

# Experiences and Outlook for Machine Sinking of Shafts and Developments in Conventional Sinking with Drilling and Blasting

Conventional shaft sinking with drilling and blasting has been the predominantly used method for more than 100 years. The method is very flexible for all kinds of geological conditions and always applicable. Since most shafts were sunk for hard coal, the equipment used for drilling or for loading the debris away was compressed air-powered because of the firedamp protection. For decades, dif-

ferent shaft sinking companies have been developing technologies for mechanised sinking from the solid in cooperation with various mining machinery manufacturers. Mechanical sinking offers considerable advantages in terms of work safety and achieves higher daily sinking rates. This article offers an outlook on the mechanised sinking of shafts and developments in conventional sinking.

# Erfahrungen und Ausblick zum maschinellen Teufen von Schächten und Entwicklungen beim konventionellen Abteufen mit Bohren und Sprengen

Das konventionelle Abteufen von Schächten mit Bohren und Sprengen ist seit mehr als 100 Jahren das überwiegend benutzte Verfahren. Das Verfahren ist sehr flexibel für alle möglichen geologischen Verhältnisse und immer anwendbar. Da die meisten Schächte für die Steinkohle abgeteuft wurden, waren die Geräte zum Bohren oder zum Wegladen des Haufwerks wegen des Schlagwetterschutzes druckluftbetrieben. Unterschiedliche

Schachtbaufirmen haben seit Jahrzehnten mit diversen Bergbaumaschinenherstellern Technologien zum maschinellen Abteufen aus dem Vollen entwickelt. Das maschinelle Teufen bietet erhebliche Vorteile in punkto Arbeitssicherheit und erreicht höhere tägliche Teuffleistungen. Der vorliegende Beitrag bietet einen Ausblick zum maschinellen Teufen von Schächten und Entwicklungen beim konventionellen Abteufen.

## 1 Introduction

Conventional shaft sinking with drilling and blasting has been the predominantly used method for more than 100 years. The method is very flexible for all possible geological conditions and always applicable. The construction of shafts became highly mechanised in the 1970s and 1980s. Since most shafts were sunk for hard coal, the equipment used for drilling or loading the muck away was compressed air-powered because of the firedamp protection. Air-powered grabs, suspended from winches, and hand-guided hammer drills, and later also gun carriage drills, were used. However, this does not comply with today's regulations, e. g., on noise at the workplace. Moreover, the performance of these devices is significantly lower than that of electro-hydraulic devices. For all these reasons, there are currently further developments of equipment for shaft sinking.

For decades, different shaft sinking companies have been developing technologies for mechanised shaft sinking in cooperation with various mining machinery manufacturers. The machines have not always been successful. These developments took place in North

## 1 Einführung

Das konventionelle Abteufen von Schächten mit Bohren und Sprengen ist seit mehr als 100 Jahren das überwiegend benutzte Verfahren. Das Verfahren ist sehr flexibel für alle möglichen geologischen Verhältnisse und immer anwendbar. Der Bau von Schächten wurde in den 1970er- und 1980er-Jahren stark mechanisiert. Da die meisten Schächte für die Steinkohle abgeteuft wurden, waren die Geräte zum Bohren oder zum Wegladen des Haufwerks wegen des Schlagwetterschutzes druckluftbetrieben. Es wurden druckluftbetriebene Greifer, aufgehängt an Winden, und handgeführte Bohrhämmer, später auch Lafettenbohrgeräte eingesetzt. Damit lassen sich die heute gültigen Vorschriften, z. B. zu Lärm am Arbeitsplatz, aber nicht einhalten. Im Übrigen liegt die Leistungsfähigkeit dieser Geräte deutlich unter elektro-hydraulischen Geräten. Aus all diesen Gründen gibt es aktuell Weiterentwicklungen der Geräte für den Schachtbau.

Unterschiedliche Schachtbaufirmen haben seit Jahrzehnten mit diversen Bergbaumaschinenherstellern Technologien zum

America, Europe, South Africa, Australia and Russia. The machines were mainly designed for soft and medium-hard rock strata. The removal of the cut material is the biggest challenge for machine sinking. One way out of this dilemma was to use the shaft drilling machines in combination with a pilot hole to plunge the rock into the existing mine. However, the principle is not applicable when building a new mine.

