Bt-Gebäuden von einer USV-Versorgung (1. Priorität) ausgegangen.

B.4.3.3 Rückfallebenen (Risikopunkte)

Im Bereich TC zeichnen sich die Aspekte Tunnelfunk und TC-Bedürfnisse im Tunnel als zukünftige Entwicklungs und Konzeptschwerpunkte ab.

B.4.3.3.1 Tunnelfunk-Konzept

Kritische Punkte Tunnelfunk

Im Zusammenhang mit dem Tunnelfunk wirft das Projekt ATG einige zusätzliche Fragen auf, welche durch die bestehenden Projektierungsgrundlagen (Technische Spezifikation Tunnelfunkanlagen (TFK 90), T-Segmentstruktur, Version 2.0 vom Juni 1996), welche eigentlich nur Tunnels bis 20 km abdecken, nicht geregelt sind. Die wichtigsten, aber nicht alle offenen Fragen betreffen derzeit:

a) Distanzen zwischen TFK-KS

Distanzen Tunnelfunkanlage

Die Distanz zwischen zwei Tunnelfunk-Kopfstationen beträgt maximal 20 km, falls maximale Längen des strahlenden Kabels von 1000 m verwendet werden und die Anzahl Tunnelfunkstationen 20 beträgt (20 x 1000). Beim gegenwärtigen Konzept GBT, mit einem Abstand von 650 m zwischen bahntechnischen Nischen, erreicht man damit "nur" 13 km was zwischen zwei Multifunktionstellen eine weitere Tunnelfunk-Kopfstation (mit erhöhten klimatischen Anforderungen) bedingen würde. Selbst wenn man auf das 325 m Raster (Sicherheitsquerschläge) geht und Kabelabschnitte von 975 m macht, kann damit die Distanz zwischen der MFS Sedrun und Faido nicht überbrückt werden.

b) Trägerfrequenzen GSM auf strahlendem Kabel

Trägerfrequenzen Tunnelfunk

Die Trägerfrequenzen bzw. Anzahl Träger auf strahlendem Kabel im Tunnel sind technisch begrenzt. Aneinanderstossende Kopfstationen sollten mit anderen Trägern ausgestattet werden, damit die Anzahl Teilnehmer in einem Bereich nicht unzulässig begrenzt wird. Die technische Lösung dazu wurde bis heute noch nicht umgesetzt, muss aber für den Basistunnel diskutiert, erprobt und realisiert werden. Entsprechende Entwicklungen sind zusammen mit TC anzustossen.

c) Klimatische Anforderungen im Tunnel

Klimaanforderungen Tunnelfunk

Gemäss aktuellem Konzept müssten im GBT neben den Räumen der Mutifunktionsstellen auch einzelne technischen Nischen klimatisiert werden, da dort zusätzliche Übertragungseinrichtungen nötig sind, welche dem erwarteten Tunnelklima nicht genügen. Solche zusätzlichen klimatisierten Nischen sind grundsätzlich unerwünscht. Daher muss die Notwendigkeit dieser Übertragungseinrichtungen in der künftigen Planung nochmals hinterfragt bzw. nach Alternativlösungen gesucht werden.

B.4.3.3.2 Allgemeine Bedürfnisanalyse für TC-Systeme im Tunnel

Telecom-Bedürfnisse entlang der Strecke

Die genauen Telecom-Bedürfnisse im Tunnel sind noch nicht abschliessend definiert. Dies hat dazu geführt hat, dass bis jetzt tendenziell eher zu viele Möglichkeiten und Optionen offen gehalten wurden (Bsp. braucht es Daten- und Vermittlungsanschlüsse in den technischen Nischen?).

Nicht-Bahntechnik-Besteller fehlen

Zu den "sicheren" Bestellern von Telecomanlagen gehören bis jetzt vor allem rein bahntechnische Dienste, einerseits SA für die Fernsteuerung von Stellwerken und FSS sowie EA für Fernsteuerung und Überwachung von Schaltposten bzw. Spannungsfernmeldung, andererseits aber Betrieb und Erhaltung für den Sprechfunkverkehr. Was zu diesen Telecom-Anforderungen für zusätzliche Bedürfnisse noch dazukommen, ist momentan schwierig abzuschätzen. Konkrete Bedürfnisse aus den Bereichen Rettung, Betriebswehr, Feuerwehr usw. sind bis jetzt noch nicht eingeflossen. Eine grosse Unsicherheit besteht in diesem Bereich durch allfällige Zusatzanforderungen im Rahmen des Sicherheitskonzeptes. Durch die offene und flexible Telecom-Plattform dürften die noch kommenden Anforderungen jedoch ohne grössere Schwierigkeiten abgedeckt werden können (sofern sie in einem vernünftigen Rahmen bzw. innerhalb der bisherigen Erfahrungen liegen).

Bedürfnisanalyse TC vor Submission

Die Frage der TC-Bedürfnisse muss spätestens vor der Submission der bahntechnischen Einrichtungen für den GBT abschliessend geklärt werden. Dazu sind die entsprechenden Anforderungen aus den verschiedenen Fachbereichen zu analysieren und zu verschmelzen. Dabei sind insbesondere auch allfällige Bestellungen Dritter (LWL-Leitungen durch Tunnel oder GSM-Versorgung für Public-Anwendungen) zu berücksichtigen (Sunrise, Swisscom...).

B.4.3.3.3 Allgemeine Bedürfnisanalyse für TC-Systeme im Tunnel

Berücksichtigung der Strategie Telecom SBB

Bezüglich der TC-Planung auf ATG-Strecken taucht auch immer wieder die Grundsatzfrage auf, von welchem technischen Stand des SBB-Netzes bei der Inbetriebnahme von ATG für die Projektierung ausgegangen werden kann (speziell GSM-Versorgung). Diese Frage wird mit zunehmendem Outsourcing vieler Telecom-Dienste immer schwieriger zu beantworten, ist jedoch für die Vertiefung der Konzepte dringend notwendig.
Bis zum Bauprojekt müssen die entsprechenden Randbedingungen zusammen mit Telecom SBB diskutiert und festgelegt werden. Insbesondere ist auch die Strategie einer allfälligen Erschliessung der Tunnels für private bzw. öffentliche GSM-Dienste festzulegen (bis heute sind nur bahntechnische Bedürfnisse eingeflossen) und die Möglichkeit der Vermietung von Übertragungskapazitäten via Glasfasernetz durch den Tunnel zu prüfen.

B.4.3.3.4 Problematik lange Einbaudauer

Die lange Einbaudauer und die kurze Lebensdauer stellen Zielkonflikte dar

Als spezielles Problem bei der Planung und Realisierung der TC-Anlagen erweist sich die bei TC-Anlagen, insbesondere im Bereich Mobilkommunikation, kurze Lebensdauer der Systeme. Diese beträgt teilweise nur noch 5 Jahre und liegt damit in der gleichen Grössenordnung wie die Einbauzeit im Gotthard-Basistunnel. Dies führt theoretisch dazu, dass Teile der am Anfang der Einbauphase installierten Systeme vor Inbetriebnahme des Tunnels nach ca. 5 Jahren bereits wieder ersetzt werden müssen. Damit müssten einerseits die Kosten dieser Systeme doppelt berechnet werden, andererseits stellt sich die Frage, ob dieses Vorgehen überhaupt sinnvoll ist.

Wenn die Systeme während des Einbaus nicht die gleich hohen Anforderungen zu erfüllen haben wie nach der Inbetriebsetzung, so müsste eventuell - obwohl bis jetzt bewusst verworfen - trotzdem über provisorische Lösungen nachgedacht werden. Diese Frage ist ebenfalls vor dem Bauprojekt Bahntechnik zusammen mit TC

(ev. im Rahmen der Strategien für die NBS Mattstetten - Rothrist) zu diskutieren. Bis jetzt wird davon ausgegangen, dass während der Installation der Bahntechnik nur eine primitive Kommunikationstechnik zur Verfügung steht. Diese wird eventuell vom Rohbau-Unternehmer übernommen. Danach soll aber für die restliche Einbauphase bereits mit der definiven Bahntechnik operiert werden.

B.4.4 Schnittstellen SA/TC als Grundlage für die Projektierung

Tabelle 11 Relevante Schnittstellen und Abgrenzungen SA/TC gegenüber anderen Fachbereichen Bt und Bau

Abkürz	Schnittstelle zwischen....		Funktion, Annahmen, Bemerkungen	Übergabepunkt(e)
SA-EA-1	Stellwerk	50 Hz-Versorgung	EA liefert 230/400V 50 Hz-USV für lokale Speisung Stw	Rechnerraum (Container), Abschlussgestell
SA-EA-2	Stellwerk	Kabelanlagen	EA liefert Stichleitungen zu Weichen und ev. Achszählern	Rechnerraum, Abschlussgestell
SA-EA-3	Achszählerspsg.	50 Hz-Versorgung	EA liefert die 50 Hz-Versorgung USV für lokale Speisung	Technische Nischen, SA-Schrank
SA-EA-4	Weichenheizung	50/17 Hz-Versorg.	EA liefert die 50/17Hz-Versorgung für lokale Speisung	Steuerschrank (bei SA) im Freien
SA-EA-5	Weichendiagnose	50 Hz-Versorg.	EA liefert die 50Hz-Versorgung für lokale Speisung	Steuerschrank (bei SA) im Freien
SA-Bau-1	Stellwerk	Rohbau	Bau liefert Raum und Klima gemäss den Vorgaben SA Rohbau + Hausinstallation	Bt-Gebäude und Multifunktionsstellen
SA-Bau-2	Weichenantriebe	Rohbau	Bau erstellt allenfalls Schächte für Weichenantriebe	Tunnel, Bankett (vermutlich nicht nötig)
SA-Fb-1	Achszähler	Schienen	SA montiert Az an den Schienen	Gleis/Schienen, fertig montiert
SA-Fb-2	FSS Balisen	Schwellen	SA montiert Balisen auf Schwellen	Gleis/Schwelle, fertig montiert
SA-Fb-3	Weichenantrieb	Fahrbahnplatte	Fb erstellt allenfalls Schächte für Weichenantriebe	Fahrbahnplatte, fertig montiert
SA-TC-1	Stellwerk	Übertragungsnetz	Rein Gebäude interne Schnittstelle zwischen SA und TC	SA-TC-Raum, interne Verkabelung
SA-TC-2	Weichendiagnose	Datennetz	TC liefert lokalen Datenanschluss	Steuerschrank (bei SA) im Freien
TC-EA-1	Übertragung, Funk, Vermittlung, Daten, Störmeldeanschl.	50Hz-Versorgung	EA liefert 230/400V 50Hz USV für lokale Speisung	Bt-Gebäude , MFS, Abschlussgestell Technische Nischen, TC-Schrank Antennen / Kabinen im Freien
TC-EA-2	Übertragung, Funk	Kabelanlage	EA liefert LWL-Verbindungen im Bankett	Bt-Gebäude, MFS, Abschlussgestell Technische Nischen
TC-EA-3	Vermittlung, Daten, Störmeldeanschl.	Kabelanlage	EA liefert Kupfer Sichtleitungen zu lokalen Endgeräten (z.B. Fst FI, Weichendiagnose, Telefone, Modem usw.)	Bt-Gebäude, MFS, Abschlussgestell Technische Nischen, TC-Schrank
TC-EA-4	Tunnelfunkstation	Strahlendes Kabel	EA liefert strahlendes Kabel im Tunnel	Technische Nischen, TC-Schrank
TC-EA-5	Mobilfunk	Kabelanalge	EA liefert Kabeltrasse zu Freiraumantennen	Bt-Gebäude, Abschlussgestell Antennenkabinen, Abschlussgestell
TC-Bau-1	Übertragung, Funk, Vermittlung, Daten, Störmeldeanschl.	Rohbau	Bau liefert Raum und Klima gemäss den Vorgaben TC Rohbau + Hausinstallation	Bt-Gebäude Multifuntkionsstellen Antennen / Kabine im Freien
TC-Bau-2	Tunnelfunkstation	Rohbau	Bau liefert Raum gemäss den Vorgaben TC	Technischen Nischen

B.5 Konzepte Sicherheit

B.5.1 Allgemeines

B.5.1.1 Einleitung

Zentrale Rolle der Bahntechnik, direkt und indirekt

Die bahntechnischen Anlagen spielen eine zentrale Rolle in der Schaffung eines adäquaten Sicherheitsniveaus. Ihr Einfluss macht sich zum Teil *direkt* bemerkbar, wie zum Beispiel

- bei den Signalanlagen, die Kollisionen zwischen Zügen sowie Entgleisungen wegen überhöhten Fahrgeschwindigkeiten vermeiden
- beim Erdungssystem, das das Entstehen gefährlicher Berührungsspannungen verhindert

und zum Teil *indirekt bemerkbar*, wie zum Beispiel

- bei den Stromversorgungsanlagen, die so dimensioniert werden, dass die elektrische Versorgung von sicherheitsbedingten, bahntechnisch nicht notwendigen Systemen gewährleistet ist
- beim Telekommunikationsnetzwerk, das den Aufbau von zusätzlichen, nicht bahntechnisch bedingten Funktionen erlaubten soll.

Basierend auf eine PHA definiert man...

die Anforderungen...

und die Umsetzung

Im vorliegenden Kapitel B.5 werden die für die verschiedenen Fachdienste übergeordneten sicherheitsrelevanten Aspekte behandelt. Ausgehend von der *vorgängigen Gefahrenanalyse* [SI.A] werden die folgenden Aspekte betrachtet:

- die übergeordneten *Anforderungen*, die aus Gründen der Sicherheit an die bahntechnischen Anlagen gestellt werden bzw. in der Zukunft gestellt werden könnten
- die *Umsetzung* in den aktuellen Konzepten der verschiedenen Fachbereiche.

Obwohl das Schwergewicht dieses Kapitels in der Definition der Anforderungen liegt und der Aspekt *Umsetzung* nur oberflächlich behandelt ist, sind Redundanzen mit den fachspezifischen Kapiteln (B.2, B.3 und B.4) unvermeidbar.

B.5.1.2 Betriebsmodi, Sicherheitsanforderungen und Massnahmen

In der Abbildung 58 sind die Wechselwirkungen zwischen

- den verschiedenen Betriebsmodi
- dem Betriebsmodus und den Sicherheitsanforderungen an die Fachdienste
- den Massnahmen und den Fachdiensten

dargestellt.

Offene Strecke = Teilmenge eines Tunnels

Im Folgenden wird nicht explizit unterschieden zwischen Tunnel und offener Strekke, man beachte, dass die Anforderungen an offene Strecken sich im Wesentlichen auf die Themen „Fahreigenschaften“ und „Systemsteuerung“ beschränken.

Beschränkte Auswirkung der reinen ausmassmindernden Massnahmen

Bemerkenswert ist, dass die meisten Anforderungen gleich sind, unabhängig davon, ob sich das Verkehrsystem im Normal- bzw. Erhaltungsmodus oder im Ereignisbetrieb befindet. Elemente wie die Zuverlässigkeit der Fahrleitung -oder der Signalanlagen sind unter allen Umständen von höchster Bedeutung. Es handelt sich dabei um ereignisverhindernde und gleichzeitig ausmassmindernden Mass-

nahmen. Hingegen werden Elemente wie die Fluchtgänge nur im sehr seltenen Ereignisfall verwendet, und wirken deshalb nur ausmassmindernd.

Zielkonflikte sind möglich

Zielkonflikte, wie zum Beispiel die sich oft widersprechenden Ziele „sicher" und „zuverlässig" sind aus der Abbildung 58 nicht klar ersichtlich. Sie werden deshalb erst in den folgenden, fachdienstspezifischen Absätzen (B.5.2 bis B.5.8) behandelt.

Wichtige Hinweise zur Interpretation der Abbildung 58

- Die vertikalen Spalten stellen drei verschieden Betriebsmodi dar, und zwar zwei grundsätzlich gefahrenlose Betriebsmodi (Normalbetrieb und Erhaltungsbetrieb inkl. ausserordentliche Fehlerbehebung an den Anlagen) und ein möglichst zu vermeidender Ereignismodus.
- Die grossen horizontalen Rechtecke enthalten Gruppen von Merkmalen bzw. Anforderungen, die im jeweiligen Betriebsmodus für die Sicherheit von Bedeutung sind. Davon sind Gewisse nur in bestimmten Betriebsmodi relevant.
- Die horizontalen Pfeile stellen die Übergänge zwischen den Betriebsmodi dar. Traditionsgemäss geniesst bei der Eisenbahn das Herabsetzen der Wahrscheinlichkeit eines Übergangs vom Normal- in den Ereignisbetrieb oberste Priorität.
- Mittels vertikalen Rechtecken und Pfeilen sind die sicherheitsrelevanten Massnahmen und Anforderungen kategorisiert.
- Die eingeklammerten Nummern beziehen sich einerseits auf
  - den entsprechenden Absatz im vorliegenden Kapitel
  - das entsprechende fachspezifische Kapitel aus dem Teil „B Grundlagen und Entwicklungen"
    Beispiel: (2.4) ==> B.5.2.4 (sicherheitsspezifisch) und B.2.4 (fachspezifisch).
    Als Ausnahme gelten die mit (5) beschriebenen Punkte, da sie sich auf kein fachspezifisches Kapitel, sondern nur auf den speziellen Absatz „B.5.5 Nicht bahntechnisch-relevant" beziehen.

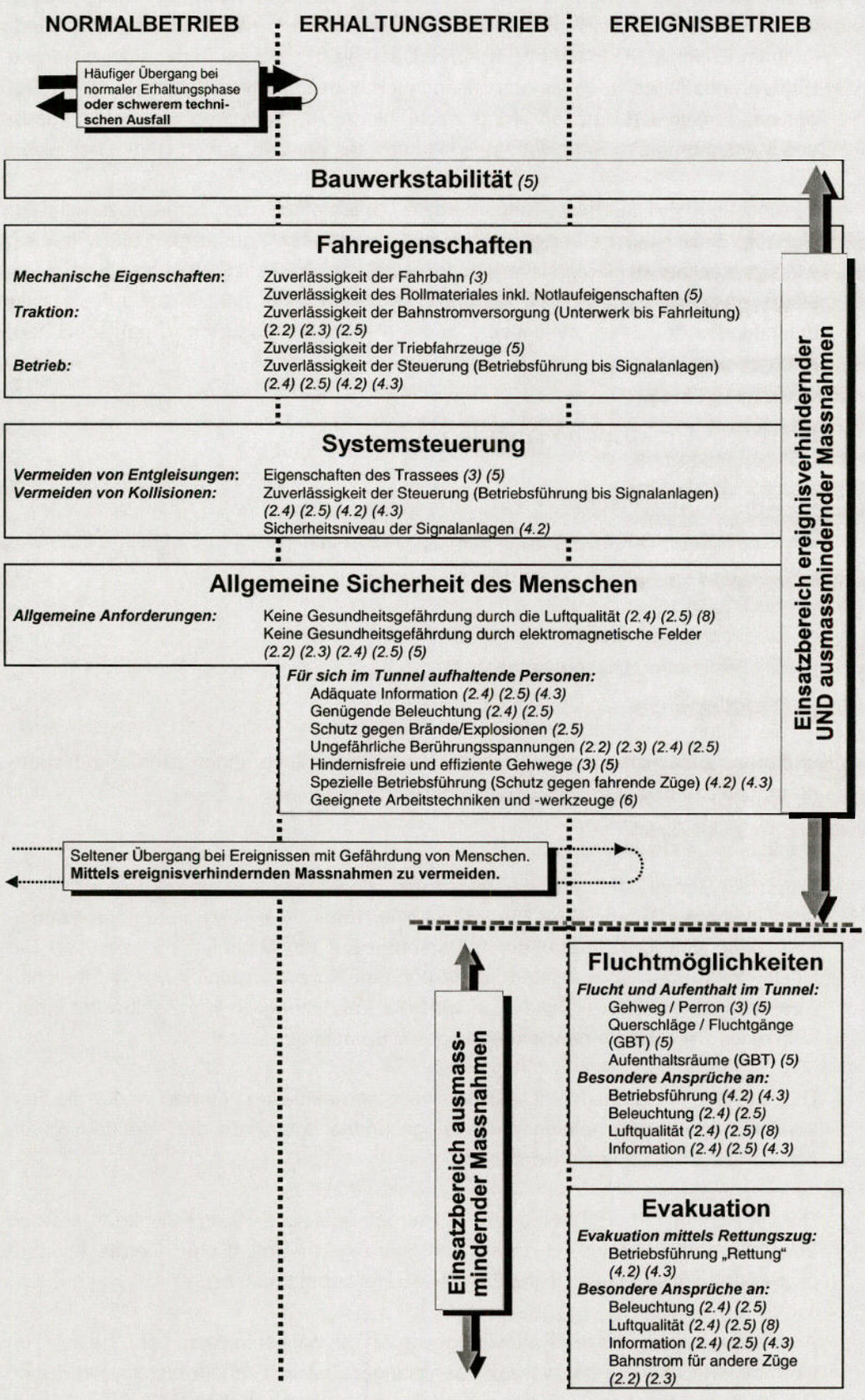


Abbildung 58 Betriebsmodi, Sicherheitsanforderungen, Massnahmen

Die eingeklammerten Zahlen sind Hinweise auf die jeweiligen Kapitel: (2.4) ==> B.5.2.4 (sicherheitsspezifisch) und B.2.4 (fachspezifisch)

In der Abbildung 58 behalten die Massnahmen von links nach rechts ihre Gültigkeit. Zum Beispiel ist das, was für den Normalbetrieb sicherheitsfördernd wirkt, auch im Ereignisfall sicherheitsfördernd. Das heisst, dass was ereignisverhindernd wirkt, grundsätzlich auch als ausmassmindernd im Ereignisfall wirken wird. Im Gegensatz funktioniert das von rechts nach links nicht (die reinen ausmassmindernden Massnahmen im Ereignisbetrieb sind von keinerlei Nutzen im Normalbetrieb).

Fundamentaler Unterschied der Prioritäten zwischen Eisenbahn und Strassenverkehr

Gleichtzeitig wird auch ein fundamentaler Unterschied zum Strassenverkehr ersichtlich. Beim starr geführten und zentral verwalteten Zug werden die Mittel am wirksamsten auf der ereignisverhindernden Seite eingesetzt, während beim selbständigen, nicht zentral kontrollierbaren Motorfahrzeug viele Mittel auf die ausmassmindernde Seite einfliessen müssen (Sicherheitsgurten, Knautschzonen, Airbags, usw.).

B.5.2 Elektrische Anlagen

B.5.2.1 Allgemeines

EA hat zahlreiche indirekte...

Die Qualität der Stromversorgungsanlagen hat einen direkten Einfluss auf die Zuverlässigkeit zahlreicher Systeme wie

- die Traktion
- die Sicherungs- und Automationsanlagen
- die Telekommunikationsanlagen
- die Beleuchtung
- die Lüftung

sowie auch direkte Einflüsse

und muss zusätzlich ihren inhärenten Sicherheitsanforderungen (Berührungsspannungen, Schrittspannungen, usw.) genügen.

B.5.2.2 Fahrleitung

Schutz gegen Berührungsspannungen...

Durch die Berücksichtigung der relevanten Weisungen und Normen ist sichergestellt, dass die Gefahr einer Berührung einer unter Spannung stehenden Fahrleitung oder allfälliger Feeder durch Personen auf ein Minimum reduziert ist. Die Rückleiter werden so ausgelegt, dass auch im Kurzschlussfall keine gefährlichen Spannungen entstehen. Zusätzlich wird die Fahrleitung im Kurzschlussfall innerhalb eines Bruchteils einer Sekunde ausser Spannung gesetzt.

keine Gesundheitsgefährdung...

Das System ist so ausgelegt, dass gemäss den aktuellen Normen weder die Reisenden noch das Erhaltungspersonal gesundheitsgefährdenden elektromagnetischen Feldern ausgesetzt werden.

und angemessene elektromagnetische Kompatibilität

Die einschlägigen EMV-Normen (Elektromagnetische Verträglichkeit) werden ebenfalls berücksichtigt, so dass keine Störungen empfindlicher Geräte vorkommen können (inkl. medizinische Geräte wie Herzschrittmacher).

Zuverlässigkeit der Fahrleitung ist in allen Betriebsmodi zentral

An die Zuverlässigkeit der Fahrleitung werden die höchsten Ansprüche gestellt. Im Normalbetrieb könnte bei während sehr langer Zeit in Tunneln blockierten Zügen Panikgefahr entstehen. Im Ereignisbetrieb sollten nicht betroffene Züge den Tunnel verlassen können, nicht zuletzt um den Weg für die Rettungskräfte frei zu machen. Da die Fahrleitung selbst eine typische, *nicht redundant aufbaubare Komponente*

darstellt, kann die geforderte hohe Verfügbarkeit am Besten durch eine möglichst grosse Vereinfachung des Systems und eine den Umweltbedingungen angepasste Materialwahl erreicht werden. Komplexe Fahrleitungselemente wie Sektionierungen sind in dieser Hinsicht auf das absolut notwendige Minimum zu beschränken.

Im seltenen Ereignisbetrieb kann eine feine Sektionierung von Vorteil sein, was einen Zielkonflikt verursacht

Um allfällige, in der Nähe eines verunfallten Zuges angehaltene Züge, rasch durch eigene Kraft weiter- bzw. zurückfahren lassen zu können, braucht es eine feinere Sektionierung der Fahrleitung. Da zwei Züge sich theoretisch auf zwei benachbarten Blockabschnitten befinden können, kann nur bei einer Sektionierung auf Blocklänge garantiert werden, dass Folgezüge ausnahmslos in jedem Fall aus eigener Kraft zurückfahren können. Dies widerspricht jedoch dem Grundsatz einer effizienten Ereignisverhinderung mittels hoher Verfügbarkeit der Anlagen.

Aktuelles Konzept zielt auf Zuverlässigkeit, ist aber offen

Im aktuellen Konzept sind Fahrleitungsabschnitte von 8 bis 18 km vorgesehen, was nach heutigem Stand des Wissens einer Optimierung der zwei gegensätzlichen Anforderungen (hohe Verfügbarkeit vs feine Sektionierung) entspricht.

Art der Konstruktion hat kaum Einfluss auf das Verhalten bei Brand

Ein weiterer, nur in gewissen Ereignisfällen sicherheitsrelevanter Aspekt der Fahrleitung ist ihre Brandfestigkeit. Im aktuellen Stand des Wissens [SI.B] kann zu diesem Thema lediglich gesagt werden, dass

- fahrende, mit voller Leistung brennende Reisezüge [SI.C] die Fahrleitung nicht beschädigen und unbehindert weiterfahren können
- angehaltene, mit voller Leistung brennende Reise- und Güterzüge [SI.D] die Fahrleitung innerhalb von wenigen Minuten zerstören, und zwar auch diejenige des Gegengleises bei Doppelspurtunneln
- bei fahrenden Güterzügen das Verhalten der Fahrleitung von der Brandgrösse abhängt

Da die Art der Fahrleitung kaum einen wesentlichen Einfluss auf diese Erkenntnisse hat, wird die Brandfestigkeit der Fahrleitung bei der Evaluation der Fahrleitungskonstruktion nicht weiter betrachtet.

B.5.2.3 Bahnstromversorgung

In Bezug auf direkte Gefährdungen, gleiche Anforderungen wie an die Fahrleitung

An die Bahnstromversorgung werden die gleichen Anforderungen gestellt wie an die Fahrleitung in Bezug auf Berührungsspannungen (inklusive Ausschalten im Kurzschlussfall), gesundheitsgefährdende elektromagnetische Felder und elektromagnetische Verträglichkeit.

Sehr hohe Zuverlässigkeit durch Redundanz...

An ihre Zuverlässigkeit werden ebenfalls sehr hohe Ansprüche gestellt. Im Gegensatz zur Fahrleitung kann die Bahnstromversorgung weitgehend *redundant* gebaut werden, so dass der Ausfall einer einzelnen Komponente des Systems nicht zu einem Betriebsunterbruch führt. Dies lässt sich im aktuellen Konzept umsetzen, indem

- jeder Fahrleitungsabschnitt von beiden Enden gespiesen werden kann
- und deshalb jeder Abschnitt von zwei unabhängigen Unterwerken versorgt werden kann

aber ohne aufwendige Verdopplung der Anlagen

Dieses Konzept erlaubt eine vollständige Redundanz der Bahnstromversorgungsanlagen, ohne eine effektive doppelte Ausführung der Anlagen selbst zu benötigen. Da die Anlagen für den Normalfall ausgelegt sind, ist in solchen degradierten

Betriebsfällen mit einer gewissen Einschränkung der verfügbaren Traktionsleistung zu rechnen, was insbesondere bei starker Streckenbelastung zu temporären - aber in keinem Fall sicherheitsrelevanten - Kapazitätseinbussen führen kann.

B.5.2.4 50 Hz-Stromversorgungsanlagen

In Bezug auf direkte Gefährdungen, Anforderungen gemäss Gesetzen und Normen

An die 50 Hz-Stromversorgungsanlagen werden ähnliche Anforderungen gestellt wie an die Fahrleitung und die Bahnstromversorgung in Bezug auf Berührungsspannungen (inklusive Ausschalten im Kurzschlussfall), gesundheitsgefährdende elektromagnetische Felder und elektromagnetische Verträglichkeit. Die Normen stammen nicht aus dem Eisenbahnbereich, sondern vorwiegend aus gesetzlichen Grundlagen wie der Stark- und der Schwachstromverordnung.

Indirekter aber hochkritischer Einfluss auf andere Systeme

Die Zuverlässigkeit der Sicherungs-, Automations- und Telekommunikationsanlagen hängt direkt von der Qualität ihrer Stromversorgung ab; deshalb werden an die 50 Hz-Stromversorgung ähnliche Ansprüche wie an die Bahnstromversorgung gestellt, um unerwünschte längere Zugshalte in Tunneln zu vermeiden.

Beleuchtung während Erhaltung

Eine zuverlässige Speisung der Beleuchtung im Erhaltungsfall ist eine wichtige Voraussetzung, um die Arbeitsunfälle zu vermeiden.

Bei Ereignisfall...

Im Ereignisfall kommt der 50 Hz-Stromversorgung eine entscheidende Rolle zu, indem sie die Speisung

Beleuchtung...
- der Notbeleuchtung der Fluchtwege und Aufenthaltsräume

Notlüftung...
- allfälliger Notlüftungsanlagen

Infosysteme...
- besonderer Notinformationssysteme

Signal- und Telekomanlagen...
- der normalen Signalisierungs-, Automations- und Telekommunikationsanlagen

gewährleisten muss.

Verfügbarkeit durch Redundanz und zwei Versorgungsqualitäten

Ein Teil der erwünschten Verfügbarkeit wird erreicht, indem die 50 Hz-Stromversorgungsanlagen vollkommen redundant aufgebaut werden (ähnlich wie die Bahnstromversorgung). Eine weitere Steigerung der Versorgungssicherheit kritischer Stromverbraucher wird erreicht, indem eine zusätzliche Versorgungsebene, die *Unterbruchsfreie Stromversorgung* (USV) eingeführt wird.

Normale Qualität für normale Verbraucher
- Bei der Versorgung normaler Qualität sind Unterbrüche von maximal ein paar Sekunden möglich (diese Zeit wird für die Umschaltung der Redundanzteile benötigt). Mit dieser Versorgungsqualität werden sicherheitsmässig unwichtige Anlagen gespiesen.

USV-Qualität für kritische Verbraucher
- Bei der USV sind Unterbrüche von maximal 100 Millisekunden möglich. Zusätzlich kann eine gewisse Autonomie garantiert werden. Somit wird den Ansprüchen kritischer Systeme wie die Stellwerke entgegengekommen.

B.5.2.5 Kabel

In Bezug auf direkte Gefährdungen, Anforderungen gemäss Gesetzen und Normen

An die Kabel werden vergleichbare Anforderungen gestellt wie an die anderen elektrischen Anlagen in Bezug auf Berührungsspannungen, gesundheitsgefährdende elektromagnetische Felder und elektromagnetische Verträglichkeit. Die Normen stammen aus allen Bereichen der Elektrotechnik.

Kabel als Kernkomponente der Stromversorgungsanlagen

In allen Betriebsmodi kommt der Zuverlässigkeit der Kabel eine ebenbürtige Bedeutung wie derjenigen aller anderen Stromversorgungselemente zu. Diese Zuverlässigkeit lässt sich erreichen, indem die Kabel

Eigene Festigkeit...

- selber den gestellten Anforderungen genügen

und Schutz mittels Verlegungsart

- durch eine geeignete Verlegungsart gegen gegenseitige sowie äussere Einflüsse (Brand, mechanische Beschädigung, usw.) geschützt sind. In den Tunnels erfüllt die Verlegung in Kabelrohrblöcken die höchsten Ansprüche; im Freien sind die Kabel in Kabelkanälen verlegt.

Personen- und Sachenschutz durch die gewählte Verlegungsart

Im Erhaltungsbetrieb sowie auch im Ereignisfall sollen die Personen gegen mögliche Kabelexplosionen geschützt sein. Durch die Verlegung in Kabelrohrblöcken ist einerseits ein maximaler Personenschutz bei solchen Explosionen gesichert, andererseits eine möglichst geringe Beschädigung anderer Kabel oder Anlagen und ein sehr effizienter Schutz gegen mechanische Beschädigungen gewährleistet. Zudem werden nur schwer brennbare, halogenfreie elektrische Kabel verlegt, unter anderem um die Freisetzung von Giftstoffen zu vermeiden.

B.5.3 Fahrbahn

Stabile Fahrbahn als Voraussetzung für die sichere Führung der Züge

In allen Betriebsmodi ist eine stabile Fahrbahn Voraussetzung für eine sichere Führung der Züge. Bei einer geeigneten Fahrbahn werden die spezifischen Gefahren wie Gleisverwerfung und Schienenbruch minimiert. Der Verschleiss an Schienen und Rollmaterial soll ebenfalls beschränkt werden.

Tunnel mit sehr stabiler schotterloser Fahrbahn

In den Tunneln von AlpTransit wird konsequent eine schotterlose Fahrbahn verlegt. Somit ergibt sich ein sehr verfügbares, unterhaltfreundliches Gleis, bei dem die Gefahr von mechanischen Beschädigungen sehr tief liegt. Die gewählte, gestreckte Linienführung trägt dazu bei, dass Entgleisungen und übermässiger Verschleiss vermieden werden.

Breite Bankette möglich...

Der gewählte Fahrbahntyp erlaubt es, in den Tunneln auf beiden Gleisseiten breite Bankette zu bauen, die

zum Kabelschutz...

- für die Verlegung der Kabelschutzrohre gut geeignet sind

und als Gehweg

- während Erhaltungsphasen sowie im Evakuationsfall als hindernisfreie, effiziente Gehwege dienen

Auf offenen Strecken wird eine herkömmliche, geschotterte Fahrbahn verlegt.

Wenig Weichen = tiefe Entgleisungsgefahr

Die Reduktion der Anzahl Spurwechsel (Weichen) auf das betrieblich notwendige Minimum trägt dazu bei, dass das Entgleisungsrisiko herabgesetzt wird.

Die Schienen als Teil des Rückleitungssystems

Da die Schienen für die Traktionsstromrückführung verwendet werden, werden sie in regelmässigen Abständen mit dem Rückleitungssystem verbunden, um gefährliche Schrittspannungen zu vermeiden.

B.5.4 Sicherungs- und Automationsanlagen, Telekom

B.5.4.1 Allgemeines

Sicherungsanlage als „Symbol" für die Sicherheit

Die Sicherungsanlagen, aber auch die Automations- und Telekommunikationsanlagen haben einen sehr direkten Einfluss auf das Sicherheitsniveau eines Verkehrsystems.

Die Zuverlässigkeit der SA-Anlagen ist genauso wichtig wie ihr Sicherheitsniveau

Ihre *Zuverlässigkeit* spielt eine mindestens so bedeutende Rolle wie die Sicherheit selbst. Der Ausfall eines Elementes, sofern es nicht durch einen Redundanzteil kompensiert werden kann, führt zu einem sogenannten *sicheren Zustand* der Anlage (z.B.: der Zug stoppt), und somit zu keinerlei direkter Gefährdung. Die indirekte Gefährdung liegt darin, dass ab diesem Zeitpunkt *der Mensch,* der in den Prozess eingreift (z.B.: der Zug muss trotz haltzeigender Signalisierung weiterfahren), viel weniger zuverlässig und sicher ist als das technische System und Fehlerhandlungen mit schwerwiegenden Konsequenzen resultieren können.

B.5.4.2 Sicherungs- und Automationsanlagen (SA)

In allen Betriebsmodi hat die Zuverlässigkeit direkten Einfluss auf die Sicherheit...

Die SA-Anlagen dienen der Gewährleistung eines reibungsfreien, effizienten und sicheren Betriebes im Normalfall, im Erhaltungsfall sowie im Ereignisfall. Ihre Zuverlässigkeit ist für den Betrieb ähnlich wichtig wie diejenige der Bahnstromversorgungsanlagen, um unerwünschtes Anhalten der Züge im Tunnel zu vermeiden. Zugkontrolleinrichtungen (ZKE) gewährleisten, dass defekte Züge (z.B. Heissläufer) schon vor der Einfahrt in einen Tunnel angehalten werden. Im Erhaltungsfall müssen die SA-Anlagen gewährleisten, dass gesperrte Streckenabschnitte tatsächlich geschützt bleiben. Im Ereignisbetrieb sollten nicht betroffene Züge den Tunnel verlassen können und allfällige Rettungszüge müssen den Ereignisort möglichst rasch erreichen können.

und sie wird durch Redundanz und Fehlertoleranz erreicht

Um den Sicherheitsanforderungen entgegenzukommen, müssen die SA-Anlagen eine extrem hohe Zuverlässigkeit aufweisen. Im vorliegenden Konzept wird dies erreicht, indem die kritischen Elemente redundant (Stellwerkrechner, usw.) und gewisse nicht verdoppelbare Systeme als fehlertolerant aufgebaut werden. Zusätzlich ist auf der ganzen NBS-Achse konsequent pro Gleis ein Stellwerk vorgesehen, damit auch bei grösseren Störungen immer nur ein Gleis betroffen ist.

Eigenes Sicherheitsniveau extrem hoch, entspricht den neusten Normen

Das eigene Sicherheitsniveau der SA-Anlagen entspricht dem Niveau der neusten europäischen Hochleistungsstrecken und den aktuell gültigen Eisenbahnnormen. Insbesondere durch den Einsatz eines Führerstandssignalisierungsystems und neuer Prinzipien für die Notverfahren entsteht ein grosser Sicherheitsgewinn im Vergleich mit dem aktuellem Ausrüstungsstandard des schweizerischen Eisenbahnnetzes.

B.5.4.3 Telekommunikation (TC)

Heutzutage auch für sicherheitsrelevante Aufgaben

Bisher waren die Telekommunikationsanlagen kein direkter Bestandteil der Sicherungstechnik. Heutzutage werden sie immer mehr zu einem Bestandteil der Betriebsführung und übernehmen sogar sicherheitskritische Funktionen (insbesondere beim Einsatz von Notverfahren während Störungen) .

Zuverlässigkeit zur Reduktion indirekter Gefährdungen

Die TC-Anlagen spielen eine ähnliche Rolle wie die Stromversorgungsanlagen. Obwohl ein Ausfall der TC-Anlagen normalerweise zu keiner direkten Gefährdung führen kann, ist ihre Funktionstüchtigkeit Voraussetzung für die Funktionstüchtigkeit diverser anderen Systeme. Deshalb kommt der Zuverlässigkeit der TC-Anlagen in allen Betriebsmodi eine ebenbürtige Bedeutung zu wie derjenigen anderer SA-Komponenten.

Besonders hohe Ansprüche während Erhaltung und Ereignis

Im Erhaltungsbetrieb sowie im Ereignisfall müssen die TC-Anlagen speziellen Anforderungen genügen, wie
- zunehmender Datenverkehr
- zunehmender Sprachverkehr
- gezielte Informationsübertragung für Personen im Tunnel

mit unter Umständen beschädigten Übertragungskomponenten.

Modular und erweiterbar

Das gewählte Konzept stellt eine modulare Plattform für künftige Erweiterungen entsprechend den Bedürfnissen und der Entwicklung der Technik dar.

B.5.5 Nicht bahntechnisch-relevant

B.5.5.1 Rollmaterial

Zuverlässigkeit gegen unerwünschten Halt...

Die Zuverlässigkeit des Rollmaterials, insbesondere der Triebfahrzeuge, spielt eine ähnliche Rolle wie diejenige der Bahnstromversorgung. Ein Ausfall ohne Entgleisung kann zwar lediglich zu einem unerwünschte Anhalten in einem Tunnel führen, aber bei während längerer Zeit blockierten Zügen könnte die Panikgefahr wesentlich werden. Nur durch eine hohe Zuverlässigkeit der kritischen Teile des Rollmaterials ist diese Tatsache zu bekämpfen.

und auch gegen die Entgleisungsgefahr

Eine hohe Zuverlässigkeit des Rollmaterials, zusammen mit der Reduktion der Anzahl Weichen auf das betrieblich notwendige Minimum, setzt auch die Entgleisungsgefahr herab.

Die Notbremsüberbrückung zum Erreichen des Portals

Im Ereignisfall, bei brennendem Reisezug, wird im Sicherheitskonzept vom Vorhandensein einer *Notbremsüberbrückung* ausgegangen, die zusammen mit den *Notlaufeigenschaften* und dem *Notaus der Klimaanlage* gewährleistet, dass der angeschlagene Zug den Tunnel verlassen kann bzw. die nächste Nothaltestelle erreichen kann.

Was europaweit zugelassen ist wird auf der Neubaustrecke verkehren können

Voraussichtlich wird das gesamte europäische Rollmaterial, das für Hochleistungsstrecken zugelassen ist, auf der Neubaustrecke verkehren können. Aufgrund des *Free Access* (diskriminierungsfreie Behandlung aller Anbieter) ist es wahrscheinlich, dass keine besonderen Ansprüche an die durch die Basistunnel verkehrenden Züge gestellt werden können.

Es wird im Moment angestrebt, dass gewisse minimale Anforderungen, wie die effiziente Notbremsüberbrückung, in die sich jetzt in Entstehung befindenden europäischen Normen einfliessen (siehe Kapitel D.2).

B.5.5.2 Bauliche Massnahmen

Auf jeden Fall muss das Bauwerk halten

Die Bauwerkstabilität spielt selbstverständlich eine zentrale Rolle in allen Betriebsphasen. Da das Bauwerk bei Zugsbränden extremen Temperaturen ausgesetzt werden kann, werden für das Gewölbe der Nothaltestellen besondere Brandschutzverkleidungsmassnahmen getroffen.

Wenig Kurven und Weichen

Eine sehr gestreckte Linienführung sowie möglichst wenig Weichen tragen dazu bei, das Entgleisungsrisiko zu reduzieren.

Eine überlegte Auslegung der Räumlichkeiten erlaubt es, die Probleme der elektromagnetischen Verträglichkeit durch eine präventive, optimale Platzierung der Geräte zu bekämpfen.

Effiziente, hindernisfreie Fluchtgänge und Aufenthaltsräume

Die Gehwege und Fluchtgänge, Querschläge und Aufenthaltsräume in den Nothaltestellen werden so ausgelegt, dass einerseits der Zugang zu den technischen Anlagen zu Erhaltungszwecken gesichert ist, und andererseits die Flucht und der Aufenthalt im Ereignisfall möglichst effizient erfolgen können. Insbesondere sollten auf den Fluchtwegen keine Hindernisse vorhanden sein.

B.5.6 Erhaltung

„Fahren oder Erhalten" bringt Sicherheitsgewinn

Bei den Erhaltungsphasen lässt sich ein Sicherheitsgewinn erzielen im Vergleich mit dem aktuellen Eisenbahnnetz, indem das Prinzip „Fahren oder Erhalten" konsequent angewandt wird.

Abschnitte, in denen Erhaltungsarbeiten erfolgen, werden vollständig ausser Betrieb gesetzt. Bei Einspurtunneln ist die betroffene Röhre gesperrt, bei Doppelspurtunneln oder offenen Strecken beide Gleise.

Wichtigkeit der Schulung

Ergonomisch konzipierte Anlagen und Werkzeuge sowie gut geschultes Personal sind Voraussetzung für einen sicheren Erhaltungsbetrieb.

B.5.7 Einbau

Das Erreichen eines genügenden Sicherheitsniveaus während der bahntechnischen Ausrüstung der Strecken ist zu garantieren.

Noch nicht stufengerecht

Die Überlegungen zu diesem Thema sind zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht stufengerecht, sie werden Bestandteil der detailierten Einbauplanung Bahntechnik sein.

B.5.8 Aerodynamik und Klima

Wichtigkeit eines „guten" Klimas

In allen Betriebsmodi muss ein für die Menschen und die technischen Anlagen angemessenes Klima gewährleistet sein. Klimatische Bedingungen ausserhalb des zulässigen Bereiches können die Zuverlässigkeit und die Lebensdauer der technischen Anlagen drastisch beeinträchtigen, bzw. die Erhaltungsarbeiten erschweren.

Im gegenwärtigen Konzept sind die folgenden Lüftungskomponenten berücksichtigt:

Lüftungskomponenten gemäss heutigem Projektstand

- klimatisierte Räume für die bahntechnischen Anlagen in den Multifunktionsstellen des GBT
- eine Ereignislüftung für Brandfälle in den MFS des GBT
- eine Überdrucklüftung der Aufenthaltsräume in den MFS des GBT

Baulichen und technischen Reserven für Rückfallebenen

Zusätzlich sind im Projekt die nötigen baulichen und technischen Reserven vorhanden für allenfalls notwendige:

- lokale Kühlungssysteme für die technischen Anlagen in den Querschlägen des GBT
- Lufttauscher in den MFS und in Amsteg für die Kühlung oder das Trocknen der Luft im GBT bei schlechtem Klima

B.6 Erhaltung

Für den etappierten Ausbau AlpTransit wurde ein Gesamtmodell für die Organisation der Erhaltungsarbeiten erstellt [Fb.C][1], das im wesentlichen folgende Punkte umfasst:

Fahren oder Erhalten

- Für alle NBS AlpTransit Gotthard gilt das Prinzip, dass im Gleisbereich keine Erhaltungsarbeiten unter Betrieb durchgeführt werden. Wird im Trasseebereich gearbeitet, so wird der Betrieb auf allen, nicht physisch von der Baustelle getrennten Gleisen eingestellt (→ gilt auch für die Behebung von Störungen!).

Physische Trennung Betrieb / Baustelle

- In Doppelspurabschnitten gibt es nur den Betriebszustand oder Totalsperren. Im Gotthard-Basistunnel (2 x ESP-Tunnelsystem) wird jeweils ein Gleis in einem Abschnitt ausser Betrieb gesetzt. In den offenen Bereichen, in denen ein von Zügen befahrenes Gleis direkt neben dem für Erhaltungsarbeiten gesperrten Gleis liegt (Gebiete Rynächt, Pollegio und Giubiasco West), wird die physische Trennung von Betrieb und Baustelle durch eine Vergrösserung des Achsabstands zwischen den betreffenden Gleisen auf mindestens 5.50 m und eine feste Abschrankung erreicht.

Planbare Erhaltungsarbeiten in einem regelmässigen Turnus

- Für die Instandhaltung (planbare Erhaltungsarbeiten) können solche Sperrungen auf den einzelnen NBS jeweils während der Nacht in einem regelmässigen Turnus angeordnet werden. Die Fahrzeiten der Züge im Fahrplan werden entsprechend angepasst und die Fahrzeitreserven minimiert. Die turnusgemässen Sperrungen werden nur dann tatsächlich realisiert, wenn Arbeiten stattfinden.

Widersprüchliche Interessen beim Ceneri: 2 Szenarien

Beim Erhaltungsabschnitt Ceneri widersprechen sich die Interessen des Reise- und des Güterverkehrs. Es werden 2 Szenarien aufgezeigt: Totalsperre im Ceneri-Basistunnel von Sa. 20.00 Uhr bis So. 11.00 Uhr (Szenarium 1, Doppelintervalle), bzw. Totalsperre während 2 Nächten pro Woche (Szenarium 2, Normalintervalle).

Es ergeben sich folgende Häufigkeiten von Zugriffsmöglichkeiten auf einen einzelnen Streckenabschnitt: täglich im Zimmerberg-Basistunnel, ca. 2-wöchentlich im GBT, mindestens wöchentlich im Ceneri-Basistunnel.

Abläufe im OBZ für Störung und Unfall zu Beginn geich

- Die Abläufe im OBZ sind bei einer technischen Störung und bei einem Unfall so lange gleich, bis der Fahrdienstleiter im OBZ sich ein klares Bild von der Situation vor Ort machen kann. Im Zweifelsfall (z.B. bei unterbrochener Kommunikation) muss von einem Unfall ausgegangen werden.

Der Turnus für die Anordnung der Intervalle auf den einzelnen Abschnitten ist in den folgenden Grafiken dargestellt.

---

[1] Das Gesamtmodell der Erhaltung beruht für die Entwässerung auf dem Mischsystem. Das von den Behörden verfügte Trennsystem weist im Querschnitt pro Tunnelröhre 4 statt 3 Entwässerungsleitungen wie beim Mischsystem auf. Entsprechend kann der Mehraufwand für die Erhaltung der Entwässerung für das Trennsystem grob mit rund 30 % beziffert werden. Dieser Mehraufwand kann eventuell durch verschiedene Arbeitsmodelle aufgefangen werden, führt aber in jedem Fall zu einem Mehrbedarf an Erhaltungsintervallen.

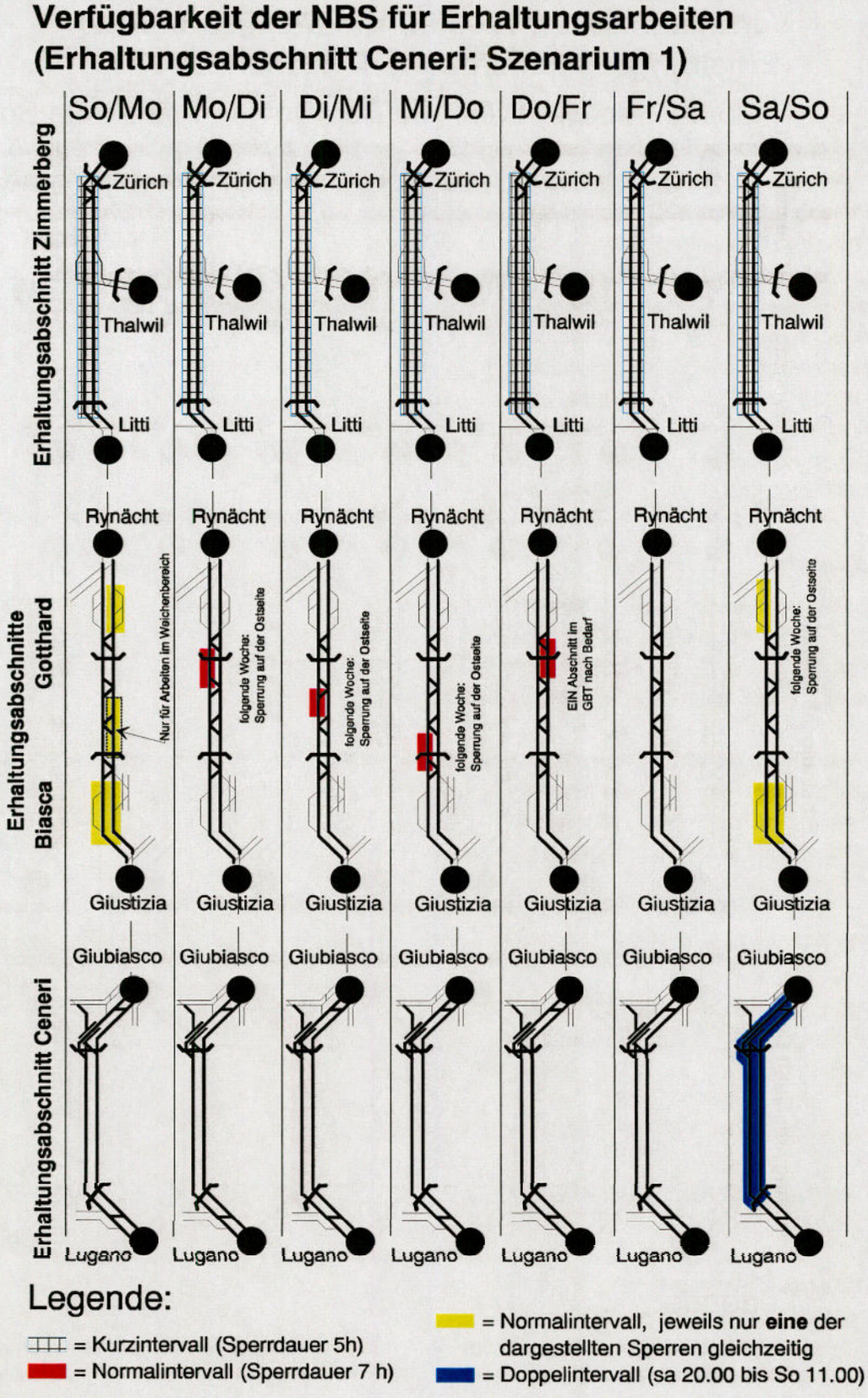
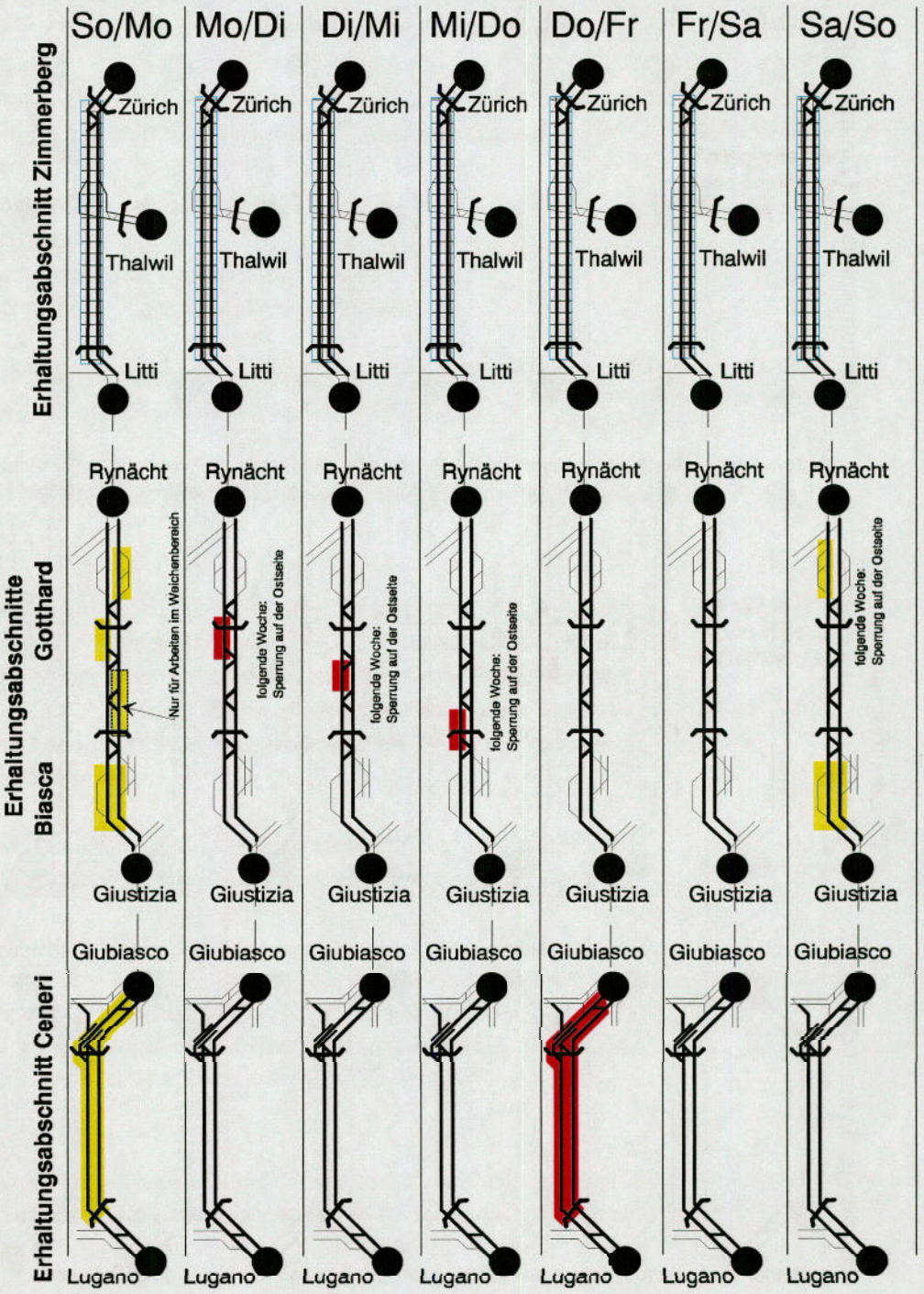


Abbildung 59 Verfügbarkeit der NBS für Erhaltungsarbeiten (Erhaltungsabschnitt Ceneri: Szenarium 1)

Abbildung 60 Verfügbarkeit der NBS für Erhaltungsarbeiten (Erhaltungsabschnitt Ceneri: Szenarium 2)

Verfügbarkeit der NBS für Erhaltungsarbeiten (Erhaltungsabschnitt Ceneri: Szenarium 2)



Legende:

= Kurzintervall (Sperrdauer 5h)

= Normalintervall (Sperrdauer 7 h)

= Normalintervall, jeweils nur **eine** der dargestellten Sperren gleichzeitig

Die Länge der gesperrten Abschnitte beträgt ca. 15 bis 20 km. Es wird deshalb davon ausgegangen, dass jeweils 2 bis 3 Fachdienste gleichzeitig arbeiten (Durchschnitt 2.5). Damit ergeben sich die folgenden jährlichen Intervallzahlen:

Tabelle 12 jährliche Intervallzahlen

	Erhaltungsabschnitt **Zimmerberg**	Erhaltungsabschnitt **Gotthard**	Erhaltungsabschnitt **Biasca**	Erhaltungsabschnitt **Ceneri**
Anzahl **verkürzte Normalintervalle** (5 h)	135	--	--	--
Anzahl **Doppelintervalle** (15 h gemäss Kap. 4.1.2)	--	--	--	33 (Szen. 1)
Anzahl **Normalintervalle** (7 h gemäss Kap. 4.1.2)	--	195	30	65 (Szen. 2)
Anzahl mögliche Intervalle **280 Tage (=40 Wochen) p.a.** (Ceneri Szenarium 1)	280 verkürzte Normalintervalle	200 Normalintervalle	40 Normalintervalle	40 Doppelintervalle
Anzahl mögliche Intervalle **350 Tage (=50 Wochen) p.a.** (Ceneri Szenarium 2)	>280 verkürzte Normalintervalle	200 Normalintervalle	33 Normalintervalle	67 Normalintervalle

Ceneri: Szenarium 2: eingeschränkte Anzahl möglicher intervalle

Im Szenarium 2 für den Erhaltungsabschnitt Ceneri besteht eine Abhängigkeit bei der Intervallanordnung im Bereich Gotthard / Biasca und Ceneri: In den angesprochenen Abschnitten kann aus betrieblichen Gründen (Kapazität im Güterverkehr, Fahrzeiten im Reiseverkehr) jeweils nur eine Sperre gleichzeitig realisiert werden. Dadurch wird die Anzahl möglicher Intervalle stark eingeschränkt. Auch wenn an 50 Wochen pro Jahr gearbeitet wird, bestehen keinerlei Reserven.

Szenarium 1 schneidet in dieser Beziehung besser ab. Dank der vorgesehenen Fahrzeitverlängerung während des Doppelintervalls am Wochenende können am Ceneri und am Gotthard gleichzeitig Intervalle angeordnet werden. Bei Szenarium 1 reichen im Durchschnitt netto 40 Arbeitswochen pro Jahr.

kein Spielraum für Erhaltung zusätzlicher Anlagen

Grundsätzlich muss für beide Szenarien festgehalten werden, dass, ausser im Zimmerberg-Basistunnel, die zur Verfügung stehenden Zeiten für die Erhaltung mit dem zugrunde gelegten Mengengerüst je nach Szenarium mehr oder weniger voll ausgenutzt sind. Ohne eine grundlegende Aenderung der getroffenen Annahmen besteht kein Spielraum für die Erhaltung zusätzlicher Einrichtungen.

Störungshäufigkeiten

Aufgrund einer groben Abschätzung muss aus heutiger Erkenntnis mit folgenden Häufigkeiten von Störungen gerechnet werden (Basis: verspätungsrelevante Störungen 1995, netzweit; unterschiedliche Standards durchschnittl. SBB-Strecke / ATG NBS berücksichtigt):

Tabelle 13 Erwartete durchschnittliche Anzahl Störungen pro Jahr Zimmerberg

Zimmerberg	**Erwartete durchschnittliche Anzahl Störungen pro Jahr (AlpTransit 1. Etappe)**			
Abschnitt	Verspätung < 6 Min.	Verspätung 6 - 20 Min	Verspätung > 20 Min	Total
Zürich - Nidelbad	7	15	5	27
Nidelbad - Thalwil	1	2	1	4
Nidelbad - Litti	4	10	3	17
Total Zimmerberg - Basistunnel	**12**	**27**	**9**	**48**

Tabelle 14 Erwartete durchschnittliche Anzahl Störungen pro Jahr Gotthard

Gotthard	**Erwartete durchschnittliche Anzahl Störungen pro Jahr (AlpTransit 1. Etappe)**			
Abschnitt	Verspätung < 6 Min.	Verspätung 6 - 20 Min	Verspätung > 20 Min	Total
Rynächt	3	7	2	13
GBT	40	91	32	163
Pollegio	6	14	5	24
Total Erhaltungsabschnitt Gotthard	**49**	**112**	**39**	**199**

Tabelle 15 Erwartete durchschnittliche Anzahl Störungen pro Jahr Ceneri

Ceneri	**Erwartete durchschnittliche Anzahl Störungen pro Jahr (AlpTransit 1. Etappe)**			
Abschnitt	Verspätung < 6 Min.	Verspätung 6 - 20 Min	Verspätung > 20 Min	Total
Camorino	2	4	1	6
Ceneri-Basistunnel	12	27	10	49
Vezia	1	1	0	2
Total Erhaltungsabschnitt Ceneri	**14**	**32**	**11**	**57**

80 % der Störungen haben geringe betriebliche Auswirkungen

Die erhaltenen Resultate zeigen, dass rund 80 % der zu erwartenden Störungen Verspätungen bis zu rund 20 Minuten verursachen. Auch im schlimmsten Fall sind davon nur ein bis zwei "Fahrplanspinnen" betroffen. Diese Störungen erfordern im allgemeinen auch bei Doppelspurtunneln keine Totalsperrung bis das betroffene Gleis wieder befahren werden kann (evtl. Verkehr mit reduzierter Geschwindigkeit oder vergrösserten Zugfolgezeiten bis zum nächstmöglichen Nacht-Intervall).

20 % der Störungen haben grosse betriebliche Auswirkungen

Die verbleibenden Störungen führen zu grösseren Betriebsbehinderungen, so dass eine sofortige Intervention notwendig ist. Es muss davon ausgegangen werden, dass zu deren Behebung im GBT ein Einspurbetrieb zwischen zwei Spurwechseln von mehreren Stunden Dauer erforderlich ist. Kritisch sind die Doppelspurabschnitte (Zimmerberg- und Ceneri-Basistunnel). Wie die folgende Zusammenstellung zeigt, ergibt sich während der Intervention phasenweise eineTotalsperre.

Tabelle 16 Interventionsablauf im Doppelspurtunnel

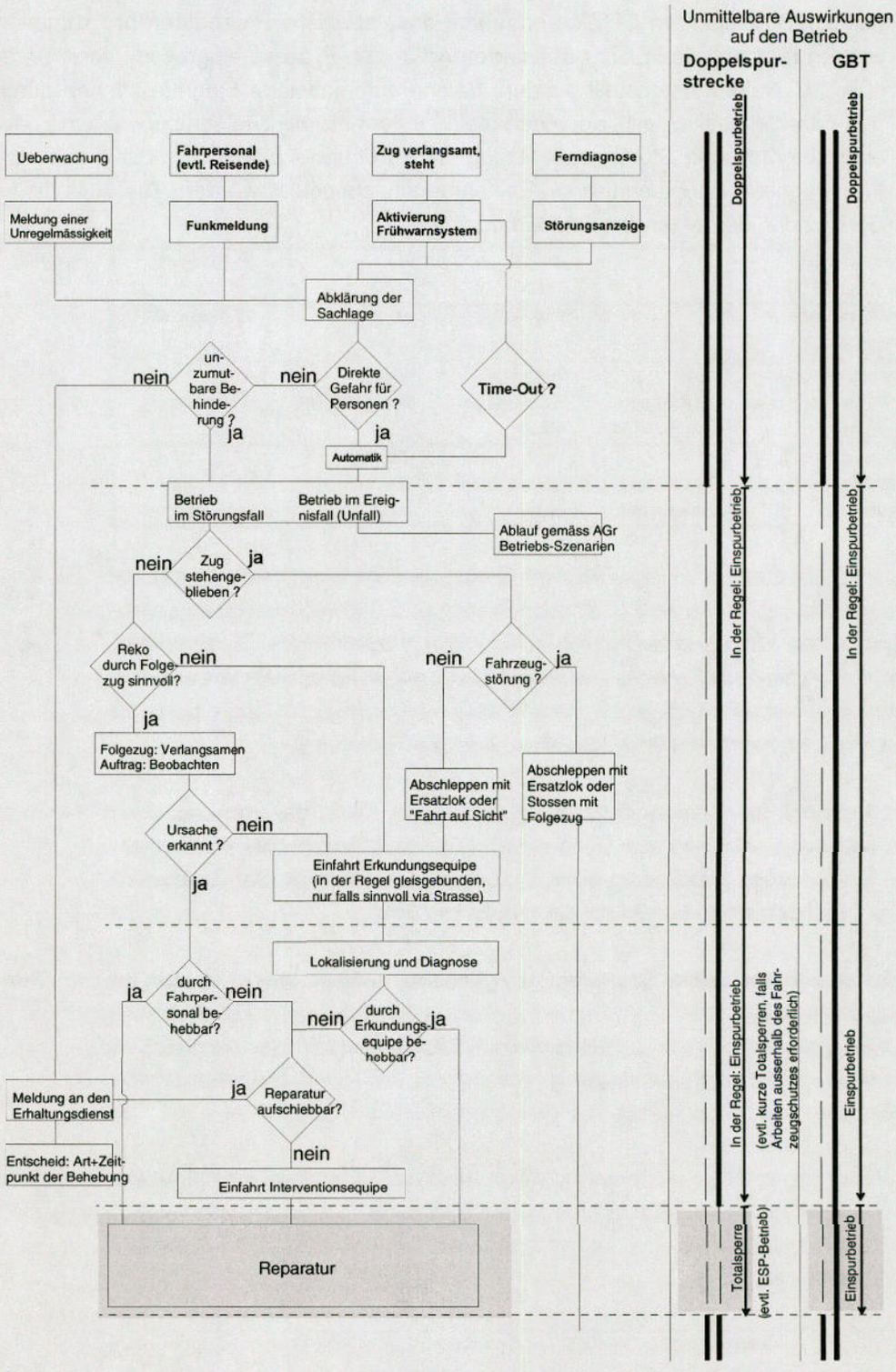
Störungsbehebung im Doppelspurtunnel (sofortige Intervention nötig)		
Massnahme	Zeitbedarf	Betrieb
Betroffenes Gleis stromabwärts leerfahren. Einfahrt neuer Züge in den Tunnel in Fahrtrichtung des betroffenen Gleises sperren.	sofort	2. Gleis ohne Einschränkung (nach Sicherstellung, dass Profil frei)
Falls notwendig: Steckengebliebene Züge abschleppen oder mit Folgezug aus dem Tunnel stossen, gleichzeitig durch Erkundungsequipe: Lokalisierung, Diagnose, Prognose über erforderliche Mittel und Zeitbedarf für Reparatur	1.0 - 2.5 h	2. Gleis ohne Einschränkung solange keine Arbeit im Gleis, sonst → Totalsperre
Einfahrt Interventions-Equipe	0.5 - 1.5 h	2. Gleis ohne Einschränkung
Reparatur (evtl. provisorisch)	1 - 2 h	Totalsperrung
Ausfahrt der Interventions-Equipe	0.5 h	2. Gleis ohne Einschränkung
Totaler Zeitbedarf	**3 - 5.5 h**	
davon mit Totalsperrung des Tunnels	**1 - 2 h**	

Abläufe im OBZ

Wesentlich für die betrieblichen Auswirkungen einer technischen Störung sind vor

allem die Abläufe im OBZ. Es wird davon ausgegangen, dass die Sicherungs- und Leittechnikanlagen im OBZ es erlauben, dass spezielle Prozeduren programmiert werden können, die in einer definierten Art in den Prozess eingreifen, wenn Unregelmässigkeiten festgestellt werden. Solche automatisierte Eingriffe können durch den Fahrdienstleiter, evtl. auch durch eine automatische Zuglaufüberwachung oder eine automatische Störungsabsetzung via Funk und / oder FSS oder durch eine Ferndiagnose bahntechnischer Einrichtungen ausgelöst werden. Die Abläufe im OBZ sind in der folgenden Grafik dargestellt.

