

# Restoration of Mine-Water Drainage through the Royal Bavarian Maximilian Heritage Gallery at Stockheim

Hard coal mining around Stockheim and Reitsch, which are townships in the Kronach district of Upper Franconia in Bavaria/Germany, commenced in 1756 and finally ceased in 1968 as the operation had become uneconomical and the deposits were running towards depletion. When the workings were closed insufficient attention, by the standards of today, was paid to securing some of the mine entrances and protecting the near-surface openings and access points. After 1984 sinkholes began to appear in the Stockheim area above the main drainage adit, the Royal Bavarian (K. B.) Maximilian herit-

age gallery. It became apparent that all the surface entrances and near-surface workings and the problem of draining the old mine workings in general, now posed a significant risk to public safety and order. As part of a geotechnical and mine survey assessment carried out on behalf of the Free State of Bavaria, as represented by the government of Upper Franconia - Mining Authority of Northern Bavaria, the Zwickau-based firm G.U.B. Engineering AG was commissioned to develop plans for the stabilisation and renovation of the K. B. Maximilian heritage gallery and its flume.

# Wiederherstellung der Grubenwasserableitung über den Königlich Bayerischen Maximilian Erbstollen in Stockheim

Der Steinkohlenbergbau bei Stockheim und Reitsch im Landkreis Kronach in Oberfranken begann 1756 und wurde im Jahr 1968 wegen Unwirtschaftlichkeit des Bergbaubetriebs und der Erschöpfung der Lagerstätte endgültig eingestellt. Mit der Einstellung wurden die zu diesem Zeitpunkt genutzten Tagesöffnungen und tages- bzw. oberflächennahen Grubenbaue aus heutiger Sicht teilweise nur unzureichend gesichert. Ab 1984 wurden in der Ortslage Stockheim Tagesbrüche auf dem Hauptentwässerungstollen, dem Königlich Bayerischen (K. B.) Maximilian Erbstollen,

registriert. Es zeigte sich, dass alle Tagesöffnungen und tagesnahen Grubenbaue sowie die problematische Entwässerung des Steinkohlenaltbergbaus ein erhebliches Risiko für die öffentliche Sicherheit und Ordnung darstellen. Im Zuge einer im Auftrag des Freistaats Bayern, vertreten durch die Regierung von Oberfranken - Bergamt Nordbayern, erstellten geotechnisch-marktscheiderischen Bewertung wurde die G.U.B. Ingenieur AG mit Hauptsitz in Zwickau mit den Planungen zur Sanierung des K. B. Maximilian Erbstollens einschließlich seiner Rösche beauftragt.

## 1 Introduction

Hard coal mining at Stockheim and Reitsch in the Kronach district of Upper Franconia/Germany was focused on the Rotliegend basin formation of Neuhaus-Stockheim. Mining commenced at Stockheim in 1756 and finally came to a halt in 1968 following a number of operational interruptions. The decision to close the mine was based on the fact that production was no longer profitable and the deposits were nearing exhaustion.

When the Stockheim mine closed the measures put in place to safeguard the entrances and near-surface workings would in some cases have been considered inadequate by today's standards. After 1984 sinkholes began to appear in the Stockheim area above the main drainage adit, the Royal Bavarian (K. B.) Maximilian heritage gallery, and it became apparent that all the surface entrances and near-surface workings, and the problem of draining the old mine workings in general, now posed a significant risk to public safety and order.

## 1 Einführung

Der Steinkohlenbergbau bei Stockheim und Reitsch im Landkreis Kronach in Oberfranken wurde innerhalb des Rotliegend-Beckens von Neuhaus-Stockheim betrieben. Der Stockheimer Bergbau begann 1756 und wurde nach vorangegangenen Betriebsunterbrechungen im Jahr 1968 endgültig eingestellt. Gründe dafür waren die Unwirtschaftlichkeit des Bergbaubetriebs und die Erschöpfung der Lagerstätte.

Mit der Einstellung des Stockheimer Bergbaus wurden die zu diesem Zeitpunkt genutzten Tagesöffnungen und tages- bzw. oberflächennahen Grubenbaue aus heutiger Sicht teilweise nur unzureichend gesichert. Ab 1984 wurden in der Ortslage Stockheim Tagesbrüche auf dem Hauptentwässerungstollen, dem Königlich Bayerischen (K. B.) Maximilian Erbstollen, registriert. Es zeigte sich, dass alle Tagesöffnungen und tagesnahen Grubenbaue sowie die problematische Entwässerung des Steinkohlenaltbergbaus ein erhebliches Risiko für die öffentliche Sicherheit und Ordnung darstellen.

Between March 2014 and November 2016 a geotechnical and mine survey assessment of the old workings was undertaken by GolHo consulting engineers of Niederschöna, Saxony, this being carried out on behalf of the Free State of Bavaria, as represented by the government of Upper Franconia – Mining Authority of Northern Bavaria (1). All the old mining infrastructure elements located within the survey area were documented and assessed as to their potential impact at ground level, i.e. the risk they posed to public safety. This called for an analysis of all the relevant documents, notably mine plans, mine records and relevant publications, and also required a geotechnical classification and mine survey inventory of the accessible features. Interviews were also conducted with contemporary witnesses and a general mine plan was drawn up for analysis purposes.

Risk analysis constituted a key part of the geotechnical and mine survey assessment. This was produced in accordance with the recommendation on the 'Geotechnical and mine survey assessment and evaluation of abandoned mine workings' put forward by working group 4.6 of the geological engineering section of the German Geotechnical Society (2).

The geotechnical and mine survey assessment concluded that the priority issue was to ensure that the K.B. Maximilian heritage gallery and its flume were capable of discharging water unimpeded from the mine workings. In 2016 the consulting engineers GolHo also produced a restoration concept in advance of preparing the comprehensive plans needed for the operation (3).

On the basis of this work, and following the call for applications, on 17th July 2017 the Mining Authority of Northern Bavaria commissioned G.U.B. Engineering AG, Zwickau/Germany, to undertake the extensive and complex planning work needed for the renovation of the Maximilian heritage gallery and its flume. The main portion of the gallery was surveyed and documented, in line with geotechnical and abandoned mines guidelines, as far as the bricked-off and lower section at 330 m. A similar procedure was used for the flume.

The investigations revealed that both the flume and the gallery contained many damaged areas. These had to be repaired in order to create stable hydraulic and geotechnical conditions along the main section of the gallery and flume, and also at the surface, and at the same time to ensure the long-term, orderly, safe and practically maintenance-free flow of mine water into the Hasslach river following the natural slope of the land.

For the work at the Maximilian heritage gallery to be executed the drainage tunnel had to be made accessible at additional points as the existing surface entrances were inadequate from both a logistical and a safety viewpoint for the extensive renovation work to be completed.

The St. Katharina hoisting shaft was therefore reopened as an endpoint for the gallery renovation work. This shaft was upgraded to create a permanent access route and a new access shaft, named the Christopher shaft, was sunk into the navigable section of the gallery and then lined. Figure 1 provides a simple overview of the course of the tunnel and the aforementioned shafts.