There are two methods for mechanised sinking, the second of which has become established:

- hydraulic extraction with the drill head under water; and
- pneumatic conveyance with suction of the drill cuttings.

Mechanical sinking offers considerable advantages in terms of work safety and achieves higher daily sinking rates. However, the machines require high investments, have a rather large energy demand and the times for assembly and disassembly are not insignificant, so that a minimum depth is required for use.

## 2 Shaft Boring Roadheader (SBR)

In recent years, a cutting technology with a cutting drum for soft and medium-hard rock has been used. This machine is called Shaft Boring Roadheader (SBR) by the manufacturer Herrenknecht AG, Schwanau/Germany, and is a combination of sinking machine and working platform, because there is no space for another working platform in the shaft.

### 2.1 SBR experience at the Nezhinskiy mine in Belarus

The new Nezhinskiy potash mine in Belarus requires two shafts with 8.0 m clear diameter and 750 and 700 m depth, respectively (Figure 1). As this project has already been reported on several times in the Mining Report Glückauf, only the most important facts and latest developments will be briefly mentioned here (1, 2, 3).

The upper 165 m were constructed using the freezing method and the shafts were fitted with watertight tubbing lining up to a depth of approximately 320 m. The final winding frames were used for sinking in order to shorten the conversion times after shaft sinking. Both shafts were sunk at the same time and, according to the contract, an average daily output of 3 m was to be achieved.

maschinellen Abteufen aus dem Vollen entwickelt. Die Maschinen waren nicht immer erfolgreich. Diese Entwicklungen gab es in Nordamerika, Europa, Südafrika, Australien und Russland. Die Maschinen waren überwiegend für weiche und mittelharte Gebirgsschichten konzipiert. Die Abförderung des geschnittenen Materials ist die größte Herausforderung für das maschinelle Teufen. Ein Ausweg aus diesem Dilemma war der Einsatz der Schachtbohrmaschinen in Kombination mit einem Vorbohrloch zum Versturz des Gesteins in das vorhandene Bergwerk. Das Prinzip ist beim Bau eines neuen Bergwerks aber nicht anwendbar.

Zum maschinellen Abteufen gibt es zwei Förderverfahren, wobei sich das zweite Verfahren durchgesetzt hat:

- hydraulische Förderung mit dem Bohrkopf unter Wasser und
- pneumatische Förderung mit Absaugung des Bohrkleins.

Das maschinelle Teufen bietet erhebliche Vorteile in punkto Arbeitssicherheit und erreicht höhere tägliche Teufleistungen. Die Maschinen erfordern allerdings hohe Investitionen, haben einen recht großen Energiebedarf und die Zeiten für Montage und Demontage sind nicht unerheblich, sodass eine Mindestteufe für den Einsatz erforderlich ist.

## 2 Shaft Boring Roadheader (SBR)

Eingesetzt wurde in den letzten Jahren eine Schneidtechnologie mit einer Schneidwalze für weiches und mittelhartes Gestein. Diese Maschine wird vom Hersteller Herrenknecht AG, Schwanau, als Shaft Boring Roadheader (SBR) bezeichnet und stellt eine Kombination aus Abteufmaschine und Arbeitsbühne dar, weil für eine weitere Arbeitsbühne im Schacht kein Raum vorhanden ist.

### 2.1 SBR-Erfahrungen beim Bergwerk Nezhinskiy in Belarus

Das neue Kali-Bergwerk Nezhinskiy in Belarus erfordert zwei Schächte mit 8,0 m lichtem Durchmesser und 750 bzw. 700 m Teufe (Bild 1). Da über dieses Projekt im Mining Report Glückauf bereits mehrfach berichtet wurde, sollen an dieser Stelle nur die wichtigsten Fakten und neuesten Entwicklungen kurz angesprochen werden (1, 2, 3)



Fig. 1. Neshinzkiy mine, Belarus. // Bild 1. Bergwerk Nezhinskiy, Belarus. Photo/Foto: Redpath Deilmann

The first SBR generation was used in Canada for the construction of the shafts for BHP's Jansen mine. The second generation was improved in cooperation between Herrenknecht and Redpath Deilmann, Dortmund/Germany. It has a weight of approximately 400 t and is approximately 50 m high with eleven floors. Due to the roadheading boom and the weight, the machine cannot be braced in the shaft, but is permanently suspended from ropes and winches. The drive power of the SBR is 2,400 kW and the loosening of the rock is done according to the roadheader principle.