Abbildung 61
Störungsbehandlung: Abläufe im OBZ



Verminderung der Störungshäufigkeit

Für die Einhaltung der im Bahntechnik-Vorprojekt gemachten Vorgaben bezüglich Störungshäufigkeit sind wesentliche Verbesserungen notwendig. Folgende Stossrichtungen müssen verfolgt werden (→ ein Teil der Punkte hat seinerseits wieder Auswirkungen auf Häufigkeit und Umfang der Erhaltungsaktivitäten !):

- Reduktion der Störungshäufigkeit um einen Faktor 0.5 bei den festen Anlagen
- Signifikante Verbesserung der Störungshäufigkeit beim Rollmaterial
- Verminderung der Auswirkungen von Rollmaterialstörungen (z.B. verbesserte Notlaufeigenschaften, Stossen mit Folgezug ohne lange Vorbereitung, evtl. redundante Komponenten auf den Triebfahrzeugen oder konsequente Mehrfachbespannung ...)

Die Instandsetzung (Störungsbehebung) erfolgt so weit als möglich während den regulär verfügbaren Erhaltungsintervallen, falls erforderlich in sogenannten Joker-Intervallen.

Kein einheitliches Konzept für grosse Erneuerungsarbeiten

Für grosse Erneuerungsarbeiten nach 25 bis 50 Betriebsjahren kann aus heutiger Sicht kein einheitliches Konzept erstellt werden. Die Möglichkeiten zukünftiger Baumethoden sind zur Zeit ebenso wenig abschätzbar wie das dannzumalige betriebliche Umfeld. Für solche Interventionen sind alle denkbaren betrieblichen und technischen Möglichkeiten in die Evaluation einzubeziehen, z.B. dauernde Totalsperrung während wenigen Tagen, dauernder Einspurbetrieb während Tagen oder Wochen, evtl. in Verbindung mit provisorischen Spurwechseln etc. Aus betrieblicher Sicht existieren Szenarien, wie grosse Erneuerungsarbeiten ausgeführt werden können. Im konkreten Fall muss mit einer ganzheitlichen Betrachtung unter Berücksichtigung und Gewichtung der technischen und betrieblichen Aspekte entschieden werden, wie die Arbeiten organisiert und durchgeführt werden.

4 Erhaltungszentren mit Umschlagsplatz für "Erhaltungsmodule" auf Container-Basis

Die Erhaltungszentren in Zürich, Erstfeld, Biasca und im Raum Bellinzona/Cadenazzo sind nebst ihren Aufgaben für die planbaren, periodischen Arbeiten auch Interventionszentren im Störungsfall. Von diesen Zentren aus werden die NBS und die bestehenden STL betreut. Es wird davon ausgegangen, dass für die einzelnen Arbeitsgattungen containerartige Module entwickelt werden, die auf Flachwagen verladen werden können. Die Erhaltungszentren benötigen einen Umschlag- und Lagerplatz für diese "Erhaltungs-Module" und Gleise zum Abstellen der Fahrzeuge bzw. zum Formieren des (aus verschiedenen Fachdienstkompostionen bestehenden) Bauzuges für den folgenden Nachteinsatz. Der Platz muss sowohl gleis- als auch strassenseitig erschlossen sein. Eine Beleuchtung und Wasseranschlüsse sind notwendig. Für die Durchführung von Arbeiten an ausgebauten Anlageteilen und an den Erhaltungsgeräten sind Werkstätten erforderlich.



Abbildung 62 „Erhaltungs-Module" im Erhaltungszentrum Folkstone (Eurotunnel [Fb.D])



Abbildung 63 „Erhaltungs-Modul" auf Flachwagen, bereit zum Einsatz im Eurotunnel

Anforderungen an die Erhaltungszentren (ohne Erfordernisse Lösch- und Rettungszug)

Jedes der vier Erhaltungs-, bzw. Interventionszentren muss aus heutiger Sicht, zusätzlich zu einem Umschlag- und Lagerplatz von ca. 10'000 m2 Fläche, über folgende Gleisanlagen verfügen:

		Nutzlänge im Zentrum **dauernd benötigt**	Nutzlänge (in der Nähe) **periodisch benötigt**
– Abstellgleise	für Wagen *)	1000 m	
	für Traktionsmittel	200 m	
	Schotterzüge (STL)		1500 m
– Umschlagsgleise	Erhaltungszug	500 m	
– Hallengleis	Fahrzeug-Wartung	100 m **)	
TOTAL		**1700 m + 100 m**	**1500 m**

*) = Kann unter Umständen auch in einer Abstellgleisanlage in der Nähe des Erhaltungszenztrums angeordnet werden.

**) = falls nicht Depot-Werkstätte in unmittelbarer Nähe

In diesen Angaben nicht inbegriffen sind die Anlagen für die Störfall-Intervention (Lösch- und Rettungszug).

Anpassung der Baudienstzentren ausserhalb Alp-Transit-Kredit

Die nötigen Anpassungen der Baudienst-Zentren erfolgen ausserhalb des Alp-Transit Kredits (vgl. Protokoll Leitorgan AlpTransit vom 19. Juni 1996). Die entsprechenden Ausbau-Projekte sind durch die Stammorganisation rechtzeitig auszulösen.

Vollausbau ATG ohne grundlegende Anpassung des Erhaltungskonzepts möglich

Ein späterer Vollausbau AlpTransit bewirkt keine grundlegende Aenderung des Erhaltungskonzepts für die Anlagen des etappierten Ausbaus.
Die Unterhaltsdienste müssen für die NBS ATG neu organisiert und die Methoden angepasst werden.

Organisation für die Umsetzung des Erhaltungskonzepts zur Zeit in Diskussion

Die weitere Bearbeitung der Erhaltungsthematik für die noch offenen übergeordneten, konzeptionellen Themen sowie für die objektspezifische Umsetzung auf den ATG Abschnitten Nord, GBT und Süd erfolgt im Rahmen der Arbeitsgruppe "Erhaltung Gotthard". Die Organisation der AGr muss für die Phase Umsetzung angepasst werden. Die Fragen der Entwicklung neuer Mittel und Methoden sind auch für B2000-Strecken und evtl. weitere Strecken des SBB-Netzes von Interesse. Diese Arbeiten müssen in enger Zusammenarbeit unter der Federführung der Stammorganisation SBB durchgeführt werden. Ein entsprechender Organisationsvorschlag von Seite ATG-Bt liegt vor.

B.7 Einbau

B.7.1 Ausgangslage

Hochkomplexe Planungsaufgabe

Der Einbau der bahntechnischen Ausrüstung in den Gotthard-Basistunnel ist eine Aufgabe von höchster Komplexität, die einer äusserst gründlichen und umfangreichen Vorbereitung bedarf. Für das Gesamtterminprogramm des GBT wird zugrundegelegt, dass die bahntechnische Ausrüstung bereits ca. ein Jahr nach der rohbaumässigen Fertigstellung des letzten Tunnelabschnittes abgeschlossen sein muss, einerseits um die Strecke möglichst früh in Betrieb nehmen zu können, andererseits um die Zinskosten zu minimieren.

Sehr hohe Einbauleistungen...

Der Einbau erfolgt deshalb konzentriert rund um die Uhr im Mehrschichtbetrieb. Die somit benötigten Einbauleistungen übertreffen deutlich diejenigen des Eurotunnels sowie der in den letzten Jahren in der Schweiz ausgerüsteten Tunnels (Heitersberg, Zürichberg, Grauholz).

...auch in den Doppelspurtunneln

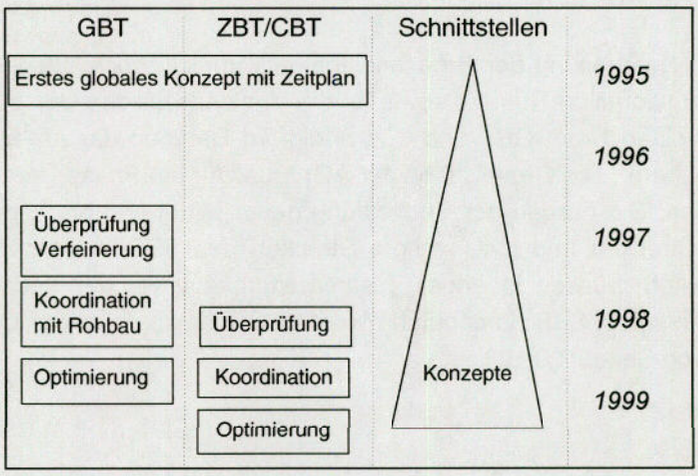
Auch in den Tunnels der Zufahrtstrecken (Zimmerberg- und Ceneri-Basistunnel) muss der Bahntechnik-Einbau rasch erfolgen. Auch in diesem Fall erfolgt der Einbau wesentlich schneller als bisher üblich war.

B.7.1.1 Bisherige Arbeiten

Fortlaufende Bearbeitung seit Vorprojekt 93

Im Rahmen des Vorprojektes wurde für den Gotthard-Basistunnel ein Modell für den Einbau der bahntechnischen Ausrüstung ausgearbeitet [Bt.E]. 1994 sind für die Abschnitte Nord und Süd ebenfalls Einbaumodelle erstellt worden. Während der Bearbeitung des Auflageprojektes Gotthardbasistunnel wurden 1995 die Einbaumodelle überarbeitet und verfeinert [EP.A]. Insbesondere wurde der Ablauf des Bahntechnikeinbaus festgelegt und die zeitlichen Aspekte betrachtet [EP.B] [EP.C].

Abbildung 64 Der laufende Prozess der Einbauplanung



Planung mit den Rohbauarbeiten kompatibel...

Für das Bauprojekt und die Ausschreibungsphase des GBT mussten die Schnittstellen zwischen den Phasen Rohbau und Einbau Bahntechnik detailliert (Stromversorgung, Lüftung, usw.) und in Form von Bahntechnik-Vorgaben an den Bau dokumentiert werden (1997) [Bt.F] [EP.D] [EP.E] [EP.G]. Gleichzeitig wurde das

Einbauszenario GBT verfeinert; insbesondere sind die Einbauschritte auf Ihre Machbarkeit und Anforderungen geprüft worden (Logistik, Ressourcen, usw.); die nötigen Ressourcen wurden abgeschätzt; die Kompatibilität der Terminpläne Rohbau und Bahntechnik wurde ebenfalls untersucht, insbesondere bei den Multifunktionsstellen [EP.F] [EP.H] [EP.I].

...auch unter Einbezug der Knoten...

Anschliessend wurde 1998 das Thema der Koordination Rohbau - Bahntechnik in Zusammenarbeit mit den Abschnitten Nord und Süd angegangen. Insbesondere sind die Hauptschnittpunkte - hauptsächlich im Bereich der Nothaltestellen und der Anschlüsse an die Stammlinie - untersucht worden [EP.N].

Im Rahmen des Auflageprojektes „Zimmerberg Teil 2, Variante mit Vortrieb ab Nidelbad" wurde 1998 die Einbauplanung für die Tunnels der Zufahrtstrecken (Zimmerberg, Ceneri) überprüft und verfeinert [EP.M].

B.7.1.2 Ziel

Dieses Dokument als Übersicht über die geleisteten Arbeiten...

Ziel dieses objektübergreifendes Kapitels zusammen mit den objektspezifischen Kapiteln ist es, den aktuellen Stand des Wissens darzulegen, indem eine vollständige Übersicht über die bisherigen Untersuchungen und Studien gegeben wird. Da die Details der Einbauplanung den technischen Unterlagen entnommen werden können, sind sie nicht Gegenstand dieses Kapitels.

...in Bezug auf die relevanten Fragen

Auf die folgenden Themen wird eingegangen:

- Wieviel Zeit benötigt der Einbau der Bahntechnischen Ausrüstung?
- In welcher Reihenfolge erfolgt der Einbau in die verschiedenen Tunnels bzw. Tunnelabschnitte?
- Welches sind die Voraussetzungen für den Einbau?
- Wie sieht der Ablauf des Einbaus aus (Systematisierung)? Realisierbarkeit?
- Welches sind die Schlüsselaktivitäten?
- Wie wird bei den Schnittstellen mit dem Rohbau vorgegangen?

Allgemeiner Teil im Kapitel B...

In diesem objektübergreifenden Kapitel sind hauptsächlich die allgemeingültigen Grundlagen, Annahmen und Abläufe beschrieben. Zwecks Übersichtlichkeit sind auch übergeordnete, jedoch objektspezifische Aspekte wie die Geographie, behandelt.

...spezifische Teile in C

In den objektspezifischen Kapiteln C.2.6, C.3.6 und C.4.6 befinden sich die Einbauprogramme.

B.7.1.3 Abgrenzung

Ungenaue terminliche Vorgaben...

Unter Umständen könnte die Bahntechnik von Generalunternehmern eingebaut werden. In solchen Fällen werden das definitive Einbauprogramm und die Ausrüstung der Installationsplätze durch den Unternehmer bestimmt. Der technologische Fortschritt, sowie das bis zum letzten Vortriebstag nicht genau bekannte Terminprogramm des Rohbaus werden ebenfalls das Einbauprogramm beeinflussen.

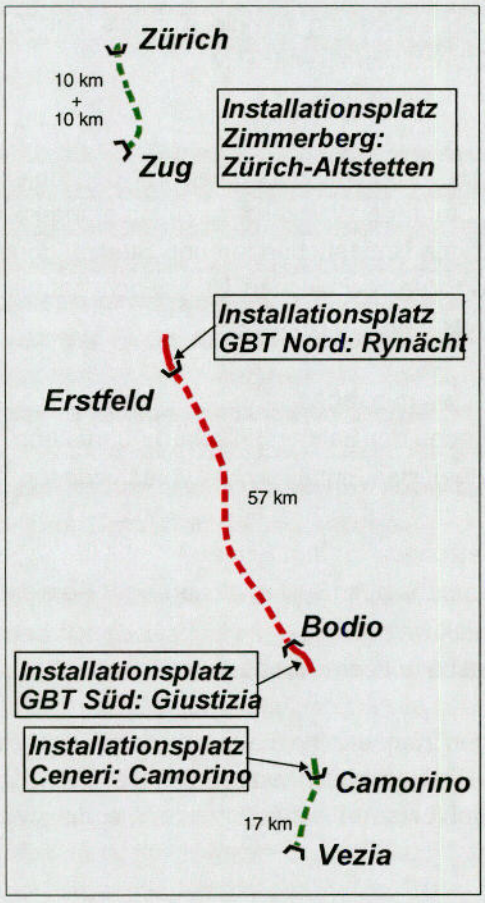
...beschränken den Detailierungsgrad des Einbaukonzeptes

Aus diesen Gründen wird von der Bahntechnik in der jetzigen Projektphase nur *ein machbares Modell* erstellt und überprüft, damit

- die wichtigsten Merkmale des Bahntechnikeinbaus (gemäss Kapitel B.7.1.2) erkannt bzw. überprüft und festgelegt werden
- für die Koordination mit den Rohbauabschnitten vernünftige, von allen Seiten erfüllbare Rahmenbedingungen bezüglich Terminplanung und zur Verfügung stehender Infrastruktur (Installationsplatzfläche, Erschliessung Baustrom, usw.) festgelegt werden können

B.7.2 Geographie, Lage der Installationsplätze

Abbildung 65 Installationsplätze



B.7.2.1 Zimmerberg-Basistunnel

Zweiteiliger Tunnel

Der doppelspurige ZBT besteht aus einem B2000-Teil (erste ca. 10 km ab Zürich) mit Ausfahrt in Nidelbad nach Thalwil und einem AlpTransit-Teil (ca. 10 km südlich ab Nidelbad).

Die Variante „mit Vortrieb ab Nidelbad" wurde untersucht...

Nur die Variante „mit Vortrieb von Nidelbad nach Litti", in der die Tunnelbohrmaschine des B2000-Teils für AlpTransit weiterverwendet wird, wurde ausführlich untersucht [EP.J]. Da es aus Umweltverträglichkeitsgründen nicht erwünscht ist, einen bahntechnischen Installationsplatz beim Tunnelportal Litti zu erstellen, ist mit relativ langen Bautransporten zu rechnen (vorwiegend über in Betrieb stehenden Strecken). Deshalb handelt es sich um eine für den Bahntechnikeinbau ungünstigere Variante als die Rohbau-Grundvariante mit Vortrieb ab Litti.

...mit einem Installationsplatz in Altstetten

Der Standort des Installationsplatzes für den bahntechnischen Einbau ist noch nicht endgültig festgelegt. In der untersuchten Variante wurde der Raum Zürich-Altstetten gewählt (Wiederverwendung des Installationsplatzes des B2000-Teils). Nur die Betonzentrale befindet sich in Sihlwald (Installationsplatz für den Rohbau des AlpTransit-Teils schon vorhanden).

B.7.2.2 Gotthard-Basistunnel

Teilabschnittsweise Ausrüstung...

Die zwei Einspurröhren des GBT (Länge 57 km) werden teilabschnittsweise der Bahntechnik übergeben, so dass ein gestaffelter Einbau der bahntechnischen Ausrüstung möglich ist.

...ab Rynächt...

Der Installationsplatz Nord, aus dem etwa die nördliche Hälfte des GBT ausgerüstet wird (33 km), befindet sich in Rynächt, ca. 1.5 km vom Tunnelportal entfernt.

...und voraussichtlich Biasca

In der untersuchten Variante befindet sich der Installationsplatz Süd, aus dem die südlichen 24 km des GBT ausgerüstet werden, in Biasca in etwa 6 km Entfernung vom Tunnelportal [Bt.F].

B.7.2.3 Ceneri-Basistunnel

Installationsplatz beim Nordportal in Camorino

Der Installationsplatz für die bahntechnische Ausrüstung des doppelspurigen, 17 km langen CBT, befindet sich in Camorino, in einer Entfernung zum Nordportal von wenigen hundert Metern.

B.7.3 Annahmen

B.7.3.1 Trennung Rohbau - Einbau Bahntechnik

Keine lokale Mischung Rohbau-Bahntechnik...

Die bahntechnische Ausrüstung eines Tunnels bzw. Tunnelabschnittes erfolgt erst nach der Vollendung aller Rohbauarbeiten (als Ausnahmen gelten die Multifunktionsstellen im GBT) [EP.K] [EP.L].

...bedingt klare Abnahmeverfahren

Die Einbauprogramme der Bahntechnik enthalten keine Zeiten für Abnahmeaktivitäten des Rohbaus, d.h. dass am Anfang der Einbauphase die Bauten in abgenommenem Zustand zur Verfügung stehen. Zudem wird davon ausgegangen, dass die Bauten in gereinigtem Zustand der Bahntechnik übergeben werden.

Somit lässt sich eine optimale Unabhängigkeit zwischen den Rohbauarbeiten und dem Einbau der Bahntechnik erreichen.

B.7.3.2 Teilabschnittsweise Ausrüstung

Gleichzeitigkeit Rohbau-Bahntechnik trotzdem notwendig...

Das Ziel einer raschen Inbetriebnahme des GBT nach Vollendung der Rohbauarbeiten lässt sich nur erreichen, wenn die bahntechnische Ausrüstung des Tunnels von den Portalen aus schon beginnt, bevor die Vortriebsphase in den mittleren Abschnitten (zwischen und in der Nähe der Multifunktionsstellen) abgeschlossen ist.

...erreicht durch Unterteilung des Tunnels...

Zu diesem Zweck wird der Tunnel in Teilabschnitte unterteilt:

(Erstfeld - Amsteg) Nordteil	(Erstfeld - Amsteg) Südteil	(Amsteg - Sedrun)
(Sedrun - Faido) Nordteil	(Sedrun - Faido) Südteil	(Faido - Bodio) Nordteil
(Faido - Bodio) Südteil		

...und vollständige Trennung Ost-West

Zusätzlich werden die Ost- und die Weströhre grundsätzlich unabhängig voneinander ausgerüstet.

Die Abgrenzungen innerhalb der Abschnitte Erstfeld - Amsteg, Sedrun - Faido und Faido - Bodio entsprechen keiner rohbautechnischen Bedingung. Sie können sich durchaus im Laufe der Einbauplanung verschieben.

Gleichzeitig vier Einbaustellen im GBT...

Es wird angenommen, dass gleichzeitig vom Norden und vom Süden aus in beiden Tunnelröhren eingebaut wird, d.h. es wird simultan an vier Baustellen gearbeitet. Jedoch ist bei jedem Portal jeder Fachdienst nur einmal vorhanden, d.h. dass pro Portal immer zwei Baustellen verschiedener Art vorhanden sind.

...aber nur eine im ZBT...

Der Zimmerberg-Basistunnel Teil 2 wird voraussichtlich als *ein* Block angesehen, und die Bahntechnik nur von einem Portal aus eingebaut.

...und voraussichtlich auch im CBT

Der Einbau in den Ceneri-Basistunnel wurde noch nicht detailliert untersucht. Aufgrund der Ähnlichkeiten mit dem Zimmerberg-Basistunnel konnte die Einbaudauer trotzdem abgeschätzt werden.

B.7.3.3 Systematisierung

Überall gleicher Ablauf

Der Einbau der bahntechnischen Ausrüstung in die verschiedenen Abschnitte läuft prinzipiell immer gleich ab. Unterschieden wird nach Streckentyp, d.h. Einspurtunnel, Doppelspurtunnel, Strecken im Freien.

B.7.3.4 Trennung der Fachdienste

Keine lokale Mischung der Fachdienste

In einem Doppelspurtunnel bzw. in einer Röhre eines Teilabschnittes des GBT ist immer nur ein Fachdienst aktiv.

Dieser sequentielle Ablauf mit vollständiger Trennung der Fachdienste minimiert die Schnittstellen und die Reibungsverluste zwischen den Fachdiensten und vereinfacht die Planung.

B.7.3.5 Arbeitsdauer

Auf allen Einbaustellen wird 320 Tage/Jahr gearbeitet.

Grundsätzlich wird davon ausgegangen, dass in den Tunnels der Zufahrtstrecken (ZBT, CBT) pro Tag in 3 Arbeitsschichten zu je 8 Stunden gearbeitet wird.

3x8 Stunden Arbeit...

In Bereichen mit schlechten Klimabedingungen im GBT und langen Transportwegen wird damit gerechnet, dass pro Tag in 4 Arbeitsschichten zu je 6 Stunden gearbeitet wird.

...ausser mitten im GBT (4x6 Stunden)

B.7.3.6 Installationsplätze Bahntechnik

Die Installationsplätze stehen rechtzeitig, möglichst in unmittelbarer Nähe des Tunnelportals, im benötigten Umfang und mit der benötigten Infrastruktur zur Verfügung (siehe Kapitel B.7.2)

Verfügbarkeit der Installationsplätze

B.7.3.7 Lüftung/Kühlung während der Einbauphase

Während der Einbauaktivitäten muss ein akzeptables Klima vorhanden sein. Die Temperatur sowie die Luftfeuchtigkeit müssen in Grenzen gehalten werden.

Das Klima muss akzeptabel sein...

In Bezug auf Staub müssen die Abschnitte, wo schmutzige Rohbauarbeiten erfolgen, von den in der Einbauphase stehenden Abschnitten angemessen abgeschottet sein.

...was Abschottung vom Rohbau bedingt

B.7.3.8 Baustromversorgung

Zu Einbaubeginn steht in den Tunnels bzw. Teilabschnitten die Baustromversorgung des Rohbaus für die Bahntechnik zur Verfügung.

Baustrom wird vom Rohbau übernommen

B.7.3.9 Erhaltung der ausgerüsteten Streckenabschnitte

Gewisse Streckenabschnitte werden einige Jahre vor Aufnahme des Vollbetriebs ausgerüstet. In den Einbauterminplänen sind für Erhaltungstätigkeiten keine spezifischen Zeiten vorgesehen, da davon ausgegangen wird, dass die Erhaltung dieser Anlagenteile ohne wesentliche Beeinträchtigung der Einbauleistungen durchgeführt werden kann.

Erhaltung ausgerüsteter Abschnitte wird vernachlässigt

B.7.3.10 Baukommunikation

Jede Baustelle wird mit Kommunikationsmitteln ausgerüstet, die einen Echtzeit-Informationsaustausch mit dem Logistikzentrum bzw. dem Installationsplatz gewährleistet.

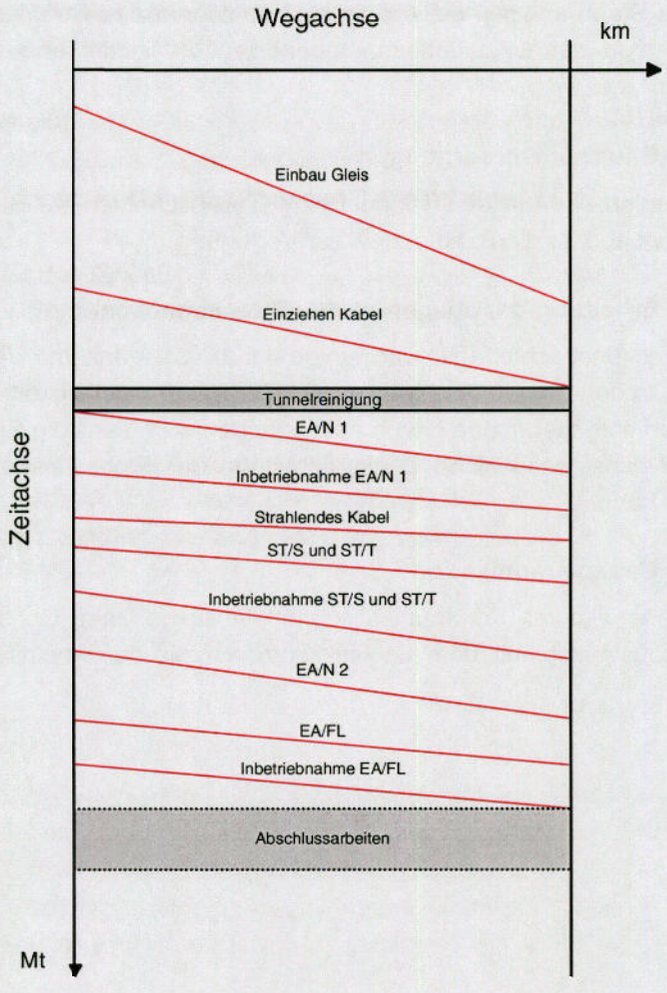
B.7.4 Übergeordneter Ablauf

Standardisierter Einbauablauf

Der generelle Einbauablauf der Bahntechnik in einem Normabschnitt des GBT sowie der CBT und ZBT sieht folgendermassen aus [EP.A] [EP.I]:

0. Der saubere, rohbaumässig fertig gebaute Tunnelabschnitt wurde abgenommen
1. Gleis verlegen
2. Kabel in die Rohrblöcke einziehen
3. Tunnel reinigen
4. Elektrische Anlagen, Mittel- und Niederspannungsanlagen in den technischen Nischen einbauen
5. Strahlendes Kabel (für den Funk) verlegen
6. Signalanlagen und Telekommunikation in den Nischen und am Gleis installieren
7. Elektrische Anlagen, Beleuchtung, Steckdosen und diverses installieren
8. Bahnstromversorgung bei den Einspeisepunkten bauen
9. Fahrleitung einbauen
10. Abschlussarbeiten / Abnahme / Tests

Abbildung 66 Übergeordneter, grober Einbauablauf (schematisch)



B.7.4.1 Einbauleistungen im Gotthard-Basistunnel

Unter Berücksichtigung eines Vierschichtenbetriebes und 320 Arbeitstagen pro Jahr (siehe B.7.3.5) ergeben sich die folgenden Einbauleistungen und Personalbedarf für die verschiedenen Einbauschritte:

Einbauleistung an die Spezifizitäten des GBT angepasst

Tabelle 17 Einbauleistungen im GBT (ohne Zuschläge)

	Tätigkeit	Leistung [/Tag]	Personal [/Schicht]
1	Gleis einbauen	162 m	52
2	Kabel einziehen	650 m	8
3	Tunnelreinigung	1000 m	8
4	Elektrische Anlagen, Mittel- und Niedersp. in Nischen	650 m	14
4a	Elektrische Anlagen, Inbetriebnahme	1300 m	14
5	Strahlendes Kabel	2000 m	6
6	Signalanlagen und Telekom in Nischen und am Gleis	1300 m	7
6a	Prüfung und Inbetriebnahme Signalanlagen und Telekom	650 m	7
7	Elektrische Anlagen, Beleuchtung, Steckdosen, Diverses	650 m	8
8	Bahnstromversorgung bei den Einspeisepunkten	1 Weiche / 14 Tage	17
9	Fahrleitung einbauen	1000 m	58
9a	Inbetriebnahme der Fahrleitung	1000 m	10
10	Abnahme / Tests		

Bemerkung: eine Distanz von 650 m entspricht dem Abstand zwischen zwei mit bahntechnischen Anlagen ausgerüsteten technischen Nischen

B.7.4.2 Einbauleistungen in den Doppelspurtunnels

Einbauleistung für die Doppelspurtunnels angepasst

Unter Berücksichtigung eines Dreischichtenbetriebs und 320 Arbeitstagen pro Jahr (siehe B.7.3.5) ergeben sich die folgenden Einbauleistungen und Personalbedarf für die verschiedenen Einbauschritte:

Tabelle 18 Einbauleistungen in CBT und ZBT (ohne Zuschläge)

	Tätigkeit	Leistung [Gleismeter / Tag]	Personal [/Schicht]
1	Gleis einbauen im Zimmerberg	162 m [1)]	42
1	Gleis einbauen im Ceneri	216 m [1)]	42
2	Kabel einziehen	1000 m	8
3	Tunnelreinigung	1000 m [2)]	8
4	Elektrische Anlagen, Mittel- und Niedersp. in Nischen	1000 m	28
4a	Elektrische Anlagen, Inbetriebnahme	2000 m	28
5	Strahlendes Kabel	2000 m [2)]	6
6	Signalanlagen und Telekom in Nischen und am Gleis	2000 m	14
6a	Prüfung und Inbetriebnahme Signalanlagen und Telekom	1000 m	14
7	Elektrische Anlagen, Beleuchtung, Steckdosen, Diverses	1000 m	16
8	Bahnstromversorgung bei den Einspeisepunkten	-	-
9	Fahrleitung einbauen	1000 m	58
9a	Inbetriebnahme der Fahrleitung	1000 m	10
10	Abnahme / Tests		

Bemerkung: eine Distanz von 500 m entspricht dem Abstand zwischen zwei technischen Nischen.

[1)] = Im Ceneri-Basistunnel können die Gleisroste auf dem Installationsplatz vormontiert werden und zur Baustelle transportiert werden. Beim Zimmerberg-Basistunnel mit der Variante „Installationsplatz in Altstetten" ist das wegen zu engen Radien der Transportwege unmöglich (das Gleis muss vor Ort montiert werden, d.h. im Tunnel), und der Einbau erfolgt entsprechend langsamer

[2)] = Leistung in [Tunnelmeter/Tag] und nicht [Gleismeter/Tag]

Zugang zu den Baustellen einfacher als im GBT

Die Tagesleistungen pro Gleis sind zum Teil wesentlich höher als im GBT, vor allem weil in den Doppelspurtunnels beide Gleise gleichzeitig vom gleichen Fachdienst ausgerüstet werden, und Optimierungen daraus resultieren. Zusätzlich ist der Zugang zu den Baustellen einfacher.

B.7.5 Schlussfolgerungen

Erste Ziele erreicht...

Im Rahmen der Verfeinerung der Einbaukonzepte konnten die folgenden Ziele erreicht werden:

- Es wurde festgestellt, dass die Terminprogramme der Projektingenieure für den Rohbau mit denjenigen der Bahntechnik übereinstimmen, und die dort bezüglich Einbaudauer getroffenen Annahmen wurden bestätigt.
- Die Vorgaben der Bahntechnik an den Rohbau konnten präzisiert werden.
- Ein möglicher Ablauf für den Einbau wurde festgelegt und seine Machbarkeit nachgewiesen.

...es geht weiter

In Zukunft wird man sich auf die folgenden Themen konzentrieren:

- Optimierung des bahntechnischen Einbaus
- Fortsetzung der Koordinationsarbeiten mit den Abschnitten Rohbau
- Definition der Randbedingungen zu Handen der Submission der bahntechnischen Ausrüstungen.

B.8 Aerodynamik und Klima

B.8.1 Allgemein

B.8.1.1 Einleitung

Achsübergreifend

Ziel: Die Schweizerischen Eisenbahngesellschaften verfügen im Bau, Betrieb und Unterhalt von Tunneln über eine mehr als hundertjährige Erfahrung mit den bestehenden Alpentunneln wie Gotthard, Simplon, Lötschberg oder dem neuen Furkatunnel. Bei den geplanten AlpTransit Basistunneln wird jedoch in verschiedener Hinsicht Neuland beschritten. Daraus ergeben sich drei Themenbereiche mit neuen Fragestellungen, die achsübergreifend behandelt werden [AK.A] [AK.B] [AK.C]:

Aerodynamik

- Aerodynamik: Mit den beiden Basistunneln wird ein neues Zeitalter eingeläutet. In den Tunneln werden Höchstgeschwindigkeiten von 200 km/h, in Ausnahmefällen 230 – 250 km/h, angestrebt. Dies bedeutet gegenüber den bisherigen Geschwindigkeiten fast eine Verdoppelung mit entsprechenden Konsequenzen für die Aerodynamik des Systems Zug-Tunnel.

Tunnelklima

- Tunnelklima: Die geplanten Basistunnel werden gegenüber den bestehenden Bauwerken noch einmal deutlich verlängert und das Konzept der Basistunnel führt zu einer grösseren Überdeckung mit entsprechend höheren Gebirgstemperaturen. Beide Parameter beeinflussen das zu erwartende Tunnelklima nachhaltig.

Sicherheit

- Sicherheit: Durch die Tunnellänge von deutlich über 20 km ergeben sich bezüglich der Sicherheit, insbesondere für den Brandfall und die Freisetzung, neue Aspekte und Fragestellungen.

B.8.1.2 Grundsätze

Allgemeine Grundsätze

Von den im Kapitel B.1.1 (Grundsätze, Festlegungen) definierten, grundlegenden Konzepten kommen im Bereich Aerodynamik und Klima den drei folgenden besondere Bedeutung zu:

- Integrales System
  Es wird ein Bahnsystem projektiert und gebaut und nicht einzelne, unabhängige Elemente. Die einzelnen aero- und thermodynamischen Effekte sind zu einem integralen Ganzen zusammenzufügen.
- Einfachheit, Verfügbarkeit
  Die Technik muss auf die wesentlichen Aufgaben konzentriert werden. Durch diese Minimierung der Anzahl Komponenten resultiert ein Maximum an Verfügbarkeit. Die aero- und thermodynamischen Massnahmen haben sich an diesem übergeordneten Grundsatz zu orientieren.
- Klare, einheitliche Abläufe
  Die technischen Systeme sind so auszurichten, dass klare, einfache und einheitliche Abläufe (Betrieb) resultieren.

Grundsätze Aerodynamik und Thermodynamik

Daneben existieren die folgenden grundlegenden Eigenschaften, die spezifisch für den Bereich Aerodynamik und Klima gelten. Sie sind bei allen Arbeiten als Basis resp. Leitfaden zu benutzen:

- Die Luftströmung in den Hauptröhren wird dominant durch die Zugbewegungen beeinflusst.

- Das zeitliche Verhalten von stationären Luftströmungen ist kaum beeinflussbar.
- Die Temperatur und die Luftfeuchtigkeit werden in erster Linie durch den Energieeintrag der Züge und durch die Verdampfung von Wasser bestimmt.
- Um obige Bedingungen zu verändern muss mindestens ein gleich grosser Energiebetrag aufgewendet werden (wie derjenige durch die Züge).
- Eine künstliche Lüftung kann u.U. wegen dem Energieeintrag die Temperatur sogar erhöhen.
- Die Anzahl der verschiedenen Luftströmungszustände ist riesig und kaum im gesamten vorhersagbar oder beeinflussbar.

B.8.2 Klima im GBT

B.8.2.1 Übersicht

Tunnelklima entscheidend für einen zuverlässigen Betrieb

Unter dem Tunnelklima wird der zeitliche und örtliche Verlauf der Temperatur, der Luftfeuchtigkeit und der Luftgeschwindigkeit im Tunnel verstanden. Das Tunnelklima hat damit einen entscheidenden Einfluss auf einen zuverlässigen Betrieb der Basistunnel und ist deshalb, nicht nur unter dem Aspekt der Wirtschaftlichkeit, sondern auch bezüglich der Sicherheit von absolut vorrangiger Bedeutung. Wichtig für einen reibungslosen Betrieb ist vor allem die Höhe der relativen Luftfeuchtigkeit und der Temperatur [AK.D].

Die Bestimmung des zu erwartenden Tunnelklimas ist von einer Vielzahl von Einflussfaktoren abhängig, die in einer komplexen Art und Weise miteinander verknüpft sind. Ein Hauptproblem liegt darin, dass nicht auf vorhandene Verfahren, Grundlagen etc. abgestellt werden kann, sondern dass die gesamte Methodik von Grund auf neu erarbeitet werden muss. Zum besseren Verständnis der Zusammenhänge werden die wichtigsten Einflussfaktoren im folgenden kurz erläutert:

Traktionswärme

- Traktionswärme
  Der weitaus grösste Anteil der von den Lokomotiven aufgenommenen elektrischen Energie wird im Tunnel in Wärme umgewandelt. Diese Wärmemenge führt zu einem Anstieg der mittleren Temperaturen.

Kolbeneffekt der Züge

- Luftwechsel
  Die Züge erzeugen auf ihrer Fahrt durch den Tunnel Strömungen (Kolbeneffekt). Dieser Luftwechsel hat eine von der Temperatur und der Feuchtigkeit der Aussenluft abhängige Kühlwirkung zur Folge [AK.E]. Spezielle Bedingungen herrschen temporär lokal bei Erhaltungsarbeiten.

Luftwiderstand

- Tunnelaerodynamik
  Die Tunnelaerodynamik beeinflusst das Tunnelklima über zwei Wege:
  - Der Luftwiderstand eines Zuges bestimmt im Tunnel wesentlich die von den Lokomotiven aufgenommene Leistung und beeinflusst damit direkt die schon erwähnte Traktionswärme [AK.F] [AK.G].
  - Analog zum Luftwiderstand des Zuges beschreibt der Tunnelreibungskoeffizient den aerodynamischen Widerstand des Tunnels gegenüber der Luftströmung. Bei grösserem Reibungskoeffizient erhöhen sich die Verluste, was zu einer niedrigeren Strömungsgeschwindigkeit und somit zu einem geringeren Luftwechsel führt [AK.H] [AK.I].

Wärmetransport der Züge

– Wärmetransport der Züge
Durch die Erwärmung der Züge wird der Tunnelluft Energie entzogen und sie wird gekühlt. Dieser Mechanismus leistet neben dem Luftwechsel den wichtigsten Beitrag zur Kühlung der Tunnel und wird als Wärmetransport der Züge bezeichnet [AK.J].

Ursprungstemperatur

– Ursprungstemperaturen
Bei Tunnels mit hoher Überdeckung stellt auch der Fels eine Wärmequelle dar. Die Höhe der Ursprungstemperaturen ist vor allem für die Dimensionierung der Baukühlung wichtig. Im Betrieb wird die Auskühlung des Gesteins schon so weit vorangeschritten sein, dass die Energiezufuhr durch den Fels deutlich unter dem Wert der Traktionswärme liegt.

Wasserverdunstung

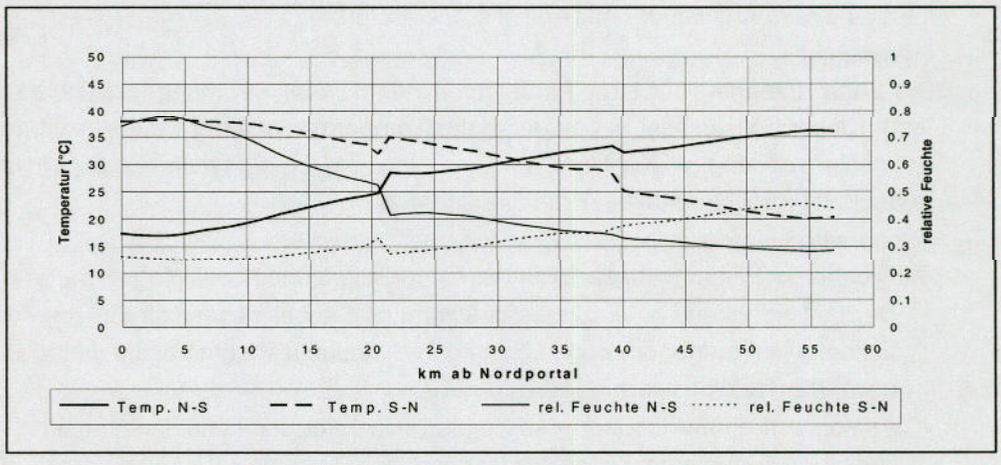
– Kondensation und Wasserverdunstung
Die für die Verdunstung notwendige Energie wird der Tunnelluft entzogen. Umgekehrt wird beim Kondensationsprozess Energie freigesetzt. Damit hat die Menge des eingetragenen Wassers und der Anteil der davon tatsächlich verdunstet bzw. die Menge kondensierenden Wassers nicht nur einen Einfluss auf die Luftfeuchtigkeit, sondern auch auf die Temperaturen im Tunnel [AK.K] [AK.L] [AK.M] [AK.N].

B.8.2.2 Betriebsfall

Im Normalbetrieb keine Lüftung nötig

Im Normalbetrieb wird der Basistunnel durch die fahrenden Züge mit Frischluft versorgt. Die Einspurröhren und die den Querschnitt mehr oder weniger versperrenden Züge wirken wie eine Kolbenpumpe. Dadurch kann gewährleistet werden, dass das Tunnelinnere von den Portalen her mit genügend Frischluft versorgt wird, so dass für die Reisenden in den Zügen sowie für das Zugpersonal nie eine Gefährdung (Frischluftmangel) entstehen kann. Ein Grossteil der von den Zügen umgesetzten Leistung resultiert als Luftbewegung und führt zum erwünschten Effekt der Lufterneuerung. Die Züge wirken also bereits als aktive Längslüftung mit mehreren MW Leistung. Die Notwendigkeit einer zusätzlichen Zuführung von Frischluft im Normalbetrieb ist dadurch nicht gegeben.

Abbildung 67 Temperaturen und Luftfeuchtigkeit im Gotthard-Basistunnel (Sommer, Spurwechsel offen)



Rückfallebenen

Die erwarteten Temperaturen sind im Vergleich zu bestehenden Tunneln hoch, liegen aber gerade noch innerhalb von akzeptablen Grenzen (vgl. Abbildung 67.). Die Voraussagen sind allerdings mit einer relativ grossen Unsicherheit behaftet, als Konsequenz davon sind sogenannte Rückfallebenen vorgesehen. Darunter wer-

den Massnahmen verstanden, die im Bedarfsfall die Temperaturen im Tunnel zu senken vermögen (vgl. Kapitel B.8.3).

B.8.2.3 Erhaltungsfall

Erhaltung, bei Bedarf mobile Kühleinrichtungen

Der Unterhaltsfall stellt aus Sicht Aerodynamik&Klima vom Prinzip her den geplanten Stillstand von Zügen über längere Zeit in einem definierten Sektor des Tunnels dar. Wie im Störungsfall ist mit örtlichen Temperaturerhöhungen zu rechnen. Zur Einhaltung der gesetzlich gegebenen Arbeitsbedingungen ist vorgesehen, allfällig notwendige Kühlungs- und Lüftungssysteme nicht in die feste Infrastruktur des Tunnels einzubauen, sondern diese als mobile Einrichtungen mit den Unterhaltszügen in den gesperrten Abschnitt zu bringen.

B.8.2.4 Grenzwerte

Klimagrenzwerte

Im folgenden Abschnitt sind die getroffenen Annahmen bezüglich Klimagrenzwerte zusammengestellt, die für einen sicheren und zuverlässigen Betrieb des GBT nicht überschritten werden sollten. Es wird unterschieden zwischen:

- Situation in den Fahrröhren
- Situation in den Querschlägen (technische Nischen)

Im vorliegenden Abschnitt bezieht sich der Begriff Grenzwert im Sinne einer Vereinfachung immer auf den lokal im Raum auftretenden Maximalwert. Beispielsweise wird die Grenztemperatur als Jahreshöchstwert definiert, der irgendwo im betrachteten Bereich auftreten kann. Eventuelle Wärmestaus in den Kabelrohrblökken, Schränken etc. werden dabei nicht berücksichtigt [AK.O].

B.8.2.4.1 Situation in den Fahrröhren

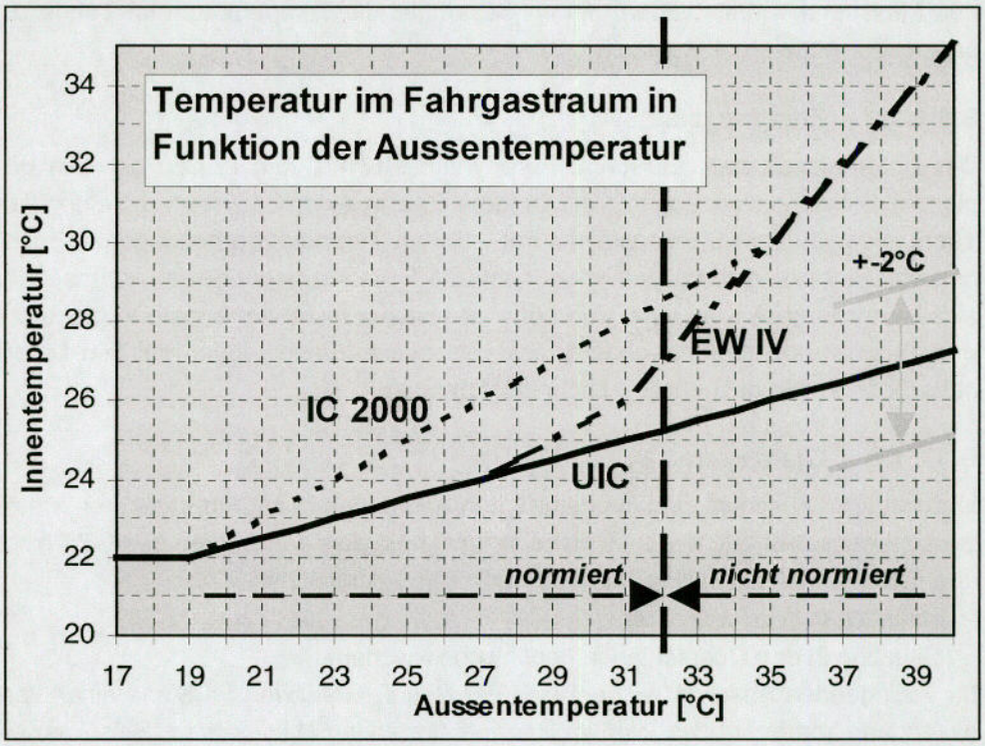
Situation in den Fahrröhren

a) Rollmaterial

- Klimaanlagen

  Das Merkblatt 553 des UIC-Kodex normiert die Lüftungs-, Heizungs- und Klimatisierungseinrichtungen der Reisezugswagen im internationalen Verkehr. Für die Führerräume ist das Merkblatt 651 zuständig.

Abbildung 68 Temperatur im Fahrgastraum



Klimaanlagen Rollmaterial T≤ 35°C

Gemäss UIC 553 beträgt die maximal erlaubte Aussentemperatur +32°C. Zusätzlich zur externen Temperatur ist die Sonneneinstrahlung berücksichtigt. Das Merkblatt gibt keine Hinweise dazu, wie sich die Klimaanlage verhalten soll falls diese Grenze überschritten wird. Die Klimaanlagen von schweizerischen Eisenbahnwagen (EW-IV, IC-2000, schweizer RIC) sind so konzipiert, dass sie auch über 32°C versuchen, den Wagen zu kühlen (vgl. Abbildung 68).

Da in den Tunnels keine Sonneneinstrahlung vorhanden ist, sind die Ansprüche an die Kühlaggregate reduziert. Konservative Abschätzungen ergeben: In Abwesenheit einer Sonneneinstrahlung darf die Temperatur der Aussenluft permanent 35°C (statt 32°C gemäss UIC 553) betragen, ohne die Funktionstüchtigkeit der Klimaanlage der Wagen zu beeinträchtigen. Das im Fall der Führerräume relevante Merkblatt UIC 651 legt keine maximale Aussentemperatur fest.

Einfluss von korrosiven Salzen

Der Einfluss der Luftfeuchtigkeit auf die Klimaanlage ist schwer abschätzbar, sollte allerdings kein Problem ergeben. Bei sich regelmässig wiederholenden Durchfahrten kann der Einfluss von korrosiven Salzen jedoch eine Rolle spielen.

Komfort der Reisenden bei normaler Tunneldurchfahrt gewährleistet

– Komfort der Reisenden

Während einer normalen Tunneldurchfahrt:

Solange die Kühlungsfunktion der Klimaanlage gewährleistet ist, wird keine bemerkenswerte Änderung des Klimas im Wagen erwartet. Im Sommer sollten die Reisenden keine Erwärmung merken. Auch im Winter wird die Erwärmung, obwohl wahrscheinlich bemerkbar, kaum störend wirken.

Bei einem Halt im Tunnel ohne Stromausfall:

Bei funktionierender Klimaanlage wird sich in den Fahrgasträumen eine Temperatur gemäss den Kurven in Abbildung 68 einpendeln.

Bei einem Halt im Tunnel mit Stromausfall:

Die Temperatur im Wageninneren kann im schlechtesten Fall schon nach wenigen Minuten beachtlich steigen, abhängig vom Standort im GBT (vgl. B.8.2.2).

– Güterwagen und LKW

Güterwagen
$T \leq 40°C$

Die klimatische Grenze für Güterwagen und LKW beträgt mindestens 40°C mit 100% relativer Luftfeuchtigkeit. Bei sich regelmässig wiederholenden Durchfahrten könnten langfristig durch den Einfluss korrosiver Salze Schäden entstehen.

– Triebfahrzeuge

Triebfahrzeuge
$T \leq 40°C$
keine Kondensation

In der „Technischen Spezifikation für den Bau von Schienenfahrzeugen für Adhäsionsbetrieb" (Dezember 1992) der SBB sind die für die Triebfahrzeuge zu berücksichtigenden klimatischen Bedingungen festgelegt. Die klimatische Grenze für schweizer Triebfahrzeuge beträgt mindestens 40°C ohne Kondensation. Bei 100% Luftfeuchtigkeit (kondensierend) darf die Aussentemperatur 30°C nicht überschreiten.

Temperaturgradient

Während der Erhaltungsphasen im GBT wird die Gegenröhre im banalisierten Modus befahren. In solchen Fällen kann es geschehen, dass ein Zug bei der Einfahrt in den Tunnel einem Temperaturgradient von bis zu 40°C innerhalb von Sekunden ausgesetzt wird. Dieses Phänomen ist schon im Simplon-Tunnel bekannt und verursacht bei modernem Rollmaterial keine Störungen. Korrosive und staubige Atmosphären sind zulässig, solange sie diejenige des aktuellen Simplon-Tunnels nicht wesentlich übertreffen.

b) Fahrbahn

Gummischuh Fahrbahn

Der einzige auf Temperatur empfindliche Teil der Fahrbahn ist der Gummischuh zwischen der Betonschwelle und der Fahrbahnplatte. Die gegenwärtig eingesetzten Materialien sind bei Temperaturen über 30°C nicht optimal, und andere Werkstoffe müssen verwendet werden. Jedoch handelt es sich nicht um ein besonders kritisches technisches Problem sondern um eine Feinabstimmung, die frühzeitig vorgenommen werden muss.

Korrosive Salze können vor allem die Lebensdauer der Spannklemmen verkürzen. Mit dem Einsatz von verzinkten Elementen wie im Simplon-Tunnel lässt sich dieses Problem ohne Kostensprung lösen. Die klimatische Grenze für die Fahrbahn ist wesentlich höher als 40°C mit 100% relativer Luftfeuchtigkeit. Durch den Einfluss von korrosiven Salzen können langfristig Schäden entstehen; technische Lösungen sind vorhanden. Der Einfluss von Staub ist unwesentlich.

c) Elektrische Anlagen

Elektrische Anlagen $T \leq 40°C$

Die klimatische Grenze für die elektrischen Anlagen in den Fahrröhren beträgt mindestens 40°C mit 100% relativer Luftfeuchtigkeit. Durch den Einfluss von korrosiven Salzen können langfristig Schäden entstehen; technische Lösungen sind vorhanden. Der Einfluss von Staub ist unwesentlich (Ausnahme: evtl. Isolationen).

d) Signalanlagen und Telekom

Signalanlagen und Telekom
$T \leq 40°C$

Die klimatische Grenze für die Signal- und Telekomanlagen in den Fahrröhren beträgt mindestens 40°C mit 100% relativer Luftfeuchtigkeit. Die Weichenantriebe sind auf Staub und korrosive Salze sehr empfindlich (entsprechender Erhaltungsaufwand); die anderen Geräte sind dicht und kaum darauf empfindlich.

e) Erhaltungspersonal

Als Grundlage gilt das Merkblatt „Medizinische Prophylaxe bei Untertag-Arbeiten im feuchtwarmen Klima“ (2869/26.d) der SUVA. Die folgende Tabelle fasst die Situation bei höheren Temperaturen zusammen. Bei Temperaturen ab 28°C ist eine Akklimatisationsphase vorgegeben (grössere Pausen während der ersten zwei Wochen).

Tabelle 19
Quelle: SUVA 286926.d

Temperatur	Feuchtigkeit	Maximale Arbeitsdauer pro Tag bei		
		leichter Arbeit	Mittelschwerer Arbeit	schwerer Arbeit
30°C	100%	8 Stunden	8 Stunden	6 Stunden
35°C	50%	8 Stunden	8 Stunden	6 Stunden
40°C	30%	8 Stunden	8 Stunden	3 Stunden
35°C	70%	8 Stunden	8 Stunden	-
40°C	50%	8 Stunden	4 Stunden	-
35°C	100%	2 Stunden	-	-

Voraussichtlich gehören die meisten Erhaltungstätigkeiten zur Kategorie „leichte Arbeit“ oder „mittelschwere Arbeit“ und nur ausserordentliche zu „schwere Arbeit“.

B.8.2.4.2 Situation in den technischen Nischen

Elektrische Anlagen T ≤ 35°C keine Kondensation

a) Elektrische Anlagen

Die klimatische Grenze für die elektrischen Anlagen in den technischen Nischen beträgt 35°C (evtl. 40°C) mit 70% Luftfeuchtigkeit (nicht kondensierend). Diese technischen Einrichtungen sind für den Einsatz in sauberen Atmosphären konzipiert, sie sind normalerweise nicht geschützt gegen Staub oder korrosive Salze. Es dürfen keine korrosive Salze und kein Staub in die Geräte eintreten können .

Signalanlagen und Telekom T ≤ 40°C keine Kondensation

b) Signalanlagen und Telekom

Die klimatische Grenze für die Signalanlagen in den technischen Nischen beträgt 40°C mit 95% Luftfeuchtigkeit (nicht kondensierend). Bei den Telekommunikationsanlagen beträgt die Grenze 40°C, teilweise 35°C (Datennetze), mit 80% Luftfeuchtigkeit. Es dürfen keine korrosive Salze und kein Staub in die Geräte eintreten können.

c) Erhaltungspersonal

Die Bedingungen sind die gleichen wie in den Fahrröhren.

Zusammenfassung

Die folgende Tabelle stellt eine Zusammenfassung für die klimatischen Grenzen dar. Dort wo diese Grenzwerte eingehalten werden, können die im Erhaltungskonzept der Gotthard-Achse vorausgesetzten Zuverlässigkeiten erreicht werden.

	Temperatur	relative Feuchtigkeit	Staub	Salze
Fahrröhre	35°C	70%	Maximum Simplon	Maximum Simplon
	30°C	100%	Maximum Simplon	Maximum Simplon
techn. Nischen (allgemein)	35°C	70%	Maximum Simplon	Maximum Simplon
techn. Nischen (bei/in Geräten)	35°C	70%	keine	keine

Tabelle 20 Zusammenfassung für die klimatischen Grenzen

B.8.2.5 Fehlerquellen

Die zu erwartenden Temperaturen sind im Vergleich zu bestehenden Tunnels hoch, liegen aber gerade noch innerhalb von akzeptablen Grenzen. Besonders aktuell ist deshalb die Frage nach der Genauigkeit der Voraussagen. Es existieren primär zwei Fehlerquellen:

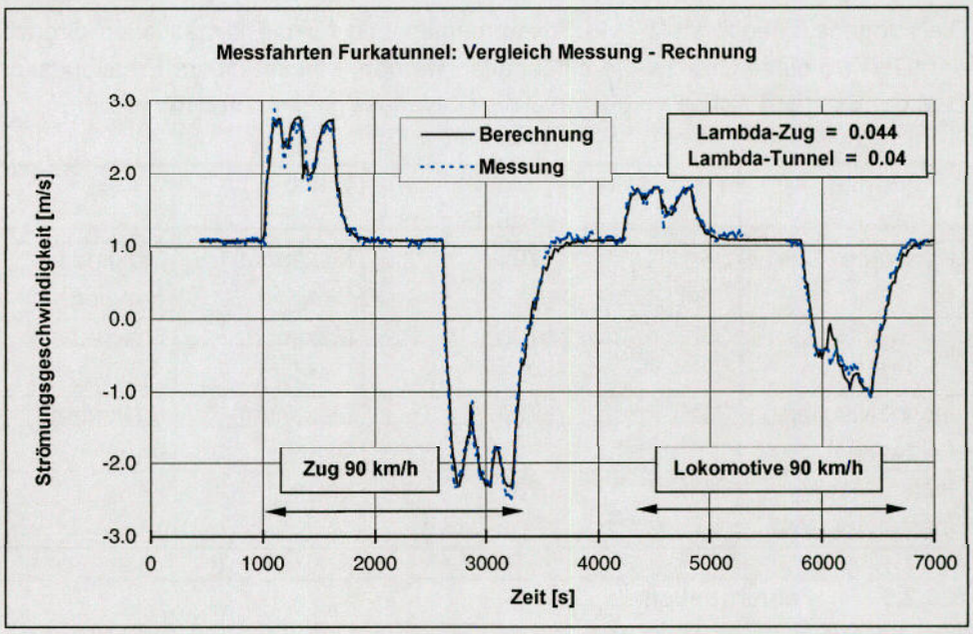
a) Fehler in den Modellen, Programmen

Dieser Fehleranteil ist mit grosser Wahrscheinlichkeit klein (wenige Grad), da aufwendige Kontroll- und Überprüfungsverfahren durchgeführt worden sind.

Fehler in Modellen, Programmen klein

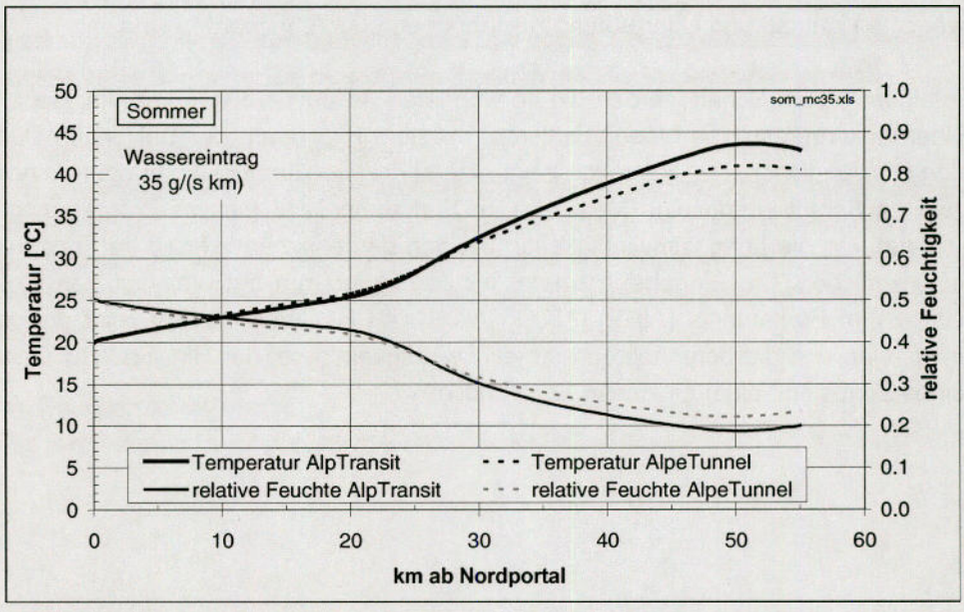
In einem ersten Schritt wurden die verwendeten Aerodynamikprogramme, die auf einem inkompressiblen Modell basieren, mit dem Programm der Universität Dundee GB verglichen. Der Vergleich zeigt eine sehr gute Übereinstimmung. In einem zweiten Schritt wurde eine Messfahrt im Furkatunnel mit diesem Programm gerechnet und die Luftgeschwindigkeiten mit den gemessenen Werten im Furkatunnel verglichen. Die Eingabeparameter für das Programm basieren auf den Messungen im Furkatunnel [AK.P] [AK.Q] [AK.R] [AK.S]. Abbildung 69 zeigt die gemessenen und die berechneten Luftgeschwindigkeiten bei der Hin- und Rückfahrt eines Zuges und einer einzelnen Lokomotive.

Abbildung 69 Vergleich der gerechneten mit den gemessenen Luftgeschwindigkeiten bei Messfahrten im Furkatunnel



In einem zweiten Schritt wurden die verschiedenen Thermodynamikprogramme miteinander verglichen. Zur Verfügung standen ein Programm, dass von der Projektleitung Alpetunnel (Basistunnel zwischen Lyon - Turin) verwendet worden ist und die Programme zweier verschiedener Ingenieurbüros. Abbildung 70 zeigt den Vergleich des HBI-Programmes mit jenem von Alpetunnel [AK.T].

Abbildung 70 Vergleich der Temperatur und Luftfeuchtigkeit in einem Modelltunnel. Verglichen wurden die Programme von Alpetunnel und der HBI in Bern



b) Fehler in den Eingabeparametern für Modelle, Programme

Fehler wegen falschem Eingabeparameter sehr gross

Sehr grosser Fehleranteil, da die geologischen, betrieblichen etc. Angaben sehr grosse Unsicherheiten aufweisen.

Ausgehend von einem "Referenzwert" wurden die Parameter innerhalb einer Fehlerbandbreite variiert (siehe Abbildung 71). Variiert wurde jeweils immer nur ein

einzelner Parameter. Da sich die Fehler-Bandbreiten der verschiedenen Parameter unterscheiden, wurde auch die Variationsbandbreite für jeden Parameter individuell definiert. Anschliessend wurde der Einfluss dieser Variation auf das resultierende Tunnelklima (Luftgeschwindigkeit, Temperatur und Luftfeuchtigkeit) untersucht [AK.U] [AK.V] [AK.W] [AK.X] [AK.Y].

Der Einfluss der beschriebenen Parametervariationen auf die maximale Tunnellufttemperatur ist in Abbildung 72 aufgezeigt. Die Abbildung zeigt jeweils die grösste Variation im Verlaufe eines Jahres.