Im Zeitraum von März 2014 bis November 2016 wurde im Auftrag des Freistaats Bayern, vertreten durch die Regierung von Oberfranken – Bergamt Nordbayern, vom Ingenieurbüro GolHo in Niederschöna/Freistaat Sachsen eine geotechnisch-markscheiderische Bewertung des Steinkohlenbergbaus erarbeitet (1). Innerhalb des Untersuchungsgebiets wurden alle Altbergbauobjekte erfasst und hinsichtlich möglicher Auswirkungen auf die Tagesoberfläche, d. h. der öffentlichen Sicherheit, bewertet. Hierzu wurden alle relevanten Unterlagen, vor allem Grubenrisse, Grubenakten und Publikationen, ausgewertet, eine geotechnisch-altbergbauliche Dokumentation und vermessungstechnische Aufnahme der zugänglichen Objekte durchgeführt, Zeitzeugen befragt und ein Analyserissswerk erstellt.

Ein wesentlicher Bestandteil der geotechnisch-markscheiderischen Bewertung ist die Risikoanalyse. Sie wurde gemäß der Empfehlung „Geotechnisch-markscheiderische Untersuchung und Bewertung von Altbergbau“ des Arbeitskreises 4.6 der Fachsektion Ingenieurgeologie der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik e. V. bearbeitet (2).

Im Ergebnis der geotechnisch-markscheiderischen Bewertung wurde die Wiederherstellung der ungehinderten Wasserabtragsfähigkeit des K. B. Maximilian Erbstollens einschließlich seiner Rösche als vordringliche Aufgabe herausgearbeitet. Zur Vorbereitung der umfangreichen Planungen wurde im Jahr 2016 ebenfalls vom Ingenieurbüro GolHo, eine Sanierungskonzeption erstellt (3).

Auf Grundlage dieser Arbeiten und nach erfolgter Ausschreibung beauftragte am 17. Juli 2017 das Bergamt Nordbayern die G.U.B. Ingenieur AG, Zwickau, mit den umfangreichen und komplexen Planungen zur Sanierung des Maximilian Erbstollens einschließlich seiner Rösche. Der Haupttrakt des Stollens wurde bis zum Beginn seines abgemauerten und abgesenkten Abschnitts auf 330 m Länge geotechnisch-altbergbaulich dokumentiert. Bei der Rösche wurde ähnlich verfahren.

Die Untersuchung ergab, dass Rösche und Stollen viele Schadstellen aufweisen. Diese müssen saniert werden, um stabile hydraulische

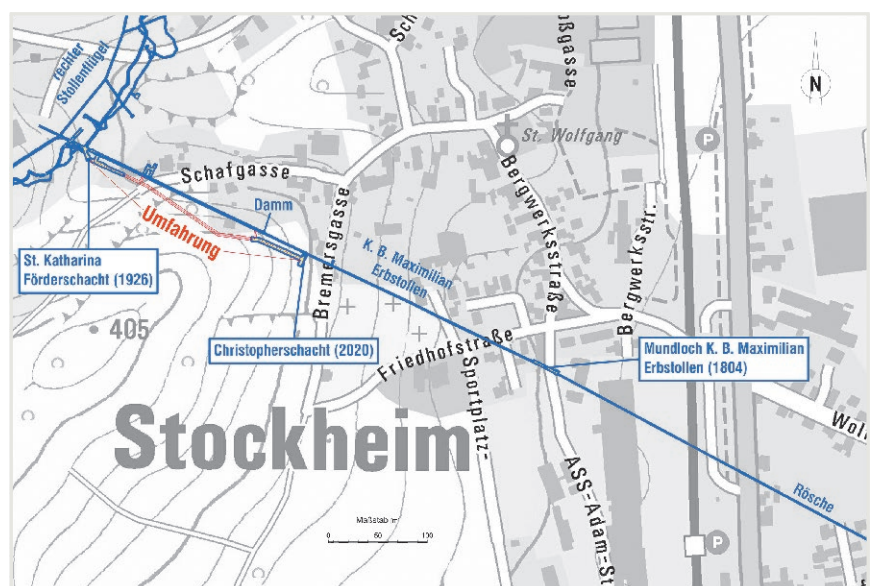


Fig. 1. Course of the K. B. Maximilian Erbstollen in the processing area between drift entrance and St. Katharina hoisting shaft. // Bild 1. Verlauf des K. B. Maximilian Erbstollens im Bearbeitungsgebiet zwischen Mundloch und St. Katharina Förderschacht. Source/Quelle: Bergamt Nordbayern.

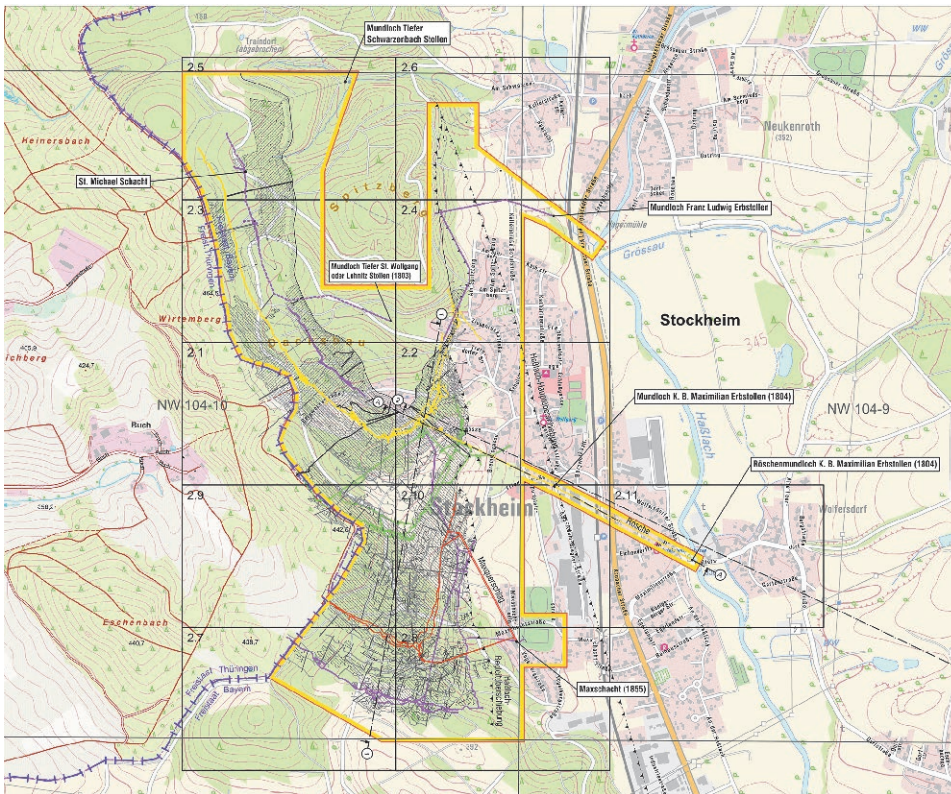


Fig. 2. Stockheim district showing the location of the former hard coal mine.  
Bild 2. Gemeinde Stockheim mit Lage des ehemaligen Steinkohlenbergbaus.  
Source/Quelle: Bergamt Nordbayern.

liche und geotechnische Verhältnisse im Bereich des Stollenhaupttrakts sowie der Rösche und damit auch der Tagesoberfläche herzustellen und um eine dauerhafte, geordnete, schadlose und weitestgehend nachsorgefreie Grubenwasserableitung entsprechend des natürlichen Gefälles bis in die Haßlach zu gewährleisten.

Um die Arbeiten am Maximilian Erbstollen ausführen zu können, musste der Stollen an weiteren Stellen zugänglich gemacht werden, da die vorhandenen Tageszugänge für die umfangreichen Sanierungsarbeiten weder logistisch noch aus sicherheitstechnischer Sicht ausreichen.

