

# Geotechnische Planung der Voreinschnitte Ost Strenger Tunnel

Von Daniel Spöndlin und Max John

Im Zuge der Herstellung der Einschnittsböschung für die Anschlussstelle Pians wurde der nordwestlich der Anschlussstelle angechnittene Sackungshang mit erheblichem Aufwand für die bereits bestehende Anschlussstelle stabilisiert. Da bei der Ausführung der ursprünglich verordneten Tunneltrasse eine großräumige Störung des Sackungshangs zu erwarten war, wurde die Trasse des Strenger Tunnels Richtung Süden verschoben und die Portale am Rand eines Felssporn angeordnet. Damit wurde erreicht, dass der Sackungshang umfahren wird und nur begrenzte Anschnitte nötig sind. Diese Situation bedingt einen engen Abstand der Tunnelröhren im Portalbereich, der die Sicherung der Voreinschnitte erschwerte.

## Geologie

Im Portalbereich sind folgende Gesteinsserien vertreten (Bild 1):

- ◇ Quarzphyllonit:  
Diese Gesteinsserie tritt am Südrand des Untersuchungsbereichs auf und bildet die großen Felswände entlang der B 316 – Arlberg Bundesstraße –, die mit Steinschlagnetzen gesichert sind.
- ◇ Verrucano:  
Nördlich des Quarzphyllonits treten sehr quarzreiche Gesteine (Quarzite, Quarzkonglomerate, Quarzbreccien) auf, in denen violette Tonschiefer und Phyllite eingelagert sind. Die Schichtfolge ist sehr inhomogen und weist große Festigkeitsunterschiede auf. Außerdem finden sich mehrere Störungszonen mit Myloniten.

### Geotechnical Design of the Open Cut for the Eastern Portal of the Tunnel Strengen

*By adjusting the alignment at the Pians interchange cuts in a sliding slope could be avoided. The eastern portals of the Tunnel Strengen have been located at a rock nose covered with soil sediments. The support of the slopes of the open cut for the staggered tunnel portals was achieved by anchor piles using permanent anchors with 14 m length within soil sediments and permanent steel wire anchors up to 18 m length within the fractured rock mass.*

Mit einer Verschiebung der Trasse wurde der Sackungshang im Bereich der Anschlussstelle Pians umgangen und die Tunnelportale in einem aufgelockerten Felssporn mit darüber liegendem Hangschutt angeschlagen. Für die Sicherung der Böschungen der versetzt angeordneten Tunnelportale sind Ankerbalken mit blockierten Daueranker mit 14 m Länge und dauerhafte Litzenanker mit bis zu 18 m Länge im Fels erforderlich.

- ◇ Tektonisch beanspruchter Quarzphyllonit:  
Nördlich des Verrucanos folgt eine generell stark beanspruchte Gesteinszone, die hauptsächlich aus Quarzphylloniten besteht. Die tektonische Beanspruchung wird gegen Norden stärker, sodass die Felsflanke Auflockerungserscheinungen zeigt.
- ◇ Rutschmassen aus Lockermaterial:  
Der Quarzphyllit endet sehr abrupt und wird anschließend von mächtigen Rutschmassen überlagert. Der Aufbau dieser Rutschmassen ist durch den Bau der Anschlussstelle Pians und den Entwässerungsstollen bekannt.
- ◇ Hangschutt:  
Der anstehende Fels wird vor allem im Bereich der Mulde von Lockermaterial (Hangschutt) bedeckt. Die Mächtigkeit ist gering (< 5 m).

