

## Mechanisierter Bergbau: Sind TBMs der Weg in die Zukunft?

Im folgenden Beitrag möchten wir Ihnen eine Vision zum mechanisierten Bergbau in der Zukunft, die Dr. Jamal Rostami vom Lehrstuhl „Centennial Mining Engineering“ der Pennsylvania State University hat, vorstellen.

Stellen Sie sich Folgendes vor: Ein Bergbauprojekt zur Erschließung von Erzvorkommen wird

unter Einsatz von Tunnelvortriebsmaschinen ausgedehnt auf mehrere Vortriebe, die von verschiedenen Angriffspunkten vorangetrieben werden. Hinter den TVM bohren sich zeitgleich zum Streckenvortrieb modular konzipierte Maschinen – vergleichbar mit Teilschnittmaschinen – durch die Ulmen und fahren in regelmäßigen Abständen Querschläge auf. Unter Einsatz lokaler Miniatursprengefortriebe wird die gebohrte Sohle abgeflacht und so eine Fahrbahn für den Einsatz von schienengeführten oder gummibereiften Fahrzeugen geschaffen. - Dies ist eine Vision zum mechanisierten Bergbau in der Zukunft, die Dr. Jamal Rostami vom Lehrstuhl „Centennial Mining Engineering“ der Pennsylvania State University vorstellt. Damit diese Vision real werden kann, müssen sich, so Dr. Rostami, Mininggesellschaften und ihre Arbeitsteams erst mit dieser Abbautechnik auseinandersetzen. „In Minen können die TVM genauso eingesetzt werden, wie bei Tiefbauinfrastrukturprojekten. Der einzige Unterschied besteht meist darin, dass im Tunnelbau das

**Desiree Willis**, Technical Writer, The Robbins Company, Kent, WA/USA  
www.TheRobbinsCompany.com

Loch in der Erde das Endprodukt ist. Im Bergbau ist aber der Tunnel (die Strecke) Mittel zum Zweck. Minenbetreiber müssten sich mit dieser Technik vertraut machen und ihre eigenen Crews im Einsatz von TVM schulen. Dieser Ansatz wurde bisher noch nicht verfolgt.“

Dr. Rostami führt mehrere Faktoren an, die dieser Vision in vielen Bergbauprojekten immer noch entgegenstehen, darunter

## Mechanized Mining: Are TBMs the Way into the Future?

With the following article we would like to present you a vision into the future of mechanized mining according to Dr. Jamal Rostami, Centennial Mining Engineering Chair at Pennsylvania State University.

Picture this: A mining operation is being expanded on multiple fronts, using TBMs to access ore bodies. Behind the TBMs, concurrent with excavation, modular machines similar to roadheaders bore through the tunnel sidewalls to form cross cuts at regular intervals. Miniature drill and blast operations finish out the bore, producing controlled micro blasts that flatten the invert to make way for rail or rubber-tired

vehicles. This is a vision of the future for mechanized mining, according to Dr. Jamal Rostami, Centennial Mining Engineering Chair at Pennsylvania State University. But to get there, he argues, mines need to familiarize themselves and their crews with the technology. “Miners can use TBMs in the same way as civil infrastructure projects - the only difference is that in most tunnelling, the hole in the ground is the product. In mining, the tunnel is the means to an end. Mining companies need to familiarize themselves



TBM have been used successfully in mines around the world - a Robbins machine still in use at the Stillwater Mine was previously used at the Magma Copper Mine in Arizona, USA (seen here)

die eingeschränkten räumlichen Verhältnisse unter Tage und nicht ausreichend geschultes Personal. Doch es gibt schon Minen, die den Einsatz von TVM vollständig umgesetzt haben und daraus bereits entscheidende Vorteile verbuchen können. „Erfolgreichster Vorreiter ist hier die Stillwater Mine, wo man bereits über fundiertes TVM Know-how verfügt und diese Maschinen ständig einsetzt“, so Dr. Rostami. In der amerikanischen Mine kommt im Sommer eine 4. TVM zum Einsatz, eine offene Main Beam Maschine von Robbins mit einem Durchmesser von 5,5 m. Diese neueste TVM vereint die Erkenntnisse aus Bergbauprojekten in Chile, Australien und China und wird dem mechanisierten Bergbau sicherlich einen nächsten Entwicklungsschub geben können.