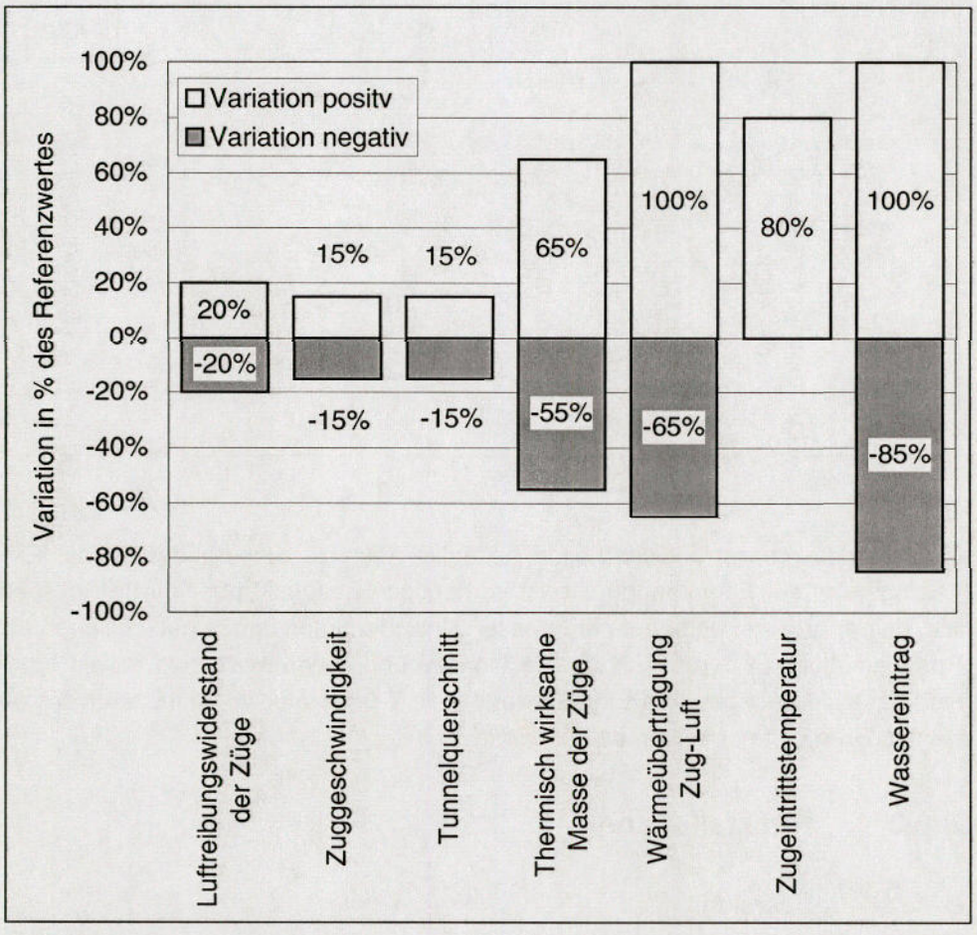
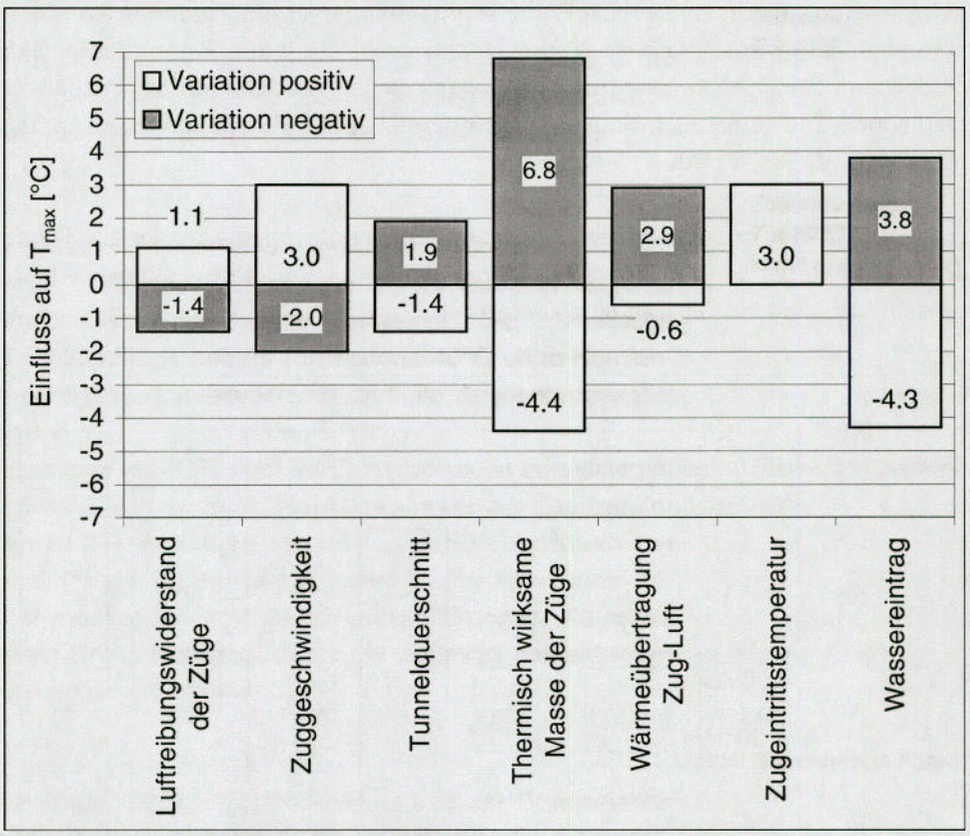


Abbildung 71
Die Abbildung zeigt die Bandbreiten der Eingangsgrössen für die verschiedenen Parameter

Abbildung 72 Einfluss der Variation auf die maximale Lufttemperatur im Tunnel



Fazit:
Es bestehen grosse Unsicherheiten bezüglich dem zu erwartenden Klima. Eine Verringerung der Fehlerbandbreite ist im heutigen Zeitpunkt aber nur minim möglich, da der grosse Fehler auf den grossen Unsicherheiten in den geologischen etc. Randbedingungen beruht [AK.Z]. Die Modelle und Programme sind soweit bereinigt, dass sie bei korrekten Eingabewerten die Temperatur voraussichtlich bis auf wenige Grad genau bestimmen können.

B.8.3 Rückfallebenen

B.8.3.1 Übersicht

Rückfallebenen

Die erwarteten Temperaturen im GBT sind im Vergleich zu bestehenden Tunneln hoch, liegen aber gerade noch innerhalb von akzeptablen Grenzen. Die Voraussagen sind allerdings mit einer relativ grossen Unsicherheit behaftet, als Konsequenz davon sind sogenannte Rückfallebenen vorgesehen. Darunter werden Massnahmen verstanden, die im Bedarfsfall die Temperaturen oder die Luftfeuchtigkeit im Tunnel zu senken vermögen.

Lufttauscher

- Lufttauscher: durch Absaugen feuchtwarmer Tunnelluft und gleichzeitigem Einblasen von frischer Aussenluft, wird die Temperatur im Tunnel gesenkt.

Trockenkühlung

- Trockenkühlung: durch Verlegen von Kühlrohren im Tunnel wird Wärme aus dem Tunnel abgeführt.

Umkehrung Fahrtrichtung

- Bahnbetrieb: durch Umkehrung der Fahrtrichtung des Bahnverkehrs ergibt sich eine Umkehrung der Strömungsrichtung der Luft im Tunnel und somit eine kurzfristige Abkühlung einzelner Regionen.

– Trocknung: Durch verschiedene Massnahmen kann die relative Luftfeuchtigkeit im Tunnel verringert werden.

Trocknung

B.8.3.2 Lufttauscher

Tunnelluft absaugen

Eine Möglichkeit, um die Lufttemperatur und -feuchtigkeit im Tunnel zu senken, besteht darin, die warme und feuchte Tunnelluft durch frische Aussenluft zu ersetzen. Dies geschieht durch Lufttauscher, welche warme feuchte Tunnelluft aus dem Tunnel absaugen und zugleich durch frische Aussenluft ersetzen. Die technische Umsetzung ist auf verschiedene Arten möglich [AK.AA] [AK.AB].

Frischluft zuführen

Abbildung 73 zeigt ein mögliches Lufttauscherszenario, das durchgerechnet und analysiert wurde. Die Orte der Luftzufuhr und der Absaugung sind durch Pfeile gekennzeichnet, die auch die Blasrichtung anzeigen. Der Einfluss dieses Luftaustauschs auf die Temperatur der Tunnelluft ist in Abbildung 74 dargestellt. Die Absenkung der Lufttemperatur im mittleren Teil der Tunnelröhre und besonders im letzten Abschnitt mit dem Ausfahrtsportal ist klar erkennbar.

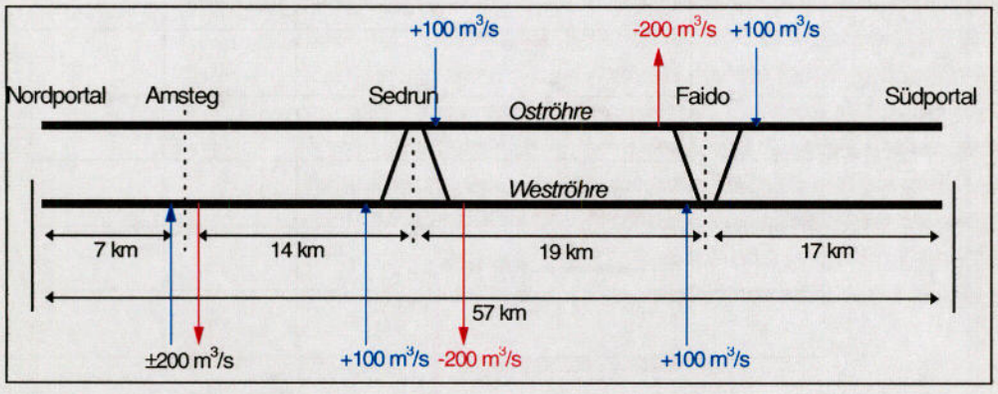


Abbildung 73 Lufttauscherszenario

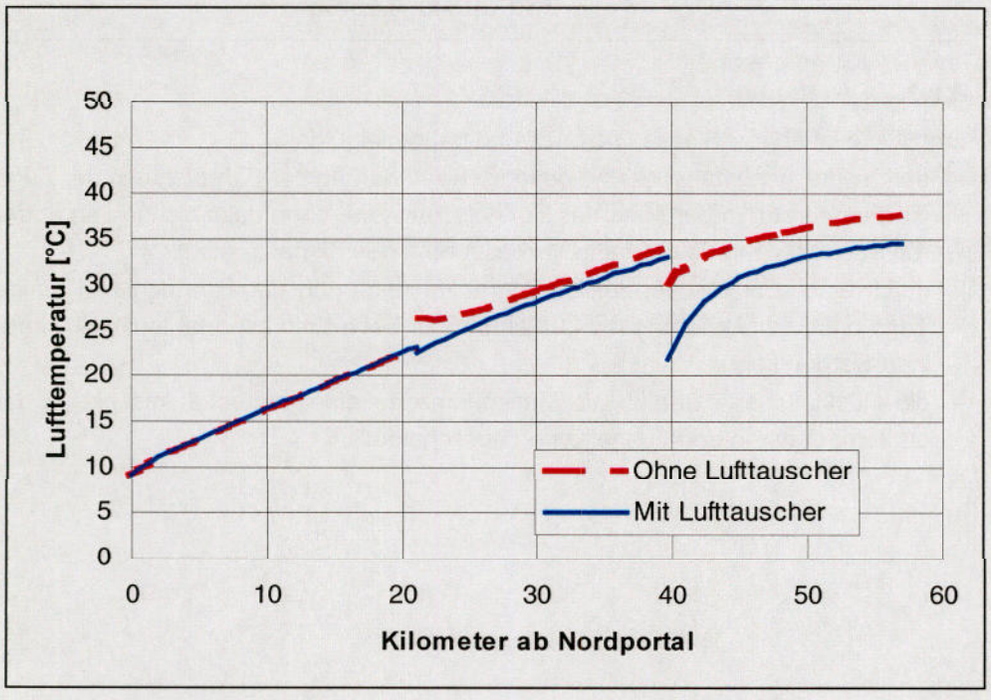


Abbildung 74 Der Einfluss des in Abbildung 73 dargestellten Luftaustausches auf die Temperatur der Tunnelluft in der Oströhre

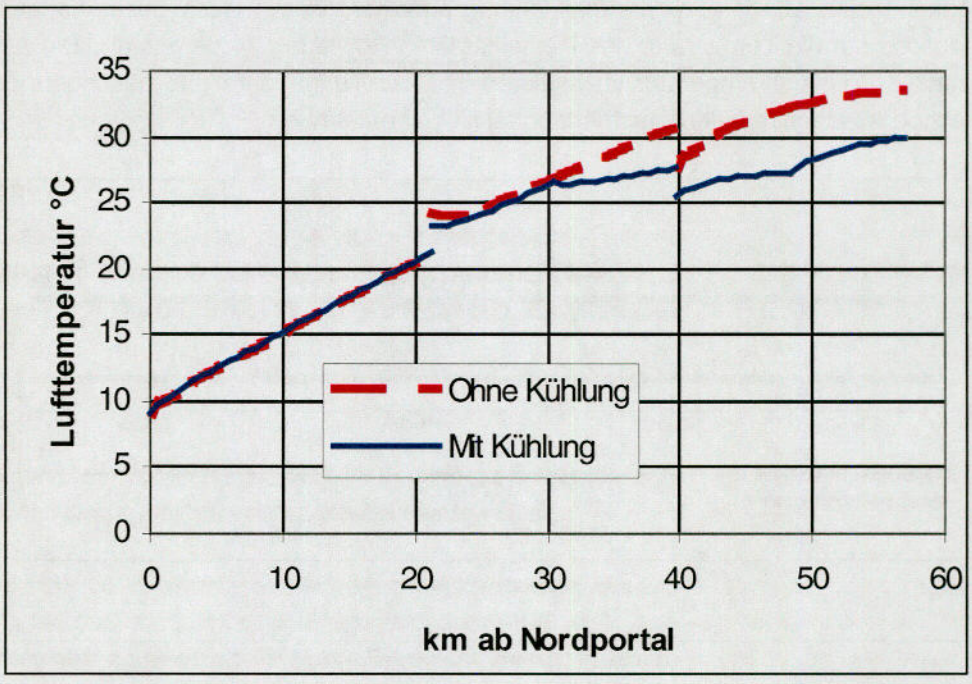
B.8.3.3 Trockenkühlung

Kühlung durch Rohrleitungen

Für die Kühlung der Tunnelluft wurden Rohrleitungen studiert, die von gekühltem Wasser durchflossen werden. Die Kühlwirkung ist von der Länge und dem Durchmesser der Rohre abhängig. Da die Kühlrohre per Definition relativ kühl sind, ist mit Kondensation der Luftfeuchtigkeit auf den Kühlleitungen zu rechnen [AK.AC].

Abbildung 75 zeigt die Auswirkung der Kühlung durch Kaltwasser an einem Beispiel, bei dem von Sedrun bzw. Faido je 2 Kühlkreisläufe (Kühlrohr mit Rücklauf, Durchmesser (DN) = 300 mm) in die West- bzw. Oströhre ausgehen, die jeweils den an die Kühlstation angrenzenden halben nördlichen und südlichen Abschnitt kühlen.

Abbildung 75 Wirkung der Kühlung durch Kaltwasser



B.8.3.4 Betrieb

Änderung der Fahrleitung bewirkt keine dauernde Kühlwirkung

Die Studie ist abgeschlossen [AK.AD] und hat gezeigt, dass

- durch eine systematische und periodische Änderung der Fahrtrichtung der Züge die Temperatur in der Mitte des Tunnels zunimmt, ohne dass sich in den anderen Bereichen eine dauerhafte Verbesserung des Klimas ergibt.
- durch eine sporadische, zeitlich begrenzte Änderung der Fahrtrichtung, einige Tage nach der Änderung die Lufttemperatur beim Eintrittsportal temporär reduziert werden kann.
- die Rückfallebene Betrieb als Massnahme für eine generelle Absenkung der Lufttemperatur in den Tunnelröhren ausscheidet.

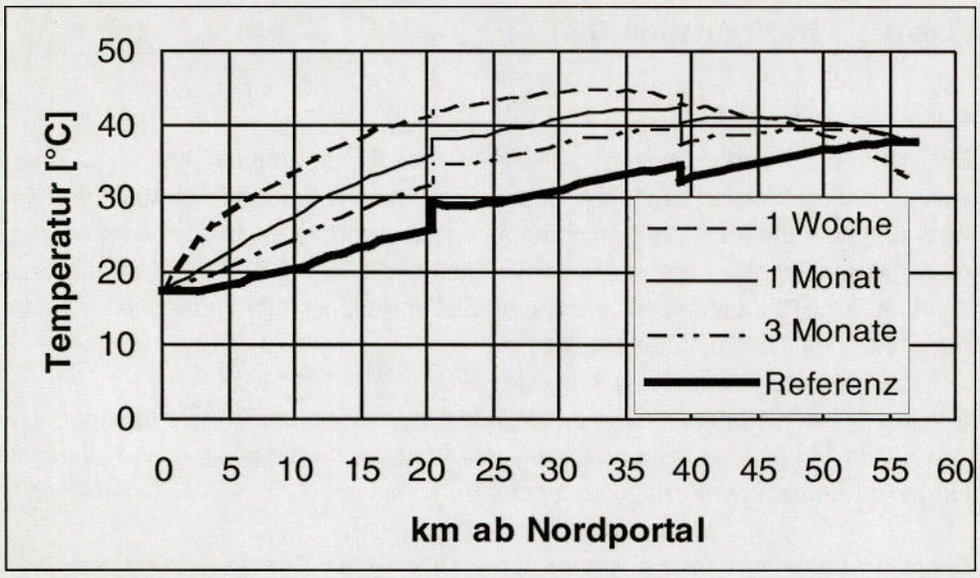


Abbildung 76 Rückfallebene Betrieb, Verlauf der Lufttemperatur in der Oströhre des GBT im Sommer

B.8.3.5 Trocknung

Luftfeuchtigkeit

Ohne abdichtende Massnahmen dringt Bergwasser in den Tunnel ein, wovon ein Teil verdunstet. Dies kann zu einem unzulässigen Anstieg der Luftfeuchtigkeit im Tunnel führen und hat negative Folgen für den Bahnbetrieb (Korrosion, Installationen, Nebel).

Folien

Durch Abdichtung z.B. mit Folien kann erreicht werden, dass möglichst wenig Bergwasser in den Tunnel eindringt. Alternative Methoden zur Trocknung der feuchtesten Abschnitte der Basistunnels werden untersucht. Denkbar sind verschiedene Systeme wie beispielsweise Trocknungselemente (Klimageräte).

Die Auswirkungen auf das gesamte Tunnelklima sowie die nachträgliche Realisierbarkeit im existierenden System sowie dessen Umweltverträglichkeit sind Gegenstand weiterer Untersuchungen.

B.8.3.6 Fazit

Zu hohe Temperaturen sind in dem Sinne beherrschbar, als dass valable und wirksame Rückfallebenen zur Verfügung stehen. Eine zu hohe Luftfeuchtigkeit andererseits weist die folgenden 2 Probleme auf:

- Einerseits stehen kaum in grösserem Mass wirksame Rückfallebenen zur Verminderung der Luftfeuchtigkeit zur Verfügung.
- Andererseits ist die relative Luftfeuchtigkeit ein sehr instabiler Parameter. So kann beispielsweise schon eine Verdoppelung des Wassereintrages von 35g / kms das Klima von sehr trocken in sehr nass (Kondensation) kippen lassen.

Es muss deshalb unter allen Umständen vermieden werden, dass der Wassereintrag resp. die Luftfeuchtigkeit die kritische Grenze überschreitet.

B.8.4 Rezirkulation GBT

B.8.4.1 Übersicht

Rezirkulation

Bei nahe beieinander liegenden Portalen von Einspurtunneln kann sich unerwünschte Rezirkulation einstellen, d. h. feucht - warme Luft aus der Ausfahrtsröhre wird durch die Einfahrtsröhre angesaugt und führt dort zu einer Klimaverschlechterung. Dieser Problembereich wurde für die Portale des GBT in Windkanalversuchen an der EPFL Lausanne untersucht. Ziel war es, Portalanordnungen mit minimaler Rezirkulation zu finden [AK.AE].

Windkanalversuche

Da Rezirkulation stets auch von den Winden ausserhalb der Portale abhängt, wurden schon früher Langzeitmessungen der Windgeschwindigkeiten und Windrichtungen im Bereich der Portale durchgeführt.

Massnahmen in Bodio und Erstfeld

Die Windkanalmessungen aus dem Jahre 1996 für die Portale Erstfeld und Bodio zeigten, dass ohne Massnahmen ein erheblicher Anteil der durch die Ausfahrtröhre ausgestossenen, warm - feuchten Luft durch die Einfahrtsröhre wieder eingesaugt bzw. rezirkuliert wird. Speziell hohe Rezirkulation stellt sich ein, wenn Winde direkt in Richtung der Portale strömen. Da die Linienführung in Erstfeld und Bodio parallel zu den Tälern der Reuss und des Tessins liegt, und die Winde in der Regel als Berg- und Talwinde entlang der Täler fliessen, stellen sich ungünstige Situationen relativ häufig ein. Als Massnahmen zur Reduktion der Rezirkulation wurden in Bodio die Portale in Längsrichtung gegeneinander versetzt und in Erstfeld Zuluftschächte vorgesehen (vgl. B 8.4.2 und B 8.4.3). Ohne Massnahmen könnte sich der kritische Parameter Tunnellufttemperatur um mehrere Grad erhöhen.

B.8.4.2 Nordportal (Erstfeld)

[AK.AF]

Basisvariante 2

Basisvariante 2 Portalverschiebung

Bei der Basisvariante 2 ist das Ausfahrtsportal dem Einfahrtsportal vorgelagert. Da somit der Abluftstrom vom Einfahrtsportal wegfliesst, verhält sich diese Portalanordnung hinsichtlich der Rezirkulation ähnlich günstig wie das Portal Bodio. Die schlechtesten Bedingungen sind bei starkem Wind in Richtung der Portale zu erwarten, der den Abluftstrom in Richtung des Einfahrtsportals umlenkt. Maximale Rezirkulation von 10 - 14% stellt sich allerdings nur bei Windstärken ein, die laut den meteorologischen Messungen sehr selten zu erwarten sind. In der Regel ist der Anteil der rezirkulierenden Abluft kleiner als 4%. Der Hauptnachteil von Basisvariante 2 stellt die unästhetische Anordnung der im Gelände vorstehenden Ausfahrtsröhre dar.

Rezrikulation i.a. <4%

Bergvariante

Bergvariante Ventilations-schächte

Bei der Bergvariante ist das Einfahrtsportal dem Ausgangsportal vorgelagert. Diese Portalanordnung lässt sich architektonisch problemlos ins Gelände einpassen. Sie ist aber hinsichtlich des Rezirkulationsverhaltens grundsätzlich ungünstig, da die Abluft vom Ausfahrtsportal in Richtung des Einfahrtsportals fliesst. Wären Abluft und Aussenluft gleich warm, wäre ein sehr hoher Rezirkulationsgrad von über 30% zu erwarten. Da aber die Abluft fast immer wärmer als die Aussenluft ist, steigt der Abluftstrahl auf Grund des thermischen Auftriebs, was zu einer Reduktion der Rezirkulation führt. Bei Temperaturdifferenzen zwischen Abluft und Aussenluft von über 20°C, wie sie im Winterhalbjahr zu erwarten sind, vermindert sich die Rezirkulation auf ca. 5%. Bei Temperaturdifferenzen kleiner als 15°C steigt sie rasch an, so dass im Sommer an warmen Tagen mit über 20% Rezirkulation zu rechnen ist. Mit den heutigen Annahmen der Differenzen von Abluft- und Aussenlufttemperaturen stellt sich ein mittlerer Rezirkulationsgrad von 5 - 10% ein. Dieser kann sich allerdings massiv erhöhen, falls die effektiven Temperaturdifferenzen etwas kleiner als die vorgesehenen sind.

Rezirkulation i.a. 2-5%

Bergvariante mit Ventilationsschächten

Durch Ventilationsschächte, die mehr als 80 m vom Einfahrtsportal entfernt sind und somit nicht im Bereich des Abluftstroms liegen, kann das Rezirkulationsverhalten der Bergvariante deutlich verbessert werden. Pro Schacht mit einer Querschnittsfläche von 40 m² nimmt der Anteil der durch das Einfahrtsportal angesogenen Luft und somit die Rezirkulation um jeweils ca. 45% ab. diese Ergebnisse gelten bei Windstille, während Wind in Richtung der Portale eine Erhöhung der Rezirkulaiton zu Folge hat. Die Wirksamkeit der Schächte hängt zudem von der topographischen Portalumgebung ab.

B.8.4.3 Südportal (Bodio)

Verschiebung der Portale bei Bodio

Aus der Literatur ist bekannt, dass durch die Verschiebung der Portale eine Verminderung der Rezirkulation erreicht werden kann. Die Längsverschiebung (L) der beiden Portale gegeneinander hängt allerdings von einer ganzen Anzahl von Parametern ab (Strömungsgeschwindigkeit, Temperatur, Windverhältnisse, etc.). Die optimale Distanz zwischen den Portalen muss in Modellversuchen ermittelt werden [AK.AG].

Da die Portalgestaltung relevant ist für das Auflageprojekt, wurden derartige Modellversuche zur Bestimmung der optimalen Portalgeometrie mit entsprechender Priorität vorangetrieben. Entsprechende Versuche laufen seit Sommer 1995 an der ETH Lausanne. Die Resultate zum Portal Bodio des Gotthard Basistunnels liegen inzwischen vor (vgl. Abbildung 77 und Abbildung 78).

Abbildung 77 Rezirkulation am Tunnelportal

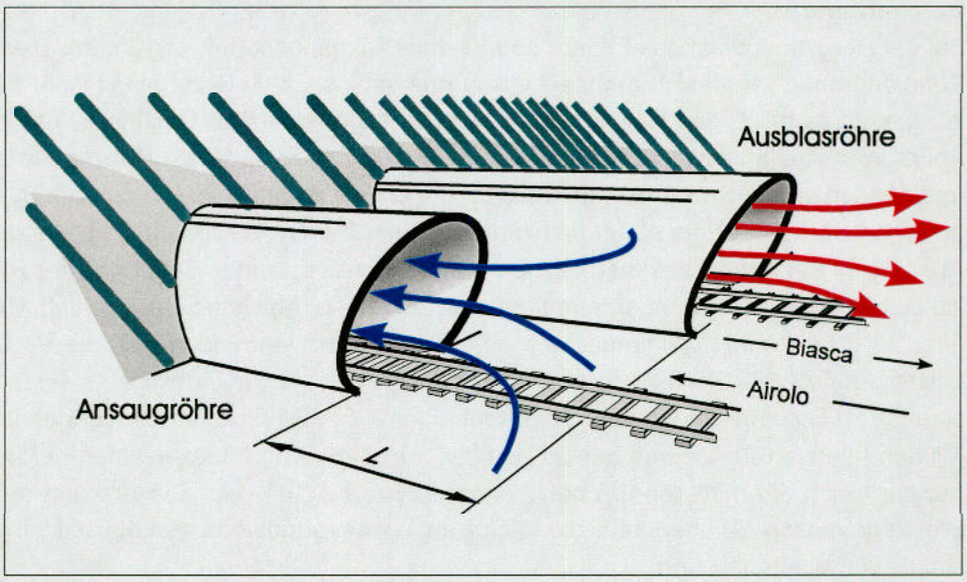
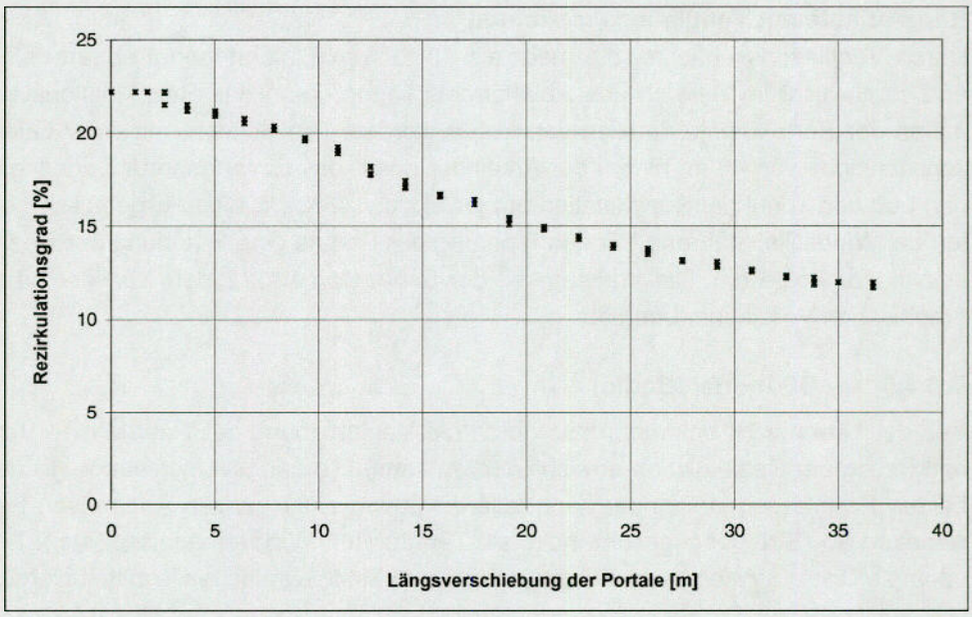


Abbildung 78 Veränderung des Rezirkulationsgrades in Funktion der Längsverschiebungen zwischen den Portalen



B.8.5 Freie Querschnittsfläche im GBT

B.8.5.1 Übersicht

Optimale freie Querschnittfläche F_{air}

Die Beantwortung der Fragen nach der optimalen freien Querschnittsfläche (F_{air}) des Einspurtunnels im System Gotthard-Basistunnel und nach den Parametern, die sie beeinflusst, steht im Mittelpunkt dieses Kapitels. Das Wort „optimal„ ist einerseits im Sinne einer Minimierung der Gesamtkosten (Investitions-, Betriebs-, Erhaltungskosten) zu verstehen und andererseits müssen in jedem Fall die verlangten Grundanforderungen (Betrieb, Erhaltung, etc.) erfüllt werden [AK.AH].

Unterschiedliche Tunnelquerschnittsflächen

Beim Vortrieb mittels Tunnelbohrmaschine (TBM) ist der Ausbruch-Querschnitt vorgegeben. Auf Grund unterschiedlicher geologischer Verhältnisse muss die Ausbaustärke (Dicke der Ausbruchsicherung und der Verkleidung) der Felsqualität angepasst werden. Dies führt zu unterschiedlichen freien Tunnelquerschnittsflä-

chen Φ, die in keinem Fall im folgenden das definierte optimale F_{air} unterschreiten dürfen.

Betrachtung für 37 m² ≤ F_{air} ≤ 49 m²

Die Beurteilung einer optimalen freien Querschnittsfläche F_{air} in einem bahntechnischen System kann nicht in absoluter und allgemein gültiger Form erfolgen. Die Beurteilung wird immer relativ, mit Blick auf die getroffenen Annahmen erfolgen müssen. Betrachtet wird eine F_{air}-Bandbreite von 37 bis 49 m². Realistischerweise muss jedoch davon ausgegangen werden, dass sich eine mögliche Variation von F_{air} auf einen Bereich von grösser als 39 m² beschränkt, bedingt durch gegebene Randbedingungen (Lichtraumprofil EBV IV).

B.8.5.2 Resultate

F_{air} wichtige Einflussgrösse für Tunnelklima

Eine Verringerung von F_{air} führt dazu, dass der Luftwiderstand, den die Züge im Tunnel erfahren, grösser wird. Dies führt zunächst zu erhöhter Traktionsleistung und somit zu grösserem Energieverbrauch für den Betrieb. Zugleich fällt im Tunnel mehr Wärme an, was eine Temperaturerhöhung und eventuell höhere Kosten für die Kühlung des Systems zur Folge hat. Weiter führt eine kleine Querschnittsfläche trotz höherer Luftgeschwindigkeiten zu einem geringeren Luftwechsel, was wieder höhere Temperaturen zur Folge hat. Zusammenfassend kann gesagt werden, dass F_{air} zu den wichtigsten Einflussgrössen gehört, mit welchen das Tunnelklima direkt beeinflusst werden kann (vgl. Abbildung 79). Aus aero- und thermodynamischer Sicht hat ein grosses F_{air} nur Vorteile.

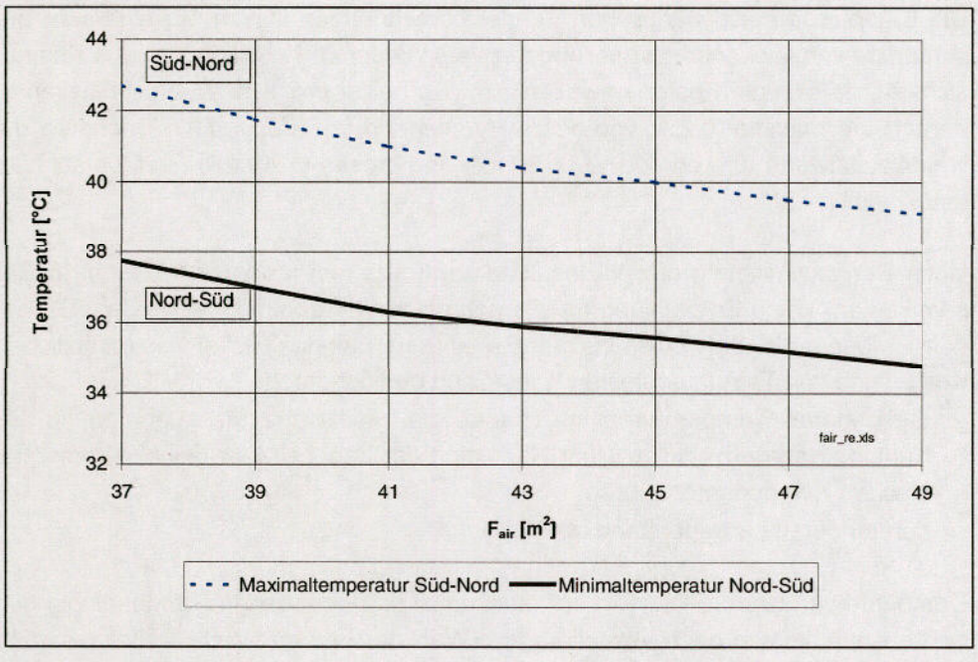


Abbildung 79 Temperaturen in den Tunnelröhren im Sommer in Abhängigkeit von F_{air} (keine Rezirkulation, wahrscheinliche Parameter)

Die Querschnittsfläche F_{air} wird nach oben hin durch steigende Baukosten begrenzt. Für das Bauprojekt wird von einem $F_{air} \geq 41$ m² ausgegangen. Eine Abgrenzung nach unten erfolgt einerseits durch höhere Betriebskosten, aber auch durch Faktoren, die nicht direkt in Kosten ausgedrückt werden können. Neben den thermodynamischen Auswirkungen einer Verkleinerung des F_{air} (Temperaturerhöhung) existieren auch aerodynamische Effekte. Bei einer Verkleinerung des F_{air} steigt der Luftwiderstand an, der Zugkraft der Traktionsmittel sind aber Grenzen

gesetzt. Berechnungen zeigen, dass für ein F_{air} von 41 m² die Leistungsgrenze für gewisse Zugstypen schon erreicht resp. überschritten ist. Ein kleineres F_{air} verstärkt ferner die Problematik der Druckschwankungen resp. Druckwellen. Fragen des Komforts, der Sicherheit und der Wagenkonstruktion gewinnen an Bedeutung.

B.8.5.3 Kosten

Dynamische Wirtschaftlichkeitsrechnung

Mit den getroffenen Annahmen und den daraus resultierenden Kostenwerten erfolgt ein betriebswirtschaftlicher Vergleich der verschiedenen F_{air}-Varianten. Als Methode für den Vergleich wird die dynamische Wirtschaftlichkeitsrechnung nach den im Investitionshandbuch SBB festgelegten Regeln eingesetzt.

Investitionskosten

Als Kostengrössen werden die Investitionskosten sowie die jährlichen Ausgaben eingesetzt. Die jährlichen Einnahmen werden bei dieser Berechnung nicht berücksichtigt, da diese variantenneutral sind und keinen Einfluss auf die Resultate dieses Vergleichs haben. Aus diesem Grund können die ausgewiesenen Nettokapitalwerte nicht für Rentabilitätsbetrachtungen, sondern nur für den Variantenvergleich dienen. Die jährlichen Ausgaben setzen sich aus den Erhaltungskosten, den (evtl. nötigen) Kühlungs- und Traktionsenergiekosten zusammen. Kapitalkosten werden bei der dynamischen Rechnung nicht ausgewiesen, da die Investitionssumme als gesamter Betrag in die Wirtschaftlichkeitsrechnung aufgenommen wird. Für den Verlauf des Finanzbedarfs in der Bauphase werden die Investitionskosten gleichmässig auf die Bauzeit von 11 Jahren verteilt.

Erhaltungs-, Kühlungs- und Traktionsenergiekosten

F_{air} relativ Kostenneutral

Die Ergebnisse der dynamischen Vergleichsrechnungen lassen nur eine sehr beschränkte vergleichende Beurteilung der verschiedenen F_{air}-Varianten aus Kostensicht zu, da sich die Kosten unwesentlich, das heisst pro 1 m² Querschnittsveränderung um maximal 0.2%, verändern. Ausgehend von F_{air} = 41 m² nehmen die Nettokapitalwerte für sehr kleine (< 39 m²) und grosse (> 43 m²) F_{air}-Querschnitte tendenziell leicht zu.

Erhöhtes Risiko für kleine F_{air}

Unter Berücksichtigung dieser Resultate kann aus rein monetären Gründen (Gesamtkosten) keine Empfehlung für ein optimales Fair abgegeben werden. Grundsätzlich bringt die Wahl eines kleinen F_{air} ein bedeutendes Risiko von zusätzlichen Kosten und von Terminproblemen. Diese sind bedingt durch:

- die höheren Temperaturen im Tunnel, die zusätzliche Massnahmen für die Kühlung erfordern und zu einer Reduktion der Lebensdauer der elektromechanischen Komponenten führen
- den erhöhten Luftwiderstand der Züge

$F_{air} \geq 41$ m² Minimalwert

Das heute verwendete $F_{air} \geq 41$ m² stellt unter den gegebenen Randbedingungen den absolut tiefsten noch akzeptierbaren Wert dar und darf nicht weiter reduziert werden.

B.8.6 Querschläge GBT

B.8.6.1 Übersicht

Ausgestaltung der Querschläge

Durch die Ausgestaltung der Querschläge sollen Anforderungen hinsichtlich Betrieb, Erhaltung und Sicherheit erfüllt werden. Die Ausbreitung von Druckwellen und der Luftwechsel in und durch die Querschläge sind hierbei von Bedeutung. Dabei müssen die gegensätzlichen Anforderungen nach möglichst grossem Luftwechsel einerseits (z.B. Klimakontrolle der Querschläge) und möglichst geringer Luftdurchströmung andererseits (z.B. zur Verhinderung von Rauchausbreitung und Luftrezirkulation) berücksichtigt werden [AK.AI].

Kriterien Klima, Erdgas, Erhaltung, Ereignisfall

In diesem Abschnitt sollen folgende Fragen geklärt werden:

- Welche Massnahmen müssen zum Erfüllen obiger Anforderungen getroffen werden?
- Was sind die aus den Massnahmen resultierenden Konsequenzen für den Bahntunnel und die Querschläge?
  - bezüglich Klima
  - bezüglich allfällige Erdgaseintritte
  - bezüglich Erhaltungsbetrieb
  - bezüglich Ereignisfallbetrieb
- Wie lauten zusammengefasst Gestaltungsempfehlungen für die Querschläge?

B.8.6.2 Anforderungen

Die Ausbreitung von Druckwellen und der Luftwechsel in und durch die Querschläge sind die zwei dominanten Anforderungen.

Druckwellen unproblematisch

Hinsichtlich der Ausbreitung von Druckwellen ist festzuhalten:

- Reisekomfort: Selbst bei vollständig geöffneten Querschlägen wird das massgebende Komfortkriterium (Druckschwankungen/Zeit < 1.5 kPa/4s) erfüllt. Die Anordnung von Türen wirkt sich nur unwesentlich auf die Druckschwankungen in den durchfahrenden Zügen aus.
- Beanspruchung der Querschlagabschlüsse: Bei den gegenwärtigen Vorgaben durch SBB ergeben sich über einen Querschlag, d.h. auch für einen einzelnen Querschlagabschluss, Druckdifferenzen von bis zu 10 kPa.
- Druckschwankungen in Querschlägen: Bei den in B.8.5.3 empfohlenen Öffnungsgrössen der Querschläge werden Druckschwankungen beim Übergang vom Bahntunnel zum Querschlag gedämpft. Die Druckschwankungen im Querschlag sind dadurch niedriger als das Komfortkriterium für Personenzüge.

Luftwechsel erforderlich

Hinsichtlich der gegensätzlichen Anforderungen nach möglichst grossem Luftwechsel einerseits und möglichst geringer Luftdurchströmung andererseits (z.B. zur Verhinderung von Rauchausbreitung und Luftrezirkulation) ist zu berücksichtigen:

- Vollständig geschlossene Querschläge sind wegen der geringen Abfuhr von Wärme, Feuchtigkeit und Erdgas problematisch. Daher ist eine Öffnung der Querschlagabschlüsse erforderlich.
- Für die Querschläge im GBT zwischen den Nothaltestellen wird in B.8.5.3 eine Lüftungsöffnung (Lüftungsgitter im Scheitelpunktbereich) in der Grösse von ca.

700 cm2 empfohlen. Diese Öffnungsgrösse führt zusammen mit den vom Zugverkehr verursachten Druckdifferenzen einen ausreichenden Luftwechsel im Querschlag herbei.

Raucheintritt minim

- Im Ereignisfall kann mit den empfohlenen Öffnungen durch die Querschläge im GBT zwischen den Nothaltestellen Rauch bzw. Gas übertreten. Im Vergleich zum durch geöffnete Türen und den offenen Spurwechseln stattfindenden Luftaustausch und im Vergleich zum Gefährdungspotential sind diese durch die Öffnungen durchtretenden Rauch- und Gasmengen vernachlässigbar.

B.8.6.3 Empfehlung

Öffnungen mit Durchmesser 30 cm

Da gemäss B.8.5.2 vollständig abgedichtete Querschläge wesentliche Anforderungen nicht erfüllen, werden im Folgenden zwei verschiedene Öffnungsflächen von 80 bzw. 700 cm² betrachtet, die kreisrunden Öffnungen mit den Durchmessern von 10 bzw. 30 cm entsprechen.

- Bei Öffnungen von ca. 80 cm² an beiden Querschlagabschlüssen stellen sich Geschwindigkeiten im Bereich von wenigen cm/s ein. Dies reicht nicht für einen ausreichenden Luftwechsel aus.
- Bei Öffnungen von 700 cm² stellen sich Strömungsgeschwindigkeiten zwischen 5 und 10 cm/s ein, wodurch die Luft in allen Querschlägen pro Stunde mehrfach ausgetauscht wird.

2 Varianten mit und ohne Klappen

Für die Öffnungsflächen 700 cm² sind zwei Varianten denkbar:

- Variante 1: zwei Türen, Nähe Bahntunnel, beide mit Lüftungsöffnungen (Abbildung 80)
- Variante 2: zwei Türen, Nähe Bahntunnel, eine mit Klappenöffnung, eine mit Lüftungsöffnung (Abbildung 81)

Bei Variante 1 wird der Querschlag, je nach den Druckverhältnissen, abwechselnd aus beiden Bahnröhren mit Luft versorgt. Dagegen stammt die in den Querschlag zugeführte Luft bei der Variante 2 aus nur einer Bahnröhre. Bei der Variante 2 kann somit der Querschlag im Normalfall mit Luft aus dem Bahntunnel mit der besseren Luftqualität (kühler, trockener) versorgt werden.

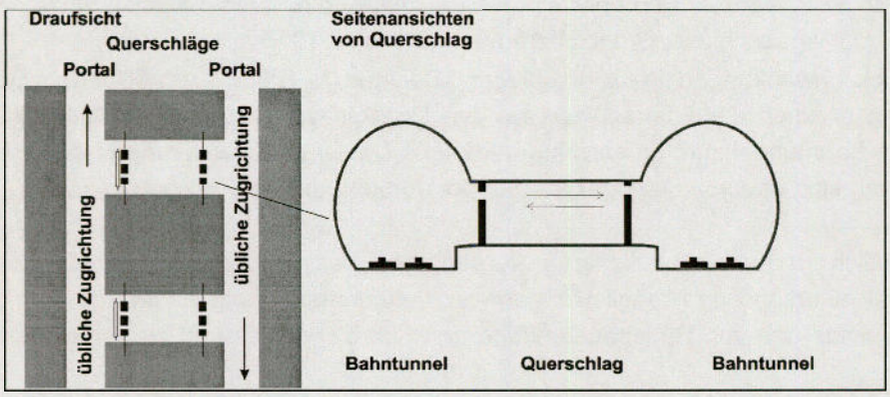


Abbildung 80 Erzwungene Luftbewegung in Querschlägen durch Lüftungsöffnungen (zwischen Nothaltestellen)

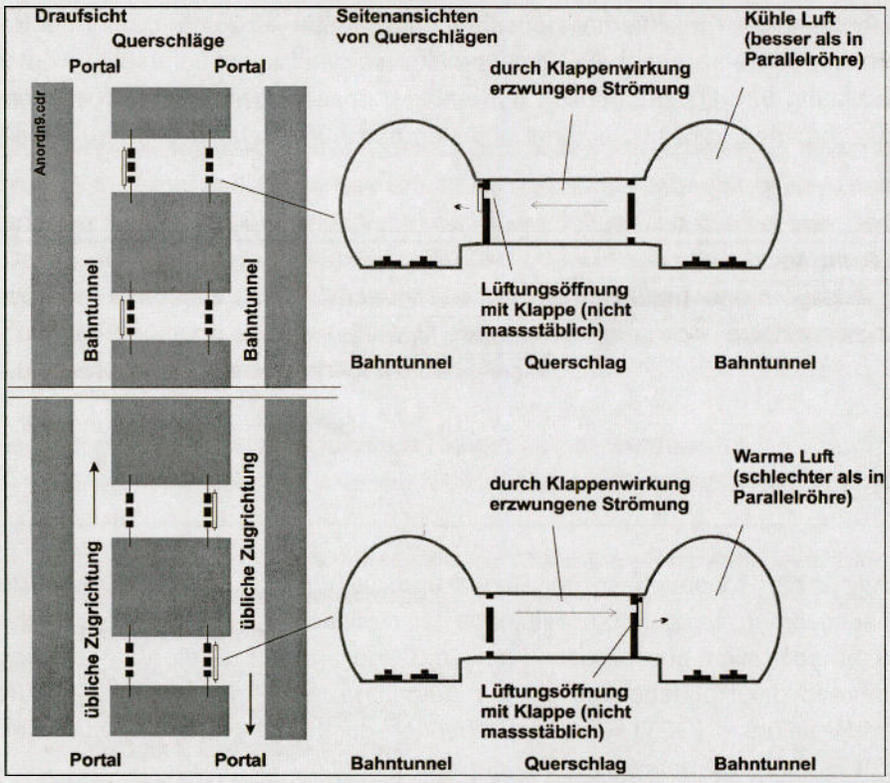


Abbildung 81 Erzwungene Luftbewegung in Querschlägen durch Lüftungklappen (zwischen Portal und Nothaltestelle)

Anhand der obigen Grobbeurteilung können folgende Empfehlungen zur Ausgestaltung der Querschlagabschlüsse gegeben werden:

zwischen Nothaltestellen Variante 1

- Für die Querschläge im GBT zwischen den Nothaltestellen wird eine Öffnungsfläche in den Türen bzw. eine zusätzliche Lüftungsöffnung (Lüftungsgitter im Scheitelpunktbereich) in der Grösse von ca. 700 cm² empfohlen (Variante 1).

Zwischen Nothaltestelle und Portal Variante 2

- Für die Querschläge im GBT zwischen den Nothaltestellen und den Portalen wird zur Verbesserung der Klimaverhältnisse in den Querschlägen und zur Verringerung von Luftrezirkulation empfohlen, die Zuluft für die Querschläge jeweils der Bahnröhre mit der niedrigeren Temperatur zu entnehmen, d.h. der Einfahrröhre (Variante 2).

Wärmefreisetzung < 5 kW

- Bei Wärmefreisetzungen in den Querschlägen von mehr als 5 kW muss die Anordnung der Geräte und der Bedarf zusätzlicher örtlicher Lüftungsmassnahmen geprüft werden. Die erwartete Wärmefreisetzung beträgt < 5 kW.

B.8.7 Klima Bauphasen GBT

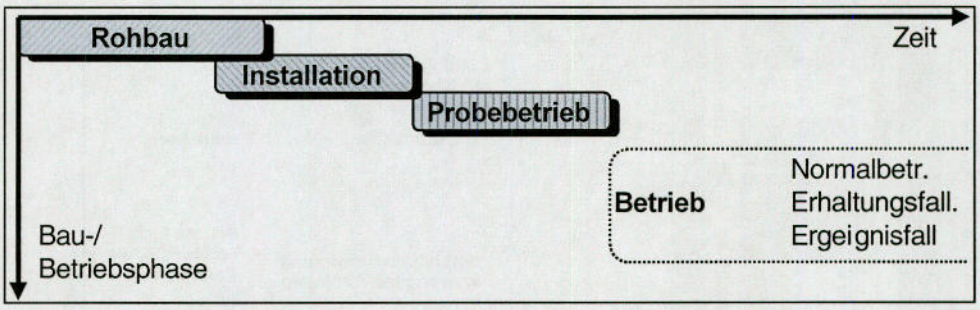
B.8.7.1 Übersicht

Lüftung und Kühlung in Installationsphase

Aufgrund seiner Länge und der hohen Felsüberdeckungen stellt der Basistunnel besondere Anforderungen an die Tunnelklimatisierung. Während der Bau- bzw. Installationsphase muss zum einen die Frisch- und Abluft über jeweils weite Distanzen gefördert werden. Zum anderen müssen durch die hohen Felstemperaturen von bis zu 45 °C und aufgrund der baubedingten Wärmefreisetzungen erhebliche Wärmemengen aus dem Tunnelsystem abgeführt werden. Trotz der ungünstigen Randbedingungen sollen durch Lüftung und Kühlung in allen Arbeitsbereichen erträgliche Bedingungen geschaffen werden.

Mit zunehmendem Projektierungsfortschritt müssen für einzelne Bau- und Betriebsphasen der Basistunnel die Klimaverhältnisse detaillierter untersucht werden (vgl. Abbildung 82). Dadurch sollen notwendige, phasenübergreifende Klimatisierungsmassnahmen frühzeitig erkannt und Verantwortungsschnittstellen aufgezeigt werden.

Abbildung 82 Bau- und Betriebsphasen der Basistunnel



Klimaberechnungen

Während für die Rohbauphase der Bedarf und die Verantwortung für Klimatisierungsmassnahmen weitgehend feststehen, sind diese Aspekte für die weiteren Bauphasen noch nicht abschliessend geklärt. Daher wurden für die Klimaentwicklung während der Rohbauphase bis zur Aufnahme des Probebetriebes für den Gotthard-Basistunnel (GBT) Klimaberechnungen durchgeführt. Hierbei wurde der Abschnitt Faido (GBT) untersucht. Ziel der Arbeiten ist:

- eine grundsätzliche Problemerkennung für das Tunnelklima während der Übergangsphase zwischen Rohbau und Installation durchzuführen,
- die gegenseitige Beeinflussung von Baulüftung und Baukühlung zu ermitteln,
- die Konsequenzen für die Submission der Bauprojekte aufzuzeigen.

Worst Case

In dem Sinn wird der schlechtmöglichste Fall betrachtet. In Wirklichkeit werden die Abläufe und die Randbedingungen mit grosser Wahrscheinlichkeit deutlich bessere Bedingungen erlauben [AK.AJ].

Machbarkeit nachgewiesen

Im folgenden Abschnitt sind Ergebnisse dieser Arbeit zusammengefasst. Sie zeigen die prinzipielle Machbarkeit der Klimatisierung der Installationsbereiche auf. Aber auch dass die Massnahmen zur Lüftung und Kühlung zur Vermeidung von Umbauten frühzeitig aufeinander abgestimmt werden müssen.

B.8.7.2 Übergang Bau-Installation

500 kW Wärmeleistung

Abbildung 83 zeigt die zeitliche Entwicklung der Lufttemperaturen während der Installationsphase am Beispiel des Abschnittes Faido im GBT. Dieser Berechnung liegt eine Umluftführung über die West- und Oströhre ähnlich zur Vortriebsphase zu Grunde. Berechnet wurde, welche Temperaturänderungen eine Baustelle mit 500 kW Wärmeleistung hervorruft (vergleichbar der Wärmefreisetzung beim Gleiseinbau).

Vereinfachte Annahmen

Zwar handelt es sich um eine vereinfachte Annahme zur Baustelle (z.B. hinsichtlich der Bewegungsgeschwindigkeit). Dennoch geht aus den Berechnungen klar hervor, dass in diesem "Worst Case"-Szenario während der Installationsphase ohne Kühlmassnahmen Temperaturen von 28 °C überschritten werden.

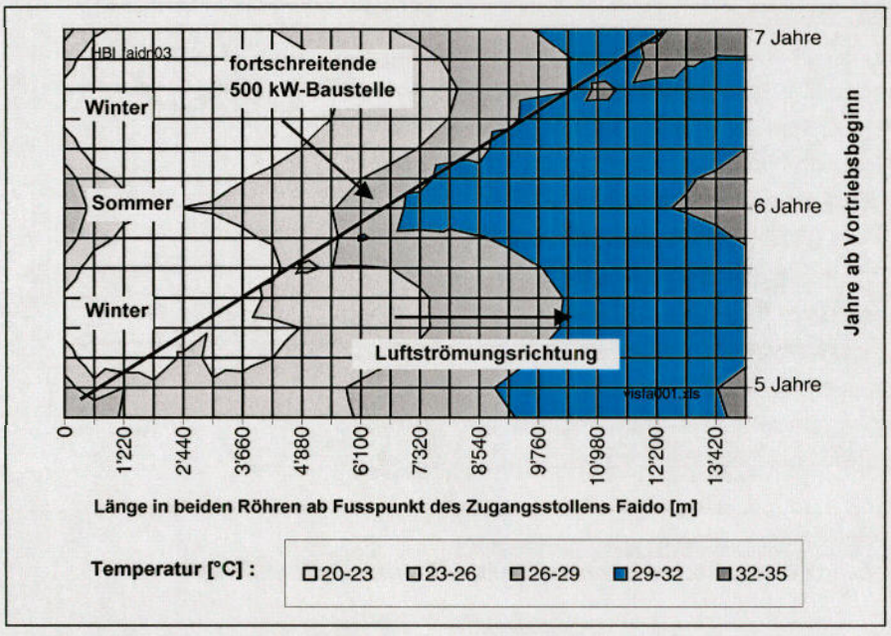


Abbildung 83 Lufttemperaturverlauf in beiden Röhre des Gotthard-Basistunnels im Abschnitt Faido während der Installationsphase mit sich bewegender Baustelle mit lokaler Wärmefreisetzung von 500 kW

Kühlkonzept und Kühlwassertemperaturen (Abschnitt Faido)

Mit Kühlung der Luft

Mit diesem System erfolgt die Bereitstellung von Kühlwasser durch eine ausserhalb des Tunnels angeordnete Kühlanlage (Kältemaschine, Kühlturm). Das Wasser wird dann durch den Schrägstollen Faido geführt und auf die West- und Oströhre verteilt. Das Kühlwasser strömt durch verteilte Luftkühler und die Rücklaufleitung zurück zum Portal. Wärme wird der Tunnelluft dabei sowohl durch die Luftkühler als auch direkt über die Rohroberfläche entzogen.

Zeitliche Entwicklung des Kühlbedarfes (Abschnitt Faido)

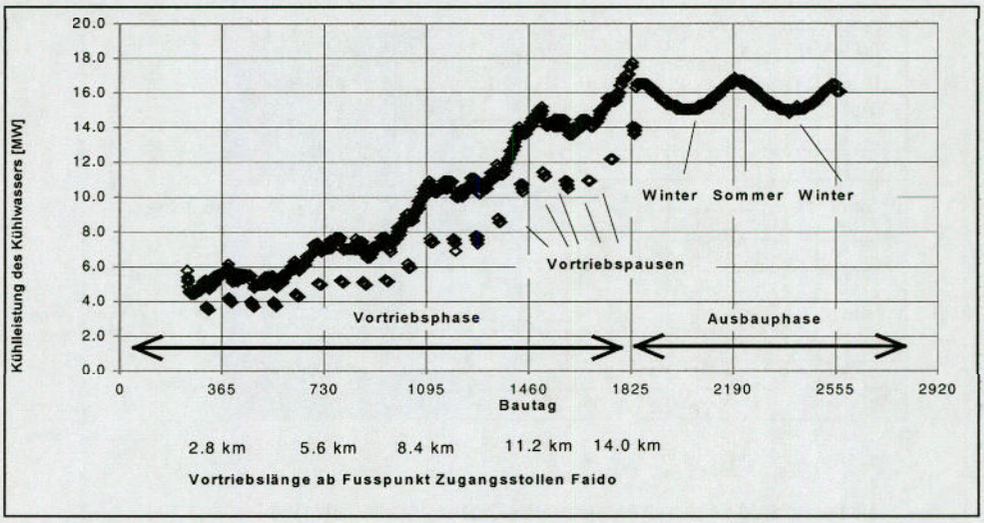
Thermische Maximalleistung

In der Abbildung 84 ist die zeitliche Entwicklung des Kühlbedarfs aufgezeigt, um jeweils eine Lufttemperatur von weniger als 28 °C einzuhalten. Bei weniger hoher Luftfeuchtigkeit als angenommen, sind höhere Temperaturen möglich und damit reduziert sich der Kühlbedarf. Sie umfasst jeweils 5 Jahre Vortriebsarbeiten und 2 Jahre Installationsarbeiten. Nach der Darstellung erreicht im Abschnitt Faido die erforderliche Kühlleistung durch die zentrale Kühlanlage maximal ca. 18 MW. Vortriebspausen reduzieren den Kühlbedarf, jedoch ist auch dann eine Kühlung weiterhin erforderlich.

elektrische Leistungen nur ein Bruchteil der thermischen

Bei diesen Zahlen handelt es sich um die thermische Maximalleistung eines „Worst Case"-Szenarios. Die benötigte elektrische Leistung beträgt nur einen Bruchteil davon.

Abbildung 84 Bedarfsentwicklung der gesamten Kühlleistung für Kühlwasser, um Lufttemperaturen unterhalb von 28 °C zu halten



Energiebilanz eines Bauabschnittes (Faido), thermische Leistungen

Wärmebilanz

Als abschliessendes Beispiel der Berechnungsergebnisse ist in Abbildung 85 die Wärmebilanz des Abschnittes Faido am Ende der Vortriebsphase dargestellt. Der wesentliche Teil der Wärme entstammt dem Fels, während durch Bauaktivitäten etwa 1/3 der Wärme freigesetzt werden. Die Abwärme wird hauptsächlich über Kühlwasser, d.h. durch den Wärmeaustausch mit den Kühlwasserrohren, abgeführt. Die Luft führt weniger als 1/4 der Wärme aus dem System ab.

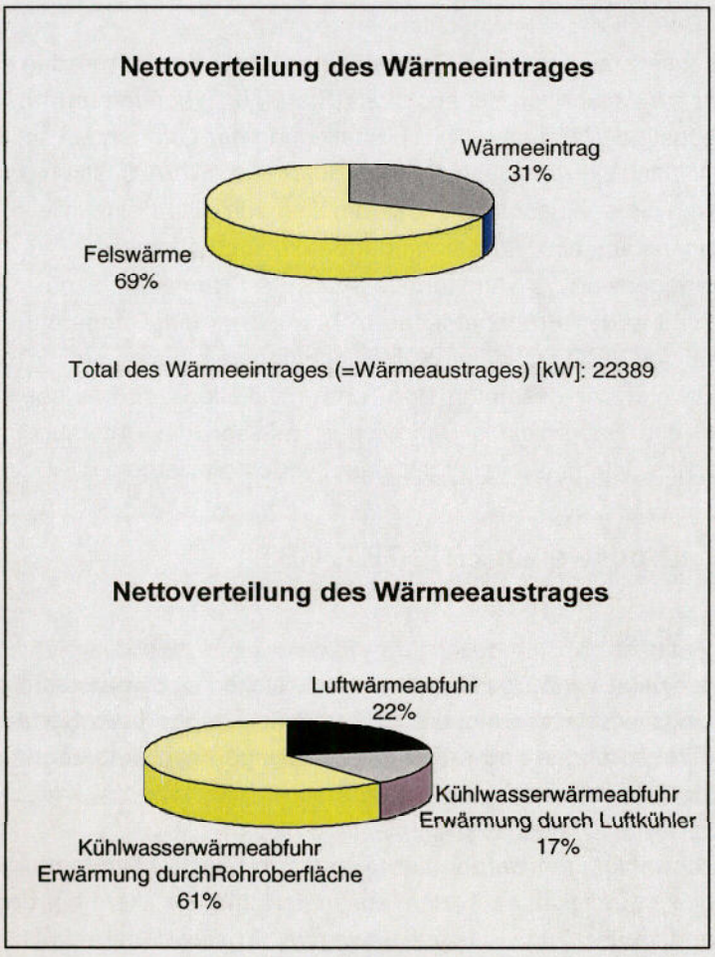


Abbildung 85 Wärmebilanz für den Abschnitt Faido des GBT bei einer Vortriebslänge von 14 km

Generelle Erkenntnisse

Einflussfaktoren

- Die wesentlichen Einflussfaktoren auf die Lufttemperaturen und den Kühlbedarf sind:
  Felstemperatur und Wasserbewegung im Fels,
  - Abwärme durch Bau- und Installationsaktivitäten (Maschinen, Abbindewärme, etc.),
  - Luftmenge durch Baulüftung,
  - Vortriebslänge.

Kaum Felsauskühlung

- Der Bedarf zur Wärmeabfuhr während der Installationsphase ist zeitweise ähnlich gross wie während der Vortriebsphase (falls T< 28° erreicht werden muss). Zudem geschieht der wesentliche Teil der Felsauskühlung während der Vortriebsphase. Während der Installationsphase tritt keine signifikante Abnahme des Kühlbedarfes auf.

Abluftröhren hohe Luftfeuchtigkeit

- In den Abluftröhren treten insbesondere bei erforderlicher Kühlung relative Luftfeuchtigkeiten von über 90% auf.

Abstimmung über Bauphasen

- Die Nutzung der Klimatisierungseinrichtungen muss über mehrere Bauphasen aufeinander abgestimmt werden.

Modulares Kühlkonzept

- Auf Grund derzeit nicht genauer ermittelbarer Grössen kann der Kühlbedarf variieren. Daher sollten die Kühlkonzepte derart ausgearbeitet sein, dass diese einen modularen, gestaffelten Aufbau ermöglichen.

Kostenoptimierung

- Nach Grobschätzungen bilden die Kühlwasserrohre den Hauptfaktor der Investitionskosten für die Baukühlung. Kostenoptimierungen sind insbesondere in

diesem Bereich der Kühleinrichtungen möglich.

Optimierung Luftmenge

- Im Gegensatz zu "üblichen" Tunnelbauten dient die Luft in den Basistunneln nicht nur zur Abfuhr von Schadstoffen, Staub, etc., sondern ermöglicht auch die kostengünstige Wärmeabfuhr. Die Festlegung der Luftmengen sollte sich daher nicht nur nach den Mindestvorgaben durch die SUVA-Bestimmungen [1] richten. Durch eine wirtschaftlich und arbeitsmedizinisch sinnvolle Erhöhung der Luftmengen kann eine Entlastung der Baukühlung erfolgen.

Kühleinrichtungen notwendig

- Mit den gegenwärtigen Annahmen reicht die Wärmeabfuhr nur durch Luft bis zur Aufnahme des Probebetriebes nicht aus, um die Temperaturen im Tunnel unterhalb von 28°C zu halten. Kühleinrichtungen müssten bei dieser Zieltemperatur während der gesamten Bau- und Installationszeit betrieben werden. Im Rahmen des Bauprojektes Bahntechnik müssen die Untersuchungen für ein realistisches Szenario (hier Worst Case) verfeinert werden.

B.8.8 Druckwellen ZBT, GBT, CBT

B.8.8.1 Übersicht

Druckwellen

Während der Fahrt von Zügen durch Tunnels stellen sich charakteristische Druck- und Strömungsverhältnisse ein, die zu Beeinträchtigungen des Komforts von Zugreisenden führen können und Kräfte auf Beladungen von Güterzügen und Installationen im Tunnel ausüben.

Die Druckschwankungen werden teilweise durch Druckwellen verursacht, die sich mit Schallgeschwindigkeit im Tunnel ausbreiten und vor allem bei den Tunnelein- und -ausfahrten der Züge ausgelöst werden. Zusätzlich stellen sich räumliche Druckdifferenzen zwischen Zugspitzen und -enden ein, die sich mit den Zügen durch den Tunnel bewegen. Es sind um so höhere Druckschwankungen zu erwarten, je grösser die Geschwindigkeiten, Querschnittsflächen und Längen der Züge und je kleiner die Tunnelquerschnitte sind [AK.AK].

Druckkomfortkriterium

Die Auswirkungen von Druckschwankungen auf den Komfort von Zugreisenden wird an Hand des Druckkomfortkriterium des Projektes Bahn 2000 beurteilt. Das Kriterium begrenzt die innerhalb von vier Sekunden maximal zulässigen Druckschwankungen auf 1.5 kPa.

B.8.8.2 ZBT

Untersuchung für verschiedene Fälle

Um die von einem einzelnen fahrenden Zug verursachten, grössten Druckbelastungen zu ermitteln, wurden Druckverläufe in den folgenden Fällen untersucht:

- Einzelfahrten durch die relativ engen Einspurtunneln der Abzweigung Thalwil
- Einzelfahrten auf der Strecke Zürich - Litti
- wartender Zug in der Abzweigung Thalwil während der Vorbeifahrt eines anderen Zuges auf der Strecke Zürich - Litti

Alle Berechnungen wurden für Doppelstockzüge durchgeführt. Falls nichts anderes vermerkt ist, beträgt die Zugslänge 200 m. Der Hauptteil des Tunnels wird mit einer Geschwindigkeit von 200 km/h durchfahren.

Durchfahrt durch die Abzweigung Thalwil

Schwankungen maximal 0.5 kPa in 4 s

Es wurde das vollständige Tunnelsystem in die Rechnung miteinbezogen. Der Druckverlauf ist ziemlich kompliziert, zeigt aber nur relativ geringe Schwankungen von maximal ca. 0.5 kPa innerhalb 4 s. Der Grund dafür sind Teilreflexionen der Durckwellen an lokalen Änderungen der Tunnelgeometrie. Das Tunnelsystem reduziert demnach aufgrund seiner Komplexität die Druckbelastung auf unbedenkliche Werte, während der einzelne Tunnel wesentlich kritischer wäre.

Fahrt auf der Strecke Zürich - Litti

Schwankungen kleiner als Grenzwert

Die Druckverläufe im Zug wurden berechnet. Die Unterschiede zwischen den beiden Richtungen von Zürich nach Litti und umgekehrt erklären sich in erster Linie durch die in beiden Richtungen verschiedenen Geschwindigkeitsverläufen. Unterschiedlich ist z.B. die Geschwindigkeit bei der Einfahrt in den Tunnel, die in Zürich 80 km/h und in Litti 200 km/h beträgt. Effekte von Druckwellen sind vorhanden aber wiederum aufgrund der "Schachtwirkung" der Abzweigung Thalwil komplex und abgeschwächt.

Wartender Zug in der Abzweigung Thalwil

Schwankungen maximal 1.3 kPa in 4 s

Druckverläufe in einem in der Abzweigung Thalwil (Einspurtunnel) wartenden Zuges, während dem ein anderer Zug die Strecke Zürich - Litti bzw. Litti - Zürich durchfährt, wurden berechnet. Die Effekte der Eintrittswelle sind naturgemäss im Fall des schnell einfahrenden, von Litti herkommenden Zuges grösser. Die maximale Druckdifferenz beträgt aber auch in diesem Fall nur etwa 1 kPa. Kritischer ist die Druckbelastung beim Passieren der Abzweigestelle, während der maximale Druckschwankungen von ca. 1.3 kPa innerhalb 4 s auftreten können.

Druckkomfortkriterien eingehalten

Diese Resultate zeigen, dass relativ hohe Druckbelastungen auftreten können, wenn sich meherer Züge gleichzeitig im Tunnel aufhalten. Die Druckkomfortkriterien sind in allen untersuchten Fällen eingehalten.

Druckbelastungen im Tunnel

Druckbelastung im Tunnel $\pm$ 5 kPa

Neben den Zugreisenden sind auch Beladungen von Güterzügen sowie Einbauten und Installationen im Tunnel den durch die Züge verursachten Druckbelastungen ausgesetzt. Maximale Schwankungen von $\pm$ 5 kPa stellen realistische Erwartungswerte dar.

Werden schnellere oder längere Züge berücksichtigt als in den Rechnungen vorgesehen, können sich auch im Tunnel höhere Druckbelastungen einstellen.