The cutting drum has a diameter of 1.2 m, a width of 1.5 m and is operated with a 600 kW hydraulic drive. The cutting arm has a telescopic length of 1.2 m and can cut up to 12 m in diameter. The maximum rock strength for this machine is approximately 100 MPa. The cutting operation can be automated and is carried out with a cutting depth of 200 mm in either a cross or pizza pattern.

Conveying from the bottom is pneumatic and blowers with 900 kW drive power are used. In the machine, a cyclone separates the conveying air and the tailings, which are then brought to the surface by a bucket conveyor.

For the logistics, two drum hoisting machines were used for each shaft. One machine was used only for the hoisting and one machine for rope haulage and concrete. The SBR was moved on four winches, each with 50 t pulling force. The four suspension ropes were reeved three times each. Therefore, 12 ropes for the SBR ran through the shaft.

In total, both Redpath Deilmann and Herrenknecht assumed contractual responsibility for the sinking performance of 3 m/d.

Sinking in the freeze shaft section went without problems and cutting rates of 3 to 5 h/m were achieved. It was possible to place the concrete lining in parallel with the cutting. The concrete lining was approximately 12 to 15 m from the bottom and was carried out with an approximately 5 m high formwork. For the first time, a hydraulic support ring was used, which is patented by Redpath Deilmann and has proven itself well.

Below 165 m depth, sinking and controlling the rock became very problematic because significant excavations of the shaft wall became apparent. It was necessary to shorten the formwork and use it as deep as possible. This meant that cutting and concreting had to be carried out alternately, so that a maximum sinking rate of 3.95 m/d and an average of 2.25 m/d could be achieved.

After reaching a depth of 320 m, sinking was interrupted and the watertight segment lining was installed with the SBR. After that, it was possible to achieve up to 7 m/d of sinking progress. The best months brought 144 and 138 m of completed shaft (Figure 2).

In summary, the 2nd generation SBR machines are performing well and reliably, even in very poor rock. In good rock 3.0 to 4.5 m/d are possible, in difficult rock conditions 2.5 to 3.0 m/d can be achieved. The segments can be installed easily from the machine, but the shaft linings have to be installed with a separate platform after the SBR has been removed. The working conditions on the machines are very similar to a factory environment. Therefore, there was only one finger injury during the shaft sinking in Belarus.

Both shafts "flooded" after work was stopped in the summer of 2021 because the hoisting equipment was dismantled. The fills were over-dammed, resulting in washouts at the face. Approximately 8,000 m<sup>3</sup> of water was pumped out during the swamping

Die oberen 165 m wurden mit dem Gefrierverfahren hergestellt und die Schächte wurden bis ca. 320 m Teufe mit wasserdichtem Tübbingausbau versehen. Zum Abteufen wurden die endgültigen Fördergerüste verwendet, um die Umbauzeiten nach dem Schachtbau zu verkürzen. Beide Schächte wurden gleichzeitig abgeteuft und es war laut Vertrag eine durchschnittliche Tagesleistung von 3 m zu erreichen.

Die erste Generation der SBR war in Kanada beim Bau der Schächte für das Bergwerk Jansen von BHP im Einsatz. Die zweite Generation wurde in Zusammenarbeit von Herrenknecht und der Redpath Deilmann GmbH, Dortmund, verbessert. Sie hat ein Gewicht von ca. 400 t und ist mit elf Etagen ca. 50 m hoch. Bedingt durch den Teilschnitt-Ausleger und das Gewicht kann die Maschine nicht im Schacht verspannt werden, sondern hängt permanent an Seilen und Winden. Die Antriebsleistung der SBR beträgt 2.400 kW und das Lösen des Gesteins erfolgt nach dem Teilschnittprinzip.

