

# The Casing Pipe Method of Converting Mine Water Pumping Stations to Well-Type Operation Based on the Example of Carolinenglück 3 Shaft

The northwards migration of the coal mining industry created a well-developed network of underground roadways and this allowed interconnected collieries to be organised as combined water drainage systems. This resulted in a centralisation of the water pumping operations. The mine water is currently pumped to the surface at a total of 13 pumping stations – RAG Aktiengesellschaft, Essen/Germany, has long-term plans in place to reduce this to six. In order to achieve this target RAG is now engaged in a revision of the entire water management system. Instead of the conventional method of underground pumps, as used as present, RAG intends

to withdraw from the underground workings entirely and to raise the mine water to the surface through a series of well pipes. Two different techniques will be employed for this operation, depending on the character and condition of the mine shafts in question, namely the casing pipe method and the climbing formwork method. One of the first of the 13 water pumping sites to be converted in this way was the Carolinenglück central mine drainage plant in Bochum, where the new casing pipe technique was employed. This paper describes the procedure that was used there.

## Einsatz von Hüllrohren beim Umbau von Wasserhaltungsstandorten zu Brunnenanlagen am Beispiel Carolinenglück 3

Durch die Nordwanderung des Bergbaus existiert ein ausgeprägtes untertägliches Streckennetz, sodass miteinander verbundene Bergwerke zu Wasserprovinzen verbunden werden. Hierdurch kann die Wasserhebung zentralisiert werden. Derzeit wird das Grubenwasser auf insgesamt 13 Standorten gehoben, wobei das Grubenwasserkonzept der RAG Aktiengesellschaft, Essen, eine langfristige Reduzierung auf sechs Standorte vorsieht. Um dieses Ziel zu erreichen, überarbeitet die RAG das gesamte Wasserhaltungssystem. Statt der momentan konventionellen Methode

mit untertäglich installierten Pumpen will die RAG sich aus dem Grubengebäude zurückziehen und das Grubenwasser über Brunnenröhren heben. Hierfür werden heute in Abhängigkeit von der Beschaffenheit der Schächte zwei unterschiedliche Verfahren angewendet, das Hüllrohrverfahren und der Einsatz einer Kletterschalung. Als einer der ersten der 13 Wasserhaltungsstandorte ist die Zentrale Wasserhaltung Carolinenglück in Bochum mittels Hüllrohrverfahren umgebaut worden. Der vorliegende Bericht beschreibt die Anwendung dieses Verfahrens.

### 1 Introduction

Two different procedures are used to convert conventional water pumping stations to well-type installations and back-up sites, namely the casing pipe method and the climbing formwork method, whereby the well pipe is constructed using a concrete building technique.

The casing pipe method is predominantly used in shafts with only a small deviation from plumb. The basic concept here is to construct a lost formwork in the concrete column when the shaft is being backfilled so that a submersible pump can be lowered down at some future date, if necessary. This means installing a DN1,400 mm casing pipe for each submersible pump and then backfilling it all around.

### 1 Einleitung

Für den Umbau der Wasserhaltungsstandorte zu Brunnenwasserhaltungen bzw. Sicherungsstandorten werden zwei unterschiedliche Verfahren angewendet. Das Hüllrohrverfahren und der Einsatz einer Kletterschalung zur Erstellung einer Brunnenröhre in Betonbauweise.

Das Hüllrohrverfahren wird speziell bei Schächten mit geringer Schachtschiefstellung angewandt. Dabei ist der Grundgedanke die Herstellung einer verlorenen Schalung in der Betonsäule bei der Verfüllung eines Schachts, um zu einem späteren Zeitpunkt bei Bedarf eine Tauchmotorpumpe einhängen zu können. Hierbei wird pro erforderliche Tauchpumpe ein Hüllrohr mit einem Durchmesser DN1.400 in den Schacht eingebaut und ringsherum verfüllt.

One of the first water pumping stations to be converted to the casing pipe system was at Walsum shaft in Duisburg. In this particular case 6 m lengths of welded steel pipe of DN 1,000 mm and with a wall thickness of 10 mm were installed individually in the shaft and then backfilled section by section. The pipes each had a spigot end and a socket end and also featured a sealing collar. Casing pipes made of Glasfibre Reinforced Plastic (GRP) were subsequently employed for the first time during the conversion work on the Rossenray shaft in Kamp-Lintfort. The technique used here differed from the Walsum operation in that both pipe runs were set in place working from the formwork stage right up to ground level before the backfilling work commenced.

Based on the experience acquired from the conversion operations at the Walsum and Rossenray shafts it was then decided that the Carolinenglück central drainage plant in Bochum-Hamme should also be converted to the casing pipe system as the shaft in question only exhibited a very slight deviation from plumb. The planning work for this operation commenced in February 2016.

## 2 The Carolinenglück central drainage plant

Carolinenglück colliery ceased operating on 31st May 1964 and was subsequently employed merely as a water pumping station. Carolinenglück 2 shaft was operated as an upcast shaft and is 883 m in depth, while Carolinenglück 3 shaft is 1,103 m in depth and was used as a downcast shaft. The latter shaft is circular in cross section and has an inside diameter of 6.0 m above mine level 6 that widens out to 6.2 m below level 6. Connecting ways between the two shafts were provided on mine levels 6, 7 and 8 (Figure 1). In 2015, as part of the conversion work on the Carolinen-

Als einer der ersten Wasserhaltungsstandorte wurde der Schacht Walsum in Duisburg nach dem Hüllrohrprinzip umgebaut. In diesem Fall wurden geschweißte Stahlrohre DN 1.000 mit 10 mm Wandstärke und 6 m Länge einzeln in den Schacht eingebaut und abschnittsweise ringsherum verfüllt. Die Rohrenden wurden als Spitzende und Muffenende ausgeführt und zusätzlich mit einer Dichtmanschette versehen. Beim späteren Umbau des Schachts Rossenray in Kamp-Lintfort wurden erstmalig Hüllrohre aus glasfaserverstärktem Kunststoff eingesetzt. Abweichend von dem Vorgehen auf Walsum wurden beide Hüllrohrstränge vor Beginn der Verfüllmaßnahme von der Schalungsbühne bis zu Tagesoberfläche komplett eingebaut.

Basierend auf den Erfahrungen aus den Umbauarbeiten an den Schächten Walsum und Rossenray ist dann die Zentrale Wasserhaltung (ZWH) Carolinenglück in Bochum-Hamme aufgrund einer geringen Schachtschiefstellung mit dem Hüllrohrverfahren umgebaut worden. Die Planungen hierfür begannen im Februar 2016.