B.8.8.3 GBT

Druckbelastung von Zugreisenden

Annahmen

Die durchgeführten Berechnungen setzen einstöckige Personenzüge mit maximalen Längen und Geschwindigkeiten von 400 m bzw. 200 km/h sowie Güterzüge mit maximalen Längen und Geschwindigkeiten von 700 m und 140 km/h voraus. Werden längere oder schnellere Züge oder solche mit Doppelstockwagen eingesetzt, können sich vereinzelt höhere Druckbelastungen einstellen.

Grosse Druckschwankungen bei Portalen und offenen Spurwechseln

Abbildung 86 und Abbildung 87 zeigen Druckverläufe in einem nicht gegen Druckschwankungen abgedichteten, 400 m langen und mit der Geschwindigkeit von 200 km/h fahrenden EC-Zuges, der den GBT von Norden nach Süden durchfährt. Die grössten Druckschwankungen stellen sich bei den Tunnelein- und ausfahrten sowie im Bereich offener Tunnelwechsel ein. Diese Druckschwankungen sind bei jeder Durchfahrt und immer am gleichen Ort zu erwarten. In der Regel befinden sich gleichzeitig zum betrachteten Pesonenzug weitere Züge im Tunnel, die über Druckwellen und veränderte Strömungsgeschwindigkeiten zusätzliche Druckvariationen verursachen. Diese hängen von den Kompositionen, Geschwindigkeiten und Positionen der zusätzlichen Züge ab und können zu vergrösserten oder verkleinerten Druckbelastungen führen.

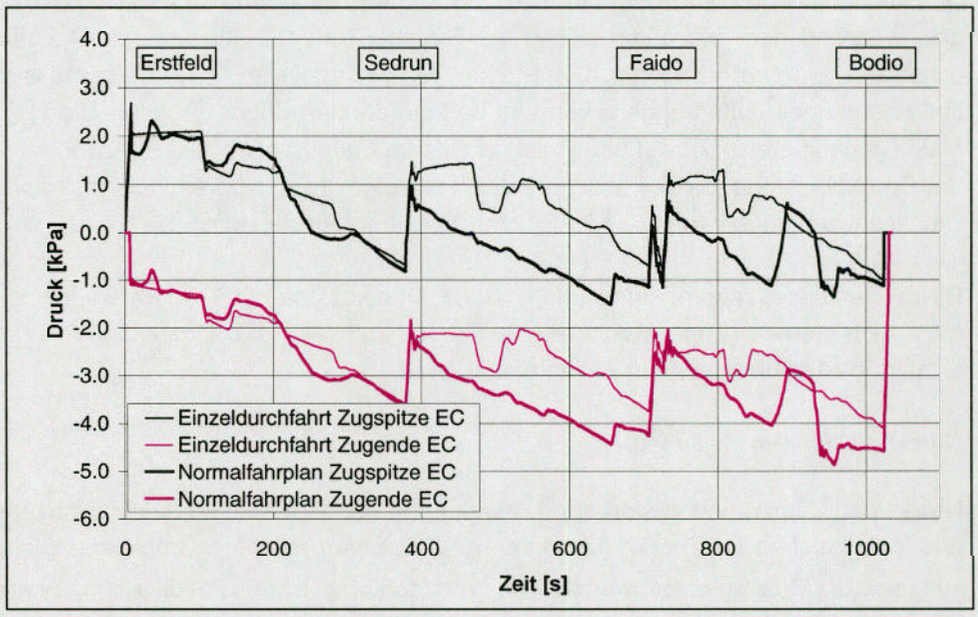


Abbildung 86 Druckverläufe an der Spitze und am Ende eines EC-Zuges (Länge 400 m, Geschwindigkeit 200 km/h) während einer Fahrt durch den GBT von Nord nach Süd

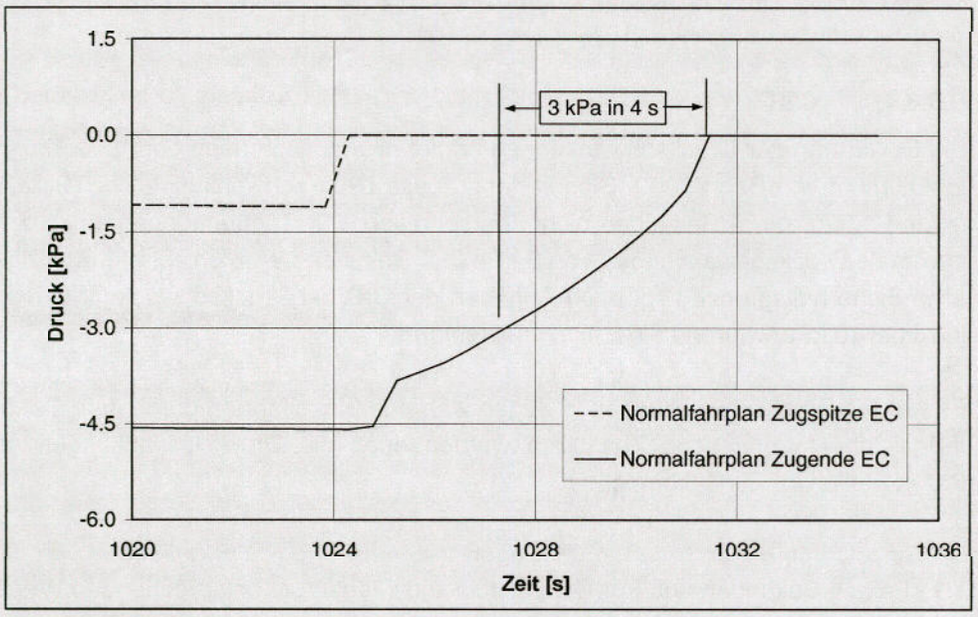


Abbildung 87 Ausschnitt aus Abbildung 86

Druckverläufe an der Spitze und am Ende eines EC-Zuges während der Ausfahrt aus dem Tunnel beim Portal Bodio

Druckkomfortkriterium bei Portalen versetzt

Im GBT wird bei der Tunnelausfahrt von IC-Zügen mit der Geschwindigkeit von 200 km/h das Druckkomfortkriterium verletzt (siehe Abbildung 87). Während Tunneleinfahrten wird das Kriterium in der Regel geringfügiger überschritten, während geschlossene Querschläge oder Querschnittsänderungen im vorgesehenen Mass kaum zu unzulässigen Druckschwankungen in Zügen führen. Im Bereich offener Spurwechsel stellen sich für IC-Züge Druckbelastungen in der Regel knapp unterhalb des Grenzwertes ein.

Massnahmen zur Reduktion der Druckschwankungen

Auf der Infrastrukturseite sind verschiedene Massnahmen möglich, um die Druckschwankungen bei den Portalen ev. zu reduzieren [AK.AL]:

- Grösserer Tunnelquerschnitt bei Portalen (geringe Wirksamkeit)
- Druckentlastungsschächte bei den Portalen
- Teilweise offene Querschläge in Portalnähe unter Berücksichtigung von Rezirkulations- und Sicherheitsfragen.

Die effizienteste Massnahme ist betrieblicher Art (Rollmaterial):

- Für Reisezugwagen mit v > 160 km/h Druckertüchtigung (bei modernen HGV-Zügen zum grossen Teil erfüllt)

Druckbelastungen im Tunnel

Druckbelastung im Tunnel ± 5 kPa

Neben den Zugreisenden sind auch Beladungen von Güterzügen sowie Einbauten und Installationen im Tunnel den durch die Züge verursachten Druckbelastungen ausgesetzt. Es wurden deshalb auch Druckschwankungen an verschiedenen Orten im Tunnel berechnet. Maximale Schwankungen von ± 5 kPa stellen für beide Tunnel realistische Erwartungswerte dar.

Werden schnellere oder längere Züge berücksichtigt als in den Rechnungen vorgesehen oder werden Doppelstockwagen eingesetzt stellen sich auch im Tunnel in Einzelfällen höhere Druckbelastungen ein. Mit der Annahme von Druckschwan-

kungen von ± 5 kPa in beiden Röhren sind z.B. Querschlagtüren im Extremfall Druckdifferenzen von bis zu 10 kPa ausgesetzt.

B.8.8.4 CBT

Annahmen

Die Bewertung der Druckschwankungen erfolgt provisorisch nach dem Druckkomfortkriterium von Bahn 2000. Dies verlangt, dass Druckschwankungen bei Einzelfahrten 1.5 kPa in 4 Sekunden nicht überschreiten. Für Zugbegegnungen werden maximale Druckschwankungen von 3 kPa in 4 Sekunden empfohlen. die medizinische Sicherheitsgrenze liegt nach Angaben der UIC bei Druckschwankungen von maximal 10 kPa während einer Tunneldurchfahrt.

Es wurden Druckschwankungen in Zügen während Einzelfahrten durch den Ceneri-Basistunnel untersucht. Zusätzlich wurden auch die Druckschwankungen an festen Stellen im Tunnel berechnet.

Druckkomfortkriterium eingehalten

Bei Einzeldurchfahrten treten in EC-Zügen maximale Druckschwankungen von ca. 1.1 kPa in 4 Sekunden auf. Für Doppelstockzüge liegen die entsprechenden Werte etwas tiefer als 1.5 kPa in 4 Sekunden. Das Druckkomfortkriterium wird somit bei Einzelfahrten knapp eingehalten.

Druckbelastung im Tunnel ± 5 kPa

Die berechneten Druckverläufe im Tunnel weisen Druckschwankungen von -3 bis +4 kPa auf. Grössere Druckschwankungen bei Zugbegegnungen, z.B. aufgrund ungünstiger Zugfolgen, sind nicht auszuschliessen. Maximalwerte können bei ca. ±5 kPa angenommen werden.

Fensterstollen Mezzovico

Die Öffnung des Fensterstollen Mezzovico würde in der Nähe der Einmündungsstelle zu einer leichten Reduktion der Druckschwankungen im Bahntunnel und in den Zügen führen. Dieser Effekt ist aber im Abstand von wenigen Kilometern kaum noch bemerkbar. Insbesondere hat die Öffnung keine wesentliche Druckentlastung an den Portalen zur Folge, wo sich bei Einzelfahrten die grössten Druckbelastungen einstellen.

B.8.9 Ereignisfall

B.8.9.1 Übersicht

Für Sicherheit ausgewogenes Zusammenspiel verschiedener Bereiche nötig

Es hat sich gezeigt, dass für die Sicherheit des Gotthard-Basistunnels nicht eine einzelne Massnahme sondern vielmehr ein ausgewogenes Zusammenspiel baulicher, technischer, lüftungstechnischer, betrieblicher und rettungstechnischer Massnahmen entscheidend ist (vgl. B.5 Konzepte Sicherheit).

1. Priorität Ereignisverhinderung

Die ereignisverhindernden Massnahmen bilden den eigentlichen Schwerpunkt in der Bahnsicherheit. Kann trotz ereignisverhindernder Massnahmen die Auftretenshäufigkeit des Ereignisses nur ungenügend gesenkt werden, ist eine Reduktion des Schadenausmasses durch ausmassmindernde Massnahmen zu erreichen.

Ausmassminderung durch Aerodynamik und Klima

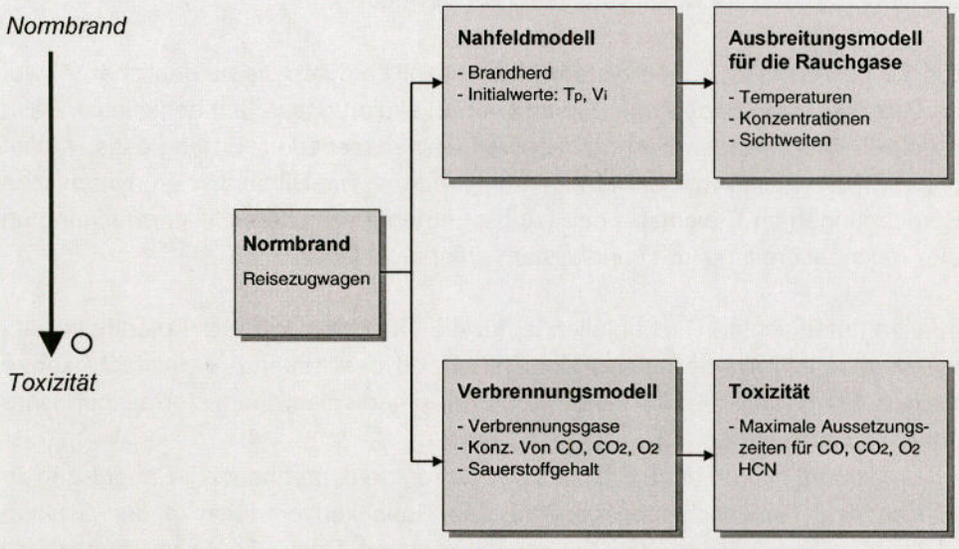
Das vorliegende Kapitel behandelt ausschliesslich die - in obigem Sinne nicht prioritären - ausmassmindernden Massnahmen aus dem Bereich Aerodynamik und Klima.

In einem Ereignisfall werden infolge der fahrzeugseitigen Notbremsüberbrückung die meisten Reisezüge entweder das Portal oder eine der beiden Nothaltestellen im Basistunnel erreichen. Die Wahrscheinlichkeit eines sofortigen Stillstandes als Folge eines Ereignisses ist sehr klein. Abschätzungen ergeben, dass in 95 - 99% der Fälle die Nothaltestelle oder das Portal erreicht werden.

hohe Wahrscheinlichkeit, dass Nothaltestelle erreicht wird

B.8.9.2 Grundlagen

Folgende Themen sind systematisch aufgearbeitet worden:



Sie dienen als Grundlage für die aero- und thermodynamischen Untersuchungen des Ereignisfalls mit Brand oder Freisetzung [AK.AM] [AK.AN] [AK.AO] [AK.AP] [AK.AQ].

B.8.9.3 Nothaltestellen

In den meisten Ereignisfällen wird der betroffene Zug die nächstliegende Nothaltestelle erreichen können. Die baulichen Massnahmen und finanziellen Mittel werden deshalb sinnvollerweise in 1. Priorität in den Nothaltestellen aufgewendet [AK.AR] [AK.AS] [AK.AT].

Die Nothaltestellen verfügen über spezielle Einrichtungen, welche der einfachen Störungsbehebung wie auch dem Ereignisfall dienen. In jeder Nothaltestelle stehen geschützte Räume bereit, in welchen Passagiere über mehrere Stunden überleben können. Diese Räume werden von aussen über Schächte Sedrun bzw. Faido mit Frischluft versorgt. Die Dimensionierung dieser Zuluftventilatoren bzw. der entsprechenden Schachtdurchmesser gewährleistet, dass im Ereignisfall ein dauernder Überdruck gegenüber den Tunnelröhren aufrecht erhalten und somit der Eintritt von Rauch verhindert werden kann.

Geschützte Räume

Dimensionierung der Zuluft

Ebenfalls in der baulichen Umhüllenden enthalten ist die Möglichkeit einer Abluftventilation. Die Abluft wirkt wie die Zuluft nur punktuell in den Nothaltestellen Faido und Sedrun und wird über die entsprechenden Schächte ins Freie geführt.

Schachtsysteme Sedrun und Faido

Kaum Verrauchung gegenüberliegender Nothaltestelle

Über die offenen Spurwechsel kann aufgrund der vorhandenen Luftströmungen Rauch in die gegenüberliegende Tunnelröhre gelangen, aber eine Verrauchung der gegenüberliegenden NHS ist aufgrund der herrschenden Strömungsverhältnisse (bei Zu- und Abluft) in der Gegenröhre äusserst gering.

B.8.9.4 Beliebige Stelle

Querschläge als Fluchtweg

In einem Ereignisfall, bei dem ein in Brand geratener Reisezug das Ausfahrtsportal oder eine Nothaltestelle nicht mehr zu erreichen vermag und im Tunnel stehen bleibt, stehen den Betroffenen entlang der Tunnelröhre Querschläge in die gegenüberliegende Bahnröhre als Fluchtweg zur Verfügung.

Aerodynamik wesentlich durch betriebliche Abläufe beeinflusst

Die Aerodynamik im Tunnelsystem wird wesentlich durch die betrieblichen Abläufe im Tunnel (ausfahrende Züge, Einfahrt von Evakuierungszügen) beeinflusst. Basierend auf einer Reihe von Annahmen wie Betriebszenarien, Brandgrösse, Abläufe bei der Alarmierung und der Evakuierung, wurden mit Hilfe von aerodynamischen Berechnungen im Ereignisfall das Längsströmungsverhalten, die Verrauchung und die Rauchausbreitung im Tunnelsystem untersucht [AK.AU].

Kohlenmonoxid bestimmend

In allen untersuchten Rechenfällen ist für die Einschränkung der Aufenthaltszeit in der verrauchten Tunnelluft das Kohlenmonoxid bestimmend. Vereinfacht können für den Ereignisfall drei Tunnelbereiche mit unterschiedlichem Verrauchungsgrad unterschieden werden:

Unfallröhre hinter dem Ereigniszug Aufenthaltszeit nicht eingeschränkt

- *Unfallröhre hinter dem Ereigniszug:* Hinter dem brennenden Ereigniszug hat sich eine Rauchschleppe gebildet. Die Rauchkonzentration in der Schleppe bleibt während der ganzen Zeit nahezu konstant. Durch die Verrauchung wird in der Schleppe bei schlechten Lichtverhältnissen die Sicht auf 50 m eingeschränkt. Die Aufenthaltszeit der sich in der Schleppe aufhaltenden Personen wird durch Kohlenmonoxid nicht eingeschränkt.

Nahbereich des stehenden Ereigniszuges Aufenthaltszeit stark eingeschränkt

- *Nahbereich des* Ereigniszuges*:* Nachdem der brennende Ereigniszug anhält, nimmt die Verrauchung entlang des Ereigniszuges sehr schnell zu. Innerhalb der sich von der Unfallstelle her ausbreitenden verrauchten Tunnelluft, wird die Sicht auf weniger als 1 m und die Aufenthaltszeit durch Kohlenmonoxid auf weniger als 10 Minuten eingeschränkt.

Gegenröhre Aufenthaltszeit kaum eingeschränkt

- *Gegenröhre:* Der von der Unfallröhre über offene Querschläge, Spurwechsel und Leckagen in den Querschlagtüren in die Gegenröhre übertretende Rauch wird in der Gegenröhre durch die vorhandene Längsströmung in der Regel verdünnt und in Fahrtrichtung weiter transportiert. In der Gegenröhre wird die Aufenthaltszeit durch Kohlenmonoxid in der Regel nicht eingeschränkt. In ungünstigen Fällen kann „stromabwärts“ die Sicht auf unter 5 m und die Aufenthaltszeit der sich dort befindenden Personen eingeschränkt werden. In der Regel wird aber die Aufenthaltszeit in der Gegenröhre durch Kohlenmonoxid nicht eingeschränkt.

Grundlagendossier Bahntechnik

C Projektierung

Inhaltsverzeichnis C

C PROJEKTIERUNG 185

C.1 Einführung 185
C.1.1 Übersicht 185
C.1.2 Abgrenzung Stammlinie NBS-Strecke 185
C.1.3 Schnittstellen innerhalb der Bahntechnik 186
C.1.4 Ausschreibungsmodelle 189
C.1.4.1 Stand SBB 189
C.1.4.2 Ausschreibungen AlpTransit Gotthard Bahntechnik 191

C.2 Zimmerberg-Basistunnel inkl. Anschlüsse an Stammlinie 192
C.2.1 Projektübersicht 192
C.2.2 Verknüpfungen mit Stammlinie 192
C.2.2.1 Anschluss Nidelbad 192
C.2.2.2 Anschluss Litti 193
C.2.3 Projekt EA 193
C.2.3.1 Allgemein 193
C.2.3.2 Fahrleitung 194
C.2.3.3 $16^2/_3$ Hz-Bahnstromversorgung 194
C.2.3.4 50 Hz-Stromversorgung 196
C.2.3.5 Kabelanlagen 196
C.2.4 Projekt Fb 196
C.2.5 Projekt-Sicherungsanlagen und Telekommunikation 197
C.2.5.1 Sicherungs- und Automationsanlagen (SA) 197
C.2.5.2 Telecomanlagen (TC) 198
C.2.6 Einbau 200
C.2.7 Terminprogramm 201
C.2.8 Kosten 202
C.2.9 Vorgaben an Bau 203

C.3 Gotthard-Basistunnel inkl. Anschlüsse an Stammlinie 204
C.3.1 Projektübersicht 204
C.3.2 Verknüpfungen mit Stammlinie 205
C.3.2.1 Anschluss Nord 205
C.3.2.2 Anschluss Süd 205
C.3.3 Projekt EA 206
C.3.3.1 Allgemein 206
C.3.3.2 Fahrleitung 207
C.3.3.3 $16^2/_3$ Hz-Bahnstromversorgung 210
C.3.3.4 50 Hz-Stromversorgung 211
C.3.3.5 Kabelanlagen 211
C.3.4 Projekt Fb 212
C.3.5 Projekt-Sicherungsanlagen und Telekommunikation 212
C.3.5.1 Sicherungs- und Automationsanlagen (SA) 212
C.3.5.2 Telecomanlagen (TC) 214
C.3.6 Einbau 216

C.3.7 Terminprogramm 218
C.3.8 Kosten 220
C.3.9 Vorgaben an Rohbauten 220

C.4 Ceneri-Basistunnel inkl. Anschlüsse an Stammlinie 221
C.4.1 Projektübersicht 221
C.4.2 Verknüpfungen mit Stammlinie 222
C.4.2.1 Anschluss Nord 222
C.4.2.2 Anschluss Süd 222
C.4.3 Projekt EA 223
C.4.3.1 Allgemein 223
C.4.3.2 Fahrleitung 223
C.4.3.3 $16^2/_3$ Hz-Bahnstromversorgung 224
C.4.3.4 50 Hz-Stromversorgung 225
C.4.3.5 Kabelanlagen 225
C.4.4 Projekt Fb 226
C.4.5 Projekt-Sicherungsanlagen und Telekommunikation 227
C.4.5.1 Sicherungs- und Automationsanlagen (SA) 227
C.4.5.2 Telecomanlagen (TC) 227
C.4.6 Einbau 228
C.4.7 Terminprogramm 228
C.4.8 Kosten 229
C.4.9 Vorgaben an Rohbauten 236

C PROJEKTIERUNG

C.1 Einführung

C.1.1 Übersicht

Aufbauend auf den in den vorgehenden Kapiteln definierten Grundsätzen und den in den einzelnen Fachbereichen beschriebenen Techniken sind die 3 Streckenabschnitte Zimmerberg-Basistunnel, Gotthard-Basistunnel und Ceneri-Basistunnel bahntechnisch auszurüsten.

Grundlage für die Ermittlung der Mengengerüste und daraus der Kosten bilden die im Kapitel A.3.1 aufgeführten Projektierungsgrundlagen pro Abschnitt / Teilabschnitt bzw. Planungsphase. Andererseits werden die im Anhang E beigelegten Schemapläne als Basis verwendet.

C.1.2 Abgrenzung Stammlinie NBS-Strecke

Die Projekte AlpTransit bestehen zum dominierenden Teil aus den 3 Tunnels sowie den Verbindungslinien zu der Stammlinie. Umfangreiche Anpassungen sind im Bereich der Verknüpfungen mit der Stammlinie notwendig.

Die Aufteilung der Bahntechnik in geografische Objekte analog den reinen Ingenieurbauwerken ist nicht überall sinnvoll. Die Grenzen wären auch nicht mit den Objekten des Rohbaus kongruent. Für die Kostenberechnung wird die Neubaustrecke in Zonen unterteilt, bei denen die Kosten proportional zur Gleislänge sein werden, und in solche, wo bestimmte örtliche Begebenheiten die Kosten massiv beeinflussen.

Steckenarten:
- *Tunnel*
- *Offene Strekken*
- *Anpassungen Stammlinie*

Für die Bearbeitung der Bahntechnik werden deshalb die Neubau-Streckenarten Tunnel, offene Strecke sowie die Bereiche mit baulichen Anpassungen und Auswirkungen auf die Stammstrecke als eigene Objekte betrachtet.

Pro Tunnelobjekt werden für die Bahntechnik 2 geografisch erfassbare Hauptlose gebildet:
- Neubaustrecke (Tunnel, offene Strecke)
- Anpassungen der Stammlinie

Diese werden auf die Hauptarbeitsgattungen der Bahntechnik aufgeteilt:
- Elektrische Anlagen (EA)
- Sicherungsanlage und Telekommunikation (SA und TC)
- Fahrbahn (Fb)

Funktionale Abgrenzung Neubaustrecke Stammlinie

Im Vorprojekt 1994 wurden alle Anlagen kostenmässig jeweils ihrem geografischen Standort belastet. Diese Aufteilung macht für die weitere Projektierung sowie Realisierung nicht immer Sinn und ist deshalb zu Gunsten einer Aufteilung nach funktionalen Gesichtspunkten geändert worden.

Da die Schnittstellen nicht bei allen Bahntechnikdiensten geografisch gleich liegen, ist pro Fachbereich eine sinnvolle Abgrenzung gemäss nachfolgendem Grundsatz zu definieren.

Grundsatz:
Die minimal notwendigen Elemente die eine funktionstüchtige Stammlinie ermöglichen

-> werden im Hauptlos Anpassung der Stammlinie ausgewiesen.

Die minimal notwendigen Elemente die eine funktionstüchtige Neubaustrecke ermöglichen

-> werden im Hauptlos Neubaustrecke ausgewiesen.

Elemente, die nicht einer dieser beiden Kategorien zugeteilt werden können, sind als solche identifiziert (Bsp. Speisleitungen, eventuell Schaltposten oder gemeinsame Installationsplätze etc.) und in den Kostenermittlungen entsprechend plaziert.

Tabelle 21 Lösungsansatz am Bsp. GBT

	GBT Bahntechnik		
	Anschluss Nord	Tunnel	Anschluss Süd
	Stammlinie	Neubaustrecke	Stammlinie
Fachdienst			
EA			
SA TC			
Fb			
etc.			

C.1.3 Schnittstellen innerhalb der Bahntechnik

Die Projektierung der bahntechnischen Ausrüstung zu einem Gesamtsystem ist das Ergebnis einer intensiven interdisziplinären Zusammenarbeit zwischen den einzelnen Bahntechnikfachgebieten einerseits und den Rohbauplanern andererseits. Im Planungsprozess entstehen deshalb Schnittstellen die zu identifizieren und zu beherrschen sind.

Projektphasenabhängige Schnittstellen

Grundsätzlich ist bei den Schnittstellen zwischen den Bahntechnik-internen und den Bahntechnik-externen zu unterscheiden. Diese können in den Projektphasen unterschiedlich sein.
Die Schnittstellen innerhalb des reinen Bahntechnikprojekts sind in Form einer Schnittstellenmatrix pro Fachdienst definiert und gegenseitig abgesprochen.

Die Schnittstellen gegenüber dem Rohbau werden in Form von Vorgaben in jeder Projektphase neu definiert. Durch die zeitliche Verschiebung der Rohbauplanung und der Planung der bahntechnischen Ausrüstung entstehen automatisch Unschärfen in der Definition der Vorgaben an die Rohbauten. Zur Lösung diese Problems basieren die Vorgaben an die Rohbauten soweit möglich auf aktueller Tech-

nik und Wissensstand. So werden zum Beispiel für Raumangaben jeweils ausschliesslich die Umhüllenden definiert.

Die in der Besteller-/Ersteller-Matrix Tabelle 22 aufgelisteten Schnittstellen decken die Bedürfnisse der Bahntechnik und derjenigen Bt-externen Bereiche ab, welche eine Auswirkung auf die bereichsspezifische Planung der Bahnanlagen haben.

Integrales Besteller-/Erstellerprinzip innerhalb Bahntechnik

Integrales Besteller-/Ersteller-Prinzip:
Für jede bahntechnische Leistung ist ein Ersteller festzulegen.
Jeder Benutzer einer bahntechnischen Leistung muss seine spezifischen Bedürfnisse dem Ersteller-Verantwortlichen angeben.

Jeder Ersteller ist verantwortlich, dass seine Planung gemäss den Angaben der anderen Fachbereiche angepasst wird.

Grundsätze:
Innerhalb eines Bahntechnik-Teilgebiets können die Grenzen unterschiedlich sein.
Beispiel: im Bereich *Kabelanlagen* wird die Anzahl der Datenkabel durch die Bedürfnisse TC, SA oder Weiterer als Besteller festgelegt, die Dimensionierung der Energiekabel 50 Hz ist Sache des Bereiches EA.

Der Ersteller, in diesem Fall EA, koordiniert die Bedürfnisse, die aus den Kabelanlagen an die Umsysteme wie Rohbauten, Trassierung etc. gestellt werden.

Bahntechnik-Bedürfnisse, welche während den bisher gelaufenen Projektphasen bereits als Nutzungsanforderungen formuliert wurden und bei denen keine Anpassung notwendig ist, sind in der Besteller-/Ersteller-Matrix nicht betrachtet.

Für jede Projektierungsphase der Bahntechnikanlagen ist die Besteller-/Ersteller-Matrix zu überprüfen und anzupassen. Jeder Fachbereich ist dafür verantwortlich, die Bedürfnisse seiner „Kunden“ (z.B. durch regelmässige Review) zu verifizieren und anzupassen. Umgekehrt ist ein Benutzer, der andere, neue Bedürfnisse in seinem Bereich identifiziert hat, auch dafür verantwortlich, seine Angaben an die anderen dadurch tangierten Fachbereiche anzupassen.

Tabelle 22
Besteller-/Ersteller-Matrix im Bereich Bahntechnik

Bt-interner Ersteller \ Bt-interner Besteller	EA	SA	TC	Fb	Eh	Einbau Bt	Bt-externer Besteller: Bau	Klima	Sicherheit
EA		USV Datenkabelnetz Kombination Fl-Sektionierung mit Haltepunkten	USV Datenkabelnetz Strahlendes Kabel	50 Hz-Strom Koordination im Bereich Bankette, Kabelquerung	50 Hz-Strom in Tunnels Gehwegbeleuchtung in Tunnel und montierbare Arbeitsbeleuchtung im Bereich Spw schnelles Fl-Erdungssystem Fl-Sektionierung im Spw-Bereich	Übergang Stromverversorgung Bau-Betrieb Sauberkeit	50 Hz-Strom Licht (USV)	50 Hz-Strom	50 Hz-Strom spez. Beleuchtung Fl-Sektionierung (USV)
SA	Kombination Haltepunkte mit Fl-Sektionierung		Koordination, Abstimmungen im Bereich technische Nischen	Koordination	Anforderungen für Eh-Aktivitäten im Bereich Spw ohne Einschränkung auf Gegengleis	prov. oder Teil- Inbetriebnahme der SA-Anlagen Bauzugbewegungen Sauberkeit			Frühwarnsystem
TC	Datenanschluss für Fernsteuerung im Bereich Fl, BS und 50Hz	Datenanschlüsse GSM-Funkversorgung		Koordination	Kommunikationssystem (Baufunk) Datenanschlüsse (Zugriff auf Erhaltungsdatenbank direkt am Ort)	prov. oder Teil- Inbetriebnahme der TC-Anlagen (Baufunk) Sauberkeit	Kommunikationssystem (Datenanschluss)	(Datenanschluss)	(Datenanschluss)
Fb	Erdungskonzept (Angaben zur Armierung der Fb-Tragplatte, Verbindung zu den Schienen)	Befestigung von Elementen am Gleis, an der Fb-Tragplatte Koordination Weichen/Antriebe ev. Isolierstösse			Gleisabstand (5.50 m) und Abschrankungen wo Betrieb neben Erhaltungsaktivitäten möglich ist	prov. oder Teil-Inbetriebnahme der Fahrbahn spezifische Ansprüche (z.B. Fahren von Strassenfahrzeugen) Sauberkeit			
Eh	Angaben für die Erhaltung der EA-Anlagen (Aufwand, Art, mögliche Kombinierung)	Angaben für die Erhaltung der SA-Anlagen (Aufwand, Art, mögliche Kombinierung)	Angaben für die Erhaltung der TC-Anlagen (Aufwand, Art, mögliche Kombination)	Angaben für die Erhaltung der Fb-Anlagen (Aufwand, Art, mögliche Kombinierung)		Erhaltungskonzept während des Bt-Einbaus Sauberkeit			Arbeitssicherheit
Einbau Bt Logistik	Koordination für die Phase Überlappung Baustrom-/ Betriebsstromversorgung Sauberkeit	Einbaubedingungnen (z.B.: Klima, Strom, Sauberkeit) Abnahmebedingungen	Einbaubedingungnen (z.B.: Klima, Strom, Sauberkeit) Abnahmebedingungen	 Sauberkeit	Einbaubedingungen für Erhaltungsaktivitäten Sauberkeit		Transportleistungen		Arbeitssicherheit
Bau	Kabeltrassierung Räume (inkl. Klimaanlagen) Befestigung am Rohbau Baureserven	Raumbedürfnisse, Bedingungen im definitiven Zustand (inkl. Reserve, Klimaanlagen)	Raumbedürfnisse, Bedingungen im definitiven Zustand (inkl. Reserve, Klimaanlagen)	Gleisversicherungspunkte Anforderungen an Bankette, Unterbau, Entwässerung	Beschilderungen (Km-Tafeln) Baureserven für Eh-Aktivitäten	Koordination für die Installationsphase (z.B. Bauprogramm, techn. Räume, Zugänglichkeit, Installationsplätze) Sauberkeit			
Tunnelklima	Angaben zu erforderlichen klimatischen Verhältnissen für die EA-Anlagen	Angaben zu erforderlichen klimatischen Verhältnissen für die SA-Anlagen in nicht klimat. Räumen	Angaben zu erforderlichen klimatischen Verhältnissen für die TC-Anlagen in nicht klimat. Räumen		Angaben zu erforderlichen klimatischen Verhältnissen für die Erhaltungsaktivitäten in nicht klimatisierten Räumen	Klimatische Verhältnisse während des Bt-Einbaus (Lüftung, Kühlung) Sauberkeit			
Sicherheit									

bereichsinterne Koordination

nicht im Koordinationsbereich Bahntechnik

Datenanschluss: Benützer einer Verbindung mit einem Datenübertragungsnetz

50Hz-Strom: Benützer einer Verbindung mit einem Stromversorgungsnetz

Baureserve: Platz- und Volumenbedürfnisse mit Auswirkung auf Rohbau

Bemerkung:
Bahntechnik-Bedürfnisse, welche während den bisher gelaufenen Projektphasen bereits als Nutzungsanforderungen formuliert wurden, z.B. Gesamtpflichtenheft des Betriebs, Sicherheitsanforderungen, und bei denen keine Anpassung notwendig ist, sind in der Besteller-/Ersteller-Matrix nicht betrachtet.

C.1.4 Ausschreibungsmodelle

Ausgangslage

Das Bauvorhaben AlpTransit wird für die Projektierung und Ausführung der bahntechnischen Ausrüstung zu starken, zeitlich beschränkten Spitzen im Bedarf an Arbeitskapazität führen. In der Mehrheit werden dafür die SBB-internen Möglichkeiten nicht mehr ausreichen. Eine Vergabe von Arbeiten zur Einhaltung der Kosten- und Terminvorgaben drängt sich deshalb auf. Seit dem 1. Januar 1996 haben diese nach dem Bundesgesetz über das öffentliche Beschaffungswesen (BoeB) zu erfolgen.

C.1.4.1 Stand SBB

Für die Projektierung und Erstellung eines integrierten Systems von bahntechnischen Anlagen besteht bei den SBB bis heute eine beschränkte Erfahrung im Submissionswesen. Dies ist insbesondere die Folge der Tatsache, dass die Ausschreibungen hauptsächlich fachdienstweise erfolgen und der Anbietermarkt klein und nach begrenzten Fachgebieten strukturiert ist. Zusätzlich schränken die hohen Anforderungen an Sicherheit, Verfügbarkeit und Unterhalt den Freiraum ein.

Planungsauftrag „Submission"

Die SBB-Generaldirektion hat BT im August 1996 den Planungsauftrag „Submission der bahntechnischen Ausrüstung" erteilt. Ziel ist es, für die bevorstehenden Grossprojekte B2000 und AlpTransit, Art, Inhalt und Durchführung der Submissionsverfahren für die Projektierung und Ausführung von bahntechnischen Anlagen in Abstimmung mit dem BoeB zu regeln. Dazu gehören, unter Einbezug neuer Technologien, die Fragen der Projektierung und der Ausführung unter Berücksichtigung der zukünftigen Erhaltung. Mit Hilfe dreier Pilotprojekte (Adlertunnel, Tunnel de Vauderens und Zimmerbergtunnel Teil 1) will die SBB schrittweise die GU/TU-Submissionsfähigkeit für die Projektierung und Ausführung der bahntechnischen Anlagen erlangen.

Einzelleistungsträger

Bis anhin wurden Bahntechnikvorlagen von Neubau- und Umbauprojekten von den zentralen Diensten der Bauabteilungen der Kreise projektiert und von den Bauregionen ausgeführt. Dabei wurden von den Bauregionen je nach Auslastungsgrad und Fachgebiet private Firmen, sogenannte Einzelleistungsträger (ELT), zur Zusammenarbeit beigezogen, die aufgrund von Ausschreibungen meist regional zugeteilt wurden.

Generalplaner

In den Phasen Vorprojekt bis Vorbereitung der Ausführung besteht die Möglichkeit, für Projektierungstätigkeiten anstelle von Einzelleistungsträgern den Generalplaner (GP) einzusetzen. Der Generalplaner ist eine Unternehmung, die alleinverantwortlich die Erstellung der nötigen Projektierungsunterlagen für ein nutzungsfähiges Bahntechniksystem durchführt.

Generalunternehmer

Der Generalunternehmer (GU) verwirklicht alleinverantwortlich die schlüsselfertige Erstellung nutzungsfähiger Bahntechniksysteme. Er bietet die Gesamtheit aller Leistungen der Ausführungs- und der Abschlussphase.

Totalunternehmer

Der Totalunternehmer (TU) vereinigt die Funktion des Generalplaners und des Generalunternehmers. Er ist zuständig für die gesamte Ausführungsplanung und Ausführung des übertragenen Projektes.

Die folgende Darstellung illustriert, welche Stufen der Submission denkbar sind, wobei Stufe 1 die aktuelle Situation darstellt. Die Tabelle bezieht sich nur auf die bahntechnischen Ausbauten. Zu ergänzen ist, dass die Stufen 2 - 4 in je eine Variante mit und ohne Vergabe des Materials (Beschaffung durch SBB) aufgeteilt werden können. Ebenso wäre es theoretisch denkbar, die Erhaltung voll oder teilweise Privatfirmen zu übertragen.

Abbildung 88
Vier Submissionsstufen zwischen „Konventionell" und TU

①	Konzept	Bestvar.	Vorproj.	Bauproj.	Bauphase	Abnahme	Erhaltung
SBB	IM, ATG			BT	BTR	BT	BTR
Private					Ausführung mit Privaten		

②	Konzept	Bestvar.	Vorproj.	Bauproj.	Bauphase	Abnahme	Erhaltung
SBB	IM, ATG			BT, ATG		BT, ATG	BTR
Private					GU für Teile oder alles		

③	Konzept	Bestvar.	Vorproj.	Bauproj.	Bauphase	Abnahme	Erhaltung
SBB	IM, ATG					BT, ATG	BTR
Private				GP	GU		

④	Konzept	Bestvar.	Vorproj.	Bauproj.	Bauphase	Abnahme	Erhaltung
SBB	IM, ATG					BT, ATG	BTR
Private			TU = (GP + TU)				

Bestvar. = Bestvariante des Vorprojektes, Vorproj. = Vorprojekt, GU = Generalunternehmer, TU = Totalunternehmer, GP = Generalplaner, BT = Bau, IM = Infrastruktur-Management, BTR = Bauregion, ELT = Einzelleistungsträger

Trotz Auslagerung von Projektierungsarbeiten werden die Kernkompetenzen bei den SBB beibehalten. Die Verfolgung der technologischen Entwicklungen, das Erarbeiten von Ausschreibungen und Pflichtenheften, die Bewertung der Offerten, die Abnahme der Anlagen und das Erarbeiten von Erhaltungskonzepten bedingt weiterhin den Erhalt aller Kernkompetenzen.

Funktionale Ausschreibung

Die funktionale Ausschreibung bildet die Grundlage für die produkteneutrale Ausschreibung des Bahntechniksystems. Ausgeschrieben wird die Lieferung sowie die Installation der bahntechnischen Ausrüstung. Die funktionalen Spezifikationen für die Ausschreibung bauen auf den funktionalen Systemanforderungen der verschiedenen bahntechnischen Subsysteme auf.

Die zum Einsatz gelangenden Komponenten und Systeme müssen die geforderten Spezifikationen im Betrieb auch tatsächlich erfüllen. Es dürfen deshalb nur (im internationalen Kontext) bewährte Systeme eingesetzt werden. Entsprechende Nachweise müssen erbracht werden (ATG NBS ≠ Teststrecken!).

Life Cycle Costs

Nebst der funktionalen Spezifikation wird zur Evaluation der Angebote auch die Life Cycle Costs-Methodik (LCC) eingesetzt. Dabei werden die Kosten aus den Bereichen Investition, Betrieb, Erhaltung und Entsorgung betrachtet mit dem Ziel,

Aussagen zu den Lebenszykluskosten der Bahntechnik-Subsysteme zu erhalten.

C.1.4.2 Ausschreibungen AlpTransit Gotthard Bahntechnik

Grundsätzlich werden Ausschreibungen von integralen Bahntechnik-Systemen angestrebt. Die konzeptionelle Planung der Ausschreibungen Bahntechnik wird später erfolgen, wenn u.a. die aus den drei Pilotprojekten gewonnenen Erkenntnisse und Erfahrungen vorliegen werden. Da sich die Bahntechnik zurzeit in der Projektierungsphase Vorprojekt befindet und die Bauprojekte Bt ab ca. 2002 ausgearbeitet werden, besteht kein unmittelbarer Handlungsbedarf.

Die Möglichkeit eines TU/GU, der sowohl die Bahntechnik wie auch den Ingenieurbau umfassen würde, wird nicht weiter verfolgt. Die zeitliche Distanz der Ausführung ist so gross (mehrere Jahre), dass eine Ausschreibung der Bahntechnik zum Zeitpunkt der Ingenieur-Bausubmission noch nicht möglich ist.

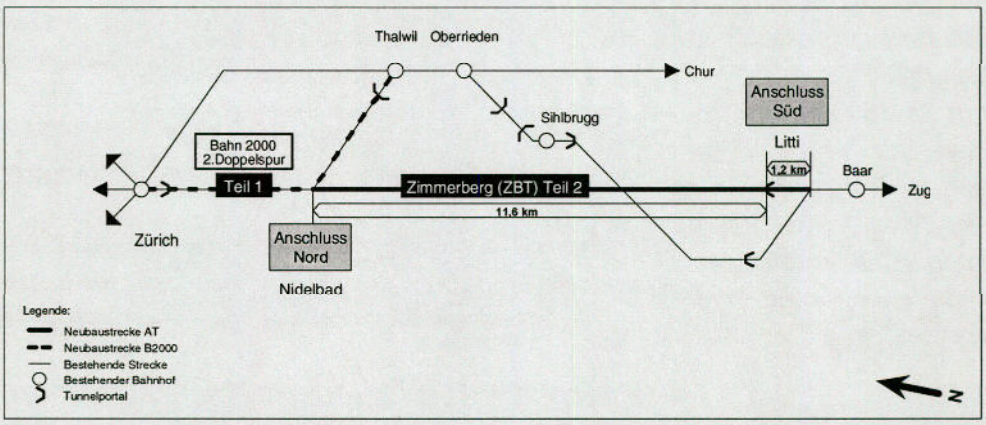
C.2 Zimmerberg-Basistunnel inkl. Anschlüsse an Stammlinie

C.2.1 Projektübersicht

Das Projekt Zimmerberg umfasst den Zimmerberg-Basistunnel (ZBT) Teil 2, Nidelbad bis Litti mit dem Anschluss an die Stammlinie in Litti. Der ca. 11.3 km lange, doppelspurige Tunnel beginnt anschliessend an das niveaufreie Anschlussbauwerk Nidelbad. Dessen Rohbau wird im Rahmen des Bahn 2000 Projekts Zürich - Thalwil erstellt. Der Tunnel führt mit einem Minimalradius von 4'200 m steigend mit einem Längsgefälle von ca. 5,3‰ bis kurz vor Litti. Danach fällt er mit 5‰ Gefälle zum Portal.

Die einfache Gleisgeometrie ohne Weichen im Tunnel ermöglicht auch ein relativ einfaches Konzept bei der Stellwerk- bzw. Sicherungsanlage und bei der Bahnstromspeisung.

Abbildung 89 Übersicht Zimmerberg-Basistunnel



5449\Grafiken tst\Abb-C-6.dsf

C.2.2 Verknüpfungen mit Stammlinie

C.2.2.1 Anschluss Nidelbad

Der Zimmerberg-Basistunnel schliesst im Norden direkt an die zur Zeit im Bau befindliche neue Doppelspur Zürich - Thalwil an. Im Bereich Nidelbad ist die unterirdische niveaufreie Verknüpfung vorgesehen. Die ATG-Linie bildet den durchgehenden geraden, die Linie Richtung Thalwil den ablenkenden Ast.

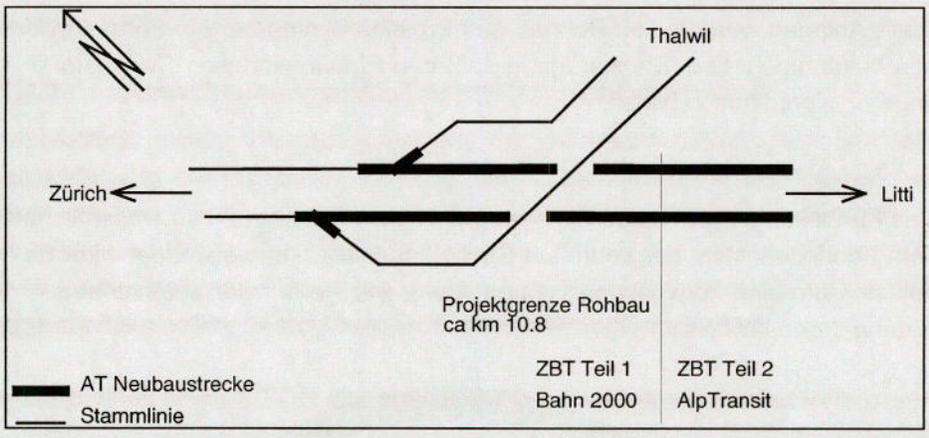


Abbildung 90 Zimmerberg-Basistunnel Verzweigung Nidelbad

Die zentralen Anlagen der Bahntechnik für die Signalisation der Verzweigung Nidelbad werden im Stellwerk Thalwil integriert.
Es ist vorgesehen, die Arbeiten für die Verknüpfungsbauwerke im Rahmen des Ausbaus des Teils 1 (Zürich - Thalwil) rohbauseitig und bahntechnisch soweit vorzubereiten, dass beim Bau des Teils 2 möglichst wenig Konflikte entstehen.

C.2.2.2 Anschluss Litti

Im Raum Litti/Baar schliesst der Zimmerberg-Basistunnel direkt an die bestehende Doppelspur an. Die bestehende Stammlinie Richtung Albistunnel zweigt einspurig zwischen dem Spurwechsel und dem neu zu bauenden Tunnel Bofeld A-Niveau ab.

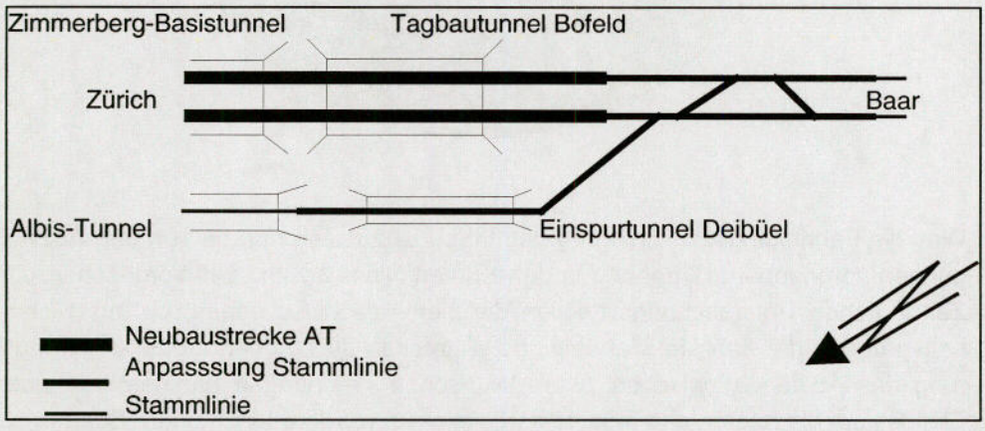


Abbildung 91 Zimmerberg-Basistunnel, Anschluss Litti/Baar

Die bahntechnischen Anlagen für den Teil mit Anpassungen der Stammlinie werden in Baar zentralisiert.

C.2.3 Projekt EA

C.2.3.1 Allgemein

Standards EA

Die Standards der elektrischen Anlagen des Zimmerberg-Basistunnels entsprechen in vielen Bereichen denjenigen, die auf den Neubautunnelstrecken der SBB (Murgenthal, Grauholz etc.) gelten. Zusätzlich sind einige Anlagen beim Anschluss Litti erforderlich (zentralisierte Anlagen für 50 Hz- und $16^2/_3$ Hz-Stromversorgungsnetz, Kommunikations- und Datenübertragungsnetz). Die Raumbedürfnisse für

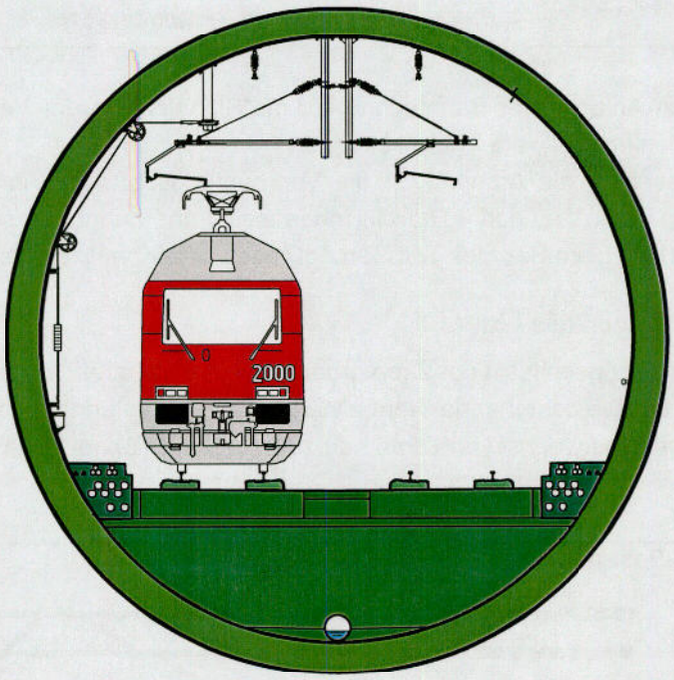
diese Anlagen wurden z.H. Rohbau des Projekts Zimmerberg in Form von Vorgaben bekanntgegeben. Sie werden in späteren Planungsphasen Gegenstand einer engeren Koordination bilden.

C.2.3.2 Fahrleitung

Fahrleitungssystem

Das Fahrleitungssystem des Zimmerberg-Basistunnels beruht im wesentlichen auf dem Fahrleitungstyp, der heute auf SBB-Neubaustrecken verwendet wird. Es handelt sich um eine konventionelle Fahrleitung, wie sie auf der untenstehenden Abbildung dargestellt ist:

Abbildung 92 Fahrleitung des Zimmerberg-Basistunnels



5449\Abb-C-4.DSF

FI-Sektionierung

Was die Fahrleitungssektionierung betrifft, so ist zur Zeit nur die von den Abzweigungen vorgegebene Trennung in den Knoten Nidelbad und Litti vorgesehen. Zur Zeit laufende Untersuchungen sollen darüber Aufschluss geben, ob aus Sicherheitsgründen die Zahl der Fahrleitungsteilstrecken zu erhöhen ist. Eine Verringerung des Abstands zwischen zwei elektrischen Trennungen hat natürlich einen Einfluss auf die Kosten und müsste berücksichtigt werden. Eine feinere Segmentierung der Fahrleitung hätte dagegen Vorteile im Störungsfall bzw. bei der Störungseingrenzung und bei der Behebung.

C.2.3.3 $16^2/_3$ Hz-Bahnstromversorgung

Bahnstromversorgungskonzept

Wie beim Gotthard-Basistunnel wurde auch das Bahnstromversorgungskonzept des Zimmerberg-Basistunnels einer Simulation der elektrischen Belastung unterzogen (*Lastberechnung 15 kV-Bahnstromversorgung, Zürich-Thalwil/Litti-Rotkreuz* [EA.I]). Die Untersuchung ging von der folgenden etappenweisen Realisierung aus:

- Zürich - Thalwil (Zimmerberg Teil 1, Programm Bahn 2000, vorgesehen für 2003);
- Nidelbad - Litti (Zimmerberg Teil 2, Verlängerung AlpTransit Gotthard, vorgesehen für 2008);

– Verknüpfung Zugersee - West (Verlängerung der Strecke in Richtung Rotkreuz/Arth-Goldau als weitere Etappe).

Die Untersuchung stützt sich auf eine betriebliche Plattform, die das Betriebskonzept Bahn 2000 und jenes für die AlpTransit Gotthard-Achse vom August 1995 berücksichtigt [EA.P].
Das folgende Schema zeigt die verschieden (bestehenden oder heute vorgesehenen) Speispunkte des 15 kV-Systems:

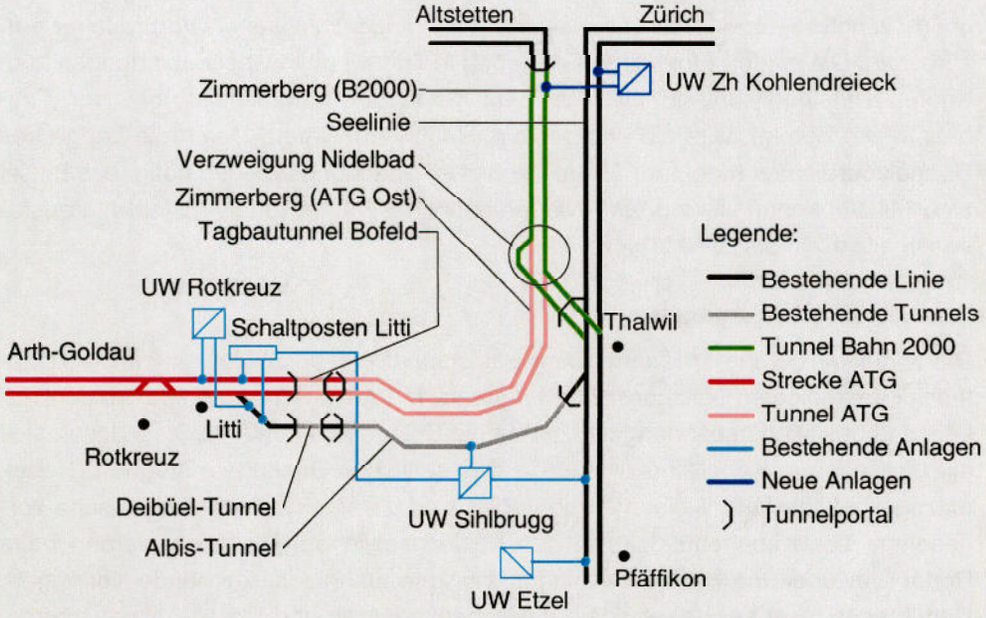


Abbildung 93 Bahnstromversorgungsschema des Zimmerberg-Basistunnels

Ein Ziel der Untersuchung war es, die Notwendigkeit einer 15 kV-Speiseleitung zwischen dem bestehenden Unterwerk Sihlbrugg und der Tunnelstrecke Zimmerberg, Teil AlpTransit Gotthard, zu definieren oder als Alternativmöglichkeit ein Unterwerk in Litti vorzusehen. Die Berechnungen haben ergeben, dass der Ausbau des Unterwerks, der durch diesen zusätzlichen Speispunkt erforderlich wäre[1], und die Kabelverbindung nicht notwendig sind. Die elektrische Verbindung zwischen der bestehenden Linie und der neuen Linie im Schaltposten Litti ist im Normalfall ausreichend.

Kein neues Unterwerk

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass für die Realisierung des Zimmerberg-Basistunnels Teil AlpTransit kein Unterwerk gebaut oder ausgebaut werden muss. Die Versorgung der Strecke ist durch das neue Unterwerk *Zürich-Kohlendreieck* und durch die bestehenden Unterwerke Sihlbrugg und Rotkreuz (bzw. Etzel) sowie durch die Verbindung zwischen der Basislinie und der bestehenden Linie im Albistunnel beim Schaltposten Litti genügend gewährleistet.

[1] Im Vorprojekt von 1996 wurde eine 15 kV-Kabelverbindung durch einen 80 m tiefen Vertikalschacht vorgesehen, die das Unterwerk Sihlbrugg mit einem Schaltposten auf der Ebene des Basistunnels verbinden sollte. Die Simulationen zeigten nur einen einzigen Fall, in dem die heutigen Querschnitte der im Albistunnel verlegten Kabel nicht ausreichen könnten, und zwar wenn bei der vollständigen Inbetriebnahme der Strecke das Unterwerk Sihlbrugg nicht am Netz sein sollte. Bei der Erneuerung der Kabeltrassees im Albistunnel wurden die Kabelschutzrohre der 15 kV-Versorgungskabel so dimensioniert, dass die Kabeltrassees bei einer allfälligen Vergrösserung der Kabelquerschnitte ohne grossen Kostenaufwand angepasst werden können.

Zudem hat die Untersuchung gezeigt, dass das Bahnstromversorgungskonzept in keiner Phase der Inbetriebnahme und des Betriebs der Strecke zu einer Überlast von Netzelementen wie Kabel, Fahrleitungen oder Speispunkten führt. Eine etappenweise Realisierung kann zu Netzkonfigurationen führen, die eine vorübergehende Verstärkung eines oder mehrerer Elemente erforderlich machen. Das ist hier jedoch nicht der Fall.

C.2.3.4 50 Hz-Stromversorgung

50 Hz-Stromversorgungssystem

Das 50 Hz-Stromversorgungssystem für den ZBT muss den Nutzungs- und Sicherheitsanforderungen der eingesetzten bzw. angeschlossenen Verbraucher entsprechen. Die beiden Einspeisstellen liegen in Thalwil (mit Kabelverbindungen zum Knoten Nidelbad) und in Litti (ab dem Gebäude Bahntechnik über der Tagbaustrecke Bofeld), was die erforderliche Redundanz liefert. Durch die Länge des Doppelspurtunnels (ungefähr 10 km) sind zwei Spannungsebenen nötig, das heisst eine Mittelspannungs- und eine Niederspannungsebene, mit Transformatorenstationen alle 1000 bis 2000 Meter.

C.2.3.5 Kabelanlagen

Kabeltrassierung

Die Kabeltrassierung im Zimmerberg-Basistunnel entspricht den durch die Bahntechnik festgelegten Nutzungsanforderungen. Mit Ausnahme des strahlenden Kabels und des Niederspannungsnetzes für die Beleuchtung und die Steckdosen sind alle Trassees in Kabelschutzrohren in den seitlichen Banketten integriert. Kabeleinzugsschächte und Gleisunterquerungen sind vor jeder technischen Nische vorgesehen. Die Kabelrohrblöcke in den beiden seitlichen Banketten werden beim Portal Litti über die Littibrücke hinaus bis zum Bahntechnikgebäude verlängert. Damit muss nicht auf Kabelkanäle gewechselt werden und Platzprobleme werden vermieden. Eine genauere Festlegung der Trassierung und der Kabelschächte erfolgt in der Bauprojektphase Rohbau.

C.2.4 Projekt Fb

Die Fahrbahn entspricht den Vorgaben.
Die Überhöhungen müssen im Bauprojekt Bt definitiv festgelegt werden

Die Fahrbahn im Abschnitt Ost (Zimmerberg-Basistunnel Teil 2 und NBS bis zum Anschluss Litti) entspricht den in Kap. B.3 beschriebenen Spezifikationen und den Vorgaben ATG-Bt. In Anbetracht des kleineren Güterverkehranteils als am Gotthard wurde der minimale Horizontalradius im Tunnel auf 4'200 m festgelegt, um die Kosten des Rohbaus optimieren zu können (kleinere Tunnellänge). Die Trassierung und die Überhöhungen im Bereich des schotterlosen Oberbaus sind im jetzigen Projektierungsstand für die Betriebsart A3a gemäss W Bau GD 23/96 ausgelegt. Die definitiven Überhöhungsbeträge müssen im Rahmen des Bauprojekts Bt zusammen mit BT-Fb fixiert werden.

Übergang zur Tunnelfahrbahn 50 bis 100 m im Tunnelinnern

Der Übergang vom Schotteroberbau zum schotterlosen Oberbau befindet sich 50 bis 100 m vom Portal entfernt im Tunnelinnern. Für die Kostenberechnung wurde eine Distanz von 75 m ab Portal angenommen.

Der Tagbautunnel Bofeld weist wegen seiner geringen Länge von nur rund 300 m den selben Schotteroberbau auf wie die Strecken im Freien.

Sämtliche Weichen, sowohl bei der Verzweigung Nidelbad als auch beim An-

schluss Litti, liegen in der Geraden.

Anstelle der Weichen im Nidelbad können vorerst normale Schienen auf den definitiven Weichenschwellensätzen montiert werden

Je nach Zeitpunkt der bahntechnischen Ausrüstung des Teils 2 im Bezug auf die Inbetriebnahme des Teils 1 können die Verzweigungsweichen im Nidelbad schon von Anfang an eingebaut werden (zusammen mit Teil 1). Alternativ besteht die Möglichkeit, zusammen mit dem Teil 1 nur die Schwellensätze zu verlegen (in die Betonplatte eingegossen) und darauf vorerst normale Schienen in Richtung des ablenkenden Astes (von/nach Thalwil) zu montieren. Diese würden dann bei Bedarf durch die kompletten Weichen ersetzt, gegebenenfalls unter Auswechslung der Schwellen (Lebensdauer!).

Verzweigung STL bei Litti: EW 1600

Im betrieblichen Pflichtenheft ist bei der Verzweigung mit der STL im Bereich Litti eine Geschwindigkeit von 90 km/h über Ablenkung gefordert. Es werden konsequent EW-1600 eingesetzt, aus Gründen der Erhaltung (weniger Abnutzung, kleinerer Aufwand) und der Fahrdynamik (tiefere Werte für den Ruck).

C.2.5 Projekt-Sicherungsanlagen und Telekommunikation

C.2.5.1 Sicherungs- und Automationsanlagen (SA)

Einfaches Stellwerk-Konzept

Die einfache Gleistopologie des Abschnitts Zimmerbergtunnel Teil 2 führt auch zu einem relativ einfachen Konzept der Stellwerk- bzw. Sicherungsanlagen. Da auf dem ATG-Teilabschnitt überhaupt keine Weichen vorhanden sind, gibt es auch bei den Sicherungsanlagen keine Kopplung zwischen den beiden Streckengleisen. Trotz der einfachen Gleisgeometrie wird am Konzept von separaten Stellwerkanlagen für die beiden Streckengleise festgehalten.

Verzicht auf optische Aussensignale

Die beiden Streckengleise sind jeweils an beiden Enden über einen TMn-Block an die bestehenden Stellwerkanlagen angeschaltet. Auf der Strecke selbst sind weder Signale für Zug- noch für Rangierfahrten vorgesehen. Einzig die Dienststationen Nidelbad und Litti sind von der NBS her mit optischen Einfahrsignalen und Zwergen ausgerüstet. Die Neubaustrecke selbst ist lediglich mit passiven Eurobalisen im Gleis in Abständen von ca. 500 bis 1000 m sowie mit verdoppelten Achszählern zur Gleisfreimeldung ausgerüstet.

Neues Bt-Gebäude Litti

Durch die einfache Gleistopologie ohne Weichen ist das Stellwerkkonzept unkritisch bezüglich Stelldistanzen. Da in Thalwil die Platzverhältnisse schon relativ knapp sind, ist die Steuerung der ganzen ATG-NBS von einem neuen Bahntechnik-Gebäude in Litti aus vorgesehen. Für die Führerstandssignalisierung des Zimmerbergtunnels Teil 2 (sowie ev. später auch des Teil 1) reicht nach heutigen Kenntnissen ein RBC aus. Dieses kann sowohl im Bahntechnik-Gebäude am Litti wie auch im dazugehörigen Fernsteuerzentrum (FB2) plaziert werden.

Annahmen bezüglich Automatisierung

Annahmen bezüglich der Automatisierung (gem. Absprache mit SA 3 und TCR Zch):

- Die heutige Dienststation Litti ist und bleibt in Baar zentralisiert und wird von Zug aus ferngesteuert (die Gleistopologie wird in Litti während den verschiedenen Bauphasen mehrmals ändern).
- Die Neubaustrecke Nidelbad - Litti wird hingegen bei beiden Varianten von Anfang an in den Fernsteuerbereich FB 2 von Zürich integriert. Die Kosten für die-

se Integration berechnet ATG aufgrund der Anzahl Zugnummernfelder und durch SA 3 festgelegte Einheitskosten.

ZKE-Konzept

Bezüglich der Zugkontrolleinrichtungen sei auf die Ausführungen im achsübergreifenden Teil der Dokumentation verwiesen.

Vorbereitungen FSS im Teil 1

Im Hinblick auf eine allfällige spätere Umrüstung des Zimmerberg-Basistunnels Teil 1 auf FSS wurden folgende Annahmen getroffen (gem. Absprache mit SA 3):

- In den jetzt im Rohbauprojekt 2. Doppelspur Zürich - Thalwil vorgesehenen technischen Nischen im Tunnel ist genügend Platz vorhanden, um die zusätzlichen Raumbedürfnisse einer Führerstandssignalisierung zu erfüllen.
- Anstatt der für die Stellwerkanlagen für die 2. Doppelspur Zürich-Thalwil beim Meinrad-Lienert-Platz vorgesehenen Fläche von 60 m² werden im Hinblick auf den späteren Einbau einer Führerstandssignalisierung 20 m² mehr, d.h. 80 m² vorgesehen. Entsprechend ist auch die spätere Anpassung der Stromversorgung als Option platzmässig offen zu halten.
- Die durch die Verzweigung Nidelbad notwendige Anpassung der Sicherungsanlagen (andere Signalstaffelung) geht inklusive bauliche Auswirkungen zu Lasten von ATG, d.h. die durch ATG (Teil 2) ausgelösten Kosten im Teil 1 werden im Projekt Teil 1 aufgenommen, dokumentiert und ATG separat verrechnet.
- Die Anteile NBS im Nidelbad werden durch ATG-Bt berechnet und dokumentiert (im TA-Knoten Nidelbad enthalten).

C.2.5.2 Telecomanlagen (TC)

Universeller Telecom- Standard als Basis

Die Ausrüstung des Tunnels erfolgt bezüglich Telecom mit den üblichen ATG-Standards, d.h. mit Übertragungs-, Vermittlungs-, Daten- und Störmeldeanschlüssen. Daneben wird der ganze Tunnel mit einer Mobilfunkanlage ausgerüstet, welche in der Lage ist, alle notwendigen Dienste breitbandig abzudecken (speziell 160, 460 und 900 Mhz).