## Boden- und Felskennwerte

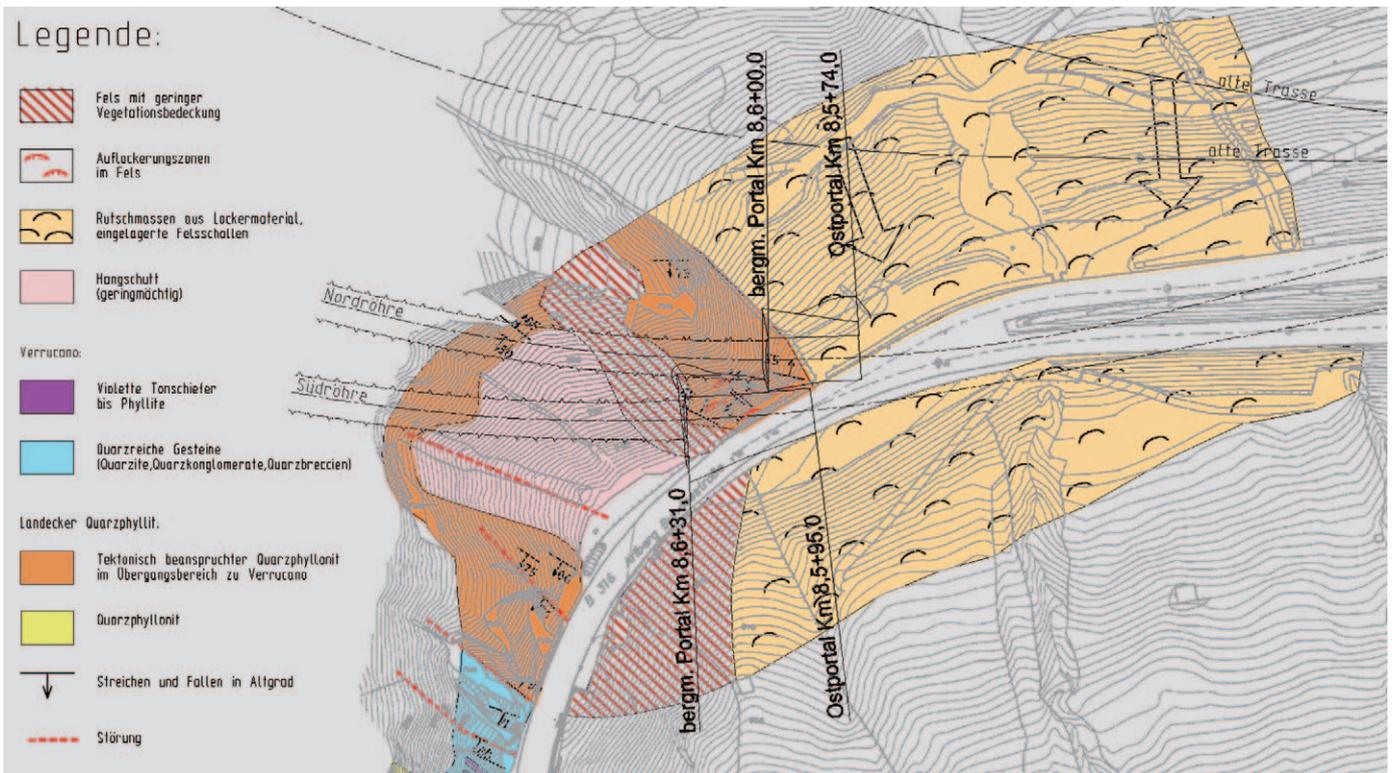
Der Voreinschnitt unterscheidet sich in einen Bereich mit Lockermaterialböschung und einen Bereich mit Felsböschungen. Zur Ermittlung der Rechenwerte für die statischen Untersuchungen der Hangsicherungen im Lockermaterial wurden aus Schürfgruben Proben entnommen und im Labor Versuche durchgeführt. Folgende Rechenwerte wurden abgeleitet:

- Nordröhre
    - ◇ Lockermaterial bis –3 m:  
 $\phi' = 30^\circ$ ;  $c' = 5 \text{ kN/m}^2$ ;  $\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$ ,
    - ◇ Lockermaterial ab –3 m:  
 $\phi' = 25^\circ$ ;  $c' = 10 \text{ kN/m}^2$ ;  $\gamma = 23 \text{ kN/m}^3$ ,
  - Betriebsgebäude
    - ◇ Lockermaterial:  
 $\phi' = 32 \text{ bis } 35^\circ$ ;  $c' = 0 \text{ bis } 11 \text{ kN/m}^2$ ;  $\gamma = 23 \text{ kN/m}^3$ .
- Für die Felsböschungen im Portalbereich wurden die Rechenwerte aus felsmechanischen Laboratoriumsuntersuchungen an Bohrkernen abgeleitet:  $\phi' = 30 \text{ bis } 40^\circ$ ;  $c' = 10 \text{ bis } 100 \text{ kN/m}^2$ ;  $\gamma = 25 \text{ kN/m}^3$ .

## Hangsicherungen

Der Eingriff in den Sackungshang aus Lockermaterial reduziert sich auf die Herstellung einer bergseitigen Böschung für die Nordröhre. Die restlichen Anschnitte für die Tunnelröhren sind Felsböschungen. Die Baugrube für das Betriebsgebäude Ost liegt in der Mulde aus Hangschutt.

Die Neigungen der Einschnittsböschungen wurden wie folgt festgelegt:



- ◇ Nördliche Lockermaterialböschung der nördlichen Richtungsfahrbahn: im Hinterfüllbereich 65°, oberhalb < 4:5,
- ◇ Stirnböschungen im Fels für beide Röhren: 85°,
- ◇ Nördliche Felsböschung der südlichen Richtungsfahrbahn: 75°,
- ◇ Einschnittsböschungen für das Betriebsgebäude: 70°.

Die Sicherung der Voreinschnittsböschungen erfolgt durch:

- ◇ Spritzbeton: SpB 22,5, d = 10 bis 20 cm,
- ◇ Baustahlgitter: ein bis zwei Lagen QQS6 beziehungsweise AS9,
- ◇ Lockermaterialböschung: blockierte Daueranker Ø 32 mm mit doppeltem Korrosionsschutz, Bohrloch Ø 10 cm vermörtelt, Raster 1,5 m x 1,5 m, l = 9, 12 und 14 m,
- Felsböschung
- ◇ Ankerbalken (Bild 2) in der Stirnböschung Nordröhre: Daueranker L = 8 m einschließlich 4 m Verpressstrecke, 250 kN Ankerkraft, Sicherheitsklasse II nach ÖNORM B 4455, Raster 2 m x 1 m,
- ◇ Ankerbalken in der Stirnböschung Nordröhre und Südröhre sowie nördliche Böschung Südröhre: Daueranker L = 11, 14, 15, 17 und 18 m einschließlich 6 m Verpressstrecke, 500 kN Ankerkraft, Sicherheitsklasse II nach ÖNORM B 4455, Raster 2 m x 1,25 m und 2 m x 1,4 m.
- Felspfeiler zwischen den Tunnelröhren: IBO- und Stabanker L = 4 - 6 m, 250 bis 300 kN, mit beidseitigen Ankerplatten, Raster 2 m x 1 m.
- Betriebsgebäude: blockierte Daueranker Ø 32 mm mit doppeltem Korrosionsschutz, Bohrloch Ø 10 cm vermörtelt, Raster 1,5 m x 1,5 m, l = 6 und 9 m.



**Bild 1** Geologischer Lageplan Ostportal.

**Fig. 1** Geologic plan of eastern portals.

**Bild 2** Ankerbalken für die Sicherung der Einschnitte der Ostportale.

**Fig. 2** Anchored piles at the cut for the eastern tunnel portals.

# INGENIEURBÜRO LAABMAYR & PARTNER ZT GmbH

FELSBAU • TUNNELBAU  
GRUNDBAU • BAUSTATIK

DIPL.-ING. FRANZ LAABMAYR

DIPL.-ING. MANFRED EDER	DIPL.-ING. ALBERT HELMBERGER
Preishartlweg 4 A - 5020 Salzburg Austria	Telefon (+43/662) 43 07 03 - 0 Telefax (+43/662) 43 07 03 - 33 e-mail laabmayr-sbg@aon.at