## 2 Die Zentrale Wasserhaltung Carolinenglück

Die Schachtanlage Carolinenglück hat am 31. Mai 1964 die Förderung eingestellt und diente daraufhin nur noch dem Zweck der Wasserhaltung. Der Schacht Carolinenglück 2 ist als ausziehender Schacht betrieben worden und hat eine Teufe von 883 m. Im Gegensatz dazu hat der Schacht Carolinenglück 3 eine Teufe von 1.103 m und wurde als einziehender Tagesschacht genutzt. Er hat einen kreisförmigen Querschnitt mit einem lichten Durchmesser von 6,0 m oberhalb der 6. Sohle und 6,2 m unterhalb der 6. Sohle. Beide Schächte waren über die 6., 7. und 8. Sohle miteinander

verbunden (Bild 1). Im Zuge des Umbaus der ZWH Carolinenglück wurde 2015 die untertägige Wasserhaltung und damit das Grubengebäude aufgegeben. Dies war notwendig geworden, da sich die Durchflussmengen in den Bohrungen, welche die Wasserwegigkeit in die benachbarten Teilprovinzen darstellen, auf der 8. Sohle verringert haben und sich dadurch eine Erhöhung der Wasserspiegel in den angrenzenden Wasserprovinzen eingestellt hatte. Um die untertägige Belegschaft nicht zu gefährden, hatte man sich entschieden, die Wasserhaltung auf der 8. Sohle aufzugeben. Stattdessen wurde im Malakovturm von Schacht 2 eine Hebeteknik errichtet und im Niveau von 800 m Teufe wurden zwei Tauchmotorpumpen eingehängt. Diese werden aktuell wechselweise betrieben und haben eine Förderleistung von ca. 12 m<sup>3</sup>/min Wasser.

Bei der Verfüllung des Schachts Carolinenglück 3 wurden zwei Hüllrohrsäulen DN 1.400 aus Stahl in die Verfüllsäule eingebettet. Hierzu wurde im Niveau -550 m NHH, entsprechend einer Teufe von 624 m, ein Widerlager errichtet. Während des Umbaus und auch im Nachgang wurde durch die eingebauten Hüllrohre weiterhin eine durchgehende Bewetterung gewährleistet.

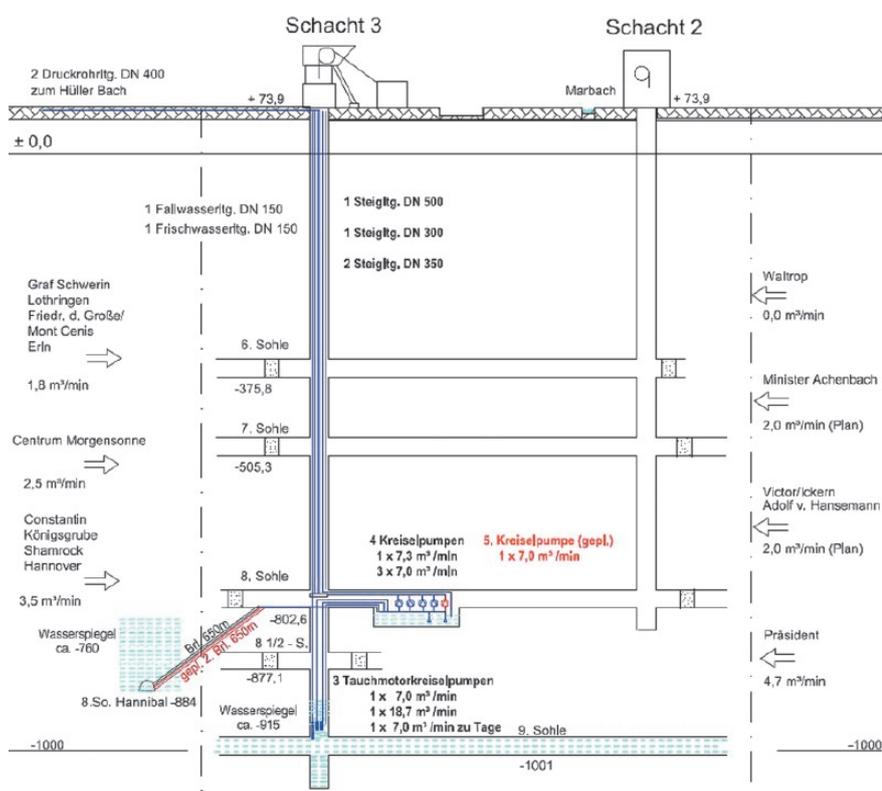


Fig. 1. General layout of the Carolinenglück central drainage plant.

Bild 1. Generalplan ZWH Carolinenglück. Source/Quelle: RAG

glück dewatering station, the underground pumping installations were shut down and the mine workings were subsequently abandoned. This had become necessary because the flow rates in the boreholes, which were indicative of the water conductivity in the adjacent hydraulic zones, had reduced in size and this in turn had seen an increase in water levels in the adjoining areas. In order not to endanger the safety of personnel working below ground it was decided that water pumping operations on mine level 8 should be discontinued. To compensate for this move hoisting equipment was installed in Carolinenglück 2 shaft headgear tower and two submersible pumps were lowered down to the 800 m level. These pumps are now in alternating operation and currently have a delivery rate of about 12 m<sup>3</sup>/min of water.

During the backfilling operation in Carolinenglück 3 shaft two columns of DN1,400 mm steel casing pipe were embedded into the fill material. An abutment was erected to this effect at a depth of 624 m (550 m below sea level). During the conversion work, and for the period thereafter, the casing pipe was provided with a continuous flow of ventilation.

### 3 Preparatory work

#### 3.1 Preparations above ground

As the former mine shaft was located in a heavily built-up area that is now home to the Carolinenglück industrial park there was very little space available to carry out the conversion work. When the operation began Carolinenglück 3 shaft was fitted with a small non-guided manwinding system that connected to mine levels 6 and 7. A transport winch and a platform winch therefore also had to be installed for the conversion work. The former engine house of the now dismantled Koepe winder was chosen to accommodate the new installation. The old winder had already been removed during the alterations carried out at Carolinenglück 2 shaft.

First it was necessary to open up the roof of the former winder house along with the gable wall facing towards the shaft (Figure 2). A joint support frame (approximately 3.9 x 12.7 m) was constructed to hold the two new winches. This frame was connected to the existing anchor points of the old winder bedplate and then fully embedded in concrete. Because of the rope feed-off angle a new rope pulley mounting with a return sheave had to be installed in the headframe to operate the transport winch. The platform winch, on the other hand, could use the original rope feed-off from the old Koepe winder. The salvage scaffold was fastened to the platform winch and remained at the required working level. The manwinding winch was used for travelling to the salvage scaffold via folding hatchways in the overhead shaft deck and in the scaffold platform.

#### 3.2 Preparatory work in the shaft

Once the surface operations for the conversion of Carolinenglück 3 shaft had been completed, as described above (Figure 3), work could begin on the in-shaft preparations. These included:

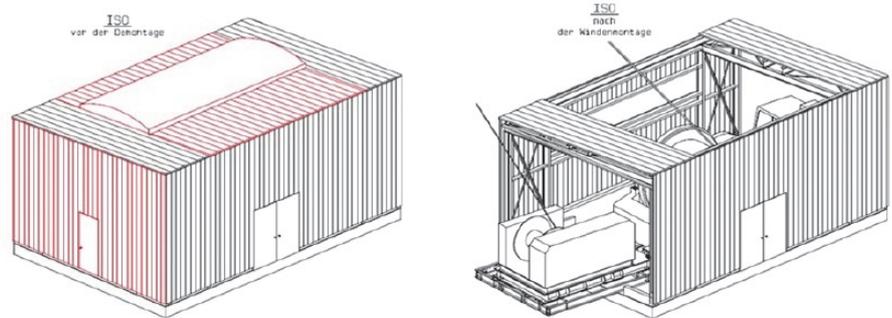


Fig. 2. Conversion of the former winder house.