Anpassungen in Litti und Thalwil

Die Übertragung basiert auf dem DIFONET. Die Ankopplung an die bestehende Technik (SBB-Netz) erfolgt in Thalwil und Zug/Baar. Das Bt-Gebäude Litti wird ebenfalls mit entsprechenden Übertragungs-, Daten- und Vermittlungsanschlüssen ausgerüstet, da in diesem Gebäude auch die Stellwerke für den Zimmerbergtunnel Teil 2 plaziert sein werden. Ebenso wird in diesem Bahntechnikgebäude die südliche Kopfstation für den Tunnelfunk untergebracht. Die nördliche Kopfstation ist in Thalwil vorgesehen, von wo aus auch die Fortsetzung der Mobilfunkausrüstung zwischen Nidelbad und Zürich erfolgt.

FSS Früherkennung

Da das FSS eine Früherkennung der Züge notwendig macht, muss die GSM-Versorgung auch in einem definierten "Anmeldebereich" auf beiden Seiten des Tunnels gewährleistet sein. Es wird davon ausgegangen, dass der Teil 1 des Zimmerbergtunnels bis zur Inbetriebnahme des Teil 2 mit GSM ausgerüstet sein wird. Daher sind in den Kostenberechnungen des ATG-Projekts dafür keine entsprechenden Mittel vorgesehen.

Ausrüstung der technischen Nischen

Im Zimmerbergtunnel (Teil 2) selbst sind alle technischen Nischen im Abstand von derzeit 500 m mit Vermittlungs-, Daten- und Störmeldeanschlüssen ausgerüstet. Diese Erschliessung erfolgt via Kupfer-Stichleitungen von entsprechenden Über-

tragungseinrichtungen, welche im Abstand von max. ca. 7 km ebenfalls in den technischen Nischen angeordnet sind.

Annahmen TC in Absprache mit TCR Zch

Gemäss Absprache mit TCR Zch wurden folgende Festlegungen getroffen:

- Die technische Ankopplung (Netzzugriff) der Telecom-Anlagen ans bestehende SBB-Netz erfolgt für den Verknüpfungspunkt Nidelbad in Thalwil. Es wird davon ausgegangen, dass dort in den bestehenden Räumlichkeiten noch genügend Platz vorhanden und ein DIFONET-Zugang möglich ist.
- Ebenso wird in Baar eine bereits vorhandene DIFONET-Übertragungsleitung vorausgesetzt.
- Die Mobilfunk-Freiraumversorgung ab Südportal des Zimmerbergtunnels wird von ATG über ca. 2 km berücksichtigt (FSS-Anmeldung der Züge).

Weitere Konzept-optimierungen mit Teil 1 im Rahmen des BP Bt

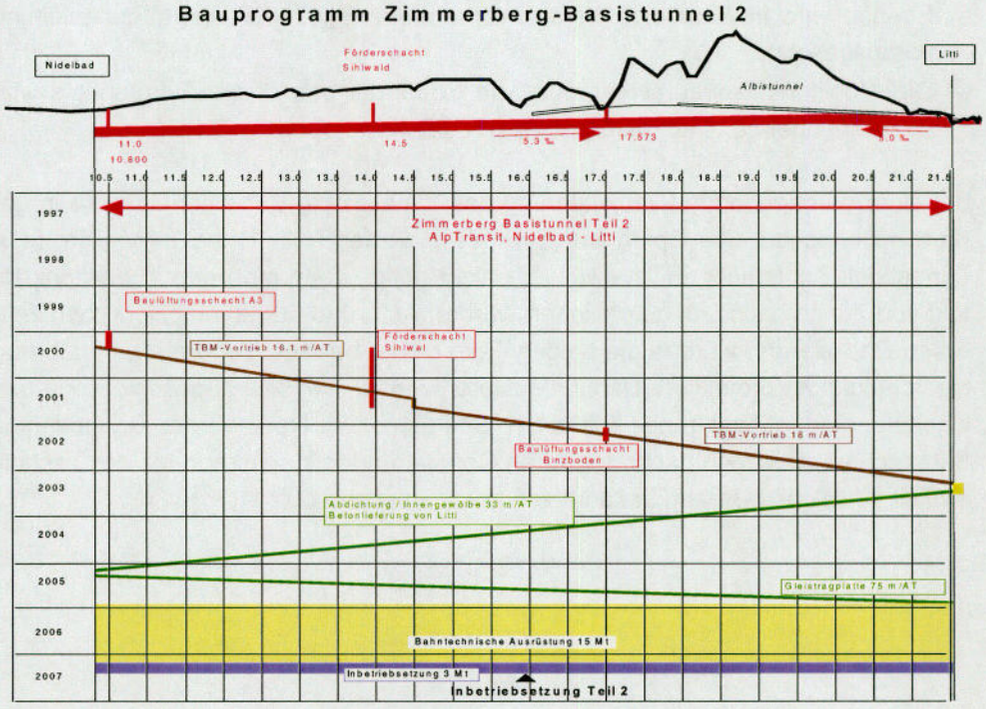
Bei einer durchgehenden Projektierung des Zimmerberg-Basistunnels wäre in gewissen Bereichen eine Optimierung der Technik der Teile 1 und 2 möglich, (z.B. Tunnelfunk-Kopfstation in Thalwil wäre nicht nötig, wenn man den Tunnelfunk direkt von Zürich nach Litti durchziehen würde). Aufgrund der unterschiedlichen zeitlichen Realisierung wurden die beiden Teile bisher bewusst separat und unabhängig voneinander projektiert. Damit resultieren zunächst in sich abgeschlossene und eigenständig funktionierende Einheiten. Spätestens im Rahmen des Bauprojektes Bahntechnik ist jedoch nach möglichen Optimierungen zusammen mit der Technik im Teil 1 (welche bis dann bekannt sein wird) zu suchen.

C.2.6 Einbau

Auflageprojekt „mit Vortrieb ab Nidelbad" als Grundlage

Der Terminplanung der bahntechnischen Ausrüstungen im ZBT wurde das Auflageprojekt „Zimmerberg-Basistunnel Teil 2, Vortrieb ab Nidelbad, 1. Entwurf" zugrundegelegt, da dieses die für den Bahntechnikeinbau ungünstigste Variante darstellt [EP.L] [EP.O]. Auf dem folgenden Schema ist der ganze Ablauf ersichtlich:

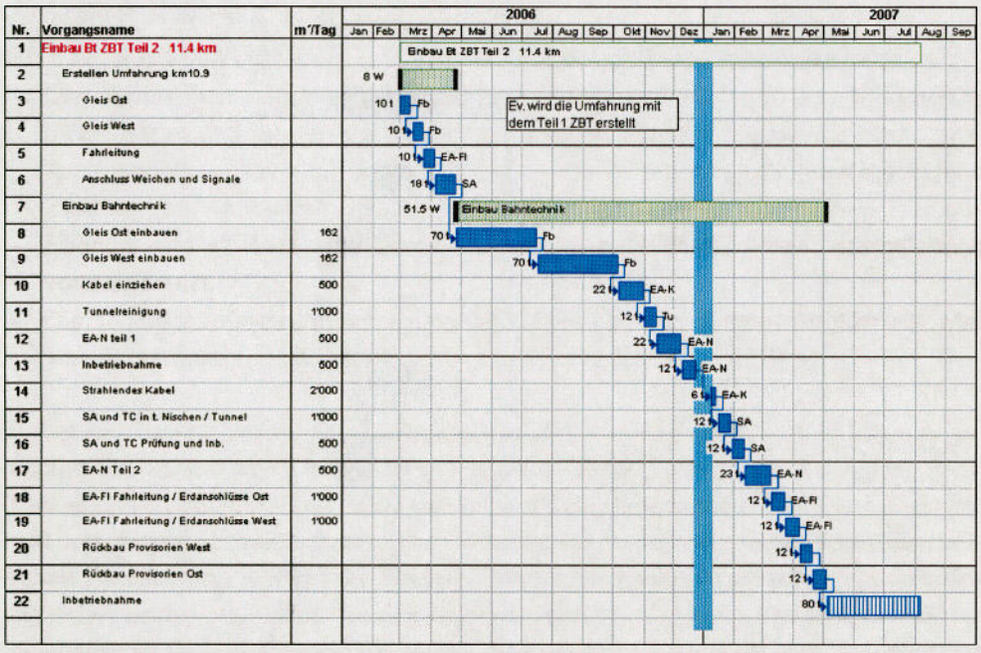
Abbildung 94
Bauprogramm ZBT



Bei der Erstellung des Einbauprogrammes wurden gewisse Annahmen getroffen (zusätzlich zu denjenigen der Kapitel B.7.3 und B.7.4):

- Pannen, Reparaturen, Erhaltungsarbeiten sowie Koordinationsverluste wurden eingerechnet, indem die Einbauleistungen um ca. 10% reduziert wurden.
- Für die Abnahme und Tests der ausgerüsteten Tunnelabschnitte wurde 10% Zeitreserve eingerechnet.
- Für den bahntechnischen Einbau wurde der Tunnel als EIN Block betrachtet.
- Die Tatsache, dass der Standort des Installationsplatzes noch nicht bekannt ist (wenn möglich wird die Infrastruktur für den Bahntechnik-Einbau im Teil 1 übernommen), hat keinen schwerwiegenden Einfluss auf das Terminprogramm. Falls die Bauzüge aus dem Norden (ZBT Teil 1) kommen würden, müsste am Ende des Teils 1 in Nidelbad eine Umfahrung realisiert werden, wo die Bauzüge abgestellt bzw. auf Dieseltraktion gewechselt werden können, ohne den Verkehr im schon in Betrieb stehenden ZBT Teil 1 zu beeinträchtigen.

Somit ergibt sich das folgende Terminprogramm:



Nr.	Vorgangsname	m'/Tag
1	Einbau Bt ZBT Teil 2 11.4 km	
2	Erstellen Umfahrung km10.9	
3	Gleis Ost	
4	Gleis West	
5	Fahrleitung	
6	Anschluss Weichen und Signale	
7	Einbau Bahntechnik	
8	Gleis Ost einbauen	162
9	Gleis West einbauen	162
10	Kabel einziehen	500
11	Tunnelreinigung	1'000
12	EA-N teil 1	500
13	Inbetriebnahme	500
14	Strahlendes Kabel	2'000
15	SA und TC in t. Nischen / Tunnel	1'000
16	SA und TC Prüfung und Inb.	500
17	EA-N Teil 2	500
18	EA-FI Fahrleitung / Erdanschlüsse Ost	1'000
19	EA-FI Fahrleitung / Erdanschlüsse West	1'000
20	Rückbau Provisorien West	
21	Rückbau Provisorien Ost	
22	Inbetriebnahme	

Abbildung 95 Einbauprogramm ZBT

Bemerkenswert ist, dass die Einbauphase selber ca. 12 Monate dauert. Zusätzliche 2 Monate kostet die Erstellung der Umfahrung in Nidelbad (falls notwendig und nicht gleichzeitig mit dem ZBT Teil 1 gebaut).

Einbau in 12 Monaten plus 2 Monate Vorbereitung

C.2.7 Terminprogramm

Als Basis für die Terminplanung Bahntechnik für den Zimmerberg-Basistunnel Teil 2 gelten die Eckdaten der Fertigstellung der Bauten. Diese bestimmen, ab wann mit dem Einbau der Bahntechnik begonnen werden kann.

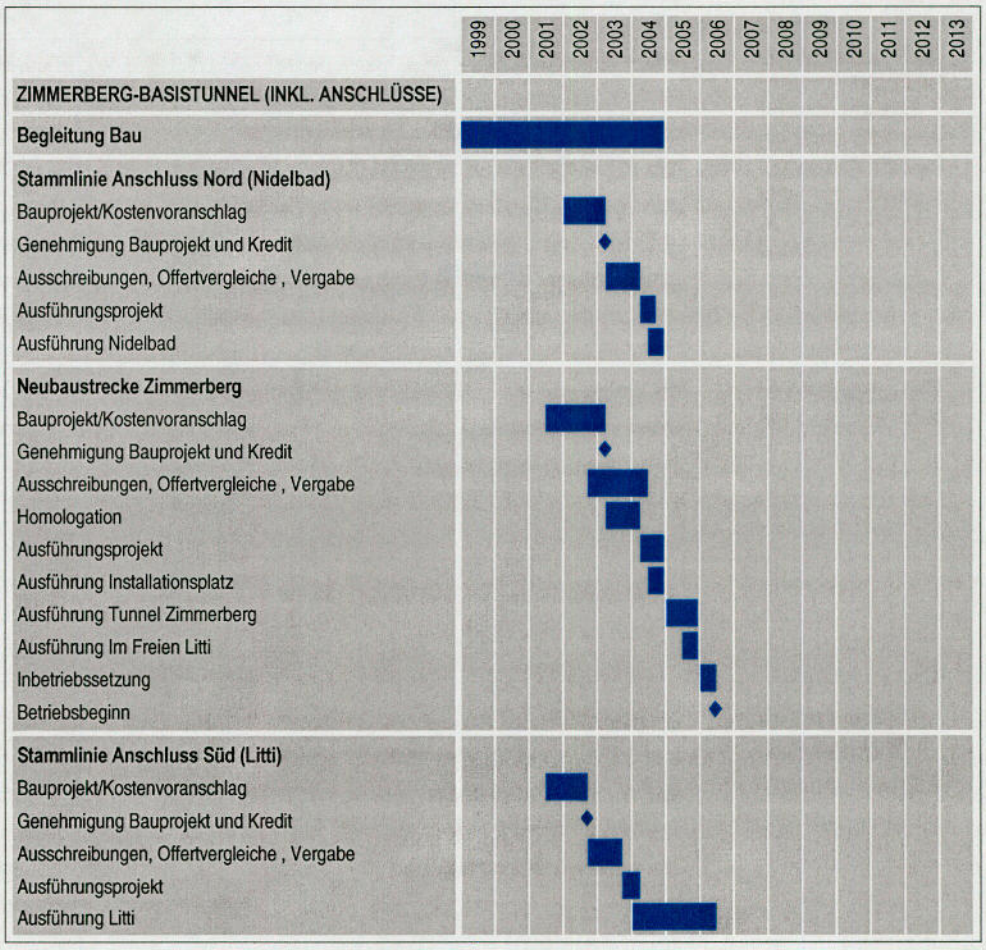
Zimmerberg-Basistunnel	Auflageprojekt 1998, Vortrieb ab Nidelbad, Variante Inbetriebsetzung 2006

Tabelle 23 Übergeordnete Grundlage für die Terminplanung Bahntechnik ZBT

Vorausgesetzt wird, dass die Anschlüsse der Tunnel an die Stammlinie rohbaumässig rechtzeitig der Bahntechnik für die Ausrüstung zur Verfügung stehen.

Die Terminplanung Bahntechnik geht von einer zeitgerechten Kreditsprechung und Projektgenehmigung durch die übergeordneten Stellen aus .

Abbildung 96 Terminplan Bahntechnik für den Zimmerberg-Basistunnel



C.2.8 Kosten

Die Gesamtkosten Bahntechnik für den Zimmerberg-Basistunnel inkl. den Anschlüssen betragen 130 Mio. Fr. (exkl. MwSt.).

Die Kosten teilen sich auf :

Tabelle 24 Kosten Bahntechnik Zimmerberg-Basistunnel

STL Anschluss Nidelbad	15 Mio. Fr. (exkl. MwSt.)
NBS Zimmerberg-Basistunnel und im Freien	98 Mio. Fr. (exkl. MwSt.)
STL Anschluss Litti	17 Mio. Fr. (exkl. MwSt.)

Kostengenauigkeit, Projektstand

Es handelt sich um eine Kostenschätzung Stufe Vorprojekt mit einer Kostengenauigkeit von ± 20 %. Sie basiert auf dem Projektstand 1999.

Die Kosten Bahntechnik beinhalten:
- Baukosten
- Ingenieurhonorare
- Projektführungskosten (Eigenleistungen ATG-Bt und Fremdleistungen)

Die Kostenangaben enthalten keinerlei Reserven, Zuschläge oder Positionen für Unvorhergesehenes.

Im Gegensatz zum Vorprojekt 1994, wo die Kosten aufgrund des aktuellen Standes der Technik ermittelt wurden, sind in die Kostenermittlung 1999 zum Teil Kosten für zukünftige Technik bzw. sich in Entwicklung/Einführung befindlichen Systeme berücksichtigt worden (z.B. für die Führerstandsignalisierung).

Weitergehende Kostenangaben

Hinweis: Weitergehende Kostenangaben befinden sich in der separaten Beilage E.2 *Detaillierte Kosten und Mengengerüste*.

C.2.9 Vorgaben an Bau

Die Vorgaben Bahntechnik an den Bau für den Zimmerberg-Basistunnel befinden sich in einem separaten Dokument, der Beilage E.3 des Grundlagendossiers.

Inhalt der Vorgaben

Das Vorgabendokument beinhaltet sämtliche Vorgaben aus allen Fachbereichen Bahntechnik an den Bau für den Basistunnel sowie für die Anschlüsse bei Nidelbad und beim Südportal. Die Vorgaben werden jeweils für jede Projektphase Bau aktualisiert.

C.3 Gotthard-Basistunnel inkl. Anschlüsse an Stammlinie

C.3.1 Projektübersicht

- *57 km 2 Einspurröhren*
- *4 km offene Strecke im Norden*
- *7,5 km offene Strecke im Süden*

Der Gotthard-Basistunnel besteht im Wesentlichen aus den beiden je ca. 57 km langen Einspurröhren. Im Norden erfolgt die Verknüpfung mit der Stammlinie im Raum Altdorf Rynächt mit je einem Überholgleis pro Richtung als ca. 4 km lange offene Strecke. Davon sind 3 km Neubaustrecke und der Rest Anpassung der Stammlinie. Im Süden bildet die ca 7.5 km lange offene Strecke mit einem Überholgleis in Süd-Nord-Richtung den Anschluss an die Stammlinie.

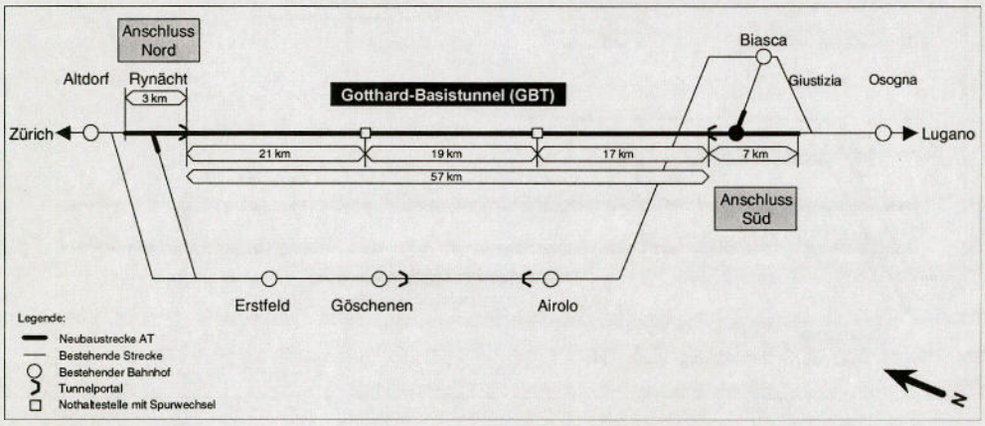
Die Tunnel führen mit einem Minimalradius von 5000 m steigend ab dem Nordportal nördlich Erstfeld mit einer Längsneigung von ca. 4.1 ‰ bis zum km 121.8 südlich der Multifunktionsstelle Sedrun. Danach fallen sie mit 6.8‰ zum Südportal bei Bodio.

Im gesamten Werk sind 4 doppelte Spurwechsel, wovon 2 im Tunnel bei den Multifunktionsstellen und 2 in der Nähe der Portale Nord und Süd vorgesehen sind.

Die beiden Einspurröhren weisen alle ca. 650 m Querschläge auf, in welchen bahntechnische Installationen untergebracht werden. Zusätzlich sind im halben Abstand Querschläge, als Folge von Sicherheitsanforderungen, vorgesehen. Wo notwendig, werden vereinzelt auch in diesen Sicherheitsquerschlägen bahntechnische Einrichtungen platziert.

Plazierung bahntechnische Einrichtungen

Die bahntechnischen Einrichtungen werden soweit möglich in den von aussen zugänglichen technischen Räumen bei den Tunnelportalen Nord und Süd plaziert. Ebenfalls werden die 3 Zugänge der Zwischenangriffe Amsteg, Sedrun und Faido, sowie die Multifunktionsstellen (MFS) Sedrun und Faido für die Plazierung der bahntechnischen Einrichtungen genutzt.



B+R\13.04.99\5449\1999\12\Zeichnungen\Grafiken Sw\Abb-C-17.dsf

Abbildung 97 Übersicht Gotthard-Basistunnel

C.3.2 Verknüpfungen mit Stammlinie

C.3.2.1 Anschluss Nord

Der GBT schliesst im Norden im Raum Altdorf Rynächt an die bestehende Stammlinie an. Im Raum Schächen erfolgt in südlicher Richtung die kontinuierliche Aufweitung der bestehenden Doppelspur auf eine Vierspuranlage. Eine weitere Verbindung Richtung Stammlinie ist südlich der Überholgleisanlage Rynächt für die Auffahrt von Bau- und Rettungszügen ab Erstfeld vorgesehen. In Altdorf ist ein Kontrollgleis für defekte Züge, welche vor einer Einfahrt in den Basistunnel überprüft werden müssen, vorgesehen.

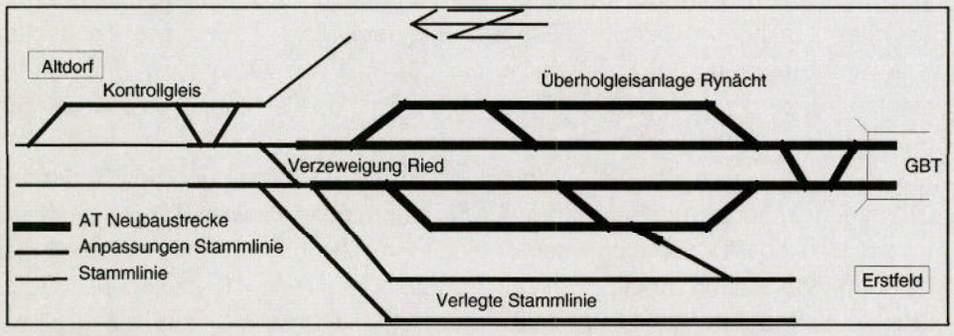


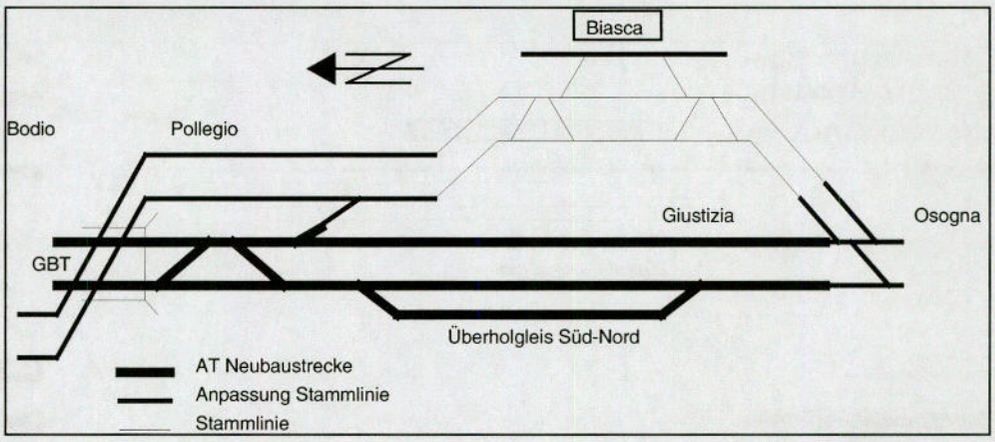
Abbildung 98 Gotthard-Basistunnel, Anschluss Nord

Die bahntechnischen Anlagen für den Teil mit Anpassungen der Stammlinie werden in Altdorf und Erstfeld zentralisiert.

C.3.2.2 Anschluss Süd

Der GBT schliesst im Süden im Raum Giustizia an die bestehende Stammlinie an. Eine weitere Verbindung mit der Stammlinie ist südlich des Spurwechsels vor dem Tunnelportal GBT in Richtung Biasca vorgesehen. Diese dient einerseits für die Auffahrt von Bau- und Rettungszügen in Richtung Tunnel, andererseits als Umfahrung über die Stammline und als Überholgleis in Nord-Süd-Richtung. Ebenfalls ist ein Kontrollgleis für defekte Züge in Biasca vorgesehen.

Abbildung 99 Gotthard-Basistunnel, Anschluss Süd



Die bahntechnischen Einrichtungen für den Teil mit Anpassungen der Stammlinie im Raum Pollegio Biasca werden in Biasca zentralisiert diejenigen der Verknüpfung Giustizia werden in Osogna zentralisiert.

C.3.3 Projekt EA

C.3.3.1 Allgemein

Neue Systeme EA

Im Bereich der elektrischen Anlagen für den Gotthard-Basistunnel nehmen Entwicklungsarbeiten und Versuche einen wichtigen Stellenwert ein, weil aufgrund der Besonderheit der Strecke (sehr langer Tunnel, kleiner verfügbarer Raum gegenüber den Doppelspurtunneln, Zugangsschwierigkeiten etc.) Systeme entwickelt und geprüft werden müssen, die den hohen Nutzungsanforderungen (Geschwindigkeit, Streckenkapazität, klimatische Umgebung etc.) entsprechen. In einigen Bereichen erfüllt zwar bereits die heute auf dem Markt befindliche Technologie diese Anforderungen (beispielsweise die 50 Hz-Stromversorgung und die Kabelanlagen), es gibt jedoch auch Systeme, deren aktuelle Standards diesen Anforderungen nicht entsprechen. Dies ist bei der Fahrleitung der Fall. In anderen Bereichen konzentrieren sich die Anstrengungen auf die Bestimmung des Bedarfs der zukünftigen Benutzer und vor allem auf die Koordination mit den Verantwortlichen für den Bau des Tunnels und seiner Zugänge. Die baulichen Reserven für die elektro-mechanischen Anlagen sind im Projekt rechtzeitig festzulegen, was nur stufenweise möglich ist. Ein Grundkonzept für die Systeme, das die gesamten Bedürfnisse und deren mögliche Auswirkungen auf andere Elemente berücksichtigt, stellt den gangbaren Weg zu einer angemessenen Lösung dar.

C.3.3.2 Fahrleitung

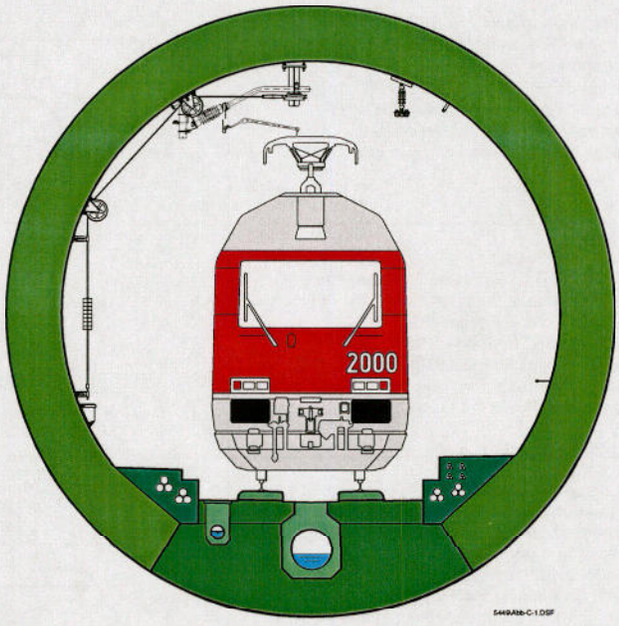


Abbildung 100 Konventionelles Fahrleitungssystem mit Feeder

Entwicklung im Bereich Fahrleitung

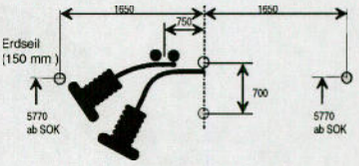
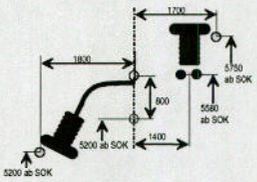
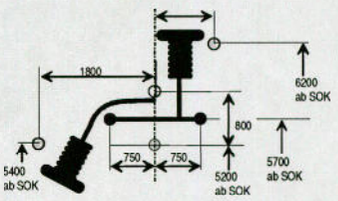
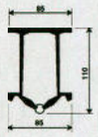
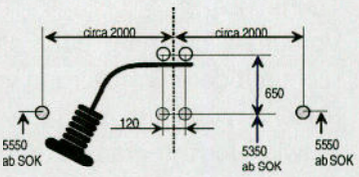
Im Bereich Fahrleitung wurde am meisten investiert. Folgende Studien wurden durchgeführt:

1. Simulation des Verhaltens der Fahrleitung und des Stromabnehmers bei hoher Geschwindigkeit [EA.D];
2. Machbarkeitsstudie im Hinblick auf ein Entwicklungsprogramm einer Stromschiene als Fahrleitungssystem, in Zusammenarbeit mit der SNCF und Alpe-Tunnel [EA.E];
3. Vordimensionierung der Fahrleitung des Gotthard-Basistunnels mit Hauptgewicht auf der Formulierung von Vorgaben im Zusammenhang mit den baulichen Reserven und auf den Aspekten Konstruktion und Ausführung;
4. Entwicklungsprogramm für eine Doppelfahrleitung, die auf dem gleichen Prinzip beruht wie jene, die seit über zwanzig Jahren im Simplon- und im Heitersbergtunnel eingesetzt ist.

Parallel dazu zeigten andere Untersuchungen im Bereich der $16^2/_3$ Hz-Bahnstromversorgung einige elektrische Aspekte, die die mechanische Dimensionierung der Fahrleitung beeinflussen, beispielsweise die Stromverteilung in den elektrischen Leitern, die Anordnung der Leiter im Tunnelprofil etc. Die verschiedenen Fahrleitungssysteme, die seit 1994 namentlich für den Gotthard-Basistunnel untersucht und verglichen wurden, sind in Tabelle 25 aufgeführt. Es handelt sich um:

- das konventionelle System des Vorprojekts (R250 Typ Tunnel);
- die Systeme, die bei der Vordimensionierung der GBT-Fahrleitung entwickelt wurden (Vorschläge Furrer+Frey [EA.F]);
- das System der Stromschiene [EA.G];
- das System der Doppelfahrleitung vom Typ Simplon (DKS250).

Tabelle 25
Tabelle der untersuchten Fahrleitungstypen

Tragwerk	Schematischer Querschnitt
VORPROJEKT 1994: Tragwerk für Fahrleitung und Feeder - Befestigung der beiden Tragwerke auf der gleichen Seite - identische Nachspannlänge (Raster 28 m) - Cu-Querschnitte: Feeder 2x150 mm² oder 2x240 mm², Fahrdraht 150 mm², Tragseil 50 mm², Erdseil 2x150 mm² - Vorteile: Konzentrierung der Tragwerke Nachteile: schlechte Stromverteilung in den Fl-Leitern	
Vordimensionierung 1996: Tragwerk für Fahrleitung und Feeder - Befestigung des Feeder-Tragwerks am Gewölbescheitel - Abstand von 30 bis 42 m zwischen den Fahrdraht-Trägern und von 15 bis 21 m zwischen den Feeder-Trägern - Querschnitte: Feeder 2x150 mm² oder 2x240 mm², Fahrdraht 150 mm², Tragseil 50 mm² (Cu), Erdseil 2x150 mm² Vorteile: Konzentrierung der Tragwerke Nachteile: schlechte Stromverteilung in den Fl-Leitern	
Vordimensionierungsvariante 1997: Tragwerk für Fahrleitung und Feeder - Befestigung des Feeder-Tragwerks am Gewölbescheitel - Abstand von 30 bis 42 m zwischen den Fahrdraht-Trägern und von 15 bis 21 m zwischen den Feeder-Trägern - Querschnitte: Feeder 2x185 mm² oder 2x240 mm², Fahrdraht 150 mm², Tragseil 50 mm² (Cu), Erdseil 2x150 mm² Vorteile: gute Stromverteilung in den Fl-Leitern Nachteile: Mehrkosten!	
Variante Stromschiene: Tragwerk für Fahrleitung und Feeder - kein Feeder, Abstand von 8 bis 10 m zwischen den Trägern - äquivalenter Cu-Querschnitt von ungefähr 1000 mm², Erdseil 2x150 mm² Vorteile: Zuverlässigkeit, minimaler Volumenbedarf (50 bis 60 cm), daher ein viel grösseres Lichtraumprofil, optimale Stromverteilung Nachteile: Höchstgeschw. 160 km/h	
Variante Doppelfahrleitung (DKS250): Tragwerk für Fahrleitung und Feeder - kein Feeder, aber zwei Fahrdraht-Tragwerke mit einem Abstand von 25 m zwischen den Trägern - Cu-Querschnitte: Fahrdraht 2x150 mm², Tragseil 2x120 mm² oder 2x150 mm², Erdseil 2x150 mm² Vorteile: gute Stromverteilung in den Leitern, verringerte Konstruktionshöhe, vermutlich tiefere Kosten als für das konventionelle System, keine „Y"-Kabel Nachteile: Stromabnahmequalität bei v>160 km/h noch unbekannt	

Variante Doppelfahrleitung

Es zeigt sich, dass nur einer dieser Fahrleitungstypen möglichst viele der elektromechanischen Qualitäten, die für eine solche Strecke erforderlich sind, auf sich vereint, nämlich der Typ DKS250, und zwar sowohl aus mechanischer Sicht (geringerer Volumenbedarf, weniger Befestigungspunkte im Tunnelgewölbe) als auch aus elektrischer Sicht (bessere Stromverteilung in den elektrischen Leitern und im Bahnstromrückführungssystem, elektrische Belastbarkeit bis zu einem Nennstrom von 2000 A).

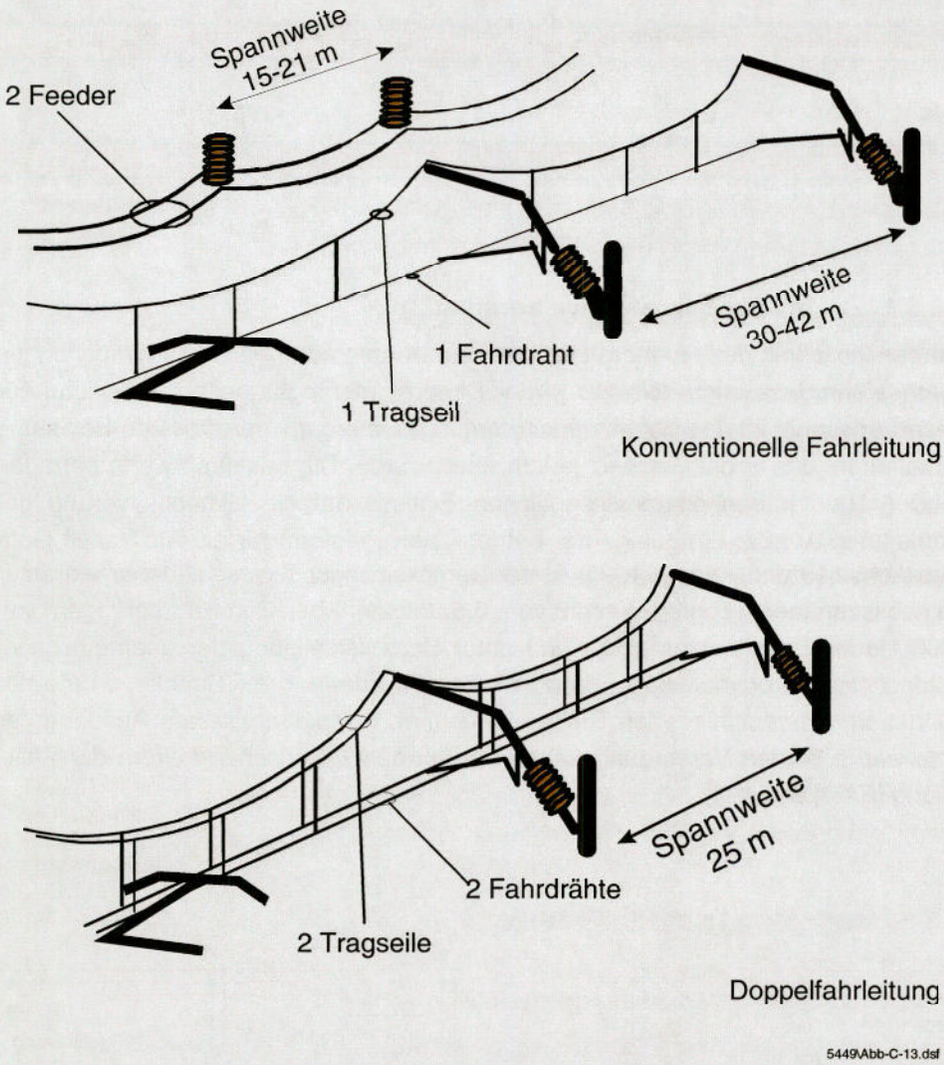


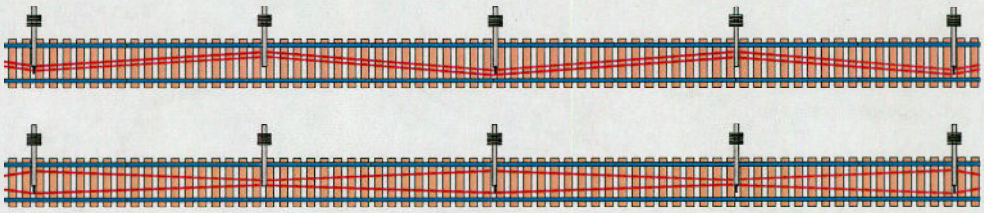
Abbildung 101
Konventionelles Fahrleitungssystem (Typ R250, mit Isolator als Feedertragwerk) und Doppelfahrleitung (DKS250)

Aus den bisher durchgeführten Versuchen ergibt sich für Geschwindigkeiten von über 160 km/h beim DKS eine zufriedenstellende Stromabnahmequalität. Es wurden noch nicht alle Ergebnisse ausgewertet, aber es lässt sich bereits sagen, dass die Doppelfahrleitung interessante Aspekte aufweist. Dazu gehört insbesondere die Möglichkeit, den baulichen Volumenbedarf zu verringern und damit die Fahrdrahthöhe um mindestens 10 cm anzuheben[1]. Die Versuchsstrecke im Wallis wird im Hinblick auf eine weitere Verbesserung der Stromabnahmequalität ein letztes Mal verändert. Die vorgesehenen Veränderungen betreffen hauptsächlich die Verteilung der Fahrdrahtaufhänger, die Spannungskräfte und den Fahrdrahtzickzack[2]. Die ersten Ergebnisse zeigen, dass sich die Stromabnahmequalität mit der Verminderung auf zwei Hänger verschlechtert.

[1] Wie in Kapitel B.2.2 bereits erläutert wurde, hat eine Anhebung der Fahrdrahthöhe den Vorteil, dass das Lichtraumprofil vergrössert wird und, bei der Verwendung von Bahnwagen mit einer Bodenhöhe von 60 cm, Lastwagen mit einer Höhe von 4.20 m passieren können. Damit kann auf niedrigere Bahnwagen, die teurer und erhaltungsaufwendiger sind, verzichtet werden.

[2] Durch den Fahrdrahtzickzack wird das Schleifstück des Stromabnehmers auf seiner ganzen Breite benützt. Dadurch wird eine punktuelle Abnützung, die ein Reissen des Fahrdrahts verursachen könnte, vermieden. Verschiedene Zickzack-Formen sind in Abbildung 102 dargestellt.

Abbildung 102 Doppelfahrleitung: Paralleles und entgegengesetztes Zickzack der beiden Fahrdrähte



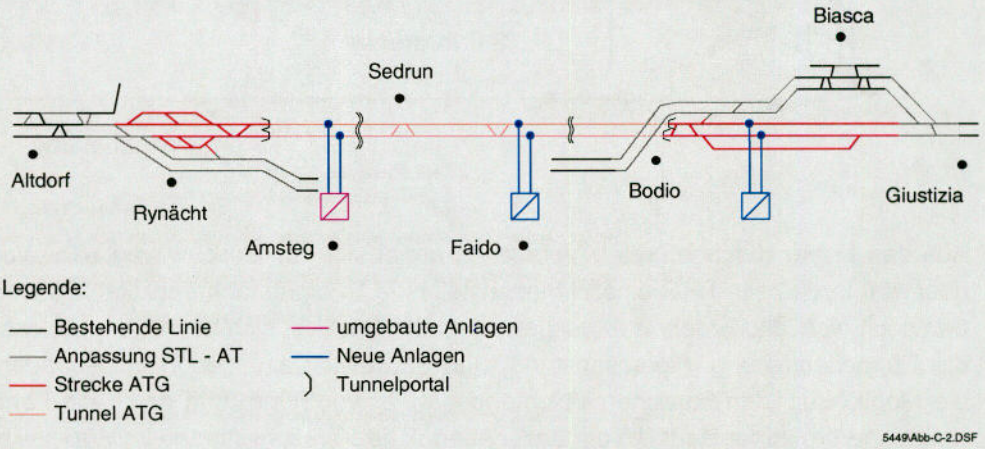
5449\Abb-C-14.dsf

C.3.3.3 16 / Hz-Bahnstromversorgung

Bahnstromversorgungsystem

Für den Abschnitt des Gotthard-Basistunnels wurden am meisten Untersuchungen durchgeführt, was auch dem Stand der Dimensionierungsarbeiten entspricht. Für diesen Abschnitt ist das Bahnstromversorgungssystem mit der grössten Belastung vorgesehen, das in der Schweiz je konzipiert wurde. Die Laststromwerte betragen 2000 A[1] und haben einen wesentlichen Einfluss auf die Dimensionierung der Fahrleitung. Auf der Grundlage der betrieblichen Plattform für die AlpTransit Gotthard-Achse (Stand August 1995), unter Berücksichtigung verschiedener extremer Betriebsszenarios (Zugfolgezeiten von 3,5 Minuten bei Schwergüterzügen von 2000 t oder Erhaltungsarbeiten) und unter Berücksichtigung der geometrischen, elektrischen, aerodynamischen und sonstigen Parameter der Strecke, wurde der Bahnstrom an verschiedenen Stellen berechnet, beispielsweise am Ausgang der Unterwerke, in den Versorgungskabeln und in den elektrischen Leitern der Fahrleitung [EA.J] & [EA.K].

Abbildung 103 $16^2/_3$ Hz-Stromversorgungsschema des Gotthard-Basistunnels (Berechnung 1996)



5449\Abb-C-2.DSF

Abstand zwischen Speispunkten bei 30 km

Im Gotthard-Basistunnel ist der Abstand zwischen zwei 15 kV $16^2/_3$ Hz-Speispunkten auf der ganzen Achse am grössten. Er beträgt zwischen Amsteg und Faido 30 km[2]. Es ist daher sicherzustellen, dass der Spannungsabfall in der Fahrleitung die in den CEI-Normen festgelegten Toleranzbereiche an keinem Punkt des betreffenden Abschnitts [EA.M] überschreitet[3]. Die Lastberechnungen wurden in

---

[1] Der Wert von 2000 Ampere liegt um fast einen Viertel höher als jener, der für die Stromversorgungssysteme der Neubaustrecken vorgesehen ist.

[2] Hier wird immer von der Hypothese ausgegangen, dass selbst bei einer vollständigen Inbetriebnahme des Gotthard-Basistunnels das im Vorprojekt von 1994 vorgesehene Unterwerk Sedrun nicht erforderlich ist.

[3] Nach der CEI-Norm liegt der Toleranzbereich bei 15 kV -30%/ +15%, umfasst also eine Bandbreite von 12 kV bis 17.25 kV.

einem ersten Schritt mit einer konstanten Spannung von 15 kV durchgeführt[1]. Ihre Ergebnisse haben gezeigt, dass das Versorgungskonzept, wie es im Vorprojekt von 1994 vorgesehen ist, selbst bei einer Ausserbetriebsetzung des Unterwerks Faido und auch mit konventionellem Rollmaterial[2] (Typ Re 6/6 anstelle der neuen Technologie der Re460, einer Umrichterlokomotive) den festgelegten Anforderungen entspricht, und zwar auch ohne das Unterwerk Sedrun. Dies gilt für alle Fälle der Inbetriebnahme des Basistunnels. Da die Berechnung von 1996 jedoch auf einer betrieblichen Plattform beruht, die nicht der nach FinöV vorgesehenen Plattform entspricht, sind die Ergebnisse mit einer gewissen Vorsicht zu betrachten.

Erdungskonzept

Um die baulichen Vorgaben für das Bahnstromrückführungssystem zu formulieren, wurde im Rahmen der Stromversorgungsuntersuchung auch eine Berechnung der Rückstromverteilung im Gotthard-Basistunnel vorgenommen. Ausgehend von einem Nennwert von 2000 A (dem pessimistischsten Fall) zeigten die durchgeführten Berechnungen [EA.K], dass das von den SBB in den meisten Fällen angewendete Grundkonzept, das Bauwerk mit der Bahnerde elektrisch zu verbinden, die wirtschaftlichste Lösung darstellt. Dabei ist allerdings zu beachten, dass in diesem Fall Massnahmen zur Begrenzung der Streuströme aus dem Bahnnetz der FS zu treffen sind (vgl. auch Kapitel B.2.3).

C.3.3.4 50 Hz-Stromversorgung

50 Hz-Stromversorgungssystem

Das im Vorprojekt beschriebene Konzept wurde leicht angepasst. So wurde beispielsweise beim Portal in Erstfeld eine zusätzliche Einspeisstelle für das unterbruchsfreie Versorgungsnetz eingefügt, weil mit der Verlegung der Verbindung zu den EW-Netzen in Amsteg und Faido[3] die Abstände zwischen diesen zu gross wurden. Andererseits wird der elektrische Bedarf für die unterbruchsfreie Stromversorgung der Stellwerke ebenfalls vom 50 Hz-Stromversorgungsnetz des Tunnels gedeckt, was durch den vorgesehenen Standort dieser Anlagen möglich wird. Auch die zusätzlichen Querschläge, die aus Sicherheitsgründen vorgesehen sind, können verwendet werden, wodurch sich die Entfernung zwischen zwei 6 kV-Transformatorenstationen auf 950 bis 1000 m erhöhen lässt, gegenüber den gegenwärtigen 650 m. Daraus ergibt sich eine Vereinfachung der Netzstruktur und damit eine potentielle Kostenersparnis. Die Kosten für Niederspannungsanlagen wie Beleuchtung oder Steckdosen für allfällige noch nicht näher bestimmte Anlagen in den zusätzlichen Querschlägen wurden nicht berücksichtigt. Andererseits wurden auch die Auswirkungen, die die Vergrösserung des Abstandes zwischen den Steckdosen im Tunnel (von 50 m auf 100 m) auf die Kosten hat, nicht berücksichtigt, da das eine das andere kompensiert.

C.3.3.5 Kabelanlagen

Kabeltrassierung

Für die Verbindungen zum Gotthard-Basistunnel gilt, dass alle Kabel zwischen den Bahntechnikgebäuden in Erstfeld und Bodio und dem Gotthard-Basistunnel in unterirdischen Kabelrohrblöcken und nicht in Kabelkanälen, wie dies für die anderen

---

[1] Dies gilt auch für die Lastberechnungen, die für den Ceneri- und den Zimmerbergtunnel durchgeführt wurden.

[2] Das konventionelle Rollmaterial hat im allgemeinen eine grössere Blindleistung ($\cos\varphi < 1$) als die Generation Re460, was die Netzbelastung ebenfalls beeinflusst.

[3] Hier kommt das Grundkonzept, das für Bahntechnik-Projekte gilt, zum Tragen, nämlich die Konzentration und Anordnung möglichst vieler Anlagen ausserhalb des Tunnels. Als Folge davon nimmt insbesondere die Länge der Kabelverbindungen zwischen den verschiedenen Einspeisstellen zu.

Anlagen an den Knoten Rynächt und Pollegio der Fall ist, verlegt werden. Die Grundprinzipien für die Trassierung der Kabelanlagen sind einer 1995 durchgeführten Vordimensionierung entnommen [EA.L].

C.3.4 Projekt Fb

Fahrbahn gemäss Vorgaben

Die Fahrbahn im Abschnitt Gotthard (inkl. Neubaustrecken der Anschlüsse) entspricht den in Kap. B.3 beschriebenen Spezifikationen und den Vorgaben ATG-Bt.

Trassierung gemäss A3a, ausgenommen Bereich Pollegio
Die Überhöhungen müssen im Bauprojekt Bt definitif festgelegt werden

Die Trassierung ist für die Betriebsart A3a gemäss W Bau GD 23/96 ausgelegt. Einzige Ausnahme ist der Bereich Pollegio mit einem Minimalradius von 3200 m (Betriebsart A3b). Die Überhöhungen im Bereich des schotterlosen Oberbaus entsprechen im jetzigen Projektierungsstand ebenfalls den Vorgaben für die Betriebsart A3a. Die definitiven Überhöhungsbeträge müssen im Rahmen des Bauprojekts Bt zusammen mit BT-Fb fixiert werden.

Übergang zur Tunnelfahrbahn 50 bis 100 m im Tunnelinnern

Der Übergang vom Schotteroberbau zum schotterlosen Oberbau befindet sich 50 bis 100 m vom Portal entfernt im Tunnelinnern. Für die Kostenberechnung wurde eine Distanz von 75 m ab Portal angenommen. In den Plänen des Bauprojekts (Rohbau) liegt der Übergang ca. 60 m ab Portal.

Tunnelwechsel im GBT: EW-1600, alle anderen Weichen: EW-1600/2600

Sämtliche Weichen liegen in der Geraden. Grundsätzlich sind Weichen vom Typ EW-1600/2600 vorgesehen. Einzig bei den Tunnelwechseln im GBT kommen aus geologischen Gründen EW-1600 zur Anwendung.

C.3.5 Projekt-Sicherungsanlagen und Telekommunikation

C.3.5.1 Sicherungs- und Automationsanlagen (SA)

Nur das Nötigste im Tunnel

Die SA-Anlagen für den GBT sind wenn immer möglich ausserhalb des Tunnels plaziert. Die einzigen Komponenten, welche nach heutigem Ermessen nicht aus dem Tunnel verbannt werden können sind Achszähler, Balisen und Weichenantriebe, sowie aus Gründen der Stelldistanzen die Stellwerke Sedrun. Für diese ist eine Containerlösung direkt neben den Hauptgleisen in der Multifunktionsstelle vorgesehen.

Symmetrische Stellwerk-Bereiche

Der ganze GBT inklusive Anschlüsse (Überholgleisanlagen bis zu Verknüpfungen mit der Stammstrecke ist in zweimal vier praktisch symmetrische Stellwerksbereiche aufgeteilt, wobei immer ein Bereich einen halben Spurwechsel steuert. Die vier ganz im Tunnel liegenden Stellwerksbereiche umfassen zudem je ca. 20 km Streckengleis, während die vier Stellwerke im Portalbereich nur ca. 10 km Tunnelstrecke, dafür aber noch die Überholgleise abdecken, womit sich etwa ähnliche Anlagengrössen ergeben. Die Achszähler entlang des Tunnels werden konsequent über Stichleitungen mit dem Stellwerk verbunden.

Stellwerk und Bt-Gebäude Rynächt

Das Stellwerkpaar in Rynächt deckt den ganzen nördlichen Anschluss ab sowie einen Teil (etwa die Hälfte) des Tunnelabschnittes Rynächt-Sedrun. Die Anlagen sind in einem von der Kantonsstrasse gut zugänglichen Bahntechnik-Gebäude in der Nähe des Portals plaziert. Die Anlagen im Freien sind alle über konventionelle

Kabelkanäle erschlossen (Weichenantriebe, Komponenten für Gleisfreimeldung). Sowohl die Hauptgleise wie auch die Nebengleise sind alle mit redundanten Achszählern ausgerüstet (im Gegensatz zum Vorprojekt 1994, wo für die Überholgleise (v_{max} 120 km/h) gestossene Gleisstromkreise vorgesehen wurden).

Stromversorgung Stellwerk

Bei den Schnittstellen zur Stammstrecke wird vom bekannten TMn-Block ausgegangen. Die Stromversorgung der Stellwerke Rynächt erfolgt über das von EA bereitgestellte USV-Netz (analog Tunnel).

Stellwerke Sedrun

Das zweite Stellwerkpaar Richtung Süden befindet sich in der Multifunktionsstelle Sedrun und steuert einen ca. 20 km langen Tunnelabschnitt und je einen halben Spurwechsel. Die Stellwerke Sedrun sind die einzigen SA-Innenanlagen, welche sich im Tunnel befinden.

Container Lösung für Stellwerke

Es ist vorgesehen, diese Anlagen in Standard-Containern (2 x 25 m²) zu montieren und bereits vorgeprüft in den Tunnel einzubringen. Plaziert werden die Anlagen auf einer Rampe direkt neben den Hauptgleisen in der Multifunktionsstelle. Damit ein späterer Ersatz der Anlagen möglich ist, muss vorübergehend ein dritter Container in der Multifunktionsstelle plaziert werden können. Räumlichkeiten und Apparaturen für die notwendige Klimatisierung der Container muss bauseitig vorgesehen werden. Dieses Konzept wird im Rahmen des Bauprojektes Bahntechnik überprüft. Ebenso ist vorgesehen, die zwei Stellwerke Sedrun als einzige im Tunnel an die unterbruchsfreie Tunnelstromversorgung (USV) anzuschliessen. Massgebend für die Notwendigkeit des Stellwerkes im Tunnel ist letztlich die stark begrenzte Stelldistanz der Weichen, welche eine Platzierung unmittelbar im Bereich des Spurwechsels bedingt. Aber auch die Stelldistanzen der Achszähler sind bei zentraler Versorgung vom Stellwerk aus heute auf ca. 10-12 km begrenzt.

Lüftungszentrale und Bt-Gebäude Faido

Die Stellwerkpaare Faido steuern wie die Stellwerke Sedurn ebenfalls nur Gleisbereiche innerhalb des Tunnels. Aufgrund des kurzen Zugangsstollens zur Multifunktionsstelle (ca. 2 km) werden hier jedoch ein Teil der Sicherungs- und Telecomanlagen in der im Freien liegenden und damit gut zugänglichen Lüftungszentrale Faido untergebracht, getreu dem Grundsatz: "Was nicht zwingend im Tunnel angeordnet werden muss, wird ausserhalb plaziert". Die kurze Distanz von der Lüftungszentrale zu den Spurwechselstellen erlaubt letztlich auch das problemlose Ansteuern der entsprechenden Aussenanlagen.

Stellwerke und Bt-Gebäude Portal Süd

Die Stellwerke für die verbleibenden südlichen, ca. 10 km langen Tunnelabschnitt des GBT sowie die offenen Streckenführungen der NBS inklusive Überholgleisanlage werden vom Bahntechnik-Gebäude Pollegio/Bodio aus gesteuert. Dieses befindet sich etwas östlich von den Südportalen des GBT und ist ebenfalls sehr gut über die Kantonsstrasse erschlossen. Die SA-Anlage wird mittels einem TMn-Block einerseits an die bestehende Anlage Biasca bzw. an die in Biasca zentralisierte Dienststation bei der Abzweigung zwischen Bodio und Biasca (eingleisige Verbindung zur ATG-NBS) andererseits an die Anlage Giustizia (Einmündung der Hauptgleise in die Stammstrecke) angebunden.

FSS-Komponenten

Ausser den Achszählern, Balisen und Weichenantrieben und dem Stellwerk in Sedrun befinden sich demnach keine weiteren aktiven SA-Einrichtungen im Tun-

nel. Für die Funktion des FSS weiter notwendig sind passive Ortungsbalisen, welche zwischen den Schienen auf den Schwellen oder einer speziellen Tragkonstruktion im Abstand von ca. 500 bis 1000 m (vorzugsweise im Bereich der technischen Nischen) montiert werden.

Hohe Verfügbarkeit

Ebenso sind für das FSS zwei RBC für den ganzen Teilabschnitt GBT inklusive Anschlüsse vorgesehen. Um eine weitgehende Unabhängigkeit und damit eine möglichst hohe Gesamtverfügbarkeit der Anlagen zu erreichen, sind diese jeweils in den Bahntechnik-Gebäuden am Nord- bzw. Südportal integriert. Die Anlagen dekken funktionell im Normalfall den nördlichen und südlichen Teil des GBT ab, im Störungs- oder Unterhaltsfall ist aber jede der beiden Anlagen in der Lage, den gesamten Bereich des GBT vollumfänglich alleine abzudecken.

Betriebsführung GBT, Leittechnik

Die Fernsteuerung des gesamten Basistunnels sowie der nördlichen und südlichen Anschlüsse erfolgt aufgrund heutiger Erkenntnisse von einem separaten Fernsteuerzentrum bzw. einer Tunnelleitstelle aus. Eine örtliche Bedienung der Stellwerke ist nicht vorgesehen, d.h. alle Bedienungen sind nur vom Fernsteuerzentrum aus möglich. Der Standort des Fernsteuerzentrums bzw. dieser Tunnelleitstelle ist bis heute noch nicht definiert. Ebenso ist noch offen, ob allenfalls auch der Ceneritunnel vom gleichen Fernsteuerzentrum aus bedient werden soll.

ZKE-Konzept

Aussagen zum ZKE-Konzept befinden sich im allgemeinen achsübergreifenden Teil (Grundlagen und Entwicklungen im Bereich SA).

C.3.5.2 Telecomanlagen (TC)

Einbindung in bestehendes Netz

Die TC-Anlagen für den GBT und dessen Anschlüsse werden an zwei Punkten an die bestehenden TC-Anlagen der SBB angebunden, nämlich in Altdorf und in Giustizia. Damit ergibt sich zwischen diesen Knoten grundsätzlich eine neue DIFONET-Verbindung via Basistunnel, wobei diese Verbindung im Tunnel selbst nochmals doppelt geführt ist.

Nur das Nötigste im Tunnel

Das Telecomkonzept innerhalb des Teilabschnitts ist stark durch die Bedürfnisse anderer Fachdienste und Besteller geprägt. Generell wurde auch hier der Grundsatz verfolgt, nur das Nötigste vorzusehen und wenn immer möglich alle technischen Einrichtungen ausserhalb des Tunnels zu plazieren.

Standorte der Übertragungsknoten

Durch die Standorte der Stellwerke in Rynächt, Sedrun, Faido und Pollegio/Bodio sind auch die Plazierungen von Übertragungsknoten gegeben, da an diesen Orten direkte Netzzugriffe, aber auch Vermittlungs- und Datenbedürfnisse anstehen. Dazwischen orientiert sich das Konzept entsprechend den zu überwindenden Distanzen, welche bis zu knapp 21 km betragen können (Streckendistanz MFS-Sedrun MFS-Faido).

Lüftungszentrale Faido

Der Zugangsstollen Faido mit dem im Freien stehenden Lüftungsgebäude erlaubt es, gewisse Telecom-Anlagen ausserhalb des Tunnels anzuordnen, besonders diejenigen, welche höhere klimatische Anforderungen aufweisen.

Tunnelfunk-Kopfstation Faido

Unklar ist im Moment noch, ob die in Faido notwendige Tunnelfunk-Kopfstation bei der Multifunktionsstelle oder in der ausserhalb liegenden Lüftungszentrale plaziert

werden soll. Da die Abstände zwischen den Multifunktionsstellen schon an die Grenze der überwindbaren Distanzen zwischen zwei Tunnelfunk-Kopfstationen kommen, scheint es aus heutiger Sicht sinnvoller, die Tunnelfunk-Kopfstationen in der MFS-Faido zu plazieren und diese nicht in der Lüftungszentrale Faido anzuordnen, auch wenn letztere Lösung aus Gründen der besseren Zugänglichkeit wünschbar wäre.

Ausrüstung technische Nischen

Wie bei allen ATG-Tunnels sind auch im GBT derzeit Vermittlungs-, Daten- und Störmeldeanschlüsse in allen technischen Nischen vorgesehen. Diese werden via Kupfer-Stichleitungen von entsprechenden Übertragungseinrichtungen im oder ausserhalb des Tunnels versorgt. Die redundante Übertragungsanlage im Tunnel erlaubt bzw. ermöglicht es, jede technische Nische von beiden Seiten her via separate Übertragungseinrichtungen zu versorgen. Damit bleibt die Funktionstüchtigkeit jeder Nische auch beim Ausfall der TC-Anlagen in einer Tunnelröhre erhalten.

TC auf offener Streckenführung

Für die beiden offenen Abschnitte vor dem Nord- und Südportal wird von ATG eine Freiraumversorgung vorgesehen. Diese dient wie der Tunnelfunk nicht nur dem Zugfunk, sondern in erster Linie auch der FSS-Datenübertragung auf die Züge. Die Freiraumversorgung muss gleichzeitig auch gewährleisten, dass die Züge sich in genügender Entfernung vor der Einfahrt in den FSS-Bereich anmelden können. Die bahntechnischen Gebäude am Nord- und Südportal werden zu diesem Zweck mit je einem Funkmast ausgerüstet. Im Norden stellt dieser die Freiraumversorgung des Portalbereiches, der Überwerfung nach Erstfeld sowie der ganzen Überholgleisanlage bis zur Einmündung in die Stammstrecke sicher.

Annahmen bezüglich Stammstrecke

Es wird davon ausgegangen, dass die Erschliessung der davor liegenden Strecke (Flüelen bis Altdorf) bis zur Inbetriebnahme bereits gewährleistet ist. Ähnlich präsentiert sich die Situation im Süden. Auch dort ist ein Funkmast auf dem Bahntechnik-Gebäude Pollegio/Bodio vorgesehen, welcher den ganzen Portalbereich, die Verzweigung nach Biasca sowie die Überholgleisanlage mit der Mobilfunk-Freiraumversorgung abdeckt. Für die Versorgung der recht weit südlich liegenden Einmündung der NBS in die Stammstrecke ist derzeit im ATG-Projekt kein weiterer Funkmast vorgesehen. Die Kosten für die Freiraumerschliessung des ganzen ATG-Abschnittes sind indessen vollumfänglich im ATG-Projekt enthalten.

TC während Einbau, Problematik kurze Lebensdauer der TC-Systeme

Als spezielles Problem bei den TC-Anlagen erweist sich die kurze Lebensdauer der Systeme. Diese beträgt teilweise nur ca. 5 Jahre und liegt damit in der gleichen Grössenordnung wie die Einbauzeit im Gotthard-Basistunnel. Dies führt theoretisch dazu, dass Teile der am Anfang der Einbauphase installierten Systeme vor Inbetriebnahme des Tunnels nach ca. 5 Jahren bereits wieder ersetzt werden müssen. Dieses Problem ist vor dem Bauprojekt Bahntechnik zusammen mit TC zu untersuchen.

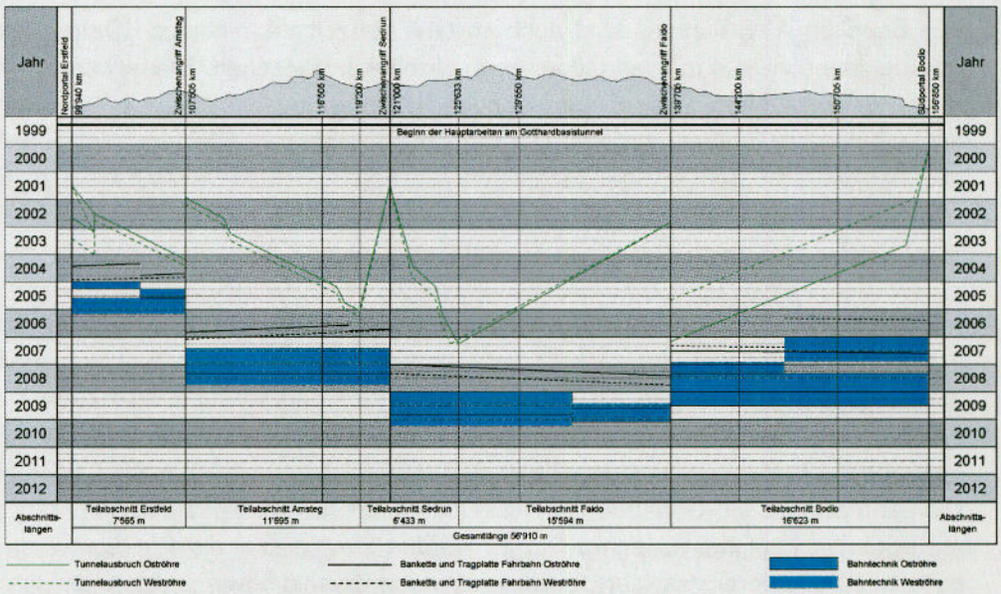
Bis jetzt wird davon ausgegangen, dass während der Installation der Bahntechnik nur eine primitive Kommunikationstechnik zur Verfügung steht (eventuell vom Rohbau-Unternehmer übernommen), welche dann sogleich von der definitiven Technik abgelöst wird (es sind derzeit keine Provisorien geplant).

C.3.6 Einbau

Bauprojekt 1997 als Grundlage

Die Einbauplanung Bahntechnik basiert auf dem Terminprogramm des Bauprojektes 1997 (wahrscheinliche Annahmen, TBM-Vortrieb). Auf dem nächsten Bild ist die teilabschnittsweise Ausrüstung des Tunnels gut ersichtlich (dunkle Rechtecke die am Ende kommen):

Abbildung 104 Terminprogramm GBT



Annahmen für die Erstellung des Einbauprogrammes

Bei der Erstellung des Einbauprogrammes des GBT wurden folgende Annahmen getroffen (zusätzlich zu denjenigen von den Kapiteln B.7.3 und B.7.4):

- In den jeweils ersten Einbauabschnitten Nord und Süd wird die Einbauleistung um ca. ein Drittel reduziert (Lerneffekt).
- Pannen, Reparaturen, Erhaltungsarbeiten sowie Koordinationsverluste wurden eingerechnet indem die Einbauleistungen um ca. 10% reduziert wurden.
- Für die Abnahme und Test der ausgerüsteten Tunnelabschnitte wurde 10% Zeitreserve eingerechnet.

