

## Neue Technologie für die Erstellung von Slot Holes

Weltweit müssen in vielen Untertagebergwerken eine große Anzahl von vertikalen oder geneigten steigenden Bohrungen mit kleinem Durchmesser (Slot Holes) hergestellt werden. Hierfür hat die Herrenknecht AG eine neue Boxhole Boring Machine (BBM) entwickelt und zum Einsatz gebracht (Bild 1). Ihr Konzept basiert auf der bewährten Mikro-Tunnelvortriebstechnologie (Pipe Jacking) – ein Bereich, in dem das Unternehmen auf eine 25-jährige Erfahrung in weltweiten Projekten zurückblicken kann.

### 1 Einleitung

Die innovative BBM verfolgt das Ziel, die Arbeitssicherheit maßgeblich zu erhöhen und gewährleistet durch eine kompakte Bauweise den Einsatz auch bei sehr eingeschränkten Platzverhältnissen. Im Vergleich mit dem konventionellen Sprengvortrieb werden mit der BBM höhere Vortriebsleistungen erreicht und infolge dessen der Zeitaufwand zur

Herstellung der Bohrung deutlich reduziert. Je schneller und sicherer die Bohrungen erstellt werden, desto früher kann die eigentliche Produktion in der Mine aufgenommen bzw. fortgesetzt werden.

Heute wird die BBM hauptsächlich in Gold-, Kupfer- und anderen Erzuntertagebergwerken

zwischen der production level und the haulage level.

Initial results of the BBM indicate that the machine is capable of achieving high and consistent production rates and guarantees high mobility and flexibility compared to other methods.

Initial results of the BBM indicate that the machine is capable of achieving high and consistent production rates and guarantees high mobility and flexibility compared to other methods.

### 2 The BBM concept

The Boxhole Boring Machine was developed for fast and safe construction of vertical and inclined slot holes ( $\pm 30^\circ$  from vertical) with a diameter of up to 1.5 m and a length of max. 60 m in hard rock formations. During development, the design was focused mainly on increased safety due to a remote operated machine, higher productivity and optimum machine mobility. Quick relocation of the BBM and minimum space requirements were also key factors of the design.

For transporting the BBM between different locations in the underground, a compact crawler unit provides fast transport and a high degree of flexi-

## New Technology for Creating Slot Holes

A large number of vertical or inclined small-diameter slot holes need to be excavated in many underground mines worldwide. To this aim, Herrenknecht has developed and built a new Boxhole Boring Machine (BBM) (Fig. 1). Its concept is based on the well-proven Microtunnelling pipe jacking technology – an area in which the company can look back on 25 years of experience in international projects.

### 1 Introduction

With this new BBM technology the target is a higher safety standard and minimal drift dimension. Higher production rates can be achieved using the Herrenknecht BBM resulting in significant time savings in producing slot holes compared to conventional drill and blast excavations. The faster and more safely slot holes can be constructed, the earlier the actual production in the mine can start or be continued.

Today, the BBM is primarily deployed in gold, copper and other ore mines usually prepared in accordance with the block caving method, whereby the BBM largely contributes toward preparing the draw points (ore extraction points) during the production process. Other applications include drilling ventilation shafts or preparing ore passes for transporting ore



Neu entwickelte Boxhole Boring Machine (BBM)  
New developed Boxhole Boring Machine (BBM)

ken eingesetzt, die meistens nach dem Blockbruchbauverfahren erstellt werden. Dabei wirkt die BBM maßgeblich im Produktionsprozess zur Erstellung der Erzentnahmestellen mit. Weitere Anwendungen sind das Auffahren von Wetterschächten oder das Erstellen von Rolllöchern für den Erztransport zwischen der Produktionssohle und der Fördersohle. Erste Ergebnisse der BBM zeigen, dass die Maschine in der Lage ist hohe und konstante Vortriebsraten zu erzielen und garantiert im Einsatz, im Vergleich zu anderen Verfahren, eine hohe Mobilität und Flexibilität.

