

Geologisch-Geotechnische Verhältnisse beim Vortrieb des Fensterstollen Ampass

Geological and geotechnical settings at the Ampass access tunnel

Katharina Wendl¹

¹ Dr.-Ing. Dipl.-Geol. Katharina Wendl, ILF Beratende Ingenieure ZT GmbH, katharina.wendl@ilf.com

Zusammenfassung

Seit Mai 2012 befindet sich der Fensterstollen Ampass mit einer Länge von ca. 1,35 km und einer Regelquerschnittsfläche von ca. 35 m² in Bau. Der Stollen verläuft westlich der Ortschaft Ampass (bei Innsbruck) etwa in N-S-Richtung und stellt das erste in Bau befindliche Tunnelbauwerk der Hauptbaumaßnahmen des Brenner Basistunnels dar. Der Fensterstollen dient als Zugangs-, Versorgungs- und Rettungsstollen für den ebenfalls neu zu errichtenden Rettungstunnel der Umfahrung Innsbruck. Der Vortrieb in Spritzbetonbauweise verlief auf dem ersten Abschnitt bis TM 317 in verschiedenen quartären Lockergesteinen der Inntalterrasse, wobei stark wechselhafte geologische und geotechnische Verhältnisse angetroffen wurden. Nach der Lockergesteinsstrecke trat der Vortrieb in den Festgesteinsuntergrund der Innsbrucker Quarzphyllitzone ein. Als lithologische Besonderheiten traten innerhalb der Quarzphyllite Einschaltungen von Marmor, Grünschiefer und Quarziten auf. Neben den raschen Lithologiewechseln im Lockergestein war die teils sehr starke tektonische Beanspruchung des Quarzphyllites auf dem bisher aufgefahretem Felsabschnitt charakteristisch für den bisherigen Tunnelvortrieb (ca. TM 730 Ende Dezember 2012).

Schlüsselworte: konventioneller Tunnelvortrieb, NÖT, Störzonen in Quarzphyllit, Verformungen

Abstract

In May 2012 the construction phase at Ampass access tunnel has started. This tunnel, which will provide access to the subsequently constructed rescue tunnel of the existing railway line around Innsbruck, is situated south of Innsbruck near the village of Ampass. It is part of the safety concept of the Brenner Base Tunnel. The 1.35 km long tunnel is constructed in NATM and has a cross section area of about 35 m², increasing to 70m² in widening sections. For the first 317 m the tunnel heading run in different quaternary soil deposits. In quite rapid alteration dense to very dense till deposits, loose sands and sandy gravel (partly cemented gravel) were found at the tunnel face, so that varying soil conditions and excavation behaviour were characteristic for this tunnel section. After a short section of mixed face conditions the rock subsurface was reached, which consists mainly of phyllitic rock with intercalations of marble and greenschist. Interesting features were the several fault zones with lots of shear bands and highly fragmented and grounded rock (up to cohesive soil material). Until the end of Dezember 2012 the tunnel drive reached chainage TM 730. By now the chosen tunneling methods fitted the existing ground conditions, so that tunneling was performed without any severe stability problems. The displacement of the tunnel lining was quite low (5-20 mm for the main part of the tunnel and up to 37 mm in fault zones).

Keywords: Conventional tunnelling, NATM, fault zones in phyllitic rock, displacement

1 Projektübersicht

Der Fensterstollen Ampass mit einer Länge von ca. 1,35 km befindet sich westlich der Ortschaft Ampass und wird Richtung Süden vorgetrieben (s. Abb. 1). Der Fensterstollen stellt einen Zugangs-, Versorgungs- und Rettungsstollen für den anschließend aufzufahrenden begleitenden Rettungsstollen der Umfahrung Innsbruck dar. Diese Bauwerke sind Teil des Gesamtkonzeptes des Brenner Basistunnels, wobei der Fensterstollen Ampass das erste Bauwerk der Hauptbaumaßnahmen am Brenner Basistunnel darstellt.