Somit ergibt sich das folgende Terminprogramm:

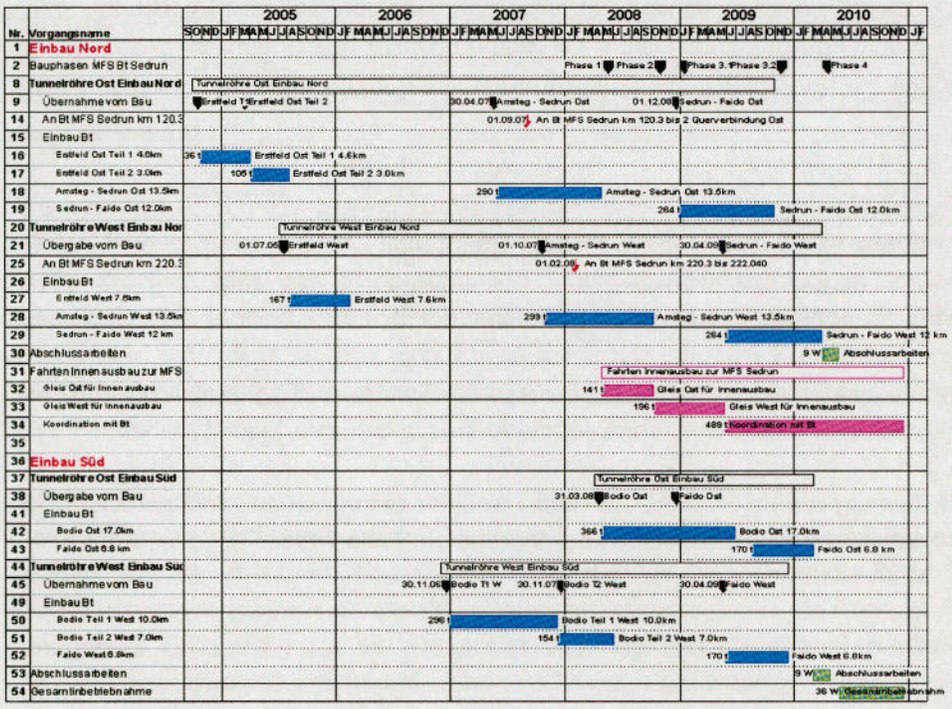


Abbildung 105 Einbauprogramm GBT

Die Anforderung, dass die Inbetriebnahmephase ein Jahr nach der Fertigstellung des letzten Rohbauabschnittes beginnt, kann mit diesem Einbauszenario erfüllt werden. Sensitivitätsanalysen haben gezeigt, dass Verspätungen beim Rohbau in den meisten Fällen direkt auf den Inbetriebnahmetermin des Gesamttunnels durchschlagen (der mittlere Teil Sedrun-Faido ist besonders kritisch).

Früh in Betrieb aber empfindlich gegenüber Verspätungen

Die Vorgaben der Bahntechnik für das Bauprojekt GBT (4.B ff) [EP.E] [EP.F] [EP.I] dienen als Rahmenbedingungen für die Koordination mit dem Rohbau und sind weitgehend „bauprogramm-unabhängig“. Die Verträglichkeit der Terminpläne des Rohbaus mit den Vorgaben wurde überprüft und die Machbarkeit der geplanten Abläufe konnte bestätigt werden.

Bahntechnische Vorgaben seitens Rohbau umgesetzt

Auf die Koordination zwischen dem Rohbauunternehmer und dem Bahntechnikeinbau in den Multifunktionsstellen wurde besonders geachtet; detailliertere Terminprogramme wurden erstellt (Raumverfügbarkeit, Baustromversorgung) und die Kompatibilität des Einbauprogrammes der Bahntechnik mit demjenigen des Projektingenieurs nachgewiesen [EP.P]. Aufgrund des grossen Aufwandes wurde diese Detailkompatibilität nur im Fall des „Standard-Bauprogrammes“ abgeklärt. Gleichzeitig wurden im Rahmen dieser Arbeiten die Vorgaben im Bereich der Anschlüsse Nord und Süd verfeinert.

Detailkoordination in den MFS komplex, wurde nur im Normalfall abgeklärt

C.3.7 Terminprogramm

Als Basis für die Terminplanung Bahntechnik für den Gotthard-Basistunnel gelten die Eckdaten der Fertigstellung der Bauten. Diese bestimmen, ab wann mit dem Einbau der Bahntechnik begonnen werden kann.

Tabelle 26 Übergeordnete Grundlage für die Terminplanung Bahntechnik GBT

Altdorf / Rynächt	Auflageprojekt 1998
Gotthard-Basistunnel	Bauprojekt 1998, Terminprogramm GBT Stand 1. Quartal 1999
Pollegio – Biasca – Giustizia	Auflageprojekte 1997 / 1998

Vorausgesetzt wird, dass die Anschlüsse der Tunnel an die Stammlinie rohbaumässig rechtzeitig der Bahntechnik für die Ausrüstung zur Verfügung stehen.

Die Terminplanung Bahntechnik geht von einer zeitgerechten Kreditsprechung und Projektgenehmigung durch die übergeordneten Stellen aus.

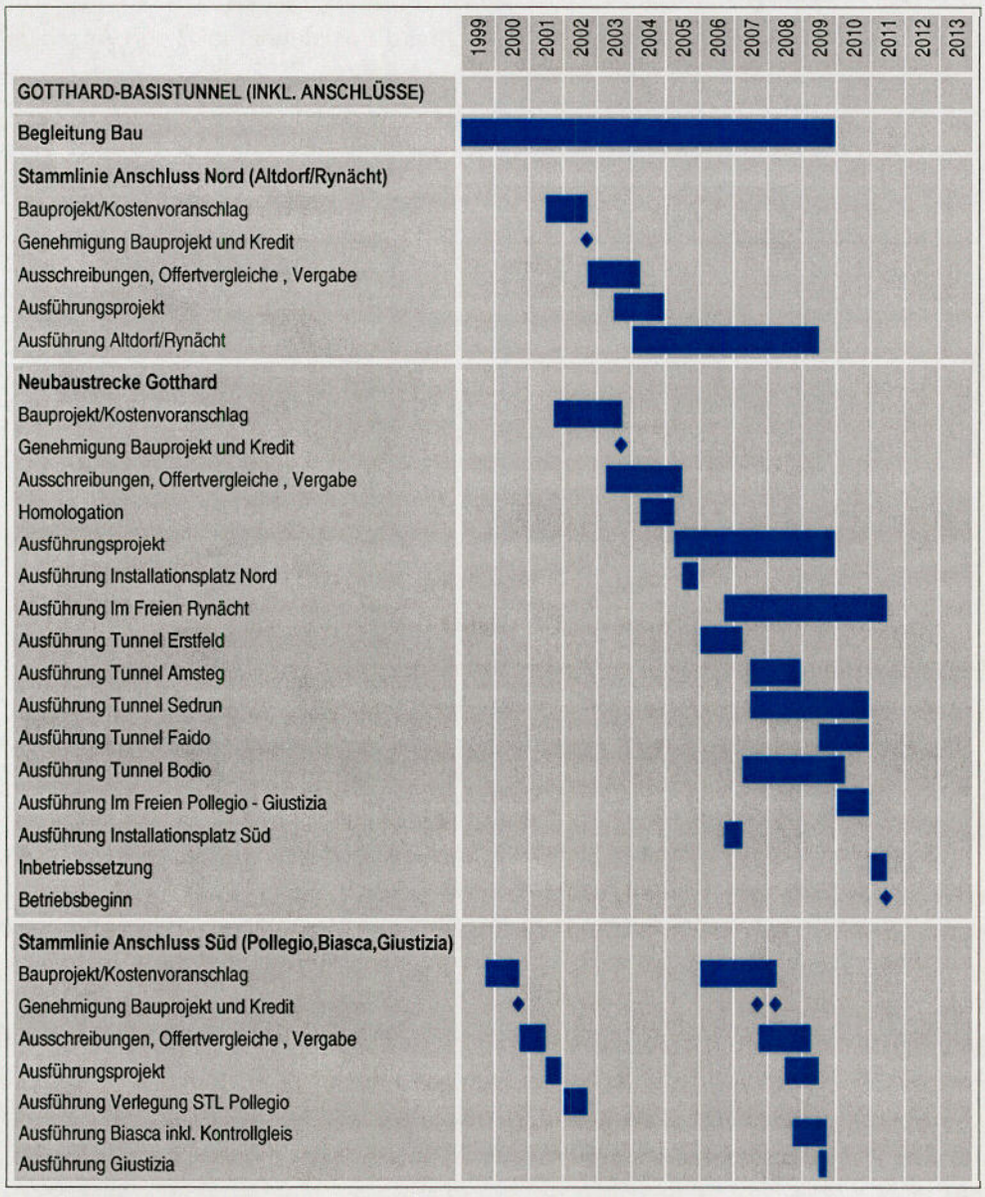


Abbildung 106
Terminplan Bahntechnik für den Gotthard-Basistunnel

C.3.8 Kosten

Die Gesamtkosten Bahntechnik für den Gotthard-Basistunnel inkl. den Anschlüssen betragen 939 Mio. Fr. (exkl. MwSt.).

Die Kosten teilen sich auf:

Tabelle 27 Kosten Bahntechnik Gotthard-Basistunnel

STL Anschluss Nord, Altdorf/Rynächt	48 Mio. Fr. (exkl. MwSt.)
NBS Gotthard-Basistunnel und im Freien	853 Mio. Fr. (exkl. MwSt.)
STL Anschluss Süd, Pollegio - Biasca - Giustizia	38 Mio. Fr. (exkl. MwSt.)

Kostengenauigkeit, Projektstand

Es handelt sich um eine Kostenschätzung Stufe Vorprojekt mit einer Kostengenauigkeit von ± 20 %. Sie basiert auf dem Projektstand 1999.

Die Kosten Bahntechnik beinhalten:
- Baukosten
- Ingenieurhonorare
- Kosten für Grundlagen und Entwicklungen
- Projektführungskosten (Eigenleistungen ATG-Bt und Fremdleistungen)

Die Kostenangaben enthalten keinerlei Reserven, Zuschläge oder Positionen für Unvorhergesehenes.

Im Gegensatz zum Vorprojekt 1994, wo die Kosten aufgrund des aktuellen Standes der Technik ermittelt wurden, sind in die Kostenermittlung 1999 zum Teil Kosten für zukünftige Technik bzw. sich in Entwicklung/Einführung befindlichen Systeme berücksichtigt worden (z.B. für die Führerstandsignalisierung).

Weitergehende Kostenangaben

Hinweis: Weitergehende Kostenangaben befinden sich in der separaten Beilage E.2 *Detaillierte Kosten und Mengengerüste*.

C.3.9 Vorgaben an Rohbauten

Die Vorgaben Bahntechnik an den Bau für den Gotthard-Basistunnel befinden sich in einem separaten Dokument, der Beilage E.4 des Grundlagendossiers.

Inhalt der Vorgaben

Das Vorgabendokument beinhaltet sämtliche Vorgaben aus allen Fachbereichen Bahntechnik an den Bau für den Basistunnel sowie für die Anschlüsse beim Nord- und Südportal. Die Vorgaben werden jeweils für jede Projektphase Bau aktualisiert.

C.4 Ceneri-Basistunnel inkl. Anschlüsse an Stammlinie

C.4.1 Projektübersicht

Das Projekt Ceneri-Basistunnel umfasst die Anpassungen der Gleisanlagen Ausgangs Giubiasco, die Auffahrt im Raum Camorino, den Doppelspurtunnel sowie die Verknüpfung mit der Stammlinie im Raum Vezia. Der ca. 15,3 km lange, doppelspurige Tunnel beginnt anschliessend an das Anschlussbauwerk Camorino, welches eine niveaufreie Weiterführung der ATG-Linie Richtung Norden ermöglicht. Der Tunnel führt mit einem Minimalradius von 5'500 m steigend mit einem Längsgefälle von ca. 6,5 bis 6,7‰ bis ca. km 13. Danach erhöht sich die Steigung auf ca. 12,5‰. In der Nähe des Südportals wurde die Gleisgeometrie in Abhängigkeit der möglichen maximalen Geschwindigkeit auf der Stammlinie optimiert. Die einfache Gleistopologie im Tunnel ermöglicht auch ein relativ einfaches Konzept bei der Stellwerk- bzw. Sicherungsanlage und bei der Bahnstromspeisung. Spezielle Beachtung bedingt jedoch der nördliche Anschluss im Raum Camorino, bei dem viele Optionen offengehalten werden müssen.

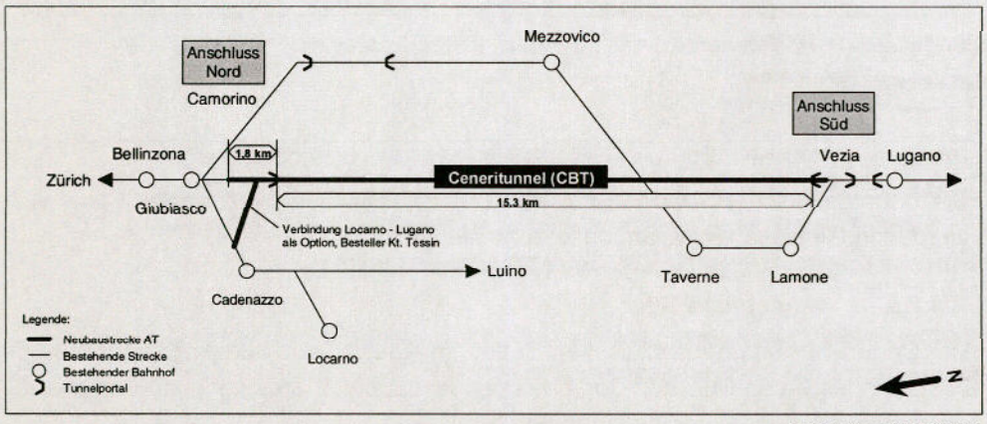


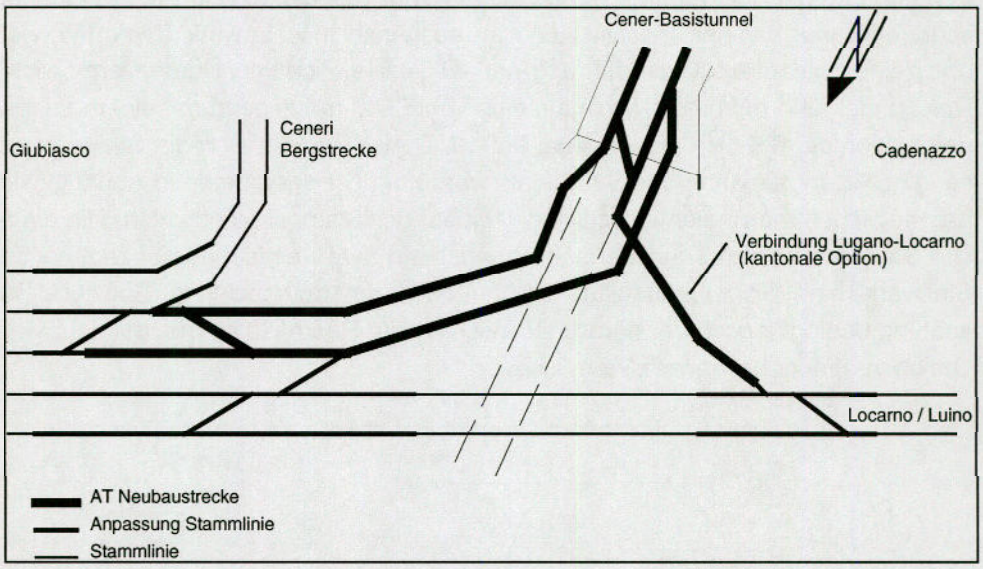
Abbildung 107 Übersicht Ceneri-Basistunnel

C.4.2 Verknüpfungen mit Stammlinie

C.4.2.1 Anschluss Nord

Der Ceneri-Basistunnel schliesst im Norden im Raum Camorino an die bestehende Stammlinie an. In Giubiasco folgt in südlicher Richtung die Aufweitung der bestehenden Doppelspur auf eine Vierspuranlage. Weiter ist eine einspurige Verbindungslinie Lugano - Locarno (kantonale Option) vorgesehen.

Abbildung 108
Ceneri-Basistunnel
Anschluss Nord

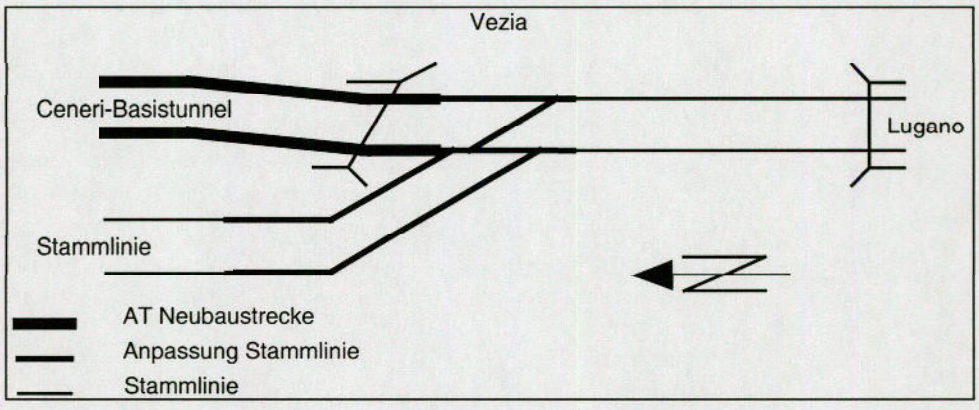


Die bahntechnischen Anlagen für den Teil mit Anpassungen an der Stammlinie werden in Giubiasco bzw. Cadenazzo zentralisiert.

C.4.2.2 Anschluss Süd

Der Ceneri-Basistunnel schliesst im Süden im Raum Vezia kurz vor Lugano an die bestehende Stammlinie an. Der bestehende doppelte Spurwechsel Lamone fällt weg und wird durch einen einfachen ersetzt.

Abbildung 109
Ceneri-Basistunnel
Anschluss Süd



Die bahntechnischen Anlagen für den Teil mit Anpassungen an der Stammlinie werden in Lugano zentralisiert.

C.4.3 Projekt EA

C.4.3.1 Allgemein

Standards EA

Wie beim Zimmerberg-Basistunnel gelten die Standards, die auf den SBB-Neubaustrecken angewendet werden, auch für den Ceneri-Basistunnel. Im Gegensatz zum Zimmerberg kann der neue Ceneri-Tunnel jedoch als Gesamtelement betrachtet werden und dadurch kann die Wahl der verschiedenen elektrischen Systeme flexibler erfolgen. Eine Ausnahme bildet einzig die Bahnstromversorgung, für die ein Konzept ausgearbeitet wurde, das die bestehenden Speispunkte und deren Verbindungen zum Netz berücksichtigt (vgl. Kapitel C.4.3.3).

C.4.3.2 Fahrleitung

Fahrleitungssystem

Das Fahrleitungssystem des Ceneri-Basistunnels beruht im wesentlichen auf dem Fahrleitungstyp, der gegenwärtig auf den Neubaustrecken der SBB verwendet wird. Es handelt sich dabei um eine konventionelle Fahrleitung, wie sie auf der folgenden Abbildung dargestellt ist:

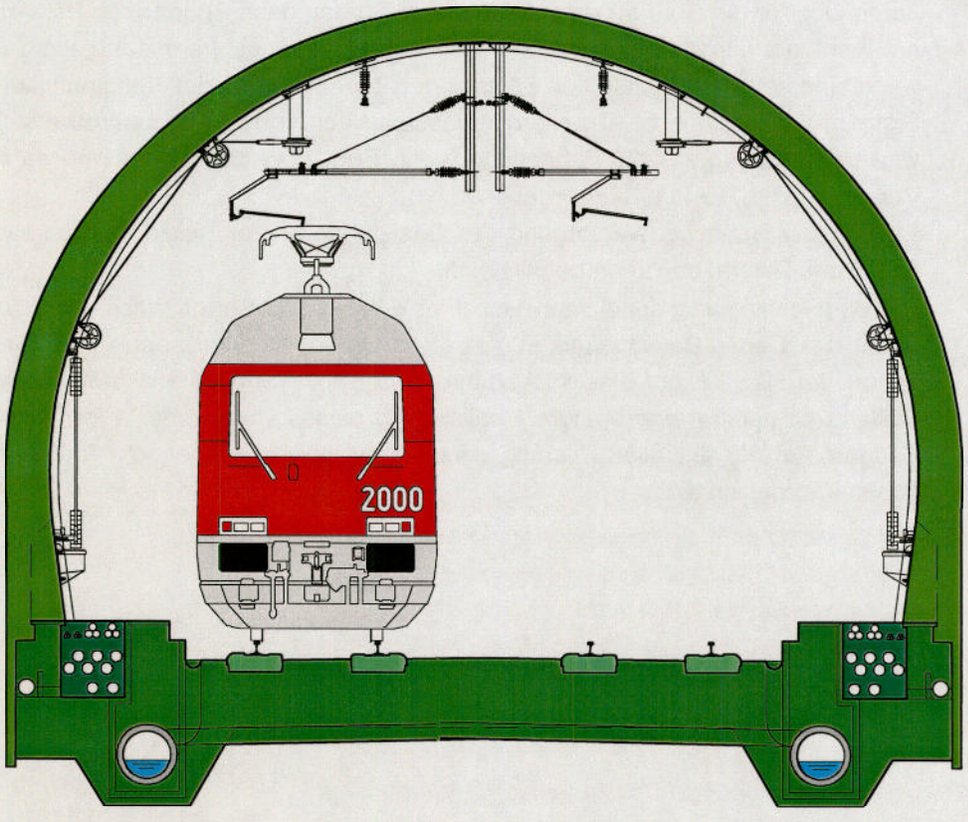


Abbildung 110 Fahrleitung des Ceneri-Basistunnels

Fl-Sektionierung

Wie beim Zimmerberg-Basistunnel sollen genauere Untersuchungen auch für den Ceneri-Basistunnel zeigen, ob aus Sicherheitsgründen die Anzahl der Fahrleitungssektionierungen zu erhöhen ist. Die Verkürzung des Abstandes zwischen zwei elektrischen Trennungen hätte einen Einfluss auf die Kosten. Andererseits würde dadurch die Zuverlässigkeit der Fahrleitung erhöht. Im Ceneri-Basistunnel beträgt der Minimalabstand zwischen zwei elektrischen Trennungen, der gegenwärtig von der Linientopologie bedingt ist, ungefähr 15 km. Aus der Sicht der

Stromverteilung zwischen den Fahrleitungen der beiden Spuren ist das eine sehr lange Teilstrecke[1]. Im folgenden Kapitel werden daher mögliche Lösungen behandelt.

C.4.3.3 16 / Hz-Bahnstromversorgung

Bahnstromversorgungssystem

Die Lastberechnung für das Bahnstromversorgungssystem des Ceneri-Basistunnels [EA.Q], die auf einer nach dem Angebotskonzept gemäss FinöV festgelegten betrieblichen Plattform beruht, und die Berücksichtigung des Stammnetzes und seines Verkehrs konnten einige wichtige Punkte aufzeigen, die auf die Dimensionierung der Anlagen einen Einfluss haben (vgl. auch Kapitel B.2.3):

- Der Grenzwert von 4 A/mm², der als maximal zulässige Stromdichte in den Fahrleitungsleitern festgelegt wurde, wird nicht überschritten, nicht einmal beim Betriebsszenario Ausfall eines Speispunktes auf der Strecke Bellinzona-Chiasso.
- Der schlimmste Betriebsfall entspricht einem Ausfall der Stromversorgung ab dem UW Melide.
- Die maximalen Belastungen wurden für den Abschnitt des Ceneri-Basistunnels berechnet, für die Spur für den Verkehr von Norden nach Süden (von Bellinzona Richtung Lugano). Dieser Grenzfall kann allerdings vermieden werden, wenn einerseits in der Mitte des Basistunnels (auf der Höhe des Fensterstollens Sigirino) eine elektrische Querverbindung zwischen den beiden Spuren erstellt wird und andererseits die Fahrleitung durch Feeder verstärkt wird (wie es im Vorprojekt von 1994 bereits vorgesehen ist).
- Ein Teil der Bahnstromversorgung des Basistunnels erfolgt über das fahrbare Unterwerk Rivera, das unentbehrlich ist2.
- Für die Realisierung der Achse nach FinöV ist es nicht erforderlich, am Südportal des Ceneri-Basistunnels in Vezia ein Unterwerk vorzusehen (UW Crespera). Im Hinblick auf eine Weiterführung der HGV-Strecke Richtung Como-Mailand ist der für eine spätere Realisierung dieses Unterwerks erforderliche Baugrund in der aktuellen Planung vorzusehen, ohne dass jedoch Vorinvestitionen erforderlich sind.

---

[1] Ohne Sektionierung kann keine elektrische Querverbindung zwischen den Fahrleitungen der beiden Spuren realisiert werden. Es sind aber gerade diese Querverbindungen, die die Stromverteilung verbessern und dadurch eine bessere Verwendung der Kupferquerschnitte der verschiedenen Leiter ermöglichen.

[2] Der Einsatz des fahrbaren Unterwerks Rivera ist heute wegen den grossen Steigungen nördlich der Scheitellinie des Ceneri, die der Schwergüterverkehr überwinden muss, erforderlich. Das Unterwerk wird zukünftig neben seiner (indirekten) Funktion der Stromversorgung des Ceneri-Basistunnels insbesondere dann erforderlich sein, wenn bei Erhaltungsarbeiten auf der Basisstrecke die gleichen Schwerverkehrsflüsse über die Scheitellinie geführt werden müssen.

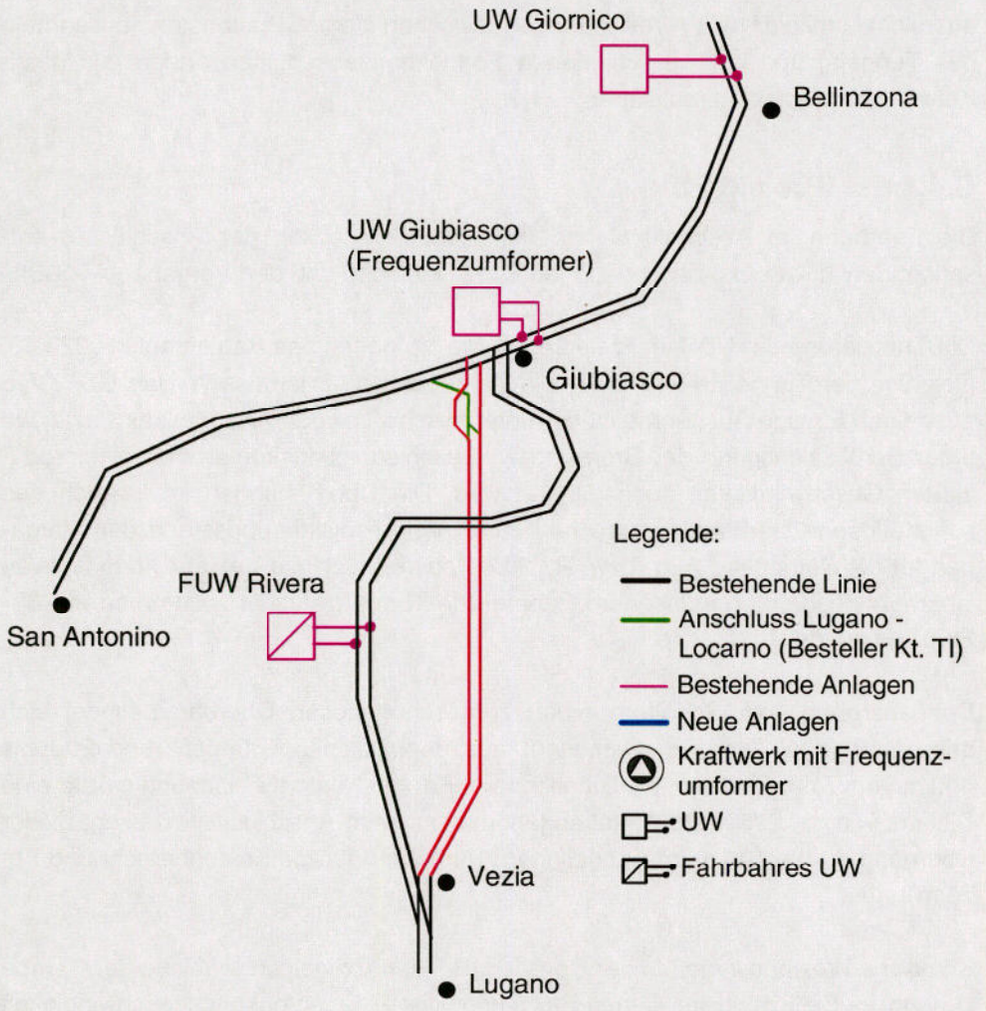


Abbildung 111
16 2/3 Hz-Stromversorgungsschema des Ceneri-Basistunnels (Berechnung 1999)

C.4.3.4 50 Hz-Stromversorgung

50 Hz-Stromversorgungssystem

Das Stromversorgungskonzept des Ceneri ist jenem für den Zimmerberg-Doppelspurtunnel ähnlich. Die Struktur des Stromnetzes beruht auf einer Mittel- und Niederspannungsversorgung für den gesamten Abschnitt, die mit dem unterbruchsfreien Stromversorgungsnetz elektrisch verbunden ist. Neben den Einspeisstellen beim Nord- und Südportal ist eine zusätzliche Einspeisstelle ab dem Zugangsstollen Sigirino denkbar, beispielsweise über einen 16 2/3 Hz / 50 Hz-Frequenzumformer. Die Möglichkeit, die Anlagen an leicht zugänglichen Stellen zu konzentrieren und die Autonomie und die Unabhängigkeit der Einspeisstellen ergeben ein einfaches und äusserst zuverlässiges System.

C.4.3.5 Kabelanlagen

Kabeltrassierung

Die Kabelanlagen unterscheiden sich nicht oder kaum vom Konzept, das für die übrige AlpTransit Gotthard-Strecke gilt: Vorgesehen sind in den seitlichen Banketten integrierte Rohrblockanlagen mit Kabelschächten und vier Gleisunterquerungen vor jeder technischen Nische. Die Nähe der Bahntechnikgebäude bei den Portalen von Vigana und Vezia vereinfacht die Verbindung zu den Anlagen im Tunnel. Beim Spurwechsel am Nordportal kommt es zu einer starken Konzentrati-

on von $16^2/_3$ Hz-Mittelspannungskabeln, da der Platz am Gewölbescheitel nicht ausreicht, um die 15 kV-Verbindungen zwischen dem Schaltposten (ausserhalb des Tunnels) und den verschiedenen Fahrleitungsabschnitten anders als durch Kabelverbindungen zu realisieren.

C.4.4 Projekt Fb

Fahrbahn gemäss Vorgaben

Die Fahrbahn im Abschnitt Ceneri (inkl. Neubaustrecken der Anschlüsse) entspricht den in Kap. B.3 beschriebenen Spezifikationen und den Vorgaben ATG-Bt.

Trassierung gemäss A3a, bzw. R220.46. Die Überhöhungen müssen im Bauprojekt Bt definitiv festgelegt werden

Die Trassierung der NBS im Freien erfüllt die Vorgaben des Reglements R.220.46, diejenige der Tunnelstrecke ist für die Betriebsart A3a gemäss W Bau GD 23/96 ausgelegt. Einzige Ausnahme ist der unterirdische Teil des Anschlusses Vezia, wo unter Berücksichtigung der Brems- bzw. Beschleunigungskurven von einer reduzierten Geschwindigkeit ausgegangen wird. Die Überhöhungen im Bereich des schotterlosen Oberbaus entsprechen im jetzigen Projektierungsstand den Vorgaben für die Betriebsart A3a (bzw. R.220.46 beim Anschluss Vezia). Die definitiven Überhöhungsbeträge müssen im Rahmen des Bauprojekts Bt zusammen mit BT-Fb fixiert werden.

Übergang zur Tunnelfahrbahn 200 – 400 m bzw. 50 - 100 m im Tunnelinnern

Der Übergang vom Schotteroberbau zum schotterlosen Oberbau befindet sich beim Nordportal (Nodo di Camorino) aus geologischen Gründen rund 200 bis 400 m vom Portal entfernt im Tunnelinnern. Für die Kostenberechnung wurde eine Distanz von ca. 225 m ab Portal angenommen. Beim Anschluss Vezia liegt dieser Übergang 50 bis 100 m im Tunnelinnern (Annahme für die Kostenberechnung Fb: 75 m).

Abzweigungsweichen für V > 120 km/h: DB Weiche 7000/6000

Sämtliche Weichen liegen in der Geraden. Bei der Abzweigungsweiche der Rampe Lugano -> Bellinzona im Ceneri-Basistunnel ist eine Ablenkungsgeschwindigkeit von mehr als 120 km/h (EW-1600/2600) notwendig. Im jetzigen Projektstand wird dafür der DB Weichentyp 7000/6000 1:42 zu Grunde gelegt. Dasselbe gilt einerseits für die umgekehrte Fahrrichtung, wo im etappierten Ausbau FinöV zwar noch keine Weiche eingebaut wird, die Geometrie des verlegten Gleises aber der zukünftigen Weichengeometrie entspricht und andererseits für die Machbarkeitsüberlegungen zu einer späteren unterirdische Weiterführung für die Abzweigung der Ausfahrt Vezia. (Hinweis: Falls die Weiche 7000/6000 im Zusammenhang mit der Ausfahrt Vezia als Spurwechselweiche eingesetzt würde, müsste ein Gleisachsabstand von 5,50 m eingehalten werden.)

Bearbeitung Schienendilatationen im Bauprojekt Bt

Die Frage der Schienendilatationen auf der Brücke der Rampe Lugano -> Bellinzona über die zukünftige Fortsetzung ATG (Querung Magadinoebene) muss im Rahmen des Baubrojekts Bt bearbeitet werden.

C.4.5 Projekt-Sicherungsanlagen und Telekommunikation

C.4.5.1 Sicherungs- und Automationsanlagen (SA)

Einfaches Stellwerk-Konzept

Die einfache Gleisgeometrie des Ceneri-Basistunnels führt auch zu einem relativ einfachen Konzept der Stellwerk- bzw. Sicherungsanlagen. Trotz der einfachen Gleistopologie wird am Konzept von separaten Stellwerkanlagen für die beiden Streckengleise festgehalten.

Schnittstellen zu Stammstrecke

Die beiden Streckengleise sind jeweils an beiden Enden über TMn-Block Schnittstellen an die bestehenden Stellwerkanlagen angeschalten. Auf der Nordseite ergibt sich durch die zusätzliche Abzweigung nach Locarno eine Dienststation im Bereich des Tunnelportals. Auf der Südseite befindet sich die Blockschnittstelle bei der Dienststation Vezia, welche von Lugano aus gesteuert wird.

Verzicht auf ortsfeste Aussensignale

Auf der Strecke selbst sind weder Signale für Zug- noch für Rangierfahrten vorgesehen. Die Dienststation im Bereich des Portals Nord wird mit Zwergsignalen ausgerüstet. Die Tunnelstrecke selbst ist lediglich mit passiven Eurobalisen im Gleis in Abständen von ca. 500 bis 1000 m ausgerüstet sowie mit redundanten Achszählern zur Gleisfreimeldung.

Bt-Gebäude beim Nordportal

Durch die einfache Gleistopologie ohne Weichen ist das Stellwerkkonzept unkritisch bezüglich Stelldistanzen. Die Steuerung der ganzen ATG-NBS wird von einem neuen Bahntechnik-Gebäude beim Nordportal aus vorgesehen. Für die Führerstandssignalisierung des Ceneri-Basistunnels reicht nach heutigen Kenntnissen ein RBC aus. Dieses kann sowohl im Bahntechnik-Gebäude am Nordportal wie auch im dazugehörigen Fernsteuerzentrum plaziert werden.

Betriebsführung Ceneri, Leittechnik

Die Fernsteuerung der Neubaustrecke erfolgt aufgrund heutiger Erkenntnisse entweder von Bellinzona aus oder sie wird in die Tunnelleitstelle des GBT integriert.
Bezüglich der Zugkontrolleinrichtungen sei auf die Ausführungen im achsübergreifenden Teil der Dokumentation verwiesen.

C.4.5.2 Telecomanlagen (TC)

ATG-Standards bezügliche TC

Die Ausrüstung des Tunnels erfolgt bezüglich Telecom mit den üblichen ATG-Standards, d.h. mit Übertragungs-, Vermittungs-, Daten- und Störmeldeanschlüssen. Daneben wird der ganze Tunnel mit einer Mobilfunkanlage ausgerüstet, welche in der Lage ist, alle notwendigen Dienste breitbandig abzudecken (speziell 160, 460 und 900 MHz).

DIFONET als Basis für Übertragung

Die Übertragung basiert auf dem DIFONET. Die Ankopplung an die bestehende Technik (SBB-Netz) erfolgt in Giubiasco und Lugano. In der Nähe (d<500 m) des Nordportals des Ceneritunnels wird ein Bahntechnikgebäude für ATG erstellt. Dieses wird ebenfalls mit entsprechenden Übertragungs-, Daten- und Vermittlungsanschlüssen ausgerüstet sein.

Mobilfunk-Konzept

Ebenso wird in diesem Bahntechnikgebäude die nördliche Kopfstation für den Tunnelfunk untergebracht. Für die Freiraumversorgung des ganzen Anschlussbauwerkes wird in der Nähe des Nordportals (d<80 m) ein Funkmast vorgesehen. Entsprechende Kosten für die Freiraumversorgung der NBS-Abschnitte sind

ebenfalls im ATG-Projekt enthalten.

Mobilfunk-Südportal

Die südliche Kopfstation ist in Vezia vorgesehen, von wo aus auch eine Fortsetzung der Mobilfunkausrüstung zwischen Vezia und Lugano durch die zwei Tunnels der Galleria di Massagno erfolgt.

Früherkennung FSS

Da das FSS eine Früherkennung der Züge notwendig macht, muss die GSM-Versorgung auch in einem definierten "Anmeldebereich" auf beiden Seiten des Tunnels gewährleistet sein. Da davon ausgegangen werden muss, dass die Galleria di Massagno bis zur Inbetriebnahme des Ceneritunnels noch nicht mit GSM ausgerüstet ist, wurden in der Kostenberechnungen des ATG-Projekts dafür entsprechende Mittel vorgesehen.

Ausrüstung technische Nischen im Tunnel

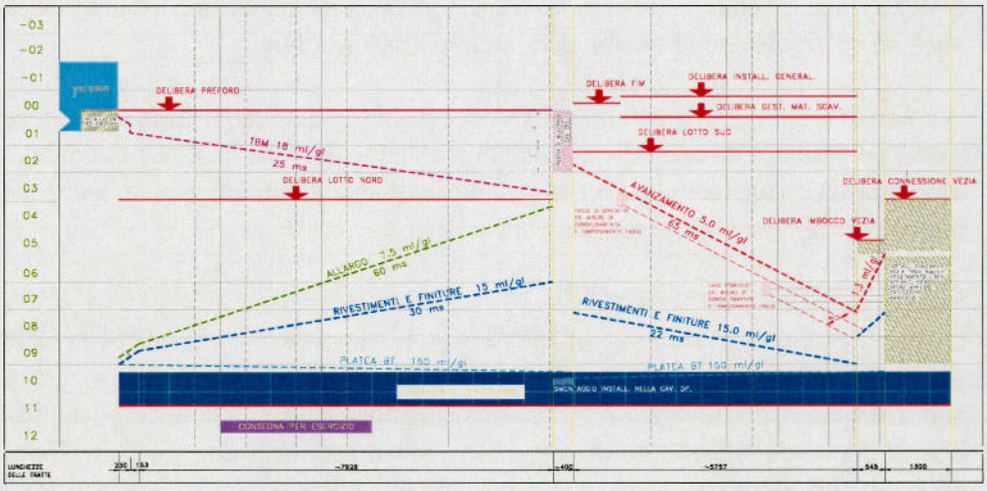
Im Ceneritunnel selbst sind alle technischen Nischen im Abstand von derzeit 500 m mit Vermittlungs-, Daten- und Störmeldeanschlüssen ausgerüstet. Die Erschliessung erfolgt via Kupfer-Stichleitungen von entsprechenden Übertragungseinrichtungen, welche im Abstand von max ca. 7 km ebenfalls in den technischen Nischen angeordnet sind.

C.4.6 Einbau

Noch keine Detailplanung

Die Einbauplanung im Ceneri-Basistunnel ist noch nicht detailliert. Bis jetzt wurde nur die Gesamteinbaudauer abgeschätzt (blaue Balken):

Abbildung 112 Terminprogramm CBT



C.4.7 Terminprogramm

Als Basis für die Terminplanung Bahntechnik für den Ceneri-Basistunnel gelten die Eckdaten der Fertigstellung der Bauten. Diese bestimmen, ab wann mit dem Einbau der Bahntechnik begonnen werden kann.

Ceneri-Basistunnel	Auflageprojekt 1998[1]

Tabelle 28 Übergeordnete Grundlage für die Terminplanung Bahntechnik CBT

Vorausgesetzt wird, dass die Anschlüsse der Tunnel an die Stammlinie rohbaumässig rechtzeitig der Bahntechnik für die Ausrüstung zur Verfügung stehen.

Die Terminplanung Bahntechnik geht von einer zeitgerechten Kreditsprechung und Projektgenehmigung durch die übergeordneten Stellen aus .

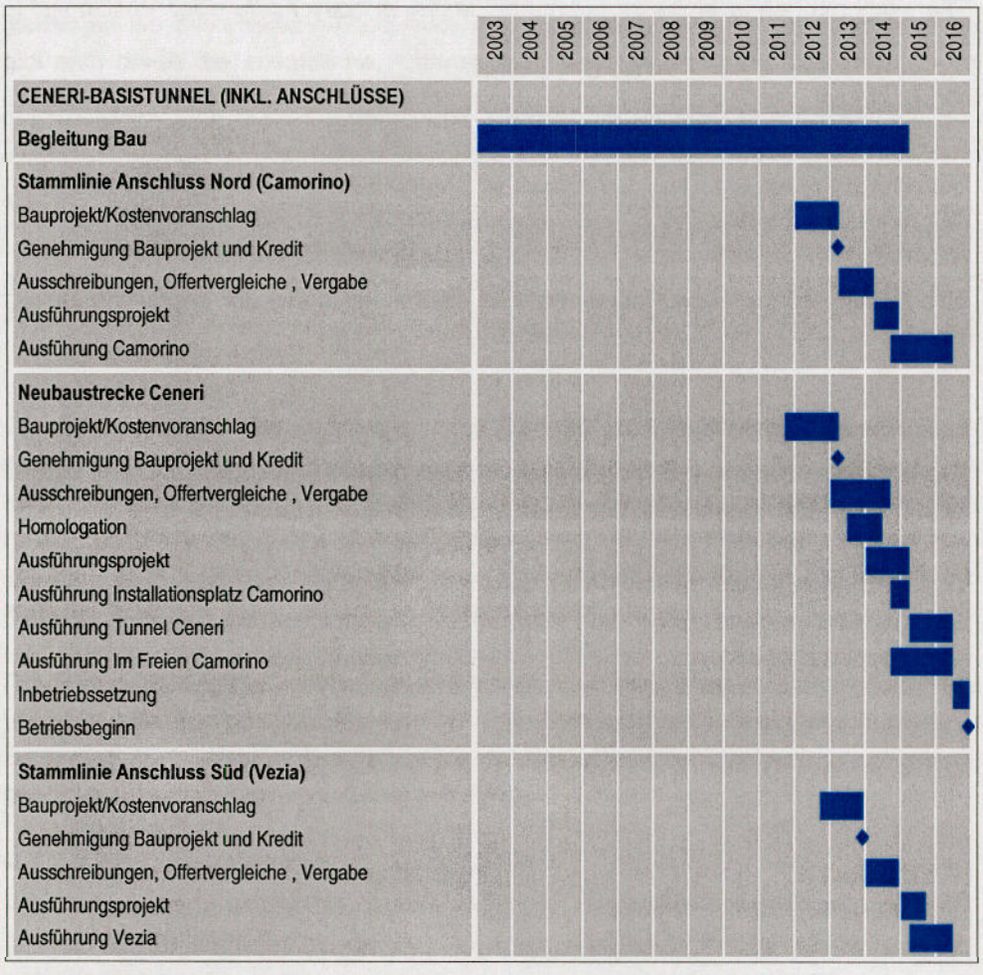


Abbildung 113 Terminplan Bahntechnik für den Ceneri-Basistunnel

C.4.8 Kosten

Die Gesamtkosten Bahntechnik für den Ceneri-Basistunnel inkl. den Anschlüssen betragen 222 Mio. Fr. (exkl. MwSt.).

Die Kosten teilen sich auf:

Anschluss Nord, Camorino/Giubiasco	46 Mio. Fr. (exkl. MwSt.)
Ceneri-Basistunnel	162 Mio. Fr. (exkl. MwSt.)
Anschluss Süd, Vezia	14 Mio. Fr. (exkl. MwSt.)

Tabelle 29 Kosten Bahntechnik Ceneri-Basistunnel

[1] Termine gemäss Entwurf zur Botschaft über den neuen NEAT-Gesamtkredit vom 26. April 1999 (Baubeginn 2006, Inbetriebnahme 2016).

Kostengenauigkeit, Projektstand

Es handelt sich um eine Kostenschätzung Stufe Vorprojekt mit einer Kostengenauigkeit von ± 20 %. Sie basiert auf dem Projektstand 1999.

Die Kosten Bahntechnik beinhalten:
- Baukosten
- Ingenieurhonorare
- Projektführungskosten (Eigenleistungen ATG-Bt und Fremdleistungen)

Die Kostenangaben enthalten keinerlei Reserven, Zuschläge oder Positionen für Unvorhergesehenes.

Im Gegensatz zum Vorprojekt 1994, wo die Kosten aufgrund des aktuellen Standes der Technik ermittelt wurden, sind in die Kostenermittlung 1999 zum Teil Kosten für zukünftige Technik bzw. sich in Entwicklung/Einführung befindlichen Systeme berücksichtigt worden (z.B. für die Führerstandssignalisierung).

Weitergehende Kostenangaben

Hinweis: Weitergehende Kostenangaben befinden sich in der separaten Beilage E.2 *Detaillierte Kosten und Mengengerüste.*

C.4.9 Vorgaben an Rohbauten

Die Vorgaben Bahntechnik an den Bau für den Ceneri-Basistunnel befinden sich in einem separaten Dokument, der Beilage E.4 des Grundlagendossiers.

Inhalt der Vorgaben

Das Vorgabendokument beinhaltet sämtliche Vorgaben aus allen Fachbereichen Bahntechnik an den Bau für den Basistunnel sowie für die Anschlüsse beim Nord- und Südportal. Die Vorgaben werden jeweils für jede Projektphase Bau aktualisiert.

Grundlagendossier Bahntechnik

D Diverses

Inhaltsverzeichnis D

D DIVERSES 235

D.1 Energie 235
D.1.1 Allgemeines 235
D.1.2 Integration in das bestehende Netz 236
D.1.3 Zimmerberg 236
D.1.4 Gotthard 237
D.1.5 Ceneri 241
D.1.6 Auswirkungen auf die bestehenden Übertragungsleitungen 241
D.1.7 Planung und Realisierung der Infrastrukturen 242

D.2 Rollmaterial: Vereinbarung ATG-ZfW 244
D.2.1 Einleitung 244
D.2.2 Zugbildung 244
D.2.3 Reisezugwagen 247
D.2.4 Güterwagen 247
D.2.5 Transport von Gefahrengütern 248
D.2.6 Sicherheitsmässiges Anforderungsprofil an das Rollmaterial für ATG-Neubautunnels 248

D.3 Verwandte Projekte 249
D.3.1 Neubaustrecke Mattstetten - Rothrist 249
D.3.1.1 Projektübersicht 249
D.3.1.2 Projektstand 249
D.3.1.3 Anteil Tunnel bzw. offene Strecke 250
D.3.1.3.1 Tunnels und Oberbauart 250
D.3.1.4 Verknüpfungen mit der Stammlinie 250
D.3.1.5 Elemente aus dem Projekt „Elektrische Anlagen“ 250
D.3.1.6 Elemente aus dem Projekt „Fahrbahn“ 251
D.3.1.7 Elemente aus dem Projekt „Signalisation“ 251
D.3.1.8 Elemente aus dem Projekt „Telekommunikation“ 251
D.3.1.9 Elemente aus dem Einbau 251
D.3.1.10 Vorgesehenes Ausschreibungskonzept 251
D.3.1.11 Terminprogramm 252
D.3.1.12 Kosten 252
D.3.1.13 Fazit für Bahntechnik AlpTransit 252
D.3.1.13.1 Projektorganisation Dokumentation 252
D.3.1.13.2 Mögliche Zusammenarbeit mit ATG 252
D.3.2 Alpetunnel 253
D.3.2.1 Projektübersicht 253
D.3.2.1.1 Einbindung in übergeordnetes Projekt 253
D.3.2.1.2 Wichtigste Daten 253
D.3.2.1.3 Gefahrene Geschwindigkeiten, Radien und Steigungen 254
D.3.2.1.4 Vorgesehener Verkehr 254
D.3.2.2 Technische Spezifikationen 254
D.3.2.2.1 Tunnelprofil und Ausrüstung 254

D.3.2.3 Elemente aus dem Projekt Elektrische Anlagen (vor allem Fahrleitung, Bahnstromverteilung) 255
D.3.2.3.1 Traktionsenergieversorgung 255
D.3.2.3.2 Fahrleitungstyp 255
D.3.2.3.3 Stromversorgung 50 Hz 255
D.3.2.3.4 Elemente aus dem Projekt Fahrbahn 255
D.3.2.3.5 Spurwechselkonzept, Erhaltungskonzept 255
D.3.2.3.6 Elemente aus dem Projekt Signalisation 256
D.3.2.3.7 Terminprogramm grob 256
D.3.2.3.8 Kosten 256
D.3.2.4 Fazit für Bahntechnik AlpTransit Gotthard 257
D.3.2.4.1 Technische Vergleichbarkeit 257
D.3.2.4.2 Mögliche Zusammenarbeit mit ATG 257

D DIVERSES

D.1 Energie

D.1.1 Allgemeines

Erzeugung und Verteilung des Bahnstroms über das Hochspannungsnetz

Die SBB besitzen eigene Wasserkraftwerke für ihre Stromversorgung. Über Frequenzumformer können sie auch auf den Strom aus dem nationalen Stromnetz zurückgreifen. Die SBB verfügen über ein autonomes Energieübertragungsnetz, wodurch ihre Anlagen unabhängig und wirtschaftlich eingesetzt werden können. Die Umwandlung des Stroms aus dem Hochspannungsnetz ins Bahnstromnetz erfolgt in Unterwerken, die je nach Energiebedarf auf den verschiedenen Strecken verteilt sind. Nach dem aktuellen Planungsstand kann aus heutiger Sicht der zusätzliche Bahnstrombedarf für ATG ohne grössere Probleme mit den vorhandenen Ressourcen abgedeckt werden. Geht man von den aktuellen Bedingungen aus, werden diese Ressourcen für die Zunahme des Gütertransitverkehrs gemäss FinöV-Angebot ausreichen. Die gegenwärtige Stromerzeugungskapazität der SBB reicht also durchaus aus, um einen zuverlässigen Bahnbetrieb zu gewährleisten. Erst wenn die AlpTransit Gotthard-Achse vollständig fertiggestellt ist, wenn also alle Zufahrtsstrecken, die eine starke Zunahme des Gütertransitverkehrs ermöglichen, gebaut sind, wird die Kapazität ausgeschöpft sein.

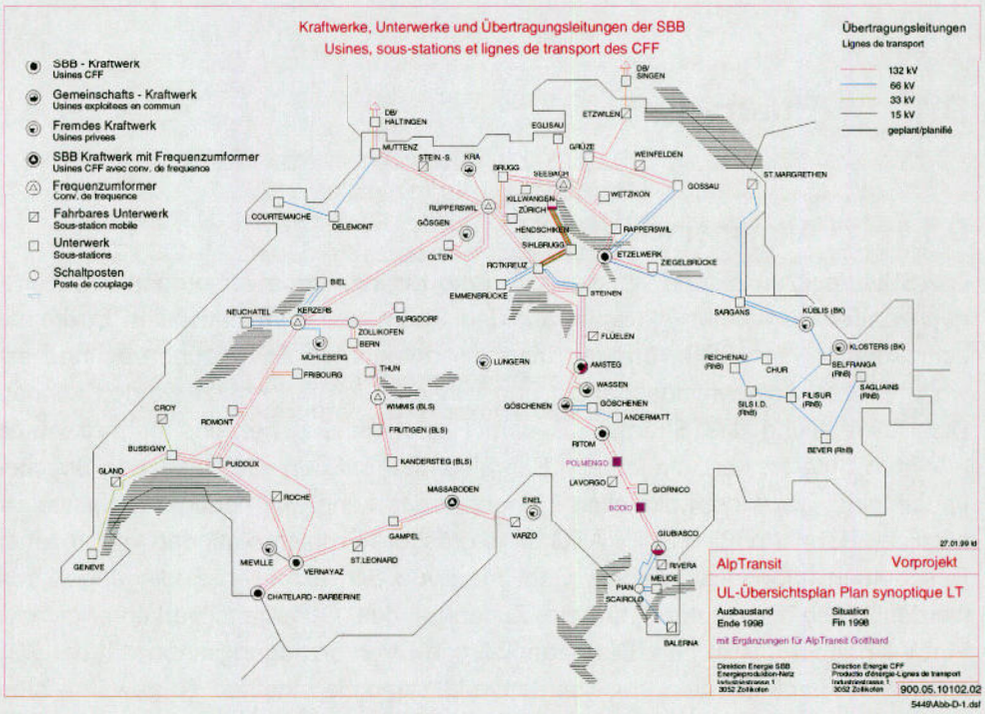
Finanzierung der Infrastrukturen zur Erzeugung und Verteilung des Bahnstroms

Gemäss Alpentransit-Beschluss vom 4.10.91 ist der Teil der Infrastruktur, der die Erzeugung, Übertragung und Verteilung von $16^2/_3$ Hz-Bahnstrom bis zu den Unterwerken (und einschliesslich dieser) für die Gotthard-Transitachse betrifft, nicht im Kredit enthalten, der für den Bau von AlpTransit Gotthard zugesprochen wurde, sondern ist über die Geschäftsrechnung der SBB zu finanzieren. Veränderungen bestehender Anlagen werden durch diesen Kredit nur finanziert, wenn diese Anlagen mit der neuen Linienführung nicht vereinbar sind. Ausgehend vom Bahnstrombedarf, der durch die betriebliche Plattform nach FinöV[1] festgelegt wird, muss ATG die SBB demnach damit beauftragen, die für die Inbetriebnahme der Gotthardachse erforderlichen Unterwerke und deren Zuleitungen zum Übertragungsnetz innerhalb der vorgegebenen Zeiten zu bauen und zur Verfügung zu stellen.

Das Vorprojekt von 1994 ging von der Realisierung der gesamten Achse von Arth Goldau bis Lugano sowie von einer betrieblichen Plattform, die die vollständige Inbetriebnahme der Strecke vorsah, aus. Es berücksichtigte aber auch die Möglichkeit, bestimmte Stromversorgungsanlagen etappenweise zu realisieren. Für das nach dem FinöV-Programm redimensionierte Projekt, zu dem der Abschnitt Zimmerberg hinzukam, sind in einer ersten Phase weniger Unterwerke erforderlich. Die folgende Abbildung zeigt ihre Verteilung entlang der Achse:

[1] Der Bahnstrombedarf wird vorläufig durch die verschiedenen Lastberechnungen bestimmt, die für die drei Abschnitte Zimmerberg, Gotthard und Ceneri durchgeführt wurden (vgl. auch Kapitel B.2.3, C.2.3, C.3.3 und C.4.3).

Abbildung 114
Schema der nationalen SBB-Übertragungsleitungen



D.1.2 Integration in das bestehende Netz

Beschreibung des Stromversorgungssystems

Da AlpTransit Gotthard in das bestehende SBB-Eisenbahnnetz integriert werden soll, scheint es sinnvoll, bei der Art der Stromversorgung von der gegenwärtigen Versorgung mit 15 kV- und $16^2/_3$ Hz-Bahnstrom über das Fahrleitungsnetz auszugehen. Die zusätzlichen Speispunkte liegen ausserdem in unmittelbarer Nähe von bestehenden Übertragungsleitungen der SBB (Polmengo und Pollegio) oder von Kraftwerken (wie in Amsteg). Eine Versorgung mit 25 kV/50 Hz wäre zwar durchaus denkbar, würde aber die Investitionskosten nicht senken. Hinzu kommt, dass die erhöhte Energieerzeugung, die für die Inbetriebnahme von AlpTransit Gotthard erforderlich ist, in den langfristigen Planungen der SBB bereits berücksichtigt wurde.

Nach der Definition der betrieblichen Plattform nach FinöV beschränkt sich das Projekt zur Stromversorgung der AlpTransit Gotthard-Achse demnach auf:

- den Ausbau von bestehenden Versorgungsanlagen in Amsteg und Giubiasco;
- den Bau zweier neuer Unterwerke und ihrer 132 kV-Zuleitungen zum bestehenden Übertragungsnetz (Polmengo und Pollegio).

Parallel zu den Projektierungsarbeiten für die hierobenerwähnten Bauwerke laufen Studien über die Zuverlässigkeit des Überstragunsnetzes im Raum Tessin (nötige Redundanz der übergeordneten Bahnstromversorgung).
Der Ausbau des Unterwerks von Zürich (Zürich-Kohlendreieck) und die 132 kV-Übertragungsleitung von diesem Unterwerk zum Unterwerk Sihlbrugg werden bereits durch den Bau des ersten Teils des Zimmerberg-Tunnels im Rahmen des Konzepts Bahn 2000 und der Realisierung der zweiten Doppelspurstrecke Zürich-Thalwil erforderlich. Diese Anlagen sind also nicht Teil des Projekts AlpTransit Gotthard, obwohl sie eine Voraussetzung für seinen Betrieb sind.

D.1.3 Zimmerberg

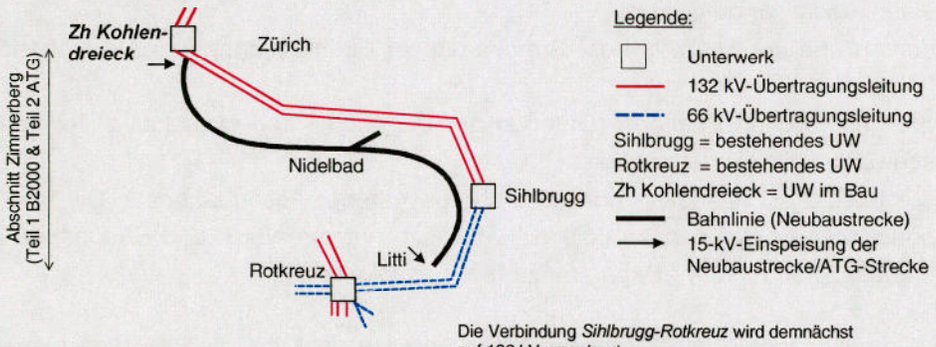


Abbildung 115 Versorgung des Abschnitts Zimmerberg

Versorgung aus drei Werken

Im Norden versorgt das Unterwerk Zürich-Kohlendreieck den Abschnitt Zimmerberg. Der Ausbau dieses Werks und die 132 kV-Leitung zum Unterwerk Sihlbrugg sind geplant, und die Realisierung läuft. Eine 15 kV-Kabelverbindung durch den Albistunnel zwischen dem Unterwerk Sihlbrugg und dem Südportal des Zimmerberg-Tunnels sowie das Unterwerk Rotkreuz stellen die Versorgung des südlichen Abschnittes sicher. Die in den drei Unterwerken installierten oder vorgesehenen Leistungen und die geplante Redundanz auf der Ebene des 132 kV-Übertragungsnetzes reichen aus, um im Tunnel eine angemessene Stromversorgung auf Fahrleitungsebene zu gewährleisten. Die 15 kV-Verbindungen zwischen der bestehenden Linie und den AlpTransit-Abschnitten in Nidelbad und Litti erfolgen mittels 15 kV-Schaltposten an diesen beiden Orten.

D.1.4 Gotthard

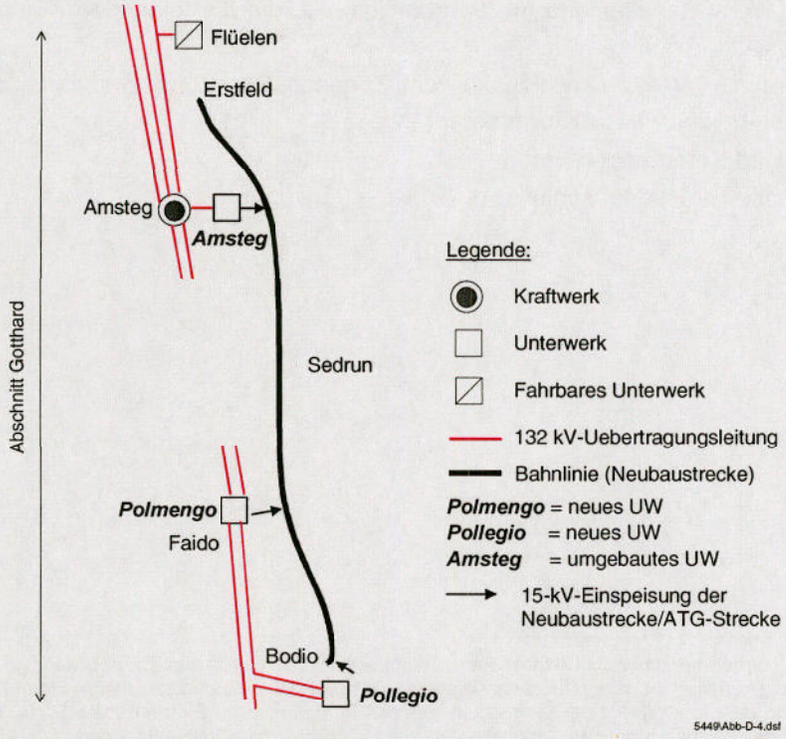


Abbildung 116 Versorgung des Gotthard-Basistunnels

Parameter für die Dimensionierung

Der Bedarf an Bahnstrom und an Speispunkten ist beim Gotthard-Basistunnel am grössten, und zwar aufgrund:

- der Art und der Topologie der Strecke (langer Einspurtunnel mit entsprechend hohem Fahrwiderstand);
- der betrieblichen Plattform (Güterverkehr bis 4000 t und gleichzeitig Hochgeschwindigkeits-Personenverkehr);
- der Integration des Basistunnels in das bestehende Eisenbahnnetz: Die Neubaustrecke ist auf nahezu 60 km theoretisch nur am Nord- und Südportal an das bestehende 15 kV-Bahnstromnetz angeschlossen.

Das Grundkonzept für die bahntechnischen Anlagen sieht vor, dass möglichst viele Einrichtungen an leicht zugänglichen Stellen ausserhalb des Tunnels (Tunnelportale, Zugangsstollen) zu liegen kommen[1]. Diese Tendenz wird noch dadurch verstärkt, dass diese Stellen genau mit den bestehenden Schnittstellen zum 132 kV $16^2/_3$ Hz-Übertragungsnetz und zu einem Kraftwerk übereinstimmen.
Dies gilt insbesondere für Amsteg: Dort soll die Versorgung des Gotthard-Basistunnels mit 15 kV-Bahnstrom ab dem Kraftwerk Amsteg erfolgen, in welches direkt ein 132 kV/15 kV-Unterwerk integriert wird.

Speispunkt Amsteg

Das Unterwerk Amsteg liegt bei der Kantonsstrasse zwischen Amsteg und Gurtnellen und umfasst die folgenden Anlagen:

- eine Zuleitung zum 132 kV-Übertragungsnetz;
- eine 132 kV-Schaltanlage (eine metallgekapselte, gasisolierte SF6-Schaltanlage);
- zwei Fahrleitungstransformatoren mit einer Wirkleistung von je 20 MVA und einen Reserveplatz für einen dritten Transformator;
- eine 15 kV-Schaltanlage mit Sammelschiene, die die folgenden Komponenten umfasst:
  - drei 15 kV-Kabelanschlüsse zum Zugangsstollen und zwei Zuleitungen zu den beiden FI-Transformatoren;
  - einen Kommandoraum;
  - einen Strassenanschluss.

[1] Die im Tunnel herrschenden klimatischen Bedingungen und das in das Betriebskonzept integrierte Erhaltungskonzept, das einen möglichst einfachen und schnellen Zugang zu den Anlagen fordert, führen dazu, dass nur die für den Zugverkehr absolut unabdingbaren Elemente wie Gleis, Fahrleitung oder Signalisationssysteme im Tunnel liegen oder in Multifunktionsstellen integriert sind. Alle anderen Anlagen werden soweit wie möglich im Freien gebaut. Das gleiche gilt für die Bahnstromversorgungsanlagen.

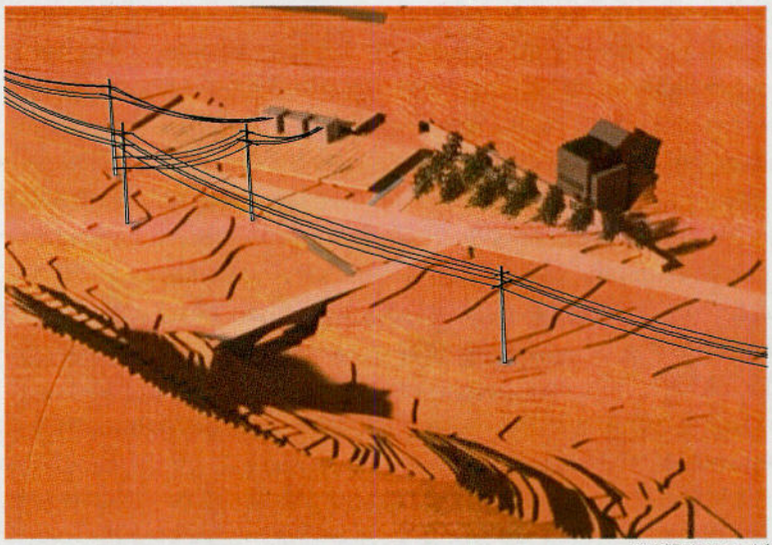
Die 15 kV-Verbindung zum 15 kV-Fahrleitungsschaltposten wird durch einen 1,8 km langen Kabelstollen zum Speispunkt Amsteg erfolgen. Die beiden Fahrleitungstransformatoren werden im Freien stehen. Unter ihnen werden vorschrifts- und gesetzeskonforme Ölauffangwannen aus armiertem Beton gebaut. Die 132 kV-Schaltanlage, die 15 kV-Schaltanlagen und deren 5 Schaltfelder sowie der Kommandoraum werden im bestehenden Gebäude untergebracht. Das Unterwerk kann vom Elektrizitätswerk Amsteg aus von dessen Personal bedient werden.
Ein Teil der Infrastruktur, die für den Bau dieser Anlagen erforderlich ist, sowie die ersten Meter des Kabelstollens wurden im Rahmen der Baustelle für das neue unterirdische Kraftwerk Amsteg bereits teilweise realisiert. Der Bau des eigentlichen Kabelstollens wird vom Speispunkt des Tunnels aus erfolgen (Speispunkt Amsteg), damit ein Baustellenverkehr um die Stromerzeugungsanlagen herum vermieden werden kann.
Um die Rückführung des Bahnstroms von der Bahnlinie zum Unterwerk zu vereinfachen, ist zudem vorgesehen, die Kabelverbindung durch parallele Erdseile zu verstärken, die alle 700 m mit den Kabelschirmen verbunden sind.
Die Inbetriebnahme des Unterwerks Amsteg wird zu dem Zeitpunkt erfolgen, ab dem die Züge zwischen Amsteg und Sedrun elektrisch angetrieben werden, also nicht vor den Jahren 2008-2010.

Speispunkt Faido

Das Unterwerk Polmengo in Faido liegt beim Portal des Zugangsstollens in unmittelbarer Nähe der bestehenden 132 kV-Gotthard-Übertragungsleitung für den Gotthard (Abschnitt Ritom – Giornico), was den Anschluss an die Übertragungsleitung stark vereinfacht. Das Unterwerk vom Typ Standard umfasst:

- eine ungefähr 100 m lange Zuleitung zum 132 kV-Übertragungsnetz;
- eine 132 kV-Schaltanlage;
- zwei Fahrleitungstransformatoren von je 20 MVA mit vorschrifts- und gesetzeskonformen Ölauffangwannen und einen Platz für einen dritten Transformator;
- eine 15 kV-Schaltanlage mit Sammelschiene;
- drei 15 kV-Kabelanschlüsse zum Zugangsstollen;
- einen (unbesetzten) Kommandoraum in einem Nebengebäude;
- einen Strassenanschluss.