Bild 2. Umbau des ehemaligen Fördermaschinegebäudes. Source/Quelle: RAG

### 3 Vorbereitende Arbeiten

#### 3.1 Vorbereitende Arbeiten über Tage

Da sich die ehemalige Schachanlage im heute stark bebauten gleichnamigen Gewerbegebiet Carolinenglück befindet, stand für die Umbauarbeiten nur sehr wenig Platz zur Verfügung. Der Schacht Carolinenglück 3 war zu Beginn der Umbauarbeiten mit einer ungeführten kleinen Seilfahrtanlage zum Anfahren der 6. und 7. Sohle ausgestattet. Für die Umbauarbeiten war es erforderlich, zusätzlich eine Transport- und eine Bühnenwinde zu installieren. Als Aufstellort bot sich das ehemalige Fördermaschinegebäude der ausgebauten Koepeförderung an. Diese war bereits im Zuge des Umbaus für Schacht Carolinenglück 2 geraubt worden.

Zunächst mussten hierfür das Dach und die dem Schacht zugewandte Giebelwand des ehemaligen Fördermaschinegebäudes geöffnet werden (Bild 2). Für die beiden neuen Winden wurde ein gemeinsamer Verlagerungsrahmen (Maße: ca. 3,9 x 12,7 m) hergestellt. Dieser wurde dann an die vorhandenen Verankerungspunkte des ehemaligen Fördermaschinenfundaments angeschlossen und vollflächig mit Beton untergossen. Aufgrund des Seilablaufwinkels für die Transportwinde musste zusätzlich eine neu konstruierte Seilscheibenverlagerung mit einer Umlenkscheibe im Fördergerüst montiert werden. Die eingesetzte Bühnenwinde hingegen konnte den ursprünglichen Seilablauf der ehemaligen Koepeanlage nutzen. Die Raubbühne wurde an die Bühnenwinde angeschlagen und verbleibt im jeweiligen Arbeitsniveau. Die Seilfahrt zur Raubbühne erfolgt mittels der Befahrungswinde über klappbare Öffnungen am Kopfschutz und an der Bühnenplattform.

#### 3.2 Vorbereitende Arbeiten im Schacht

Nachdem die beschriebenen übertägigen Grundlagen für den Umbau des Schachts Carolinenglück 3 umgesetzt waren (Bild 3), wurden die vorbereitenden Arbeiten im Schacht durchgeführt. Hierzu zählten:

- das Einbringen von Ankern und Halterungen zur späteren Lagesicherung der Hüllrohre,
- das Herstellen von Stoßöffnungen für die Träger der Schalungs- und Kopfschutzbühne,
- das Rauben von 100 m hölzernen Schachteinbauten unterhalb der zukünftigen Schalungsbühne in einer Teufe von 624 m bis 724 m und
- die Herstellung von Sohlenanschlüssen an die Entgasungsleitung.

- the installation of anchor bolts and brackets that would later be used for securing the casing pipes;
- the preparation of wall recesses for the beams that would support the formwork stage and overhead shaft deck;
- the dismantling of 100 m of timber fittings beneath the future formwork stage at a depth of between 624 and 724 m; and
- the creation of shaft inset connections for the gas drainage pipe.

All this work was carried out as the salvage scaffold gradually moved upwards. One of the stipulations of the gas drainage survey was that a drainage pipe had to be installed to prevent diffuse gas leakages to the surface. An existing DN350 shaft riser pipe that was no longer being used was subsequently reassigned as a gas drainage pipe. Under the supervision of personnel from the Central Mines Rescue Station a number DN100 connecting pipes were attached to the existing drainage pipe at each inset level using specially made clamps. These were then affixed to the pack cover plates. At those shaft insets where the packs had no cover plates holes were drilled to create the connection points and the explosion safety area was restored. Before the casing pipes could finally be installed more preparatory work also had to be undertaken, this including the attachment of the formwork stage and the shaft protection deck positioned above it. In order to maintain a continuous flow of ventilating air the shaft deck had to be constructed as two separate sections. As the salvage scaffold was to be used for the installation work the overhead shaft deck for the salvage scaffold first had to be dismantled piece by piece and the new shaft deck for the formwork stage then assembled at the same time working first at the 598.3 m level and then at the 602.8 m level (Figure 4).

The recesses needed for the beams supporting the formwork stage were created using large-diameter core drills and pneumatic picks with the operators working from the salvage scaffold. According to the size of the opening required the general technique was to drill several holes next to each other or one above the other and then to use the pneumatic pick to remove the “pillars” in between.

The formwork stage was then assembled at the 624 m level. After the overhead shaft deck had been rebuilt the working

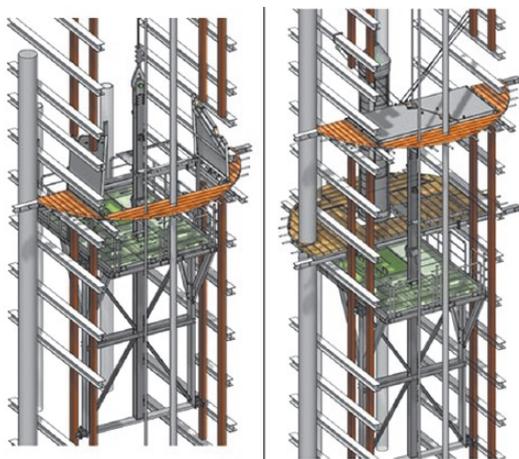


Fig. 4. Installation of the two-piece overhead deck.

Bild 4. Einbau der zweigeteilten Kopfschutzbühne. Source/Quelle: RAG

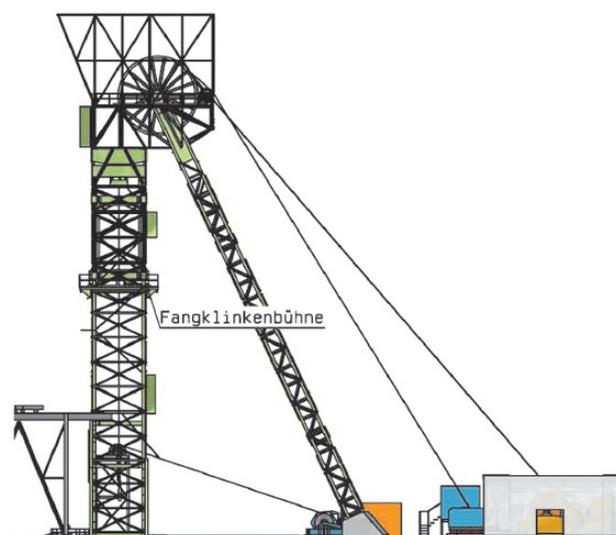


Fig. 3. Diagram of the shaft headframe and winches.

