

## Tunnel Sonnenburg: TSM-Vortrieb unter schwierigen geolo- gischen Bedingungen

Der Tunnel Sonnenburg ist Teil des Ausbaus der bestehenden Pustertaler Staatsstraße SS 49 durch die Autonome Provinz Bozen, Südtirol bei St. Lorenzen. Der Gesamtbauabschnitt umfasst eine Länge von rd. 1,7 km. Kernstück ist der rund 310 m lange Tunnel in bergmännischer Bauweise unter der denkmalgeschützten Burganlage der Sonnenburg. Obwohl die geologischen Rahmenbedingungen zunächst nicht für einen TSM-Vortrieb sprachen, wurden die Vortriebsarbeiten unter der Sonnenburg aufgrund vorhergegangener Probleme mit Sprengschüttungen mit einer schweren Teilschnittmaschine (TSM) durchgeführt (Bild 1).

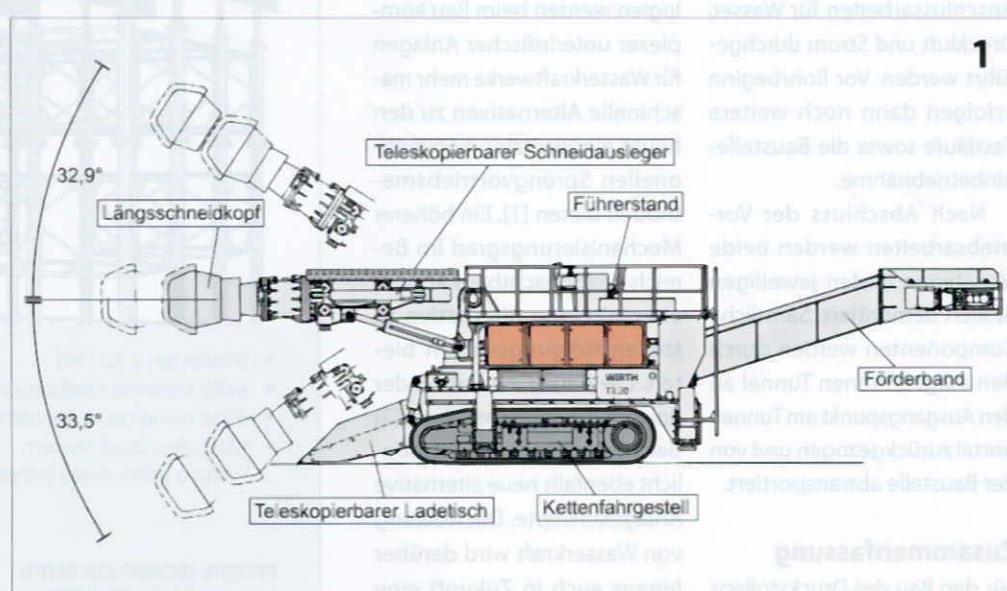
Flankiert wurde die Bauausführung durch ein – für ein Projekt dieser Größenordnung – vermutlich einzigartiges ingenieurgeologisches Untersuchungsprogramm aus felsmechanischen Laborversuchen sowie Leistungs- und Verschleißdokumentationen. Der vorliegende Beitrag schildert die Probleme, die zur Umstellung von Spreng- auf Fräsvortrieb führten. Er stellt die im Zuge der Machbarkeitsstudie angesetzten Modelle und die während der Bauausführung gesammelten Erfahrungen zu den Zusammenhängen der Ge steins- und Gebirgs eigenschaften sowie Abbauleistung und Werkzeugverschleiß vor.

Diese Modelle haben im vorliegenden Projekt ihren Wert als grundlegende Werk-

## Sonnenburg Tunnel: Roadheader Drive under tricky geological Conditions

The Sonnenburg Tunnel is part of the upgrade for the existing Pustertal valley national highway SS 49 through the autonomous Province of Bolzano, South Tyrol at St. Lorenzen. The total construction section is some 1.7 km long. The roughly 310 m long tunnel under the listed Sonnenburg Castle, the core of the project, was built by trenchless means. Although initially the geological general conditions appeared unsuitable for using a TBM, the driving activities beneath the Sonnenburg were tackled by a heavy roadheader (TSM) owing to prior problems with vibrations deriving from blasting (Fig. 1).

Construction was executed accompanied by what must be a unique engineering geology investigation programme – for



Seitenansicht einer schweren TSM des Typs WIRTH T3.20, wie beim Projekt Sonnenburg eingesetzt.  
Side view of a WIRTH T2.20 heavy roadheader as applied for the Sonnenburg project.

zeuge für die Risikobewertung zur realistischen Einschätzung der Möglichkeiten und zur Anwendung eines ausgewogenen Vertragsmodells bewiesen.