Der Fensterstollen wurde im Mai 2012 angeschlagen und erreichte Ende Dezember 2012 eine Tunnellänge von 730 m. Auf dieser Tunnelstrecke wurden bis TM 317 verschiedene Lockergesteine der Inntalterrasse durchfahren, ehe der Vortrieb in den Festgesteinsuntergrund der Innsbru-

cker Quarzphyllitzone eintrat. Der Tunnel wird in der Spritzbetonbauweise erstellt, wobei der Vortrieb im Lockergestein mechanisch (Bagger- oder Fräsvortrieb) erfolgte. Mit Erreichen des Quarzphyllites wurde auf Bohr- und Sprengvortrieb umgestellt. Der Regelquerschnitt weist eine Ausbruchsfläche von ca. 35 m² auf; im Abstand von ca. 300 m sind Aufweitungsnischen mit einer Querschnittsfläche von 70 m² angeordnet. Die Überlagerung über Tunnelfirste steigt auf den ersten ca. 150 m von wenigen Metern im Portalbereich auf etwa 60 m an. Im weiteren Verlauf bis ca. TM 600 schwankt die Überlagerungen zwischen 80 m und 120 m und steigt bis zum Endpunkt des Tunnels auf knapp 200 m an.

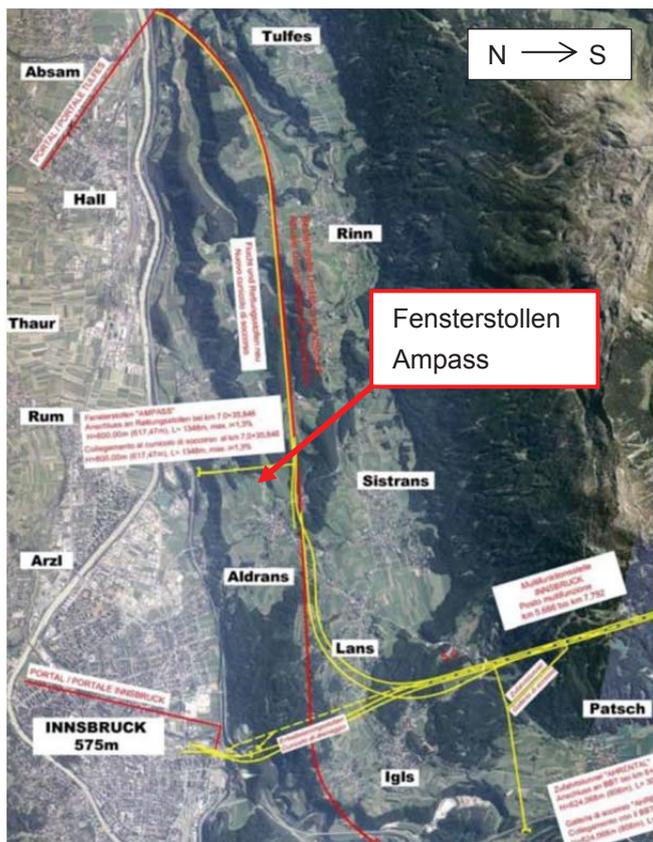


Abb. 1: Luftbildaufnahme mit Lage des Fensterstollen Ampass südlich von Innsbruck (Ausschnitt aus BBT SE 2009).

Fig. 1: Aerial view with the location of the Fensterstollen Ampass south of Innsbruck (excerpt from BBT SE 2009).

2 Lockergesteinsabschnitt

2.1 Geologische Verhältnisse

2.1.1 Angetroffene Lockergesteine

Auf den ersten 312 Tunnelmetern lag der Querschnitt vollflächig in verschiedenen Lockergesteinsablagerungen der Innaltalrassse, wobei teils rasche Fazieswechsel und somit unterschiedliche Gebirgseigenschaften auftraten. Bis TM 35 verlief der Vortrieb in weitgestuftem, meist dicht gelagertem bis überkonsolidiertem Moränenmaterial ehe von der Sohle aus sandig-kiesige Schotterablagerungen in den Querschnitt eintraten. Ab TM 56 nahmen die Schotterablagerungen, die bereichsweise calcitisch verkittet sind und dadurch teils festgesteinsähnliche Eigenschaften aufweisen, die gesamte Querschnittsfläche ein. Aufgrund der Verkittung der Schotterablagerungen waren abschnittsweise Auflockerungssprengungen zur Gebirgslösung erforderlich (siehe Abb. 2). Diese stark verkitteten Partien wurden als Ampasser Konglomerat bezeichnet. Bei TM 80 trat erneut dicht gelagertes bis überkonsolidiertes Grundmoränenmaterial in den Querschnitt und ersetzte auf dem folgenden Vortriebsabschnitt die Terrassenschotter.