Bild 3. Abbildung des Schachtgerüsts inkl. Winden. Source/Quelle: RAG

Die Arbeiten wurden allesamt im Zuge der Abwärtsfahrt der Raubbühne durchgeführt. Eine Vorgabe des Ausgasungsgutachtens war der Einbau einer Entgasungsleitung zur Vermeidung von diffusen Gasaustritten an der Tagesoberfläche. Als Entgasungsleitung wurde eine bereits im Schacht verbaute, nicht mehr genutzte DN350 Steigeleitung umgewidmet. An den vorhandenen Sohlen wurden dann unter Einbeziehung der Hauptstelle für das Grubenrettungswesen DN100 Rohrleitungen als Anschlüsse mittels speziell angefertigter Schellen an die Entgasungsleitung montiert. An den jeweiligen Sohlen wurden diese an die vorhandenen Dammdeckel angeschlossen. An den Sohlen, an denen keine Dammdeckel in den Dämmen vorhanden waren, wurden mittels Bohrungen Anschlüsse erstellt und die Explosionssicherheit wieder hergestellt. Bevor nun die Hüllrohre abschließend eingebaut werden konnten, mussten im Zuge der vorbereitenden Arbeiten noch die Schalungsbühne sowie die dazugehörigen darüber liegenden Kopfschutzbühnen montiert werden. Um eine durchgängige Bewetterung weiterhin aufrechterhalten zu können, musste der Kopfschutz zweiteilig ausgeführt werden. Da für den Einbau die Raubbühne verwendet wurde, musste der Kopfschutz der Raubbühne zunächst abschnittsweise zurückgebaut und dabei parallel der neue Kopfschutz für die Schalungsbühne in den Teufen 598,3 und 602,8 m nacheinander eingebaut werden (Bild 4).

Für die Träger der Schalungsbühne wurden die notwendigen Stoßöffnungen von der Raubbühne aus mittels großkalibriger Kernbohrungen und Abbauhammer hergestellt. Dazu wurden, je nach erforderlicher Öffnung, mehrere Kernbohrungen neben- bzw. untereinander durchgeführt und die verbleibenden „Brücken“ mittels Abbauhammer herausgebrochen.

Im Anschluss erfolgte die Montage der Schalungsbühne in einer Teufe von 624 m. In der weiteren Abwärtsfahrt wurden dann, nach Wiederaufbau der Kopfschutzbühne, alle hölzernen Einbauten bis zur Teufe 724 m geraubt. Nach Erreichen der Teufe 724 m wurde die Arbeitsbühne an den Einstrichen abgefangen und eine Drallklemme montiert. Der Stiel der Arbeitsbühne wurde dann von der Bühne getrennt, damit dieser als Gegengewicht am Seil

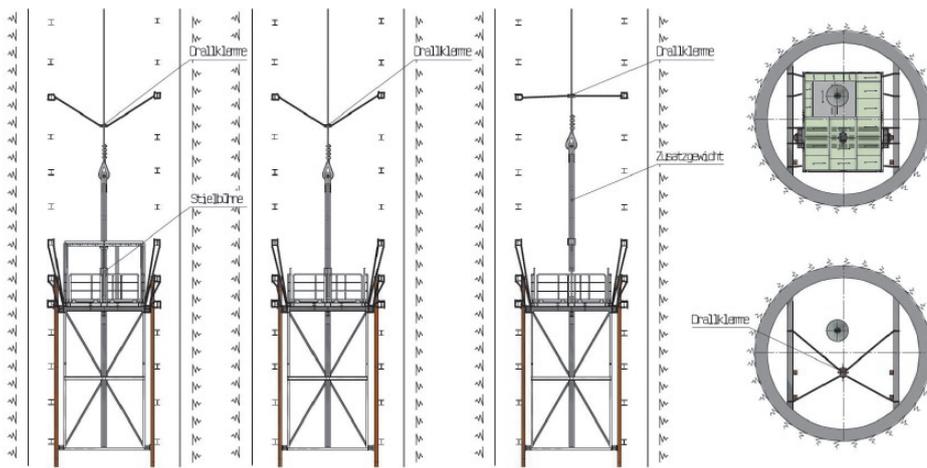


Fig. 5. Restraint system for the working stage. // Bild 5. Abfangen der Arbeitsbühne. Source/Quelle: RAG

stage was gradually lowered further down the shaft so that all the timber fittings could be removed down to the 724 m level. On reaching this particular point the stage was fixed against the shaft buntons and an anti-twist clamp fitted. The centre strut of the working stage was then detached from the platform so that it could be left in place to act as a counterweight on the rope (Figure 5). After the anti-twist clamp had been detached the remaining section of the working stage was left in place in the shaft. The centre strut and rope were then brought to the surface. The next stage of the operation was to complete the assembly of the formwork stage (Figure 6).

Another factor to be taken into account as far as the planned installation of the casing pipes was concerned was that the string of pipes had to be fixed in absolute vertical alignment to ensure that the subsequent introduction of the submersible pumps would be a straightforward operation.

In order to achieve this degree of precision a special surveying technique was developed in collaboration with the DMT GmbH & Co. KG. This process involved the use of a plumb laser to check the mounting position of the casing pipe during each casting section, the pipe then immediately being braced into place. After the formwork stage had been completed the perpendicular alignment of the pipes was determined on the basis of two fixed positions of the plumb laser, which for this purpose was installed in the shaft headframe (Figure 7). In order to facilitate this installation work a dedicated scaffold was assembled and placed in position at the lev-

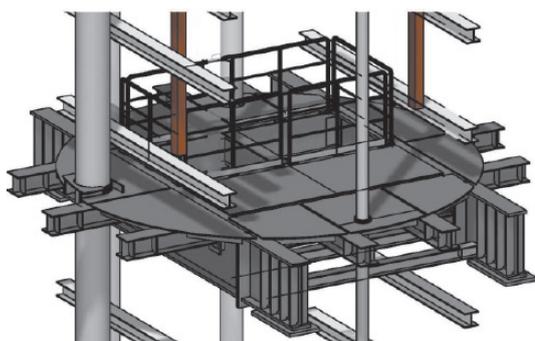


Fig. 6. Formwork stage.  
Bild 6. Schalungsbühne. Source/Quelle: RAG

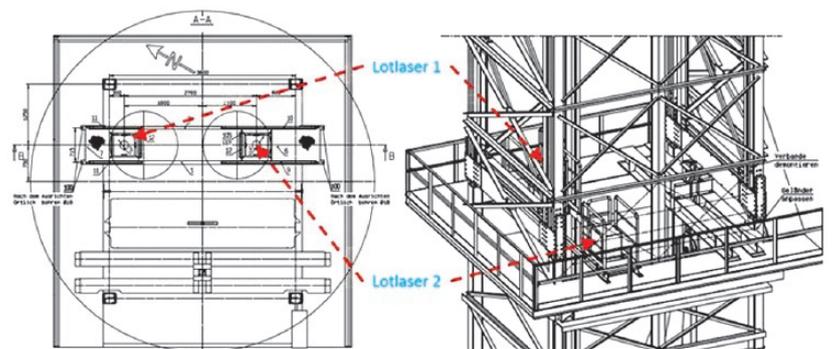


Fig. 7. Position of the two plumb lasers on the latching deck.  
Bild 7. Positionen des Lotlasers auf der Fangklinkenbühne. Source/Quelle: RAG

verbleiben konnte (Bild 5). Nach Lösen der Drallklamme verblieb die restliche Arbeitsbühne im Schacht. Der Stiel inklusive Seil wurde zu Tage gefördert. Im nächsten Schritt wurde die Schalungsbühne komplettiert (Bild 6).