## 1 Projektüberblick

Der Tunnel Sonnenburg ist Teil des Ausbaus der bestehenden Pustertaler Staatstrasse SS 49 durch die Autonome Provinz Bozen – Südtirol. Der Gesamtbauabschnitt umfasst eine Länge von rund 1,7 km entlang der orographisch rechten Flanke des Pustertals bei St. Lorenzen und ist als zweispurige Straße für eine Geschwindigkeit von 70 bis 80 km/h ausgelegt. Das Bauwerk besteht aus folgenden vier Teilabschnitten (Bild 2):

- 70 m Tunnel in offener Bauweise
- 310 m Tunnel in bergmännischer Bauweise unter der Sonnenburg
- 125 m Tunnel in offener Bauweise zwischen dem Sonnenburghügel und dem Amtmannbübel
- 105 m Tunnel in bergmännischer Bauweise unter dem Amtmannbübel

Die geologischen Verhältnisse werden durch die metamorphen Folgen des so genannten „Brixner Quarzphyllits“ (Alter ca. 450 bis 500 Mio. Jahre) geprägt, in die untergeordnet Paragneis-Bänder und gangförmige Intrusiva (u.a. quarzreicher Diorit) eingelagert sind. Die heute denkmalgeschützte Burganlage der Sonnenburg liegt unmittelbar über der Trasse des rund 310 m langen, bergmännischen Kernabschnitts des Tunnels. Die Unterfahrung der sensiblen Bausubstanz bei Überlagerungen von rund 50 m und laufendem Hotelbetrieb stellte eine besondere Heraus-

forderung für die Planung und den Bau des bergmännischen Tunnels dar.

## 2 Problemstellung im Frühjahr 2009

Mit der Bauausführung des Tunnels Sonnenburg wurde im September 2009 eine Arbeitsgemeinschaft aus den Bauunternehmen Oberosler Cav. Pietro S.P.A., Trento, und Wippataler Bau AG, Sterzing, Italien, beauftragt. Das ursprüngliche Vortriebskonzept sah einen bergmännischen Vortrieb im Bohr- und Sprengverfahren vor.

Dabei wurde davon ausgegangen, dass durch ggf. angepasste Sprengverfahren die gesetzlichen und projektspezifischen Grenzwerte eingehalten und Schäden an der Bauwerkssubstanz der Sonnenburg verhindert werden können.

Doch es kam anders: Obwohl die Erschütterungen ständig überwacht und die von den Sprengungen verursachten Schwinggeschwindigkeiten unter den Grenzwerten lagen, wurden bei einem Vortriebsstand von circa 30 m vom Westportal Schäden an einem romanischen Fresko sowie ein Mauersprung in der Sonnenburg festgestellt und alle Arbeiten am 16. Februar 2009 eingestellt [1]. Der Bau des Tunnels war damit in den Brennpunkt des öffentlichen Interesses getreten.

## 3 Machbarkeitsstudie und Versuchsvortrieb unter dem Amtmannbübel

Durch die mit dem Bau beauftragte Arbeitsgemeinschaft wurde nach dem Baustopp eine technische Machbarkeitsstudie [2] in Auftrag gegeben. Diese sollte die Möglichkeit



Luftbildansicht der Trasse mit den Teilstrecken in offener und bergmännischer Bauweise [1].

Aerial view of the route with the cut-and-cover and trenchless part-sections [1].

a project of this magnitude. It comprised rock mechanical lab tests as well as performance and wear documentations. This report examines the problems, which led to switching from drill+blast to excavating via roadheader. It presents the models applied in the course of the feasibility study and the findings obtained on the interactions of rock and rock mass characteristics as well as extraction rate and tool wear. In this particular project these models proved their worth as basic tools for evaluating risks for realistic appraisal of the possibilities and applying a balanced contractual model.

## 1 Project Overview

The Sonnenburg Tunnel is part of the upgrade for the existing Pustertal valley national highway SS 49 through the autonomous Province of Bolzano, South Tyrol at St. Lorenzen, Italy. The entire construction section is some 1.7 km long running along the orthographic right flank of the Pustertal near St. Lorenz. It is designed as a 2-lane road for a top speed of 70 to 80 km/h. The scheme comprises the following 4 part-sections (Fig. 2):