## 2 Das BBM-Konzept

Die Boxhole Boring Machine wurde für die schnelle und sichere Herstellung von steigenden vertikalen und geneigten Bohrungen ( $\pm 30^\circ$  aus der Senkrechten) in standfesten Felsformationen mit einem Durchmesser von bis zu 1,5 m und einer Länge von maximal 60 m entwickelt. Bei der Entwicklung wurde ein besonderes Augenmerk auf eine verbesserte Arbeitssicherheit, eine höhere Produktivität und eine optimale Mobilität der Anlage gelegt. Durch den Einsatz einer Fernbedienung kann der Bediener die BBM außerhalb der Gefahrenzone überwachen und steuern. Ein schneller Einsatzortwechsel der BBM sowie ein geringer Platzbedarf waren dabei Schlüsselfaktoren bei der Entwicklung.

Für den Transport der BBM zwischen den Einsatzorten unter Tage dient ein Raupenfahrwerk, welches eine hohe Mobilität und eine hohe Flexibilität in räumlich begrenzten Untertagebergwerken ermög-



Übersicht des BBM-Systems

BBM System Overview

licht. Eine modulare Bauweise ermöglicht dabei den Einsatz auch bei engen Platzverhältnissen. Dazu kann der Pressenrahmen mit der Bohreinheit, die Leitungstrommel und das Antriebsaggregat voneinander getrennt positioniert werden.

Die Bohreinheit befindet sich in der Transportsituation im Pressenrahmen. Dieser wird vor Ort auf die korrekte Position und den gewünschten Bohrwinkel ausgerichtet. Um die Anlage zu stabilisieren und um den nötigen Andruck sowie das nötige Drehmoment in den Fels übertragen zu können, wird der Pressenrahmen gegen die Sohle und die Firste verspannt (Bild 2). Daher kann auf eine aufwändige Fundamentherstellung und sonst übliche vorbereitende Ausbrucharbeiten am First verzichtet werden. Vergleichbar mit dem herkömmlichen, horizontalen Rohrvortrieb werden die Druckkräfte aus dem Pressenrahmen über Stahlrohre bis in den Bohrkopf übertragen.

Der Bohrkopf ist für Hartgesteinsgeologien von 180 MPa

ability in confined underground conditions. A modular design allows operation even in tight spatial conditions. The jacking frame with the boring unit, cable drum and power pack can be positioned separately.

The boring unit is positioned in the jacking frame during the transport. In the production area, the jacking frame is adjusted to its correct position and aligned toward the requisite boring angle. To stabilize the system and transfer the operational thrust and torque loads into the rock, the jacking frame is braced against the floor and the back (Fig. 2). Complex foundations can therefore be dispensed with as well as other preparatory excavation work on the back. The thrust forces are transferred from the jacking frame to the machine cutterhead via steel thrust pipes similar to a conventional horizontal pipe jacking operation. The cutterhead is designed for hard rock geologies of 180 MPa and more and fitted with multiple-row carbide cutters. Different cutterhead variants equip-

ped with various cutter tools, e.g. single-disc cutters can also be used as an alternative.

A funnel on the boring machine below the cutterhead directs the excavated cuttings through the boring machine and the thrust pipes to the material chute on the jacking frame where they slide by gravity into a skip for transporting. Depending on the mine requirements, adapted solutions for further muck handling are also conceivable here.

After each meter of excavation, the operation process will be stopped temporarily and a clamping system holds the pipe string and the boring machine in place in order to install and connect the next thrust pipe. A wheel loader is used for installation. A breakout unit allows the thrust pipes to rotate  $\pm 10^\circ$  if the pipe string is blocked. This mechanism is integrated in the jacking frame.

Once the required boring depth has been reached, the boring unit is retracted. The thrust pipes are removed one

und mehr ausgelegt und mit Hartmetalleinsätzen bestückten Mehrschneidrollen ausgestattet. Alternativ können auch andere Bohrkopfvarianten eingesetzt werden, die beispielsweise mit 1-Ring-Schneidrollen bestückt sind.

Das abgetragene Bohrklein fällt durch die Schwerkraft durch einen Trichter und eine Führung im Zentrum der Bohreinheit, gelangt über die Vortriebsrohre zur Materialrutsche am Pressenrahmen und wird letztendlich in einem Materialkübel gesammelt und abtransportiert. Je nach Minenanforderung sind für den Materialabtransport auch angepasste Lösungen denkbar.

Nach jedem Vortriebsmeter wird der Bohrprozess kurzzeitig gestoppt und der Rohrstrang mit der Bohreinheit von einer Haltevorrichtung fixiert, so dass das nächste Vortriebsrohr im Pressenrahmen installiert werden kann. Die Installation erfolgt dabei mit Hilfe eines Radladers.