Für das spätere Einbauen der Hüllrohre war weiterhin zu beachten, dass nur ein lotrechtes Einbauen der Hüllrohrstränge das problemlose Einbringen der Tauchmotorpumpe zu einem späteren Zeitpunkt gewährleisten kann.

Um dies zu realisieren, wurde zusammen mit der DMT GmbH & Co. KG, Essen, ein vermessungstechnisches Konzept entwickelt. Hierfür wurden je Betonierabschnitt die Einbaulage der

Hüllrohre mit Hilfe eines Lotlasers überprüft und die Rohre daraufhin verspannt. Das lotrechte Einbauen wurde anhand von zwei festen Positionen des im Fördergerüst installierten Lotlasers nach Fertigstellung der Schalungsbühne sichergestellt (Bild 7). Für die Installation wurde im Niveau der Fangklinkenbühne eine Bühne konstruiert und montiert. Die Position der Bühne wurde so gewählt, dass zu jedem Zeitpunkt der Bauphase ein hindernisfreier Weg von den Lotlasern bis zur Schalungsbühne gegeben war.

Anschließend wurde eine ZSM-Verfüllleitung (ZSM – zugfeste Steckmuffe) mit dem aus dem Standsicherheitsgutachten empfohlenen Mindestdurchmesser von 100 mm an der Schachtwand frei hängend verbaut. Über diese Leitung wurde später der Beton eingebracht. Während des Verfüllvorgangs wurde die Verfüllleitung abschnittsweise von über Tage eingekürzt. Hierzu wurde ein 37 t Drucklufthubzug mit Verlagerung auf der Fangklinkenbühne montiert.

Für den anstehenden Hüllrohrtransport waren Modifikationen an der Seilscheibenverlagerung notwendig. Da der Trum der kleinen Seilfahrtsanlage nun für den Hüllrohrtransport benötigt wurde, wurde die Anlage ausgebaut. Durch das Verschwenken der Transportwinde um 3° und die Montage einer Seilscheibenverlagerung wurde der Seilablaufpunkt der Winde auf den nun freien Trum verlagert (Bild 8). So konnte dann der Hüllrohrtransport durchgeführt werden. Die Begleitung des Hüllrohrtransports erfolgte mittels eines speziell angefertigten Arbeitskorbs, der an der Bühnenwinde angeschlagen wurde.

el of the latching deck. The scaffold was positioned in such a way that there was always a clear pathway from the plumb lasers to the formwork stage for the entire duration of the construction work.

A strain-resistant socket-type backfill pipe with a minimum diameter of 100 mm, as recommended in the stability report, was then freely suspended from the shaft wall. This would subsequently be used for delivering the concrete. During the backfilling phase the fill pipe was shortened section by section from the surface. This operation was undertaken by a 37 t compressed-air hoist mounted on the latching deck.

The sheave gear had to be modified in order to handle the casing pipes. As the compartment of the small manwinding system was now needed for transporting the casing pipes the winding installation itself was dismantled. By pivoting the transport winch by 3° and installing a rope pulley system the rope feed-off point for the winch could now be relocated to the empty compartment (Figure 8). The casing pipes could then be lowered in as planned. This operation was accompanied by a specially fabricated working cage that was attached to the platform winch.

#### 4 Installation of the casing pipes

Unlike the two earlier conversion projects at Walsum and Rossenray the Carolinenglück 3 operation used DN1,400 steel pipes with strain-resistant socket couplings. These featured integrated seals that would prevent any ingress of building material into the pipe. The existing pipes held at the Haus Aden and Duhamel sites, which had compatible connections, were used for this work. The casing pipes supplied to Haus Aden were 6.0 m in length. A total of 76 pairs of pipes of this kind were installed. To these were then added 25 pairs of casing pipes from the Duhamel batch, which were 6.5 m in length.

The casing pipes were first set on standpipes that were integrated into the formwork stage. After all the work at the Carolinenglück central drainage plant has concluded it is planned to withdraw completely from this site at some future date. The shaft will therefore have to be maintained in a stable and explosion-proof condition over the long term. To this effect a concrete sealing plug was developed for the Carolinenglück 3 site that was not only capable of withstanding the superimposed load of the concrete but could also be lowered down into the casing pipe from the surface by means of a synthetic cable (Figure 9). To make this possible the standpipes were provided with radially arranged support plates to act as a bearing surface.

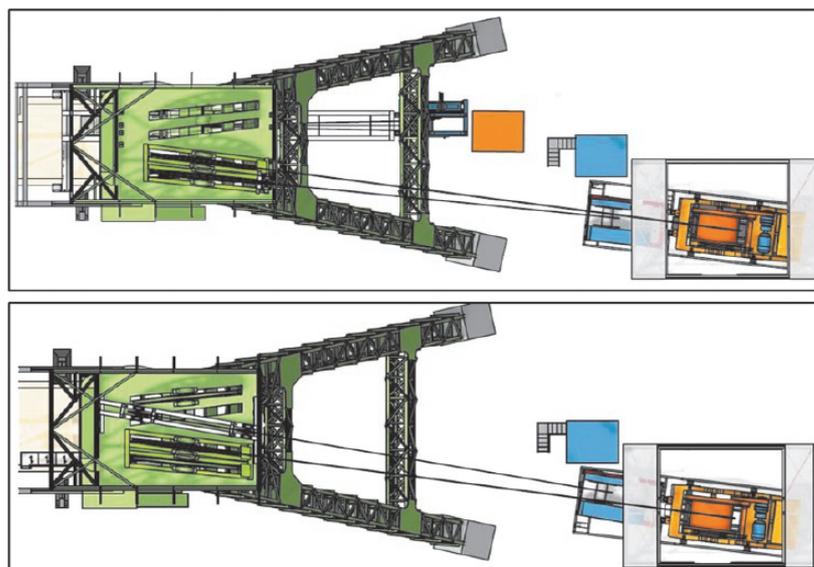


Fig. 8. Rope layout before and after.

