© 2001 Svenska Bergteknikföreningen och författare

ALPTRANSIT, Schweiz

Lötschberg tunnelsystem för järnväg genom Alperna. Produktionsteknik och planering av projekt Mitholz.

Stig Eriksson, Skanska International Civil Engineering AB

1. INLEDNING

Allmänt om tunnelsystemen i Schweiz

Två mycket långa tunnelsystem för järnväg är för närvarande under byggnation genom Alperna i Schweiz. Båda tunnelsystemen är planerade för att förbättra transporterna mellan södra och norra Europa. Tunnelsystemen har studerats, undersökts och projekterats under de senaste 10 till 20 åren och under november 1998 beslutade Schweiz genom en folkomröstning att bygga de två nya systemen:

- **Lötchberg** (söder om Bern)
  Ett 36 km långt tunnelsystem med två parallella enkelspårstunnlar för nästan hela sträckan Frutigen till Raron. Tunnelsystemet är uppdelat i några mindre samt fyra stora byggentreprenader (Steg, Raron, Ferden och Mitholz). Tunnelsystemet kommer att tas i drift under år 2007.

- **Gotthard** (söder om Zürich).
  Ett 57 km långt tunnelsystem med två parallella enkelspårstunnlar för hela sträckan Erstfeld till Bodio. Tunnelsystemet är uppdelat i flera mindre samt fem stora byggentreprenader (Erstfeld, Amsteg, Sedrun, Faido och Bodio). Tunnelsystemet kommer att tas i drift år 2012.

Båda tunnelsystemen består i princip av två parallella enkelspårstunnlar med tvärtunnlar mellan de två huvudtunnlarna för var cirka 320:e meter. Dessutom finns spårväxeltunnlar och bergrum för olika behov (el, signalsystem, service etc.) samt diverse andra utrymmen underjord.

För Lötchberg kommer endast en tredjedel av huvudtunnlarna att borras med TBM (projekt Steg samt Raron) medan två tredjedelar av huvudtunnlarna samt alla tvärtunnlar, spårväxeltunnlar, bergrum m.m. kommer att utföras genom konventionell borrning och sprängning.

För Gotthard kommer tre fjärdedelar av huvudtunnlarna att borras med TBM (troligen projekten Amsteg, Faido och Bodio) men alla tvärtunnlar, spårväxlar, bergrum m.m. kommer att sprängas även för dessa.

© 2001 Svenska Bergteknikföreningen och författare

För projekten Erstfeld och Sedrun kommer antagligen alla bergarbeten att utföras genom konventionell sprängning.

För att bygga båda tunnelsystemen har 6 till 7 större joint ventures bildats som konkurrerar om de större byggentreprenaderna. Framförallt är det mest byggföretag från centrala Europa som är intresserade av projekten dvs. företag från Schweiz, Österrike, Tyskland, Italien och Frankrike som är representerade i grupperna. Varje joint venture består oftast av 4 till 7 olika byggföretag från ovan nämnda länder. Skanska och NCC deltar som de enda nordiska byggföretag i varsin grupp.

2. PROJEKT MITHOLZ

Inledning

Lötchberg tunnelsystem består av fyra stora entreprenader varav Mitholz är den nordligaste entreprenaden, se bild 1.

Mitt på projekt Mitholz finns en knutpunkt innehållande två bergrum, spårväxel tunnlar samt diverse andra utrymmen. En 1,5 km lång tillfartstunnel leder ner till denna knutpunkt. Parallellt med Mitholz projektets norra del finns även en 9 km lång TBM borrad undersökningstunnel med 5 meters diameter. De ovan nämnda arbetena har utförts tidigare genom tre mindre bygg entreprenader som utförts av joint ventures bestående enbart av schweiziska byggföretag.