Die Schneidwalze hat einen Durchmesser von 1,2 m, eine Breite von 1,5 m und wird mit einem Hydraulik-Antrieb mit 600 kW betrieben. Der Schneidarm hat eine teleskopierbare Länge von 1,2 m und kann bis zu 12 m Durchmesser schneiden. Die maximale Gesteinsfestigkeit für diese Maschine liegt bei ca. 100 MPa. Der Schneidbetrieb ist automatisiert möglich und wird mit einer Schnitttiefe von 200 mm entweder im Kreuz- oder Pizza-Muster durchgeführt.

Die Abförderung von der Sohle erfolgt pneumatisch und es werden dazu Gebläse mit 900 kW Antriebsleistung verwendet. In der Maschine erfolgt in einem Zyklon die Trennung von Förderluft und Bergen, die dann mit einer Kübelförderung nach über Tage gebracht werden.

Für die Logistik wurden je Schacht zwei Trommel-Fördermaschinen verwendet. Eine Maschine nur für die Bergförderung und eine Maschine für Seilfahrt und Beton. Die SBR wurde an vier Winden mit je 50 t Zugkraft verfahren. Die vier Aufhängeseile wurden jeweils dreimal eingesichert. Daher liefen 12 Seile für die SBR durch den Schacht.

Insgesamt übernahmen sowohl Redpath Deilmann als auch Herrenknecht die vertragliche Verantwortung für die Abteufleistung von 3 m/d.

Das Abteufen im Gefrierschachtschnitt verlief ohne Probleme und es wurden Schneidleistungen von 3 bis 5 h/m erreicht. Es war möglich, parallel zum Schneiden auch den Betonausbau einzubringen. Der Betonausbau war ca. 12 bis 15 m von der Sohle entfernt und wurde mit einer ca. 5 m hohen Schalung durchgeführt. Erstmals wurde ein hydraulischer Tragring eingesetzt, der von Redpath Deilmann patentiert ist und sich gut bewährt hat.

Unterhalb von 165 m Teufe wurden das Teufen und die Beherrschung des Gebirges sehr problematisch, weil sich erhebliche Ausbrüche der Schachtwand zeigten. Es war erforderlich, die Schalung zu verkürzen und so tief wie möglich zu verwenden. Dadurch mussten das Schneiden und das Betonieren nacheinander im Wechsel erfolgen, sodass eine Teufleistung von maximal 3,95 m/d und im Schnitt 2,25 m/d erreicht werden konnte.

Nach Erreichen von 320 m Teufe wurde das Teufen unterbrochen und der wasserdichte Tübbingausbau mit der SBR eingebaut. Danach gelang es, bis zu 7 m/d Teuffortschritt zu erreichen. Die besten Monate brachten 144 bzw. 138 m fertigen Schacht (Bild 2).



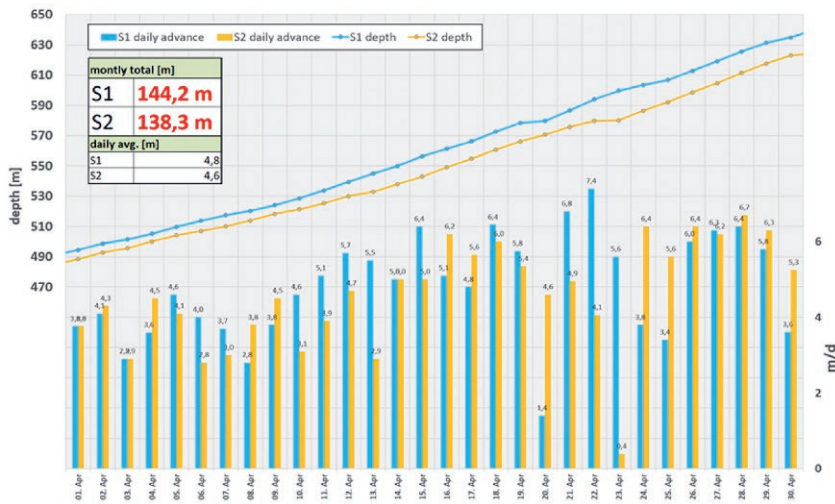


Fig. 2. Sinking advance April 2020. // Bild 2. Teufleistungen April 2020.  
Source/Quelle: Redpath Deilmann

in October 2022. Subsequently, both shafts were sealed “water-tight” and left to their own devices. It is currently unclear how the construction of this mine will continue.