Daher wurde der St. Katharina Förderschacht als Endpunkt der Stollensanierung aufgewältigt und zu einem dauerhaften Zugang ausgebaut sowie ein neuer Zugangsschacht, auch Christopherschacht genannt, im befahrbaren Teil des Stollens abgeteuft und ausgebaut. Einen einfachen Überblick über den Verlauf des Stollens und der genannten Schächte vermittelt Bild 1.

## 2 Target area

The target area covers some 2 km<sup>2</sup> and lies within the Upper Franconian district of Stockheim. The township is located in the valley of the Hasslach river on the national highway 85 (B 85). The twin-track line from Hochstadt to Ludwigsstadt is also available for long-distance rail connections. Both these routes run through Stockheim parallel to the river and the flume for the Maximilian gallery passes beneath them. Stockheim is geographically positioned at the federal state boundary with Thuringia and on the western edge of the Frankenwald forest natural park. The renovation zone lies close to residential properties, a cemetery and the old spoil heaps created by the gallery shaft sinkings and is also surrounded by open grassy areas. The municipality covers a total area of 25.36 km<sup>2</sup> (Figure 2).

## 3 History of the K. B. Maximilian heritage gallery and the St. Katharina hoisting shaft

Eventually measuring some 2,572 m in length with its feeder branches, the Maximilian heritage gallery was started in 1804 and served as the main drainage tunnel for the Stockheim coalfield. It is still delivering mine water into the Hasslach river via a 535 m long vaulted flume and, apart from two other small and fairly short tunnels, is the only mine excavation in the Stockheim area that is still partly accessible.

The Maximilian gallery reached the coal seam in 1810 and entered the St. Katharina pit at a depth of some 36 m (about 345 m ASL). By 1855 it had been extended to serve all the pits in the entire coalfield. The seam was accessed by the main haulage drift in 1812, this being driven through the roof measures. Between

## 2 Bearbeitungsgebiet

Das Bearbeitungsgebiet umfasst eine Fläche von ca. 2 km<sup>2</sup> und befindet sich in der oberfränkischen Gemeinde Stockheim. Stockheim liegt im Haßlachtal an der Bundesstraße 85 (B 85). Als Verkehrsanbindung mit überregionaler Bedeutung ist weiterhin die zweigleisige Bahnverbindung Hochstadt – Ludwigsstadt zu benennen. Beide Verkehrswege verlaufen parallel der Haßlach durch Stockheim und werden von der Rösche des Maximilian Erbstollens unterquert. Geographisch gesehen befindet sich Stockheim an der Landesgrenze zu Thüringen und am westlichen Rand des Naturparks Frankenwald. In unmittelbarer Nähe des Bearbeitungsgebiets befinden sich Wohnbebauungen, ein Friedhof, die Bergehalde der Stollenschächte sowie Grünflächen. Die Gesamtfläche der Gemeinde beträgt 25,36 km<sup>2</sup> (Bild 2).

## 3 Historie des K. B. Maximilian Erbstollens sowie des St. Katharina Förderschachts

Der Hauptentwässerungsstollen des Stockheimer Reviers ist der 1804 begonnene und mit seinen Flügelörtern 2.572 m lange Maximilian Erbstollen. Er trägt auch heute noch über eine 535 m lange, überwölbte Rösche das Grubenwasser in die Haßlach ab und ist, von zwei kurzen und unbedeutenden Stollen abgesehen, der einzige Grubenbau in Stockheim, der noch teilweise befahrbar ist.

Der Maximilian Erbstollen erreichte das Flöz im Jahr 1810, brachte bei der St. Katharina Zeche ca. 36 m (ca. 345 m NHN) Teufe ein und wurde bis 1855 in alle Gruben des Reviers verlängert. Mit dem im Hangenden des Flözes getriebenen Hauptstollen wurde im Jahr 1812 das Flöz aufgeschlossen. Der Hauptstollen wurde später, in den Jahren 1828 bis 1839, zur Ersparung der

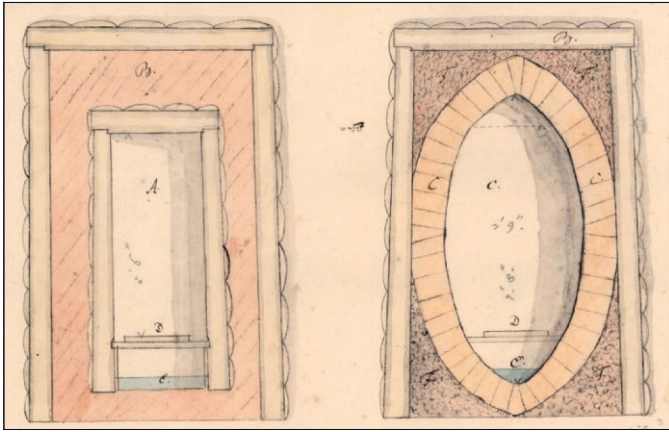


Fig. 3. Profile view of the K. B. Maximilian heritage gallery (1804) showing the different types of support used.  
Bild 3. Querschnitt des K. B. Maximilian Erbstollens (1804) mit verschiedenen Ausbauphasen. Source/Quelle: Bergamt Nordbayern

1828 and 1839, in an effort to save on the expensive timber support work, the main drift was provided with an elliptical lining of sandstone blocks over a distance of 157 m from its entrance (Figure 3) (4).

The work of sinking the St. Katharina hoisting shaft, which was sited in the roof of the hard coal seam, commenced in 1926. This shaft had an excavated profile of 3.7 x 2.6 m as far as the Maximilian gallery (at the 35 m level) and a finished cross section of 3.36 x 2.2 m. It was sunk through the overlying rock of the hard coal seam.

When it was in operation the shaft collar was at a height of 379.8 m above sea level. The shaft reached the hard coal seam, which was still about 8 m in thickness at this point, at a height of about 345 m above sea level and a 10 m-long horizontal passage was created in the seam leading to the Maximilian gallery.

In 1935/36 the 40 m-deep shaft was extended as far as the 140 m level. This vertical shaft was divided into three compartments and during its final years of operation was provided with a timber lining of planks and lagging boards.

When hard coal mining ceased at Stockheim in 1968 work began on the permanent decommissioning of the St. Katharina hoisting shaft. The shaft column was filled with gravel over its entire length. Figure 4 shows the mine site during the closure phase. The heaps of gravel brought in for the filling operation can be seen to the left of the shaft.

#### 4 Geological conditions, coal deposits and working methods

The Rotliegend deposits found at Stockheim are contained within the most westerly-lying part of the Ziegenrück-Teuschnitz synclinorium, which runs in a north east to south west direction. The Franconian Line, a major fault line, runs to the west and south of the Stockheim Rotliegend deposits. Figure 5 shows geological conditions in a sector from Ilmenau and Pösneck in the north to Kronach in the south, this including the Münchberg Massif in the south-west section of the map extract. The Lower Carboniferous rocks are marked in light grey and the Upper Carboniferous and Rotliegend are shown as white with dots.