Bild 8. Seilanordnung vorher und nachher. Source/Quelle: RAG

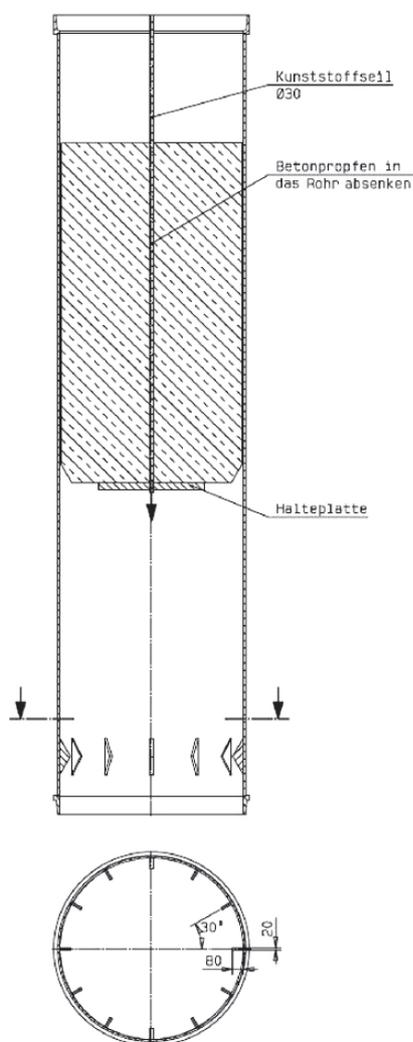


Fig. 9. Standpipe with bearing surface and concrete seal. // Bild 9. Standrohr mit Auflagefläche und Betonverschluss. Source/Quelle: RAG

#### 4 Einbau der Hüllrohre

Für den Umbau von Carolinenglück 3 kamen, anders als bei den früheren Umbauprojekten Walsum und Rossenray, DN 1.400 Rohre aus Stahl mit ZSM-Verbindungen zum Einsatz. Diese verfügen über integrierte Dichtungen, welche das Eindringen von Baustoff in die Stahlrohre verhindern. Hierfür wurden die bereits vorhandenen Rohre für die Standorte Haus Aden und Duhamel verwendet. Bei diesen Rohren handelt es sich um verbindungskompatible Rohre. Die für den Standort Haus Aden gelieferten Hüllrohre hatten eine Länge von 6,0 m. Insgesamt wurden 76 Hüllrohrpaare dieser Art verbaut. Anschließend erfolgte der Einbau von 25 Hüllrohrpaaren aus der Lieferung für den Standort Duhamel, welche eine Länge von 6,5 m hatten.

Die Hüllrohre wurden zunächst auf in die Schalungsbühne integrierte Standrohre aufgesetzt. Nach Abschluss der Gesamtarbeiten an der ZWH Carolinenglück soll zu einem späteren Zeitpunkt ein vollständiger Rückzug von diesem Standort erfolgen. Demnach wird es erforderlich sein, den Schacht dauerstand- und explosionsicher zu verwahren. Für den Fall wurde für den Standort Carolinenglück 3 ein Betonpfropfen als Verschluss entwickelt, der den auflastenden Betondruck aufnehmen und mithilfe eines Kunststoffseils von über Tage in das Hüllrohr eingelassen werden kann (Bild 9). Um dies zu ermöglichen, wurden die Standrohre mit radial angeordneten Auflageblechen als Auflagerfläche ausgestattet.

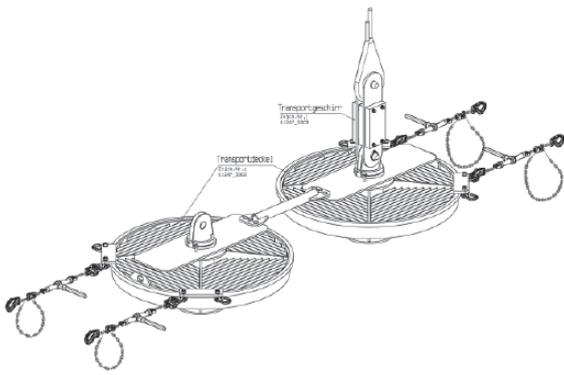


Fig. 10. Transportation covers.  
Bild 10. Transportdeckel. Source/Quelle: RAG

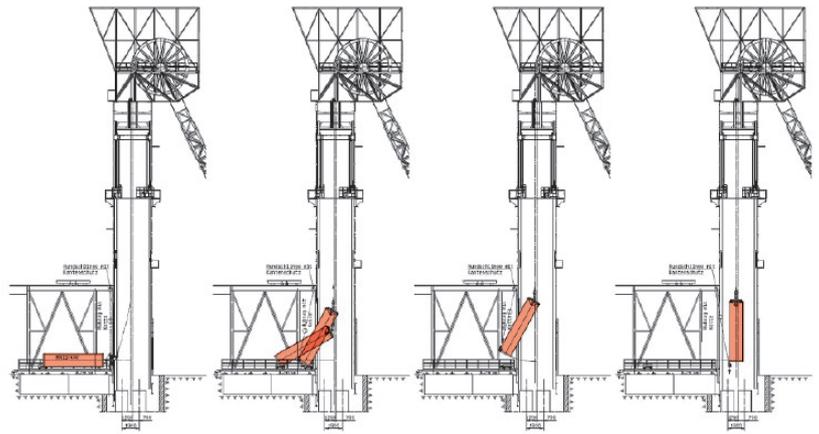


Fig. 11. Graphic representation of the handling system used to transfer the casing pipes into the shaft. // Bild 11. Zeichnerische Darstellung des Hüllrohrtransports in den Schacht. Source/Quelle: RAG

The casing pipes were transported in via the northern side of the shaft. To facilitate this operation the existing shaft cellar was built over with a steel structure to serve as a standing surface and working area for the crew. A set of rails was also incorporated into the structure to act as a guideway for the roller-mounted transport trolley. These measures were implemented in order to create a safe working environment on site. The trolley provided the guidance that was required when the pipes were being manoeuvred into the shaft. It also helped to protect the spigot end of the pipe from damage. A fork lift was used to set the pipes on to a specially made turntable. Thanks to this device the pipes could be swivelled effortlessly into their installation position for the fitting of the transportation cover (Figure 10) and connecting chain. The pipes were then transferred into the shaft by means of a crane track and transport winch (Figure 11).

The pipe transfer operation was accompanied by a twin-deck cage that ran on the shaft guides and was operated from the manwinding winch (Figure 12). On arriving at the installation site the steel pipes were joined together at their strain-resistant couplings by a team working on the lower level and then vertically aligned and fixed into place on the upper working level, as described in section 3.2.

The shaft concreting operation was carried out using one of RAG's own semi-mobile concrete mixing systems that had been set up at the Auguste Victoria site. After the mixing stage concrete trucks were used to transport the material each day the 25 km to the Carolinenglück facility. On arriving on site the concrete was pumped by double piston pump through the filling pipe and into the shaft.

The filling regime to be used was described in detail in the relevant stability report (Figure 13). This specified that the first 20 m of shaft should be filled with a special mix of C35 concrete with a cube strength after 28 days of  $f_{ck,cube} \geq 35 \text{ MN/m}^2$ . About 504 m<sup>3</sup> of this high-quality concrete were needed to accomplish this task. In view of the setting time required the lowest shaft plug was constructed in three phases. The first phase involved the pouring of

Der Antransport der Hüllrohre erfolgte über die nördliche Seite des Schachts. Dazu wurde der vorhandene Schachtkeller mit einer Stahlkonstruktion überbaut. Diese Konstruktion diente als Stand- und Arbeitsfläche für die Mitarbeiter. Ebenfalls wurde ein Schienenpaar, welches als Führung für den rollengeführten Transportwagen diente, in die Konstruktion integriert. Diese Maßnahmen wurden zur Gewährleistung der Arbeitssicherheit vor Ort umgesetzt. Der Transportwagen sorgt beim Hereinziehen der Rohre in den Schacht für die notwendige Führung. Gleichzeitig schützt er das Spitzende der Rohre vor Beschädigung. Per Gabelstapler sind die Rohre auf eine speziell angefertigte Drehvorrichtung abgelegt worden. Durch den Einsatz dieser Drehvorrichtung konnten die Rohre mühelos in die Einbauposition zur Montage des Transportdeckels (Bild 10) und der Verbindungskette gedreht werden. Daraufhin sind die Hüllrohre mittels Kranbahn und Transportwinde in den Schacht überführt worden (Bild 11).