Etwa bei TM 118 wurden in der Sohle Fein- bis Mittelsande angetroffen, die bis etwa TM 160 im unteren Querschnittsteil auftraten und von sehr dicht gelagertem Moränenmaterial (Ton-Schluff-Kiesgemisch) überlagert wurden.



Abb.-2: Kalotten-Strossen-Ortsbrust bei TM 78 in standfesten verkitteten Schottern, die mittels Auflockerungssprengungen gelöst wurden.

Fig. 2: Tunnel face at TM 78 in stable, cemented gravel deposits. Blasting was needed for loosening the rock.

Im Bereich von TM 160-165 verließen das Moränenmaterial sowie die Sande den Querschnitt relativ schnell zu Gunsten von sandig-steinigen Kiesen. Bis etwa TM 180 befand sich der Stollenquerschnitt in diesen, teils geschichteten, bereichsweise stark blockführenden Schotterablagerungen, die als Wildbachsedimente gedeutet werden und Sandschollen enthielten (s. Abb. 3). Diese Wildbachsedimente wurden von Sanden verdrängt, die vom Sohlbereich rasch bis in die Firste aufstiegen.



Abb.-3: Kiesige Wildbachsedimente mit verstellten Sandschollen bei TM 177.

Fig. 3: Gravelly torrent deposits with displaced sand slices at TM 177.

Ab TM 183 lag der Tunnelquerschnitt vollflächig in dicht gelagerten, teils mittelsandigen Feinsanden, die bereichsweise konkordant und diskordant von cm-dm-mächtigen tonig-schluffigen Lagen durchzogen wurden. Einige dieser fein geschichteten Ton/Schluff-Lagen durchschlugen steilstehend bis nahezu senkrecht („gangartig“) die in etwa horizontal geschichteten Feinsande. Wie diese aus sedimentologischer Sicht ungewöhnlichen Lagerungsverhältnisse entstanden sind, ist bisher unklar. Mit feinkörnigem Material

verfüllte ehemalige Eiskeile sind ebenso denkbar wie verfüllte Spalten, die auf Hangbewegungsvorgänge zurückzuführen sind. Bis etwa Station TM 260 dominierten diese feinkörnigen, bergfeuchten bis nahezu trockenen Sandablagerungen, die nur abschnittsweise von cm-dm-mächtigen kiesigen Lagen durchzogen waren (s. Abb. 4). Ab TM 260 nahm der Feinkornanteil der Feinsande vom oberen Querschnittsbereich aus sukzessive zu. In dieses Feinsand-Schluff-Gemisch waren immer wieder cm-dm-mächtige Lagen aus feinkornfreien Fein- bis Mittelsanden eingelagert. Ebenso waren Dropstones aus kristallinen Gesteinen und einzelnen Karbonaten vorzufinden.



Abb.-4: Geschichtete Fein- bis Mittelsande mit nachfallendem bis nachrieselndem Ausbruchverhalten; Öffnen in Teilflächen, Ortsbrustsicherung mittels Anker, Baustahlgitter und Spritzbeton.

Fig.-4: Laminated fine to medium grained sands with downfalling to raveling excavation behavior supported with face bolts, wire mesh and shotcrete.

Ab etwa TM 297 traten von der Firste aus grau gefärbte, dicht bis sehr dicht gelagerte tonige Schluffe in den Querschnitt. In diese meist stark glimmerhaltigen Schluffe waren in unterschiedlichem Ausmaß Gerölle in Kies- und Steingröße, teils in Blockgröße eingelagert; einzelne Gerölle waren gekritzelt. Mit Annäherung an den Felsübergang (ab ca. TM 312 im Sohlbereich) nahm der Anteil an Grobkomponenten zu. Die Schichtung der Schluffe fiel meist mittelsteil aus der Ortsbrust, so dass die teils mit Glimmerblättchen gelegten Schichtflächen als Gleitflächen für abrutschende Gesteinsschollen fungierten.

Die steilstehende, etwa quer zur Tunnelachse verlaufende Felsoberfläche war bei TM 317 vollflächig erreicht, so dass nur ein ca. 5 m langer Vortriebsabschnitt mit gleichzeitigem Auftreten von Locker- und Festgesteinen bewältigt werden musste. Dieser Übergang konnte problemlos aufgefahren werden.