### Einsatz von TVM im Bergbau

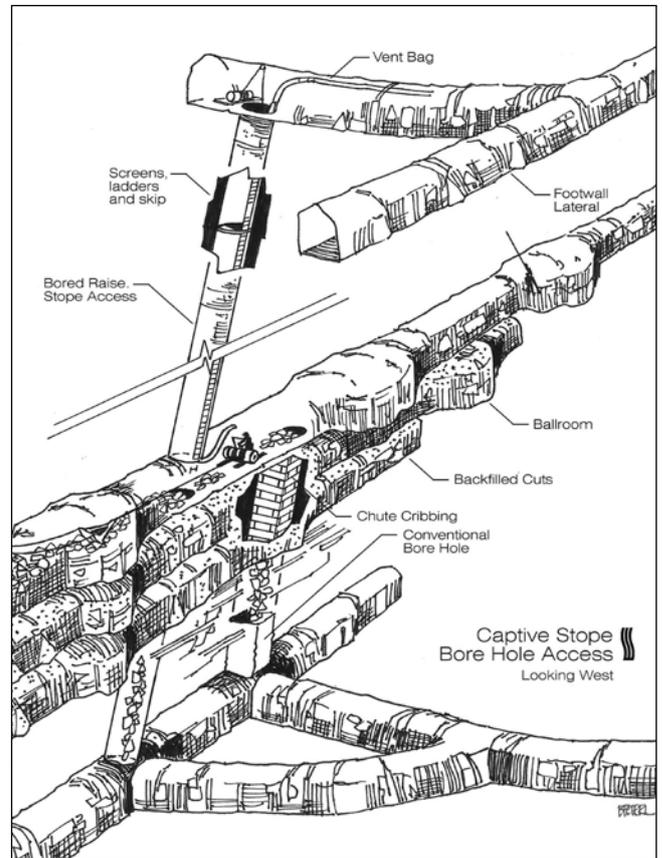
Nach Dr. Rostami eignen sich TVM sehr gut zum Vortrieb von Hauptzugangsstollen von Explorations- und Wetterstrecken und sonstiger längerer, untertägiger Strecken. Minen, die sich für eine TVM entscheiden, setzen diese über ihre gesamte Lebensdauer ein und treiben somit Tausende von Metern vor. „TVM reduzieren die Zahl der bisher für den Vortrieb erforderlichen Mitarbeiter und die Arbeitsbedingungen für die Mineure sind besser verglichen mit denen im Sprengvortrieb. Sie bieten alle Vorteile des mechanischen Abbaus: schnellerer Vortrieb, größere Genauigkeit und Vortriebskontrolle, bessere Bewetterung, gleichmäßigere Streckenprofile, weniger Gebirgssicherung und gleichmäßiger Bohrgutaustrag.“

Trotz dieser offensichtlichen Vorteile gibt es mehrere Hürden auf dem Weg zum vermehrten

Einsatz von TVM im Bergbau. „Der Einsatz von TVM ist die Zukunft. Sie sind sicherer als der Sprengvortrieb. Um aber die Vorteile einer TVM nutzen zu können, müssen Minen nicht nur in diese Maschinen, sondern auch in die Schulung ihrer Crews und die Einstellung von Fachpersonal investieren, das die TVM dann bedient“, so Dr. Rostami.

Die Investitionskosten für einen Vortrieb mit TVM sind höher als die für einen Sprengvortrieb – ein offensichtlicher „Hemmschuh“ für einen Umstieg. Dr. Rostami verweist darauf, dass die Gesamtkosten eines Projektes dennoch niedriger sein können. So haben Abbaubetriebe wie die Stillwater Mine Zahlen offengelegt, wonach ihre TVM-Vortriebe nur ca. 33 % der Betriebskosten vergleichbarer Sprengvortriebe erfordern. „Die Vortriebskosten pro TVM-Meter sind niedriger, sobald die Mine mit der Methodik vertraut ist und die TVM mit eigenem Personal betreiben kann“, führt Dr. Rostami aus.