Eine Losbrecheinheit ermöglicht es, das Vortriebsrohr um  $\pm 10^\circ$  zur eigenen Achse zu drehen, falls sich dieses im Bohrloch verklemmen sollte. Dieser Mechanismus ist im Pressenrahmen integriert.

Ist die gewünschte Bohrtiefe erreicht, wird die Bohreinheit zurückgezogen. Die Vortriebsrohre werden Stück für Stück nach unten ausgebaut, bis der Rohrstrang komplett aus dem Bohrloch ausgebaut ist und sich die Bohreinheit wieder im Pressenrahmen befindet. Anschließend kann die BBM zum nächsten Einsatzort gefahren werden.

Der Betrieb der Boxhole Boring Machine erfolgt vollständig per Fernsteuerung. Das Raupenfahrwerk, mit der die

Anlage zum nächsten Einsatzort transportiert wird, ist ebenfalls vollständig ferngesteuert. Der Maschinenführer hält sich während des gesamten Betriebes in einem sicheren Bereich auf, sowohl während des Bohrbetriebs als auch während des Transportes.

### 3 Feldversuch im Schwarzwald

Nach Montage des Prototypen der BBM1100 Anfang 2011 sollte diese unter realen Bedingungen getestet werden. Ein kleines Bergwerk, nahe des Herrenknecht-Werks im Schwarzwald (Süddeutschland), die „Grube Clara“ der Sachtleben Bergbau GmbH & Co. KG, bot sich hierfür aufgrund optimaler Voraussetzungen für einen Feldversuch an. Über einen Zeitraum von 4 Wochen wurde eine Vielzahl von ausführlichen Testbohrungen erfolgreich durchgeführt (Bild 3).

In schwierigen Gebirgsformationen mit einer Gesteinsdruckfestigkeit (UCS) von bis zu 250 MPa konnten vertikale

by one from the bottom of the pipe string until the boring unit is completely pulled back through the drilled hole and is back in the jacking frame. After that, the BBM can be transported to the next site.

The Boxhole Boring Machine is fully remote-controlled. The crawler for relocating the BBM is also remote-controlled. The operator remains in a safe working area while the machine or crawler is in operation as well as during boring and transport.

### 3 Field test in the Black Forest

After assembly of the BBM1100 prototype in early 2011, it was tested under real conditions. The „Clara Mine“, a small mine site in the Black Forest close to the Herrenknecht factory (southern Germany) owned by Sachtleben Bergbau GmbH & Co. KG, presented optimum conditions for a field test. Over a period of 4 weeks, a number of detailed test slot holes were successfully drilled (Fig. 3).

Vertical and inclined test slot holes with a diameter of 1.1 m

and a length of 9 m were successfully drilled and production rates of 9.0 m within 5 hours could be achieved in challenging rock conditions with a UCS of up to 250 MPa (Fig. 4). Instantaneous advance rates of 80 to 100 mm/min were achieved. During the test period, valuable data was collected in order to optimize operational parameters and handling details under real site conditions.

### 4 BBM goes Down Under – Application in the Cadia East Underground Project

After the successful test phase, the BBM was shipped to its destination – the „Cadia East Underground Mine“ in New South Wales, 260 km west of Sydney, Australia. East of the Cadia East Underground Mine, gold and copper is produced in the open-pit mine at Cadia Hill. Extensive soil analyses have established additional ore deposits. Newcrest Mining Limited, a leading developer and operator of gold and copper mines, excavates these ore deposits at Cadia



Raupenfahrwerk mit BBM-Einheit  
Crawler with BBM Unit



BBM-Versuchsanlage in der Grube Clara  
BBM Test Installation at Clara Mine

und geneigte Testbohrungen mit einem Durchmesser von 1,1 m und einer Länge von 9 m innerhalb von 5 Stunden gebohrt werden (Bild 4). Gleich zu Beginn wurden Vortriebsgeschwindigkeiten von 80 bis 100 mm/min erreicht. Während der Testphase konnten wertvolle Daten gesammelt werden, um die Betriebsparameter und die Bedienung unter realen Bedingungen vor Ort zu optimieren.