- 70 m of cut-and-cover tunnel
- 310 m of tunnel driven be-

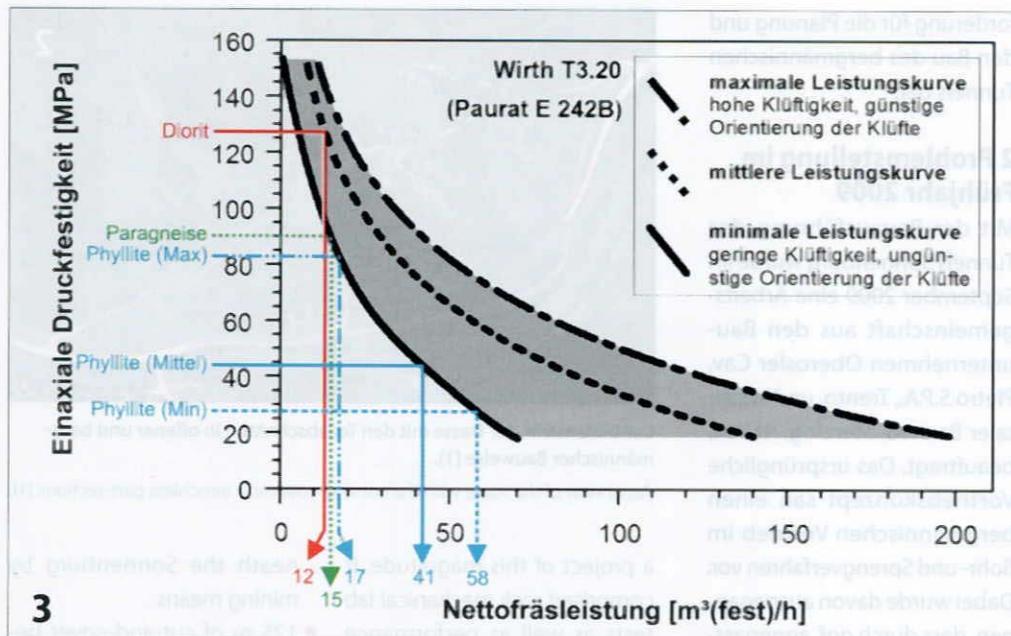
neath the Sonnenburg by mining means

- 125 m of cut-and-cover between the Sonnenburg hill and the Amtmannbübel
- 105 m of tunnel driven beneath the Amtmannbübel by mining means

The so-called "Brixner Quartz Phyllites" (some 450 to 500 million years old) metamorphic series characterise the geological conditions, with embedded subordinated paragneiss belts and numerous intrusive diorite rich in quartz. The present-day listed Sonnenburg castle is located immediately above the route for the 310 m long trenchless core section of the tunnel. Undercutting this sensitive structure given overburdens of roughly 50 m and a functioning hotel operation represented a particular challenge for planning and producing the trenchless tunnel.

## 2 Problem Complex in Spring 2009

A joint venture consisting of the construction companies Oberosler Cav. Pietro S.P.A., Trento, and Wippataler Bau AG, Sterzing, Italy was commissioned to build the Sonnenburg Tunnel in September 2009. The original excava-



Fräseleistungsdiagramm für die TSM mit den in der Machbarkeitsstudie angesetzten Kennwerten der verschiedenen Gebirgsarten [2]

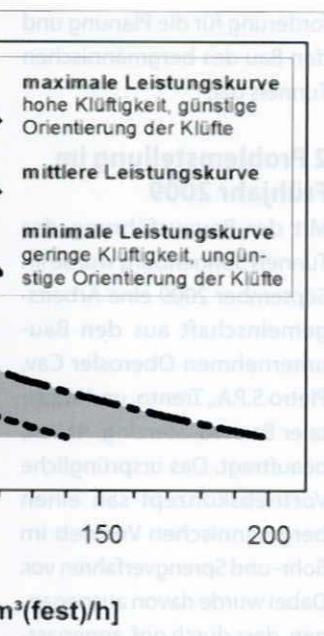
Cutting rate diagram for the roadheader with the characteristic values for the various types of rock applied in the feasibility study [2]

eines TSM-Vortriebs klären und wurde von einer Arbeitsgemeinschaft der Ingenieurbüros Dr. Plinninger Geotechnik, Bernried, Deutschland, und hbpm Ingenieure, Brixen, Italien, ausgearbeitet. Im Rahmen der Studie wurden alle zu diesem Zeitpunkt zur Verfügung stehenden geologisch-felsmechanischen Daten bewertet und ein Maschinenkonzept erarbeitet. Die erarbeiteten Leistungs- und Verschleißprognosen (Bild 3) ließen den Schluss zu, dass ein Vortrieb mit einer schweren TSM nach herkömmlichen Maßstäben unwirtschaftlich, jedoch an der Grenze der Machbarkeit technisch möglich sein würde. Die bereits dargestellten Erfahrungswerte zur Erschütterung sprachen jedoch klar für das Verfahren.

Grund für diese geringen prognostizierten Erschütterungen ist die von der TSM über Schneidkopf und Meißel nur punktuell und über einen relativ

langen Zeitraum (mehrere Stunden) eingetragene Energie zum Lösen eines Abschlags, während beim Sprengen die gesamte, für einen Abschlag erforderliche Energiemenge innerhalb weniger Sekunden bzw. Millisekunden umgesetzt wird.

Dieser Löseprozess bedingt aber auch eine hohe Sensitivität des Verfahrens gegenüber den Eigenschaften des zu lösenden Gebirges. Da – anders als beim Sprengen – während des Vortriebs die zur Verfügung stehende Energiemenge (Schneidleistung) nicht erhöht werden kann, sind dem TSM-Einsatz je nach Leistungsklasse der Maschine technische und wirtschaftliche Grenzen gesetzt. Abweichungen oder Fehleinschätzungen der geologisch-geotechnischen Einsatzbedingungen können daher zu gravierenden Leistungseinbußen und Werkzeugmehrverbrauch führen, die oft kostenintensive Nachtragsforderungen



called for a technical feasibility study [2]. This was designed to establish if a roadheader drive were possible and was worked out by a joint venture comprising the Ingenieurbüro Dr. Plinninger Geotechnik, Bernried, Germany and hbpm Ingenieure, Brixen, Italy. Within the scope of this study all available geological-rock mechanical data were evaluated resulting in an engineering concept. The performance and wear prognoses that were determined (Fig. 3) allowed the conclusion to be drawn that a drive with a heavy roadheader was uneconomical according to conventional standards but nonetheless just technically feasible. The reference values relating to vibrations clearly spoke in favour of the method.