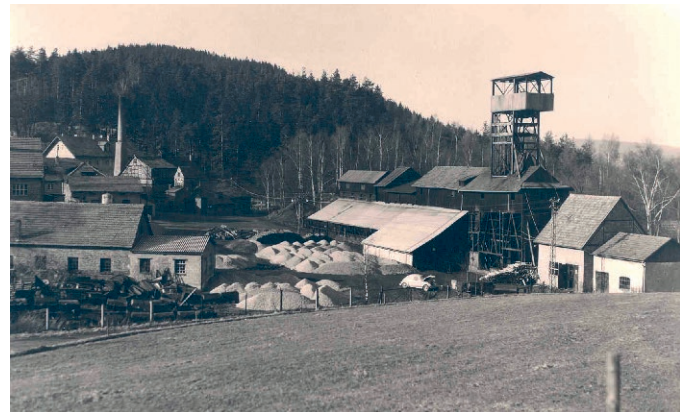


Fig. 4. The Stockheim/Ofr. Mining Company, St. Katharina section, probably during the closure work being carried out in 1972; view looking north.  
Bild 4. Bergbau-Gesellschaft Stockheim/Ofr. mbH, Betriebsabteilung St. Katharina, wahrscheinlich während der Stilllegungsarbeiten um 1972; Blickrichtung Norden. Photo/Foto: Gemeindeverwaltung Stockheim

kostspieligen Zimmerung auf einer Länge von 157 m vom Stollenmundloch an in elliptische Mauerung (Bild 3) von bunten Sandsteinquadern gesetzt (4).

Die Teufarbeiten des im Hangenden des Flözes angesetzten St. Katharina Förderschachts begannen 1926. Er besaß bis zum Maximilian Stollen (35 m-Sohle) einen Ausbruchquerschnitt von 3,7 m x 2,6 m und einen lichten Querschnitt von 3,36 m x 2,2 m. Er ist im hangenden Nebengestein des Steinkohlenflözes aufgefahren.

Die Schachtansatzhöhe lag zur Betriebszeit bei 379,8 m NHN. Bei ca. 345 m NHN wurde mit dem Schacht das hier nach dem Abbau noch ungefähr 8 m mächtige Flöz erreicht und im Flöz eine 1 m lange söhlig Verbindung zum Maximilian Erbstollen hergestellt.

In den Jahren 1935/36 wurde der 40 m tiefe Schacht bis zur 140 m-Sohle weitergeteuft. Der seigere Schacht war in drei Trümer geteilt und war in der letzten Betriebsperiode mit einer Zimmerung aus Kanthölzern und Schwartenverzug ausgebaut.

Bei der Stilllegung des Stockheimer Steinkohlenbergbaus im Jahr 1968 begannen auch die Arbeiten zur dauerhaften Sicherung des St. Katharina Förderschachts. Der Schacht wurde vom Tiefsten bis zur Geländeoberkante mit Kies verfüllt. Bild 4 zeigt die Schachanlage während der Stilllegung, links des Schachts liegen die zur Verfüllung herangeschafften Kiesmassen.

#### 4 Geologische Verhältnisse sowie Lagerstätte und Abbau

Das Rotliegend-Vorkommen von Stockheim liegt innerhalb des von Nordost nach Südwest verlaufenden Ziegenrück-Teuschnitz-Synclinorium und zwar an seiner äußersten Westgrenze. Westlich und südlich des Stockheimer Rotliegendvorkommens verläuft bereits die Fränkische Linie. Bild 5 zeigt die geologischen Verhältnisse in einem Ausschnitt von Ilmenau über Pösneck im Norden bis nach Kronach im Süden einschließlich der Münchberger Masse im Südwesten des Kartenausschnitts. Hellgrau dargestellt sind die Gesteine des Unterkarbon und weiß mit Punkten das Oberkarbon und Rotliegende.

Bei der Auffahrung des Maximilian Erbstollens traf man vom Mundloch bis zu einer Überdeckung von 22 m brüchige Letten (Schiefertone) an (6, 7). Das abgebaute Kohleflöz sowie weitere

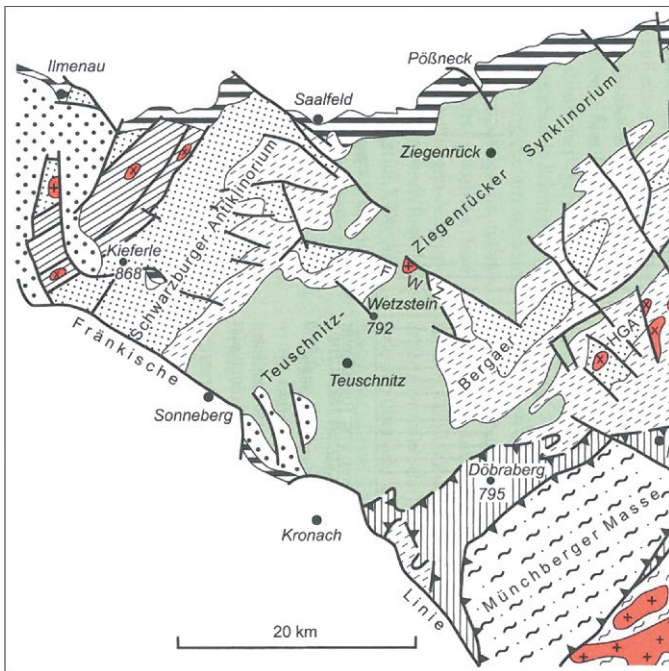


Fig. 5. Section taken from the general map of the Thuringian-Franconian-Vogtland slate mountains; green outline denotes the Stockheim Rotliegend deposits (5).

Bild 5. Ausschnitt aus der Übersichtskarte des Thüringisch-Fränkisch-Vogtländischen Schiefergebirges, grüner Rahmen: Stockheimer Rotliegendevorkommen (5).



Fig. 6. Geotope at the Stockheim building yard with exposed seam outcrop. // Bild 6. Geotop am Bauhof Stockheim mit Aufschluss des Flözausbisses. Photo/Foto: G.U.B. Ingenieur AG

The excavation of the Maximilian gallery encountered friable clay layers (argillaceous shale) right from the mouth of the tunnel to a covering of 22 m (6, 7). The worked-out coal seam, along with other smaller seams, are part of an interbedding system comprising siltstone, mudstone and sandstone layers with interposed conglomerates.

In the Cretaceous period the Stockheimer Basin broke up into several parts due to the distant impact of Alpidic orogenesis. As a result, the strata were tilted and folded and offset from each other both horizontally and vertically by several hundreds of metres along the tectonic lines of movement.

Such a geological fault can generally be traced running along the Hasslach river and the coal seam and the various rocks referred-to above are tilted at an angle to it and have been vertically offset by several hundred metres. On the western side of the Hasslach valley the seam outcrops at the former site of the St. Katharina hoisting shaft, which is now railway station property (Figure 6).

From a structural viewpoint the selliform-shaped seam is described as being highly tectonically stressed and disturbed and can also be completely pinched out at some individual places. On the east wing of the structure, in the area of the St. Katharina hoisting shaft, the worked seam dips at an average angle of 30°. Here the coal was fragmented and somewhat soft or earthy in nature. It had a strong tendency to spontaneous combustion due to the presence of finely dispersed pyrite. The seam could attain thicknesses of as much as 20 m and more, while at other points it petered out completely or mutated into hard black shale.

According to Gümbel (8) the main method of advance at Stockheim comprised crosscut working with several extraction levels each with a vertical step per working zone of 2.2 m. The coal was

kleine Flöze sind Bestandteil einer Wechsellagerung von Schluff-, Ton- und Sandsteinen mit eingeschalteten Konglomeraten.

In der Kreidezeit zerbrach das Stockheimer Becken im Zuge der Ferneinwirkung der alpidischen Gebirgsbildung in mehrere Teile, sodass im Ergebnis die Schichten schräggestellt, gefaltet und an den tektonisch determinierten Bewegungsbahnen in Lage und Höhe um mehrere Hundert Meter gegeneinander versetzt wurden.