Charakteristisch für den Lockergesteinsvortrieb waren die vergleichsweise raschen Fazieswechsel und kleinräumige Inhomogenitäten wie z.B. Kieslagen in Sanden oder Sandeinschaltungen in Schotterablagerungen aber auch der stark unterschiedliche Verkittungsgrad der Terrassenschotter. Das führte dazu, dass v.a. auf dem ersten Tunnelabschnitt bis ca. TM 180 hinsichtlich Gesteinsverteilung kaum ein Abschlag dem nächsten glich.

2.1.2 Bergwasserverhältnisse

Auf der Vortriebsstrecke bis TM 258 traten keinerlei Wasserzutritte während des Vortriebes auf. Das Material war als bergfeucht bis trocken einzustufen, wobei im Speziellen die Sande im Vortriebsabschnitt TM 200-250 einen sehr geringen Wassergehalt aufwiesen, bzw. trocken waren. Dies ist vermutlich auf das wasserstauende, die Sande überlagernde Moränenmaterial zurückzuführen. Ab TM 258 bis TM 300 traten abschnittsweise tropfende bis schwach rinnende, meist an Spieß- und Erkundungsbohrungen gebundene Wasserzutritte auf.

2.2 Ausbruchverhalten der Lockergesteine

Auf der gesamten Lockergesteinsstrecke wurde eine vorseilende Sicherung mittels Spießschirm und im Portalbereich mittels Rohrschirm eingebaut. Eine Ortsbrustversiegelung mittels Spitzbeton wurde durchwegs ausgeführt und teilweise durch Baustahlgitter und Ortsbrustanker verstärkt. Im Folgenden wird das Verhalten der Gesteine beim Ausbruch unter den bestehenden tunnelbautechnischen Rahmenbedingungen wie Abschlagslänge und Ausbruchabfolge (Vollausbruch oder Ausbruch in Teilflächen) sowie Voraussicherungsmaßnahmen und eventuelle Ortsbrustsicherungen beschrieben. Das Verhalten der Gesteine wird hier als Ausbruchverhalten (ABV) bezeichnet und ist strenggenommen nicht mit dem Gebirgsverhalten nach ÖGG (2008) gleichzusetzen, das definitionsgemäß das Verhalten von Gebirge in einem langgestreckten, ungestützten Hohlraum ohne Querschnittunterteilung und Voraussicherung beschreibt.

Während des Vortriebes traten drei unterschiedliche Ausbruchverhalten auf, die im Folgenden beschrieben werden (Charakterisierung und Nummerierung sind projektspezifisch).

- ABV 1: Standfestes Verhalten ohne Instabilitäten: In sehr dicht gelagerten, teils calcitisch verkitteten Schottern (s. Abb. 2) und weitgestuftem, bindigem Moränenmaterial mit dichter bis sehr dichter Lagerung bzw. halbfester bis fester Konsistenz. Die mechanische Gebirgslösung war bereichsweise durch die Festigkeit (Verkittung) erschwert, so dass teils Auflockerungssprengungen nötig waren. Als Voraussicherungsmaßnahme wurden unvermörtelte Spieße verwendet. Der Querschnitt wurde meist mit 1,0-1,3 m Abschlagslänge im Vollausbruch geöffnet. Aufgrund der auch hier auftretenden Inhomogenitäten in Form von losen Kieseinschaltungen und den raschen Lithologiewechseln wurde die Abschlagslänge trotz des „standfesten Verhaltens“ nicht erhöht.
- ABV 2: Schollige, meist ortsbustparallele Ablösungen und kleinvolumige Nachfälle aus Ortsbrust und Laibung: In weitgestuftem, teils bindigem mitteldicht bis dicht gelagertem Moränenmaterial sowie in sandigen Kiesen und Sanden (s. Abb. 5). Volumen und Intensität der Instabilitäten waren abhängig von der Größe der geöffneten Fläche; eine progressive Ausbreitung von Instabilitäten bei zunehmender ungesicherter Standzeit war bereichsweise zu beobachten. Die Abschlagslänge wurde bei diesem Ausbruchverhalten



meist auf 1,0 m begrenzt und die Ortsbrust in Teilflächen geöffnet (bis zu 7 Stück). Zusätzlich wurden Ortsbrustanker versetzt und abschnittsweise ein Stützkeil belassen. Als Voraussicherung kamen auf weiten Strecken vermörtelte Spieße zum Einsatz.