The reason why minimal vibrations were forecast can be attributed to the energy required to loosen a round applied only at points by the roadheader via its cutterhead and bits over a relatively long period of time. In the case of blasting however the entire amount of energy needed for a round is applied within seconds if not milliseconds.

This loosening process also calls for high sensitivity of the method vis-à-vis the characteristics of the rock that is being tackled. As – in contrast to drill+blast – the amount of energy available during the drive (cutting rate) cannot be increased, the application of a roadheader is defined by technical and economic considerations depending on the machine's performance class. Deviations or false calculations of the geological-geotechnical conditions of application can as a result lead to serious losses in performance and added wear on tools. These

### 3 Feasibility Study and Test Drive beneath the Amtmannsbühl

The JV commissioned to carry out construction thereupon

seitens des Bauausführenden nach sich ziehen (siehe u.a. [3]).

Auf Anraten der Sachverständigen entschloss sich die Provinz Bozen daher, zuerst den in Bezug auf die Burgenlage unkritischen Tunnel unter dem Amtmannbügel zu realisieren und dort beide Verfahren – einen angepassten Sprengvortrieb und einen Vortrieb mit TSM – einem kritischen Vergleich zu unterziehen. Da die geologischen Verhältnisse mit denen unter der Sonnenburg vergleichbar waren, war damit eine Einschätzung und Prognose für den eigentlichen Haupttunnel möglich.

Die von der Baufirma eingesetzte schwere TSM vom Typ WIRTH T3.20 bewährte sich bei dieser Auffahrung. Die Tat-

sache, dass beim Ausbruch mit TSM faktisch keine messbaren Erschütterungen an der Geländeoberfläche auftraten, brachte schließlich die Entscheidung zugunsten eines TSM-Vortriebs unter der Sonnenburg.

#### 4 Teilschnittmaschinen-Vortrieb

Am 4. März 2010 wurde der Vortrieb unter der Sonnenburg als TSM-Vortrieb wieder aufgenommen. Der Vortrieb erfolgte in zwei Teilquerschnitten – Kalotte und Strosse – von Osten nach Westen. Die Kalotte des Tunnels konnte schließlich am 18. Mai 2010 am Westportal durchgeschlagen werden, ohne dass messbare Erschütterungen oder gar weitere Schäden an der Burg aufgetreten wären.

can often lead to the contractor calling for cost-intensive amendments (please see inter alia [3]).

Consequently on the advice of experts, the Province of Bolzano first decided to tackle the non-critical tunnel beneath the Amtmannbügel – and subject both methods – an adapted drill+blast and roadheader drive – to scrutiny. As the geological conditions were comparable to those prevailing beneath the Sonnenburg, it was possible to arrive at conclusions and a prognosis for the main tunnel.

The Type WIRTH T3.20 heavy roadheader applied by the contractor proved its worth during the excavation. The fact that practically no appreciable vibrations occurred on the ground surface ultimately led to the

decision to use a roadheader to drive beneath the Sonnenburg.

#### 4 Roadheader Drive

On March 4, 2010 the drive beneath the Sonnenburg was resumed using a roadheader. The excavation took place on 2 part cross-sections – crown and bench – from east to west. The tunnel crown was finally broken through on May 18, 2010 at the west portal without measurable vibrations or any further damage occurring at the castle.

##### 4.1 Excavation and Engineering Concept

The cited roadheader was applied by the responsible JV. The cutterhead was sprayed with water during the cutting process to reduce the dust impact.

#### STATIONÄRE BACKENBRECHANLAGE GIPOSTATION B 1385



#### 4.1 Vortriebs- und Maschinenkonzept

Durch die bauausführende Arbeitsgemeinschaft wurde die benannte TSM eingesetzt. Zur Verminderung der Staubbelastung wurde der Schneidkopf beim Schneiden über ein Bedüsungssystem mit Wasser benetzt sowie entstehende Staubschwaden zusätzlich händisch mit einem Sprühstrahlrohr niedergeschlagen. Für die Bewetterung wurde eine Sauglutta mit Staubabscheider eingesetzt. Das Ausbruchsmaterial wurde vom Ladetisch der Maschine aufgenommen und über das Förderband auf einen Muldenkipper abgekippt. Die Sicherung des ausgebrochenen Hohlraums erfolgte in Anlehnung an die Prinzipien der NÖT mit einer bewehrten Spritzbetonaußenschale und einer Systemankerung mit SWELLEX-Ankern.