Westlich entlang der Hasslach verläuft generalisiert eine solche geologische Störung, an der das Flöz und die genannten Gesteine in Richtung Hasslach schräg gestellt und um mehrere Hundert Meter in der Höhe versetzt wurden. Auf der Westseite des Hasslach-Tals streicht das Flöz auf dem ehemaligen Zechengelände des St. Katharina Förderschachts auf dem heutigen Bauhofgelände aus (Bild 6).

Von der Struktur her wird das sattelförmig verbogene Flöz als tektonisch stark beansprucht und gestört beschrieben und kann lokal ganz verdrückt sein. Auf dem Ostflügel, im Bereich des St. Katharina Förderschachts, fällt das bebaute Flöz mit durchschnittlich 30° ein. Die Kohle war zertrümmert und von der Festigkeit her ziemlich weich bis erdig. Aufgrund von fein verteiltem Pyrit neigte sie stark zur Selbstentzündung. Das Flöz konnte Mächtigkeiten bis 20 m und mehr erreichen, aber auch an anderen Stellen ganz auskeilen oder in einem harten, schwarzen Schieferton verlaufen.

Nach Gümbel (8) war in Stockheim die vorwiegende Auffahrung ein Treppenquerbau mit mehreren Abbausohlen zu je 2,2 m seigerer Höhe pro Abbauzone. Der Abbau erfolgte von oben nach unten und von hinten. Dazu wurden im Liegenden und Hangenden des Flözes Strecken aufgeföhren, die alle 20 m mit einem Querschlag verbunden wurden. Hieraus ergaben sich Kohlepfeiler von 20 m Länge und 2,2 m Höhe. Der Abbau erfolgte vom Liegenden ins Hangende mit einem offenen Arbeitsraum von 2 bis 3 m. Der Versatz der Hohlräume erfolgte sorgfältig mit Bergmassen, welche in acht bis neun Monaten versintert und fest wie das anstehende Gebirge sein sollten.

## 5 Baugrunduntersuchungen

Das Ziel der Baugrunduntersuchung bestand in der Erkundung der geotechnischen, hydrogeologischen, abfallrechtlichen sowie bergbaulichen Verhältnisse im Bereich des St. Katharina Förderschachts, im Umfeld des Christopherschachts und in dem damals

cut from top to bottom working from the back of the face. This was achieved by driving entries in the floor and roof of the seam that were connected every 20 m to a crosscut. This created coal pillars 20 m long and 2.2 m in height. Winning was carried out from the floor up into the roof with an open working chamber of 2 to 3 m. The ensuing cavities were carefully stowed with dirt material that would cake in eight to nine months and as a result would in effect become as solid as the surrounding rock.

## 5 Subsurface investigation

The aim of the subsurface investigation was to survey the geotechnical, hydrogeological and mining-related conditions around the St. Katharina hoisting shaft, in the area of the Christopher shaft and in the then inaccessible section of the Maximilian heritage gallery between the 863.8 m and the 990.0 m marker points. This involved drilling cored holes, setting up groundwater measuring points and carrying out a series of laboratory tests. The sandstones, mudstones and conglomerates present in the drill core samples varied from highly detrital to weakly or moderately weathered (Figure 7).

The drilling operation into the Maximilian heritage gallery also involved the use of a video camera to enable a direct examination to be made of the tunnel. One of the holes entered the gallery at the sidewall approximately 0.6 m above the water surface. The roof of the tunnel appeared to be dome-shaped and affected by sporadic flaking. The air-filled upper section of the gallery was 1.0 to 1.8 m in height, while the tunnel width was never more than 1.5 m. Just below the water level could be seen steel beams and sections of plank flooring that presumably had formed part of the old running gear and support structure. In some areas the running gear was covered with stone blocks of different sizes that had broken away from the roof and sidewalls.

Other boreholes were able to survey a number of roof collapses along with the entire caved area of the gallery. The incoming water was impounded at this point, with the result that during periods of heavy rainfall and at the time of the snow melt the mine water in the workings around the St. Katharina shaft would rise significantly and, in some areas, could reach as much as 5 m above the roof of the gallery.



*Fig. 8. Elliptic gallery lining of sandstone blocks between the 807.1 and 810.1 m marks. The masonry blocks in the left sidewall have been pushed in; view looking to the south east.*

*Bild 8. Elliptischer Ausbau des Stollens aus Sandsteinblöcken, Stat. 807,1 bis 810,1 m, im linken Stoß hereingedrückte Mauersteine; Blickrichtung Südosten. Photo/Foto: GolHo*



*Fig. 7. Mudstones ranging from the grey sequence in the roof to the red sequence of the floor.*

*Bild 7. Schluffsteine der sogenannten Graufolge im Hangenden bis hin zur Rotfolge im Liegenden. Photo/Foto G.U.B. Ingenieur AG*

nicht zugänglichen Abschnitt des Maximilian Erbstollens zwischen Station 863,8 m und 990,0 m. Dazu wurden Kernbohrungen niedergebracht, Grundwassermessstellen errichtet sowie Laborversuche durchgeführt. Im Bohrkern treten die Sandsteine, Schluffsteine und Konglomerate (Bild 7) von stark verwittert und schwach bis mäßig verwittert auf.

Zur direkten Erkundung des Maximilian Erbstollens wurden Bohrungen auch mit einer Videokamera befahren. Eine Bohrung traf den Stollen am Stoß, ungefähr 0,6 m über der Wasseroberfläche. Die Firste des Stollens zeigte sich gewölbt und unregelmäßig ausgebrochen. Die luftegefüllte Stollenhöhe betrug 1,0 bis 1,8 m, die Stollenbreite nicht mehr als 1,5 m. Knapp unter der Wasseroberfläche lagen Stahlträger und Teile von Bohlenbelag, die wahrscheinlich zum alten Trag- und Laufwerk gehörten. Auf dem Laufwerk lagen vereinzelt kleine und größere Gesteinsblöcke, die aus der Firste und den Stößen gebrochen waren.

Mit anderen Bohrungen wurden Hochbrüche sowie der gesamte Verbrauch des Stollens erkundet. Das anströmende Wasser staut hier zurück, sodass bei starken Niederschlägen sowie der Schneeschmelze, die Grubenwässer im Grubengebäude um den St. Katharina Förderschacht stark ansteigen und teilweise bis 5 m über die Firste des Stollens reichen.

## 6 Baulicher Zustand des K. B. Maximilian Erbstollens

Der insgesamt 580 m lange Hauptstollentrakt wurde im April 2015 im Rahmen der geotechnisch-markscheiderischen Bewertung auf 329 m Länge bis an einen Damm bei Station 863,8 m befahren und dokumentiert. Der Zustand des nicht befahrbaren Abschnitts des Hauptstollentrakts von Station 863,8 m bis 990,0 m war zum damaligen Zeitpunkt weitgehend unbekannt.

Von Station 562,5 m bis zum Mauerdamm bei Station 863,8 m besitzt der Stollen einen geschlossenen elliptischen Ausbau aus trocken gesetzten, quader- und leicht keilförmigen Werksteinen aus Sandstein (Bild 8). Bei ungefähr Station 815 m beginnt eine durch den Abbau des Kohlenflözes verursachte Absenkung in der Stollensohle. Die lichte Weite (H x B) des elliptischen Ausbaus beträgt bei Station 838,6 m 2,15 x 1,07 m und verengt sich bis Station 853,6 m auf 1,7 x 0,85 m.