Die Manager der Stillwater Mine führten einige, die Mechanisierung einschränkende Faktoren an. „Die Größe einer TVM kann bei einem Abbauprojekt schon entscheidend sein, besonders bei Richtungsänderungen im Streckenverlauf. Bei konventionellen Vortriebsmethoden liegt der Kurvenradius bei 1,5 m. Bei einer TVM beträgt der Kurvenradius schon 300 m“, so Tyler Luxner, Projektingenieur bei der Stillwater Mining Company. Dr. Rostami erwartet daher, dass die TVM-Konzeption für Minen in der Zukunft noch modularer als heute sein wird, wodurch engere Kurven möglich und die Starttunnel kürzer sein werden.



Operations at Stillwater Mine in Montana, USA include the use of TBMs to bore footwall lateral to access the ore body. Raise bores are then constructed for level-to-level access

with the technology and become more comfortable in using TBMs with their own crews. I don't think that has happened yet."

Rostami cites several factors - from maneuverability to lack of skilled workers - that are currently the limiting factors in many mines. But despite these issues, some mines have fully embraced TBMs and have reaped significant benefits. "Stillwater Mine is the best at this, because of the fact that the company is comfortable with TBMs and has used them over and over," said Rostami. The U.S. mine is launching its fourth TBM, a 5.5 m diameter Robbins Main Beam machine, in summer 2012. Its TBM legacy is a model for recent efforts by mines in Chile, Australia, and China that may well bring on the next wave of mechanized mining.

### The State of TBMs in Mining

According to Rostami, TBMs are well-suited for main access tunnels, as well as exploratory bores, ventilation tunnels, and other types of long tunnels. Mines that opt for TBMs often employ the machine for its usable life, boring thousands of meters of tunnel. "TBMs can reduce the size of the workforce that companies have to maintain, and the work environment is better for laborers as compared with drill and blast. They offer all of the advantages of mechanical excavation - faster advance, better precision and control, better ventilation, smoother tunnel profile, less ground support, and more uniform muck for processing."

Despite the obvious benefits, there are several barriers to more



A 5.5 m diameter Main Beam TBM will begin excavating the Blitz mine development tunnel in August 2012.

Manövrierbarkeit ist keine Frage des Gewichts, wenn es um lange, gerade Strecken geht. „Das hängt von der Geometrie des Erzvorkommens (des „Reef“) und dem Zugang ab“, erläutert Mike Koski, leitender Geologe bei der Stillwater Mining Company. „In unserer Mine verläuft das Reef flächenförmig und parallel zu einem Tal – es ist 45 km lang in Ost-West-Ausdehnung. Diese Geologie ist wie geschaffen für TVM – man kann Lagerstätten mit we-

niger Personal und geringerem Risiken als beim Sprengvortrieb erreichen und abbauen“. Das schichtenförmige Erzvorkommen in der Stillwater Mine ist ideal für den Abbau mit einer TVM, die v.a. bei lang gestreckten Flözen ihre Vorteile ausspielen kann. Mike Koski führt weiter aus, dass z.B. auch durch porphyrisches Gestein verlaufende Minen die mit einem TVM-Einsatz verbundenen Vorteile nutzen könnten.

extensive adoption of TBMs. „Machines are the way of the future and are safer than D&B operation, but to realize these advantages mines need to invest not only in purchasing the machine, but also in training the crew and hiring skilled workers to run the machines“, said Rostami.

Capital cost to purchase a TBM is higher than a drill and blast operation - an obvious barrier to early adoption. However, Rostami emphasizes that over-

all costs during the project can be much lower. In fact, mines such as Stillwater have reported that their TBM operations run at about 33 % of the operating cost of similar D&B operations. „TBMs offer a cheaper cost per meter of tunnel once the mine is familiar with the method and is able to run the machine in-house“, he continued.

Managers at Stillwater Mine added some limiting factors for the machinery. „The size of a TBM



### 30 Jahre TVM-Erfahrung in der Stillwater Mine

In der in Nye im US-Bundesstaat Montana gelegenen Stillwater Mine kommen TVM schon seit Jahren zum Einsatz. Für Tyler Luxner sind sie die erste Wahl, wenn es darum geht, zügig Zugangsstrecken zu bohren, die bis zur Stilllegung einer Mine genutzt werden können. „Wenn man an TVM im Bergbau denkt, so stellt man sich im Allgemei-



The Blitz tunnel drive will be at least 7.1 km in length and will cross several fault lines in mafic norite rock

nen riesige, schwerfällige Kolosse vor – wir aber setzen sie seit 24 Jahren erfolgreich ein“.