#### 4.2 Vergütungs- und Dokumentationskonzept

Um eine ausgewogene Risikoverteilung bei dem als tech-



Ausbruch mit der TSM in Quarzphylliten. Durch die geringe Zerlegung des Gebirges sind die Schneidspuren jedes Meißels an der Ortsbrust deutlich erkennbar  
Roadheader excavation in quartz phyllite. The cutting lines of each bit are clearly discernible at the face on account of the low segmentation of the rock

nisch grenzwertig betrachteten Vortrieb zu gewährleisten, wurde bereits im Vorfeld des Hauptvortriebs ein Vergütungsmodell vereinbart, das die Vergütung über fünf Fräsbareitsklassen vorsah. Diese Klassen wurden während des Vortriebs in Abhängigkeit von den relevanten felsmechanischen Eigenschaften des angetroffenen Gebirges definiert.

Voraussetzung für dieses Vergütungsmodell war eine

#### 4.2 Remuneration and Documentation Concept

A remuneration model was decided on prior to the main drive to ensure balanced risk distribution for a drive that was pushing technical limits. This related to remuneration based on cutability classes. These classes were defined during the drive in accordance with the relevant rock mechanical characteristics. Intensive geological-geotechnical supervision of the drive was the prerequisite for this remuneration model. It was undertaken in accordance with the 4-eyes principle by the Büro Geoproject, Bolzano, on behalf of the client and by the JV Baubegleitung Tunnel Sonnenburg, Dr. Plinninger Geotechnik and hbpm ingenieure on behalf of the responsible JV. Within the scope of this supervision – probably unique for a project of this magnitude – a programme consisting of taking samples, rock mechanical lab tests and performance and wear documentations was executed.

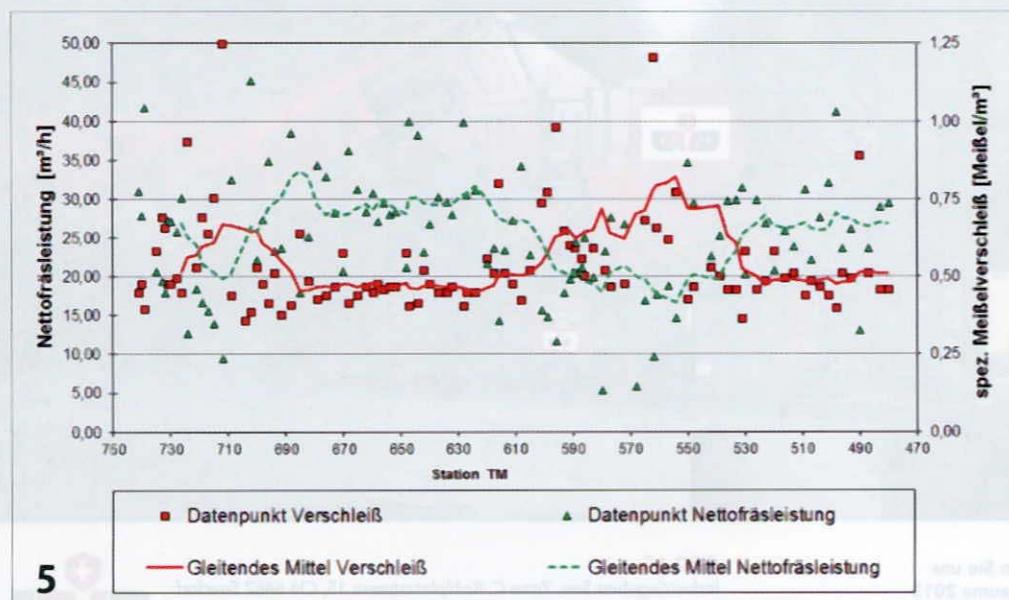
#### 4.3 Encountered Geology

The expected geological conditions were confirmed during the course of construction. By and large dark-grey coloured, in part graphite-bearing quartz phyllites prevailed, which were in some cases interspersed with cm to dm-thick, milky-white coloured quartz intermediate layers, quartz belts and quartzitic phyllite layers.

Point load tests were carried out on the spot as a direct test method to facilitate a realistic and appropriate on-site evaluation on the uni-axial rock compressive strength.

Thanks to the coordinated taking of samples and testing in keeping with the 4-eyes principle

5



Ganglinien des spezifischen Werkzeugverschleißes und der Nettoschneidleistung

Graphs of the specific tool wear and the net cutting rate

intensive geologisch-geotechnische Betreuung des Vortriebs, die im Vier-Augen-Prinzip durch das Büro Geoproject, Bozen, im Auftrag des Bauherrn und durch die Arbeitsgemeinschaft Baubegleitung Tunnel Sonnenburg, Dr. Plinninger Geotechnik, Bernried, und hbpm Ingenieure, Brixen, im Auftrag der bauausführenden Arbeitsgemeinschaft ausgeführt wurde. Im Rahmen dieser Betreuung wurde ein – für ein Projekt dieser Größenordnung vermutlich einzigartiges – Programm aus Probenahmen, felsmechanischen Laborversuchen und Leistungs- und Verschleißdokumentationen durchgeführt.