## 6 Structural condition of the K. B. Maximilian heritage gallery

In April 2015, as part of the geotechnical mine-survey assessment, the 580 m long main gallery section was inspected and documented over a distance of 329 m as far as the stopping at the 863.8 m mark. The condition of the inaccessible part of the main gallery, between the 863.8 and the 990.0 m marks, was virtually unknown at that time.

Between the 562.5 m mark and the brick stopping at 863.8 m the gallery was lined with a closed elliptic support system of dry-laid, rectangular and slightly wedge-shaped sandstone blocks (Figure 8). Beginning at around the 815 m mark the gallery floor had subsided somewhat due to coal winning. The internal clearance (height x width) of the elliptical tunnel lining at the 838.6 m mark was measured at 2.15 x 1.07 m, this narrowing to 1.7 x 0.85 m at the 853.6 m point.

## 7 Sinking, clearance and inspection work for the K. B. Maximilian heritage gallery between 2020 and 2023

### 7.1 Christopher shaft

The Christopher shaft was sunk on the western outskirts of Stockheim between April 2020 and March 2021. This shaft was to play a key role in the overall project to restore the Maximilian gallery and would serve as a materials transport shaft as well as an airway and escape route.

As already stated, the mudstone, siltstone and sandstone present in this area were in some instances very much limited in strength and some of the layers had even disintegrated into clay and silt. As a result, it was possible to dispense with any drilling and blasting and the excavation work was carried out on a purely mechanical basis using excavators and grabs. For technological and static reasons the shaft was constructed using a circular profile with a diameter of 4.0 m down to a depth of about 29.0 m. At this point it reached the gallery, as had been hoped, at a level of 345 m ASL.

Figure 9 shows some of the construction equipment and the mouth of the Christopher shaft. The new shaft was then secured using 4.0 m-long injection bolts, these also serving for the attachment of the double-layer reinforcement mesh mats to the shaft wall. This operation was directly followed by the application of a 20 to 30 cm-thick layer of reinforced shotcrete of strength category C 30/37.

The clayey-silty nature of the rock meant that there was practically no water ingress during the shaft sinking and as a result very little outlay was required on shaft drainage. The mine air was monitored on a workday basis using a multi-warning measuring device. However, as the shaft was located outside the deposit zone there were no problems in this respect. The travelling equipment, ventilation system and other supply lines were installed as the sinking progressed. The excavated rock material was stored temporarily on the bank above the shaft and then, after the appropriate declarations had been made, was transported away for further processing and recycling. In order to connect up and facilitate the excavation of the proposed bypass the project also included the construction of a 10 m-long and suitably sized shaft landing and machine room. This also featured a feed-in point into the gallery for any mine water that would in future be released via the bypass. Figure 10 shows an extract from the shaft vertical section taken from the plans drawn up for the accompanying survey work as of 2nd May 2023.

## 7 Teuf-, Aufwältigungs- und Erkundungsarbeiten am K. B. Maximilian Erbstollen zwischen 2020 und 2023

### 7.1 Christopherschacht

Der Christopherschacht wurde an der westlichen Randlage Stockheims von April 2020 bis März 2021 abgeteuft. Der Schacht besitzt eine Schlüsselposition im Gesamtvorhaben zur Sanierung des Maximilian Erbstollens. Für die Sanierungsarbeiten am Maximilian Erbstollen wird der Schacht als Materialschacht, Flucht- und Wetterweg benötigt.

Wie bereits beschrieben besitzen die hier anstehenden Ton-, Schluff- und Sandsteine eine teilweise nur sehr geringe Festigkeit, lagenweise sind diese Gesteine sogar zu Ton und Schluff zersetzt. Somit konnte auf einen Vortrieb durch Bohren und Sprengen verzichtet werden. Der Vortrieb erfolgte rein maschinell mittels Bagger- und Greiferarbeiten. Aus technologischen und statischen Gründen erhielt der Schacht einen kreisrunden Querschnitt mit einem Durchmesser von 4,0 m bis in eine Teufe von ca. 29,0 m. Hier traf der Schacht den Erbstollen wie gewünscht in einem Niveau von 345 m NHN an.

Bild 9 zeigt einen Teil der Baustelleneinrichtung und das Schachtmundloch des Christopherschachts. Zunächst erfolgte die Sicherung des hergestellten Schachts mit 4,0 m langen Injektionsfelsankern, die zugleich die erforderlichen zweilagig verlegten Baustahlmatten am Schachtstoß fixierten. Daraufhin schloss sich unmittelbar der Ausbau des Schachts mit bewehrtem Spritzbeton in 20 bis 30 cm Stärke mit einer Festigkeitsklasse von C 30/37 an.

Aufgrund der anstehenden schluffig-tonigen Gesteine traten nur wenig Wässer der Teufe zu, sodass nur geringe Aufwendungen für die Wasserhaltung im Schacht erforderlich waren. Die Grubenwetter wurden arbeitstäglich mit einem Multiwarnmessgerät kontrolliert. Aufgrund der Lage des Schachts außerhalb der Lagerstätte gab es aber keine Probleme. Mit den Teufarbeiten wurden Fahrung, Bewetterung und andere Medienleitungen mitgeführt. Das ausgeförderte Gestein konnte oberhalb des Schachts am Hang zwischengelagert werden. Nach erfolgter Deklaration wurden die Massen zur weiteren Verwendung abtransportiert. Zur Anbindung und insbesondere für die Arbeiten zur Auffahrung der geplanten Umfahrung wurde bei der gegenständlichen Maßnah-



Fig. 9. Construction site equipment and shaft mouth.  
Bild 9. Baustelleneinrichtung und Schachtmundloch.  
Photo/Foto: Bergamt Nordbayern





new pit bottom and exploratory drift had to be created to connect to the gallery.

On 13th May 2022 exploratory drift no. 1 broke through into the Maximilian heritage gallery at a distance of about 7 m from the shaft. A new shaft bottom was therefore set up at a higher level than that of the old gallery. The Maximilian gallery was inspected over a distance of some 70 m towards the opening and an assessment was made in terms of the current and post-mining situation. Safety reasons prevented any further exploration of the area in question. Figure 12 presents some idea of the conditions prevailing in the old gallery near the St. Katharina hoisting shaft.

### 7.3 Option C

The investigations concluded that the section of gallery between the St. Katharina hoisting shaft and the Christopher shaft was not to be renovated. In line with the ongoing planning process work was now to focus on the bypass between the two newly created shafts (Option C).

This bypass runs from the St. Katharina shaft and was initially parallel to the old gallery, which lies about 6 m away to the north (Figure 13). At a point between 35 and 45 m from the shaft the bypass then runs beneath a residential building on Schafsgasse street. The vertical distance from the gallery to the building is around 30 m. In this construction sector the bypass was to be supported with steel-reinforced shotcrete, even where the ground was stable. At a distance of about 70 m from the shaft, on the northern side of the Maximilian gallery, there are two headings that are recorded as being former explosives stores. These are both still open.

The bypass and another new exploratory drift would be used to access the former explosives store, which was then to be examined and preserved under secure conditions. At this point the route



Fig. 12. K. B. Maximilian heritage gallery with collapsed frame-type timber supports lying in sediment, view looking to the south east.  
Bild 12. K. B. Maximilian Erbstollen, alter verbrochener Türstockausbau im Sediment, Blick nach Südosten. Photo/Foto: G.U.B. Ingenieur AG

Am 13. Mai 2022 erfolgte der Durchschlag des Erkundungsquerschlags 1 zum Maximilian Erbstollen in ca. 7 m Entfernung vom Schacht. Dazu war ein neues Füllort auf höherem Niveau als der alte Stollen angelegt worden. Der Maximilian Erbstollen wurde auf ca. 70 m Länge in Richtung Mundloch befahren und die bergtechnische und altbergbauliche Situation bewertet. Eine weitere Erkundung war aus sicherheitstechnischen Gründen nicht möglich. Bild 12 vermittelt einen Eindruck vom Zustand des alten Stollens in der Nähe des St. Katharina Förderschachts.