Die Platin- und Palladiummine kaufte 1988 zuerst eine Kelly-TVM mit einem Durchmesser von 4,0 m, um eine Zugangsstrecke durch das vor Ort typische Gestein – Gabbro, Norit und Anorthosit – zu bohren. „Unsere Aufgabe war es, die Mine weiter auszubauen, um ihre Lagerstätten abzubauen. Eine der Herausforderungen war aber die Bewetterung. Wir wollten die Kosten für den Vortrieb von Querstollen reduzieren, aber auch keine vertikalen Wetterschächte bohren, wie sie beim Sprengvortrieb notwendig sind. Wir haben auch festgestellt, dass der Aufwand für Gebirgssicherung bei kreisrunden Streckenquerschnitten geringer ist“, so Mike Koski. Die Mine trieb den Einsatz dieser Maschine und einer weiteren voran für mehrere Streckenvortriebe in den späten 80’er und frühen 90’er Jahren. „Ich glaube, unsere ersten Einschätzungen waren zutreffend – das Gebirge

can be an issue for mining, because of the ability to make turns. With conventional mining you have a 20 m turn radius. TBMs have a 300 m turn radius,” said Tyler Luxner, Project Engineer at Stillwater Mining Company. For that reason, Rostami envisions a more modular future TBM design for mines, able to make sharper turns and launch in shorter starter tunnels.

The maneuverability is not necessarily a problem though, if long and straight tunnels are the goal. “It depends on the geometry of the ore body (reef) and the access,” explained Mike Koski, Chief Geologist at Stillwater Mining Company. “In our mine the ore body runs parallel to a river valley that runs east to west for 45 km. That lends itself well to TBMs, because you can develop large reserve blocks that are easier to ventilate and don’t require as much ground support as a drill and blast tunnel.” The reef at Stillwater Mine, as a seam-like ore body, is well-suited for the longer excavations that TBMs make efficient. Koski continued

to say that other types of mines, such as those operating in vast porphyry systems with long haulage tunnel access, could also benefit from the use of TBMs.

### Stillwater Mine: Three Decades of TBMs

At Stillwater Mine, located in Nye, Montana, USA, TBMs have been in use for years. For Luxner, TBMs guarantee a fast advance rate in life-of-mine access tunnels. “The common perception in mining is that TBMs are large and unwieldy machines, but we have used them successfully for 24 years.”

The platinum and palladium mine first purchased a 4.0 m diameter Kelly-type TBM in 1988 to excavate a mine access tunnel through the area’s characteristically layered gabbro, norite, and anorthosite rock. “We were faced with trying to further develop the mine and open up its reserves, but one of the challenges was the ventilation. We wanted to reduce the cost of driving foot wall laterals, but didn’t want to have



Crews load the TBM onto specialized transport dollies for final assembly in a launch chamber

muss nicht annähernd so umfangreich gestützt werden (wie bei konventionellen Vortrieben). Für den Vortrieb langer, söhligter Strecken ist das die richtige Lösung“.

Die Stillwater Mine erwarb 1999 von der Magma-Copper-Mine in Arizona eine generalüberholte offene Robbins Main Beam TVM, die zum Vortrieb von Zugangsstrecken zum East-Boulder-Abschnitt eingesetzt wurde.

„Wir haben zunächst 2 parallele Strecken vorgetrieben und dann zu einer aufgeweitet und auf diese Weise den Hauptzugang zum Abschnitt East Boulder geschaffen“, so Justus Deen, Manager of Technical Services bei Stillwater, damals verantwortlich für den East-Boulder-Vortrieb. Laut Justus Deen ist diese Robbins Maschine mit einer Einsatzzeit von über 20 Jahren eine der ältesten in Betrieb befindlichen TVM. Selbst nach 5,6 km Vortrieb waren keine Instandsetzungsarbeiten vonnöten. „Seit September 2011 wird mit ihr ein weiterer Minenzugang mit einer Länge

von bislang 2,6 km vorgetrieben. Bis zum Abschluss der Arbeiten wird sich das auf 10 km summieren. Dann werden wir sie u.U. einer Generalüberholung unterziehen“. Die TVM wird derzeit bei der Graham-Creek-Expansion-Bohrung eingesetzt, die im zweiten Quartal 2013 beendet sein soll.