Während des Einförderns der Hüllrohre wurden diese mit einem spurlattengeführten zweietagigen Arbeitskorb an der Seilfahrtwinde begleitet (Bild 12). An der Einbaustelle angekommen, wurden die jeweiligen Stahlrohre auf der unteren Arbeitsebene über die ZSM-Verbindungen aneinander gekoppelt und auf der oberen Arbeitsebene wie in Kapitel 3.2 beschrieben lotrecht ausgerichtet und verspannt.

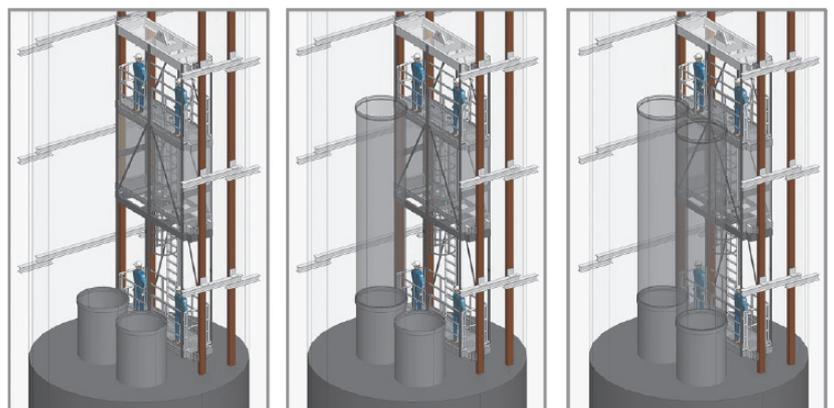


Fig. 12. Emplacement of the casing pipes.  
Bild 12. Abfördern der Hüllrohre. Source/Quelle: RAG

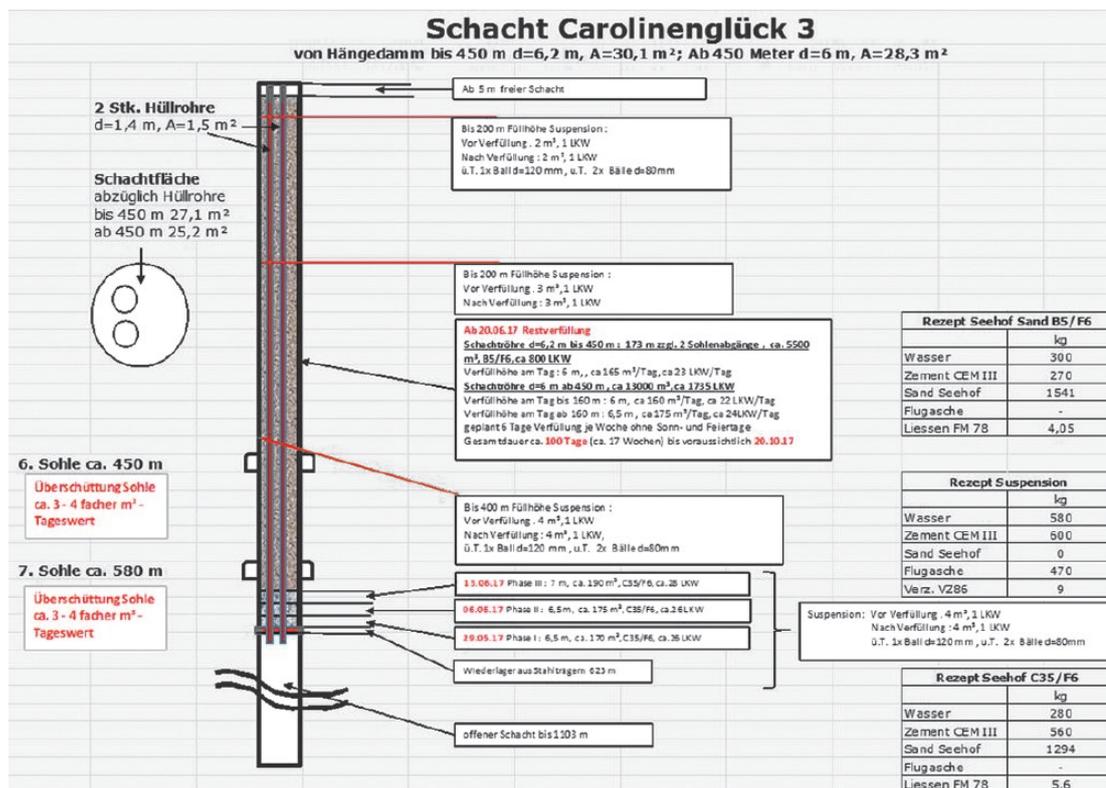


Fig. 13. Shaft filling regime.  
Bild 13. Verfüllschema.  
Source/Quelle: RAG

a 5.5 m section of concrete. While this was under way the filler pipe was gradually withdrawn at the headframe and shortened accordingly. The two subsequent phases 2 and 3 comprised 6.5 and 7 m of fill respectively. Work on building the explosion-proof plug commenced on 29th May 2017 and lasted for about three weeks. The remaining part of the shaft was then filled section by section to a point just below ground level, this operation commencing on 20th June 2017. This phase required around 160 m<sup>3</sup> concrete a day with a cube strength of  $f_{ck,cube} \geq 5 \text{ MN/m}^2$ . The B5 grade of concrete used had a consistency class of F6.

After some 1,600 m<sup>3</sup> of concrete had been delivered a blockage occurred in the filler pipe. This was caused by a hole that had developed in the pipe as a result of wear and tear. In view of the increased signs of wear inside the filler pipe the specialists overseeing the project stipulated that visual checks should be carried out on the in-situ pipes each working day and that the pipe wall thickness should be inspected after every 1,100 m<sup>3</sup> of pour.

Sections of pipe whose wall thickness had been reduced from the original 12.5 mm to less than 9.5 mm at one or several points were no longer capable of meeting the specified triple safety factor and had therefore reached their discard point. These damaged pipes were taken out of service.

The shaft filling operation was successfully completed on 18th December 2017.

## 5 Surface preparation

The focus of the operation then turned to the renovation of the surface installations at the Carolinenglück mine drainage plant. At the forefront of this work was the restoration of the Carolinenglück 3 shaft headframe, which is classified as a listed building. This operation involved the dismantling of the deployed winches and the removal of all the return sheaves, plumb laser

Zum Betonieren des Schachts wurde der Beton mit einer semi-mobilen RAG-eigenen Betonmischanlage am Standort Auguste Viktoria angemischt und mit Transportfahrmischern täglich 25 km zum Standort Carolinenglück gefahren. Vor Ort wurde der Beton dann mittels einer Doppelkolbenpumpe über die Verfüllrohrleitung in den Schacht gepumpt.