- ABV 3: Ausrieseln von kohäsionslosem Lockergestein (rolliges Ausbruchverhalten): In nahezu feinkornfreien Sanden und Kiesen. Dieses Ausbruchverhalten traf jeweils nur auf Teilbereichen der Ortsbrust in kleinvolumigen Ausmaß zu, wobei im übrigen Ortsbrustbereich ABV 2 oder ABV 1 auftrat. Bei rolligen Sanden und Kiesen im Firstbereich war eine progressive Ausbreitung v.a. im Firstbereich zu beobachten. Die Vermörtelung der Spieße und die Öffnung in Teilflächen sowie die Ortsbrustsicherung aus Spritzbeton, Ortsbrustanker und Baustahlgitter wirkten dem rolligen Verhalten entgegen.

Wie in obiger Aufzählung erläutert, wurden gemäß der Philosophie der NÖT Vortriebsweise und Sicherungsmittel vor Ort an die Eigenschaften des Gebirges angepasst, was bei den teils raschen Gesteinswechseln mit verändertem Ausbruchverhalten eine ebenso rasch wechselnde Vortriebsweise zur Folge hatte.



Abb.-5: Ausbildung von ortsbustparallelen, scholligen Ablösungen in dicht gelagerten Sanden.

Fig.-5: Displacement of soil slices parallel to the tunnel face in dense sands.

Durch diese Anpassung der Vortriebsweise (erforderlichenfalls Öffnen des Querschnittes in Teilflächen, Versetzen von Ortsbrustankern, Belassen eines Stützkeiles, Anpassen des Spießschirmes in Anzahl und Abstand der Spieße, unvermörtelt / vermörtelt) wurden dem jeweiligen Ausbruchverhalten der Gesteine angemessen begegnet, so dass keine Instabilitäten bzw. Verformungen in größerem Ausmaß aufgetreten sind, die den Einsatz von Sondermaßnahmen erfordert hätten. Die beschriebenen geringen Wasserzutritte führten bereichsweise zwar zu vermehrten Nachfällen, aber verschlechterten die Ausbruchs- und Vortriebsverhältnisse nicht wesentlich. Bei einzelnen Wasserzutritten kam es zu geringfügigem Materialaustrag (breiiges Schluff-Sand-Wasser-Gemisch).

Zusammenfassend wird festgehalten, dass der Vortrieb im Lockergestein mit den gewählten Maßnahmen erfolgreich bewältigt werden konnte. Als geologisch-geotechnische

Gründe dafür sind vor allem die hohe Lagerungsdichte der verschiedenen Lockergesteine und die günstigen Bergwasserhältnisse (überwiegend bergfeuchte bis trockene Verhältnisse) zu nennen. Gerade in den kohäsionslosen Sanden und Kiesen hätten eine geringere Lagerungsdichte und nennenswerte Bergwasserzutritte zu deutlich ungünstigeren Ausbruchverhalten geführt.

2.3 Verformungsverhalten der Lockergesteine

In Abständen von ca. 8-20 m wurden während des Vortriebs Messquerschnitte bestehend aus 3 Messpunkten (Firste, rechter und linker Ulm) eingebaut und täglich geodätisch vermessen. Die festgestellten Verformungen der Tunnelschale waren auf dem gesamten Lockergesteinsabschnitt als durchwegs gering einzustufen. Bis etwa TM 180 traten maximale Verformungen bis ca. 10 mm auf. Auf dem folgenden Tunnelabschnitt, der durch das Auftreten loser Sande gekennzeichnet war, bis zum Erreichen des Felsuntergrundes waren etwas höhere Verformungen von ca. 10-20 mm zu verzeichnen (s. Abb. 9). Die Tunnellaibung wurde mit Gitterbögen, 20 cm Spritzbeton (in der Aufweitung mit 30 cm), 1 bis 2 Lagen Baustahlgitter und einer Systemankerung aus 4 m langen Selbstbohrankern ausgebaut. Der Sohlquerschnitt wurde jeweils wenige Meter hinter der Kalotten-Strossen-Ortsbrust ausgebrochen und gesichert, so dass der Ringschluss rasch erfolgte. Die Kombination aus angepasster Ausbruchweise, raschem Ringschluss und dem gewählten Ausbauwiderstand bedingten die rasch abklingenden und geringen Verformungen.