### Blitz-Tunnel

Das jüngste Projekt in der Stillwater Mine ist der Blitz-Tunnel, eine mindestens 7,1 km lange Erkundungsstrecke, mit der auch neue Erkenntnisse über das Reef entlang des östlichen Teils der Mine gewonnen werden sollen.

Eine TVM von Robbins mit einem Durchmesser von 5,5 m durchfährt diese Strecke im Sommer 2012 und erkundet den Verlauf des Reefs. Dieser aufgefahrte Zugang wird später und bis zur Stilllegung der Mine als Förderstrecke für Transporte mit Gleisfahrzeugen genutzt werden.

Die Erkundung des Reef-Verlaufs von der TVM aus erfolgt mittels sorgfältiger Analyse der

vertical ventilation shafts drilled, like those that are necessary for D&B. We also determined that ground support for circular tunnels would be less,” said Koski. The mine wound up using that machine for several tunnels in the late 1980’s and early 1990’s. “I think our early estimations were spot on - the ground doesn’t need to be supported nearly as much. For long chunks of footwall lateral, it’s a good way to go.”

In 1999, Stillwater Mine purchased a refurbished Main Beam TBM from Magma Copper Mine in Arizona, using it to excavate access tunnels in the East Boulder section. “We drove twin tunnels, and then mined between them to create the main access for the East Boulder part of the mine,” said Justus Deen, Manager of Technical Services at Stillwater, who oversaw the East Boulder bore. According to Deen, the Robbins machine is one of the oldest working TBMs, in operation more than 20 years, and has required no refurbishment after 5.6 km of excavation. “It’s been boring another 2.6 km mine development tunnel since September 2011, so by the time it’s done it will have bored 10 km total. After that, maybe we will do some refurbishment on it.” The TBM is currently slated to finish up its latest bore, known as the Graham Creek Expansion, in the second quarter of 2013.

### Blitz Tunnel

Stillwater Mine’s latest endeavor is the Blitz Tunnel, a development tunnel of at least 7.1 km that will provide information about the reef along the eastern portion of the mine.

A 5.5 m diameter TBM will excavate the tunnel beginning

in summer 2012, detecting the location of the reef in relation to the TBM while simultaneously creating a rail haulage tunnel that will be used for the life of the mine.

Detecting the reef in relation to the TBM will require careful analysis using two core drills mounted on the machine. “Steering the TBM will be an interesting process because we have very complex geology here. We will do diamond (core) drilling ahead of the machine, above the machine, and to the side after every 150 m. We will drill and log the core right there while we are drilling it, then interpret the results, so it will be concurrent with boring,” said Deen.

The operators will then make adjustments to the TBM bore path based on the perceived distance to the reef. “We don’t want to get too far away from or too close to the ore body. The ore zone is located in a very distinct layer of igneous rock, so if we penetrate the right rock types then we know we are in the right place, and if we see some ore we will know exactly where we are. Platinum and palladium is hidden in base metal sulfides, so we will look for the presence of the ore, but those metals are only present in core samples about 50 % of the time, so the rock types will guide us,” said Koski.

Geotechnical probe drilling will also be a regular occurrence on the TBM, in addition to core drilling to identify the reef position. “At the same time that we are diamond drilling, we also want to identify rough ground conditions that are ahead, such as weak rock, water, and dykes. We will probe ahead every 550 ft and look at the results, and in that way we will know we are

Bohrungen, die mit 2 auf der TVM installierten Kernbohrmaschinen ausgeführt werden. „Die TVM zu steuern, wird eine Herausforderung, da wir es mit einer sehr uneinheitlichen Geologie zu tun haben. Wir werden alle 150 m voraus, oberhalb und seitlich von der Maschine Kernbohrungen mit Diamantkronen durchführen. Wir bohren, zeichnen die Bohrdaten in Echtzeit auf und interpretieren die Ergebnisse – alles geschieht gleichzeitig“, so Justus Deen.