#### 4.3 Angetroffene Geologie

Die erwarteten geologischen Verhältnisse haben sich im Zuge der Bauausführung bestätigt. Es standen ganz überwiegend dunkelgrau gefärbte, z.T. graphitführende Quarzphyllite an, die bereichsweise von cm- bis dm-mächtigen, milchigweiß gefärbten Quarz zwischenlagen, Quarzbändern und quarzitischen Phyllitlagen durchzogen wurden.

Um eine zeitnahe und baustellentaugliche Bewertung der einaxialen Gesteinsdruckfestigkeit zu ermöglichen, wurden vor Ort Punktlastversuche als mittelbares Prüfverfahren durchgeführt. Durch die einvernehmliche Probenahme und Prüfung im Vier-Augen-Prinzip wurde sichergestellt, dass für jeden Abschlag repräsentative Kennwerte ermittelt wurden. Die Mittelwerte der einaxialen Druckfestigkeit lagen bei rund 70 MPa, wobei auch Spitzenwerte bis über circa 175 MPa erreicht wurden.

Zur Bewertung der Gesteinsabrasivität wurden ins-

gesamt 25 Indexversuche nach dem CERCHAR-Verfahren durchgeführt. Mit einem mittleren CERCHAR-Abrasivitätsindex CAI von 3,0 sind die angetroffenen Quarzphyllite als „sehr abrasiv“ einzustufen. Untersuchungen an Gangquarzlagen ergaben erwartungsgemäß extrem hohe CAI-Werte von bis zu 5,5.

In den Phylliten lag meist eine intern blättrige bis plattige (mm bis cm) Schieferung vor, die jedoch nur bereichsweise durch die Teilschnittramme aktivierbar war. Bei der Dokumentation der Fräsaufgaben konnte beobachtet werden, dass das Gebirge durch die TSM überwiegend zerspannt werden musste. Die Leistung der TSM orientierte sich daher am „Minimum“-Graphen der Fräsaufgabenkurve (Bild 4).

#### 4.4 Frä- und

#### Vortriebsleistung

Datengrundlage für die Bewertung der Lösbarkeit des Gebirges sind die durch das bauausführende Unternehmen detailliert geführten Schichtberichte sowie regelmäßige Dokumentationen einzelner Fräsaufgaben, die etwa dreimal wöchentlich durchgeführt wurden und welche die sekundengenaue Dokumentation der einzelnen Arbeitsschritte umfassten.

Aus diesen Daten konnten u.a. Trends zur Leistung und zum Verschleiß abgeleitet werden, welche gut die auch dem Vergütungsmodell zugrunde gelegten Erfahrungen bestätigten. So war beispielsweise die negative Korrelation von Verschleiß und Leistung deutlich erkennbar, d.h. in festeren Gebirgsbereichen wurden niedrige Leistungen bei gleichzeitig

It was assured that representative characteristic values were determined. The uni-axial compressive strength average values amounted to around 70 MPa although peak values of approx. 175 MPa were also attained.

Altogether 25 index tests according to the CERCHAR method were executed to evaluate the rock abrasiveness.

The encountered quartz phyllites possess an average CERCHAR abrasiveness index CAI of 3.0 and are thus classified as "very abrasive". Investigations of vein quartz layers as anticipated resulted in extremely high CAI values of up to 5.5. Usually a foliated to platy structure (mm to cm) prevailed in the phyllites, which however was only partially activated by the roadheader. It

could be observed while documenting the cutting operations that the rock had largely to be chipped by the roadheader. The roadheader performance was thus largely geared to a "minimum" graph of the cutting rate curve (Fig. 4).

#### 4.4 Cutting and Driving Rate

Detailed shift reports and regularly executed documentations of individual cutting rounds, which were undertaken roughly thrice weekly by the contractor and which embraced documenting the individual working steps to the second were the basis for assessing the cutability of the rock. Trends relating to performance and wear were derived from these data, which also

**DEVO-Tech**

Apparatebau // Vakuumtechnik // Tunnelbau // Fertigungstechnik

Schweres wird ganz leicht.

Überall wo platzsparend und sicher mit schwersten Bauteilen gearbeitet werden muss, ist DEVO-Tech zu Hause. Wir entwickeln Spezialanlagen nach Mass - zum Beispiel für den Tunnelbau.