### 7.3 Variante C

Im Ergebnis der Untersuchungen wurde festgelegt, dass der Stollenabschnitt zwischen dem St. Katharina Förderschacht und dem Christopherschacht nicht zu sanieren ist. Nach baubegleitender Planung wurde die Umfahrung zwischen den beiden neu hergestellten Schächten (Variante C) in Angriff genommen.

Diese Umfahrung verläuft vom St. Katharina Förderschacht zuerst parallel zum alten Stollen, der ca. 6 m nördlich entfernt liegt (Bild 13). Zwischen 35 und 45 m vom Schacht führt die Umfahrung unter einem Wohnhaus der Schafsgasse entlang. Die seigere Entfernung vom Stollen zum Wohnhaus beträgt ca. 30 m. In dem Bauabschnitt soll auch bei standfestem Gebirge die Umfahrung mit stahlbewehrtem Spritzbeton ausgebaut werden. Nach ca. 70 m vom Schacht befinden sich auf der nördlichen Seite des Maximilian Erbstollens zwei Auffahrungen, die als ehemaliges Sprengstofflager dokumentiert sind und offenstehen.

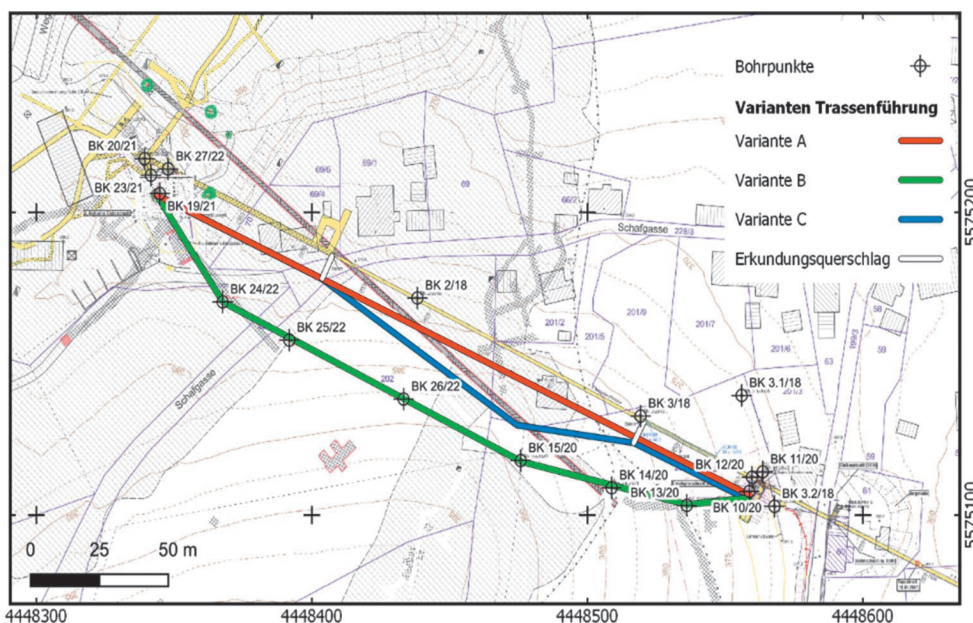


Fig. 13. Map showing the possible routes between the new access shaft and the St. Katharina hoisting shaft. Position reference: PD83/Gauss-Krüger Zone 4. // Bild 13. Kartendarstellung der Varianten für die Trassenführung zwischen dem neuen Zugangsschacht und dem St. Katharina Förderschacht. Lagebezug: PD83/Gauß-Krüger Zone 4. Source/Quelle: G.U.B. Ingenieur AG

bends off to the west in a shallow curved arc before circumventing other residential buildings on the Schafsgasse and then again drawing closer to the Maximilian gallery in the direction of the Christopher shaft.

In the area of the Hasslach overthrust, immediately west of the Christopher shaft, the bypass is supported over a distance of at least 50 m by means of prefabricated segments of galvanised steel (liner plates) (Figure 14). The rock in this area has a low compressive strength and tectonic fault zones are also present. When installing the liner plates a total of seven steel components had to be bolted together for each support element. The individual steel parts were to be erected and assembled on a prefabricated concrete base and the next set of steel segments then lined up and connected together behind them. In order to establish a connection with the surrounding rock the system would then be finally closed by filling the gap between the rock and the supports.

After the drivage phase had been completed, and the bypass provided with its support system, the floor was concreted over so that two pipes could be installed between the two new shafts. The water rising from the shaft was to be fed into the pipes via a plug system (still to be installed) that will separate the bypass from the shaft. The two pipe inlets will be submerged when there is a large influx of water. A stage is to be erected in the shaft above the water level so that it will be possible to alight and move across into the bypass from the ladderway compartment and across the plug system.

To protect the sensitive rocks of the Rotliegend the bypass was not to be constructed using conventional drilling and shotfiring methods but rather would be excavated mechanically by pick work. The rock material was then to be transported to the nearest shaft, hauled to the surface and subsequently disposed of. The total volume of material excavated, including that from the exploratory headings, is about 2,600 m<sup>3</sup>. The rock is being broken out and transported away using relatively small and manoeuvrable machines that are designed for rapid tool changeover, such as mini-excavators and loaders. The bypass has an excavated cross section of about 10 m<sup>2</sup>, while the exploratory headings are somewhat smaller. Structural reasons dictate that the drivage is to have a horseshoe-shaped profile. The heading face will be pre-drilled in line with workplace safety requirements.

The support system for the bypass will conform to the geological and geotechnical conditions present in the drivage. The tunnelling and support work will be monitored by geological and geotechnical engineers. Specifications for the length of each pull and additional measures relating to the foundations for the supports and the potential need for their reinforcement will depend on the rock parameters as identified. The first countermeasure to protect against roof falls will comprise a layer of shotcrete applied to a thickness of about 5 cm (Figure 15). The various support options provided for the bypass will be determined by the strength of the rock. Differences here are mainly based on the thickness of the shotcrete layer and the number and strength of the reinforcement mesh mats. Water ingress will be collected and diverted into the bypass.

Access to the two new shafts is to be maintained for inspection



Fig. 14. Looking into the bypass from the Christopher shaft  
Bild 14. Blick in die Umfahrung vom Christopherschacht aus.  
Photo/Foto: G.U.B. Ingenieur AG

Über die Umfahrung und einen noch herzustellenden Erkundungsquerschlag soll das ehemalige Sprengstofflager untersucht und danach verwahrt werden. Von da ab biegt die Trasse in einem flachen Bogen nach Westen ab, um die weitere Wohnbebauung der Schafsgasse zu umgehen und sich danach wieder dem Maximilian Erbstollen in Richtung des Christopherschachts anzunähern.