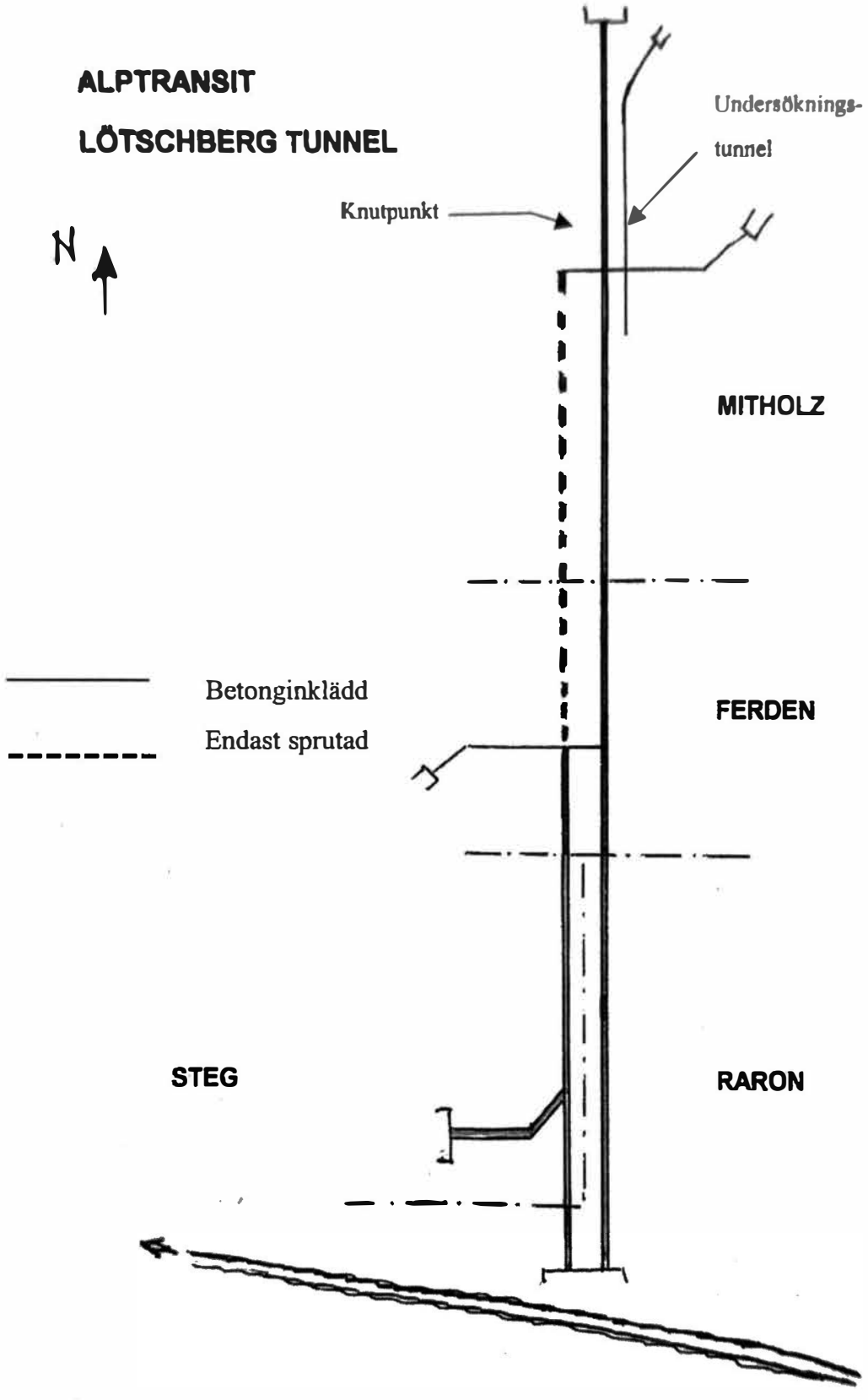
Från knutpunkten består projekt Mitholz av två 8,5 km långa parallella enkelspårstunnlar söderut samt en 7.5 km lång tunnel norrut. 35 m långa tvärtunnlar finns cirka var 320:e m längs efter huvudtunnlarna. För tunneln norrut leder tvärtunnlarna däremot till undersökningstunneln som kommer att tjänstgöra som räddningstunnel tills en ny, andra parallell huvudtunnel, byggs någon gång i framtiden. Söderut kommer den östra huvudtunneln att inklädas med betong och den västra tunneln förstärkas enbart med sprutbetong (den kommer att betonginklädas i framtiden innan den tas i drift). Norrut från knutpunkten kommer huvudtunneln att inklädas med betong (den östra tunneln som byggs i detta projekt). Den totala längden huvudtunnel i projekt Mitholz är således omkring 25 km varav 16 km kommer att betonginklädas.

De större mängderna för projekt Mitholz är enligt nedan:

- Berguttag 1 700 000 m3
- Sprutbetong 100 000 m3
- Bult 250 000 st
- Betong 300 000 m3
- Plastmembran 400 000 m2
- Kabel och dränage rör 200 000 m

På grund av risk för svällande berg (squeezing rock) i de södra tunnlarna är enbart konventionell sprängning planerad för allt berguttag. Projekt Mitholz är ett omfattande och långvarigt projekt med en 6 årig projekttid.

© 2001 Svenska Bergteknikföreningen och författare



© 2001 Svenska Bergteknikföreningen och författare

Tidplanen för projektet är enligt följande:

• Anbudshandlingar och platsinformation	Januari 1999
• Anbudsinlämning	Juni 1999
• Avsiktsförklaring	Oktober 1999
• Kontraktsskrivning	Februari 2000
• Tillgång till knutpunkt underjord	Juni 2000
• Tunnel norrut färdig berguttag	Januari 2003
• Tunnel norrut helt färdig	December 2005
• Tunnlar söderut färdig berguttag	Augusti 2003
• Tunnel söderut helt färdig	Januari 2006
• Tunnlarna tas i drift	2007

Projekt Mitholz drivs av SATCO (Swiss Alptransit Contractors) som är ett joint venture bestående av sponsorn Strabag från Österrike, Dumez från Frankrike, Walo och Rothpletz från Schweiz samt Skanska.

Kontraktsvillkor Mitholz

För alla entreprenader används den schweiziska normen SIA samt den schweiziska standardiserade mängdförteckningen. Alla entreprenader är mycket strikta general entreprenader med mycket genomarbetade handlingar och omfattande detaljerade mängdförteckningar. Projekt Mitholz är indelat i flera byggdelar (norra tunneln, södra tunneln, knutpunkten, undersökningstunneln etc.) med separata mängdförteckningar för varje del och totalt finns mer än 10 000 prissatta poster.