## 2.2 SBR in use at Woodsmith Mine in England

The Woodsmith mine is being rebuilt as a greenfield project for the extraction of potash salt. The site is located approximately three hours’ drive from Manchester in the north-east of England on the North Sea coast. The project was started in 2017 and has experienced significant delays. Redpath Deilmann has been active on the site since autumn 2021.

Two deep shafts with a depth of 1,600 m and a final diameter of 7.25 m are being constructed as access into the deposit (Figure 3). The lining consists of concrete for 1,200 m of the shafts. However, from 750 to 1,150 m segmental lining is used, because in this area strong water flow with up to 50 bar pressure was explored. The fillings for connecting the pit are exposed at 1,540 m depth. A starting shaft with a diameter of 35 m and a depth of 43 m was constructed for these two shafts. Large parts of the haulage system will be underground because of the location in the nature reserve and the unloading of the skips will take place at a depth of about 300 m. There is a third shaft, the “MTS shaft”, which will be constructed by drilling and blasting. This shaft has a diameter of 9.0 m and a depth of 360 m. Concrete is used as lining in the MTS shaft. The two deep shafts are sunk with Herrenknecht machines of the type SBR, which are built differently than the machines for Belarus.

The site’s location in a nature conservation area means that no buildings taller than 13 m are permitted. Therefore, no surface mining of crude salt is possible at the site of the shafts. A factory for processing the potash salt is also not feasible. All buildings must look like a farm.

Therefore, an approximately 37 km long tunnel with an excavation diameter of approximately 6.0 m is driven from the construction site of the shafts to a harbour in the north. More than 20 km of this tunnel have been excavated and the excavation is being carried out with only one tunnel boring machine (TBM).

The first SBR began to cut in August 2022 and in the meantime, daily performances of approximately 2.5 metres have been achieved.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Maschinen der 2. Generation der SBR gut und zuverlässig arbeiten, auch bei sehr schlechtem Gebirge. In gutem Gebirge sind 3,0 bis 4,5 m/d möglich, bei schwierigen Gebirgsverhältnissen sind 2,5 bis 3,0 m/d zu erreichen. Die Tübbinge lassen sich von der Maschine aus gut einbauen, während aber die Schachteinbauten nach Ausbau der SBR anschließend mit einer separaten Bühne eingebracht werden müssen. Die Arbeitsverhältnisse auf den Maschinen ähneln sehr einer fabrikmäßigen Umgebung. Daher gab es auch nur eine einzige Fingerverletzung im Rahmen des Schachtbaus in Belarus.

Beide Schächte sind nach Einstellung der Arbeiten im Sommer 2021 „abgesoffen“, weil die Förderanlagen demontiert worden sind. Die Füllörter wurden überstaut, wodurch sich Auswaschungen an der Ortsbrust ergeben haben. Bei der Sumpfung im Oktober 2022 wurden ca. 8.000 m<sup>3</sup> Wasser ausgefördert. Anschließend wurden beide Schächte „wasserdicht“ verschlossen und sich selbst überlassen. Wie der Bau dieses Bergwerks weitergehen wird, ist aktuell unklar.

## 2.2 SBR im Einsatz auf dem Bergwerk Woodsmith in England

Das Bergwerk Woodsmith wird als Greenfield-Projekt für die Gewinnung von Kalisalz neu gebaut. Das Gelände liegt etwa drei Autostunden von Manchester entfernt im Nordosten Englands an der Nordseeküste. Das Projekt wurde 2017 begonnen und hat erhebliche Verzögerungen erlebt. Redpath Deilmann ist seit Herbst 2021 auf der Baustelle aktiv.