#### 4 BBM goes Down Under – Einsatz im Cadia East Underground Project

Nach der erfolgreichen Testphase erfolgte die Verschiffung der BBM nach Australien zu ihrem Einsatzort, der Mine Cadia East Underground in New South Wales, 260 km westlich der australischen Metropole Sydney. Östlich von „Cadia East Underground“, am Cadia Hill, wird bereits seit langem

and started to excavate the raw material reserves at Cadia East in 2005. Ore deposits cover an area approx. 2.5 km in length, 600 m wide and up to 1.9 km deep. These ore reserves are estimated as harboring approx. 19 million ounces of gold and 3 million t of copper making Cadia East the largest underground mine in Australia and the deepest block caving underground mine in the world with a life time of around 30 years.

Preparations are fully underway for excavating the ore deposits with production scheduled to commence in 2013. The BBM is currently deployed at the production level for developing the draw points making it a key component in development of the mine.

Mancala Pty Ltd., a privately-owned group of companies providing specialized design, engineering, construction and excavation services for the Aus-

# Concix®

Die wirtschaftliche und ökologische Alternative zu Stahlfasern.

Kein Rost. Keine Korrosion. Kein Kriechen. Keine Verletzungsgefahr. Hervorragendes Arbeitsvermögen. [www.bruggcontec.ch](http://www.bruggcontec.ch)

**BRUGG**

**CONTEC**

Strong fibers.



Erste Schächte für das Cadia East Underground Projekt/Australien  
First Shafts in Cadia East Underground Project/Australia

im Tagebau Gold und Kupfer gefördert. Umfangreiche Bodenuntersuchungen stellten weitere Erzvorkommen fest. Newcrest Mining Limited, einer der führenden Entwickler und Betreiber von Gold- und Kupferbergwerken, fördert die Erzvorkommen in Cadia und begann im Jahr 2005 mit der Erschließung der Rohstoffreserven in „Cadia East“. Die Erzvorkommen erstrecken sich auf eine Fläche von ca. 2,5 km Länge, 600 m Breite und bis in 1,9 km Tiefe. Die Reserven dieses Erzvorkommens werden auf etwa 19 Mio. Unzen Gold und 3 Mio. t Kupfer geschätzt. Damit ist Cadia East die größte

Untertagemine in Australien und die tiefste Blockbruchbau-Untertagemine der Welt, mit einer Lebensdauer von etwa 30 Jahren.

Die Vorbereitungen zur Erschließung der Erzlagerstätten befinden sich derzeit in vollem Gange, 2013 soll mit der Produktion begonnen werden. Die BBM der Herrenknecht AG wird derzeit im Produktionslevel zur Erstellung der Erzentnahmestellen eingesetzt und ist somit wichtiger Bestandteil bei der Erstellung der Mine.

Mancala Pty Ltd., eine Gruppe von privaten Unternehmen, die spezialisierte Dienstleistungen wie Design, Engineering,

australien mining and construction industry, ordered a Herrenknecht BBM1100 in October 2010. After transportation and commissioning in Australia in September 2011, the BBM was transported to Cadia East. During the test run and commissioning at a depth of approx. 700 m, 3 vertical test operations with a length of approx. 18 m were successfully bored in fractured and blocky rock formations with a UCS of up to 200 MPa (Fig. 5).

The BBM1100 has been in operation at a depth of approx. 1000 m at the Cadia East production level since November 2011 where it plays a major role in constructing draw points for

the subsequent production process.

To date, more than 40 slot holes (as at June 2012) have been produced with an average length of 16.5 m and an average advance rate of 1.5 m/h. The operator has succeeded in realizing up to 3 slot holes a week in single-shift operation (incl. setup, boring and transport preparation) thereby offering the mine operator and contractor security in terms of further planning.

## 5 Conclusion and outlook

The Boxhole Boring Machine (BBM1100) has been successfully used under real site conditions

Konstruktion und Abbau für die australische Bergbau- und die Bauindustrie bereitstellen, hatte im Oktober 2010 eine BBM1100 bestellt. Nach der Verschiffung und der Inbetriebnahme im September 2011 in Australien wurde die BBM nach Cadia East transportiert. Während des Testlaufs und der Abnahme in ca. 700 m Tiefe wurden 3 vertikale Testbohrungen mit einer Länge von ca. 18 m, in kluftigen und blockhaften Gesteinsformationen mit einaxialen Gesteinsdruckfestigkeiten (UCS) von bis zu 200 MPa, erfolgreich gebohrt (Bild 5).