3 Festgesteinsabschnitt

3.1 Geologische Verhältnisse

3.1.1 Angetroffene Festgesteine

Für den Festgesteinsabschnitt des Fensterstollen Ampass ist das Antreffen von Gesteinen der Innbrucker Quarzphyllitzone prognostiziert, wobei es sich zum überwiegenden Teil um dunkelgraue, deutlich geschieferte Phyllite handelt, die Einschaltung von Grünschiefern und Metakarbonaten beinhalten. Für den ersten Abschnitt bis ca. TM 750 ist ein erhöhter tektonischer Einfluss prognostiziert, so dass mit mehreren, teils markanten Störungen gerechnet werden muss.

Der bisherige Vortrieb bis TM 730 hat die Prognose der geologischen Verhältnisse im Festgesteinsabschnitt im Wesentlichen bestätigt. Prägend für die Gesteins- und Gebirgseigenschaften war dabei die Intensität der tektonischen Beanspruchung. In wenig gestörten Gebirgsabschnitten trat der Quarzphyllit als engständig bis außerordentlich engständig geschieferter, unverwitterter, dunkelgrauer Schiefer in Erscheinung. Die Schieferung war meist intern leicht gewellt bis verfaltet, aber im Wesentlichen horizontal bis subhorizontal gelagert (teils leicht südfallend, teils leicht nordfallend). Als markante, immer wieder auftretende Gefügeelemente sind mittelsteil bis steil in südwestliche und nordöstliche bis nördliche Richtung einfallende Störungen zu erwähnen, entlang derer das Gebirge stärker aufgelockert war. Meist wiesen diese Störungen tonig-schmierige Trennflächenbeläge und dünne Fault-Gouge-Lagen auf. In schleifendem bis querschlägigem Verschnitt mit der Tunnelachse

bergen diese Trennflächen die Gefahr des Blockgleitens aus der Ortsbrust. Die Klüftung des Quarzphyllites war meist mittel- bis weitständig, wobei mittelsteil in westliche und östliche Richtungen einfallende Klüfte vorherrschten. Das dominierende Trennflächenelement war jedoch die meist flachliegende Schieferung.

Die stärker tektonisch beanspruchten Gebirgsabschnitte zeichneten sich durch das Auftreten von zahlreichen meist cm- bis dm-mächtigen, teils bis m-mächtigen Stör- und Scherzonen aus, wobei diese oft schieferungsparallel orientiert waren und daher den Vortrieb über längere Abschnitte begleiteten (s. Abb. 6). Das Gesteinsmaterial innerhalb der Scherzonen war stark zerlegt und zerschert und je nach Feinkornanteil bzw. bindiger Eigenschaft als Kakirit (sandig-grusiges Störungsgestein) oder Fault-Gouge (kohäsives, feinkornreiches Störungsgestein) anzusprechen. Zwischen den Scherzonen war der Quarzphyllit kataklastisch zerlegt und dadurch leicht aufgelockert. Die Fault-Gouge-Lagen stellen vermutlich die Kernbereiche von Störungen dar und traten als vollständig zerriebenes, hellgraues, bindiges Material von halbfester bis fester Konsistenz in Erscheinung.



Abb.-6: Ortsbrust bei TM 330 mit zahlreichen Scherbändern in dunkelgrauem Quarzphyllit.

Fig.-6: Tunnel face at TM 330 with several shear bands in dark grey Quartzphyllit.

Beispielsweise trat ab TM 527 eine mehrere m mächtige Störzone in den Querschnitt ein, die aus kataklastisch und kakiritisch zerlegtem Quarzphyllit und einer bis ca. 4 m mächtigen Fault-Gouge-Lage (Kernzone) bestand. Zwischen TM 530 und TM 540 traten diese Störungsgesteine nahezu vollflächig im Querschnitt auf und wurden mechanisch mittels Bagger gelöst (s. Abb. 7). Als weitere Abschnitte mit deutlichem Störungseinfluss sind die Abschnitte TM 320-354, TM 440-480 und TM 625-640 zu nennen.