Als Zugang in die Lagerstätte werden zwei tiefe Schächte mit 1.600 m Teufe und 7,25 m finalem Durchmesser gebaut (Bild 3). Der Ausbau besteht auf 1.200 m Länge der Schächte aus Beton. Allerdings wird von 750 bis 1.150 m Tübbingausbau verwendet, weil in diesem Bereich starke Wasserführung mit bis zu 50 bar Druck erkundet wurde. Die Füllörter zum Anschluss der Grube



Fig. 3. General view of the construction site of Woodsmith mine with MTS shaft (back right), service and production shaft (one behind the other on the left). // Bild 3. Gesamtansicht der Baustelle des Bergwerks Woodsmith mit MTS-Schacht (hinten rechts), Service- und Produktions-schacht (links im Bild hintereinander). Photo/Foto: Redpath Deilmann

### 2.3 Shaft Boring Cutterhead (SBC)

In addition, Herrenknecht, in cooperation with Redpath Deilmann, is developing machines under the name Shaft Boring Cutterhead (SBC) with a full cutting head for hard rock, in order to expand the application possibilities for hard and very hard rock (Figure 4).

This machine is said to be able to cut rock with up to 250 MPa compressive strength. The system will be designed for shafts with a depth of 2,000 m and the diameter is expected to be between 7 and 10 m. The aim is to increase the daily output. The aim is to increase the daily output to 6 m/d or even more in order to shorten the construction time of deep shafts. As in the case of the SBR, the pneumatic conveying system is to be used.

After long preparatory work and numerous preliminary tests, a 1:3 scale test set-up has been in use at Herrenknecht since September 2022. This is being used to investigate the detachment and discharge from the bottom. The initial results show that this is the right way to go.



Fig. 4. // Bild 4. SBC – Shaft Boring Cutterhead.  
Source/Quelle: Redpath Deilmann

### 3 Conventional sinking with drilling and blasting

Shaft sinking with drilling and blasting currently allows for sinking rates of around 2 m/d. This rate needs to be improved. This daily rate must be improved. The machines and equipment used are no longer up to date and result in very unattractive working conditions in the shaft. For this reason, intensive development work is also being carried out on this equipment when sinking shafts.

A new type of formwork has been developed for the concrete lining of the shaft tube, which considerably improves working safety and significantly reduces the time needed to move the formwork.

werden bei 1.540 m Teufe ausgesetzt. Für diese beiden Schächte wurde ein Startschacht mit 35 m Durchmesser und 43 m Tiefe erstellt. Große Teile der Förderanlage werden wegen der Lage im Naturschutzgebiet unterflur angeordnet und die Entladung der Skips wird in ca. 300 m Teufe erfolgen. Es gibt einen dritten Schacht, den „MTS-Schacht“, der mit Bohren und Sprengen hergestellt wird. Dieser Schacht hat 9,0 m Durchmesser und 360 m Teufe. Als Ausbau wird im MTS-Schacht Beton verwendet. Die beiden tiefen Schächte werden mit Herrenknecht-Maschinen des Typs SBR geteuft, die anders gebaut sind als die Maschinen für Belarus.

Die Lage im Naturschutzgebiet hat zur Folge, dass keine Gebäude mit mehr als 13 m Höhe zulässig sind. Daher ist am Standort der Schächte keine Förderung von Rohsalz nach über Tage möglich. Eine Fabrik zur Aufbereitung des Kalisalzes ist ebenfalls nicht realisierbar. Alle Gebäude müssen wie ein Bauernhof aussehen.

Vom Bauplatz der Schächte bis zu einem nördlich gelegenen Hafen wird daher ein ca. 37 km langer Tunnel mit ca. 6,0 m Ausbruch-Durchmesser aufgefahren. Von diesem Tunnel sind über 20 km aufgefahren und der Vortrieb wird mit nur einer Tunnelbohrmaschine (TBM) durchgeführt.

Die erste SBR hat im August 2022 angeschnitten und es wurden mittlerweile vereinzelt Tagesleistungen von ca. 2,5 Metern erreicht.

### 2.3 Shaft Boring Cutterhead (SBC)

Darüber hinaus werden von Herrenknecht in Zusammenarbeit mit Redpath Deilmann unter dem Namen Shaft Boring Cutterhead (SBC) Maschinen mit einem Vollschnitt-Bohrkopf für Hartgestein entwickelt, um die Anwendungsmöglichkeiten für hartes und sehr hartes Gestein zu erweitern (Bild 4).