Die TVM-Fahrer passen die Vortriebsrichtung der TVM entsprechend der ermittelten Abstände zum Reef an. „Wir möchten nicht zu weit vom Erzvorkommen abkommen, diesem aber auch nicht zu nahe kommen. Die Erzader liegt in einer ganz bestimmten Lavagesteinschicht. Wenn wir uns also durch die richtigen Gesteinsarten arbeiten, wissen wir, dass wir an der richtigen Stelle bohren. Wenn wir auf Erz stoßen, wissen wir ganz genau, wo wir sind. Platin und Palladium sind in Sulfidverbindungen mit unedlen Metallen enthalten. So brauchen wir nur nach dem Erz suchen. Solche Metalle finden sich jedoch nur in rund 50 % der Kernproben, so weisen uns die Gesteinsarten den Weg“, erläutert Mike Koski.

Neben Kernbohrungen werden auf der TVM auch Sondierungsbohrungen durchgeführt. „Während wir Diamantkernbohrungen vornehmen, möchten wir natürlich auch etwas über die Beschaffenheit des vor uns liegenden Gesteins erfahren, z.B. über weiche Felsstrukturen, Wasser und Dykes. Wir sondieren den Boden etwa alle 170 m und schauen uns die gewonnenen Daten an. So wissen wir immer sehr genau,

dass wir Querstellen im besten Gestein auffahren“, führt Mike Koski aus.

Die TVM wird sich durch Gabbro-Gesteinsschichten arbeiten und es werden abhängig von der ermittelten Bodenbeschaffenheit verschiedene Arten der Gebirgsicherung genutzt. Die Palette reicht dabei von Ausbaubögen über Spritzbeton und Felsanker bis hin zum McNally-Verfahren zur Firstsicherung mittels fortlaufender Stahllanzen. „Wir erwarten standfestes Gestein mit Störzonen aus lehmartigen Boden. Sollten wir auf sehr loses Material oder Blockgestein stoßen, werden wir das McNally-Abstützsystem anwenden“, so Tyler Luxner. Dieses System, das ausschließlich auf den TVM von Robbins eingesetzt wird, wurde bereits erfolgreich in sehr tiefen Tunnels angewandt, so beim Olmos-Tunnel in Peru, 2.000 m unter der Erdoberfläche. Bei dieser Methode werden Stahllanzen verwendet, die parallel zum TBM-Vortrieb aus Taschen in der Firste des Bohrkopfmantels gezogen werden. Die Lanzen werden mit Felsankern und Laschen im Gestein verankert und damit eine Konstruktion zur Gebirgssicherung gebildet, die das Herabfallen und Verlagern gebrochenen Gesteins verhindert.

Montage und Inbetriebnahme der TVM werden wegen der sehr kleinen zur Verfügung stehenden Fläche am Portal, gerade einmal 4,10 m hoch und 4,40 m breit, in einem gut geplanten und durchdachten Ablauf erfolgen. Main Beam und Bohrkopfantrieb werden vor dem Portal montiert und dann unter Verwendung spezieller Fahrwerke in eine ca. 110 m lange Startkaverne transportiert. Die

placing footwall laterals in the best possible ground“, continued Koski.

The TBM will excavate Norite rock and will utilize a variety of ground support depending on the conditions identified. Support will range from ring beams, shotcrete, and rock bolts to McNally crown support consisting of continuous steel slats. “We’re expecting mainly competent rock with claylike material in fault zones. Our standard ground support will be welded wire mesh; however, if we encounter very poor or blocky ground, we will switch to the McNally support system,” said Luxner. The system, used exclusively on Robbins TBMs, has been employed successfully in

very deep tunnels including the 2,000 m deep Olmos tunnel in Peru. The method utilizes steel slats that are extruded from pockets in the machine’s roof shield as the TBM advances. The slats are bolted in place using rock bolts and steel straps, creating a network of support that prevents fractured ground from shifting and collapsing.

TBM assembly and launch will be a carefully planned process due to the small size of the launch portal, just 4.1 m high and 4.4 m wide. The main beam and cutterhead support will be assembled outside the portal, and will then be moved through the portal into a 350 ft long launch chamber using specially designed transport dollies.