Im Bereich der sogenannten Haßlachüberschiebung, unmittelbar westlich vom Christopherschacht, wird die Umfahrung mit vorgefertigten Segmenten aus feuerverzinktem Stahl (LinerPlates) auf mindestens 50 m Länge ausgebaut (Bild 14). Hier lagern Gesteine geringer Druckfestigkeit, außerdem treten tektonische Störungszonen auf. Beim Einbau der LinerPlates müssen pro Ausbauschale sieben Stahlbauteile miteinander verschraubt werden. Die einzelnen Stahlbauteile werden auf einer vorgefertigten Betonsohle aufgesetzt und montiert. Dahinter werden die nächsten Stahlsegmente gestellt und miteinander verbunden. Um die Anbindung an das Gebirge herzustellen, wird zum Abschluss der Spalt zwischen Gebirge und dem gestellten Ausbau verfüllt.

Nach der Auffahrung und dem Ausbau der Umfahrung wird die Sohle betoniert, um anschließend zwei Rohrleitungen zwischen den beiden neuen Schächten einbauen zu können. Die aus dem Schacht aufsteigenden Wässer werden an einem noch einzubauenden Verspünden, das die Umfahrung vom Schacht trennt, in die Rohrleitungen eingeleitet. Die beiden Rohreinläufe werden bei starkem Zustrom überstaut sein. Über dem Wasserspiegel im Schacht wird eine Umtrittsbühne eingebaut, um aus dem Fahrtenrum, über das Verspünden hinweg, in die Umfahrung um- und absteigen zu können.

Um die empfindlichen Gesteine des Rotliegendes zu schonen, wird die Umfahrung nicht im klassischen Bohr- und Sprengvortrieb hergestellt, sondern maschinell mittels Meißelarbeit. Das gelöste Gestein wird zu den jeweiligen Schächten transportiert, ausgefördert und später entsorgt. Der gesamte Ausbruch einschließlich der Erkundungsquerschläge beträgt ca. 2.600 m<sup>3</sup>. Zum Ausbrechen und Transport des gelösten Gesteins kommen relativ kleine, wendige und umrüstbare Arbeitsmaschinen, wie z. B. Minibagger und Transportlader, zum Einsatz. Der Ausbruchquerschnitt der Umfahrung beträgt ca. 10 m<sup>2</sup>, die Erkundungsquerschläge sind kleiner.



Fig. 15. Looking into the bypass from the St. Katharina hoisting shaft. // Bild 15. Blick in die Umfahrung vom St. Katharina Förderschacht aus. Photo/Foto: G.U.B. Ingenieur AG

purposes. The head structure of the St. Katharina hoisting shaft will be provided with a gastight cover plate and will include an access hatch and dry room. The Christopher shaft will be topped by a concrete slab, covered with spoil and the topography restored. Access to the shaft will then be via a lateral slope and a short adit.

Die Auffahrung soll aus statischen Gründen eine Hufeisenform erhalten. Zur Gewährleistung der Arbeitssicherheit wird die Ortsbrust vorgebohrt.

Der Ausbau der Umfahrung richtet sich nach den vor Ort angetroffenen geologischen und geotechnischen Verhältnissen. Die Vortriebs- und Ausbauarbeiten werden ingenieurgeologisch-geotechnisch begleitet. Von den jeweils ermittelten Kennwerten des Gesteins hängen die Festlegungen zur jeweiligen Länge eines Abschlags sowie eventuellen zusätzlichen Maßnahmen zur Gründung oder auch Verstärkung des einzubringenden Ausbaus ab. Zur Erstsicherung gegen Firstfall erfolgt ein Ausbau mit Spritzbeton in einer Stärke von ca. 5 cm (Bild 15). Je nach Gebirgsfestigkeit sind verschiedene Ausbaumöglichkeiten für die Umfahrung vorgesehen, die sich in erster Linie durch die Stärke des einzubauenden Spritzbetons sowie der Anzahl und Stärke der Bewehrungsmatten unterscheiden. Wasserzutritte werden gefasst und in die Umfahrung abgeleitet.

Die Zugänglichkeit der beiden neuen Schächte soll für Revisionszwecke erhalten bleiben. Das Kopfbauwerk am St. Katharina Förderschacht erhält eine gasdichte Abdeckplatte samt Durchstiegsmöglichkeit einschließlich einer Kauer. Der Christopher schacht wird mit einer Betonplatte abgedeckt, überkippt und die alte Geländesituation wiederhergestellt. Der Zugang erfolgt dann seitlich über eine Böschung und eine kurze Tagesstrecke.

## References / Quellenverzeichnis

- (1) Ingenieurbüro GolHo (2016): Geotechnisch-markscheiderische Bewertung der Steinkohlengruben bei Stockheim und Reitsch in Oberfranken. Auftraggeber: Regierung von Oberfranken – Bergamt Nordbayern.
- (2) Meier, G. et al (2010): Empfehlung „Sicherungs- u. Verwahrungsarbeiten im Altbergbau“. Arbeitskreis 4.6 „Altbergbau“ der Fachsektion Ingenieurgeologie in der DGGT. Veröffentlicht auf dem 10. Altbergbaukolloquium (04.–06.11.2010) in Freiberg.
- (3) Ingenieurbüro GolHo (2016): Bearbeitungskonzept zur Erarbeitung eines Sanierungskonzeptes für die Grubenwasserlösung im Bereich des Maximilian Erbstollens der Steinkohlengrube Stockheim in Stockheim/Oberfranken als Teil des Angebotes vom 23.05.2016.
- (4) Signatur: BayHStA, GBS, Querprofil zum Bericht (Planung) vom 05.05.1828/Provenienz: General-Bergwerks- und Salinenadministration/Autor: C. Büttner (K. Bergmeister)/angefertigt: 05.05.1828: Querschnitte des K. B. Maximilian Erbstollens mit Holzausbau und geplantem Ausbau mit Mauerwerk.
- (5) Henningsen, D.; Katzung, G. (2006): Einführung in die Geologie Deutschlands. Publikation, S. 65, Abb. 4.4-1. 7. Auflage, München.
- (6) Signatur: 678/Provenienz: Berg- u. Hüttenamt Stadtsteinach, K. Bezirksbergamt Bayreuth/Titel: Berglehen-, Gegen- und Hypothekenbuch des Kgl. Bergamtes Kronach u. des Berg- u. Hüttenamtes Stadtsteinach/Zeitraum: 1835 bis 1881/Umfang: 1 Buch/Enthält auch: Kurzbeschreibung (3 Seiten) der Baugeschichte des K. B. Maximilian Erbstollens durch Bergmeister C. Büttner.
- (7) Signatur: BayHStA, GBS, Nr. 878/Provenienz: General-Bergwerks- und Salinenadministration/Titel: Betrieb des K. B. Maximilian Erbstollens zu Stockheim im Bergrevier Stadtsteinach (Conv. II)/Zeitraum: 1824 bis 1831.
- (8) Gümbel, C. W. (1879): Geognostische Beschreibung des Königreich Bayern. 3. Abteilung, Verlag von Justus Perthes; Gotha.
- (9) Bayerisches Geologisches Landesamt (1979): Geologische Karte von Bayern, Blatt 5633/5634 Sonneberg/Teuschnitz, aufgenommen 1970 bis 1976., München.
- (10) Horstig, G. V. (1979): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern, Blatt 5633/5634 Sonneberg/Teuschnitz. Bayerisches Geologisches Landesamt, München.

## Authors / Autoren

Valentin Vossen M.Sc., Dipl.-Geol. Stephan Bachmann, G. U. B. Ingenieur AG, Leipzig, Jan Pfänder B.Eng., Feldhaus Bergbau GmbH & Co. KG, Arnshausen, Dipl.-Ing. Robin Hoffmann, Bergamt Nordbayern, Bayreuth