Kontraktsvillkoren är dock relativt rättvisa och kännetecknas av följande punkter:

- Ingen anbudsgaranti
- Utförande garantin är 5 % av kontraktsumman
- Garanti tiden är 2 till 3 år
- Låga böter vid förseningar, tak som är endast 3 % av kontraktsumman
- Stilleståndsersättning erhålls vid vatteninbrott, gas, laviner etc.
- Inga förskottsbetalningar
- Många detaljerade mobiliseringsposter, upp till 30 % av kontraktsumman
- Betalning av månadsfaktura normalt efter 60 dagar, rabatt om betalning sker tidigare
- All bergförstärkning ersätts, även förstärkning av temporär natur

Tekniska krav för projekt Mitholz

Handlingarna för projekt Mitholz föreskrev förbud för transporter på gummihjul och allt arbete i tunnlarna var planerade av beställaren BLS Alptransit att utföras med rälsburna transporter. Vid knutpunkten underjord föreskrev handlingarna att betongstation, verkstad och andra servicefunktioner etablerades.

© 2001 Svenska Bergteknikföreningen och författare

Huvudtunnlarna sprängs med en av area varierande från 63 till 73 m2 beroende på bergkvalitén. Berget är klassificerat i 8 olika klasser med tillhörande förstärkning bestående av sprutbetong, bult, nät och stålbågar beroende på bergkvaliteten. Förstärkningen för varje klass är uppdelad i L1, L2 och L3. Förstärkningen som är definierad i L1 skall utföras inom 5 m från stuff, dvs innan nästa salva och består normalt av swellexbult, sprutbetong och eventuellt nät och stålbågar. Förstärkning enligt L2 skall utföras inom 30 m från stuff och består normalt av ingjutna bult, sprutbetong och nät. Förstärkning enligt L3 skall utföras inom 500 m från stuff. Bild 2 visar Förstärkningen för klass 2 och klass 7.

Ingen kontinuerlig förinjektering kommer att utföras för projektet utan injektering görs endast i större vattenförande zoner. Kontinuerlig sonderingsborrning utförs dock för att kontrollera:

- Inläckage av vatten
- Bergkvalitet
- Förekomst av gas

I tunnlarna söderut kommer sonderings- och undersöknings borrningen att bli mycket omfattande under de sista 3 kilometrarna där befintlig information är begränsad på grund av den stora bergtäckningen och risken anses som stor för förekomsten av karst, stora vatteninbrott, svaghetszoner samt squeezing rock.

Tunnlarna utförs dränerade med ett tillåtet vatten inläckage av mellan 5 – 20 l/s och km tunnel. Totala tillåtna vatten inläckaget för projekt Mitholz är cirka 200 l/s. Plastmembran kommer att installeras i våta områden för att leda vattnet till dränage-rören ingjutna i golvet. I princip samtliga tunnlar utförs en betonginklädnad med en 25 till 30 cm tjock oarmerad betong av kvalitet K30. Bild 3 visar en tvärsektion av huvudtunneln.

Allt sprängt berg skall levereras i tappfickor vid knutpunkten där beställaren sedan tar över transporten av materialet. Materialet som lämnas av entreprenören vid knutpunkten får vara maximalt 200 mm varför krossning underjord krävs av allt berg. Från knutpunkten transporteras materialet sedan via band ut genom tillfartstunneln till depåer utomhus för användning eller vidare förädling. Beställaren (BLS Alptransit) har noggrant planerat användandet av allt berg, en del av berget kommer att användas för tillverkning av betong och sprutbetong för Mitholz medan allt annat berg planeras att användas till olika andra projekt belägna i kantonen Bern.

Beträffande borrutrustning finns krav på att ett datoriserat riktningssystem skall användas. Inga specifika krav finns i handlingarna beträffande skadezon och typ av sprängämne för projektet.

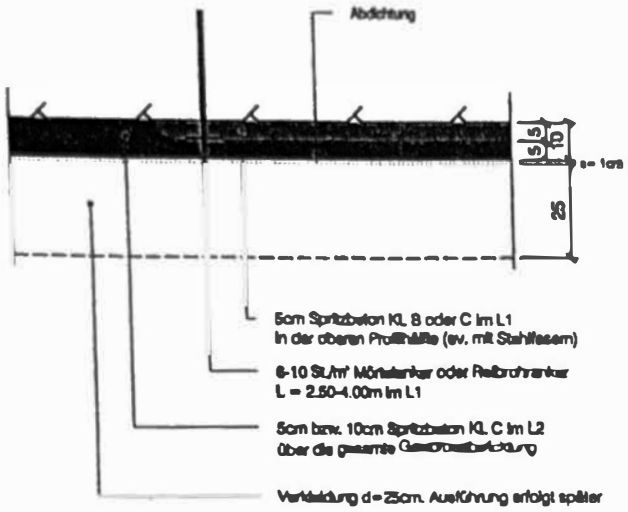
Allt vatten från tunnlarna skall renas innan det släpps ut i vattendragen. En befintlig reningsanläggning finns från de tidigare entreprenaderna och kommer efter en komplettering även att används för detta projekt.

Stränga krav finns både beträffande ventilation och lufttemperatur i tunnlarna under byggtiden. För att klara kravet maximal temperatur 28 grader i tunnlarna erfordras en kylanläggning med en kapacitet på cirka 5 MW.