Zur Entlastung des Wasserdrucks aus Schichtwässern wurden im Bereich der Lockermaterialböschung Entlastungsbohrungen  $L = 10\text{ m}$  mit PE-Filterrohren DN 80 und 10 % Steigung im Raster  $1,5\text{ m} \times 1,5\text{ m}$  angeordnet. In der Spritzbetonschale wurden durchgängig Entlastungsöffnungen  $\varnothing 50\text{ mm}$  mit perforierten Rohrstützen  $l = 0,6\text{ m}$  im Raster  $3\text{ m} \times 3\text{ m}$  eingebaut.

Der Aushub der Baugrube für die Offene Bauweise erfolgte in Stufen von 1,5 bis 2 m. Im Bereich der Lockermaterialböschung wurde die ungesicherte Öffnungslänge auf 6 m begrenzt.

### Messtechnische Überwachung

Im Auftrag der Alpen Straßen AG wurden vom Geotechniker Dr. Jörg Henzinger die Ergebnisse der Oberflächenverformungen ausgewertet, dargestellt und eine Prognose über die zu erwartenden Verformungen abgegeben. Das Netz der ausgewerteten Oberflächenmesspunkte umfasst 79 Punkte. Im Voreinschnittsbereich (Bild 3) werden für die geodätischen Verformungsmessungen drei unterschiedliche Bereiche unterschieden.

Die Messergebnisse der Einschnittsböschung Lockermaterial bis Tunnelportal Nordröhre zeigen größte Horizontalverformungen von 117 mm und Setzungen von 94 mm. Die größten Verformungen sind am Rand des Abtrags entstanden. Die vorliegenden Messergebnisse zeigen, dass die durch die Baumaßnahme entstandenen Verformungen abgeklungen sind.

Die Messergebnisse beim Tunnelportal Nord und der Felsböschung bis zum Tunnelportal Süd zeigen Bewegungen aufgrund der Felsauflockerung. Der Felsfeiler talseitig der Nordröhre hat sich einschließlich Nordportal um 20 bis 40 mm zur Talseite verschoben. Bis zum Jahresende 2002 sind nahezu alle Bewegungen abgeklungen, die Verformungsdifferenz der letzten Messungen ist kleiner als die Messgenauigkeit. Lediglich zwei Messpunkte am Pfeilerfuß weisen Verformungen von rund 0,5 mm/Monat auf.

Die Messergebnisse der Geländeoberfläche oberhalb der Tunnelröhren bis 40 m westlich des Südportals zeigen, dass die höchsten Werte über der Südröhre liegen. Es sind Horizontalverschiebungen bis 120 mm und Setzungen bis 60 mm aufgetreten. Über der Nordröhre wurden Horizontalverschiebungen von 45 mm und Setzungen von 50 mm gemessen. Bis zum Jahresende 2002 sind nahezu alle Bewegungen abgeklungen. Nur vereinzelte Messpunkte zeigen noch Bewegungen von rund 1 mm/Monat.

Die Messergebnisse bestätigen, dass die gewählten Sicherungen ausreichend bemessen wurden. Nach Fertigstellung der Tunnelröhren in offener Bauweise werden diese überschüttet. Damit wird die Hangsicherung zusätzlich verbessert.

### Autoren

Dipl.-Ing. Daniel Spöndlin, ILF Beratende Ingenieure ZT GmbH, Framsweg 11, A-6020 Innsbruck, Österreich, E-Mail daniel.spoendlin@ibk.ilf.com, Dipl.-Ing. Dr.techn. Max John, Konsulent der ILF-Gruppe, General-Feurstein-Straße 11, A-6020 Innsbruck, Österreich, E-Mail max.john@aon.at

**Bild 3** Lageplan Voreinschnitt Ostportale.  
**Fig. 3** Plan of the open cut of eastern portals.