Diese Maschine soll Gestein mit bis zu 250 MPa Druckfestigkeit schneiden können. Das System wird für Schächte mit 2.000 m Teufe ausgelegt und der Durchmesser soll zwischen 7 und 10 m liegen. Das Ziel ist die Steigerung der Tagesleistung auf 6 m/d oder auch mehr, um die Bauzeit tiefer Schächte zu verkürzen. Zur Abförderung soll wie bei der SBR das pneumatische Fördersystem zum Einsatz kommen.

Nach langer Vorarbeit und zahlreichen Vorversuchen ist seit September 2022 ein Versuchsaufbau im Maßstab 1:3 bei Herrenknecht im Einsatz. Damit wird das Lösen und das Abfordern von der Sohle untersucht. Die ersten Ergebnisse zeigen, dass der Weg in die richtige Richtung führt.

### 3 Konventionelles Teufen mit Bohr- und Sprengarbeit

Das Schachtabteufen mit Bohren und Sprengen ermöglicht aktuell Teufleistungen um 2 m/d. Dieser Tagesfortschritt muss verbessert werden. Die eingesetzten Maschinen und Geräte sind nicht mehr zeitgemäß und haben sehr unattraktive Arbeitsbedingungen im Schacht zur Folge. Daher werden auch für diese Geräte beim Schachtabteufen intensive Entwicklungen betrieben.

Für die Betonauskleidung der Schachtröhre wurde eine neuartige Schalung entwickelt, welche die Arbeitssicherheit deutlich verbessert und die Umsetzzeiten der Schalung erheblich reduziert.

Das Wegladen und Abfordern des gesprengten Materials stellt den längsten Einzelvorgang im Zyklus Bohren und Sprengen dar. Um diese Zeiten zu verkürzen, wurde der elektro-hydraulische



The loading and unloading of the blasted material is the longest single operation in the drilling and blasting cycle. The RD S 100 electro-hydraulic shaft excavator was developed and built to shorten these times. The device is currently being tested in a test shaft in Dortmund. The aim is to partially or completely automate repetitive processes. The shaft excavator has various attachments to carry out different functions (Figure 5):

- Loading shovel for loading tailings;
- two-armed drill mast for blast and anchor holes;
- cutting head for drilling the joints; and
- suction system and/or nozzle for cleaning and drill-proofing the bottom.

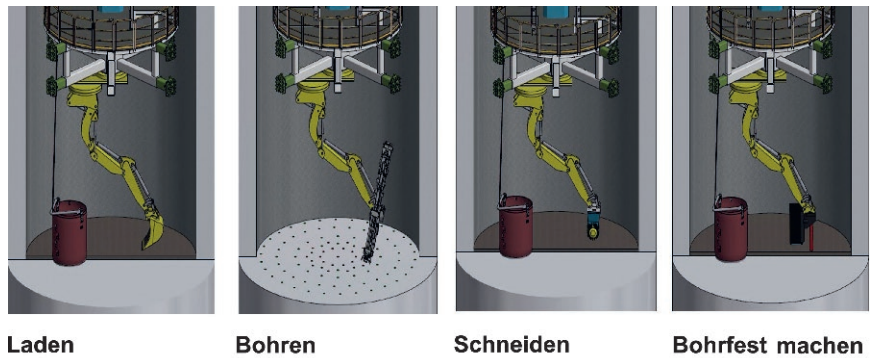


Fig. 5. Attachments for the RD S100 shaft excavator.  
Bild 5. Anbaugeräte für den Schachtbagger RD S100.  
Source/Quelle: Redpath Deilmann

All cylinders are equipped with displacement measuring systems so that the unit knows its position in the shaft.

The goal is a fully automatic system to work unmanned on the floor. However, this innovation will only succeed if the system is adapted to the working platform. This is currently being worked on and further trials are to be carried out with the shaft excavator on a platform (Figure 6).

The unit offers different possibilities of operation with a remote control from the sole, from the platform or even from above ground. Various systems such as 3-D cameras and 3-D screens are being tested to give the operator the best possible idea of the working area.

In Dortmund, a test shaft was built in which the equipment is used. This also applies to the drill mast, which can be alternately attached to the shaft excavator. Other attachments will be specified later and then integrated into the concept. Until then, however, there is still a long way to go.