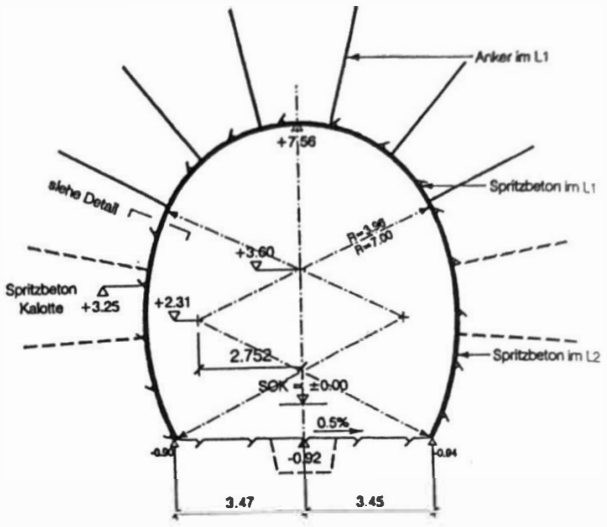
© 2001 Svenska Bergteknikföreningen och författare

Profiltyp ES 2/W

	Stross-vortrieb
Ausbruchart	A
Abschlaglänge	≤ 4.00m
Gewölbeabwicklung	21.80m
Ausbruchquerschnitt	61.46m²
Verkleidung	d = 25cm



Schnitt 1:100



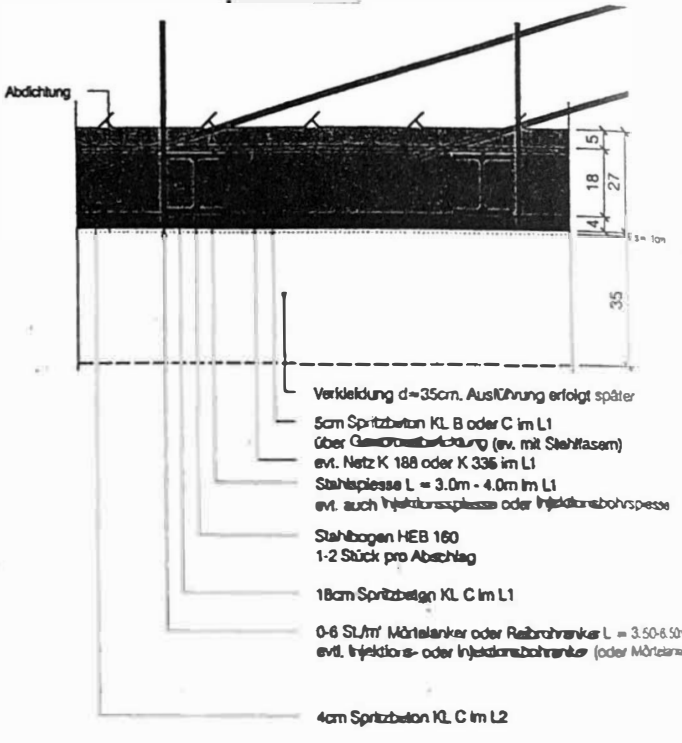
Detail 1:10

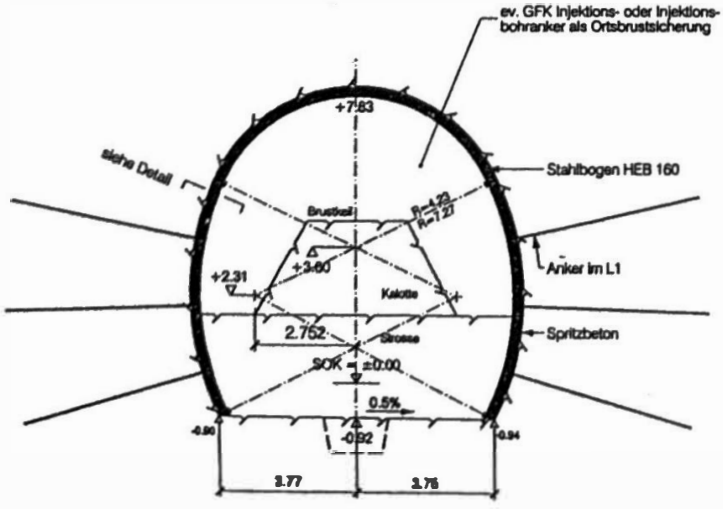
Profiltyp ES 2/W	Menge/m'			
Felssicherung	Einheit	L1	L2	L3
Spritzbeton KL B oder C 5cm, (ev. mit Stahlfasern)	m³	13.21	—	—
Spritzbeton KL C 5cm bzw. 10cm	m³	—	21.71	—
Mörtel- oder Reibrohranker L = 2.50-4.00m	Stk.	6-10	—	—

Profiltyp ES 7/W

	Stross-vortrieb
Ausbruchart	B, C
Abschlaglänge	≤ 1.00m
Gewölbeabwicklung	22.63m
Ausbruchquerschnitt	67.46m²
Verkleidung	d = 35cm