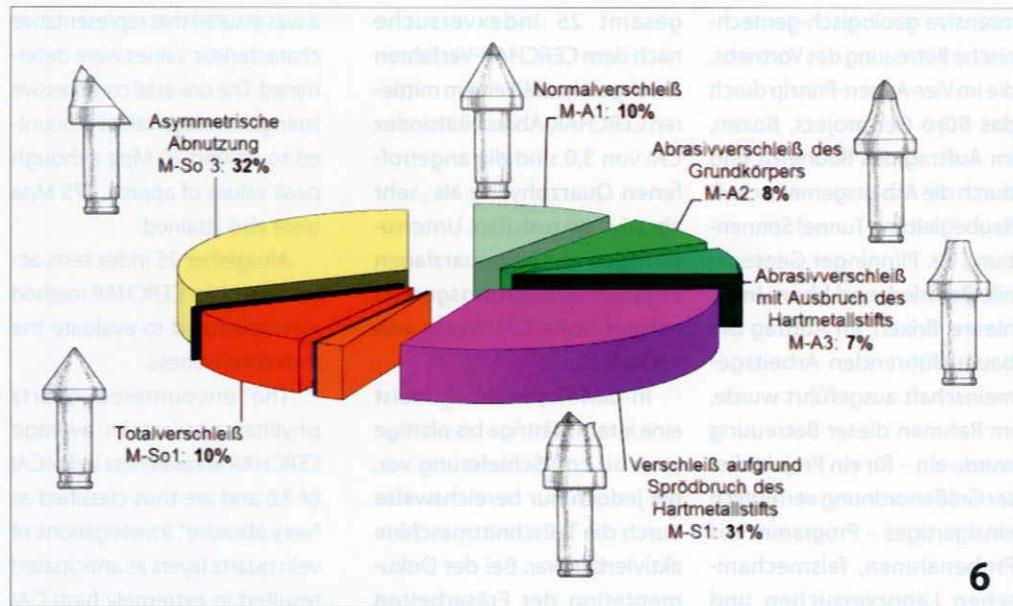
DEVO-Tech AG  
Hauptstrasse 39 Tel. +41 61 935 97 97 info@deo-tech.ch  
CH-4417 Ziefen Fax +41 61 935 97 99 www.devo-tech.ch

hohem Werkzeugverschleiß erreicht, und umgekehrt (Bild 5).

Die mit den Schichtberichten dokumentierten Bruttofräseleistungen liegen zwischen rund 5 und 41 m<sup>3</sup>/h und betragen im Mittel circa 19 m<sup>3</sup>/h. Für die Korrelation mit den Gebirgskennwerten deutlich signifikanter ist jedoch die erreichte Nettofräseleistung, die unter Abzug jeglicher Nebenarbeitszeiten und Leerlaufzeiten ausschließlich die Arbeitszeit berücksichtigt, in der der Fräskopf im Eingriff ins Gebirge steht. Hier wurde im Mittel eine Leistung von rund 28 m<sup>3</sup>/h (netto) erreicht. Mit diesen Fräseleistungen war es möglich, eine mittlere Vortriebsleistung von etwa 4 m/Arbeitstag zu erzielen; die besten Wochenleistungen lagen im Bereich von etwa 26 m/Arbeitswoche.

#### 4.5 Werkzeugverschleiß

Auf Basis der erwarteten, schwierigen Einsatzbedingungen bewährte sich ein von der bauausführenden Arbeitsgemeinschaft eingesetzter Rundschaftmeißel System Glattschaft 38 mm mit gedrehter Bauform und massivem



Tortendiagramm der angetroffenen Werkzeugverschleißformen (Klassifikation nach [4])

Pie chart of the tool wear forms encountered (classification according to [4])

Hartmetallstift mit 22 mm Durchmesser.

Die Meißelwechsel am Schneidkopf der Teilschnittmaschine wurden durch die Bauausführende in den Schichtberichten vermerkt. Insgesamt wurden 3.153 Meißel ausgetauscht, im Mittel etwa 34 Stück/Schicht. Der mittlere spezifische Meißelverschleiß lag bei 0,28 Meißeln/m<sup>3</sup>. Insbesondere in Bereichen mit hoher Festigkeit und hohem

shaft bit System Glattschaft 35 mm with a compact form and massive 22 mm diameter hard metal pin proved itself.

Changing the bits at the roadheader cutterhead was recorded in the shift reports by the contractors. Altogether 3,153 bits were replaced, on average some 34 per shift. The average specific bit wear amounted to 0.28 bits/m<sup>3</sup>. However extremely high wear rates of up to in excess of 1.0 bits/m<sup>3</sup> were recorded especially in areas with high strength and a high proportion of quartz (please see Fig. 5).

The specific forms of wear for the straight shaft bits were examined more closely within the scope of 4 counts undertaken during the construction phase. Such statistical assessments emerged as an important instrument for indirectly determining the causes of wear and evaluating possibilities for tool optimisation. The most frequent reasons for replacing tools were asymmetrical wear and chip fractures of the hard metal pin – each accounting for 30 %. Forms of



Durchschlag der TSM am Portal Amtmannsbühl

Roadheader breakthrough at the Amtmannsbühl Tunnel

Quarzanteil wurden aber auch extrem hohe Verschleißraten von bis zu über 1,0 Meißel/m<sup>3</sup> erreicht (vgl. Bild 5).