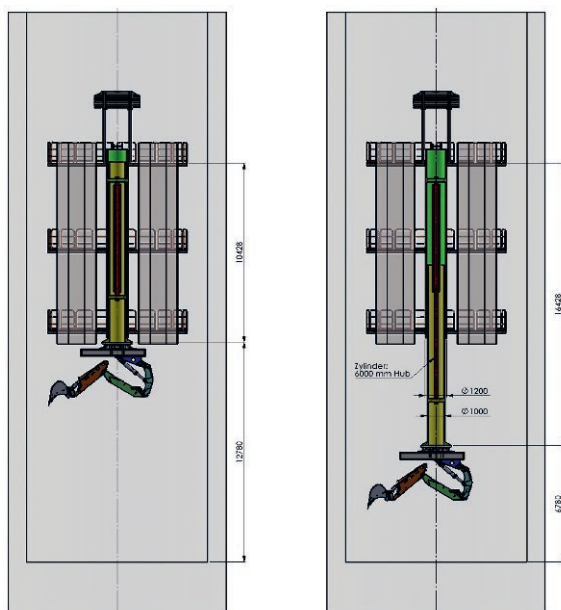


Fig. 6. Telescopic boom to reduce the time for lowering the platform while loading the tailings (optional).  
Bild 6. Teleskop-Ausleger zur Verkürzung der Zeit für das Ablassen der Bühne während des Ladens der Berge (optional). Source/Quelle: Redpath Deilmann

Schachtbagger RD S 100 entwickelt und gebaut. Aktuell wird das Gerät in einem Versuchsschacht in Dortmund getestet. Dabei sollen sich ständig wiederholende Abläufe teilweise oder vollständig automatisiert werden. Der Schachtbagger besitzt verschiedene Anbaugeräte, um diverse Funktionen ausführen zu können (Bild 5):

- Ladeschaufel zum Berge laden,
- zweiarmige Bohrlafette für Spreng- und Ankerlöcher,
- Schneidkopf zum Bereißen der Stöße und
- Sauganlage und/oder Düse zum Putzen und Bohrfestmachen der Sohle.

Alle Zylinder sind mit Wegmess-Systemen versehen, damit das Gerät seine Position im Schacht kennt.

Das Ziel ist ein vollautomatisches System, um auf der Sohle mannos zu arbeiten. Diese Innovation wird aber nur gelingen, wenn das System der Arbeitsbühne angepasst wird. Daran wird aktuell gearbeitet und es sollen weitere Versuche mit dem Schachtbagger an einer Bühne durchgeführt werden (Bild 6).

Das Gerät bietet verschiedene Möglichkeiten der Bedienung mit einer Fernsteuerung von der Sohle, der Bühne oder auch von über Tage aus. Es werden verschiedene Systeme wie 3D-Kameras und 3D-Bildschirme getestet, um dem Fahrer die Vorstellung vom Arbeitsbereich optimal wiederzugeben.

In Dortmund wurde ein Testschacht errichtet, in dem das Gerät eingesetzt wird. Das gilt auch für die Bohrlafette, die wechselweise am Schachtbagger angebracht werden kann. Weitere Anbaugeräte werden später spezifiziert und dann in das Konzept integriert. Bis dahin ist es aber noch ein langer Weg.

#### References / Quellenverzeichnis

- (1) Ahlbrecht, T. (2020): Konzeption und erste Erfahrungen beim Abteufen von zwei Kali-Schächten in Weißrussland mit neuartigen Schachtbohrmaschinen: Konzeption und erste praktische Erfahrungen. Mining Report Glückauf (156) Heft 1, S. 46 – 56.
- (2) Ahlbrecht, T. (2022): Praxisbeispiele aus der Betonlogistik im Schachtbau – eine förder technische Herausforderung. Mining Report Glückauf (158) Heft 5, S. 460 – 470.
- (3) Ahlbrecht, T. (2022): Staubbeherrschung bei einer neuartigen Technologie zum Bau von Schächten. Mining Report Glückauf (158) Heft 6, S. 580 – 588.

#### Author / Autor

Dipl.-Ing. Thomas Ahlbrecht, Technical Director,  
Redpath Deilmann GmbH, Dortmund/Germany