Schnitt 1:100





Detail 1:10

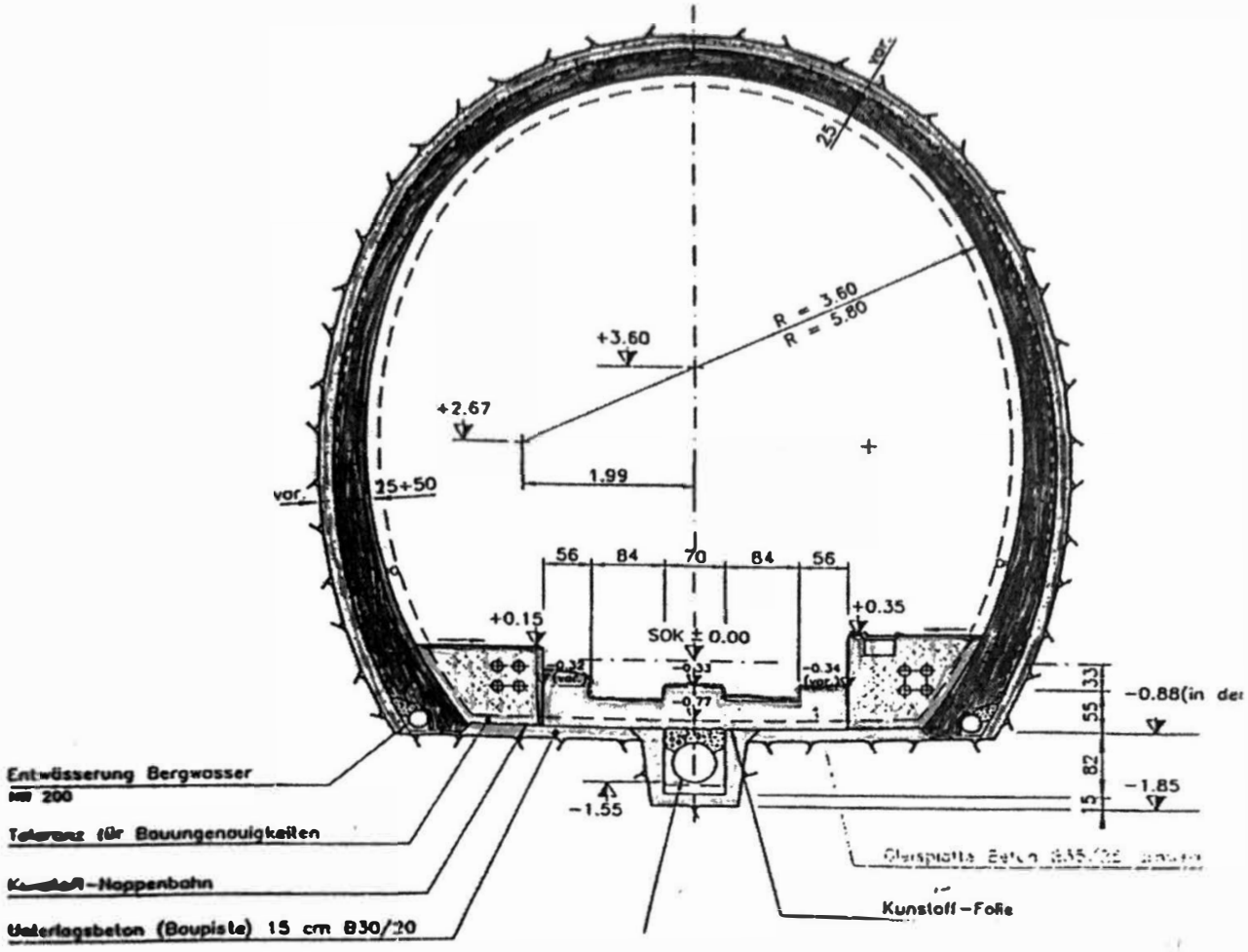
Profiltyp ES 7/W	Menge/m'			
Felssicherung	Einheit	L1	L2	L3
Spritzbeton KL B oder C 5cm	m³	22.63	—	—
Spritzbeton KL C 18cm	m³	22.48	—	—
Spritzbeton KL C 4cm	m³	—	21.93	—
Mörtel- oder Reibrohranker L = 3.50-6.50m	Stk.	0-6	—	—
Stahlbogen HEB 160	m'	22.48	—	—
Stahlspiesse L = 3.00 -4.00m	Stk.	—	—	—
ev. Netz K 188 oder k 336	m²	(22.48)	—	—
ev. GFK Injektions- oder Injektions-bohranker als Ortsbrustsicherung L = 8.00m	Stk.	0-8	—	—

© 2001 Svenska Bergteknikföreningen och författare

ALPTRANSIT

LÖTSCHBERG TUNNEL

MITHOLZ



CROSS SECTION

© 2001 Svenska Bergteknikföreningen och författare

Arbetstiderna i Schweiz är maximalt 2 112 timmar per år (176 timmar per månad) med max arbetstid per skift, dag =10 timmar och natt = 9 timmar. För projekt Mitholz är arbetsschemat 7 dagar per vecka med i princip 24 timmar /dag vilket innebär att vi tillämpar ett skiftsystem med 4 skift varav 3 arbetar och ett är ledigt.

Myndigheterna i Schweiz gör kontinuerligt kontroller på arbetsplatsen för att verifiera att ovan nämnda krav på miljön och arbetstider följs, samt att korrekta löner utbetalas till de kollektivanställda.

Produktionsplanering för projekt Mitholz

En styrelse för projekt Mitholz bildades genast efter det att avsiktsförklaringen erhållits och har i princip mötts nästan varje månad fram till slutet av 2000 varefter möten kommer att hållas 5 gånger per år.

Ett tekniskt råd bildades även med en representant från varje partner för att ge platsledningen stöd och råd. Tekniska rådet fungerar även som en länk mellan byggplatsen och hemmakontoren. Detta råd möttes normalt minst en gång per månad under hela år 2000 för att diskutera tekniska frågor, inköp och personal samt för att bereda alla viktiga frågor inför styrelsemötena.