Ab TM 557 wurden neben dem Quarzphyllit hellgraue bis weißliche Marmorlagen (s. Abb. 8), grünliche Schiefer und dünne Graphitschieferlagen angetroffen. Die Marmorlagen waren eng- bis mittelständig geklüftet und traten in Mächtigkeiten von wenigen Dezimetern bis hin zu mehreren Meter Mächtigkeit (teils vollflächig im Tunnelquerschnitt) auf. Bereichsweise waren in diesen Metakarbonaten geöffnete Klüfte vorhanden, entlang derer Bergwasser zutrat.



Abb.-7: Vollflächiger Anschnitt der Kernzone einer Störung in Fault-Gouge-Ausbildung bei TM 532 (Lösung mittels Bagger).

Fig.-7: Full-faced occurrence of Fault-Gouge-material in the core zone of fault at TM 532 (loosening by excavator).



Abb.-8: Hellgraues Marmorband zwischen grauen phyllitischen Gesteinen bei TM 575.

Fig.-8: Marble stone in light grey and dark grey phyllitic rock at TM 575.

Auch auf dem Vortriebsabschnitt ab TM 640 wurden teils vollflächig hellgraue bis weißliche Metakarbonate angetroffen, in die abschnittsweise Grünschiefer- und Quarzitlagen eingeschaltet waren.

3.1.2 Bergwasserverhältnisse

Auf der bisher aufgefahrenen Felsstrecke traten in mehreren Abschnitten tropfende und rinnende Wasserzutritte auf, wobei das Ausmaß meist gering war (<1 l/s). Die bisher stärksten Wasserzutritte wurden innerhalb einer Marmor-einschaltung bei ca. TM 655-660 angetroffen und beliefen sich in Summe auf maximal ca. 12-14 l/s. Die Schüttung ging jedoch innerhalb weniger Tage deutlich zurück, so dass von einem Ausbluten des vermutlich auf die Marmor-einschaltung begrenzten Wasserkörpers auszugehen ist.

3.2 Ausbruchverhalten der Festgesteine

Das Ausbruchverhalten in den Festgesteinen war bestimmt durch die Intensität der tektonischen Beanspruchung und Zerlegung des Gebirges, sowie durch das Trennflächengefüge. Die flachlagernden Schieferungsflächen waren meist das bestimmende Trennflächenelement in den phyllitischen Gesteinen und bedingten v.a. in gestörten Abschnitten mit



starker Zerlegung und aufgelockertem Gebirgsverband die vermehrt auftretenden Nachbrüche aus Laibung und Ortsbrust. Hier wurde im Firstbereich ein Spießschirm als Voraussicherung eingebaut (plattige Ablösungen aus Firstbereich) und die Abschlagslänge auf 1,3 m begrenzt. Die feinkornreichen Kernbereiche von Störzonen, wiesen während des Ausbruchs vergleichsweise gute Standfestigkeit auf (vergleichbar mit Grundmoränenmaterial).

Im Gegensatz zu dem stark geschieferten und meist tektonisch beanspruchten Quarzphyllit waren die Marmor- und Grünschieferinschaltungen kompakter und weniger stark zerlegt, so dass hier nur selten einzelne Nachfälle von kleinvolumigen Kluftkörpern zu verzeichnen waren. Mit Verbesserung der Gebirgseigenschaften wurden die Sicherungsmittel sukzessive reduziert (u.a. Weglassen des Spießschirms, Verringerung der Spritzbetondicke) und die Abschlagslänge auf 1,7 m erhöht.

3.3 Verformungsverhalten der Festgesteine

Die Tunnellaibung wurde im Festgesteinsabschnitt je nach Verhältnissen mit 15-25 cm Spritzbeton, Gitterbögen und 1 bis 2 Lagen Baustahlgitter sowie einer Systemankerung aus 4 m langen SN-Ankern ausgebaut. Ein Sohlgewölbe ist bis TM 476 eingebaut. Die eingetretenen Verformungen liegen auf weiten Abschnitten bei ca. 5-15 mm und sind als gering einzustufen. Lediglich in den markanten Störzonen bei ca. TM 540 und ca. TM 625 mit mächtigen Fault-Gouge-Lagen sind Verformungen von mehr als 20 mm aufgetreten. Die höchsten festgestellten Radialverformungen von ca. 37 mm sind im rechten Ulmenpunkt bei TM 625 zu verzeichnen (s. Abb. 9). Die Überlagerung über Tunnelfirste beträgt in diesen Abschnitten 80 m bzw. 110 m.