Die spezifischen Verschleißformen der Rundschaftmeißel wurden im Rahmen von vier über die Bauzeit verteilten Auszählungen näher untersucht. Derartige statistische Auswertungen stellen ein wichtiges Hilfsmittel zur indirekten Bewertung der Verschleißursachen und zur Bewertung von Optimierungsmöglichkeiten am Werkzeug dar. Mit jeweils rund 30 % Anteil stellten asymmetrischer Verschleiß und Splitterbrüche des Hartmetallstifts die weitaus häufigsten Ursachen für Werkzeugwechsel dar. Verschleißformen, die auf reinen Abrasivverschleiß zurückzuführen sind, treten demgegenüber anteilmäßig zurück (Bild 6).

## 5 Fazit

Der Bau der Tunneltrasse unter der Sonnenburg und unter dem Amtmannbügel zählte 2009/2010 zu einem der wichtigsten Verkehrsprojekte in Südtirol. Die beim Tunnelbau aufgetretenen Probleme konnten durch die interdisziplinäre

Zusammenarbeit aller am Bau Beteiligten letztlich erfolgreich gelöst werden (Bild 7).

Obwohl die geologischen Rahmenbedingungen – kristalline Gesteinsfolgen mit ein-axialen Druckfestigkeiten von bis zu 150 MPa – technisch zunächst nicht für einen TSM-Vortrieb sprachen, wurden die Vortriebsarbeiten für den Tunnel Sonnenburg mit einer schweren TSM des Typs WIRTH T3.20 mit geringsten Erschütterungsimmisionen an der darüberliegenden Burgruine durchgeführt.

Dabei haben sich die im Zuge der Machbarkeitsstudie angesetzten Modelle bewährt, mit deren Hilfe die Zusammenhänge von Festigkeit, Trennfläche, Gesteinszähigkeit und Nettoschneidleistung einerseits sowie Festigkeit, Abrasivität und Werkzeugverschleiß andererseits quantifiziert werden konnten. Diese Modelle haben als grundlegende Werkzeuge für die Risikobewertung zur realistischen Einschätzung der Möglichkeiten und zur Anwendung eines ausgewogenen Vertragsmodells beigetragen. □

### Literatur/References

- [1] Provinz Bozen (2010): Ausbau der Pustertaler Staatsstraße im Gemeindegebiet St. Lorenzen, Untertunnelung der Sonnenburg und Regelung der Zufahrt nach St. Lorenzen: Tunneldurchstich unter der Sonnenburg, 26.05.2010, Informationsbroschüre, herausgegeben durch das Assessorat für Bauten und Vermögen, ladinische Schule und Kultur, Crispistr. 2, 39100 Bozen, 12 Seiten.
- [2] Arbeitsgemeinschaft Dr. Plinninger Geotechnik – hbpm Ingenieure (2009): Projekt Ausbau Pustertalerstrasse SS 49 Abschnitt km 27+300 bis 29+000: Tunnel Sonnenburg / St. Lorenzen – Geotechnische Stellungnahme 2008\_D\_0032-1: Stellungnahme zur Frässbarkeit des Gebirges, 47 Seiten, 22 Tabellen, 22 Abbildungen, 7 Anlagen, Bernried/Brixen, 14.01.2010.
- [3] Thuro, K. & Plinninger, R.J. (1998): Geologisch-geotechnische Grenzfälle beim Einsatz von Teilschnittmaschinen. – Felsbau 16: 358-366.
- [4] Plinninger, R.J. (2002): Klassifizierung und Prognose von Werkzeugverschleiß bei konventionellen Gebirgslösungsverfahren im Festgestein. – Münchner Geologische Hefte, Reihe B, 17 – Angewandte Geologie, XI + 146 S., 99 Abb., 36 Tab, München (Hieronymus).

wear, which were attributable to pure abrasive wear on the other hand, proportionally occur less frequently (Fig. 6).

## 5 Summary

Producing the tunnel route beneath the Sonnenburg and the Amtmannbügel was numbered among the most important transport projects in South Tyrol in 2009/2010. The problems that cropped up during tunnelling were ultimately successfully mastered thanks to interdisciplinary collaboration among all those involved in the project (Fig. 7).

Although the geological circumstances – crystalline series of rocks with uni-axial compressive strengths of up to 150 MPa – were at first against a roadheader

drive as seen from the technical viewpoint – the driving operations for the Sonnenburg Tunnel were tackled using a heavy WIRTH T3.20 roadheader with ultra-low vibration immissions affecting the castle located above.

In this connection the models applied in the course of the feasibility study proved themselves. As a result the interactions of strength, joint plane structure, rock hardness and net cutting rate on the one hand and strength, abrasiveness and tool wear on the other could be quantified. These models contributed towards realistic appreciation of the possibilities and application of a balanced contractual model as basic tools for risk assessment. □



Innovativer – Kompetenter – Zuverlässiger

## Gemeinsam stärker im Tunnelbau

Schläuche · Armaturen · Zubehör für:  
hoses · fittings · equipment for:

	Pressluft	compressed air
	Wasser	water
	Beton	concrete



Salweidenbecke 21  
44894 Bochum, Germany  
Tel. +49 (0)234/588 73-73  
Fax +49 (0)234/588 73-10  
info@techno-bochum.de  
www.techno-bochum.de



TechnoBochum