Produktionsplaneringen av projektet startade under slutet av 1999, dvs strax efter det att avsiktsförklaringen erhållits. En mindre organisation bestående av framförallt den framtida platsledningen etablerades i Wien under november/december 1999 men flyttades till byggplatsen i Schweiz så fort kontraktet var undertecknat i slutet av februari 2000.

Efter några månaders intensiva studier och diskussioner beslutade joint venturet att inte använda rälsburen utrustning som var föreskrivet i handlingarna utan att använda transportband för alla ut transporter av berg samt att utföra alla transporter in av personal och material på gummihjul (betong, sprutbetong, bult, sprängämne etc). Detta förslag accepterades av beställaren och mängdförteckningen måste då omarbetas för att omfatta det nya förslaget (ett hundratal prissatta poster måste modifieras).

Det beslutades också på ett tidigt stadium att de tre tunnlarna kommer att drivas som tre enkeltunnlar med separata resurser. Vissa resurser finns gemensamt i reserv för alla tre tunnlarna t.ex. mobil kross, borraggregat, sprutrobot m.m.

Ett omfattande inköpsarbete startade samtidigt och utfördes av ovan nämnda organisation samt vid behov med stöd från hemmakontoren.

Följande större inköp har utförts:

- Etablering
- Kontor, Bodar, Kantin
- Borraggregat
- Utlastningsutrustning

© 2001 Svenska Bergteknikföreningen och författare

- Transportband
- Krossar
- Sprutrobotar
- Ventilation (fläktar och tub)
- Sprängämne
- Bult
- Betongstation
- Utsättning

Ett administrativt råd bildades även med en representant från varje partner för att diskutera och bereda frågor angående bokföring, administrativa rutiner, garantier, anställningar, skatter m.m.

Nytt koncept – hängande bakrigg, Mitholz

Normalt används bakriggar till TBM maskiner för att bära diverse utrustningar som elsystem, hydrauliksystem, verkstad, personalutrymmen m.m. Oftast är bakriggarna konstruerade som vagnar som går på räls, men ibland används även hängande bakriggar.

Vid konventionell borrning och sprängning har hängande bakrigg tidigare använts enbart vid några få långa tunnelprojekt. I Mitholz projektet kommer en drygt 100 m lång hängande bakrigg cirka 60 m bakom tunnel stuff att användas. Bakriggen kommer att dras fram på balkar som hänger via kättingar från bultar i taket. Bild 4 visar några tvärsektioner av bakriggen.

Bakriggen består av en stålplattform som täcker hela tunnelbredden och hänger ca 4.5 m ovanför tunnelgolvet. På bakriggen finns mycket utrustning som behövs för tunneldriften, bl a följande:

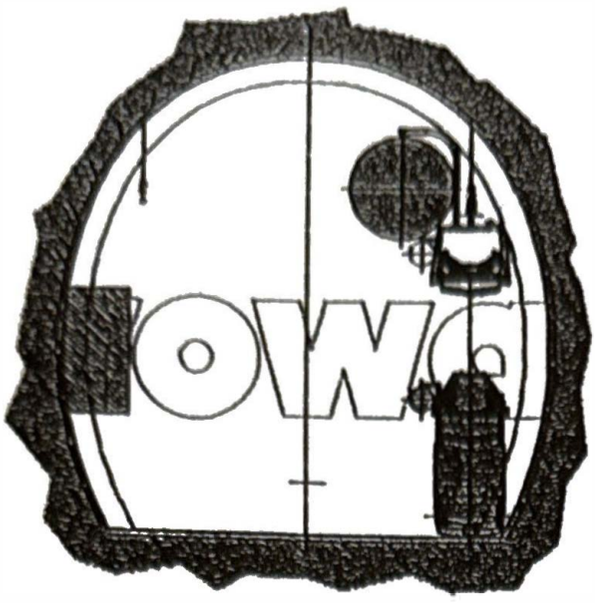
- Elektrisk kabelvinda och transformator
- Kompressor
- Utsugsfläkt med kassett för fläkttub
- Blåsande fläktrör samt kassett för fläkttub
- Personalbod och kontor
- Toalett
- Säkerhetsutrustning inkl räddningscontainer
- Verkstadsutrustning samt smörj- och serviceutrustning
- Transportband hängande i ena sidan
- Övrig utrustning