Das Verfüllschema wurde im Standsicherheitsgutachten vorgegeben (Bild 13). Darin wurde gefordert, dass die ersten 20 m mit einer speziellen Betonrezeptur der Güte C35 mit einer Würfeldruckfestigkeit nach 28 Tagen von  $f_{ck,cube} \geq 35 \text{ MN/m}^2$  verfüllt werden. Um dies zu bewerkstelligen, wurden ca. 504 m<sup>3</sup> des hochwertigen Betons benötigt. Unter Berücksichtigung der benötigten Aushärtezeit wurde das Herstellen des untersten Pfropfens in drei Phasen unterteilt. In Phase 1 wurden 5,5 m betoniert. Parallel wurde die Verfüllleitung von über Tage im Fördergerüst angehoben und passend eingekürzt. Die beiden folgenden Phasen 2 und 3 umfassten 6,5 m bzw. 7 m Verfüllung. Das Herstellen des explosions sicheren Pfropfens begann am 29. Mai 2017 und nahm ca. 3 Wochen in Anspruch. Im Anschluss erfolgte ab 20. Juni 2017 die abschnittsweise Verfüllung des restlichen Schachts bis kurz vor Erreichen der Tagesoberfläche mit einer arbeitstäglichen Menge von ca. 160 m<sup>3</sup> Beton mit einer Würfeldruckfestigkeit von  $f_{ck,cube} \geq 5 \text{ MN/m}^2$ . Für diesen Vorgang wurde ein Beton der Güte B5 in Konsistenzklasse F6 eingebracht.

Im Zuge der Verfüllung kam es nach einem Durchsatz von 1.600 m<sup>3</sup> Beton zum Verstopfen der Leitung. Grund hierfür war ein durch Verschleiß aufgetretenes Loch in der Rohrleitung. Aufgrund der erhöhten Verschleißerscheinungen im Inneren der Verfüllleitung wurden vom zuständigen Sachverständigen arbeitstägliche visuelle Überprüfungen im eingebauten Zustand und eine Wandstärkenüberprüfung nach jeweils 1.100 m<sup>3</sup> gefordert.

platforms and mountings that had been fitted to the headframe in order to carry out the conversion work. In order to refurbish the shaft in line with its status as a historic monument the original rope sheaves also had to be re-installed and the headframe restored to its former state. For safety reasons the upper ends of the casing pipe column were extended to a height of some 3 m above ground level and then safeguarded with protective grating. The shaft cellar was also filled-in. As a final measure the adjoining storage areas and roadways were paved over or asphalted.

The operation was completed on 11th July 2018 (Figure 14). The entire project, beginning with the feasibility study and the drawing up of general and detailed design plans through to the technical execution of the works, had taken a total of two years to complete.

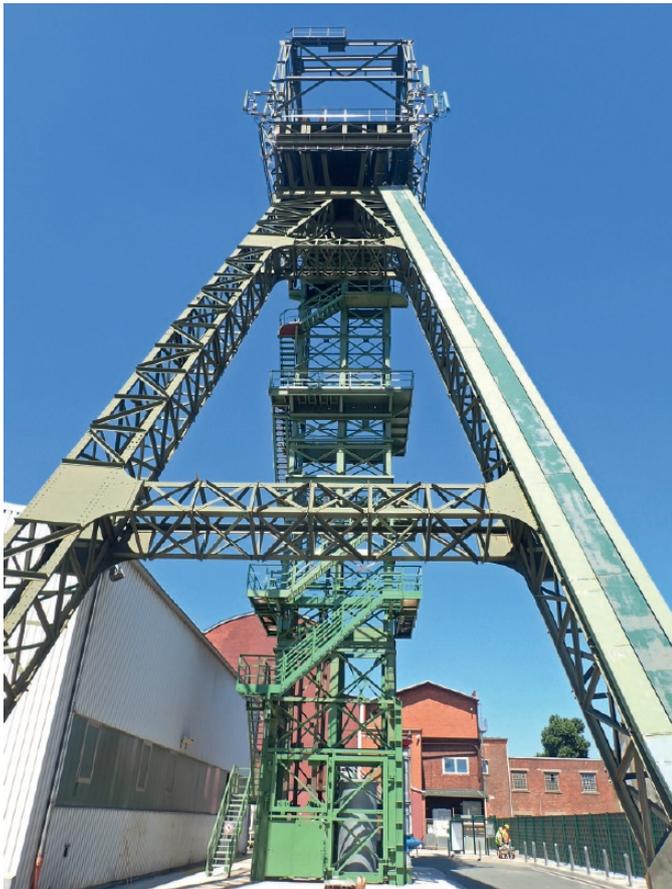


Fig. 14. Carolinenglück 3 shaft after restoration.  
 Bild 14. Schacht Carolinenglück 3 nach Abschluss der Arbeiten.  
 Source/Quelle: RAG

Rohrstücke, die an einer oder mehreren Stellen eine geringere Wandstärke als 9,5 mm von den ursprünglichen 12,5 mm aufwiesen, konnten die vorgegebene dreifache Sicherheit nicht mehr einhalten und hatten somit ihre Ablegereife erreicht. Betroffene Rohre wurden nicht mehr verwendet.

Die Verfüllarbeiten konnten am 18. Dezember 2017 erfolgreich abgeschlossen werden.

## 5 Herrichten der Tagesoberfläche

Abschließend lag der Fokus der Arbeiten auf der Herrichtung der endgültigen Tagesoberfläche der ZWH Carolinenglück. Im Vordergrund stand hierbei die Wiederinstandsetzung des unter Denkmalschutz stehenden Schachtgerüsts Carolinenglück 3. Hierzu gehörte der Rückbau der aufgestellten Winden. Auch alle an das Schachtgerüst für die Umbaumaßnahmen montierten Seilumlenkscheiben, Lotlaserbühnen oder Verlagerungen mussten entfernt werden. Um den Schacht denkmalgerecht wiederherzurichten, mussten zudem die Originalseilscheiben wieder aufgesetzt und das Schachtgerüst entsprechend des ursprünglichen Zustands bearbeitet werden. Aus Sicherheitsgründen wurden die oberen Enden der Hüllrohrstränge bis auf eine Höhe von ca. 3 m oberhalb der Geländeoberkante verlängert und mit Lichtgitterrosten abgesichert. Der Schachtkeller wurde verfüllt. Im letzten Schritt wurden die angrenzenden Lagerflächen und Fahrwege gepflastert bzw. asphaltiert.

Die Arbeiten wurden am 11. Juli 2018 abgeschlossen (Bild 14). Die gesamten Arbeiten von der Machbarkeitsstudie, den anschließenden Grob- und Feinkonzepten, bis hin zur Ausführung, dauerten insgesamt zwei Jahre.

## Authors / Autoren

Patrick Malejka, M.Sc, M.Eng., GEOtechnic – Ingenieurgesellschaft für Geotechnologie und Altbergbau, Bochum,  
 Dipl.-Ing.(FH) Benjamin Röhl, RAG Aktiengesellschaft, Essen