Bei allen Messquerschnitten trat der Hauptteil der Bewegungen innerhalb der ersten Tage nach Einbau der Messpunkte auf und bei den meisten Messquerschnitten war eine Stabilisierung innerhalb von einer Woche bis 10 Tagen zu

verzeichnen. Lediglich innerhalb von Störzonen hielten geringfügige Verformungszunahmen bis ca. 2-4 Wochen nach Einbau an. Mittlerweile sind jedoch bei allen bestehenden Messpunkten die Bewegungen abgeklungen.

Die Tatsache, dass bisher auch in markanten Störzonen mit starker Zerlegung und Auflockerung des Gebirges bzw. lockergesteinsähnlichen Eigenschaften (Fault-Gouge-Material) vergleichsweise geringe Bewegungen bzw. keine Schäden in der Spritzbetonschale aufgetreten sind, ist vermutlich in der Kombination aus gewählter Ausbruchs- und Sicherungsweise und der geringen Überlagerung (geringe Gebirgsspannung) begründet. Aus dem Vortrieb der Umfahrung Innsbruck sind im Bereich einer Störzone Verformungsbeträge von 20-120 cm bekannt (SCHUBERT 2011). Es handelte sich hierbei jedoch um eine weitaus mächtigere Störzone (250-350 m), die in einem größeren Tunnelquerschnitt bei Überlagerungshöhen von 250-300 m durchfahren wurde. Obwohl der Fensterstollen Ampass eine kleinere Querschnittsfläche aufweist und geringere Überlagerungen bis max. 200 m bestehen, ist vor dem Hintergrund der Erfahrungen aus dem Umfahrungstunnel nicht auszuschließen, dass beim weiteren Vortrieb in Störzonen mit geringen Gebirgsfestigkeiten und ungünstigem Verschnitt mit der Tunneltrasse höhere Verformungen als bisher auftreten.

Literatur

- BRENNER BASISTUNNEL BBT SE (2009): Übersichtslageplan Brenner Basistunnel, Faltblatt.
- ÖGG ÖSTERREICHISCHE GESELLSCHAFT FÜR GEOMECHANIK (2008): Richtlinie für die geotechnische Planung von Untertagebauten mit zyklischem Vortrieb. - Österreichische Gesellschaft für Geomechanik, 2. überarbeitete Auflage, 41 S., Salzburg
- SCHUBERT, W. (2011): Experience of tunnel construction in weak ground. - Geomechanics and Tunneling 4: 211-219.

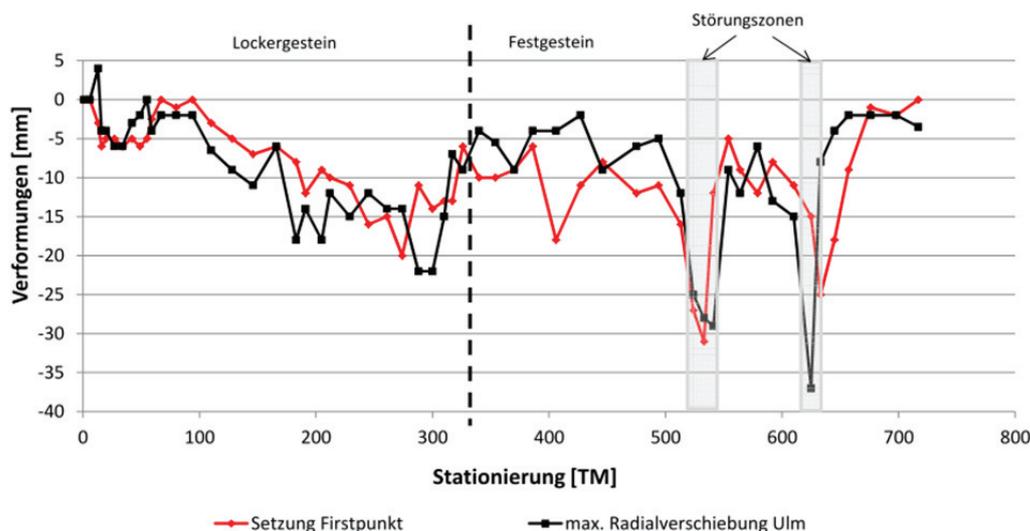


Abb.-9: Verformungen im Fensterstollen Ampass bis TM 717 (Januar 2013).
Fig.-9: Displacements at Ampass access tunnel until TM 717 (January 2013).