Die oberirdische 132 kV-Schaltanlage wird in konventioneller Freiluftausführung erstellt. Sie enthält eine Doppelsammelschiene mit vier Übertragungsleitungsfeldern und einem Kuppelfeld.
Das Unterwerk Polmengo wird vom Kraftwerk Amsteg aus ferngesteuert.
Wie in Amsteg erfolgt die 15 kV-Verbindung über Kabel im Zugangsstollen, die die Sekundärseite der FI-Transformatoren mit dem FI-Schaltposten in der MFS von Faido verbinden.



5449\Polmengo.dsf

Abbildung 117 Portal des Zugangsstollens von Faido: Unterwerk Polmengo mit Zuleitung zur 132 kV-Übertragungsleitung

© BGG ATG

Speispunkt Bodio

Dasselbe gilt für das dritte Unterwerk des Gotthard-Basistunnels, das Unterwerk Pollegio. Es liegt ungefähr 800 m vom Südportal bei Bodio entfernt parallel zur bestehenden Strecke und der Kantonsstrasse und ebenfalls in unmittelbarer Nähe des 132 kV-Übertragungsnetzes. Auch dieses Werk wird zwei 132 kV/15 kV-Transformatoren und einen Reserveplatz für einen dritten Transformator enthalten. Neben dem Strassenanschluss ist auch ein Bahnanschluss an die Stammlinie vorgesehen, damit die schweren Einrichtungen per Bahn direkt vor Ort gebracht werden können. Das Unterwerk ist vom gleichen Typ wie das oben erwähnte UW Polmengo. Zusätzlich ist noch ein Reservespeispunkt für die Stromversorgung der Stammlinie vorgesehen. Das Werk Pollegio wird wie für Polmengo von Amsteg aus ferngesteuert.

kein zusätzlicher Speispunkt

Trotz der ziemlich grossen Entfernung zwischen den beiden Speispunkten Amsteg und Faido (rund 33 km) zeigen die bisher durchgeführten Lastberechnungen, dass aufgrund des berechneten Spannungsabfalls und der elektrischen Belastung der Linie kein zusätzlicher Speispunkt erforderlich ist. Für die erste Realisierungsetappe ist somit ein Unterwerk in Sedrun nicht erforderlich.

Erweiterung des $16^2/_3$ Hz-Netzes

Es wurde dennoch eine Machbarkeitsstudie (EA.R) durchgeführt, um die baulichen Reserven, die für die Erstellung des Bauprojekts für den Basistunnel erforderlich sind, zu bestimmen. Sie soll es ermöglichen, im Fall eines späteren Bedarfs ein Unterwerk in Sedrun mit einer Hochspannungszuleitung zum bestehenden Übertragungsnetz in das Stromversorgungssystem zu integrieren (vgl. auch das Vorprojekt von 1994 [EA.S]).

D.1.5 Ceneri

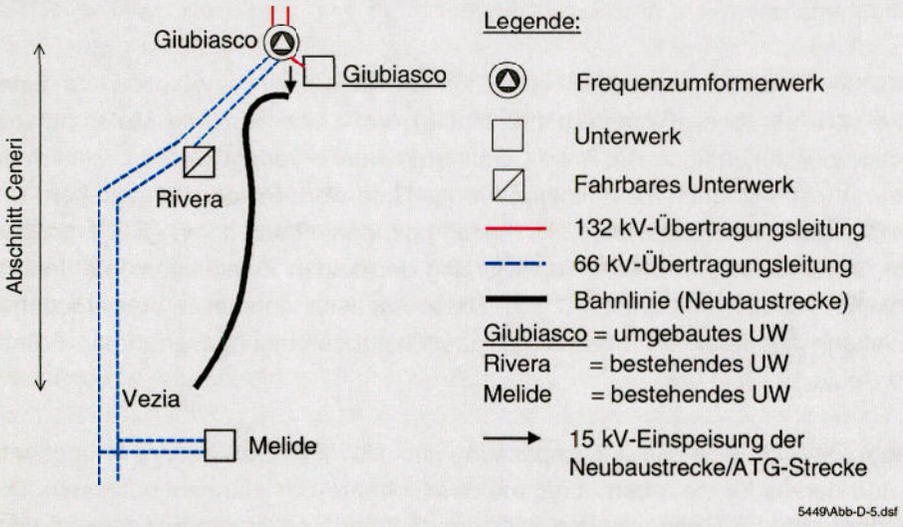


Abbildung 118 Versorgung des Abschnitts Ceneri

Da der Abschnitt Ceneri in das bestehende Netz integriert wird und die Speispunkte Giubiasco, Rivera und Melide in der Nähe liegen, ist der Bau eines zusätzlichen Unterwerks zwischen Bellinzona und Lugano nicht erforderlich. Notwendig ist einzig der Ausbau des Frequenzumformerwerkes Giubiasco durch den Einbau eines weiteren Fahrleitungstransformators von 20 MVA auf dem Kraftwerksgelände und den 15 kV-Freileitungen zum FI-Schaltposten beim Nordportal des Ceneri-Basistunnels. Die Integration in das bestehende Werk erfordert keinen zusätzlichen Landbedarf. In der ersten Realisierungsetappe von AlpTransit Gotthard wird somit auf den Bau des Unterwerks Crespera in Vezia (Südportal) verzichtet. Im Hinblick auf eine Verlängerung der Hochgeschwindigkeitsstrecke nach Süden (Direttissima Lugano – Mailand) wurde allerdings darauf geachtet, dass der entsprechende Standort ausgespart wurde, damit er nicht mit zukünftigen Anlagen des Basistunnels in Vezia in Konflikt kommt[1]. Das Unterwerk figuriert insbesondere im langfristigen Sachplan des Kantons Tessin. Noch offen ist, ob das später gebaute UW Crespera mit 132 kV angespeist werden muss, d.h. ob die 132 kV-Übertragungsleitung entsprechend von Giubiasco bis Vezia zu verlängern ist. Dieser Entscheid erfolgt aber erst bei einer späteren Weiterführung der HGV-Strecke Richtung Süden.

D.1.6 Auswirkungen auf die bestehenden Übertragungsleitungen

Im Kapitel *Allgemeines* wurde darauf hingewiesen, dass für die Inbetriebnahme der Streckenabschnitte von AlpTransit Gotthard die vorhandenen Ressourcen zur Energie- und Leistungsbereitstellung ausreichen werden. Der zusätzliche Bahnstrombedarf kann aus den bestehenden Energieressourcen gedeckt werden. Zusätzliche Quellen resp. Energieerzeugungsanlagen müssen nicht vorgesehen wer-

[1] Bei der Planung der Anlagen wurden ein Strassenanschluss und die Möglichkeit eines späteren Bahnanschlusses des Unterwerks vorgesehen (Progetto di pubblicazione della Galleria del Ceneri, 1998). Der Zugang zur 66 kV-Übertragungsleitung zwischen Giubiasco und Lugano und insbesondere der Kabelstollen sind ebenfalls gewährleistet.

den. Die Anpassung der bestehenden Anlagen des SBB-Übertragungsleitungsnetzes, die mit der neuen Linienführung nicht vereinbar sind, obliegt AlpTransit Gotthard.

Anpassung des Verlaufs der 132 kV-Leitung in Bodio

Die 132 kV-Freileitung der SBB von Giornico nach Giubiasco muss auf einer Strecke von fast zwei Kilometern (10 Maste) um einige Dutzend Meter auf die Westseite der zukünftigen AlpTransit Gotthard-Strecke verlegt werden. Zudem ist in diesem Abschnitt auch die Zuleitung für das Unterwerk Pollegio vorgesehen. Die Kosten für die Versetzung der 132 kV-Leitung gehen zu Lasten von ATG. Dagegen sind die SBB verantwortlich für die Erhöhung der beiden Zuleitungsmaste und für die Zuleitung selber (vgl. Kapitel D.1.1). Diese Anpassungen sowie die vorgesehene Zuleitung figurieren im Dossier für das Plangenehmigungsverfahren, Teilabschnitt Bodio 1998.

Zusätzliche 132 kV-Verbindung Nord-Süd

Hingegen könnte eine Strukturanpassung im 132 kV-Übertragungsleitungsnetz Nord-Süd bereits für die Inbetriebnahme des Gotthard-Basistunnels nötig sein. Die vorhandene 132 kV Gebirgsleitung über den Gotthard, sowie die Fortsetzung vom Kraftwerk Ritom Richtung Giornico/Giubiasco können vor allem im Winter durch Lawinen stark beschädigt werden und würden für längere Zeit (einige Monate) dem Betrieb nicht mehr zur Verfügung stehen. Die Bahnstromversorgung wäre in diesem gestörten Zustand nicht mehr ausreichend, um die normale Verkehrsleistung gewährleisten zu können. Eine redundante 132-kV-Verbindung zwischen dem Tessin und dem restlichen nationalen 132 kV-Übertragungsnetz ist in Planung. Verantwortlich für diese Arbeit ist die Direktion Energie der SBB.

Anpassung des Verlaufs der 132 kV-Leitung in Giubiasco

Auch die Erweiterung der bahntechnischen Anlagen, die durch den Anschluss der bestehenden Linie an den zukünftigen Abschnitt Ceneri im Bahnhof Giubiasco nötig wird, macht eine Versetzung der bestehenden 66 kV(/132 kV)-Leitung auf einer Strecke von über einem Kilometer (10 Maste) nach Süden erforderlich. Diese Versetzung geht ganz zu Lasten von ATG. Zu beachten ist noch, dass über die gleichen Masten heute auch 15 kV-Leitungen geführt werden. Ein Teil dieser Leitungen wird mit der neuen 15 kV-Stromversorgungsleitung kombiniert, die das Unterwerk Giubiasco über ein anderes Trassee als die 66 kV(/132 kV)-Leitung mit dem Schaltposten am Nordportal des Ceneri-Basistunnels verbindet.

D.1.7 Planung und Realisierung der Infrastrukturen

Bau und Inbetriebnahme der Unterwerke

Für die Abnahme und Inbetriebnahme der AlpTransit Gotthard-Achse ist es erforderlich, dass die Anlagen für die Bahnstromversorgung einem Plangenehmigungsverfahren unterzogen werden und nach dem unten aufgeführten Terminplan (auf der Grundlage des Terminprogramms in Kapitel C.3.6, Inbetriebnahme Ende 2010) realisiert werden. Einige dieser Anlagen wurden in den verschiedenen Dossiers für das Plangenehmigungsverfahren bereits berücksichtigt:

Unterwerk	Baubeginn [1]	Inbetrieb-nahme	Stand des Planungs-verfahrens
Amsteg (Ausbau)	Ab 2002 (nicht zwingend)	2007 (frühstens)	Vorprojekt 1994 (kein PGV erforderlich)
Polmengo[2] (Bau)	2008	2009	Auflageprojekt 1995
Pollegio[2] (Bau)	2009	2010	Auflageprojekt 1998
Giubiasco (Ausbau)	2017[3]	2017[3]	Vorprojekt 1994 (kein PGV erforderlich)

Tabelle 30 Planung und Inbetriebnahme der neuen Unterwerke

[1] Abhängig von der Baustelle und der Realisierung der anderen Anlagen für die neue Eisenbahnstrecke.
[2] Wird in den Dossiers für das Genehmigungsverfahren berücksichtigt.
[3] Wenn die Zunahme des Nord-Süd-Verkehrs nicht zu einer vorzeitigen Inbetriebnahme des zusätzlichen Speispunktes Giubiasco führt.

Diese Planung berücksichtigt die aktuelle Planung der Installation und der Inbetriebnahme der bahntechnischen Ausrüstung, ist jedoch nicht definitiv. Die Vorgaben der ATG-Bt wurden so formuliert, dass für den Bau von Stromversorgungsanlagen Baugrund zur Verfügung gestellt werden kann (vgl. Vorgabenordner, Anforderungen für den Einbau Bahntechnik, Kapitel 5.4.2/2.1).

D.2 Rollmaterial: Vereinbarung ATG-ZfW

D.2.1 Einleitung

Zwischen den Eigenschaften des Rollmaterials und den Anlagen von AlpTransit bestehen enge Wechselwirkungen.

Vereinbarung ATG SBB

Das vorliegende Papier basiert auf der Vereinbarung "Zwischen ATG und ZfW vereinbarte Eigenschaften des Rollmaterials" vom 29.4.96 und wurde aufgrund der laufenden Arbeiten nach einer Vernehmlassung in der SIAT aktualisiert. Es beinhaltet grundlegende Eigenschaften des Rollmaterials.

EN- und STI-Normen für den internatinalen Verkehr

Grundlage für den Fahrzeugbau ist das Regelwerk der UIC-Merkblätter, welches durch entsprechende EN-Normen (in Vorbereitung) abgelöst wird. Betrieblich freizügig, d.h. interoperabel einsetzbare Fahrzeuge müssen zusätzlich den RIC-Bestimmungen genügen und werden durch die technischen Standards der Interoperabilität STI (in Vorbereitung) abgelöst. Oberstes Ziel ist deshalb, die Fahrzeuge entsprechend den STI zu bauen. Letztere müssen aber möglichst viele Anliegen langer Tunnels und NBS berücksichtigen.

Zeithorizont 2010ff

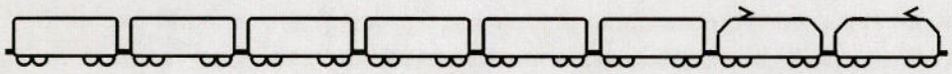
Die aufgelisteten Eigenschaften des Rollmaterials beziehen sich auf einen Zeithorizont 2010 ff und sind dannzumal von allen Fahrzeugen, die die ATG-Strecken befahren, einzuhalten.

D.2.2 Zugbildung

Zugsarten

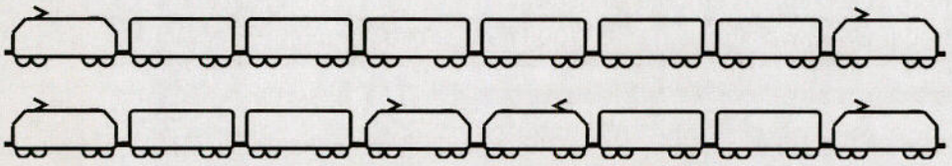
Merkmal 1, Einreihung der Triebfahrzeuge:
AlpTransit muss mit den in Bild 1 aufgeführten Zugsarten rechnen. Ohne schwerwiegende Gründe dürfen sie nicht eingeschränkt werden.

a) Zug mit 1-2 Lok an der Spitze



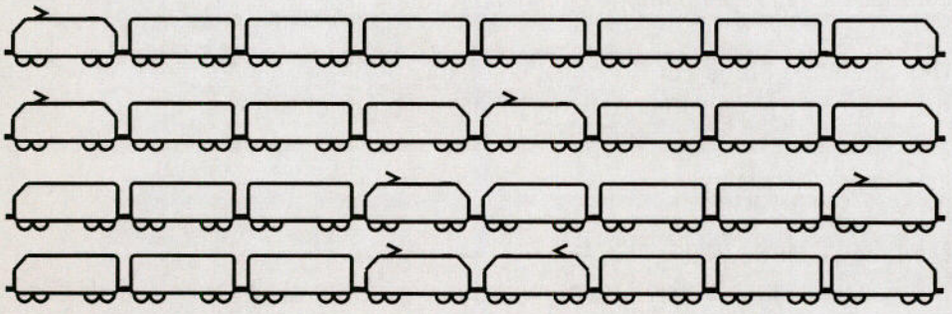
b) Pendeleinheiten mit 2 Triebfahrzeugen

z.B. ICE 1, TGV



c) Pendeleinheiten mit 1 Triebfahrzeug

z.B. ICE 2, SBB Pendelzug 2000



d) mit Kompositionen mit Antrieb auf zusätzlichen/allen Achsen

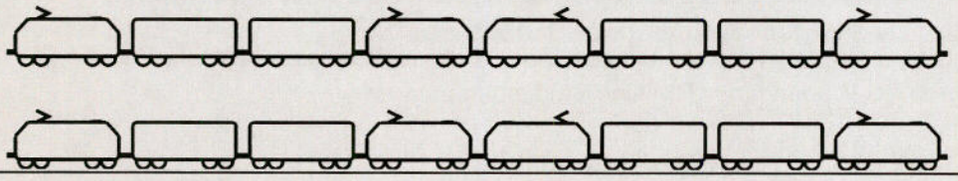


Abbildung 119
mögliche Zugsarten

Minimale Distanz zwischen Stromabnehmern

Merkmal 2, Stromabnahme:
Aufgrund der Skizzen in Merkmal 1 und dem vorliegenden Betriebskonzept befürchtet AlpTransit, dass ohne gegenteilige Festlegungen auf europäischer Ebene (z.B. in den STI.) etliche Zugskompositionen mit Doppeltraktion mit V * 200 km/h verkehren und Triebköpfe nebeneinander zu liegen kommen könnten.

Die Bearbeitung des Fahrleitungsprojektes zeigt nun auf, dass mit den bekannten Konstruktionen für erhöhte Geschwindigkeiten ein Lokbügelabstand von unter 200 m bei Geschwindigkeiten über 160 km/h zu Problemen mit der sicheren Stromabnahme führt.

Tatsächlich sind auf den HGV-Strecken in Europa deshalb die Kompositionen heute auf Grund von Festlegungen der einzelnen Bahnen, von einzelnen Spezialfällen abgesehen, so zusammengestellt, das diese "Doppeltraktion" vermieden wird. Derartige nationale Regelungen müssen im Zeichen des Free Access zu internationalen Vereinbarungen ausgebaut werden.

RM nimmt die Frage zur Kenntnis, unterstützt ATG bei der Vermeidung von Sonderkonstruktionen der FI und der international abgestützten Festlegung von Regeln zur störungsfreien Abwicklung von Doppeltraktion bei gleichzeitig sauberer und konstanter Stromabnahme.

Notlauffähigkeit von 15 Minuten ab Vollbrand

Merkmal 3, Notlauffähigkeit:
Der ganze Zug (Lok und Wagen) muss bei einem Brand im Tunnel mindestens zu einer Nothaltestelle oder ans Portal gelangen. Dies bedingt, dass der Zug während mindestens 20 Minuten lauffähig und steuerbar bleibt (die Steuerleitung muss intakt bleiben), resp. für Reisezugwagen mit Brandklasse 2 gemäss DIN 5510, Teil 4, mindestens 15' ab Vollbrand.

Dies ist in den Pflichtenheften IC 2000 und Neigezüge enthalten. Für die EW IV und EC-Wagen muss RM eine Studie durchführen.

Notbremsüberbrückung gegen unerwünschten Halt

Merkmal 4, Notbremsüberbrückung[1]:
Der Zug muss mit einer Notbremsüberbrückung ausgerüstet sein, welche beim Ziehen der Notbremse auch bei kleiner Geschwindigkeit verhindert, dass der Zug gegen den Willen des Lokführers zum Stehen kommt. Diese ist in der Steuerleitung unter dem Wagenkasten angeordnet. Bis 1997 werden alle EW IV, IC 2000 und Neigezüge mit der Notbremsüberbrückung ausgerüstet sein. Das restliche Reisezug-Rollmaterial wird im Rahmen R4 ausgerüstet.

[1] Dies ist für das Erreichen einer NHS oder des Freien, und damit für das Sicher-heitskonzept langer Tunnels, unumgänglich. Die UIC-Merkblätter sehen eine NBUe vor, welche nur ab ca. 100 km/h funktioniert, d.h. einen Zugshalt verhindern kann. Die neueren SBB-Wagen EW IV, IC-2000 sind auf das präzisierte Merkmal nachrüstbar, ältere Wagen sind dannzumal ausgemustert ==> Hier besteht seitens der STI Handlungsbedarf!

D.2.3 Reisezugwagen

Druckgehärtetes Rollmaterial

Merkmal 5, Druckertüchtigung:
Die von ATG verwendeten freien Tunnelquerschnitte (Einspur = 41 m²; Doppelspur = 68 m²) verursachen für den Fahrgast beim Einsatz von nicht druckgehärtetem Rollmaterial (z.B. EW IV) kein Sicherheits- und Gesundheitsproblem. Der Reisezugwagen ist darauf ausgelegt, dass der Reisende die gleichen Druckschwankungen wie in bestehenden Tunneln empfindet.

Brandfestigkeit der Werkstoffe

Merkmal 6, Werkstoffeigenschaften:
Nationale wie internationale Grundlage für den Bau neuer und zukünftiger Fahrzeuge bezüglich Brandfestigkeit sind die EN-Normen (Schutzziel = Material) sowie die darin eingeschlossene DIN 5510/Brandschutzstufe 2 (Schutzziel = Reisende + Fahrpersonal). Die erhöhten Anforderungen an Fahrzeuge, welche Tunnel durchfahren, sind damit abgedeckt.

Die Streckenklassierungen lassen nur entsprechendes Rollmaterial zu.

Notaus der Klimaanlage

Merkmal 7, Klimaanlage:
Die Norm verlangt für neue Fahrzeuge ein "Notaus" für die Klimaanlage. Diese von der Lok oder einem Wagen aus für den ganzen Zug aktivierbare Vorrichtung verhindert bei einem Ereignis im Tunnel das Ansaugen verrauchter oder durch toxische Gase kontaminierte Tunnelluft[1].

Autonomie bei Stromausfall

Merkmal 8, Stromversorgung via Batterie:
Ist die Zugsammelschiene nicht mehr unter Strom, muss die Beleuchtung automatisch reduziert und die Wagenbelüftung (Klimaanlage) automatisch ausgeschaltet werden, damit der Batteriestrom für die Kommunikation im und aus dem Zug, bis zu einer allfällig späteren Evakuation, ausreicht.

D.2.4 Güterwagen

Laufeigenschaften der Güterwagen

Merkmal 9, Laufeigenschaften Güterwagen:
Die Eigenschaften des Güterwagens sind einzig bestimmt durch die zugelassene Geschwindigkeit. Dies soll auch für ATG-Strecken gelten.

Aus Kapazitätsüberlegungen wird angenommen, dass Güterzüge am Tag mit minimal 120 km/h verkehren. In der Nacht oder wenn es tagsüber der Betrieb zulässt, können auch Güterzüge mit tieferer Geschwindigkeit im Gotthard-Basistunnel verkehren.

[1] Die DOSTO IC-2000/ZSB sind entsprechend ausgerüstet. Der EW IV wurde aus Komfortgründen (Lokwechsel in Wendebahnhöfen) mit nachlaufender Lüftung gebaut, ist aber mit einem "Notaus" nachrüstbar. Die Loks sind z.T. nachzurüsten.

D.2.5 Transport von Gefahrengütern

Transport von Gefahrgütern gemäss RID-Vorschriften

Merkmal 10, Internationale Vorschriften:
Für einen Transport von Gefahrengütern müssen die Vorschriften RID auch auf den ATG-Strecken (Teil des europäischen Hochleistungsbahnnetzes) eingehalten werden. Die Federführung für die Schweiz besorgt das BAV. Anpassungen oder Ergänzungen müssen durch das BAV eingebracht und mit den andern Ländern abgestimmt werden. RM und ATG haben keinen Einfluss darauf.

D.2.6 Sicherheitsmässiges Anforderungsprofil an das Rollmaterial für ATG-Neubautunnels

Fahrzeugtyp	Notlauf-fähigkeit 15'	Notbrems-überbrückung ATG	Klimaanlage Notaus	DIN 5510 / Brand-schutz stufe 2	EUREKA: Brand-kurve Typ
EW IV	ja	nachrüstbar	nachrüstbar	nein 1)	IC
RIC Apm/Bpm	ja	nachrüstbar	nachrüstbar	nein 1)	IC
DOSTO ZSB	ja	ja (ZSB)	ja	bedingt	ICE Alu
DOSTO IC-2000	ja	nachrüstbar	ja	ja	ICE Alu
Neigezug	ja	ja	ja	ja	ICE Alu
Cis. Pendolino	ja	nachrüstbar	ja bzw. nachrüstbar	?	ICE Alu
TGV	ja	nachrüstbar	ja bzw. nachrüstbar	NF-Norm	IC
TGV-DOSTO	ja	nachrüstbar	ja bzw. nachrüstbar	NF-Norm	ICE Alu
ICE	ja	nachrüstbar	ja bzw. nachrüstbar	ja	ICE Alu
ETR 500	ja	nachrüstbar	ja bzw. nachrüstbar	?	ICE Alu
Lokomotiven	ja	nachrüstbar	---	---	---
Güterwagen	ja	---	---	---	---

Anforderung	Triebfahr-zeug	Reise-zugwagen	Güter-zugwagen
FSS	X		
Funk	X	X 2)	
Feuerlöscher	X	X	
Fluchthaube	X		
Sprechverbindung zu allen Reisezugwagen (Sprech-stellen und Lautsprecher)	X		
Sprechverbindung zum Triebfahrzeug und allen ande-ren Reisezugwagen (Sprechstellen und Lautsprecher)		X	

1) nachrüstbar nur mit erheblichen Kosten bei R4
2) z.B. Ausrüstung des Zugpersonals mit tragbarem Funk / Natel

D.3 Verwandte Projekte

D.3.1 Neubaustrecke Mattstetten - Rothrist

D.3.1.1 Projektübersicht

Verbindung Olten-Bern

Die Neubaustrecke (NBS) Mattstetten - Rothrist bildet Bestandteil von Bahn 2000, 1. Etappe. Die NBS führt als **reine** Neubaustrecke von Mattstetten, anschliessend an den bestehenden Grauholztunnel bis zum Bahnhof Rothrist. In Wanzwil ist eine Abzweigung nach Solothurn vorgesehen. Auf diesem Abschnitt werden die Intercity Neigezüge (ICN) über die Ausbaustrecke (ABS) von und nach Solothurn verkehren.

Die wichtigsten Angaben zu diesem Projekt:

Streckenlänge 41 km

Streckenlänge ohne Anschlüsse:	ca. 41 km (sonst ca. 46 km), wovon ca. 1/3 Tunnel und 2/3 offene Strecke
Zulässige Höchstgeschwindigkeit:	200 km/h
Radien:	>=3'200 m
Maximale Steigung:	20 ‰

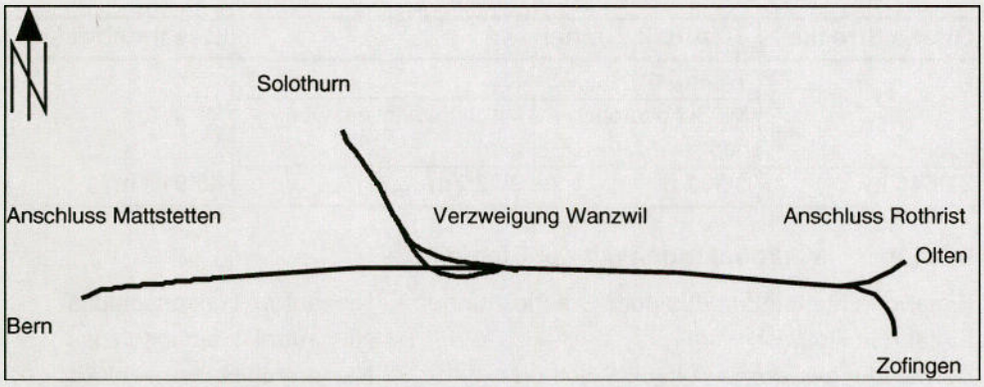


Abbildung 120 Übersicht Neubaustrecke Mattstetten-Rothrist

Einschränkungen

v max. Einfahrt in Murgenthaltunnel auf Seite Rothrist:	160 km/h
R min. Einfahrt in Tunnel Murgenthal auf Seite Rothrist:	1'600 m

v max. = 200 km/h

Es ist vorgesehen, tagsüber primär IC-Züge mit v max 200 km/h plus IC-Neigezüge ebenfalls mit v max. 200 km/h über die NBS zu führen. Zur Zeit wird geprüft, ob nachts auch Güter-Verkehr über die NBS geführt werden kann.

D.3.1.2 Projektstand

Vorprojekt aktualisiert 1999

Beim Projekt Neubaustrecke Mattstetten - Rothrist wurden 1990 die öffentlichen Auflageverfahren eingeleitet. Der Anteil „Bahntechnische Ausrüstung" war zu diesem Zeitpunkt recht rudimentär definiert und die Kosten entsprachen dem damaligen Kenntnisstand. Im Oktober 1997 wurde die Aktualisierung der Bahntechnik eingeleitet. Im Verlauf dieser Arbeiten wurden neue Erkenntnisse gewonnen, welche in das überarbeitete Vorprojekt Stand 1999 eingearbeitet wurden.

Insbesondere wurden die folgenden Punkte neu aufgenommen:

- Entfall aller Spurwechsel
- Auf die Verknüpfung mit der Stammlinie in Herzogenbuchsee Ost wird verzichtet
- Führerstandssignalisierung (FSS) ist Bestandteil der Sicherungsanlage
- Auf die Realisierung des Baudienststützpunktes in Kernenried wird verzichtet

D.3.1.3 Anteil Tunnel bzw. offene Strecke

D.3.1.3.1 Tunnels und Oberbauart

Name	Länge	Oberbauart
Überdeckung bei Käselager	300 m	Schotter
Emmequerung	1'585 m	Schotterloser Oberbau
Hersiwil	1'000 m	Schotter
Oenzberg	3'120 m	schotterloser Oberbau
Thunstetten (parallel)	887 m	Schotter
Langenthal	1'105 m	Schotter
Aegerten	640 m	Schotter
Murgenthal	4'730 m	schotterloser Oberbau

Offene Strecke 28 km
Tunnel 13 km

Offene Strecke	Anteil Tunnel		Gesamtstrecke
	13'367 m		
	Mit Schotteroberbau	Mit schotterlosem Oberbau	
27'546 m	3'932 m	9'435 m	40'913 m

D.3.1.4 Verknüpfungen mit der Stammlinie

Niveaufreie Verknüpfungen mit Stammlinie

Einfahrt in Mattstetten aus dem Grauholztunnel: Niveaufrei; Halbanschluss
Einfahrt in Rothrist: Niveaufrei, Halbanschluss
Verknüpfung in Wanzwil nach Solothurn: Niveaufrei; Halbanschluss

Zusätzlich sind keine weiteren Verknüpfungen vorgesehen, weder Überholgleisanlagen, Unterhaltsstützpunkte noch Wartegleise etc.

D.3.1.5 Elemente aus dem Projekt „Elektrische Anlagen"

Fahrleitungstyp
Der Fahrleitungstyp ist zur Zeit noch offen.

Einspeisungen ab Unterwerken
Die Berechnungen betreffend elektrische Belastungen basieren auf dem Fahrplan Bahn 2000, 1. Etappe. Dazu ist in Wanzwil ein neues Unterwerk vorgesehen.

Neues Unterwerk in Wanzwil

Ab Unterwerk Burgdorf ist via Trassee der RM (Regionalverkehr Mittelland) eine Einspeisung im Raum Emmequerung Ost vorgesehen. Die Fernsteuerung der Fahrleitung ist ab Fernsteuerzentrum Olten resp. Leitstelle Luzern vorgesehen.

D.3.1.6 Elemente aus dem Projekt „Fahrbahn“

Verwendete Oberbauart

Im Freien und für Tunnels bis ca. 1000 m Länge ist ein Schotteroberbau von voraussichtlich 55 cm vorgesehen. Als Schienenprofil kommt das Profil UIC 60 (entspricht SBB VI) zum Einsatz.

Vorgesehene Weichentypen

Weichen EW 7000/6000

Für die Abzweigung Richtung Solothurn sind Weichen des Typs „EW 7000 / 6000 1:42“ (v max. auf Ablenkung 200 km/h) vorgesehen.

Spurwechselkonzept, Spurwechseldistanzen

Keine Spurwechsel

Es sind keine Spurwechsel vorgesehen, das Konzept „Fahren oder Erhalten“ kommt konsequent zur Anwendung.

D.3.1.7 Elemente aus dem Projekt „Signalisation“

Vorgesehene Technologie:	Führerstandssignalisierung (FSS)
Standorte und Anzahl der vorgesehenen Stellwerke:	1 bei Wanzwil
Fernsteuerung (Betriebsführung):	Integration in Fernsteuerzentrum Olten

D.3.1.8 Elemente aus dem Projekt „Telekommunikation“

Die Funkversorgung soll, analog zur im Bau befindlichen FSS-Pilotstrecke Brittnau - Sempach, realisiert werden. Eine Integration ins Telekommunikationskonzept der SBB ist vorgesehen.

D.3.1.9 Elemente aus dem Einbau

Das Einbaukonzept soll durch den Bahntechnik-Totalunternehmer erarbeitet werden. Dazu wird er die Termine der Fertigstellung der einzelnen Abschnitte einbeziehen müssen. Zudem bestehen gewisse Auflagen aus verschiedenen Verfügungen (Deponie- und Transportkonzept), welche beachtet werden müssen.

D.3.1.10 Vorgesehenes Ausschreibungskonzept

Totalunternehmung

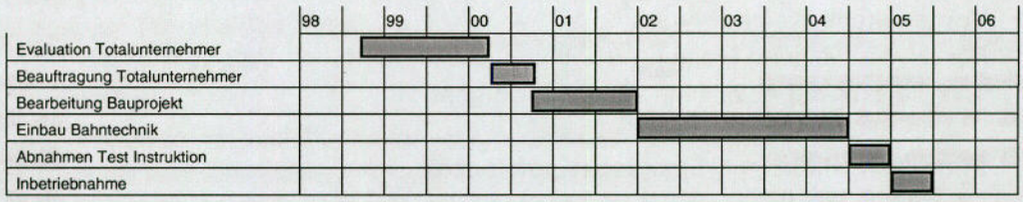
Es ist vorgesehen die gesamte bahntechnische Ausrüstung durch eine Totalunternehmung planen und realisieren zu lassen. Zu diesem Entscheid führte die Tatsache, dass bei einem konventionellen Vorgehen viele der zum Einsatz kommenden Komponenten bereits in der Phase Bauprojekt bestimmt werden müssten. Die Freiheiten bei der Ausführung würden dadurch eingeschränkt. Zudem kann ein auch für die Projektierung verantwortlicher TU die Problematik des Einbaus von Anfang an mit einbeziehen. Da die Optimierung des Einbaus einen wesentlichen Einfluss auf die Arbeitskosten hat, erwartet man von diesem Modus:

- Neuerungen in Abläufen und Technik
- Koordinierte Bauabläufe sowie integrierte Bauphasenplanungen
- Neue, kostengünstige Elemente

D.3.1.11 Terminprogramm

Die Inbetriebnahme der Neubaustrecke ist auf anfangs 2005 vorgesehen. Der Einbau der Bahntechnik soll, abhängig von der Bereitstellung der Rohbauten sowie dem Detailbauprogramm des Totalunternehmers Bahntechnik, ab ca. 2002 erfolgen.

Abbildung 121
Übersicht Termine



D.3.1.12 Kosten

Die Kosten beruhen auf der Basis des aktualisierten Vorprojekts. Sie wurden im Jahr 1998 durch die SBB-Fachdienste berechnet. Sie betragen für die Bahntechnik ca. **282 Mio. Fr**. inkl. der GSM-R-Ausrüstung. Dieser Betrag versteht sich ohne die bahntechnischen Ausrüstungen bei den Anschlüssen Ost und West.

D.3.1.13 Fazit für Bahntechnik AlpTransit

D.3.1.13.1 Projektorganisation Dokumentation

Die relativ lange Zeitspanne zwischen Vorprojekt 1989 und dessen Aktualisierung fast 10 Jahre später bedingte eine aufwendige Phase der Neudefinition des Anlagenumfangs und der Schnittstellen. Die nachvollziehbar und sauber dokumentierte Herleitung und Entscheidungsfindung zu Konzepten und gewählten technischen Lösungen ist entscheidend für die Weiterprojektierung.

Neue Erkenntnisse betreffend Unterhaltskonzept, Spurwechselkonzept und Verknüpfungen mit der Stammlinie, ermöglichten eine Vereinfachungen der generellen Gleisanlage. Technologisch sind viele Änderungen und Neuerungen zum Stand der Technik geworden (z.B. Fahrleitung für hohe Geschwindigkeiten, Signalisierung ohne Aussensignale). Das gewählte Grundkonzept gemäss Vorprojekt muss diese Neuerungen und Änderungen aufnehmen können.

Kostenvergleiche zwischen dem Projekt Mattstetten - Rothrist und ATG sind nur bedingt möglich, da der Ansatz der Planung, die Projektabgrenzung sowie die Struktur der Objekte anders liegen (Doppelspurstrecken, mehrere relativ kurze Tunnel, ausschliesslich Doppelspur etc., Angriffspunkte für Einbau).

D.3.1.13.2 Mögliche Zusammenarbeit mit ATG

Ein Erfahrungsaustausch bzw. eine Zusammenarbeit ist auf 2 Ebenen sinnvoll:

- Die Erfahrungen bei der Evaluation bzw. bei der Wahl des Planungsteams Bahntechnik (Generalplaner, Totalunternehmer).
- Die Erfahrungen und Erkenntnisse bei der Realisierung der Führerstandssignalisierung, sowie deren Einsatz bei Übergängen zu Anlagen mit konventioneller Signalisierung.

D.3.2 Alpetunnel

D.3.2.1 Projektübersicht

D.3.2.1.1 Einbindung in übergeordnetes Projekt

Verbindung Lyon-Turin

Der geplante Basistunnel am Mont d'Ambin bildet Bestandteil einer neuen HGV-Eisenbahnverbindung zwischen Lyon und Turin. Sie ergänzt die heutige Bergstrecke mit dem Scheiteltunnel am Mt Cenis mit ihrer Steigung von bis zu 30‰. Für die Projektierung dieser Neubaustrecke wurde die Firma Alpetunnel, eine gemeinsame Firma der SNCF und der FS, gegründet. Die Projektorganisation Alp-Transit Gotthard hält Kontakt mit derjenigen von Alpetunnel. In einigen Bereichen wie Sicherheitskonzepte sowie Aerodynamik und Klima werden Forschungstätigkeiten und Standards aufeinander abgestimmt und Ergebnisse ausgetauscht.
Die nachfolgenden Ausführungen basieren auf dem „Rapport d'étappe" vom Juni 1998 [Bt.I] und dem Bericht „Etude de prédimensiomnnement des équipements" [Bt.J] vom August 1997.

D.3.2.1.2 Wichtigste Daten

Tunnellänge 52 km

Der Basistunnel am Mont d'Ambin bildet das Herzstück der HGV-Strecke Lyon - Turin und weist in einigen Spezifikationen vergleichbare Eigenschaften mit demjenigen am Gotthard auf.
Es handelt sich um einen ca. 52 km langen Tunnel bestehend aus zwei Einspurröhren ohne Diensttunnel. Die Tunnelportale befinden sich im Westen bei St-Jean-de Maurienne (F) sowie im Osten bei Suse (I). Gleich anschliessend folgt im Osten ein 12 km langer Tunnel dessen Portal sich bei Bussoleno befindet. Es handelt sich um eine sehr einfach konzipierte Gleisanlage mit je einem Spurwechsel vor den beiden Portalen, sowie einem Spurwechsel etwa in der Mitte des Tunnels. Im Bereich dieses Tunnelspurwechsels ist ein unterirdischer Bahnhof mit je einem Ausweichgleis in beiden Richtungen vorgesehen. Er ist mit Strassenfahrzeugen ab Modane erreichbar. Er dient einerseits als Rettungsstation im Ereignisfall, andererseits als Stützpunkt für Interventions- und Unterhaltsdienste.

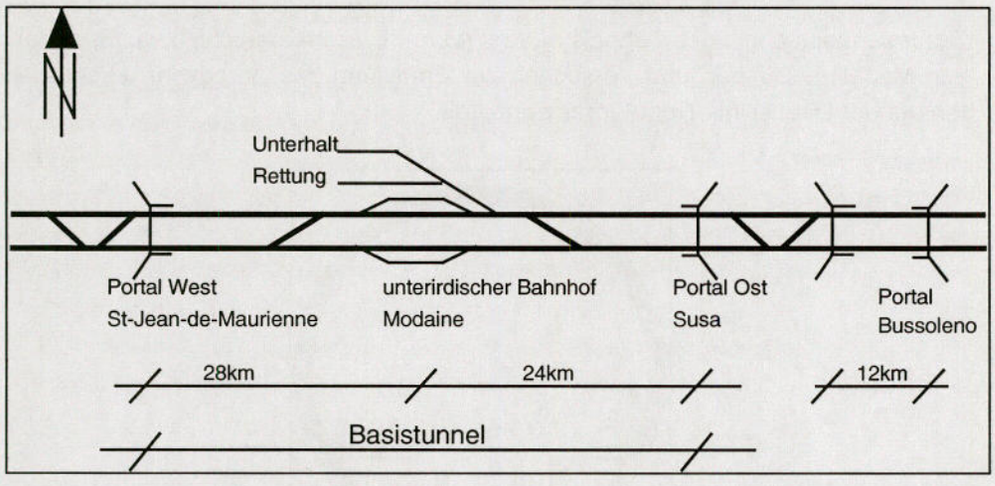


Abbildung 122 Übersicht Tunnelstrecke

D.3.2.1.3 Gefahrene Geschwindigkeiten, Radien und Steigungen

v max. = 250 km/h

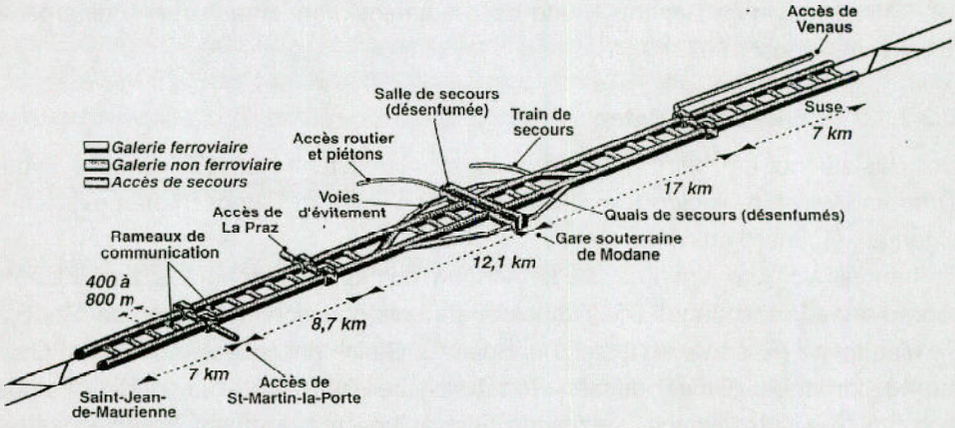
Die gesamte Neubaustrecke soll für eine Geschwindigkeit v max. von 250 km/h, der Basis-Tunnel für 220 km/h, projektiert werden. Die maximale Steigung im Basistunnel beträgt dabei 8‰.

D.3.2.1.4 Vorgesehener Verkehr

Gemäss Plattform (Zeithorizont 2010) wird mit 3 Typen von Verkehr gerechnet, nämlich mit P-Verkehr, G-Verkehr sowie der rollenden Landstrasse. Die Plattform rechnet mit ca. 120 Zügen pro Tag und Richtung. Die Zugfolgezeit wird mit 4 bis 5 Minuten angegeben. Bereits wurden auch Fahrplanstudien erstellt, um die betriebliche Machbarkeit nachzuweisen. Gemäss der verwendeten Studie wird der unterirdische Bahnhof bei Modane für gewisse Züge auch für Überholungen genutzt.

D.3.2.2 Technische Spezifikationen

Abbildung 123 Übersicht Basistunnel am Mont d'Ambin



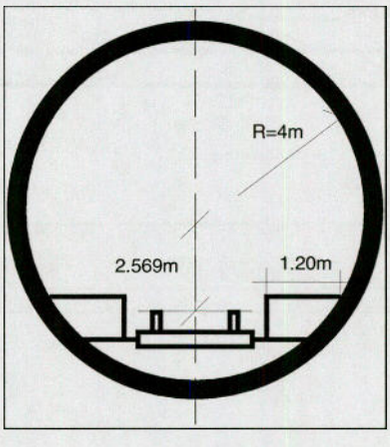
2 Einspurtunnel ohne Serviceröhre

Analog zum Gotthard-Basistunnel ist die Lösung mit 2 Einspurtunnel ohne Dienstunnel vorgesehen. In Raster von ca. 400 m sind Querverbindungen vorgesehen. Der Abstand zwischen den beiden Röhren beträgt ungefähr 30 m.

D.3.2.2.1 Tunnelprofil und Ausrüstung

Der freie Querschnitt des Tunnels beträgt 43 m². Dieser Querschnitt wurde anhand von Modellmessungen und Versuchen zur Ermittlung des Aerodynamikkoeffizienten auf der Diretissima Rom-Florenz ermittelt.

Abbildung 124 Tunnelprofil



D.3.2.3 Elemente aus dem Projekt Elektrische Anlagen (vor allem Fahrleitung, Bahnstromverteilung)

D.3.2.3.1 Traktionsenergieversorgung

Voraussichtlich 25kV/50 Hz Bahnstromversorgung

Für die Traktionsenergieversorgung wird mit einer notwendigen Versorgungsleistung von ca. 180 MW gerechnet. Die höchste Leistung ist für den Betrieb der rollenden Landstrasse notwendig. Verschiedene mögliche Konfigurationen zur Energieversorgung wurden untersucht (3 kV Gleichstrom, 1x25 kV 50 Hz oder 2 x 25 kV 50 Hz). Favorisiert wird die Versorgung mit 25 kV 50 Hz. Die Einspeisungen erfolgen ab den Netzen der EDF seitens Frankreich und ENEL seitens Italien. Die für die Einbau der Unterwerke notwendigen Räumlichkeiten sind ausgewiesen. Der definitive Entscheid über die Anzahl Unterwerke und der effektiv eingesetzten Versorgungsspannung ist noch nicht gefällt.

D.3.2.3.2 Fahrleitungstyp

Der Fahrleitungstyp ist noch nicht definitiv festgelegt, es wird jedoch eine möglichst niedere Bauart angestrebt. Alpetunnel beabsichtigt ein Entwicklungsprogramm für eine Stromschiene zu lancieren.

D.3.2.3.3 Stromversorgung 50 Hz

Das Prinzip der 50 Hz-Stromversorgung besteht aus einem 20 kV-Hochspannungsring in beiden Tunnelröhren. Einspeisungen ab dem Netz der ENEL sind bei den Tunnelportalen sowie im Bereich des unterirdischen Bahnhofs Modane vorgesehen. Ungefähr alle 2000 m wird ab diesem Hochspannungsring die elektrische Energie auf die notwendige Niederspannug von 400 V transformiert. An diesen Standorten, das heisst in jedem 5. Querschlag, sind auch die technischen Einrichtungen der Steuerung und Sicherheit eingebaut. Dafür werden technische Räume vorgesehen.

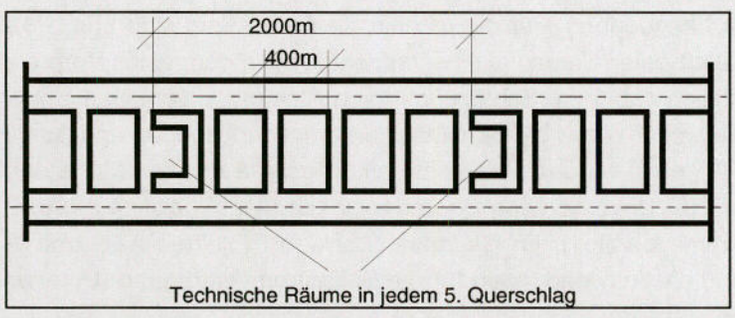


Abbildung 125 Anordnung der Querschläge und Elemente der Stromversorgung

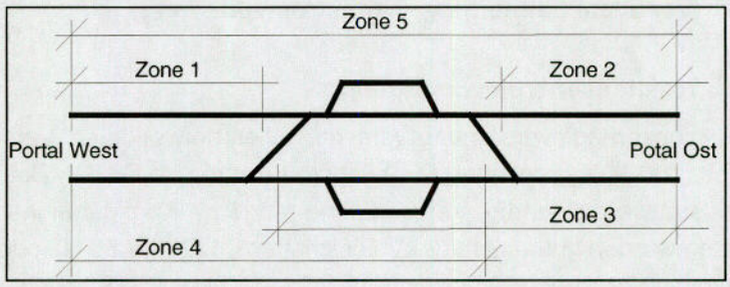
D.3.2.3.4 Elemente aus dem Projekt Fahrbahn

In den verwendeten Unterlagen ist der Fahrbahntyp nicht spezifiziert. Man rechnet jedoch mit einer festen Fahrbahn.

D.3.2.3.5 Spurwechselkonzept, Erhaltungskonzept

Gemäss Stand der Projektierung wird mit EINEM Spurwechsel, ungefähr in der Mitte des Tunnels, sowie je einem bei den Tunnelportalen gerechnet. Das ausgearbeitete Erhaltungskonzept nimmt auf diesen Umstand Rücksicht. Dazu werden die Tunnel in 5 Unterhaltsabschnitte aufgeteilt.

Abbildung 126 Unterhaltsabschnitte



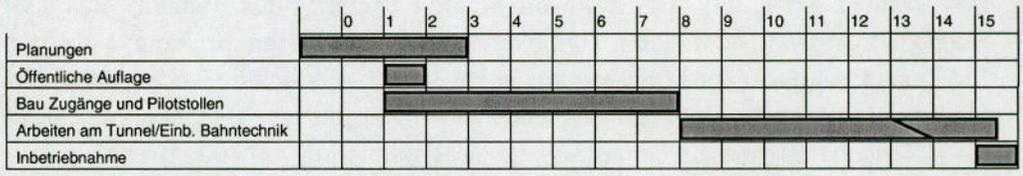
D.3.2.3.6 Elemente aus dem Projekt Signalisation

Für die Vordimensionierung der Anlagen wird für die Signalisierung das bereits eingesetzte System TVM 430 zu Grunde gelegt. Dieses ist bei bestehenden TGV-Linien der SNCF bereits im Einsatz. Bis zur Ausführung des Tunnels ist mit Entwicklungen Richtung europakompatiblen Systemen zu rechnen.

D.3.2.3.7 Terminprogramm grob

Gemäss Planungsprogramm 1998 soll mit den Bauarbeiten an den Haupttunnels ca. im Jahr 2008 sowie mit dem Einbau der bahntechnischen Ausrüstung ca. im Jahr 2014 begonnen werden. Die Inbetriebnahme ist ca. Ende 2015 vorgesehen.

Abbildung 127 Übersicht Termine



D.3.2.3.8 Kosten

Die Gesamtkosten für den Basistunnel, also Bau und Bahntechnik, werden mit **ca. sFr. 8 Mia.**[1] angegeben. Für die technische Ausrüstung sind **sFr. 1'325 Mio.** vorgesehen. Die Kosten-Genauigkeit entspricht in etwa dem eines Vorprojekts.
Es handelt sich dabei um Schätzungen von Alpetunnel vom September 1997. Dabei ist zu beachten, dass die Schnittstellen zwischen Rohbau und Ausrüstung nicht analog ATG gelegt wurden sowie eine relativ grosse Position (30 % der Kosten der Ausrüstung) für Unvorhergesehenes bzw. noch nicht spezifizierte Anlagen enthalten ist (somme a valoir). Im Gegensatz zu den Projekten ATG und Mattstetten - Rothrist sind die Aufwendungen für die Bahnstromversorgung (Unterwerke) in diesen Kosten enthalten.

[1] Stand April 1998: Kostenquellen in ECU, 1 ECU entspricht 6.65 FF bzw. ca. sFr. 1.66.

D.3.2.4 Fazit für Bahntechnik AlpTransit Gotthard

D.3.2.4.1 Technische Vergleichbarkeit

Die Projekte ATG und Alpetunnel, beides lange Tunnel mit hoher Überdeckung, haben beim Rohbau viele Gemeinsamkeiten. Die technische Lösung mit den 2 Einspurröhren ohne Diensttunnel entspricht derjenigen von ATG.
Der Projektstand der Bahntechnik ist unterschiedlich, weshalb sich die vorgeschlagenen Lösungen auch nur zum Teil vergleichen lassen. In einigen Bereichen liegen bereits sehr detaillierte Konzepte und Lösungen vor (z.B. Stromversorgung, Brandrauchabsaugung), in anderen speziellen bahntechnischen Gebieten wird noch keine Lösung vorgeschlagen (z.B. Fahrbahn, Fahrleitung). Unterschiede bestehen auch bei der Abgrenzung zwischen Rohbau und Ausbau. Bemerkenswert ist der in der vorliegenden Planungsphase relativ grosse Anteil an nicht spezifizierten Anlagen (30 % der Kosten der technischen Ausrüstung). Das bei ATG gegebene Prinzip des Kostendachs sowie des kostenmässigen Ausschlusses aller nicht definierten Anlagen, ist beim Projekt Alpetunnel nicht ersichtlich. In die Überlegungen betreffend Wirtschaftlichkeit werden diese Kosten jedoch einbezogen.

D.3.2.4.2 Mögliche Zusammenarbeit mit ATG

Der Informationsaustausch bzw. eine Zusammenarbeit erscheint sinnvoll in den Gebieten:

- Austausch von Erkenntnissen über Besonderheiten langer Alpentunnel
- Abstimmung von Standards und Zielen gegenüber Behörden, Koordination von Massnahmen betreffend Sicherheit. Erkenntnisse aus dem Gebiet Aerodynamik und Klima.

Grundlagendossier Bahntechnik

E Beilagen

E BEILAGEN

E.1 Pläne

Beilage Nr.	Plan	Stand	Plan-Nr.
1.1	– Gleisplan Zimmerberg-Basistunnel	01.05.1999	ZBT
1.2	– Gleisplan Gotthard-Basistunnel, Teil Uri - Sedrun	01.05.1999	GBT 1
1.3	– Gleisplan Gotthard-Basistunnel, Teil Faido - Biasca	01.05.1999	GBT 2
1.4	– Gleisplan Ceneri-Basistunnel	01.05.1999	CBT
1.5	– Bahnstromplan Zimmerberg-Basistunnel	11.06.1999	AT-ZBT01
1.6	– Bahnstromplan Gotthard-Basistunnel	11.06.1999	AT-GBT01
1.7	– Bahnstromplan Ceneri-Basistunnel	11.06.1999	AT-CBT01

E.2 Detaillierte Kosten und Mengengerüste

siehe separates Dokument

E.3 Technische Vorgaben Bahntechnik für das Bauprojekt Zimmerberg-Basistunnel

siehe separates Dokument

E.4 Technische Vorgaben Bahntechnik für die Ausschreibung Gotthard-Basistunnel

siehe separates Dokument

E.5 Technische Vorgaben Bahntechnik für das Bauprojekt Ceneri-Basistunnel

siehe separates Dokument

Grundlagendossier Bahntechnik

F Verzeichnisse

Inhaltsverzeichnis F

F VERZEICHNISSE 267

F.1 Abkürzungsverzeichnis 267

F.2 Tabellen- und Abbildungsverzeichnis 271

F.3 Referenzdokumente 276

F.4 Sachregister 282

F VERZEICHNISSE

F.1 Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Definition
A	
ABS	Ausbaustrecke
Aero&Klima (A&K)	Arbeitsgruppe Aerodynamik und Klima der Projektleitung AlpTransit Gotthard und Lötschberg
Agr	Arbeitsgruppe
AL	Abschnittsleiter
ANSI	American National Standards Institute
AP	Auflageprojekt
ATG	AlpTransit Gotthard AG
ATG-Bt	AlpTransit Bahntechnik
ATG-FC	AlpTransit Finanzen + Controlling
ATG-GBT	AlpTransit Abschnitt Gotthard-Basistunnel
ATG-N	AlpTransit Abschnitt Nord
ATG-O	AlpTransit Abschnitt Ost
ATG-P+B	AlpTransit Planung und Bau
ATG-S	AlpTransit Abschnitt Süd
ATM	Asynchronous Transfer Mode
ATP	Alpentransit-Beschluss
AZ	Achszähler
B	
B 2000	Projekt Bahn 2000 SBB
BA GD	Betriebsdirektion SBB [1]
Bau GD	Baudirektion SBB [1]
BAV	Bundesamt für Verkehr
BfA	Betriebsfernmeldeanlage
BFS	Bundesamt für Statistik
B-ISDN	Breitband-ISDN
Bt-EA	AlpTransit Bahntechnik, Fachbereich Elektrische Anlagen
BLZ	Betriebsleitzentrale
BoeB	Bundesgesetz über das öffentliche Beschaffungswesen
BP	Bauprojekt
BR	Bundesrat
BR	British Rail
BS	Bahnstrom
BSC	Base Station Controller
BSTR	Bereichs-Stellrechner
Bt	Bahntechnik
BTS	Base Transceiver System
Bt-ST	AlpTransit Bahntechnik, Fachbereich Sicherungs- und Telekomanlagen
BUWAL	Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft
C	
CBT	Ceneri-Basistunnel von AlpTransit
CCITT	Comité consultatif international télégraphique et téléphonique
CEI	Comparably Efficient Interconnection (FCC)
CIS	ETR 470 der Cisalpino AG
CU	Kupfer
D	
DataRail	Datennetz der SBB
D ATG	Direktor ATG
DB	Deutsche Bundesbahn
DIFONET	Digitales faseroptisches Übertragungsnetz
DO 67	Domino 67
DSB	Dänische Staatsbahnen
DST	Doppelspurtunnel
E	
EA	Elektrische Anlage
EA/BS	EA-Bahnstromverteilung
EA/FL	EA-Fahrleitung
EA/K	EA-Kabelanlagen
EA/N	EA-Niderspannungsanlagen
EBV	Eisenbahnversorgung
EC/IC	Eurocity/Intercity-Zug
ECMA	European Computer Manufactures' Association
EDF	Electricité de France
ELEKTRA	Elektronisches Stellwerk der Firma Alcatel
ELT	Einzelleistungsträger
EMV	Elektromagnetische Vergräglichkeit

[1] Bezeichnung früherer SBB-Organisationseinheiten

EN	Direktion Energie SBB [1]
EPFL	Ecole Polytechnique fédérale de Lausanne
ERTMS	European Rail Traffic Management System
EST	Einspurtunnel
EStw	Elektronisches Stellwerk
ETCS	European Train Control System
ETSI	European Telecommunications Standards Institute
EU	Europäische Union
EW	Elektrizitätswerk

F

Fb	Fahrbahn
FB2	Fernbereich 2
FDR	Fahrdienstreglement
FinöV	Botschaft über Bau und Finanzierung der Infrastruktur des öffentlichen Verkehrs
FL od. Fl	Fahrleitung
FPL	Fachprojektleiter
FPL EA	Fachprojektleiter Elektr. Anlagen (EA)
FPL Fb/E	Fachprojektleiter Fahrbahn/Erhaltung
FPL Kn	Fachprojektleiter Knoten
FPL Kz	Fachprojektleiter Konzepte
FPL ST	Fachprojektleiter Signalanlagen und Telekommunikation (ST)
FS	Italienische Staatsbahnen
FSS	Führerstandssignalisierungssystem
FU	Fernübertragung

G

GBT	Gotthard-Basistunnel
GD	Generaldirektion SBB [1]
GFM	Gleisfreimeldung
GKS	Gleiskoppelspule
GP	Generalplaner
GSM	Global System for Mobile Communication
GU	Generalunternehmer

H

HBI	HBI Haerter AG
HGV	Hochgeschwindigkeitsverkehr
Hz	Hertz

I

ICE	Inter City Express der DB AG
ICN	Inter City Neigezug
IEEE	Istitute of Electrical and Electronic Engineers (USA)
IG	Ingenieurgemeinschaft
IM	Infrastruktur Management
ISDN	Integrated Services Digital Network
ISO	International Standardization Organization

K

kA	Kiloampere
kBps	Kilobits per second
kN	Kilonewton
kPa	Kilopascal (Druckeinheit)
kV	Kilovolt
kVA	Kilovoltampere
KW	Direktion Kraftwerke [1]
Kz	Konzepte

L

L ATG-Bt	Leiter Bahntechnik AlpTransit
LCC	Life Cycle Costs
Lf	Lokführer
LRP	Lichtraumprofil
LRZ	Lösch- und Rettungszug
LT	Leittechnik
LVT	Low Vibration Track
LWL	Lichtwellenleiter
LZB	Linienzugbeeinflussung

M

MBps	Megabits per second
ME-Wert	Tragfähigkeit des Untergrundes oder Unterbaues
MFS	Multifunktionsstelle
MPa	Megapascal, (Druckeinheit)
MSC	Mobile Switching Center
MTBF	Mean Time Between Failures
MTTR	Mean Time to Repair
MVA	Megavoltampere
MW	Megawatt
MwSt.	Mehrwertsteuer

[1] Bezeichnung früherer SBB-Organisationseinheiten

N

NBS	Neubaustrecke
NBUe	Notbremsüberbrückung
NEAT	Neue Eisenbahn-Alpen-Transversalen
NHS	Nothaltestelle
NF	Niederspannung und Fernmeldetechnik [1]

O

ÖBB	Östereichische Bundesbahnen
OBZ	Operatives Betriebszentrum (Fernsteuerzentrum)
öV	öffentlicher Verkehr
oK	Oberkante

P

PE-Rohr	Polyäthylen-Rohr
PGV	Plangenehmigungsverfahren
PI	Projektingenieur
PPI	Produzentenpreisindex
PQM	Projektbezogenes Qualitätsmanagement
PSP	Projektstrukturplan
PWA	Personenwarnanlage

Q

QM	Qualitätsmanagement
QS	Querstollen

R

RATP	Réseau d'autobus et de transport parisien
RBC/CTS	Radio Block Center/Centralised Train Signalling (FSS-Streckenzentrale)
RENFE	Spanische Staatsbahnen
RM	Rollmaterial

S

SA	Signalanlagen und Automation
SBB	Schweizerische Bundesbahnen
SBV	Schweizerischer Baumeisterverband
SDH	Synchrone digitale Hierarchie
SF_6-Technik	Spezielle Bauart von elektrischen Leistungsschaltern
SIAT	Sicherheit AlpTransit
SIGNUM	Heutiges System der Zugsicherung in der Schweiz für Normalspurbahnen
SIMIS C	Elektronisches Stellwerk der Firma Siemens
SIOP	Sicherheitsorientierte Prüfung
SN	Schweizer Norm
SNCF	Französische Staatsbahn
SOK	Schienenoberkante
Spw	Spurwechsel
ST	Signalanlagen und Telekommunikation [1]
ST/S	Signalanlagen [1]
ST/T	Telekommunikation [1]
STL	Stammlinie
Stv, St	Stellvertreter
Stw	Stellwerk
SUVA	Schweiz. Unfallversicherungsanstalt
SW	Sicherungswesen (alte Bezeichnung für ST/S)
SZ	Schnellzug (Personenzug)

T

TA	Teilabschnitt
TBM	Tunnelbohrmaschine
TC	Telecom (Organisationseinheit bei Departement Infrastruktur GD SBB) [1]
TDM	Time Division Multiplexing
TFK	Tunnelfunkanlagen
TGV	Train à Grande Vitesse der SNCF
TMn	Streckenblock
TOM	Top Operating Management
TU	Totalunternehmer
TVM	Unter anderem in Frankreich (TGV) eingesetzte Bauform einer Führerstandssignalisierung

U

UIC	Union Internationale des Chemins de Fer
UK	United Kingdom (vereinigtes Königreich)
UQM	Unternehmensbezogenes Qualitätsmanagement
User-MMI	Benutzer Mensch – Maschinen – Interface
USV	Unterbrechungsfreie Stromversorgung
UVB	Umweltverträglichkeitsbericht
UVEK	Eidg. Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation
UVP	Umweltverträglichkeitsprüfung
UW	Unterwerk

[1] Bezeichnung früherer SBB-Organisationseinheiten

V

VG	Verbindungsgleis
VP	Vorprojekt
VP BT	Vorprojekt Bahntechnik
VPGV	Vorprojekt-Genehmigungsverfahren
VR	Verwaltungsrat

W

W od. Wsg.	Weisung
WA	Weichenantriebe
WDS	Weichendiagnose-System

Z

ZIW	Zürich Index der Wohnbaukosten
ZfW	Zugförderung und Werkstätten [1]
ZKE	Zugkontrolleinrichtungen
ZSW	Zentralstellwerk (alter Name für Fernsteuerzentrum)
ZUB	Unter anderem in der Schweiz verbreitetes Zugsbeeinflussungs-System

[1] Bezeichnung früherer SBB-Organisationseinheiten

F.2 Tabellen- und Abbildungsverzeichnis

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Projektumfang ATG gemäss Projektstrukturplan 19
Tabelle 2 Projektphasen Grundlagen und Entwicklungen 28
Tabelle 3 Projektphasen Projektierung und Realisierung 28
Tabelle 4 Stand Arbeiten und Verfahren Bau 29
Tabelle 5 Kosten Bahntechnik pro Basistunnel 36
Tabelle 6 Übergeordnete Grundlagen für die Terminplanung Bahntechnik 37
Tabelle 7 Projektstrukturplan AlpTransit 38
Tabelle 8 Fahrbahnelemente schotterloser Oberbau 81
Tabelle 9 Fahrbahnelemente Schotteroberbau 85
Tabelle 10 ZKE-Anlagen für ATG 100
Tabelle 11 Relevante Schnittstellen und Abgrenzungen SA/TC gegenüber anderen Fachbereichen Bt und Bau 116
Tabelle 12 jährliche Intervallzahlen 131
Tabelle 13 Erwartete durchschnittliche Anzahl Störungen pro Jahr Zimmerberg 131
Tabelle 14 Erwartete durchschnittliche Anzahl Störungen pro Jahr Gotthard 132
Tabelle 15 Erwartete durchschnittliche Anzahl Störungen pro Jahr Ceneri 132
Tabelle 16 Interventionsablauf im Doppelspurtunnel 132
Tabelle 17 Einbauleistungen im GBT (ohne Zuschläge) 145
Tabelle 18 Einbauleistungen in CBT und ZBT (ohne Zuschläge) 146
Tabelle 19 Quelle: SUVA 286926.d 154
Tabelle 20 Zusammenfassung für die klimatischen Grenzen 155
Tabelle 21 Lösungsansatz am Bsp. GBT 186
Tabelle 22 Besteller-/Ersteller-Matrix im Bereich Bahntechnik 188
Tabelle 23 Übergeordnete Grundlage für die Terminplanung Bahntechnik ZBT 201
Tabelle 24 Kosten Bahntechnik Zimmerberg-Basistunnel 202
Tabelle 25 Tabelle der untersuchten Fahrleitungstypen 208
Tabelle 26 Übergeordnete Grundlage für die Terminplanung Bahntechnik GBT 218
Tabelle 27 Kosten Bahntechnik Gotthard-Basistunnel 220
Tabelle 28 Übergeordnete Grundlage für die Terminplanung Bahntechnik CBT 229
Tabelle 29 Kosten Bahntechnik Ceneri-Basistunnel 229
Tabelle 30 Planung und Inbetriebnahme der neuen Unterwerke 243