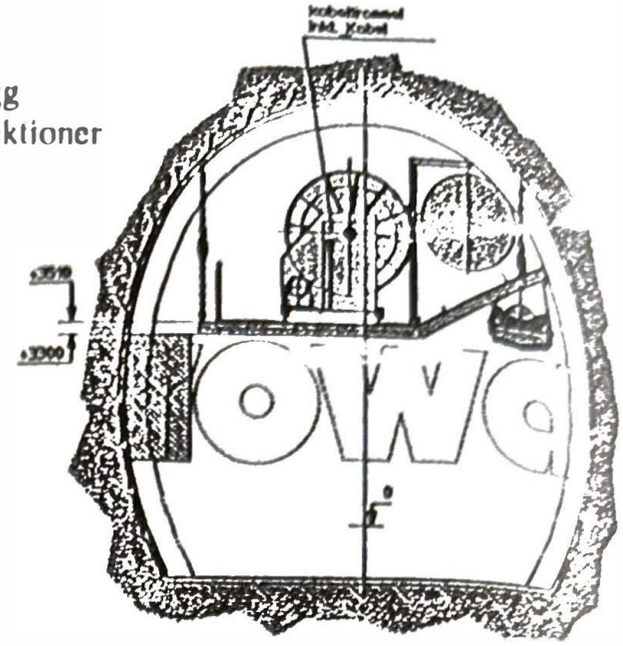
Efter sprängning sker utlastning med en hjullastare som bär berget till en mobil kross som finns 50 – 60 m bakom tunnelstuffen, dvs strax framför bakriggen. Från krossen transporteras det krossade berget via ett transportband som finns på bakriggens ena sida till huvud transportbandet i tunneln som för materialet till de stora tappfickorna vid knutpunkten, varifrån beställaren BLS Alptransit ombesörjer transporten ut genom tillfartstunneln.