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)234/58873-73  
Fax +49 (0)234/58873-10  
info@techno-bochum.de  
www.techno-bochum.de

 **TechnoBochum**

Montage des Bohrkopfes, der First- und Seitenteile des Bohrkopfmantels, der Verspannschilde und der Brücke erfolgen in der Startkaverne. Die TVM wird den Vortrieb in einer gekürzten Startkonfiguration aufnehmen bis 45 m Strecke gebohrt sind. Dann wird der Nachläufer in voller Länge montiert. Für den Vortrieb dieser Strecke sind ca. 3 Jahre veranschlagt. Die Stillwater Mine hat verlautbaren lassen, dass sie die TVM nach Ende dieses ersten Projektes weiter einsetzen und den Blitz Tunnel verlängern wird, sollte sich der Vortrieb erfolgreich darstellen.

### Ausblick

Die Stillwater Mine ist ein exzellentes Beispiel für den TVM-Einsatz im modernen Bergbau. Andere Minen haben nun begonnen, die zur Verfügung stehenden Optionen genauer zu untersuchen und den nächsten Schritt in Richtung Mechanisierung zu gehen. Minen in Chile und Australien haben ebenfalls bekannt gegeben, TVM einsetzen zu wollen. Auch die Betreiber von Kohlebergwerken in China erwägen den Einsatz von TVM.

„Minen in China fahren Zugstrecken immer noch mit Teilschnittmaschinen auf. Sie sind aber dabei, diese durch TVM zu ersetzen, da sie kürzere Bauzeiten und eine bessere Bewetterung ermöglichen“, so Jack Chao, General Manager bei Robbins China-Guangzhou.

Laut Dr. Rostami sind TVM mit nicht kreisförmigem Bohrquerschnitt eine weitere Option, die von Minenbetreibern einer Analyse unterzogen werden, da mit ihnen eine flache Sohle für den Einsatz von gleisgebundenen Schutterfahrzeugen erstellt werden kann, ohne dass Sohl-

segmente eingebaut oder die Sohle mittels konventioneller Methoden nachgearbeitet werden muss. Er unterstreicht nochmals die Notwendigkeit interner Schulungen für das Personal in den Minen und Bergwerken, was von den Betreibern oder den Herstellern der TVM geleistet werden muss. Dies nicht zuletzt, um den Betreibern die Sorge zu nehmen, sie müssten die mechanisierten Vortriebe an Fremdunternehmer vergeben.

Schlussendlich liegen die Vorteile des TVM-Einsatzes auf der Hand, sobald die Minenbetreiber mit dem Einsatz vertraut sind: „TVM bieten im Vergleich zum Sprengvortrieb schnelleren Vortrieb und die Streckenauffahrungen sind besser zu bewettern. Es ist auch einfacher, unsere TVM Bergleute zu schulen – die Anforderungen und das erforderliche Grundwissen sind nicht zu hoch und umfangreich“, so Justus Deen. 



Crews ready the roof shield of the TBM for transport through the small portal area, just 4.1 m high and 4.4 m wide

Final assembly of the cutterhead, roof and vertical supports, gripper shoes, and bridge will be done in the launch chamber. A shortened startup configuration consisting of 4 back-up decks will be used until the machine mines ahead 45 m, allowing the full back-up system to be installed. Excavation is planned to take about 3 years. Stillwater Mine says it will likely continue to use the machine after its initial project, and may extend the Blitz tunnel if it proves successful.

### Looking Towards the Future

While Stillwater is the prime example of TBM use in mining today, other mines are researching the options and gearing up for mechanized operations. Mines in Chile and Australia have announced plans for TBM usage, while Chinese coal mines are also looking into the use of TBMs. “Coal mines in China currently excavate access tunnels using roadheaders, but they are looking to replace these with TBMs because of the promise of faster excavation and better ventilation,” said Jack Chao, General Manager for Robbins China-Guangzhou.

Non-circular tunnelling machines are another option being investigated by mines, says Rostami, because they create a flat invert for rail and muck haulage without the need for invert segments or controlled blasting. He still emphasizes the need for internal training by the mine or equipment manufacturer, however, so the mine doesn't feel it needs to outsource the mechanized operation to another company.

Ultimately, the benefits of TBMs when the mine is familiar with the technology are clear: “TBMs offer faster advance rates than drill and blast, and the drives are easier to ventilate. It's also easier to train our TBM miners, as the required skill set is not as complex,” says Deen. 