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Hochgeschwindigkeitsnetz Schweiz und angrenzendes Ausland mit Achsen 15
Abbildung 2 Übersicht Achse Gotthard und Anschluss Ostschweiz 20
Abbildung 3 Zimmerberg-Basistunnel 21
Abbildung 4 Gotthard-Basistunnel 22
Abbildung 5 Ceneri-Basistunnel 23
Abbildung 6 Organigramm Projektleitung ATG (1999) 25
Abbildung 7 Organigramm Bahntechnik 26
Abbildung 8 Projektablaufschema 27
Abbildung 9 Übersicht über die bisherigen Projektierungsarbeiten AlpTransit Rohbau (Stand 1998) .. 30
Abbildung 10 Gesamtterminprogramm Bt, Stand April 1999 (gemäss FinöV) 37
Abbildung 11 Terminprogramm Grundlagen und Entwicklungen 53
Abbildung 12 Elektrische Anlagen im Tunnel 54
Abbildung 13 Wechselwirkung zwischen den verschiedenen Parametern des Bahnstromversorgungssystems, die die Stromabnahmequalität beeinflussen 55
Abbildung 14 Elemente der Fahrleitung 56
Abbildung 15 Fahrleitung für Strecken im Freien 57
Abbildung 16 Fahrleitung für Doppelspurtunnel 57
Abbildung 17 Fahrleitung für Einspurtunnel (Modell 1994) 58
Abbildung 18 Darstellung des Bahnstromversorgungssystems 61
Abbildung 19 Prozess der Dimensionierung und der Wahl der $16^2/_3$ Hz-Systeme 62
Abbildung 20 Schaltposten im Freien mit Gerüst 63
Abbildung 21 Parameter für die Wahl des Erdungskonzeptes 64
Abbildung 22 Makroelementbildung auf Bauwerkarmierungen 65
Abbildung 23 Bahnstromversorgungskonzept bei Einspurtunnel, FI-Sektionierung und Einspeisung in einem Spurwechsel 67
Abbildung 24 FI-Sektionierung bei Doppelspurstrecke, Schaltposten für Spurwechsel 68
Abbildung 25 Aufteilung der 50 Hz-Anlagen zwischen Rohbau und Bahntechnik 69
Abbildung 26 Ausfall einer Haupteinspeisstelle 72
Abbildung 27 Sekundärstruktur des 50 Hz-Versorgungsnetzes 72
Abbildung 28 Struktur der Niederspannungs-versorgung 73
Abbildung 29 Kabelanlagen für Strecken im Freien, ohne Zugangsstrasse entlang der Bahnlinie (Erhaltung ab dem Gleis) 75
Abbildung 30 Kabelanlagen für Strecken im Freien mit Zugangsstrasse entlang der Bahnlinie 75
Abbildung 31 Querschnitt der Kabeltrassierung bei den Ein- und Doppelspurtunneln 77
Abbildung 32 Schotterloser Oberbau Bauart Feste Fahrbahn SBB 80
Abbildung 33 Schotterloser Oberbau Bauart Eurotunnel (Teststrecke im Grauholztunnel) 81
Abbildung 34 Regelbettungsquerschnitt schotterloser Oberbau Bauart Feste Fahrbahn SBB 84
Abbildung 35 Regelbettungsquerschnitt schotterloser Oberbau Bauart Eurotunnel 84
Abbildung 36 Regelbettungsquerschnitt Schotteroberbau 86
Abbildung 37 Beispiele von Sicherungsanlagen 87
Abbildung 38 Beispiele von Telekommunikationsanlagen 87
Abbildung 39 Stellwerksbereiche im 2 x Einspurtunnel ATG 89
Abbildung 40 Stellwerksbereiche auf der Doppelspurstrecke ATG 89
Abbildung 41 Konsequente Entkopplung der beiden Gleise 89
Abbildung 42 Konzept und Eigenschaften des ERTMS/ETCS Level 2 91
Abbildung 43 RBC-Bereiche im GBT (2 x Einspur) 92
Abbildung 44 RBC-Bereiche im Doppelspurtunnel 92

Abbildung 45 Wechselwirkung der verschiedenen Bereiche mit dem Fernsteuerzentrum 93
Abbildung 46 Container-Lösung für Stellwerke Sedrun 95
Abbildung 47 Technik auf der Pilotstrecke der SBB für FSS zwischen Sempach und Zofingen 97
Abbildung 48 Aktuelles Fernsteuerkonzept der SBB im Bereich der ATG-Strecken 98
Abbildung 49 Konzept Zugkontrolleinrichtungen ZKE 1997 plus die durch ATG notwendigen Ergänzungen 101
Abbildung 50 Integration von Stellwerk und FSS in die Betriebsführung 102
Abbildung 51 Heutiges Stw-Konzept aufgrund der Stelldistanzen 102
Abbildung 52 Angestrebtes Stw-Konzept, alle Stw ausserhalb des Tunnels 103
Abbildung 53 Einbettung des Streckenstellwerkes in die SBB-Umgebung 104
Abbildung 54 Grobkonzepte Telekommunikation ATG 106
Abbildung 55 Detailkonzepte Telekommunikation ATG 107
Abbildung 56 Einbau des strahlenden Kabels im Tunnel 111
Abbildung 57 Aufstellung des Funkmastes in der Nähe von Tunnelportalen 112
Abbildung 58 Betriebsmodi, Sicherheitsanforderungen, Massnahmen 119
Abbildung 59 Verfügbarkeit der NBS für Erhaltungsarbeiten (Erhaltungsabschnitt Ceneri: Szenarium 1) 129
Abbildung 60 Verfügbarkeit der NBS für Erhaltungsarbeiten (Erhaltungsabschnitt Ceneri: Szenarium 2) 130
Abbildung 61 Störungsbehandlung: Abläufe im OBZ 134
Abbildung 62 „Erhaltungs-Module“ im Erhaltungszentrum Folkstone (Eurotunnel [Fb.D]) 136
Abbildung 63 „Erhaltungs-Modul“ auf Flachwagen, bereit zum Einsatz im Eurotunnel 136
Abbildung 64 Der laufende Prozess der Einbauplanung 138
Abbildung 65 Installationsplätze 140
Abbildung 66 Übergeordneter, grober Einbauablauf (schematisch) 144
Abbildung 67 Temperaturen und Luftfeuchtigkeit im Gotthard-Basistunnel (Sommer, Spurwechsel offen) 150
Abbildung 68 Temperatur im Fahrgastraum 152
Abbildung 69 Vergleich der gerechneten mit den gemessenen Luftgeschwindigkeiten bei Messfahrten im Furkatunnel 156
Abbildung 70 Vergleich der Temperatur und Luftfeuchtigkeit in einem Modelltunnel 156
Abbildung 71 Bandbreiten der Eingangsgrössen für die verschiedenen Parameter 157
Abbildung 72 Einfluss der Variation auf die maximale Lufttemperatur im Tunnel 158
Abbildung 73 Lufttauscherszenario 159
Abbildung 74 Der Einfluss des in Abbildung 72 dargestellten Luftaustausches auf die Temperatur der Tunnelluft in der Oströhre 159
Abbildung 75 Wirkung der Kühlung durch Kaltwasser 160
Abbildung 76 Rückfallebene Betrieb, Verlauf der Lufttemperatur in der Oströhre des GBT im Sommer 161
Abbildung 77 Rezirkulation am Tunnelportal 164
Abbildung 78 Veränderung des Rezirkulationsgrades in Funktion der Längsverschiebungen zwischen den Portalen 164
Abbildung 79 Temperaturen in den Tunnelröhren im Sommer in Abhängigkeit von Fair (keine Rezirkulation, wahrscheinliche Parameter) 165
Abbildung 80 Erzwungene Luftbewegung in Querschlägen durch Lüftungsöffnungen (zwischen Nothaltestellen) 168
Abbildung 81 Erzwungene Luftbewegung in Querschlägen durch Lüftungklappen (zwischen Portal und Nothaltestelle) 169
Abbildung 82 Bau- und Betriebsphasen der Basistunnel 170

Abbildung 83 Lufttemperaturverlauf in beiden Röhre des Gotthard-Basistunnels im Abschnitt Faido während der Installationsphase mit sich bewegender Baustelle mit lokaler Wärmefreisetzung von 500 kW 171
Abbildung 84 Bedarfsentwicklung der gesamten Kühlleistung für Kühlwasser, um Lufttemperaturen unterhalb von 28 °C zu halten 172
Abbildung 85 Wärmebilanz für den Abschnitt Faido des GBT bei einer Vortriebslänge von 14 km 173
Abbildung 86 Druckverläufe an der Spitze und am Ende eines EC-Zuges (Länge 400 m, Geschwindigkeit 200 km/h) während einer Fahrt durch den GBT von Nord nach Süd 176
Abbildung 87 Ausschnitt aus Abbildung 85 177
Abbildung 88 Vier Submissionsstufen zwischen „Konventionell" und TU 190
Abbildung 89 Übersicht Zimmerberg-Basistunnel 192
Abbildung 90 Zimmerberg-Basistunnel Verzweigung Nidelbad 193
Abbildung 91 Zimmerberg-Basistunnel, Anschluss Litti/Baar 193
Abbildung 92 Fahrleitung des Zimmerberg-Basistunnels 194
Abbildung 93 Bahnstromversorgungsschema des Zimmerberg-Basistunnels 195
Abbildung 94 Bauprogramm ZBT 200
Abbildung 95 Einbauprogramm ZBT 201
Abbildung 96 Terminplan Bahntechnik für den Zimmerberg-Basistunnel 202
Abbildung 97 Übersicht Gotthard-Basistunnel 205
Abbildung 98 Gotthard-Basistunnel, Anschluss Nord 205
Abbildung 99 Gotthard-Basistunnel, Anschluss Süd 206
Abbildung 100 Konventionelles Fahrleitungssystem mit Feeder 207
Abbildung 101 Konventionelles Fahrleitungssystem (Typ R250, mit Isolator als Feedertragwerk) und Doppelfahrleitung (DKS250) 209
Abbildung 102 Doppelfahrleitung: Paralleles und entgegengesetztes Zickzack der beiden Fahrdrähte 210
Abbildung 103 $16^2/_3$ Hz-Stromversorgungsschema des Gotthard-Basistunnels (Berechnung 1996) 210
Abbildung 104 Terminprogramm GBT 216
Abbildung 105 Einbauprogramm GBT 217
Abbildung 106 Terminplan Bahntechnik für den Gotthard-Basistunnel 219
Abbildung 107 Übersicht Ceneri-Basistunnel 221
Abbildung 108 Ceneri-Basistunnel Anschluss Nord 222
Abbildung 109 Ceneri-Basistunnel Anschluss Süd 222
Abbildung 110 Fahrleitung des Ceneri-Basistunnels 223
Abbildung 111 $16\,^2/_3$ Hz-Stromversorgungsschema des Ceneri-Basistunnels (Berechnung 1999) 225
Abbildung 112 Terminprogramm CBT 228
Abbildung 113 Terminplan Bahntechnik für den Ceneri-Basistunnel 229
Abbildung 114 Schema der nationalen SBB-Übertragungsleitungen 236
Abbildung 115 Versorgung des Abschnitts Zimmerberg 237
Abbildung 116 Versorgung des Gotthard-Basistunnels 237
Abbildung 117 Portal des Zugangsstollens von Faido: Unterwerk Polmengo mit Zuleitung zur 132 kV-Übertragungsleitung 240
Abbildung 118 Versorgung des Abschnitts Ceneri 241
Abbildung 119 mögliche Zugsarten 245
Abbildung 120 Übersicht Neubaustrecke Mattstetten-Rothrist 249
Abbildung 121 Übersicht Termine 252
Abbildung 122 Übersicht Tunnelstrecke 253

Abbildung 123 Übersicht Basistunnel am Mont d'Ambin 254
Abbildung 124 Tunnelprofil 254
Abbildung 125 Anordnung der Querschläge und Elemente der Stromversorgung 255
Abbildung 126 Unterhaltsabschnitte 256
Abbildung 127 Übersicht Termine 256

F.3 Referenzdokumente

[Bt.A] ***Die Vision, die neue Gotthardbahn***
ATG, April 1999

[Bt.B] ***Das Projekt, die neue Gotthardbahn***
ATG, April 1999

[Bt.C] ***Der Bau, die neue Gotthardbahn***
ATG, April 1999

[Bt.D] ***Projekthandbuch AlpTransit Gotthard***
ATG-QM, Revision 1, Dezember 1998

[Bt.E] ***Vorprojekt Bahntechnik***
ATG-Bt, Februar 1994

[Bt.F] ***Bauprojekt GBT***
ATG, September 1997

[Bt.G] ***Projektheft Bahntechnik***
AT-Bt, Version 1.1, 31. Januar 1999

[Bt.H] ***Projektbezogenes Qualitätsmanagement Konzept***
Ingenieurgemeinschaft CFS, 5. Ausgabe, 1. Dezember 1998

[Bt.I] ***Alpetunnel GEIE, Nouvelle liaison ferroviaire transalpine Lyon – Turin***
Rapport d'étappe, juin 1998

[Bt.J] ***Alpetunnel GEIE, Etude de prédimentionnement des équipements***
29 août 1997

[Fb.A] ***Handbuch für den Bau und Unterhalt der Fahrbahn***
SBB Bt, 1. Januar 1988

[Fb.B] ***Unterbau und Schotter***
SBB Bt, 1. November 1997

[Fb.C] ***Erhaltungskonzept Gotthard-Achse: Gesamtbericht für den etappierten Ausbau FinöV***
A. Gerold, 6. Juli 1998

[Fb.D] ***AGr Erhaltung Gotthard: Besuch Erhaltungszentrum Folkstone***
A. Gerold, 3. April 1998

[AK.A] ***Kurzdokumentation Aerodynamik & Klima***
Dr. R. Bopp, R. Mauron, HBI Bern, August 1997

[AK.B] ***Standbericht der Arbeitsgruppe Aerodynamik & Klima 1997***
R. Mauron, Dr. R. Bopp, HBI Bern, Juli 1998

[AK.C] ***Standbericht der Arbeitsgruppe Aerodynamik & Klima 1998***
R. Mauron, Dr. R. Bopp, HBI Bern, Juli 1999

[AK.D] ***Standbericht der Arbeitsgruppe Aerodynamik & Klima***
Dr. R. Bopp, HBI Bern, August 1996

[AK.E] ***Fallstudie: Optimierung der Eigenlüftung***
M. Häring, IUB, Juli 1995

[AK.F] ***Luftwiderstand von Reise- und Güterzügen: Einfluss der Querschnittsversperrung, Vergleich Maeda und mit Gaillard***
A. Haerter, SHB, April 1995

[AK.G] ***Auswertung von Druckmessungen im Grauholztunnel Luftreibungskoeffizienten von Eisenbahnzügen***
Dr. P. Reinke, HBI Bern, November 1998

[AK.H] ***Sensitivitätsanalyse: Einfluss des Tunnelreibungskoeffizienten und geschlossener Spurwechsel auf das Tunnelklima***
R. Bopp, IUB, Oktober 1994

[AK.I] ***Einfluss der Welligkeit der Tunneloberfläche auf den aerodynamischen Widerstand***
Dr. M. Häring, IUB, August 1996

[AK.J] ***Wärmetransport der Züge: Thermisch aktive Massen***
F. Zumsteg, SHB, April 1995

[AK.K] ***Parameterstudie: Einfluss des Wassereintrags auf die Lufttemperatur im Tunnel (Teil A und B)***
M. Berner, EWI, Mai 1995

[AK.L] ***Dynamik der Feuchtigkeitsaufnahme: Theoretische Grundlagen und Daten***
M. Berner, EWI, Juni 1995

[AK.M] ***Dynamik der Wasserverdunstung***
M. Häring, R. Mauron, IUB, Februar 1996

[AK.N] ***Messbericht „Wassereintrag durch die Züge", Messungen in der Klimakammer Olten***
Dr. M. Häring, IUB, Juni 1996

[AK.O] ***Klimatische Grenzen in den Basistunnel***
P. Favre, ATG, Oktober 1998

[AK.P] ***Klima-Simulation Furka Tunnel***
M. Berner, EWI, März 1995

[AK.Q] ***Klimamessungen im Furka-Tunnel, Zwischenbericht***
J. Burri, IUB, Juli 1995

[AK.R] ***Simulation Furkatunnel: Berechnung von Temperatur und Luftfeuchtigkeit im Tunnel***
R. Mauron, IUB, September 1995

[AK.S] ***Klima-Simulation Furka Tunnel: Bericht zur Ergänzungsrechnung***
S. von Roten, EWI, Juli 1995

[AK.T] ***Thermodynamische Vergleichsrechnung: Vergleich der Thermodynamikprogramme für Gotthard (EWI) und Lötschberg (IUB)***
R. Bopp, IUB, November 1994

[AK.U] ***Parameterstudie Aerodynamik der Züge und des Tunnels***
Ch. Rudin, IUB, Juli 1996

[AK.V] ***Zusatzrechnung zur Parameterstudie Aerodynamik der Züge und des Tunnels***
Ch. Rudin, IUB, Juli 1996

[AK.W] ***Parameterstudie Thermodynamik der Züge***
D. Pramono, Ch. Rudin, IUB, Januar 1997 / März 1998

[AK.X] ***Parameterstudie: Wassereintrag***
D. Pramono, R. Mauron, HBI Bern, Juni 1997

[AK.Y] ***Parameterstudie Thermodynamik des Felsgesteins***
D. Pramono, R. Mauron

[AK.Z] ***Konzept und Pflichtenheft für das Messprogramm der Arbeitsgruppe Aerodynamik & Klima (Monitoringkonzept)***
J. Burri, HBI, Januar 1999

[AK.AA] ***Untersuchung der Effizienz von Lufttauschern***
Dr. J. Burri, IUB, Dezember 1996

[AK.AB] ***Lufttauscher im GBT, Technische Machbarkeit und Kostenschätzung***
H. Maier, M. Berner, F. Bierwolf, EWE Zürich, Juli 1997

[AK.AC] ***Variantenstudie: Trockene Kühlung im Gotthard-Basistunnel***
M. Berner, EWI Zürich, Februar 1996

[AK.AD] ***Rückfallebene Betrieb***
J. R. Day, S. von Roten, EWE Zürich, Juni 1997

[AK.AE] ***Klimatische Bedingungen an den Portalen und Fenstern des Gotthard-Basistunnels***
Dr. F. Zumsteg, Dr. M. Wehner, HBI Zürich, Februar 1998

[AK.AF] ***Determination du taux de recirculation de l'air aux portails des tunnels du Gotthard et du Lötschberg, Cas du Portail de Erstfelden***
Dr. J.-A. Hertig, E. Rossen, EPFL, März 1996

[AK.AG] ***Determination du taux de recirculation de l'air aux portails des tunnels du Gotthard et du Lötschberg, Cas du Portail de Bodio***
Dr. J.-A. Hertig, E. Rossen, EPFL, März 1996

[AK.AH] ***Freie Querschnittsfläche F_{air} Gotthard-Basistunnel***
ATG-Bt, Februar 1997

[AK.AI] ***Ausgestaltung von Querschlägen im GBT und LBT mit Bezug auf Aerodynamik und Klima***
Dr. P. Reinke, HBI Bern, 1998

[AK.AJ] ***Tunnelklima während dem Übergang Rohbau / Einbau Bahntechnik im GBT***
S. von Roten, EWE, Dr. P. Reinke, HBI Bern, September 1998

[AK.AK] ***Druckbelastungen im GBT und LBT***
Dr. J. Burri, HBI Bern, März 1998

[AK.AL] ***Druckbelastungen im GBT und LBT, Massnahmen an den Portalen***
Dr. J. Burri, HBI Bern, November 1998

[AK.AM] ***Grundlagen zur Brandmodellierung und Festlegung eines Normbrandes***
C. Rudin, Dr. F. Tarada, HBI, August 1998

[AK.AN] ***Normbrand eines Güterzuges für den Gotthard- und Lötschberg-Basistunnel***
S. Nyfeler, C. Rudin, Dr. F. Tarada, HBI, Januar 1999

[AK.AO] ***Auswirkungen der Extremsituationen auf das Tunnelklima***
M. Häring, IUB, Juli 1996

[AK.AP] ***Geforderte Verdünnungsfaktoren für Rauch bei Brandfall im Bahntunnel***
F. Tarada, HBI Bern, Oktober 1998

[AK.AQ] ***Brandversuche in Tunneln und Übertragung auf ICE-/IC-Wagenbrand***
A. Haerter, SHB, Juni 1995

[AK.AR] ***Lüftung der Nothaltestellen: Grobdimensionierung V3a, V3b und V4 bei Gotthard- und Lötschbergprojekt***
A. Haerter, SHB, August 1995

[AK.AS] ***Untersuchung der Luftmengenverteilung auf die Nothaltestellen im Gotthard-Basistunnel***
Ch. Rudin, F. Tarada, S. Nyfeler, HBI, Juni 1998

[AK.AT] ***Aerodynamische Berechnungen zu den Betriebsszenarien im GBT Berechnungen für Ereignis in der Nothaltestelle***
Ch. Rudin, IUB, Februar 1997

[AK.AU] ***Aerodynamische Berechnungen zu den Betriebsszenarien im Gotthard-Basistunnel für Ereignisse an beliebiger Stelle***
Ch. Rudin, HBI, März 1998

[SA.A] ***Führerstandssignalisierung Bedürfnisanalyse***
Arbeitsgruppe FSS, Mai 1995

[SA.B] ***Führerstandssignalisierung, Konzept-Evaluation***
Arbeitsgruppe FSS, April 1996

[SA.C] ***Führerstandssignalisierung, Betriebliche Anforderungen***
Arbeitsgruppe Führerstandssignalisierung, April 1996

[SA.D] ***Führerstandssignalisierung, Einführungsstrategie und Wirtschaftlichkeit***
Vom Leitorgan "Konzepte für Betriebsleit-, Sicherungs- und Telekommanlagen" genehmigte Fassung, April 1996

[SA.E] ***Führerstandssignalisierung, Pflichtenheft für die Pilotstrecke***
Version 1.0, 10.06.1998

[SA.F] ***Streckenstellwerk für AlpTransit Gotthard AG, Anforderungskatalog,***
Bahntechnitk ATG Fachbereich SA

[SA.G] ***AlpTransit Studien von SIEMENS 1.10.1993 (HTZ 76/10-20)***
Teil 1: Reparaturdauer 7 Tage
Teil 2: Elektronik am Gleis

[TC.A] ***Technische Spezifikation Tunnelfunkanlagen (TFK90) T-Segmentstruktur***
Version 2, Juni 1996

[TC.B] ***DIFONET, Kommunikation im Dienste der Bahnkunden***
Broschüre SBB/Alcatel/Ascom

[TC.C] ***Globalkonzept Mobilkommunikation bei den SBB***
Mai 1996

[TC.D] ***Telekommunikation bei den SBB***
P. Messmer, Signal und Draht 83 (1991)

[TC.E] ***Breitbandige Tunnelfunkversorgung bei den Schweizerischen Bundesbahnen (SBB)***
J. Chappuis, S. Brun und S. Mazan, Signal und Draht 86 (1994),

[TC.F] ***GSM als künftiger UIC Mobilfunkstandard***
H.-J. Dessler, Signal und Draht 86 (1994),

[TC.G] ***Dossier VP AT Teil D Vernehmlassung, Zusammenzug Telekommunikationsteile, Basis und Alternativvariante***
M. Hess, TC SBB

[SI.A] ***Preliminary Hazard Analysis PHA***
Teil des Sicherheitskonzeptes Bahntechnik im Rahmen der Fachdokumentation zum Sicherheitskonzept für das Auflageprojekt des Gotthard-Basistunnel, 31. Oktober 1995

[SI.B] ***Thermodynamisches Verhalten des Fahrdrahtes bei einem Zugbrand im Tunnel***
Arbeitsgruppe A&K, November 1998

[SI.C] ***Grundlagen zur Brandmodellierung und Festlegung eines Normbrandes***
Arbeitsgruppe A&K, November 1998

[SI.D] ***Normbrand eines Güterzuges für den Gotthard- und Lötschberg-Basistunnel***
Arbeitsgruppe A&K, Januar 1999

[EP.A] ***Bericht über den Einbau der bahntechnischen Ausrüstung***
AT-Bt, Oktober 1995

[EP.B] ***Erfahrungsaustausch Einbau Bahntechnik in den Grauholztunnel***
AT-Bt, November 1995

[EP.C] ***Berechnungstabelle für Terminprogramm Stufe 4***
AT-Bt, Dezember 1996

[EP.D] ***Vorgaben Bt zum Bauprojekt GBT (4.B.2 / ...)***
AT-Bt, Oktober 1996

[EP.E] ***Vorgaben Bt zu den Auflageprojekten (3.B.2 / ...)***
AT-Bt, Dezember 1997

[EP.F] ***Auflageprojekt 1997 Uri, 2. Entwurf***
AT-Nord, Mai 1997

[EP.G] ***Vorgaben Bt für die Submissionen GBT (5.1.2 / ...)***
AT-Bt, September 1997

[EP.H] ***Terminprogramm Stufe 4 für GBT***
AT-GBT, September 1997

[EP.I] ***Einbau der Bahntechnik in den GBT, Szenario Phase 1***
AT-Bt, September 1997

[EP.J] ***Auflageprojekt Zimmerberg-Basistunnel, Vortrieb ab Nidelbad, 1. Entwurf***
ATG-Ost, Juni 1998

[EP.K] ***Auflageprojekt Ceneri-Basistunnel, 2. Entwurf***
ATG-Süd, Juni 1998

[EP.L] ***Auflageprojekt Ceneri-Camorino, 2. Entwurf***
ATG-Süd, Juni 1998

[EP.M] ***Einbau der Bahntechnik in den ZBT, Übergeordneter Ablauf, Variante „Vortrieb ab Nidelbad“***
ATG-Bt, September 1998

[EP.N] ***Einbau der Bahntechnik in den GBT, Schnittstellen mit den Rohbauunternehmer (im Rahmen der Submissionsphase)***
ATG-Bt, Oktober 1998

[EA.A] ***50 Hz-Stromversorgung für Tunnels***
M. Pauling, O. von Wyss, T. Stutz, J.-M. Jolidon, R. Camendzind, H. Gut et W. Maucher, CFF, 1er trimestre 1

[EA.B] ***Fahrleitung für das Projekt AlpTransit Gotthard, Systemanforderungen, Vorgaben für die Entwicklung und Projektierung*** (EA-K-NS.830)
N. Steinmann, 20.12.95

[EA.C] ***AlpTransit Gotthard, Vertikalschacht Sedrun, 50 Hz Mittelspannungs-Kabelanlage***
H. Strub, NOK Engineering, April 1998

[EA.D] ***Simulation du comportement dynamique des caténaires R250 du Valais et du Grauholz***
L. Feuillu, M. Sanchez, Spie Enertrans, octobre 1995, décembre 1995 et mars 1996

[EA.E] ***Systèmes de caténaires dans les tunnels à simple voie et Rail de courant pour v>160 km/h***
N. Steinmann, AlpTransit Gotthard, mai 1995 et octobre 1995

[EA.F] ***Vordimensionierung der Fahrleitung im Gotthardbasistunnel***
Furrer + Frey, février 1997

[EA.G] ***Stromschienenoberleitungen***
M. Lörtscher, U. Wili, CFF, B. Furrer, F+F, article de eb-Elektrische Bahnen 92 (1994), Cahier 9, pages 249 - 259

[EA.H] ***Comportement de la caténaire en fonction de la configuration des trains pour des vitesses supérieures à 160 km/h*** (AT Bt EA-NS96703K.DOC)
N. Steinmann, AlpTransit Gotthard, 3.7.96

[EA.I] ***Bahn 2000, 1. Etappe / AlpTransit 1. Etappe, Lastberechnung 15 kV-Bahnstromversorgung, Zürich - Thalwil / - Litti - Rotkreuz***
M. Lörtscher, CFF, H. Voegeli, ENOTRAC, mai 1997

[EA.J] ***Bahn 2000, 1. Etappe / AlpTransit 1. Etappe, Lastberechnung 15 kV-Bahnstromversorgung, Zürich - Thalwil / - Litti - Rotkreuz***
M. Lörtscher, CFF, H. Voegeli, ENOTRAC, mai 1997

[EA.K] ***Energieversorgung Gotthard-Basistunnel, Lastberechnung und Erdungskonzept, Teil B, Erdungskonzept***
M. Lörtscher, CFF, H. Voegeli, P. Hofer, ENOTRAC, Juni 1996

[EA.L] ***AlpTransit Gotthard-Basistunnel, Bereich BT, Gesamtbericht über das Konzept der Kabeltrassierung im GBT***
J.Dejoz, BRUGG Kabel AG, juillet 1996

[EA.M] ***AlpTransit Gotthard-Basistunnel, Bahnstromversorgung, Untersuchung der Netzspannung***
M. Lörtscher, CFF, H. Voegeli, G. Burkart, ENOTRAC, décembre 1996

[EA.N] ***AlpTransit Gothard, TUNNEL DE BASE, ETUDE DU CONCEPT DE L'ALIMENTATION ELECTRIQUE 50 Hz DEFINI DANS L'AVANT-PROJET***
Tardy, Viney, SGTE, juin 1995

[EA.O] ***AlpTransit-Bahntechnik elektrische Anlagen, Audit des Vorprojektkonzeptes 50 Hz-Versorgung Basistunnel***
H. Amhof, B. Murmann, Graf & Reber AG, Mai 1995

[EA.P] ***Betriebskonzept AlpTransit, Achse Gotthard***
H.-P. Vetsch, D. Eichelberger, SBB, G. Rey, D. Bertschy, SMA, Entwurf August 1995

[EA.Q] ***AlpTransit Gotthard-Achse, Bahnstromversorgung, Lastberechnung Teilabschnitt Süd***
H. Voegeli, ENOTRAC, Oktober 1998

[EA.R] ***Nachträgliche Erweiterung der 132 kV-Anlagen $16^2/_3$ Hz Amsteg-Sedrun-Bodio im Gotthardbasistunnel***
J. Käuferle & F. Bierwolf, EWE, N. Steinmann ATG-Bt, März 1998

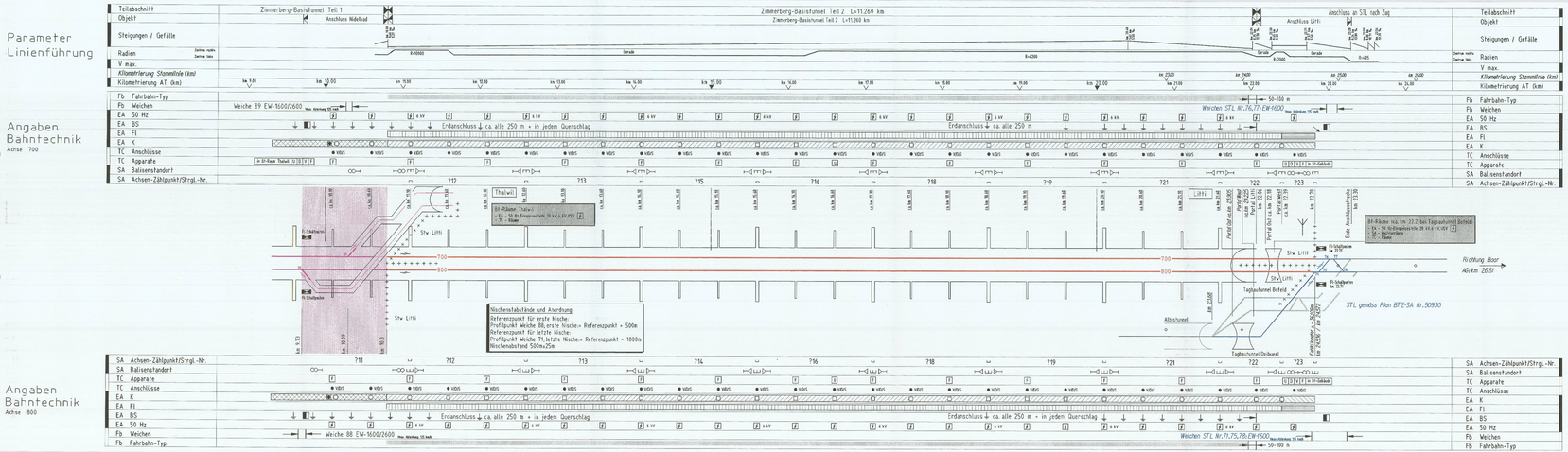
[EA.S] ***Vorprojekt Bahnstromversorgung, Variante 2***
AlpTransit Bahnstrom Gotthard, Colenco Power Consulting AG/KW SBB, CPC 1873.2200, November 1993

F.4 Sachregister

132 kV/15 kV-Unterwerk ... 238
132 kV-Freileitung ... 242
132 kV-Leitung ... 237
15 kV $16^2/_3$ Hz-Versorgungssystem ... 62
$16^2/_3$ Hz-Energiebedürfnisse ... 62
$16^2/_3$ Hz-Bahnstrom ... 235
$16^2/_3$ Hz-Bahnstrombedarf ... 62
$16^2/_3$ Hz-Bahnstromversorgung ... 194
$16^2/_3$ Hz-Bahnstromversorgungskabel ... 75
50 Hz-Energieversorgungskabel ... 75
50 Hz-Stromnetz ... 71
50 Hz-Stromversorgung ... 68, 211
50 Hz-Stromversorgungssystem ... 196
50 Hz-Versorgung ... 68
50 Hz-Versorgungskonzept ... 70
Abgrenzung Stammlinie ... 185
Abläufe im OBZ ... 128, 132, 134
Achszähler ... 90
Aerodynamik ... 148
Aerodynamik und Klima ... 126
Alpetunnel ... 253
AlpTransit ... 15
AlpTransit Gotthard AG ... 24
Altdorf Rynächt ... 204, 205
Anforderungen ... 16
Anmeldebereich ... 198
Arbeitsunfälle ... 122
Armierung ... 65
ATM (Async. Transfer Mode) ... 108
ausmassmindernden ... 120
ausmassmindernden Massnahmen ... 178
Automatisches Erdungssystem ... 59
Bahn 2000 ... 249
Bahnerde ... 64
Bahnreform ... 35
Bahnstrom ... 238
Bahnstromanlagen ... 16
Bahnstromstärke ... 65
Bahnstromversorgung ... 61
Bahnsystems ... 54
Bahntechnik ... 16
Bandbreite ... 105
Bankette ... 76, 123
Base Station Controller (BSC) ... 110
Base Transceiver System (BTS) ... 110
Basisband-Modem ... 107
Bauart "Eurotunnel" (LVT) ... 84
Bauart „Feste Fahrbahn SBB" ... 83
Baufunk ... 107
Baukühlung ... 170
Baulüftung ... 170
Bauprojekte Bahntechnik ... 18
Baustromversorgung ... 143
BAV ... 91
Beleuchtung ... 122
Beleuchtungssystem ... 73
Berührungsspannungen ... 121
Betriebserfahrungen ... 104
Betriebsszenarios ... 66
Betriebszenarien ... 180
Bezirksebene ... 108
B-ISDN (Breitband-ISDN) ... 109
Blocksystem ... 88
BLZ Luzern ... 99
BLZ Zürich ... 99
Bodio ... 204
Camorino ... 221, 222
Ceneri-Basistunnel ... 15, 221
Dämpfung ... 105
DataRail ... 105
Datenübertragungskabel ... 77
Dienststation ... 227
DIFONET ... 105
Direktbefestigung ... 83
Direktbefestigung auf Betontragplatten ... 83
Doppelboden ... 76
Doppelfahrleitung ... 60, 208, 209
Doppeltraktion ... 60
Druckbelastungen ... 175
Druckkomfortkriterium ... 174
Druckwellen ... 174
Einbau ... 126
Einbauleistungen ... 138
Einbauphase ... 143
Einbauprogramm ... 217
Einspeisstelle ... 225
Einspeisstellen ... 71
El. Korrosion ... 65
elastisch gelagerter Gleisrost ... 82
ELEKTRA ... 94
Elektrische Anlagen ... 16
elektrische Sektionierung ... 63
elektrischen Anlagen ... 54, 193, 206
elektrischen Belastbarkeit ... 66
elektrischen Belastung ... 66, 194
elektrischen Trennungen ... 223
Elektromagnetische Verträglichkeit ... 120
EMV ... 120
Energie ... 235
Energiebedarf ... 65
Energieerzeugung ... 236
Energieversorgungskabeln ... 77
Erdseilen ... 64
Erdungskonzept ... 64, 65, 211
Ereignisfall ... 178
ereignisverhindernd ... 120
ereignisverhindernden Massnahmen ... 178
Erhaltung ... 126
Erhaltungsmodule ... 135
Erhaltungszentren ... 135
Erstfeld ... 204
ERTMS bzw. ETCS ... 90
Etappierter Ausbau FinöV ... 19
EU-Richtlinie 91/440 ... 34
Eurotunnels ... 138
Fachdienste ... 142
Fahrbahn ... 123
Fahrbahnelemente schotterloser Oberbau ... 81
Fahrbahnelemente Schotteroberbau ... 85
Fahrdienstvorschriften ... 91
Fahrdraht ... 56
Fahrdrahthöhe ... 58
Fahren oder Erhalten ... 126, 128
Fahrleitung ... 55, 207
Fahrleitungssektionierung ... 67
Fahrleitungssektionierungen ... 223
Fahrleitungssystem ... 209, 223
Fahrleitungstransformatoren ... 239
Fahrleitungstyp ... 223
Fahrleitungstypen ... 57, 208
Fahrstrassen ... 92
Fahrstrassenanpassung ... 88
Fehlerquellen ... 155
Fernbereich 2 ... 97
Ferndiagnosesystem ... 59
Fernsteuerung ... 96
Fernübertragung (FU) ... 97
Festbremsortungsanlage ... 99
Free Access ... 125
Früherkennung ... 228

Führerstandssignalisierung ... 88
Führerstandssignalisierungsystem ... 124
Funk für Lösch- und Rettungszug ... 108
Funkantennen ... 111
Gefahrenanalyse ... 117
Generalunternehmern ... 139
Gesamtkosten Bahntechnik ... 36
Gesamtterminprogramm Bt ... 37
geschotterte Fahrbahn ... 123
Glasfasernetz ... 114
Gleis ... 144
Gotthard-Basistunnel ... 204, 206, 211
Grenzwerte ... 151
Grundlagen ... 18
Grundlagen und Entwicklungen ... 27
Grundsätze ... 148
GSM ... 91
Gutachtens ... 102
Gütertransitverkehr ... 235
Hand-Over ... 111
Heissläuferanlage ... 99
ILTIS ... 98
Inbetriebnahme ... 145
Infrastrukturen ... 242
Installationsplatz ... 140
Integrales Bahntechniksystem ... 50
Intervallzahlen ... 131
Interventionsablauf im Doppelspurtunnel ... 132
Interventionsmassnahmen ... 94
ISDN ... 105
Isolierstössen ... 90
Kabel ... 122
Kabelanlagen ... 74, 212
Kabelarten ... 77
Kabelbedarfs ... 78
Kabelkanäle ... 75
Kabelkanälen ... 211
Kabelrohrblöcke ... 74
Kabelrohrblöcken ... 74, 211
kabelsparende Lösungen ... 69
Kabeltrassee ... 74, 77
Klappenöffnung ... 168
Kolbeneffekt ... 149
Komponenten der Bahntechnik ... 47
Kondensation und Wasserverdunstung ... 150
Konstruktionsart ... 81
Kontrollabstand ... 94
Kontrollgleis ... 94, 205
Kopfstation ... 198
Korrosionsschutzmassnahmen ... 58
Kraftwerk ... 238
Kraftwerk Amsteg ... 239
Kraftwerks Giubiasco ... 241
Kühlung ... 143
Lastberechnungen ... 210
Laststromwerte ... 210
Lebensdauer ... 114
Linienführung ... 126
Litti ... 192, 193, 196
Lufttauscher ... 158
Lüftung ... 143
Luftwechsel ... 149
Luftwechsel in und durch die Querschläge ... 167
LWL-Leitungen ... 114
Machbarkeitsstudie ... 240
Mattstetten - Rothrist ... 249
MFS ... 127
minimale Betonüberdeckung ... 65
Mittelspannungsebene ... 72
Mobile Switching Center (MSC) ... 110
Mobilfunk ... 107
Mobilteilnehmers ... 111
Mont d'Ambin ... 253
Nachspannlänge ... 58
Nachspannsystem ... 56
Nachspannsystems ... 60
Netzzugangsverordnung ... 34, 35
Neubaustrecke ... 185
Nidelbad ... 192, 196
Niederspannungsnetzes ... 72
Niederspannungsverteilungen ... 72
Normbrand ... 179
Notaus der Klimaanlage ... 125
Notbremsüberbrückung ... 125, 246
Nothaltestellen ... 126
Notlaufeigenschaften ... 125
Notlauffähigkeit ... 246
Oberbau ... 16, 79
optischen Einfahrsignalen ... 197
Ortungsbalisen ... 214
Ortungspunkt (Balise) ... 92
Outsourcing ... 114
Pflichtenhefte ... 31, 32, 33
Physische Trennung Betrieb / Baustelle ... 128
Pilotstrecke ... 90
Ping-Pong-Effekt ... 111
Planung ... 242
Planung und Inbetriebnahme der neuen Unterwerke ... 243
Plattenoberbau ... 82
Preisstand ... 36
Projekt EA ... 206
Projektablauf ... 26
projektbezogenes Qualitätsmanagement ... 39
Projektierung ... 18
Projektierung und Realisierung ... 27
Projektphasen ... 27
Projektrisiken ... 39
Projektstand ... 36
Projektstruktur Bahntechnik ... 38
Projektumfang ATG ... 19
Public-Anwendungen ... 114
Qualität ... 16
Querschläge ... 126, 204
Querschnittsfläche ... 164
Radlastwaage ... 99
Rauchgase ... 179
RBC ... 92
Realisierung ... 242
Rechtliche Grundlagen ... 24
relativen Luftfeuchtigkeit ... 149
Rezirkulation ... 162
Richtlinie 91/440 ... 34
Risikofaktoren ... 39
Rollmaterial ... 125, 244
Rückfallebene Betrieb ... 160
Rückfallebenen ... 158
Rückleitungen ... 56
Rufnummer ... 109
SA-Anlagen ... 124
SBB ... 223
SBB-Eisenbahnnetz ... 236
Schächte ... 76
Schaltapparaten ... 67
Schaltposten ... 63
Schienenoberkante (SOK) ... 111
Schnittstellen ... 186
Schnittstellen Bau-Bahntechnik ... 68
schotterlose Fahrbahn ... 123
schotterloser Oberbau ... 79
Schotteroberbau ... 85
SDH (Synchrone digitale Hierarchie) ... 108
Sektionierung ... 121
Sendemasthöhe ... 111
Sicherheit ... 117, 178
Sicherheitsanforderungen ... 117
Sicherheitsniveau ... 124
Sicherungs- und Automationsanlagen ... 87
Sicherungsanlagen ... 16

Signalstaffelung ... 198
Silikonschicht ... 58
SIMIS-C ... 88
Simulation ... 207
SIOP ... 40
Spannweite ... 209
Speiseleitungen ... 99
Sprachband-Modem ... 107
Spurwechsel ... 123
Spurwechseln ... 67
Stammlinie ... 185
Stammorganisation ... 100
Standard-Containern ... 213
Standards ... 31
Standards techniques d'interopérabilité ... 59
Stationsebene ... 108
Staub ... 143
Steckdosen ... 73
Stelldistanzen ... 94
Stellwerk und Leitsysteme ... 88
STI ... 244
Stichleitungen ... 96
Störungsbehebung im Doppelspurtunnel ... 132
Störungshäufigkeiten ... 131
Strahlendes Kabel ... 144
Streckenstellwerk ... 102
Streckentyp ... 54
Streckentypen ... 57
Streuströme ... 64
Stromabnahmequalität ... 55, 209
Stromabnehmers ... 55
Stromabnehmertypen ... 61
Stromschiene ... 208
Stromversorgung ... 55
Stromversorgungsanlagen ... 120
Stromversorgungskonzept ... 225
Stromverteilung ... 62
Sunrise ... 114
Swisscom ... 114
Telekomanlagen ... 16
Telekommunikationsanlagen ... 87
Temperatur ... 149
Terminprogramm ... 52
TMn-Block ... 213
TOM Top Operating Management ... 103
Totalsperre ... 93
Toxizität ... 179
Trägerfrequenz ... 111
Tragseil ... 56
Traktionswärme ... 149
Trenntransformatoren ... 70
Trockenkühlung ... 158
Trocknung ... 159
Tunnelaerodynamik ... 149
Tunnelfunkversorgung ... 107
Tunnelklima ... 148
Turnus planbare "Erhaltungsarbeiten" ... 128
Übergang Schotteroberbau / schotterloser Oberbau ... 79
Überholgleis ... 204
Übertragung ... 235
Übertragungsleitungen ... 241
UIC ... 244
Unterbruchsfreie Stromversorgung (USV) ... 122
Unterbruchsfreies Stromversorgungsnetz ... 71
unternehmensbezogene Qualitätsmanagement ... 39
Unterwerk ... 224
Unterwerk Pollegio ... 240
Unterwerk Polmengo ... 239
Unterwerk Sihlbrugg ... 237
Unterwerke ... 236
Ursprungstemperaturen ... 150
Ventilationsschächte ... 163
Verfügbarkeit der NBS für Erhaltungsarbeiten ... 129, 130
Verminderung der Störungshäufigkeit ... 135
Verrauchung ... 180
Verschlüsse ... 89
Verwandte Gebiete ... 18
Vezia ... 221, 222
Vorgaben ... 147
Vorgaben Bahntechnik ... 29
Wärmetransport der Züge ... 150
Wasserkraftwerke ... 235
Weichen ... 125
Weichendiagnose-System (WDS) ... 90
Weichenheizung ... 90
Windkanalmessungen ... 162
Wirtschaftlichkeit ... 101
Zellenwechsel ... 111
Zickzack ... 210
Ziel ... 16
Zimmerberg ... 192
Zimmerberg-Basistunnel ... 15, 194
Zufahrtstrecken ... 138
Zugfunk ... 107
Zuleitungen ... 70
Zwergsignale ... 90



Legende

Legende Situation

- Neubaustrecke AT
- Anpassung STL - AT
- STL bestehend
- STL wegfallend
- AT AlpTransit
- STL Stammlinie
- Anschlussbauwerk Nidelbad
- Bt-Räume im Tunnel
- Bt-Räume ausserhalb Tunnel
- Fl-Schaltposten
- Technische Nischen
- Kilometrierung nur für Mengengerüst massgebend

Legende Telecom (TC)

- TC Anschluss
- D Datenanschluss
- V Vermittlungsanschluss
- S Störungsmeldeanschluss
- Uebertragungsausrüstung
- Datennetzausrüstung
- Vermittlungsausrüstung
- Funkausrüstung
- T Funkmast

Legende Signalanlagen und Automation (SA)

- Balisenstandort
- Zählpunkt der Achszählung, dauernd aktiv
- Start- / Haltepunkt
- Stellwerkgrenze
- ? 1. Stelle der alphanumerischen Streckengleisnummer wird durch die SBB noch festgelegt
- optische Signale

Legende Fahrbahn (Fb)

- Schotteroberbau
- schotterloser Oberbau

Legende Elektrische Anlagen (EA)

- 50 Hz - Einspeisung, Trafostation
- Fl-Schaltposten mit Einspeisung
- Fl-Schaltposten ohne Einspeisung
- Fl-Sektionierung
- Fl-Speisepunkt (Kabelaufstieg)
- Erdanschluss Ringleitung auf Putz montiert mit el. Verbindung zum Gleis
- Fahrleitung (Fl) Typ R 160 (im Freien)
- Fahrleitung (Fl) Typ 250 (im Tunnel)
- Kabeltrassierung Typ 25 (Oberflächenkanal)
- Kabeltrassierung Typ DST 1 (Detail siehe unten)
- Kabeltrassierung Typ DST 2 (Detail siehe unten)
- Kabelschacht Typ DST 1 (Detail siehe unten)
- Kabelschacht Typ DST 2 (Detail siehe unten)

Kabelschacht Typ DST 1: Grundriss

Kabeltrasse Typ DST 1: Querschnitt

Kabelschacht Typ DST 2: Grundriss

Kabeltrasse Typ DST 2: Querschnitt

N

P:\dt\018_019\zbt_02.dgn

AlpTransit Gotthard AG

AlpTransit Gotthard Bern Gotthardo

Bahntechnik

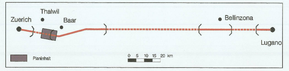
Teilabschnitt

Nidelbad – Litti
Zimmerberg Teil 2

km 9.00 – 24.00

Grundlage fuer Bauprojekt Bahntechnik
Schemaplan 1 : 20'000 /2'000 /500

Gleistopologie



Auftrags-Nr.: Format: 162 x 30 Datum: 01.05.1999

Erstellt:	Kontrolliert:	Genehmigt:	SBB Registratur Code:
rt - 22.10.1998	tst - 26.10.1998		736.75
Gezeichnet:			
A: BW - 01.05.1999	A:	A:	
B:	B:	B:	
C:	C:	C:	Plan Nr.: ZBT

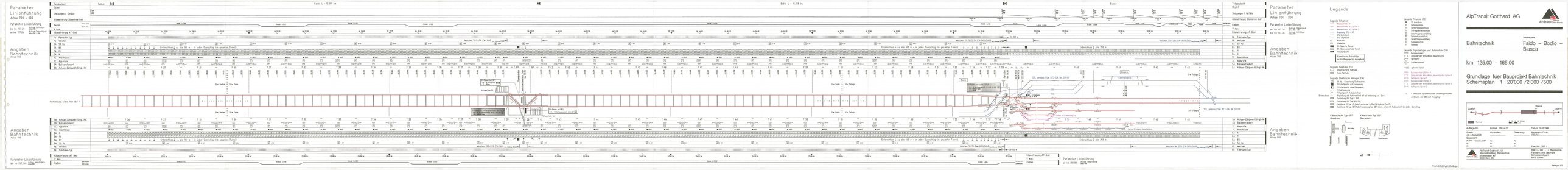
AlpTransit Gotthard AG
Bahntechnik
Mittelstrasse 43
3000 Bern 65

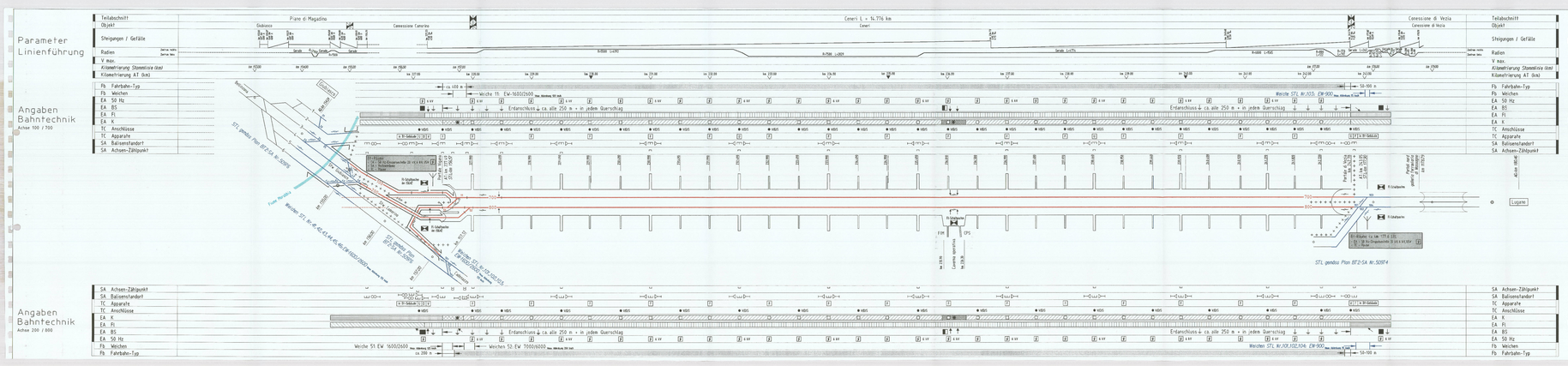
SBB I – AM – LZ Bahntechnik
Fahrbahn und Geomatik
Schweizerhofquai 6
6002 Luzern

Beilage 1.1

Parameter Linienführung
Achse 3 / 100 / 2 / 700

Parameter Linienführung
bis km 99.540: Achse 3 / 700
ab km 99.547: Achse 100 / 2 / 700 — Achse 100 / 2 / 700 — Achse 100 / 2 / 700 —


Parameter Linienführung
Achse 700 + 800
Parameter Linienführung
Achse 700 + 800
Angaben Bahntechnik
Achse 700
Angaben Bahntechnik
Achse 700
Angaben Bahntechnik
Achse 800
Angaben Bahntechnik
Achse 800
Parameter Linienführung
Parameter Linienführung
Legende
Legende Situation
Legende Fahrbahn (FA)
Legende Elektrische Anlagen (EA)
Legende Tracksk (TC)
Fahrbahnachse Gleis 1
Fahrbahnachse Gleis 2
Fahrbahnachse Gleis 3
Fahrbahnachse Gleis 4
Fahrbahnachse Gleis 5
Fahrbahnachse Gleis 6
Fahrbahnachse Gleis 7
Fahrbahnachse Gleis 8
Fahrbahnachse Gleis 9
Fahrbahnachse Gleis 10
Fahrbahnachse Gleis 11
Fahrbahnachse Gleis 12
Fahrbahnachse Gleis 13
Fahrbahnachse Gleis



Legende

Legende Situation
- Neubaustrecke AT
- Option AT
- Anpassung STL - AT
- STL bestehend
- STL weggefallen
- AT AlpTransit
- STL Stammlinie
- TA-Röhre im Tunnel
- TA-Röhre ausserhalb Tunnel
- TA-Schachtportal
- Technische Nischen
- Kilometrierung nur für Mengenprint massgebend

Legende Fahrbahn (Fb)
- Schotterbettgleis
- schotterloser Oberbau

Legende Elektrische Anlagen (EA)
- 50 Hz = Einspeisung Fernbahnstrom
- FI-Schaltgruppen mit Einspeisung
- FI-Schaltgruppen ohne Einspeisung
- FI-Schalthäuschen
- FI-Sperrsignal Multifunktion
- Regelung auf 2x25 markiert mit ø Verbindung zum Gleis
- Fahrleitung ETI Typ R 160 (m. Feeder)
- Fahrleitung ETI Typ 250 (im Tunnel)
- Kabeltrassierung Typ DST 1 (Detail siehe unten)
- Kabeltrassierung Typ DST 1 (Detail siehe unten)
- Kabeltrassierung Typ DST 2 (Detail siehe unten)
- Kabelschacht Typ DST 1 (Detail siehe unten)
- Kabelschacht Typ DST 2 (Detail siehe unten)

Legende Telecom (TC)
- TC Anschluss
- TV Datenanschluss
- V Verkehrspanzeichen
- VA Störungsmeldeanschluss
- UV Unterbrechungsunterführung
- SV Schrankenüberwachung
- VA Verkehrspanzeichen
- FA Funkanschaltung
- T Telefonat

Legende Signalanlagen und Automation (SA)
- Balisenlandort
- Zählpunkt der Achszählung, dazumal aktiv
- Start- / Endpunkt
- Stellwerkgrenze
- optische Signale

Kabelschacht Typ DST 1: Grundriss / Querschnitt
Kabeltrasse Typ DST 1: Querschnitt
Kabelschacht Typ DST 2: Grundriss / Querschnitt
Kabeltrasse Typ DST 2: Querschnitt

AlpTransit Gotthard AG

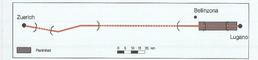
Bahntechnik

Teilabschnitt
Bellinzona – Ceneri
Ceneri – Basistunnel

km 227.00 – 243.00

Grundlage fuer Bauprojekt Bahntechnik
Schemaplan 1 : 20'000 /2'000 /500

Gleistopologie



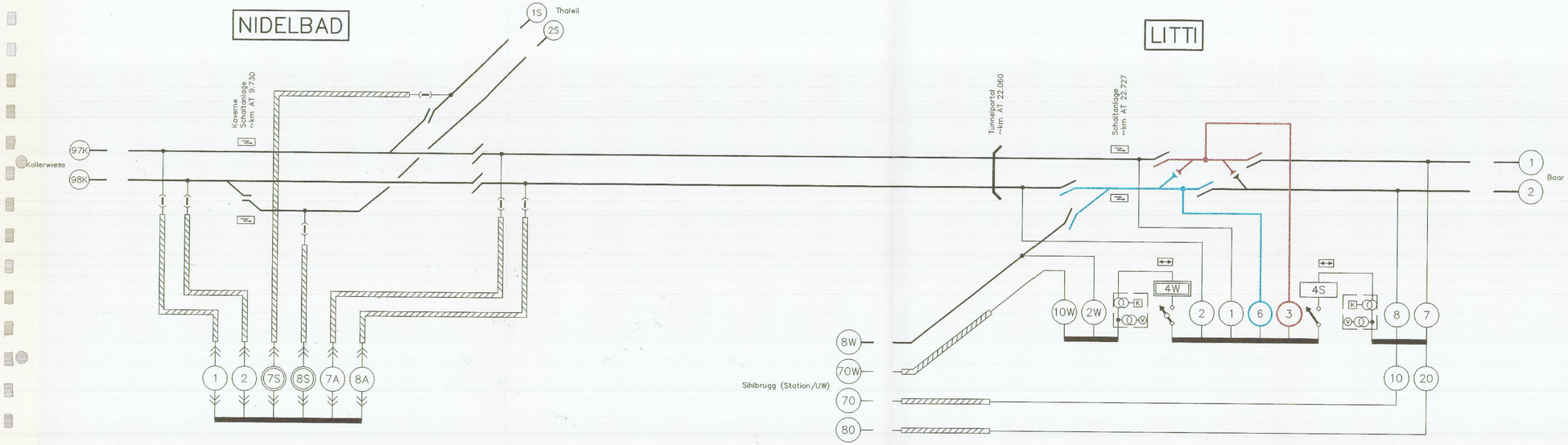
Auftrags-Nr.:	Format: 190 x 30		Datum: 01.06.1999
Erstellt: IK – 20.05.1998	Kontrolliert: HT – 26.05.1998	Genehmigt:	Registratur Code: 7.A5.2
Geaendert: A: KT – 01.05.1999	A:	A:	
B:	B:	B:	
C:	C:	C:	Plan Nr.: CBT

AlpTransit Gotthard AG
Bahntechnik
Mittelstrasse 43
3000 Bern 65

SBB I- AM – LZ Basistechnik
Parkplatz und Terminalstr.
Schweizerhofquai 6
6002 Luzern

Beilage 1.4

PrAvP08_GBKart01.dgn



LEGENDE

- Sammelschiene
- Gleis mit Fahrleitung
- Gleis ohne Fahrleitung
- Fahrleitung ohne Gleis
- Gleis mit geerdeter Fahrleitung
- Hilfsleitung
- Umgehungsleitung
- Speise- und Verbindungsleitung
- 15kV-Kabel
- Streckentrennung
- Schutzstrecke mit Gleistrenner
- Elektrische Trennung mit Paralleführung
- Leistungsschalter normal ein
- Leistungsschalter normal aus
- Lastschalter normal ein
- Lastschalter normal aus
- Hörnerschalter normal ein
- Hörnerschalter normal aus
- Hörnerschalter mit Rückmeldung normal ein
- Hörnerschalter mit Rückmeldung normal aus
- Hörnerschalter mit Motorantrieb normal ein
- Hörnerschalter mit Motorantrieb normal aus
- Schalter mit Kurzschlussanzeige und ev. Auslösung
- Trennmesser normal geschlossen
- Trennmesser normal offen
- Prüfwiderstand
- Prüfdrossel
- Streckentrennungs-Signal
- Bügelsenksignal drehbar
- Zähler
- Ein- oder Ausfahrsignal
- Schaltposten
- Fahrleitungs-Distanz-Schutz
- Voltmeter
- Kombinierter Strom-Spannungswandler

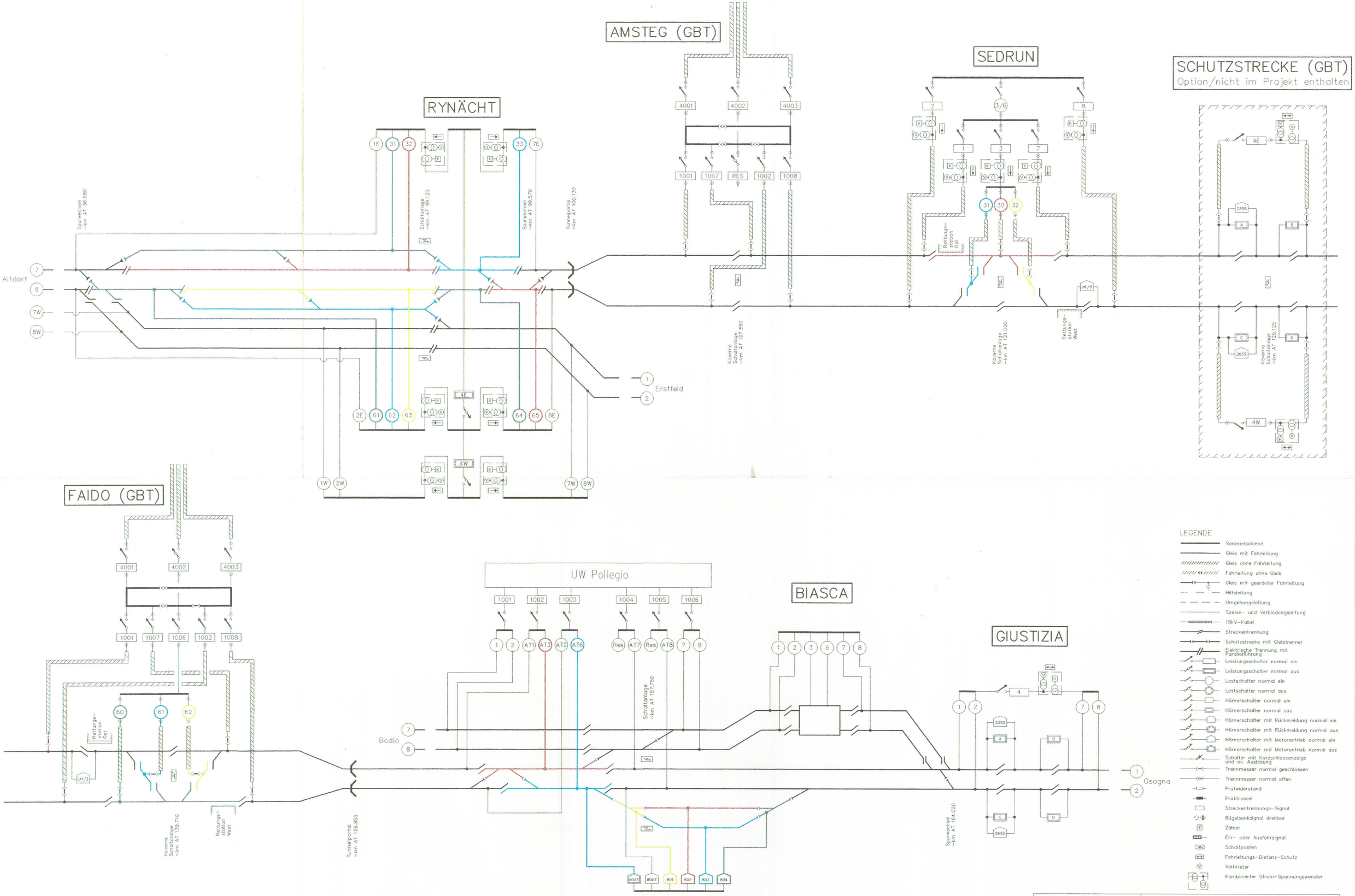
SBB AG
I-AM-LZ-BT
Fahrstrom
6002 Luzern

AT ZIMMERBERG-BASISTUNNEL

Schaltplan / Aktualisiertes Vorprojekt Stand Ende 1998

Änderung: 02	03	04	05	06	07	08
Gezeichnet: 11.06.1999/sty, bae		Geprüft:		Zeichnungs-Nr. AT-ZBT01		

Beilage 1.5



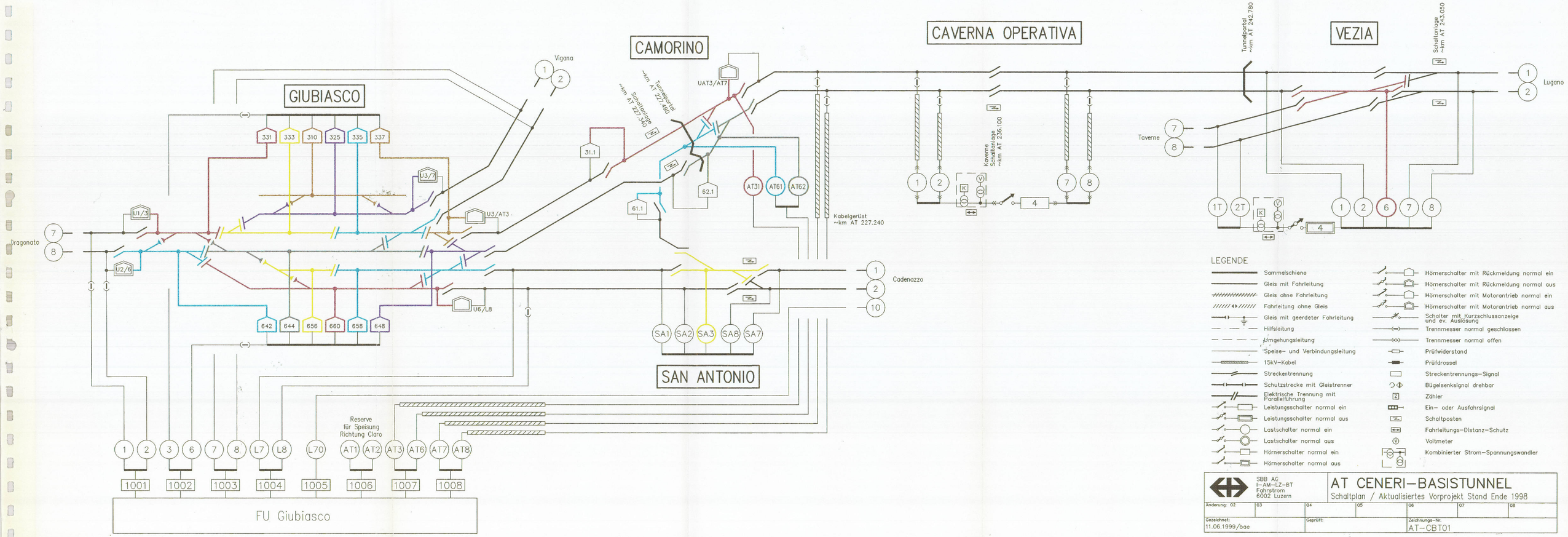
SBB AG
I-AM-LZ-BT
Fahrstrom
6002 Luzern

AT GOTTHARD-BASISTUNNEL

Schaltplan / Aktualisiertes Vorprojekt Stand Ende 1998

Änderung: 02	03	04	05	06	07	08
Gezeichnet: 11.06.1999/sty, bae		Geprüft:		Zeichnungs-Nr. AT-GBT01		

Beilage 1.6



SBB AG
I-AM-LZ-BT
Fahrstrom
6002 Luzern

AT CENERI-BASISTUNNEL

Schaltplan / Aktualisiertes Vorprojekt Stand Ende 1998

Änderung: 02	03	04	05	06	07	08
Gezeichnet: 11.06.1999/bae		Geprüft:		Zeichnungs-Nr. AT-CBT01		

Beilage 1.7