© 2001 Svenska Bergteknikföreningen och författare

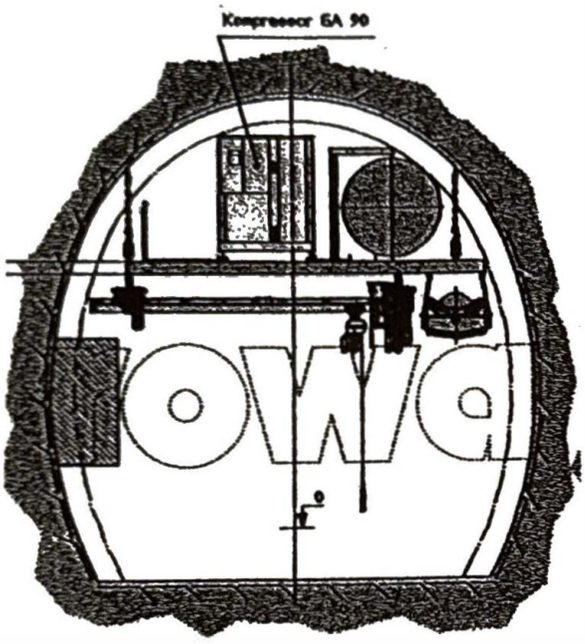
Bild 4

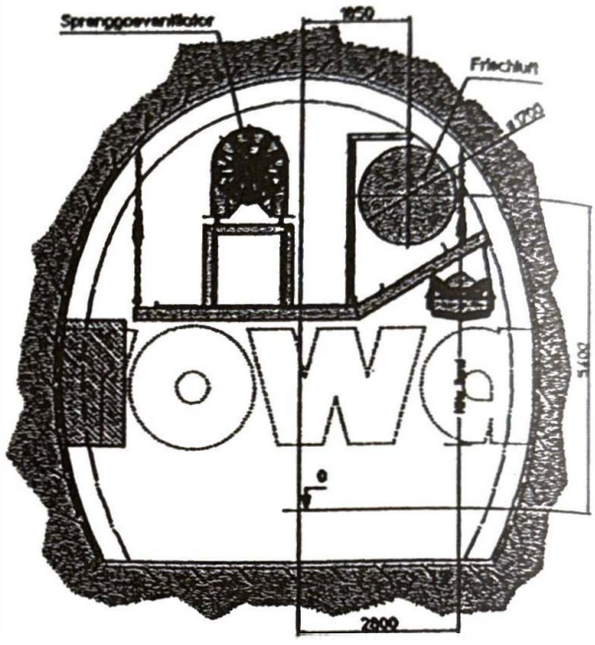
Bakrigg
Tvärsektioner

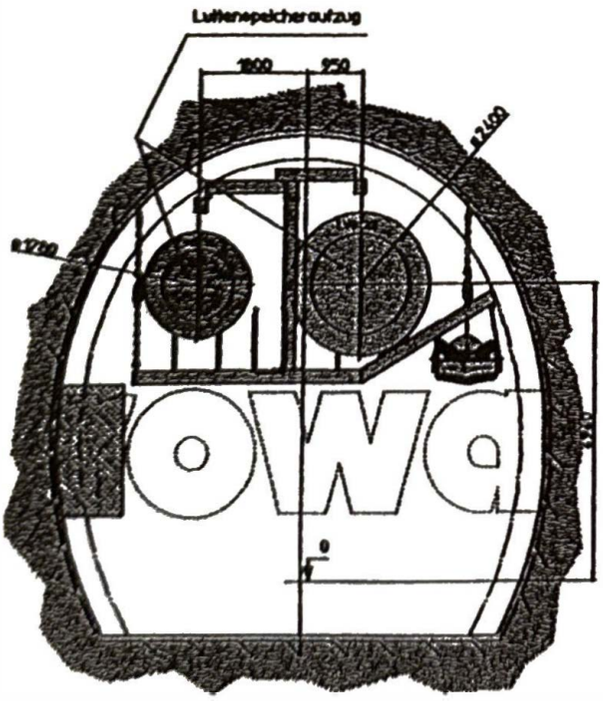


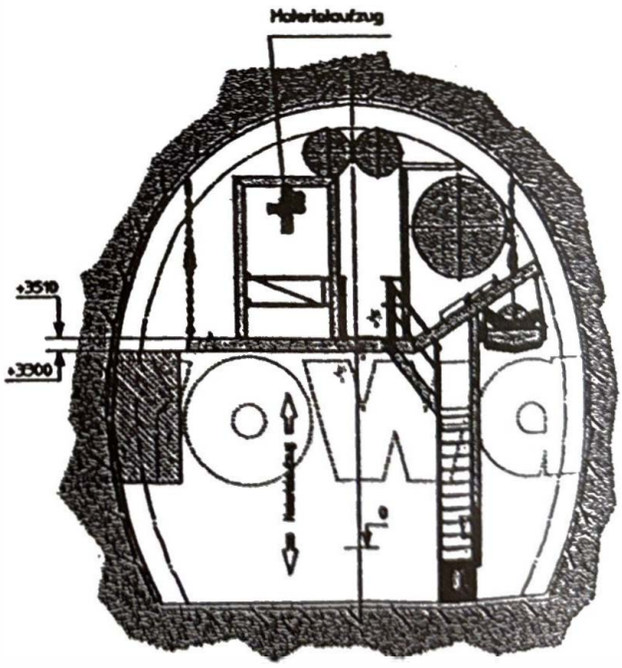


D–D









© 2001 Svenska Bergteknikföreningen och författare

Installationen av hela systemet bestående av hängande bakrigg, första transportband samt huvud transportband kräver en total tillgänglig längd av 500 till 700 m i tunneln för att ge plats åt alla installationer. Det krävs därför långa tunnlar innan ett sådant system är befogat att installera. Första tiden innebär alltså "normal konventionell tunnel drivning utan bakrigg" för att skapa tillräckligt utrymme för alla installationer som krävs i tunneln. Dessutom har mycket tunnelarbete bedrivits parallellt med installationsarbeten vilket har inneburit störningar för alla arbeten. Men när väl systemet är installerat finns all service, utrustning och personalutrymmen alltid tillgängligt, skyddat och mobilt nära tunnel stuffen.

Kommentarer och dagsläget i Mitholz

De genomarbetade handlingarna för projekt Mitholz visar att beställaren har utfört ett mycket stort och omfattande undersökningsarbete, vilket även innehåller studier av olika produktionsmetoder, ventilations- och kylsystem m.m.

Beställaren har normalt valt en produktionsmetod eller två alternativa produktionsmetoder för projektet som är beskrivna i handlingarna.

Mängdförteckningen är standardiserad och mycket omfattande och detaljrik och anpassad till de produktionsmetoder som är valda enligt ovan.

Fördelen med detta standardiserade system är att många kostnadsposter är identiska för många projekt, alla mängder finns upptagna samt väl definierade. Detta märks även i anbudspriserna som är väl samlade med en spridning av endast maximalt 20 till 30 % och ofta med några anbud inom några procent. Nackdelen med systemet är att de är låsande och alternativa lösningar kräver omfattande ändringar av de specialanpassade och omfattande mängdförteckningarna.

SATCO fick tillgång till tunnlarna underjord under juni 2000 och fram till årsskiftet har vi installerat betongstation, verkstad samt ombyggnad av luft/vattenförsörjning och andra serviceanordningar vid knutpunkten. Samtidigt har drygt 1 200 m huvudtunnel och diverse andra bergarbeten utförts och installationerna av de hängande bakriggarna, samt transportbanden och tappfickorna är nästan helt klara. Under februari/mars 2000 är alla installationer underjord klara och produktionsapparaten kommer att vara redo att producera för fullt. Vi är idag självfallet positiva till det annorlunda koncept som vi valt för tunneldrivningen i Mitholz.

3. SAMMANFATTNING

Två mycket långa tunnelsystem för järnväg är för närvarande under byggnation genom Alperna i Schweiz, nämligen system **Lötchberg** som är beläget söder om Bern samt **Gotthard** söder om Zürich.

Båda tunnelsystemen består i princip av två parallella enkelspårstunnlar med tvärtunnlar mellan de två huvudtunnlarna för var cirka 320:e meter. Dessutom finns spårväxeltunnlar och bergrum för olika behov (el, signalsystem, service etc.) samt diverse andra utrymmen underjord. Projekt **Mitholtz** är den nordligaste entreprenaden i Lötchberg tunnelsystem och består av omkring 25 km huvudtunnel varav 16 km

© 2001 Svenska Bergteknikföreningen och författare

kommer att betonginklädas. Från en knutpunkt leder två parallella tunnlar söderut samt en tunnel norrut. Projekt Mitholz är ett mycket omfattande och långvarigt projekt med en 6 årig projekttid.

Efter några månaders intensiva studier beslutade joint venturet att inte använda räls-buren utrustning som var föreskrivet i handlingarna utan att använda transportband för alla uttransporter av berg, samt att utföra alla transporter in av personal och materiel på gummihjul. Det beslutades också att de tre huvudtunnlarna i projekt Mitholz kommer att drivas som tre enkeltunnlar med separata resurser.

I Mitholz kommer även ett **nytt koncept** att prövas, nämligen en drygt 100 m lång hängande bakrigg som kommer att finnas cirka 60 m bakom tunnelstuffen. Bakriggen kommer att dras fram på balkar som hänger via kättingar från bultar i taket. Bakriggen består av en plattform tillverkad av stål som täcker hela tunnelbredden och hänger ca. 4.5 m från tunnelgolvet. På bakriggen finns all utrustning och service som behövs för tunneldriften, tillgängligt och mobilt nära tunnelstuffen.