Seit Anfang November 2011 befindet sich die BBM1100 auf der Produktionssohle von Cadia East in ca. 1.000 m Tiefe und wirkt dort maßgeblich bei der Erstellung der Erzentnahmestellen für den späteren Produktionsprozess mit.

Bis heute wurden bereits mehr als 40 Bohrungen (Status Juni 2012) mit einer durchschnittlichen Länge von 16,5 m hergestellt, bei einer durchschnittlichen Vortriebsleistung von 1,5 m/h. Die Bohrmannschaft konnte bis zu 3 Bohrungen pro Woche im Einschichtbetrieb (inkl. Installationsarbeiten, Vortrieb und Transportvorbereitungen) umsetzen und bietet dem Minenbetreiber und Auftraggeber somit Sicherheit in dessen weiteren Planung.

### 5 Fazit und Ausblick

Die Boxhole Boring Machine (BBM1100) wird heute erfolgreich im Cadia East Underground Project in Australien unter realen Bedingungen eingesetzt. Hohe Vortriebsleistungen konnten über die gesamte Einsatzdauer erreicht werden.

Bis heute wurden so mehr als 40 Bohrungen erstellt.

Die BBM-Technologie von Herrenknecht bietet Minen, Planern und Auftraggebern ein alternatives Konzept zur bisherigen Herstellung von Bohrlöchern unterschiedlicher Durchmesser und Bohrlängen. Die BBM-Technologie ist individuell auf die Minenanforderungen anpassbar und somit für fast jede Mine einsetzbar.

Aufgrund der positiven Resultate in Bezug auf Erhöhung der Arbeitssicherheit, Mobilität und Unabhängigkeit der Anlage, der im Minen-Einsatz erreichten Vortriebsleistung, Service und der kontinuierliche Weiterentwicklung und Verbesserung des Produktes während des Ersteinsatzes der Anlage in Australien, sind bereits 3 weitere Boxhole Boring Maschinen entwickelt und montiert worden. Dabei handelt es sich um 2 baugleiche Maschinen vom Typ BBM1100 für den Einsatz in Minen Australiens und um eine Weiterentwicklung vom Typ BBM1500 für den chilenischen Markt. Dort wird die BBM1500 Bohrlöcher mit einer Länge von 60 m und einem Durchmesser von 1.500 mm für unterschiedliche Nutzungen eingesetzt.

### Danksagung

Großer Dank gilt der Arbeitsgruppe der Grube Clara der Sachtleben Bergbau GmbH & Co. KG für die Unterstützung während der Testphase des Prototypen. 

in the Cadia East Underground Project in Australia. To date more than 40 slot holes have been drilled with a high performance level.

The BBM technology offered by Herrenknecht represents an alternative concept for mines, planners and contractors to previous methods of producing slot holes of various diameters and lengths. BBM technology can be individually adapted to the respective mine requirements making it suitable for use in practically any mine.

Thanks to the positive results associated with increased work safety, mobility and independence of the plant, advance rate achieved in mining operations, service and ongoing develop-

ment and improvement of the product during its initial operation in Australia, 3 further Boxhole Boring Machines are under manufacturing. These involve 2 identical BBM1100 machines for deployment in mines in Australia and a further development of the BBM1500 (steerable) model for the Chilean market where the BBM1500 will be used for producing slot holes with a length of 60 m and a diameter of 1,500 mm for various applications.

### Acknowledgments

The authors would like to acknowledge the great support provided by the team of the Sachtleben Bergbau GmbH & Co. KG Clara Mine during the prototype testing period. 



**DEVO-Tech**  
bolting tools

**So stark, so exakt...**

Das sind die hochwertigen Schraubwerkzeuge von DEVO-Tech bolting tools für den industriellen und Baustelleneinsatz. Das umfangreiche Sortiment finden Sie unter [www.devo-tools.ch](http://www.devo-tools.ch).






DEVO-Tech AG  
Hauptstrasse 39 Tel +41 61 935 97 69 info@devo-tools.ch  
CH-4417 Ziefen Fax +41 61 935 97 99 www.devo-tools.ch